



KANDIDAT

104

PRØVE

MBIB5900 1 Masteroppgave

Emnekode	MBIB5900
Vurderingsform	Individuell eksamen uten tilsyn
Starttid	02.12.2018 10:00
Sluttid	12.12.2018 10:00
Sensurfrist	16.01.2019 23:59
PDF opprettet	24.02.2021 09:22
Opprettet av	Ann Karin Flønes

1 Ny oppgave

Fakultet for samfunnsvitenskap
Master bibliotek- og informasjonsvitenskap
Innlevering av masteroppgaven

Innlevering innen onsdag 12.12.2018 kl.10:00 i Inspera


1. Metadata og lisensavtale, obligatorisk (skjult for sensor i vurderingsverktøyet)

Skjemaet med metadata må fylles ut og du må svare på om du ønsker at besvarelsen din skal publiseres eller ikke. Skjemaet finner du her:




<https://skjema.uio.no/107821>

2. Masteroppgave, obligatorisk

Masteroppgaven lastes opp i Inspera som PDF-fil



Din fil ble lastet opp og lagret i besvarelsen din.

 Last ned Fjern Erstatt

Filnavn:	Masteroppgåva-desember 7-ferdig.pdf
Filtype:	application/pdf
Filstørrelse:	2.17 MB
Opplastingstidspunkt:	07.12.2018 19:59
Status:	Lagret

Besvart.

Ragnhild Agathe Tornes

**Korleis kan ein måla progresjon i
klangutviklinga hjå klassiske
saksofonistar?**

Ei utforsking av fire ulike parameter til bruk i klanganalyse

**Masteroppgave 2018
Master i bibliotek- og informasjonsvitenskap**

OsloMet – Storbyuniversitetet, Institutt for Arkiv- bibliotek- og informasjonsfag

Samandrag

Målet for denne oppgåva har vore å finna parameter som er skikka for måling av progresjonen av klangutviklinga hjå klassiske saksofonistar. Lydmaterialet består av opptak av 23 norske utøvarar på klassisk saksofon frå nybyrjarar til profesjonelle utøvarar. Desse vart delt inn i fem ulike utviklingsnivå. Innhaldet i lydopptaka er valgt ut med tanke på at dei skal kunna avdekkja nivåmessige skilnader i klangkvalitet. Opptaka er analyserte i programmet Sonic Visualiser med fokus på bølgeform og Mel-frequency cepstral coefficients. Resultata er deretter presenterte ved bruk av enkel statistikk. To av parametra viste gode resultat og ser ut til å fanga opp ei klår klangutvikling hjå saksofonistane. Eitt av parametra viser gode resultat på eitt av dei tre elementa det inneheld. Det siste parametret viser seg diverre å ikkje fungera like godt til å fanga opp ein jamn progresjon over dei fem utviklingsnivåa.

Abstract

The goal of this thesis was to identify parameters that can be used to measure the progression of sound quality or «timbre» in classical saxophone players. The audio material consists of recordings of 23 Norwegian classical saxophone players from beginner level to professional performers. These were divided into five different levels of development. The audio content has been selected for the purpose of detecting differences in quality of timbre. Recordings are analyzed in the Sonic Visualiser program with focus on waveform and Mel-frequency cepstral coefficients. The results are then presented using basic statistics and show that two of the parameters were useful in determining the progress of saxophone player's development of timbre. One of the parameters shows good results on one of the three elements it contains. The last parameter appears not to capture an even progression throughout the five levels of development.

Forord

Denne oppgåva markerer slutten på 4 ½ sær spennande år som deltidsstudent ved bibliotek- og informasjonsvitskap. Det har vore både givande og lærerikt å få vera ein del av dette. Sosialt samvær med hyggelege og interessante medstudentar har eg òg fått med meg.

Eg vil retta ein stor takk til familien min som har gjeve meg rom og tid samt velvilje til å få gjennomført dette. Tusen takk!

Og tusen takk til min entusiastiske rettleiar Thomas Sødning for gode råd og sterk tru på prosjektet mitt!

INNHALD

1	Innleiing	1
1.1	MIR.....	2
1.1	Klang	3
2	Problemstilling og forskings spørsmål.....	5
2.1	Avgrensing.....	6
2.2	Struktur på oppgåva.....	8
3	Om saksofon og klang	9
3.1	Lydproduksjon på saksofon.....	9
3.2	Kva er klang?.....	9
3.3	Klangideal.....	12
3.4	The Raschèr School	12
3.5	Buescher Scandinavia.....	13
4	Tidlegare forskning	15
5	Metode	19
5.1	Forskingsmetode.....	19
5.2	Metode til bruk i klanganalyse	20
5.2.1	Fourier-analyse.....	21
5.2.2	Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC)	21
5.3	Waveform	24
5.4	Sonic visualizer.....	24
5.5	Statistisk analyse.....	25
5.5.1	Data	25
5.5.2	Gjennomsnitt	28
5.5.3	Standardavvik.....	28
5.5.4	Regresjonsanalyse	28
5.6	Førebuande intervju/konsultasjonar	29
6	Teori.....	31
6.1	«The cathedral of resonance»	32
6.2	Munnstilling.....	34
6.3	ADSR.....	35

7	Datainnsamling	37
7.1	Utøvarane.....	37
7.2	Innhaldet i lydopptaka	40
7.2.1	Del 1	41
7.2.2	Del 2	42
7.2.3	Del 3	43
8	Fire parameter til analysen.....	45
8.1	Faselengd	47
8.2	Overtonefordeling.....	49
8.2.1	Del 1 i lydopptaket	50
8.2.2	Del 2 og 3 i lydopptaket	52
8.3	Registerskiftelengd	53
8.4	Overtoneendring i registerskifte	56
9	Fem ulike utøvarnivå	57
9.1	Problem med nivåinndelinga	57
10	Resultat.....	59
10.1	Faselengd	60
10.2	Registerskiftelengd	62
10.3	Overtonefordeling.....	63
10.3.1	Differanse mellom overtonane	68
10.4	Overtoneendring i registerskifte	72
11	Drøfting av resultata.....	75
11.1	Faselengd	75
11.2	Registerskiftelengd	78
11.3	Overtonefordeling.....	80
11.3.1	Overtonefordeling på G1	80
11.3.2	Overtonefordeling på lille Bb, D2 og A2	84
11.3.3	Rascher	85
11.3.4	Fliser.....	87
11.3.5	Same utstyr	88
11.3.6	Hovudtendens i parametret overtonefordeling.....	90
11.4	Overtoneendring i registerskifte	90

12	Konklusjon	92
13	Forslag til videre arbeid.....	96
14	Litteraturliste	98

1 INNLEIING

Musikk og klang har fascinert oss menneske til alle tider. I tillegg til å utforska songstemma, har me laga instrument som fløyter av fuglebein, trommer med skinn av dyrehud og lyrer med strenger av dyresenar. Klangen i instrumenta har inspirert til å skapa musikk til all slags bruk. Kvar ei stemme og kvart eit instrument har sin heilt særegne klang, avhengig av utforming og kven som er utøvar. Og me har alle våre preferansar. Sjølv er eg svak for den litt uhandgripelege klangen i valthorn, let meg alltid fascinera av den skjøre fagottklangen i opninga av Vårofferet av Stravinskij og kjenner det heilt ut i hårrøtene når heile fiolingruppa når det intense høgdepunktet av Samuel Barber sin «Adagio for strings». For ikkje å snakka om korleis eg vert heilt mo i knea kvar gong skodespelaren Alan Rickman opnar munnen. Men å skildra denne klangen eg vert så gripen av, er ei utfordring. Ord vert fort fattige og utilstrekkelege. Likevel fins det nokre fine skildringar i skjønnlitteraturen. I *The Chronicles of Narnia* har forfattaren C. S. Lewis til dømes ein nydeleg passasje om stemma til løva, om korleis det lyd når han bruker songstemma for å skapa Narnia:

In the darkness something was happening at last. A voice had begun to sing (...) it seemed to come from all directions at once (...) Its lower notes were deep enough to be the voice of the earth herself. There were no words. There was hardly even a tune. But it was beyond comparison, the most beautiful noise he had ever heard. It was so beautiful Digory could hardly bear it. (...) Then two wonders happened at the same moment. One was that the voice was suddenly joined by other voices; more voices than you could possibly count. They were in harmony with it, but far higher up the scale: cold, tingling, silvery voices. The second wonder was that the blackness overhead, all at once, was blazing with stars. They didn't come out gently one by one, as they do on a summer evening. One moment there had been nothing but darkness; next moment a thousand, thousand points of light leaped out – single stars, constellations, and planets, brighter and bigger than any in our world. There were no clouds. The new stars and the new voices began at exactly the same time. If you had seen and heard it, as Digory did, you would have felt quite certain that it was the stars themselves which were singing, and that it was the First Voice, the deep one, which had made them appear and made them sing.” (Lewis, 1990, s. 93)

Eg er utdanna saksofonist og saksofonpedagog¹ og har som saksofonutøvar og -pedagog vore spesielt interessert i klang. Mange timar på øvingsrommet har gått med til å forska på og forbetra dette grunnleggjande elementet i musikalsk utøving. I ensemblespel vert det ofte forventet at me er fleksible og greier å tilpassa oss. Me saksofonistar kan til dømes verta bedne om å slanka klangen, spela litt meir fransk eller gjera klangen mjukare eller luftigare. Dette krev at me jobbar med fleksibiliteten vår for å kunna tilpassa klangen til den musikalske samanhengen me står i. I tillegg til mi eiga jobbing, har eg rettleia mange elevar i deira klangutvikling. Og i studietida konsulterte me saksofonistar ofte kvarande i val av fliser, munnstykke og instrument for å oppnå den optimale saksofonklangen. Som ein av dei største solistane på klassisk saksofon gjennom tidene, Sigurd Raschèr, framheva: «(...)you've got to start with the most fundamental thing, which is to play as beautifully as possible. That must be in the foreground» (Zumwalt, [2018]). Men kva er det me reknar som vakker klang? Kva kjenneteiknar den og korleis kan eg vita om eg utviklar meg i den retninga eg ynskjer? Slike spørsmål har eg grubla på. Fyrst då eg vart kjend med MIR, oppdaga eg reiskapar og metodar som kunne nyttast til målingar og analyse av klang. Her fanst det eit forskningsfelt som knytta dei to ulike utdanningane mine saman og som kanskje kunne svara på nokre av spørsmåla mine!

1.1 MIR

MIR er eit forskningsfelt innan IR (Information Retrieval) som igjen er eit felt innan LIS (Library and Information Science). MIR er ikkje eit felt som står så sterkt i Noreg. På

¹ Fireårig utøvande kandidatstudium med saksofon som hovudinstrument og PPU med didaktikk for saksofon og musikkfag i vidaregåande skule ved Norges musikkhøgskole.

internasjonalt nivå skjer det derimot mykje spennande. Forskarar innan dette feltet ynskjer ofte, for å sei det enkelt, å utvikla system som let brukarane søkja i musikkinnhald ved hjelp av musikalsk utforma spørjingar. Likevel er det lite av forskninga som er standard informasjonsgjenfinningsoppgåver med spørringar og dokument. Grunna den tekniske bakgrunnen til mange av forskarane, ligg hovudtygda på lydbaserte problemstillingar (Downie, 2008, s. 247). Her har eg òg har dykka ned. Men i motsetnad til mykje som er gjort av arbeid før, konsentrerer eg meg om den klassiske musikkstilen.

Etter kvart som arbeidet med denne oppåva skreid fram, vart tilknytninga til musikkvitskap klårare. Dessutan har arbeidet fått eit visst pedagogisk tilsnitt. Men framleis vil eg hevda at dette kan karakterisertast som eit stykke grunnforskning innan MIR.

1.1 KLANG

Sidan det handlar om klang og klanganalyse er det på sin plass å seia noko om dette musikalske parametret og kva slags stilling det har i utøvartradisjonen. Innan vestleg kunstmusikktradisjon er klang på mange måtar det parametret som gjev utøvaren mest frie tøyler. Komponisten har ofte svært detaljerte føringar når det gjeld av alt frå tempo til styrkegrad og stil. Unntaksvis gjeld desse forming av sjølve tonen, eller klangen. Likevel er dette noko dei fleste utøvarar jobbar medvite med heile tida. Kvar muskar har gjerne eit personleg klangideal som er meir eller mindre påverka av ein tradisjon og miljøet den er ein del av. Dette idealet jobbar han eller ho mot gjennom utforsking og oppøving av teknikk og utprøving av ulikt utstyr. For saksofonistar gjeld det til dømes ulike merker og modellar på instrument og munnstykke samt styrke og materiale på fliser.

Men i motsetnad til mykje anna utøvarar øver på, er klang komplisert å måla. Tempo kan ein til dømes enkelt sjekka opp mot ein metronom og intonasjonen let seg kontrollera med eit stemmeapparat eller «tuner». Dette kan verka motiverande sidan ein då kan måla framgong. Noko tilsvarande fins ikkje når det gjeld klang. Sjølv sagt kan ein seia at det ikkje gjev meining å prøva å måla klang sidan kvar og ein har eit personleg klangideal, og det ikkje er noko poeng i å prøva å generalisera ved å måla sin egen klang opp mot eit generelt klangideal. Likevel vil dei fleste vera samde i at alle utøvarar gjennomgår ei forbetring av klangkvaliteten gjennom eit utdanningsløp eller tida ein går og får undervisning. Difor fins det eit grunnlag for å sjå etter nokre generelle trekk i denne utviklinga. Desse trekkja kan igjen kunna nyttast som grunnlag for å måla klangutvikling hjå saksofonistar. Slik kan, i neste ledd, saksofonistar få tilbakemelding på utviklinga si innan dette komplekse og uhandgripelege området. Å få eit konkret mål på framgong, kan for mange vera ei oppmuntring og ein viktig motivasjon for å jobba vidare. Som tidlegare saksofonpedagog har eg sett behovet for eit slikt handfast haldepunkt i arbeidet med klang. Eg har i mi eiga jobbing òg sakna ei slik konkret tilnæringsmåte til temaet. Men kva slags parameter skal ein bruka og korleis kan utvikling i klang målast? Dette ynskjer eg å undersøkje nærare.

2 PROBLEMSTILLING OG FORSKINGSSPØRSMÅL

Som sagt har eg grubla på dette med god klang. I diverse fagplanar for saksofon utarbeida av kulturskular i Noreg, er dette elementet viktig. Fet kulturskole sin plan er eit godt døme. Den er delt inn i tre nivå: nybyrjar, mellomstadiet og vidarekomne. Målet for klang er formulert noko ulikt for kvart av nivåa, med aukande kompleksitet. Eitt av måla for undervisninga på nybyrjarstadiet er å «lære å lage god lyd i saxofonen». På mellomstadiet skal eleven «utvikle god klang i instrumentet». Vidarekomne elevar skal «utvikle egal og god klang over hele registeret» (Fet kulturskole). Men kva betyr det i praksis? Grunninga på dette spørsmålet har ført meg fram til følgjande problemstilling for oppgåva:

Kva inneber det å utvikla ein god saksofonklang?

For å finna ut av dette, støttar eg meg til dei metodane og framgangsmåtane eg har blitt kjend med innan MIR-feltet. Klangen kan målast. Men for å fanga opp ei utvikling, må ein måla klangen på ulike nivå i denne utviklinga. Det eg er interessert i er endringa heilt frå nybyrjarnivå til profesjonelle utøvarar. Kva skjer av utvikling i klangen undervegs? Korleis artar progresjonen seg? Eg har difor formulert følgjande forskningsspørsmål som skal presisera det eg skal undersøkje:

Korleis kan ein måla progresjon i utviklinga av klang hjå saksofonistar?

Sidan lite forskning er gjort på dette frå før, har eg måtta bestemma meg for ein infallsvinkel utan å ha så godt grunnlag for å vita kor fruktbar eg kan forventast at den er. Det blir ein utforskande metode som inneber prøving og feiling. Så for å ha noko konkret å halda meg til i

denne utforskinga er forskningsspørsmålet delt opp i to delmål i form av spørsmål eg søker svar på:

1. *Kva for parameter eignar seg for å måla klang?*
2. *Korleis kan desse brukast til å måla progresjon?*

Denne oppgåva utforskar fire moglege parameter for måling av klang og i kva grad dei kan sei oss noko om utviklinga til saksofonistane. Det er gjort 23 opptak av norske, klassiske saksofonistar på ulikt ferdighetsnivå. Ved hjelp av MFCC (Mel-frequency cepstrum coefficients) og bølgeform-analyse (etter dette kalla waveform-analyse) utført i programmet Sonic Visualiser, vert klangen analysert ut frå følgjande parameter:

1. Faselengd
2. Registerskiftelengd
3. Overtonefordeling
4. Overtoneendring i registerskifte

Resultata vert deretter evaluert i lys av dei fire parametra. Kvant av dei vert vurdert etter kor godt dei kan fanga opp klangutviklinga.

2.1 AVGRENSING

Ulike instrument har ulike utfordringar. På saksofon vil mykje av utfordringane liggja i egalitet og registerskifte, samt dynamisk og klangmessig kontroll i topp- og botnregisteret på grunn av den koniske boringa og den store fleksibiliteten knytta til val av munstykke og flis.

For best mogleg å ta omsyn til dette, var det hensiktsmessig å gjennomføra eit førebuaende intervju med eit par saksofonpedagogar på nybyrtjar- og vidarekommande nivå. Den informasjonen og ekspertisen dei sit med, medverka til å gjera det enklare å velgja kva type lydopptak eg skulle gjera og korleis utvalet av saksofonistar burde vera. Teoriane til John Harle og Larry Teal om tonedanning og klangkontroll (vert presenterte seinare), hjelpte meg òg med å ta desse vala. På bakgrunn av dei valde eg til dømes konsentrera meg om berre ein av saksofontypene, sidan opptaka difor kan samanliknast direkte. Dei utfordrande skiftene i resonanskammer vil då oppstå på den same tonehøgda for alle og klangen vil ha ein liknande profil. Kvar av saksofonane har nemleg sin karakteristiske klang. For klassiske saksofonistar er som regel alt-saksofon hovudinstrumentet og dei andre (tenor-, sopran- og barytonsaksofon) ofte rekna som bi-instrument. Storparten av det klassiske solorepertoaret er skriva for alt-saksofon. Så av praktiske årsaker òg er denne avgrensinga eit openbert val.

Materialet eg endte opp med er korte lydopptak av ulike norske alt-saksofonistar som for det meste spelar klassisk musikk og har eit klangideal i den retninga. Måten dei vart rekrutterte på, gjer at dette berre er norske utøvarar i Oslo, Akershus og Buskerud. Dette fortel eg meir detaljert om i omtala av utøvarane. Alle desse utøvarane har hatt, eller får, undervisning av godt kvalifiserte lærekrefter, om enn i ulik grad. Dei har òg utstyr av rimeleg god kvalitet.

Opptaka av alt-saksofonistar som spelar mest mogleg same tonelengd, tonehøgde (pitch) og dynamikk, gjev eit godt samanlikningsgrunnlag til analysen. Likevel får ein ikkje like stor variasjon i materialet som eit breiare utval av utøvarar ville gjeve. Men, som resultata viser, er det framleis monaleg variasjon i materialet.

2.2 STRUKTUR PÅ OPPGÅVA

Eg har no gjeve ei kort innføring i emnet for oppgåva og motivasjonen min for val av emne og problemstilling. For å gje eit større overblikk over emnet vil eg i neste kapittel gå litt grundigare inn på klangomgrepet og korleis ein produserer lyd på ein saksofon. Deretter, i kapittel 4, fylgjer ein presentasjon av forskning som er gjort på emnet. Kapittel 5 er metodekapittelet mitt der eg presenterer dei metodane eg har vald å bruka og ei grunngeving av desse vala. Kapittel 6 er vigd det teoretiske materialet om «The cathedral of Resonance», munnstilling og «ASDR» som dannar grunnlaget for val av parametra eg presenterer seinare, i kapittel 8. Men innimellom kjem omtale av datainnsamlinga eg har gjort og som er gjenstand for analyse. Heile kapittel 7 handlar om det konkrete innhaldet i lydopptaka samt det tekniske og formelle kring desse og dei utøvarane eg har gjort opptak av. Så, etter parameter-kapitlet, følgjer ein kort presentasjon og refleksjon kring inndelinga av utøvarane i fem utviklingsnivå. I kapittel 10 vert resultatata presenterte og i kapittel 11 vert dei diskuterte. 12. kapittel er ei oppsummering og konklusjon. Til slutt, i 13. kapittel, vender eg eit blikk framover i form av forslag til vidare arbeid.

3 OM SAKSOFON OG KLANG

Adolphe Sax tok patent på saksofonen den 17. mai 1846. Han teikna opphaveleg 14 ulike saksofontypar, men i dag er det sopran-, alt-, tenor- og barytonsaksofon som er dei aller mest brukte ("Saksofon," 2012). Ved verdsutstillinga i Paris i 1855, der instrumentet vart formelt presentert av Sax sjølv, blei den eit av dei mest populære objekta på utstillinga. Og populariteten har halde seg oppe. Dette kan skuldast ein logisk oppbygd mekanikk og ein særegen klang som ikkje er altfor komplisert å produsera. Men omfanget er ganske lite, så dei fleste profesjonelle utøvarar innan alle stilartar jobbar med såkalla overblåsing for å utvida registeret. Desse høgare tonane utanfor normalomfanget vert kalla altissimoregisteret. Dei fleste store klassiske verk for saksofon krev dette utvida omfanget (Saksofon, 2018).

3.1 LYDPRODUKSJON PÅ SAKSOFON

Trass i at saksofonkroppen som oftast er laga av messing høyrer ikkje saksofonen til messingblåsarfamilien. Måten lyden vert produsert på gjer at han vert klassifisert som eit treblåsinstrument. Det er det enkle røyrbladet (eller flisa) som sit på munnstykket, festa med eit ligatur, som vibrerer og lagar lyd. Saksofonen har konisk resonator, klaffmekanisme for å regulera tonehøgde og eit munnstykke som liknar på det ein har på klarinett.

3.2 KVA ER KLANG?

Klang, eller «timbre», kan definerast som Pratt og Doak gjorde i 1976: «Timbre is that attribute of auditory sensation whereby a listener can judge that two sounds are dissimilar using any criteria other than pitch, loudness and duration» (sitert i Rossing T. , 1990, s. 125).

Det som er særst spesielt med denne definisjonen, er at den eigentleg ikkje definerer klang.

Den fortel berre at klang er det elementet ved ein tone som **ikkje** handlar om tonehøgde, dynamikk eller varigheit. I tillegg til at definisjonen er vag, vert klang nemnt som eit av dei få elementa som i vestlig kunstmusikk nesten fullstendig er overlate til utøvarane sjølve å bestemma. Reint teknisk består denne klangen av ulike lydbølgjer som opptrer samtidig. Den mest framtrudande vert oppfatta som som sjølve hovudtonen. Dei andre bølgjene som opptrer samtidig kallast overtonar. Desse set på ein måte farge på grunntonen og gjer at øyret oppfattar ein spesiell klang. Helmholtz demonstrerte allereie i 1877 at dei fleste instrument (inkludert songstemma) består av ein serie av overtonar som til saman utgjer klangen. Fyrste overtone er ein oktav over grunntonen, andre ein kvint over det, tredje ein kvart over det att, fjerde ein ters over. Deretter kjem dei tettare og tettare oppover. Dette mønsteret gjeld for alle tonar. For kvar av overtonane oppover vert frekvensen til grunntonen lagt til. For tonen A1 som er 440 Hz, er fyrste overtone 880 Hz (A2), andre overtone 1320 Hz (E3), tredje overtone 1760 Hz (A3) og så vidare. Kor mykje kvar av overtonane er representerte, avgjer i stor grad korleis det låter (Berg & Stork, 1995, s. 74-75). I engelskspråkleg litteratur vert ofte desse kalla «formants» eller «harmonics». Grunntonen er fyrste formant/harmonic, fyrste overtone er andre formant/harmonic og så vidare. På norsk hender det òg at ein bruker omgrepet formantar. Eg vel likevel å halda meg til grunntone og overtonar slik eg er van med frå det norske fagmiljøet innan musikkutøving og -pedagogikk. Det som er greitt å merka seg då, er at det heile vert forskyve eit hakk nedover sidan fyrste overtone er det same som andre formant.

Helmholtz kom fram til fire generelle reglar frå observasjonane sine. Den fyrste er ikkje særleg relevant for saksofon, men dei tre andre vil eg kort gå gjennom. Regel nummer to seier at ein tone med middels kraftige overtonar opp til nummer seks i rekka lyder rikt og

musikalsk. Tredje regel handlar om to ytterpunkt, kva som gjer at ein tone kan høyrast anten nasal eller hul ut. Den hule klangen som ein får i klarinett eller orgelpiper forklarar Helmholtz at kjem av overtonefordelinga. Av dei fyrste formantane er det nesten berre 1, 3 og 5 som er representerte (altså grunntone, 2. overtone og 4. overtone). Om ein tone derimot har mange sterke overtonar, vert resultatet ein nasal lyd. Men for begge desse tilfella gjer likevel ein sterkt representert grunntone at kvaliteten vert opplevd som god. Den fjerde regelen er at sterke overtonar over 5. og 6. overtone gjev ein svært distinkt og røff tone (Rossing T. , 1990, s. 126).

Når ein skal måla overtonestyrke nyttar ein prinsipp frå matematikaren Joseph Fourier sine teoriar om korleis kompliserte periodiske bølgeformer består av ei rekkje enkle bølger. I musikkssamanheng skildrar ein gjerne Fourier-analyse med omgrep som «spectrum analysis», «harmonic analysis» eller «sound analysis». Eg brukar det norske omgrepet klanganalyse. Og ein spesifisering av styrken på dei ulike overtonane er kalla «spectrum», eller spektogram på norsk (Rossing, Moore, & Wheeler, 2002, s. 135-141).

Når me høyrer eit instrument spelt, fins det sjølvsagt andre aspekt som påverkar korleis klangen vert opplevd. Til dømes vil dei fleste instrumenta ha ein del lydar som kan karakteriserast som støy, men som er uunngåelege og difor vil opplevast som ein del av klangen. Dette kan dreia seg om luft som siver ut gjennom leppene, lyden fingrar som vert dradd over strengene eller klikkinga av negler på ein tangent. Dette er noko eg ikkje tek omsyn til i denne analysen. Eg vil heller ikkje vurdere vibratobruk, sjølv om dette i høgste grad er med på å farga den opplevde klangen hjå ein utøvar. Men utøvarane eg tek opptak av

blei bede om å spela utan vibrato. Dette valet har eg teke for å få eit mindre komplekst (og difor meir handterbart) materiale.

3.3 KLANGIDEAL

I Noreg fins det ulike klangideal hjå klassiske saksofonistar. Eit viktig skilje går mellom dei som sverjer til moderne instrument og dei som held seg til dei eldre instrumenta og den klangen og moglegheiten dei gjev. Difor vel eg å nemna pamfletten «The Acoustics of the Saxophone from a Phenomenological Perspective» der ein omstridt saksofonist uttrykker sine tankar om saksofon-akkustikk. Forfattaren er den amerikanske John-Edward Kelly, ein kompromisslaus utøvar som med sitt negative syn på moderne saksofonar har fått mange motstandarar, men òg tilhengjarar. Han underviste saksofon og kammermusikk ved Norges musikkhøgskole mellom 2000 og 2005. Pamfletten hans er kritisert som noko av det mest unøyaktige arbeidet om akkustikk som er laga. Likevel lever tankane hans om «The Rascher School» og dei eldre instrumenta sin «opprinnelege saksofonklang» og overlegenhet, sterkt i mange miljø internasjonalt.

3.4 THE RASCHÈR SCHOOL

Men «The Raschèr School» har mange andre ambassadørar enn den no avdøde Kelly. Mannen bak, Sigurd Raschèr, levde frå 1903-2001. Han var fødd i Tyskland, budde i USA, underviste i Malmö og København og turnerte i heile Europa. Gjennom sin karriere fekk Raschèr heile 208 verk for saksofon skrive til seg. Mange av dei er rekna som dei viktigaste verka i konsertrepertoaret for saksofonistar frå det tjuande århundret (Sigurd Raschèr, 2018). Han starta Raschèr Saxophone Quartet i 1969 saman med dottera og to studentar. Han var sjølv

alt-saksofonist i kvartetten fram til 1980 då John-Edward Kelly overtok. Kelly blei verande i 11 år. Over 300 komponistar har dedisert verk til denne kvartetten. Og gruppa held det framleis gåande. Alle fire kvartettsmedlemmene spelar på Buescher-saksofonar (som var i produksjon mellom 1920 og -50-åra) med Raschèr-munnstykke og fliser med styrke 4 og 5. Dei meiner mykje av den gode klangkvaliteten har gått tapt i utviklinga av saksofonen. Kenneth Coon formulerer seg slik om saka: «I'm more than willing to acknowledge that there are positive instrumental developments that have happened over the lifespan of the saxophone. Yet there are developments about which I have big doubts. There are developments that have maybe placed a bit too much emphasis on making something easier rather than better». Tenor-saksofonisten Andreas von Zoelen seier det slik: «It's a balance which is something that I especially like about these instruments. A good balance gives you a lot of room to sculpt the tone the way you want, which is a luxurious feeling. It should never feel like your head is going to explode!» (Zumwalt, [2018])

3.5 BUESCHER SCANDINAVIA

I Skandinavia har ei gruppe klassiske saksofonistar starta Buescher Scandinavia. Sams for medlemmene er interessa og lidenskapen for dei gamle Buescher-saksofonane samt spelestilen til Raschèr og kvartetten hans. Det fungerer både som eit forum for likesinna og som eit utgangspunkt for å arrangera konvensjonar der ein viktig komponent er eit stort saksofonorkester av profesjonelle utøvarar (Buescher Scandinavia, 2013).

Kva klangulikskapen mellom desse gamle saksofonane og dei moderne eigentleg består i, er ikkje enkelt å slå fast. Avhengig av ståstad og smak har dei moderne saksofonane sin klang blitt karakterisert som «klår», «spiss», «kald» eller «elegant». Klangen i dei eldre instrumenta

er oftare karakterisert som «svevande», «rik», «mjuk», eller «fleksibel». Både Raschèr-kvartettmedlemene og Lars Lien² (i personleg kommunikasjon) fortel at dei har fått gode tilbakemeldingar ved bruk av Buescher-saksofonar i symfoniorkester. Dei andre orkestermedlemmene har trekt fram kor godt klangen passa inn med dei andre orkesterinstrumenta. Underforstått har den moderne saksofonen ein klang som stikk seg meir ut i orkesteret. Sjølv for eit utrena øyre er det faktisk enkelt å høyra forskjell på dei eldre og dei moderne instrumenta. Men kva består denne forskjellen i, heilt konkret? Det fins ein ubekrefta påstand i miljøet om at dei gamle instrumenta ikkje er like rik på dei øvste overtonane og skal difor i følge Helmholtz, vera mindre distinkt og røff. Dette vil eg koma innom i analysedelen.

² Fyrsteamanuensis i klassisk saksofon på Musikkonservatoriet ved Univeristetet i Tromsø.

4 TIDLEGARE FORSKING

I oversiktsartikkel til Nicola Orio over MIR-feltet, trekk han fram ein del av det problematiske ved klanganalyse. Tids-frekvens-representasjonar som spektrogram³ får raskt eit enormt og uhandterlig omfang av data. Dessutan stiller han spørsmål ved om variasjonen i tids-frekvens-representasjonen stemmer overens med variasjonen i den opplevde klangen (Orio, 2006, s. 46). Det store dataomfanget ein får, erfarte eg raskt då eg starta med utforskingar av spektrogram. Dei fyrste testopptaka eg gjorde, importerte eg til Sonic Visualiser og studerte spektrogrammet av kvar tone. Det var svært mykje detaljert informasjon sidan spektrogrammet fangar opp alle små variasjonar i styrke og tonehøgde på alle overtonane. I artikkelen «Sonological models for timbre characterization» er det òg dette store dataomfanget som vert trukke fram som ein av dei store utfordringane i akkustisk analyse: *In particular, the number of parameters provided by the model must be sufficiently small, and the variance of the parameters, seen as function of time, must be significantly reduced with respect to the variance of the original data* (Poli & Prandoni, 1997, s. 2). Så eg har prøvd å redusera omfanget så godt det let seg gjera.

Eit prosjekt eg har henta inspirasjon frå, er eit kanadisk studium som samanlikna nivået til amatørar og profesjonelle waldhornistar ved hjelp av spektrogram og enkle statistiske parameter (Lee, Smith, Marasco, Abbasinasab, & Caswell, 2011). Forskarane plukka her ut lyddøme som best kunne diskriminera mellom ulike ferdighetsnivå. Desse er ikkje direkte overførbare til saksofon. Sjølv om både horn og saksofon er blåseinstrument, er det ulike

³ Eit spektrogram eller sonogram er ein visuell representasjon av eit spektrum av frekvensar i ein lyd eller andre signal som varierer med tida eller ein annan variabel.

utfordringar på desse to instrumenta. Difor måtte parametra og innhaldet i lydopptaka vera av noko ulik art. Lee et al. kjem fram til at såkalla kurtosemåling⁴ viste seg å vera mest vellukka for å skilja amatørar og proffe. Dette er interessant, men ikkje utan vidare overførbart til saksofon. Meir fruktbart var det å sjå på korleis dei nyttar dei enkle statistiske parametra electro-encephalographic and vibroarthrographic signals, (forkorta EEG og VAG) som mål. Summert gav desse eitt enkelt tal, noko som opnar opp for kunstig intelligens i form av maskinlæring. Sjølv om eg ikkje vel desse parametra eller maskinlæring i mi oppgåve er det å få enklast og færrest mogleg tal som sagt eit ideal eg valgte å kjempa for.

Ei gruppe utviklarar har òg nytta seg av maskinlæring i skilje mellom god og dårleg klang hjå instrumentalistar. I forbeidet til appen Cortosia, brukar utviklarane maskinlæring for å laga ei bedømming av klang basert på stemmer frå ulike brukarar. Nettsida goodsounds.org blei brukt for å samla brukardata og bedømming av ein innspelt tone på sju ulike instrument i tillegg til dei fire mest vanlege saksofonane. Slik kjem dei fram til ein «fasit» på kva som er god «sound» (Bandiera, et al., 2016). Sjølv om det er interessant korleis dette vert målt og brukt til å gje ei heilskapleg «kart» over eit nivå innan klang og intonasjon, vil vinklinga vera noko annleis enn den eg har valt. Medan dei brukte brukarrespons for å bedømme kvaliteten på klang, ynskjer eg å finna parametre som fangar opp ein progresjon. Dessutan går det fram at omgrepet «sound» hjå dei rommer meir enn berre klang («timbre»):

- dynamic stability: the stability of the loudness.
- pitch stability: the stability of the pitch.

⁴ Kurtose er ein talstorleik som saman med gjennomsnitt, varians og skeivhet skildrar ei sannsynlighetsfordeling. Kurtose er eit mål på korleis fordelinga spreier seg mellom ytterpunktta.

- timbre stability: the stability of the timbre.
- timbre richness: the quality of the timbre.
- attack clarity: the quality of the attack. (s. 416)

Her er det berre to av fem parameter som er reine klang-parameter, nemleg timbre stability og timbre richness. Det minskar relevansen i høve til mitt eige prosjekt.

Eit anna arbeid som går endå meir konkret på saksofonen, er Yu-Hsiang Hsiao og Chao-Ton Su sitt klassifikasjonssystem, AMTCS (automatic multiclass timbre classification system). Målet for arbeidet deira var å utvikla eit system som kunne brukast som supplement til profesjonelle musikarar si lyttebaserte bedømming av klangkvaliteten i nyproduserte instrument frå fabrikk. Så her vil fokuset liggja meir på instrumenta i seg sjølve og deira mekanikk enn på utøvarane og deira dugleik. Likevel er det element her som kan nyttast i analyse og klassifisering av klang generelt. Mellom anna har dei utforma ein eigen metode dei kallar WFEM. Den skal trekkja ut eigenskapar ved lydsignalet basert på den karakteristiske forma på lydbølgjesignalet til ein enkelt tone. Hsiao og Su nyttar ADSR-teorien (omtala i teori-kapitlet) som deler signalet i fire delar, «attack», «decay», «sustain» og «release» (Hsiao & Su, 2009). Mykje av forskinga på klang tek berre føre seg «sustain»-delen av lydsignalet, sidan dette er det mest stabile og langvarige. Det er òg rekna for å vera det beste til å identifisera klang. Men allereie i 1963 utførte Berger eit eksperiment kalla *confusion matrix*, der han kutta det fyrste og siste halve sekundet av opptak av ulike korpsinstrument. Korpsmusikarane som skulle identifisera dei ulike instrumenta i lydklippa hadde då store problem. Til dømes vart alt-saksofon forveksla med waldhorn og tenor-saksofon med klarinett. Dette tyder på at «sustain»-fasen åleine gjev dårleg grunnlag for diskriminering av

ulike blåseinstrument. Strong og Clark kom til den konklusjonen i 1967, at det var ulikt kor viktig oppstarten og slutten av tonen (kalla «envelope») var for identifikasjon dei ulike instrumenta. Det kom òg an på kor i registeret ein spelte (Rossing, Moore, & Wheeler, 2002, s. 140-141). Dette er i høgste grad aktuelt når det gjeld saksofon og element eg har teke med i arbeidet mitt.

Det fins òg eit arbeid verdt å nemna som dreier seg om flisene. Allan Michelin ved International School Bangkok har gjort ein test av fliser med ulik styrke og korleis dei påverkar klangen. Han har sjølv spelt på alle saman og innrømmer at det ideelt skulle vore gjort mekanisk. Men likevel er funna interessante. Han har brukt munnstykke av typen Selmer S-80 C* og tradisjonelle Vandoren-fliser, eit typisk val for mange klassiske saksofonisar. Flisene kjem i styrkane 1 – 1,5 – 2 – 2,5 – 3 – 3,5 – 4 – 5. Flisene vert stivare jo høgare nummeret er. Michelin har testa alle desse åtte på tonen G1 på alt-saksofon, det vil seia ein klingande lille B \flat . Han registrerte styrken på grunntone samt fyrste, andre og tredje overtone. I tredje overtone var det ikkje mykje endring, men styrke på andre og tredje overtone sank etterkvart som flisestyrken steig. Interessant nok steig den litt att på flisestyrke 4 (Michelin, 2016). Dette kan nok vera eit resultat av å bruka seg sjølv som testperson. Det er ikkje så vanleg å bruka denne styrken på fliser, så det er ikkje sikkert at munnstillinga hans er optimal til å få ut det potensialet som ligg i den tyngste flisa. Denne problematikken kjem eg inn på i avsnittet om munnstilling i teori-kapitlet. Men fyrst skal eg gjera greie for val av metode.

5 METODE

Eg kjem til å skilja mellom forskingsmetode og metodar eg har brukt i klanganalysen.

Sistnemnde dreier seg både om metodeval og val av verktøy til måling, registrering og analyse av data i samband med lydopptaka. Men eg startar litt overordna, med forskingsmessig tilnærming.

5.1 FORSKINGSMETODE

I og med at dette emnet er litt upløydd mark, krevde det ei open innstilling til både metode og analyse. Veggen måtte bli til medan eg gjekk. Sidan det ikkje var enkelt å vita kva slags tilnærming som ville vera mest fruktbar, måtte det berre testast ut. Fleire justeringar og val blei gjort undervegs på bakgrunn av dei røynslene eg etter kvart gjorde meg. Det eg har enda opp med har mange sams trekk med ein case-studie. Når ein stiller spørsmål om «korleis» og «kvifor», slik eg gjer i denne oppgåva, er casesdesign godt egna, meiner Johannesen, Tufte, & Christoffersen, (2010, s. 200). Ein har eitt eller få tilfelle som ein studerer nøye. Merksemda er retta mot dette tilfellet og ein prøver å samla så mykje data som mogleg om det (s. 86). Det er akkurat det eg har gjort med mine opptak.

I analysen av dei data som eg fekk ut av dei 23 opptaka, har eg hatt både ei kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Det kvantitative er tydeleg til stades i den statistiske analysen av dei harde data eg har samla inn. Samstundes vil dei førebuande intervjuar som hjalp meg å peila inn arbeidet mitt, vera eit klart døme på kvalitativ tilnærming. Det vil òg måten analysen vert utført på med tanke på dei fire parametra eg utforma. Så her er ei god blanding. Sjølv

klanganalysen eg har utført er av kvantitativ art. Metodane som er nytta vil eg no kort gå gjennom.

5.2 METODE TIL BRUK I KLANGANALYSE

Fleire ulike analysemetodar er brukt i forskinga på instrumentklang. Som oftast er målet å utleia nokre parameter som kan nyttast vidare. Det kan dreia eg om statistiske metodar, wavelettransformasjon, waveform, spektrogram, Hilbert-transformasjon, Gabor-transformasjon, Cepstrum, Spectral Centroid, constant Q transform, MFCC (mel-frequency cepstral coefficients) og så vidare. I tillegg fins det eit vell av ulike teknikkar, program og utstyr. Kva ein vel å nytta kjem ofte an på målet med analysen. Men like ofte heng det saman med fagfeltet forskaren tilhøyrrer og den tradisjonen og praksisen som råder der. Eit døme: Fysikararen Arnt Inge Vistnes ved UiO framhevar wavelettransformasjon⁵ som ein eigna metode til å analysa lyden av instrument: *Det må likevel bemerkes at vårt inntrykk av lyd ikke bare bestemmes av frekvensspekteret for et vedvarende lydsignal, men også av hvordan lyden starter og dør ut. I den sammenhengen er fouriertransformasjon til lite hjelp. Wavelettransformasjon av den typen vi tar opp senere i boka, er mye mer egnet for en slik analyse* (Vistnes, 2016, s. 108). Sjølv om ein kan fanga fleire nyansar med wavelet, er dette komplisert matematikk som fysikarar mest truleg er godt fortrulege med. Men det er ikkje sikkert at det er naudsynt med eit slikt presisjonsnivå for denne oppgåva. Vistnes snakkar

⁵ «Wavelets er en matematisk teknikk som benyttes blant annet i signalbehandling. Wavelets representerer et alternativ til Fourieranalysen, der et signal blir skrevet som en sum av trigonometriske funksjoner. I wavelet-analysen blir et signal representert ved en sum av skalerte og translaterte versjoner («datter-wavelets») av en opprinnelig funksjon, en såkalt «mor-wavelet». Wavelets er bedre enn Fourier-transformen til å representere signaler med skarpe overganger» (Holden, 2018).

dessutan om å analysera lyd som eit ledd i å generera lyd som liknar originalen, noko som ikkje er formålet mitt. Men poenget med å fanga opp måten tonen startar på, tek eg med meg i arbeidet. Avslutninga av tonen har fått ei mindre rolle. Her har eg berre målt lengda på avslutningsfasen av tonen.

5.2.1 Fourier-analyse

Ein tone består som sagt av ei grunntone og ei rekkje overtonar. Det å skilja ut og måla styrken på kvar av desse vert kalla Fourier-analyse. Den har fått namn etter den franske matematikaren Jean Babtiste Joseph Fourier som levde frå 1768-1830. Dette er sjølve basisen for mange ulike måtar å analysera og presentera lyd. Mellom anna ligg det til grunn for Fourier-spektrum. Dette er ei grafisk framstilling av det harmoniske innhaldet i dei komplekse periodiske bølgiene. Fourier-transformasjon er også grunnlaget for variantar som Fast Fourier Transform (FFT) for ei raskare og meir effektiv berekning og Short Time Fourier Transform (SFT) for kortare tidsintervall. Men viktigast i denne samanhengen er at denne samanhengen er at Fourier-transformasjonen er grunnlaget for den metoden eg har brukt og som eg no skal forklara litt nærare.

5.2.2 Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC)

MFCC er ein metode som gjer dataomfanget meir handterleg. Den tek utgangspunkt i cepstrum og er ein svært vanleg metode for analyse av klang. Cepstrum kan kallast "*Spekteret av Spekteret*", og angir dermed "*hvor fort spekteret endrer seg*". Når dette vert transformert ved hjelp av MEL-skalaen får ein mel-frequency cepstrum (MFC). Koeffisientane⁶ vert kalla

⁶ Koeffisient er et tall, en konstant eller en funksjon som står som faktor i et matematisk uttrykk.

Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC). Den fyrste koeffisienten er ein røff representasjon av den opplevde lydstyrken, eller den overordna «spectral envelope». Dei neste viser opplevd styrke på grunntonen og overtonane oppover. Difor er det desse som vert brukt til å skildra klangfarge (Halmrast, 2016, s. 381). MFCC konverterer breidda i spektrum til ein vektor med mange dimensjonar, vanlegvis 13. Men ein kan òg velgja 20 slik eg har gjort (Baeza-Yates & Ribeiro-Neto, 2011).

5.2.2.1 MFCC i stemmegjennkjenning

MFCC er mykje brukt i stemmegjennkjenning. Oria kallar den *the state of the art for speech recognition*, men nemner òg bruken i klangskildring (Orio, 2006, s. 46). Hsiao og Su framhevar òg metoden i sin (tidlegare omtalte) artikkel om sitt eige klassifikasjonssystem, AMTCS (automatic multiclass timbre classification system): *The Mel-frequency cepstral coefficients (MFCCs), a kind of cepstral features, are widely used in musical recognition and are considered as the most important features for musical timbre recognition* (Hsiao & Su, 2009, s. 691).

5.2.2.2 Likskap mellom saksofon og stemma

Det fins fleire gode argument for å bruka ein metode utvikla for stemmegjennkjenning til analyse av saksofonklang. Eitt av dei er likskapen mellom den menneskelege stemma og saksofonen. Ifølge Larry Teal⁷ har lydproduksjon hjå saksofonistar svært mykje sams med songarar sin måte å skapa lyd på. Og klangvariasjonane hjå songarar og saksofonistar vil ha

⁷ Han var den fyrste saksofonprofessor i full stilling ved eit amerikansk universitet då han blei tilsett ved University of Michigan-Ann Arbor i 1953.

den same breidda og mogleikskapar. Dette skuldast spesielt tre element. For det fyrste er pusteteknikken lik. Dessutan spelar stemmebanda same rolle som flisa på saksofonen. Det er vibreringa i stemmebanda for songarar og i flisa for saksofonistar som skapar grunnlaget for lyden som deretter ressonerer i frie ressonanskammer. Årsaka er den radikalt konisk bora saksofonkroppen, som gjer at lydproduksjonen hovudsakleg skjer der vibrasjonar frå flisa ressonerer ulike stader i kroppen avhengig av tonehøgde, for det meste kring hovudet. Dette er ein parallell til songarar sitt skille mellom bryst- og hovudklang (Teal, 1963). På grunn av dette slektskapet mellom song og saksofon, vil forskning gjort på klang hjå songarar vera relevant for saksofon. Til dømes viser Koichi Omori, Ashutosh Kacker, Linda M. Carroll, William D. Riley og Stanley M. Blaugrund, i artikkelen «Singing power ratio: quantitative evaluation of singing voice quality», til funn som viser at klangkvalitet kan målast objektivt og kvantitativ ved å sjå på styrken på dei ulike overtonane der dei er på sitt høgste. Dette viser synleg stigning i overtonestykke utover i studieløpet (1996). Men om dette er overførbart til saksofon, vil analysedelen min visa.

Eit anna argument for bruken av MFCC er den positive røynsla med bruken av metoden i forskning på klang generelt. Mellom anna vart den med hell brukt i eit arbeid med klustring av ulike instrument nytta i karnatisk musikk. Dette er sør-indisk tradisjonsmusikk som oftast vert spelt på dei ti instrumenta studiet tok føre seg, mellom anna saksofon. Her vart MFCC og LPS⁸ brukt for å produsera data om klangen på dei ulike instrumenta (Shetty & Hegde, 2016).

⁸ Linear Predictive Coefficients er ein metode som har som mål å forutseia det neste lydsignalet basert på dei føregåande.

Poli og Prandoni har òg gjort vellukka eksperimentert med bruken av MFCC i karakteristikkk og klassifikasjon av klangen til ei mengd ulike musikkinstrument (1997, s. 21).

5.3 WAVEFORM

I nokre aspekt i analysen var ikkje MFCC så egna. Difor supplerte eg med waveform-analyse der det var hensiktsmessig. Tidlegare nemnte Hsiao og Su (2009) gjorde òg dette i sitt arbeid. Dei har utforma ein eigen metode dei kallar WFEM. Den skal trekkja ut eigenskapar ved lydsignalet basert på den karakteristiske forma på lydbølgjesignalet til ein enkelt tone på saksofon. Dette er ein omfattande prosess med ei mengd naudsynte utrekningar. Dette ser eg ikkje behovet for i mitt eige prosjekt. Men måten å bruka lydbølgjesignalet på ved såkalla «Waveform», velgjer eg å nytta. Dette fins som mogleik i Sonic Visualiser. Etter litt leiting fann eg ut at programmet òg gav mogleik for MFCC ved hjelp av eit såkalla vamp-plugin fra forskarar ved Queen Mary University of London. Begge analyseformene gav lovande resultat etter å ha prøvd dei på ei lita mengd testopptak. Difor valde eg å gå vidare med desse.

5.4 SONIC VISUALIZER

Det finst mange moglege framgangsmåtar når det kom til sjølve analysen av materialet. Programvarer for akkustisk analyse kjem i ulike prisklassar. Men for prosjekt som dette, er det heldigvis svært gode gratis alternativ. Til dømes vil opptak gjort i Audacity gje wav-filer som kan analyserast i Sonic Visualiser eller Pure Data. I Sonic Visualiser (2017) er det mogleg å installera ei mengd vamp plugins utvikla av forskargrupper og utviklarar i heile verda. Desse er tilpassa ulike behov. For prosjektet mitt var det Queen Mary plugin set frå Centre for Digital Music ved Queen Mary University of London som var det nyttigaste. Med

det settet installert kan ein som nemnt måla klang ved hjelp av av Mel-Frequency Cepstral Coefficients (QM Vamp Plugins).

Mitt mål er å få mest mogleg informasjon om klangen i lydspora mine presentert på ein måte som ikkje berre kan forståast av fysikarar og matematikarar. Det har òg vore eit poeng at det skal vera gratis programvare. Valet vart difor enkelt. Sonic Visualaliser oppfyller desse krava og vert nok difor ofte nytta i undervisning. Dette var det programmet førelesarane ved kurset «Digital Musicology» ved University of Oxford anbefalte og gav oss kursdeltakarar ei enkel innføring i sommaren 2017. Så dette var eg halvvegs fortruleg med på førehand. Men det kravde likevel mykje å gjera seg kjend med dei ulike moglegheitane for klanganalyse programmet gjev.

5.5 STATISTISK ANALYSE

For å analysera data som kom fram, er enkle statistiske metodar teke i bruk. Desse metodane vert presenterte her etter ei kort gjennomgang av kva type data som er samla inn.

5.5.1 Data

Gjennom analysen av alle opptaka er det blitt samla inn mengder såkalla «harde data». Ofte er dette snakk om data som ein kan registrera som tal (Johannesen, Tufte, & Christoffersen, 2010, s. 37). MFCC-verdiane er eit typisk døme. Men også nivåinndelinga er registrert i form av tal. Det same gjeld for øvrig dei fleste opplysningane utøvarane registrerte om seg sjølve. Rett nok fins det her felt kor dei registrerer namn på merke og modell av instrumentet,

ligaturet, munnstykket og flisa dei bruker. Men dette er opplysningar som ikkje vert teke vesentleg omsyn til i sjølve analysen. Sjå skjemaet saksofonistane fylte ut i figur 1.

Midtbø (2016) forklarar ulikskapane mellom einingar, variablar og verdiar. Han skriv at i samfunnsvitskapelege analysar er det oftast menneske som er eininga. Det stemmer òg for denne oppgåva. Kvar utøvar vil her vera ei eining. Eininga seier altså noko om kven som vert undersøkt. Variablar derimot, fortel oss om kva som vert undersøkt. Dei sorterer på den måten at eininga vert tillagt ein spesiell verdi. I dette tilfellet dreier det seg mellom anna om

SAXOFON-OPPTAK

I samband med masteroppgåva mi ved OsloMet (storbyuniversitetet), tek eg opptak av alt-saxofonistar på ulike nivå. Desse skal brukast som materiale i ei utforsking av klang. Opptaket er svært kort. Saxofonisten skal spela følgjande:



Eg treng ikkje personlege opplysningar om den som spelar, berre det som står nedanfor. Dette fyller eg inn. Den som spelar vert anonymisert i oppgåva.

INSTRUMENT	
Merke	
Modell	
LIGATUR	
Merke	
Modell	
MUNNSTYKKE	
Merke	
Modell	
FLIS	
Merke	
Styrke	

Alder: år

Spelt saxofon: år

Fått undervisning på saxofon:.....år

Utdanna saxofonist

Opptak nr

Figur 1 Skjema til utfylling av kvar utøvar. Merk at her er saxofon skriva med x og ikkje ks slik norsk rettskriving skulle tilseia. Dette er gjort medvite sidan det er det aller vanlegaste å gjera i saksofonmiljøet. Dette tydeleggjer tilknytninga til oppfinnaren av instrumentet, Adolphe Sax. Det kjendes riktig å nytta seg av rådande praksis i miljøet ved direkte kommunikasjon.

nivåinndelinga av kvar enkelt utøvar, kor dei vert inndelt i nivå 1 til 5, der 1 er den lågaste og 5 den høgste verdien. Dei andre variablane, som til dømes lengde på registerskifte og styrke på overtonar målt i MFCC, er verdiar med «høgt målenivå». Desse er sjeldne i samfunnsvitskapleg samanheng og er med på å visa denne oppgåva si sterke tilknytning til forskingsfelt som er meir realfagsorienterte.

5.5.2 Gjennomsnitt

For å finna ut kva som kjenneteikner kvart av utviklingsnivåa eg har delt inn i, har eg nytta meg av gjennomsnitt. Det kan på ein fin måte visa kva som er typisk for kvar gruppe og er det mest vanlege målet å bruka i dag. Ein legg saman alle verdiane og deler så på talet av einingar. Men ekstreme observasjonar kan forstyrre gjennomsnittet mykje. Har ein ei måling som er svært lav eller høg, kan ho ha stor påverknad på gjennomsnittet, og det kan stillast spørsmål ved kor typisk gjennomsnittsverdien då er. Ofte bruker ein median for å supplera i slike tilfeller. Han vert rekna for den midterste verdien når alle verdiar er ordna i rekkefølge (stigande eller synkande) (Johannesen, Tufte, & Christoffersen, 2010, s. 281-283). I dette datasettet tykte eg ikkje median gav meining å bruka sidan det var så få einingar per nivå. For å få fram variasjonsbreidda i datamaterialet, har eg enkelte gonger heller supplert med standardavvik og regresjonsanalyse.

5.5.3 Standardavvik

Standardavviket kan seiast å vera det gjennomsnittlege avviket frå gjennomsnittet. I dette tilfellet, når eg har laga mi eiga nivåinndeling, kan standardavviket seia noko om kor vellukka denne har vore. Har utøvarar på same nivå nokolunde like resultat eller er spriket stort innafør kvart nivå? Det kan enkel regresjonsanalyse òg vera med på å indikera.

5.5.4 Regresjonsanalyse

I nettleksikonet Store norske leksikon vert regresjonsanalyse definert som «statistiske analysemetoder for å beskrive sammenhengen mellom én eller flere uavhengige variabler og en avhengig variabel» (Braut & Dahlum, 2018). Den avhengige

variablen er her nivåinndelinga, medan dei uavhengige er styrken på grunntonen og overtonane.

5.6 FØREBUANDE INTERVJU/KONSULTASJONAR

For å kunna velja ut innhaldet i lydopptaka, har eg hatt god nytte av både utdanning og røynsle som saksofon-pedagog. Teoriane til John Harle og Larry Teal om tonedanning og registerskifte har òg vore til hjelp. Likevel vurderte eg det av stor verdi å søkja råd frå nokre autoritetar innan opplæring av klassiske saksofonistar i Noreg. Den fyrste eg konfererte med var Lars Lien. For tida har han stilling som førsteamanuensis i klassisk saksofon ved Det kunstfaglige fakultet - Musikkonservatoriet i Tromsø. Han har lang erfaring som solist og kammermusikar samt som saksofon-pedagog på dei fleste nivå. Men eg valde han mykje på grunn av arbeidet hans med eldre ungdom og musikkstudentar. Dessutan har han utforska saksofonklangen på mange vis. Mellom anna har han brukt mykje tid på å finna attende til klangen i dei gamle instrumenta slik dei vart laga då saksofonen var ny. Difor har han fleire gode refleksjonar kring arbeid med klang og tonekvalitet for klassiske saksofonistar. Intervju med Lien blei av praktiske årsaker gjennomført på e-post.

For å dekkja nybyrjar- og mellomnivåperspektivet, har eg teke kontakt med ein av dei største kapasitetane på området, Ragnhild Holm. Ho har mange års røynsle som saksofonlærer ved Bærum musikk- og kulturskole og Rud videregående skole. Holmhar òg gjennom mange år spesialisert seg i nybyrjarundervisning inspirert av Suzuki-modellen⁹ og vore praksislærer for

⁹ Metode som også vert kalla morsmålsmetoden der born skal læra musikk som dei lærer språk. Metoden er difor gehørbasert i starten. Sjå forøvrig: <http://norsuzuki.no/norsk-suzukiforbund/suzukimetoden/>.

musikkpedagogikk-studentar ved Norges musikkhøgskole. I tillegg til å ha undervist born heilt ned i fire-femårsalderen, har ho lang røynsle med vaksne nybyrjarar. For tida samarbeider ho med dottera Kaja Holm Rogstad om leiinga av eit ensemble for nettopp denne gruppa av saksofonistar. Desse får alle enkeltundervisning hjå Holm i tillegg til å spela i ensemblet. Ho har òg gitt ut saksofonlærebooker, -spelebooker og emnehefte. Hennar grundige opplæring av born, ungdom, vaksne og saksofonpedagogar, gjer at eg meiner det er mykje å henta i det ho tenkjer kring utfordringane hjå nybyrjarar når det gjeld klang og tonedanning. Samtalar med henne har gått føre seg på telefon og e-post.

6 TEORI

Eg vil no få presentera det teoretiske grunnlaget for oppgåva mi. Teori kan brukast på mange måtar i forskingsarbeid. Den kan vera grunnlag for problemstillinga eller til hjelp når den skal spissast. I nokre tilfelle kan den vera sjølve resultatet av forskinga. (Johannesen, Tufte, & Christoffersen, 2010, s. 45). Men for meg har den vore sentral i utforminga av forskingsdesignet mitt. Måten eg kom frå til dei fire parametra på heng saman med John Harle sitt teoretiske perspektiv på tonedanning og «The cathedral of resonance». I likskap med nemnte Teal si bok *The Art of Saxophone Playing* frå 1969, går nemleg John Harle si nye bok, *The Saxophone - The Art and Science of Playing and Performing*, i djupna når det gjeld toneproduksjon. Den britiske saksofonprofessoren ved Guildhall School of Music and Drama i London presenterer her omfattande teoriar om saksofonklang og øvingar for å forbetra denne. Han introduserer dette omgrepet «the Cathedral of Resonance». Dette handlar om korleis vibrasjonane i røyrbladet (flisa) resonnerer i ulike stader i kroppen avhengig av tonehøgde. Fleire element kan vera med å påverka klangen: vinkel og plassering av munnstykket, plassering av bakre del av tunga, embouchure og blåseteknikk. Desse meiner Harle ein skal jobba medvite med for å få ein så god klang som mogleg. Når det gjeld plassering av bakre del av tunga, avheng det av kva for eit register ein spelar i. For å få rikast mogleg klang og smidige skifte skal ein vera medviten på dette (Harle, 2017). Eittersom det er noko som må øvast mykje på, må amatørar på grunn av mangel på øving og målretta jobbing med dette og dei andre elementa, oppnå liten grad av klangriksdom og smidighet i registerskifte. Her ynskte eg å sjå om dette gav grunnlag for å måla ulikskapar hjå utøvarar på ulikt trinn i utviklinga si. Vidare vart teoriane hans viktige i tolking av resultatata. Det almenne og forenkla biletet dei gav, danna eit godt grunnlag for å kunna tolka resultatata og sjå generelle

tendensar. Eg vil sjå resultata mine i samanheng med teorien for å forklara dei. Kan det forenkla biletet dei gjev ha samanheng med den progresjonen eg kan fanga opp ved bruk av dei utvalde parametra?

6.1 «THE CATHREDAL OF RESONANCE»

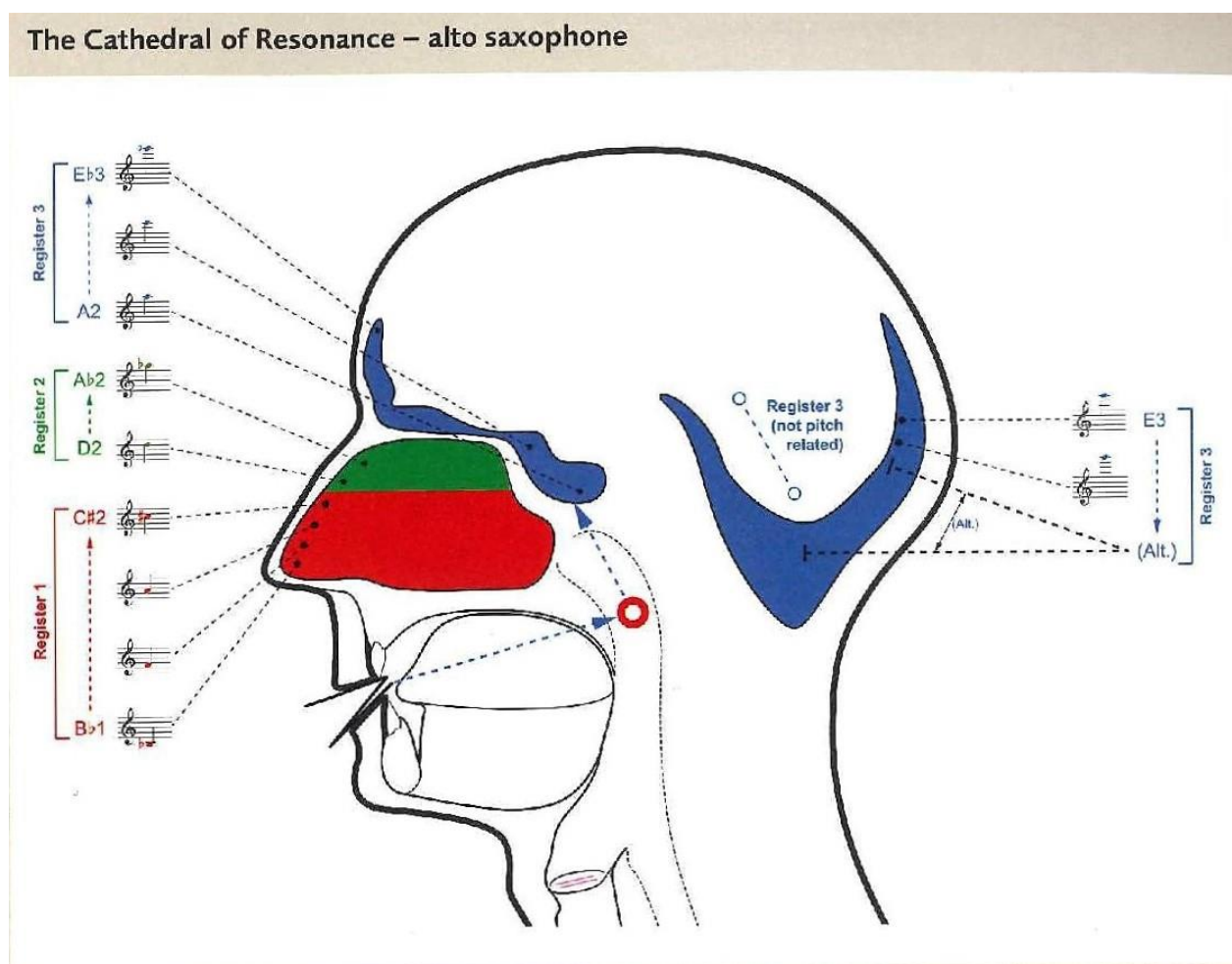
Denne teorien er som sagt noko av grunnlaget for val av parameter. Difor vil eg skildra noko meir inngåande dei sentrale punkta i teorien. Som nemnt handlar dette om korleis vibrasjonane i røyrbladet (flisa) resonerer i ulike stader i kroppen avhengig av tonehøgde. Vinkel og plassering av munnstykket, plassering av bakre del av tunga, embouchure¹⁰ og blåseteknikk er element som er med på å påverka klangen. Harle forklarar dette sjølv på denne måten:

The Cathedral of Resonance adds specific internal resonation to your sound before the general, external amplification of sound in the mouthpiece and saxophone body. This effectively `personalizes` your sound (Harle, 2017, s. 78).

Han deler heile omfanget til saksofonen opp i tre delar, eller tre register. Kvar i kroppen dei ulike tonane resonerer, er ulik for dei ulike saksofontypene. Men her presenterer eg det som gjeld for alt-saksofon. Den fyrste delen er den som er markert med raudt på figur 2 (Harle, 2017, s. 79). Dette er register 1 og omfattar lille B \flat til Ciss 2. Tungerota bør plasserast høgt og tunga gjerast brei. Slik treff ein best resonanskammeret i nedre del av nasehola. Register 2 er øvre del av nasehola og er markert med grønt. Når ein spelar i dette registeret bør ein trekka

¹⁰ Bruk av ansiktsmusklar og lepper til å få lyd og til å kontrollere tonehøgde og klang.

tungerota fram og ned slik at tunga blir litt flatare. Om ein derimot trekk tungerota framover og oppover, vert den tynnare og vidare og gjer ein i stand til å best treffa resonanskammera til register 3. Desse er markerte blått og me finn dei i bihulene og ventriklane bak i hjernen. (s. 59)



Figur 2 Illustrasjon av registra på alt-saksofon og deira ressonanskammer (Harle, 2017, s. 59).

6.2 MUNNSTILLING

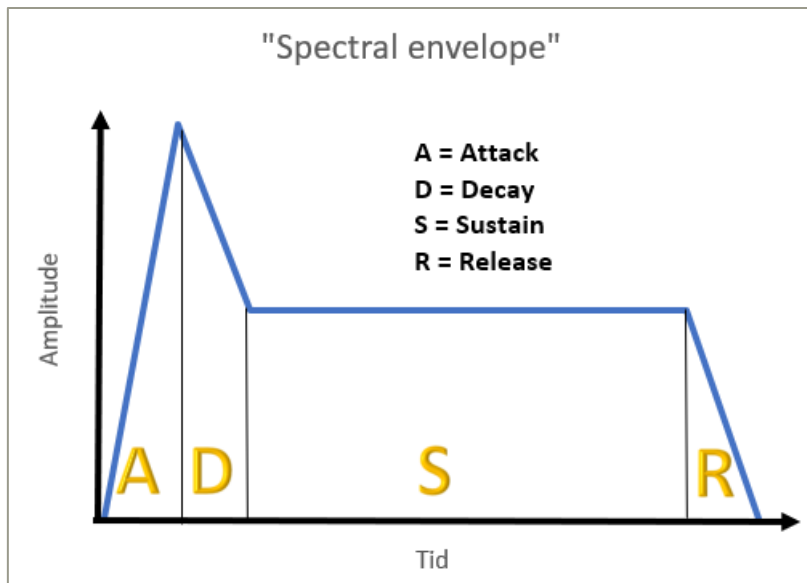
Harle har òg klare formeiningar om korleis ein bør jobba med munnstilling (eller embouchure). Sidan dette heng tett saman med klangelementet, vil eg presentera synet hans på korleis overtonespekteret vert påverka av munnstilling. For klassiske saksofonistar er målet å skapa ein godt balansert såkalla «single-lip embouchure». Tennene skal kvila på oversida av munnstykket medan ein trekk overleppa godt inn mot dei. Underleppa er trekt inn over tennene i underkjeven. Så skal ein, utan å bita, skapa eit jamnt press kring heile munnstykket. Er underleppa for svak, får ein lett ein altfor lys klang og tendens til «skviking» i det djupe registeret. Er overleppa for svak, kan resultatet bli ein kjedeleg, ufokusert klang i midt- og toppregisteret. Her vil eg få skyta inn at det er ein stor forskjell på klassisk ideal og den tonen ein oftare høyrer hjå saksofonistar innan jazz og rytmisk musikkstil. Innan sistnemnde retningar er det vanlegare med ei munnstilling der ein ikkje trekker underleppa inn over tennene i underkjeven men at overleppa gjerne er trekt litt under tennene i overkjeven. Munnstillinga, i tillegg til instrument, munnstykke og fliser, påverkar klangen. Harle foreslår å bruka denne typen munnstilling for å trenna opp styrken i overleppa. Men målet er at han vert så sterk at han skal vera med å stramma kring munnstykket òg når tennene er i kontakt med munnstykket og underleppa ligg over tennene, slik at ein ikkje endar opp med å bita. Det kan hemma vibrasjonane i flisa som skapar den klangen ein er ute etter.

Ytterste delen på munnstykket og flisa er ein stad der det er stor aktivitet i overtonane. Difor har det ganske mykje å seia kor langt inn i munnen ein har munnstykket og korleis leppa og tennene kjem i kontakt med dette området. Om overleppa ikkje er trekt godt nok tilbake og tennene har dårleg kontakt med munnstykket, oppstår mange overtonar som kan øydeleggja

klangkvaliteten og ein får ein ubehageleg kvinande lyd. Men om munnstykket kjem for langt inn i munnen, kan ein òg få redusert klangkvalitet, då både retninga på lufta kan bli ugunstig og for mykje av flisa får vibrera fritt. Eller om underleppa legg seg langs flisa kan det hemma vibrasjonar (Harle, 2017, s. 111-113). Det kan òg oppstå ubalanse om ein skyver haka for langt fram, noko ein del gjer for å få til dei djupare tonane på instrumentet. Etterkvart i opplæringa, vil ein nærma seg ein balanse og det blir enklare å oppnå den klangen ein ynskjer.

6.3 ADSR

Eit lydsignal kan delast opp i fire delar, «attack», «decay», «sustain» og «release» etter ADSR-envelope-teorien som mellom anna er omtalt i samband med forskinga til Hsiao & Su. Attack er den korte tida frå signalet startar til det når topp-punktet i intensitet. Decay er tida det tek før signalet vert stabilt. Sustain er den stabile fasen. Og release-fasen er avslutninga, tida frå den stabile fasen når attende til nullpunktet. Nokre instrument og spelemåtar gjer at ein ikkje får så tydeleg adskilte decay- og sustainfase. Intensiteten går i staden for jamt nedover frå decaypunktet (Berg & Stork, 1995, s. 132).



Figur 3 Eigen illustrasjon av dei fire fasane av ein tone på eit blåseinstrument. Attack er den korte tida frå signalet startar til det når topp-punktet i intensitet. Decay er tida det tek før signalet vert stabilt. Sustain er den stabile fasen. Og release-fasen er avslutninga, tida frå den stabile fasen når attende til nullpunktet.

Eg har i figur 3 illustrert «spectral envelope» slik den gjerne ser ut for blåseinstrument. Denne, samt Berger sitt nemnte eksperiment, *confusion matrix*, der han kutta det fyrste og siste halve sekundet av opptak av ulike korpsinstrument, har tydd mykje for mitt val av

parameterinnhald. For dette viser at det intense punktet i overgang mellom attack- og decay-fasen av tonen har ein diskriminerande funksjon når det gjeld å skilja ulik klang frå kvarandre. Difor har eg inkludert målingar i denne fasen for dei delane av materialet der det var mogleg.

7 DATAINNSAMLING

Lydopptaka er teke med ein handhalden opptakar av typen Zoom H1. Av praktiske årsaker er opptaka gjort i fleire forskjellige lokale. Det er sjølvsagt ikkje heilt ideelt sjølv om det har den fordel at utøvarane kan vera litt tryggare i sine vante omgjevnader og resulata difor ikkje like prega av nervøsitet. Men ulike akustiske forhold får innverknad på overtonespekteret, mellom anna fordi materiala i lokalet reflekterer spekteret ulikt. Denne effekten er imidlertid marginal i dette tilfellet. For lyden ein oppfattar i eit lokale, er sett saman av både den direkte lyden og fleire meir eller mindre identiske refleksjonar av denne som følgjer tett på. Om desse når øyra innan 35 ms etter direktelyden, vil ikkje øyra våre høyra dei som separate lydar.

Refleksjonane vil heller berre fungera som ei forsterking av direktelyden. Lyden vil difor høyrast ulik ut i ulike lokale med ulike refleksjonar. Men sidan mine opptak er gjort på omlag ein meters avstand, ligg eg godt inne i direktelydsona og får ikkje med noko særleg av desse ekstra refleksjonane. Styrken på lydsignalet kjem an på avstanden til lydkjelda og synk med 6 dB kvar gong avstanden vert dobla. Ved ein avstand på berre ein meter, slik eg har hatt, vil det reknast som nærmikking (*close miking*) som resulterer i ein dominerande tørr direktelyd (*direct and early sound*) (Rossing T. , 1990). Den overstyrer klangen i rommet såpass godt at det ikkje har noko å seia for analysen at romrefleksjonane er litt ulike i dei ulike lokala opptaka vart gjort i.

7.1 UTØVARANE

Min opphavlege plan var å gjera opptak av born, ungdom og vaksne. Dei skulle representera ulike nivå. Borna skulle vera skulekorpsmedlemmer som akkurat hadde byrja å spela.

Ungdommane skulle vera elevar av dei vaksne, men som gjerne gjekk musikkline på

vidaregåande skule. Og dei vaksne skulle då vera utdanna saksofonistar som arbeidde med undervisning og/eller utøving. For å ha ei handterleg mengd å jobba med, var planen å ta 10 - 15 opptak. Men så utvikla det seg litt annleis.

Dei to fyrste opptaka eg tok, var av to kolleger i eit amatørkorps for vaksne, den eine med og den andre utan utdanning i saksofonutøving. Opptaka skjedde i øvingslokalet vårt, på ein vidaregåande skule.

Deretter tok eg kontakt med ein tidlegare medstudent frå Norges musikkhøgskole. Ho har fast stilling som saksofonist i eitt av våre profesjonelle forsvarskorps. Opptak 3-5 var av henne og to av kollegaene hennar som var på jobb, og som sa seg viljuge til å stilla opp. Desse opptaka vart teke på eit av grupperomma i forvarskorpset sine lokale.

Seinare snakka eg med Ragnhild Holm, som eg visste hadde elevar på vidaregåande. Ho sette meg i kontakt med sine elevar og eg fekk ein opptaksdag skulen der i samband med ei ensembleøving i eit klasserom. Det resulterte i opptak av fire saksofonelevar som hadde fått undervisning på saksofon i 3 til 10 år. Dette var opptak 6-9.

Holm tykte det var svært interessant at eg hadde tenkt å utforska variasjonane i klang, og meinte eg ville få gode bidrag til breidda om eg tok opptak av den gjengen med dei entusiastiske, godt vaksne nybyrjarane ho leia i samarbeid med dottera si. Etter ein avtale med dottera, Kaja Holm Rogstad, fekk eg koma på ei øving og ta opptak av dei som sa seg viljuge. Det viste seg å vera samtlege. Ikkje alle spelte alt-saksofon i dette ensemblet og hadde difor ikkje med seg dette på øvinga. Men dei fekk låna instrument av den løysningsorienterte og positive ensembleleiaren. Fem av opptaka er difor gjort med nøyaktig same utstyr. Dette var noko Lars Lien hadde foreslått eg skulle gjera, berre for å skilja ut den menneskelege faktoren

i klangskaping. Og her fekk eg det i fanget utan å måtta tilretteleggja noko for det sjølv!

Resultatet av denne dagen vart ni opptak, inkludert eitt av Rogstad sjølv. Så opptak 10-17 er av desse glade amatørane i alderen 48-76 år og opptak 18 av leiaren deira. Opptaka vart gjort på kjøkenet i ein barnehage som var dagens erstatning for det vanlege øvingslokale deira.

Opptak 19 er av «rådgjevaren» min, Lars Lien, og er teke i samband med ei øving i eit konsertlokale på ein kulturskule.

Opptak 20 er av meg sjølv, teke heime i stova.

Opptak 21-23 er av tre kollegaer i saksofonkvartetten eg er tenor-saksofonist i. Dei har alle tre utdanning som saksofonistar, men jobbar mest med undervisning. Desse opptaka vart gjort i ein konsertsal på ein vidaregåande skule.

Samtykke er innhenta og utøvarane vert anonymiserte i analysen.

Sidan eg raskt kom opp i 23 opptak, bestemte eg meg difor for å gå vekk frå den opphavlege planen om å ta opptak av skulekorpselevar. Eg hadde vore i kontakt med ein instruktør i eit skulekorps som var svært positiv og gjerne formidla kontakt med elevane sine. Snart vart det klårt at det praktiske kring dette vart noko omstendeleg. Ein ting var tidsaspektet. Alle desse elevane var spreidd utover mange timar og det blei mykje venting for å få teke opptak av alle. Dessutan var det omstendeleg å få informert foreldra og henta løyve før opptaksdag. Sidan eg hadde fått så mange opptak av vaksne nybyrjarar, bestemte eg meg difor for å ikkje inkludera born i dette. Med dette vil eg òg utelukka mistankar om at ulikskapar mellom barn og vaksne kan skuldast fysikken, anten det gjeld storleik på kroppen eller motorikk.

7.2 INNHALDET I LYDOPPTAKA



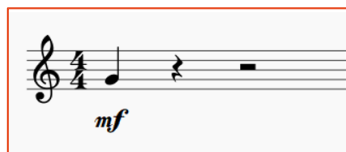
Dette er notane utøvarane fekk og skulle spela. Desse tonane spelte dei på sitt instrument. Men sidan alt-saksofon er eit transponerande instrument, låter det annleis enn det er notert. Heilt konkret let det ein stor sekst lågare enn det som står på nota. Men det er den noterte høgda eg kjem til å referera til vidare. Styrkegraden har eg notert som *mf*. Dette er forkorting for mezzoforte som tyder middels sterkt. Eg ynskte at det dei spelte ikkje skulle vera pressa eller forsert på noko vis. Sidan det krev meir fysisk å produsera ein veldig svak eller veldig sterk tone, skjer det ofte uintenderte endringar i klangen for dei fleste. Størst vert endringar hjå nybyrjarar som enno ikkje har øvd opp så god kontroll over luftstraum og munnstilling. Så styrkegraden *mf* legg an ein slags nøytral grunn der alle utøvarane stiller på mest mogleg lik line. Det eg går glipp av å fanga opp, er evna til å skapa god klang i andre, meir utfordrande, styrkegradar å spela i.

Alle tonelengdene er fjerdedelar for å visa at det ikkje skal vera så lange tonar. Tempoet, $\text{♩} = 60$, markerte eg for dei før dei skulle spela. Dette er eit sakte tempo der kvar av mine noterte tonar skal vara eitt sekund. Sjølv sagt kunne eg valt eit raskare tempo og berre forlenga noteverdien. Det kunne blitt litt meir nøyaktig. Men eg valgte å gjera det slik for å visa at det skulle vera ein enkel tone utan så mykje «dikkedarier» eller «kunst». Hadde tonen vore notert som halvnote til dømes, trur eg fleire umedvite hadde prøvd å forma tonen meir musikalsk og eg hadde fått eit materiale som hadde vore vanskelegare å jobba med. Mest sannsynleg ville

utøvarane lagt til vibrato undervegs og gjort større dynamiske utslag. Eg ville ha den ganske enkel og stabil, og ikkje for lang, slik at datamaterialet vart eintydig og av høveleg omfang. Alle utøvarane fekk beskjed om å spela utan vibrato. Likevel gjorde fleire det med, mest sannsynleg utan å leggja merke til det sjølve. Ved å ha eit lågt tempo meinte eg òg eg kunne bidra til at utøvaren sjølv vart rolegare og tok seg god tid til innpust, slik at kvaliteten på tonen vart best mogleg.

Eg vil no dela dette opptaket i tre delar og sjå nærare på kvar del og på grunngjevinga for val av akkurat dette innhaldet.

7.2.1 Del 1



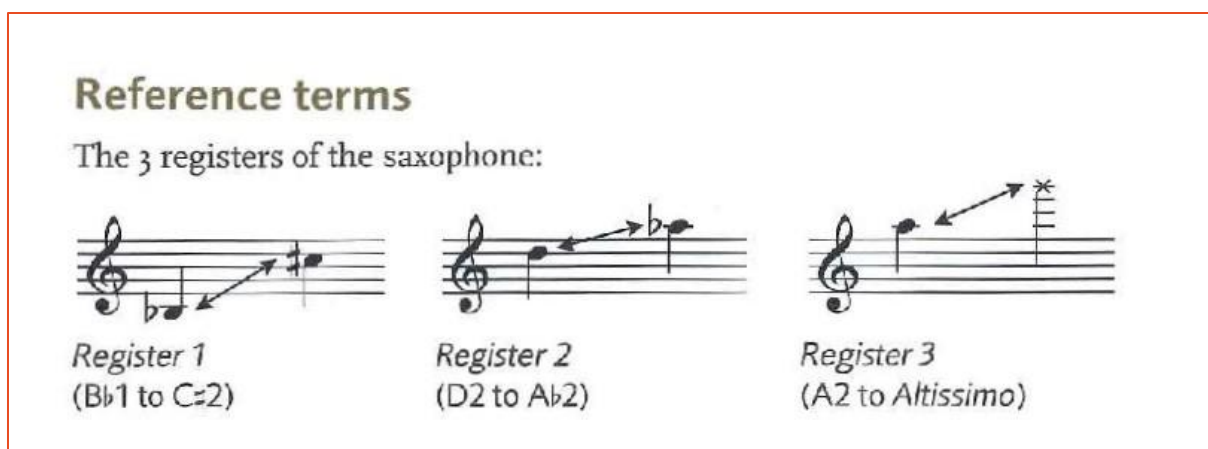
Dette er ein G1, eller ein einstrøken G. Det er ein av dei fyrste tonane mange saksofonistar lærer seg. For korps-saksofonistar er

den nesten å rekna som kammertone sidan det er denne ein oftast brukar som stemmetone¹¹

Dette er difor ein tone som var mellom dei enklaste å produsera for alle utøvarar på alle nivå.

Her kjem òg teorien til Harle inn. Denne tonen ligg midt i det han kallar register 1 (sjå figur 4 (Harle, 2017, s. 47)).

¹¹ Stemmetonen er ein tone alle justerer tonehøgden på instrumentet sitt etter. I eit korps brukar ein oftast B \flat som stemmetone i staden for A som er det mest vanlege. Dette kjem av at korps nesten berre består av transponerande instrument, for det meste B \flat -instrument. Den tonen som eignar seg best for stemmetone for alle, er difor B \flat . For B \flat -instrumenta blir dette ein C på instrumentet. På alt-saksofon blir det ein G.



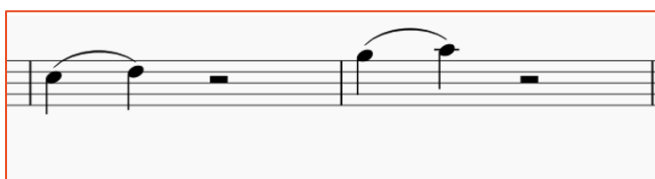
Figur 4 Oversikt over Harle sine tre register på saksofon.

Her trengs det ikkje å gjera nokre særleg justeringar. Dette vil krevja ein munnstilling og ein styrke på luftstraumen som er eit slags fundament eller eit utgangspunkt for alle saksofonistar.

Det er dette som er ei slags plattform for eventuelle naudsynte justeringar til dei andre registra. Del 1 av opptaket er difor eit naturleg val for det reinaste klangparametret,

overtonefordeling.

7.2.2 Del 2

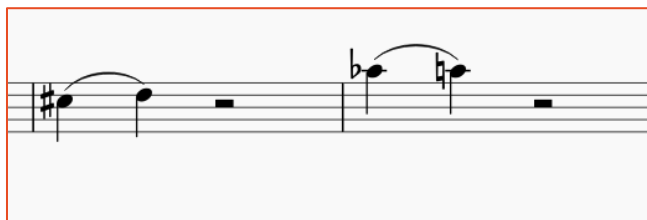


Desse tonane vart valde ut med tanke på registerskifte. Dei dekkjer nemleg baa registerskifta. Fyrst har me ein C2 og ein

D2 spelt legato¹² og deretter G2 og A2 legato. Ifølge Harle (2017) er siste tonen i register 1 C \sharp 2 og fyrste i register 2 er D2. Så det er klart eg kunne velgja C \sharp 2 - D2 i staden for C2 - D2. Det gjorde eg ikkje fordi eg på det tidspunktet hadde planlagt at eg skulle ta opptak av

¹² At tonar vert spelt legato tyder at det ikkje er noko opphald mellom dei. På blåseinstrument tyder det at dei vert spelt i ein pust.

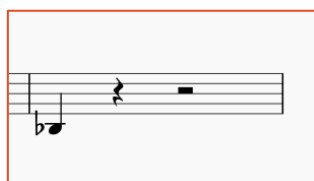
born og difor ville gjera det minst mogleg komplisert. C2 er ein tone dei som oftast lærer seg før C#2. Lause forteikn, som dette # framfor c'en hadde gjort det hakket meir komplisert for den som skulle lesa notane og spela:



Det same gjeld for registerskiftet mellom A_b2 og A2. Her senka eg òg fyrste tonen til G2 for å senka vanskegraden og redusera sjansen for mentale sperrer. Registerskiftet vert likevel fanga opp.

Andre tonen i kvart av desse registerskifta er brukt i parametret **overtonefordeling**. Heile innhaldet her i del to av lydopptaket er òg grunnlag for parametra **registerskiftelengd** og **overtoneendring i registerskifte**.

7.2.3 Del 3



Dette er lille B_b, den djupaste tonen i saksofonen sitt register. Den får ein ved å lukka alle klaffer. Lufta får dermed ein lang veg å gå, og det krevs difor eit visst trykk på luftstraumen. Denne tonen er difor vanskeleg å produsera utan å «råblåsa». Dette er ofte det som skjer med nybyrjarar. Resultatet blir då ein sterk, ukontrollert tone som ofte vert svært skarp i klangen og ikkje liknar i kvalitet på tonane i resten av registeret. Mange nybyrjarar har heller ikkje lært seg denne tonen enno. Alt dette talte eigentleg mot bruk av denne lille B_b. Men grunnen til at eg innlemma den likevel, var at det er ein så interessant tone å ha med. Eg vurderte å setja tonen i

parantes eller ikkje ta han med i notane til nybyrjarane. Heldigvis vart ikkje dette aktuelt. Alle utøvarane eg til sist tok opptak av, greidde å spela tonen sjølv om nokre få trengte litt rettleiing og eit par forsøk før dei lukkast. Tonen er interessant sidan den er den einaste der lufta går gjennom heile instrumentet. Dessutan vil den kunna ha ein diskriminerande effekt sidan dette er ein tone ein erfaren utøvar vil ha betre kontroll på og dermed få ein klang som liknar meir på resten av registeret enn det nybyrjarar gjer. Difor valte eg ut denne vanskelege tonen i tillegg til den ukompliserte G1 til parametret **overtonefordeling**.

8 FIRE PARAMETER TIL ANALYSEN

Teoriane presenterte i kapittel 6, saman med egne pedagogiske vurderingar og innspel frå dei to rådgjevarane mine, Ragnhild Holm og Lars Lien, ligg til grunn for valet av følgjande fire parameter: **Faselengd**, **Registerskiftelengd**, **Overtonefordeling** og **Overtoneendring i registerskifte**. Gjennom ulike målingar er vidare målsetjing å finna ut korleis desse parametra eignar seg til å skilja mellom ulike steg i utviklinga av klang. Fyrst vil eg gjera greie for litt av prosessen og vurderingar som førte til val av akkurat desse fire parametra. I denne innleiande vurderinga var enno ikkje dei fem ulike nivåa utarbeidd. Eg skil her difor gruppa grovt i to og skiljet går mellom amatørar og profesjonelle.

Som sagt kan målingar i attack-delen av lydsignalet vera viktig i klangmålinga. For å nytta meg av det må det skiljast mellom dei ulike fasane. Dette vil dessutan vera nyttig for fleire formål. Ein tanke er å måla stabiliteten i klangen i sustain-fasen slik det vart gjort i waldhorn-studien av Lee et. al (2011). Dette vart gjort med kurtosemåling. Etter nærare undersøkjingar fekk eg stadfesta ein mistanke eg hadde. Dette var litt meir matematisk vinkla enn eg har grunnlag for å utføra. Dei hjelpemidla eg hadde bestemt meg for å bruka, opna heller ikkje opp for denne typen måling. Eg gjorde nokre forsøk på å registrera overtonespekteret på ei rekkje ulike punkt i ein tone, for så å registrera talet på endring mellom kvar einaste overtone på kvart punkt bortover. Dette viste seg snart å vera eit enormt tidkrevjande arbeid og utan nokre klare haldepunkt. Og sidan eg ikkje har inntrykk av at dette er eit like viktig element for saksofon som det er for horn, ville eg heller konsentrera meg om andre element.

Noko som var enklare å måla var lengda på fasane. På ein tone kunne eg identifisera dei fire ulike delane og måla lengda på kvar av dei. Sustain-fasen, som er den uthaldne og stabile

delen av tonen, gjev ikkje meining å samanlikna. Lengda på denne kjem an på den totale varigheten på tonen, og har ingen diskriminerande effekt. I utgangspunktet skulle den vera omlag like lang for kvar utøvar sidan eg hadde satt same tempo for alle. Likevel varierte dette noko. Uansett er den uinteressant i denne samanheng, sidan lengda ikkje samanheng med nivået til utøvaren. Men dei tre andre er sentrale i eitt av parametra. Og identifiseringa av dei fire delane spelar ei sentral rolle som grunnlag for andre målingar. Etter å ha registrert lengda på desse på alle opptaka, rekna eg ut gjennomsnittsverdiar for amatørar og profesjonelle. Desse var lågare for amatørar enn for proffe på attack-fasen. For decay og release var det omvendt. Størst utslag var det på decay-fasen. Eg vurderte ei stund å berre ta med denne. Men sidan det ikkje dreide seg om så store mengder data, er alle tre verdiane medrekna i parametret **Faselengd**.

Også i parametret **Overtonefordeling** spelar dei ulike fasane ei rolle. Her måler eg styrken på dei ulike overtonane på fire ulike punkt i tonen. Sidan eg veit at den intense decay-fasen er viktig for å fanga opp ulike klangkvalitetar, er eitt av punkta starten av denne fasen. Dei tre andre punkta er jamn fordelte utover sustain-fasen.

I dei to parametra **Registerskiftelengd** og **Overtoneendring i registerskifte** tek eg føre meg registerskifteproblematikken . Omgrepet registerskifte viser til dei tre ulike registra Harle opererer med, register 1, 2 og 3. Nybyrjarar held seg for det meste i register 1. Ofte har dei ikkje blitt introduserte til denne teorien enno og vil ikkje gjera dei justeringar som skal til for å få best mogleg klang i register 2 og 3 dersom dei prøver seg på det. Å måla endring i klang mellom to tonar i ulikt register slik eg gjer i **Overtoneendring i registerskifte**, vil difor kunna skilja ut nybyrjarar. Det er òg eit diskriminerande parameter mellom amatørar og

profesjonelle, sjølv om dei beste amatørane sjølvsgagt ikkje vil skilja seg så klårt frå dei proffe. Lengda på sjølve skiftet mellom to tonar i eit registerskifte er også målbart. Mine målingar viser at den tida det tek mellom sustaindelen på dei to tonane, er lengre for amatørane enn dei profesjonelle, og vil kunna tena godt som eit parameter. Dette parameteret tydeleggjer klangendring ved å måla tida det tek frå ein stabil klang på ein tone til å oppnå same stabilitet på neste tone. Det er her det trengs justeringar for å oppnå god ressonans i eit anna resonanskammer. Dette tek lengre tid for amatørar å få til.

Overtonefordeling er det parametret som er sterkast knytta til sjølve klangen. Her er det snakk om enorme mengder data. Så det er ikkje klårt kva ulikskapar som eigentleg skil mellom utøvarar på ulikt nivå når det gjeld klang. Men med så store mengder, vil eg sjå om eg kan fanga opp nokre tendensar.

No har eg vist nokre tankar kring utvelgjinga av parametra. Så då vil eg gjerne få oppsummera samstundes som eg går litt meir spesifikt inn på kvart parameter og konkretisera innhaldet.

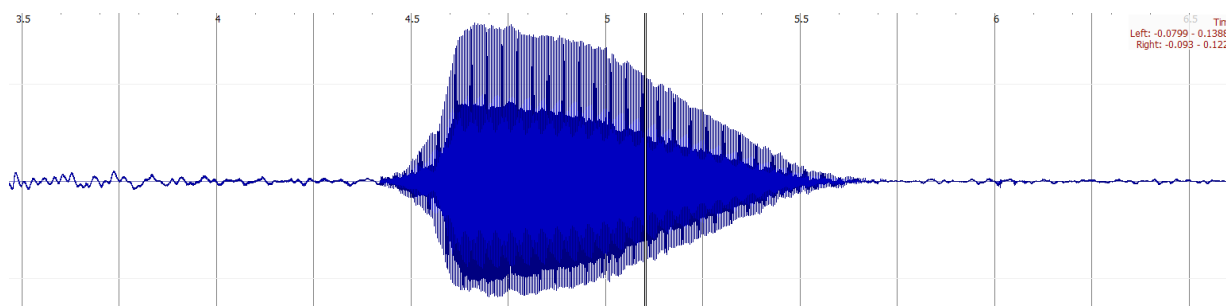
8.1 FASELENGD

Ved hjelp av waveform-analyse på ein enelttone, kan ein identifisera dei fire fasane i ADSR, attack, decay, sustain og release. På ein tone kan eg identifisera dei fire ulike delane og måla lengda på dei. Starten på kvar fase og sluttpunktet for tonen vart ført inn i eit skjema (sjå figur 5). I dette skjemaet laga eg formlar i dei cellene som er gule. Desse rekna ut lengda av kvar fase og to punkt i sustaindelen som eg kalla Sustain 2 og Sustain 3. Eg kjem attende til dei seinare.

Opptak	Attack	Decay	Sustain	Sustain 2	Sustain 3	Release	Slutt	LENGD ATTACK	LENGD DECAY	LENGD SUSTAIN	LENGD RELEASE
	7,365	7,475	7,523	7,699	7,881	8,057	8,357	0,110	0,048	0,534	0,300

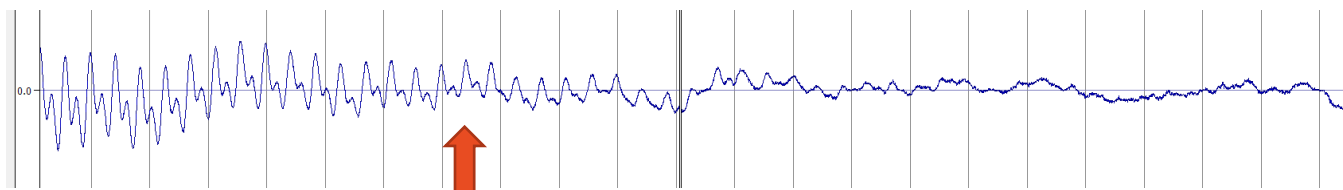
Figur 5 Registrering av faseleigd og utrekning av Sustain 2 og 3 i rekneark. I dei gule rutene er det sett inn formlar som rekna ut to punkt i sustainfasen 1/3 og 2/3 inn i sustain-delen og lengda på dei ulike fasane etter start- og slutt punkt for kvar av dei.

Denne analysen tydeleggjer konturen av tonen og i mange tilfelle var det enkelt å utføra inndelinga. Andre gonger følgde han ikkje boka heilt.



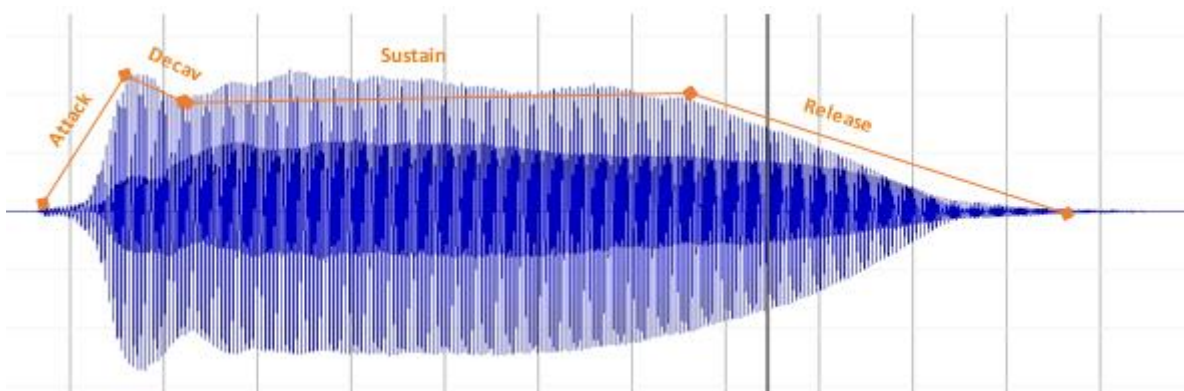
Figur 6 Eit litt vanskeleg tilfelle. Her er ikkje sustain-fasen så enkel å identifisera.

Figur 6 viser eit døme på ei måling der eg fekk større problem med å sjå kvar ein fase sluttar og ein ny byrjar. Spesielt vanskeleg var det i visse tilfelle å avgjera når sjølve tonen startar og når han sluttar. Dersom tonen vart starta og avslutta med litt støy, slik den ofte blir om ein kjem borti flisa med tunga, eller slepp ut litt luft før eller etter tonen, var det ikkje enkelt å avgjera det nøyaktige punktet der lyden går frå støy til ein ordentleg tone eller omvendt. Dette løyste eg med å forstørra biletet slik at ein ser når bølgebevegelsen sluttar å vera jamn og kompleks. Det vil seia at ein klårare ser at ein ikkje lenger har med ein grunntone med overtonar å gjera. I dette tilfellet såg det slik ut (figur 7):



Figur 7 Pila viser når eg meiner tonen er slutt og den går over i støy.

Heldigvis var nokre opptak enklare å analysere. Dei ulike delane var moglege å identifisere og det var ingen tvil om når tonen starta og slutta. Figur 8 er døme på eit slikt enkelt tilfelle



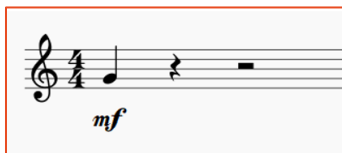
Figur 8 Dei fire ulike fasane er her ganske enkle å identifisere.

8.2 OVERTONEFORDELING

Dette klangparametret tek føre seg ein enkelt tone av avgrensa lengd. Ved parametret faselengd, var allereie denne tonen analysert og delt inn i dei fire fasane. Her i overtonefordelingsanalysen kjem tidfestinga av decay og sustain i opptaket til nytte. For å få eit så riktig bilete av klangen som mogleg ynskte eg å få med decay-fasen som har vist seg å kunna fanga opp mykje av det personlege særpreget i klangen. Eg bestemte meg for å måla

nøyaktig på startpunktet av decay-fasen, når klangen er på sitt mest intense. Det vil seia at eg brukar det punktet der attack går over i decay. Dette gjeld for dei enkeltstående tonane G1 og lille Bb. For sustain-fasen har eg gjort ei grundigare og meir omfattande måling for G1 (frå del 1 i lydopptaket) enn for dei andre tonane.

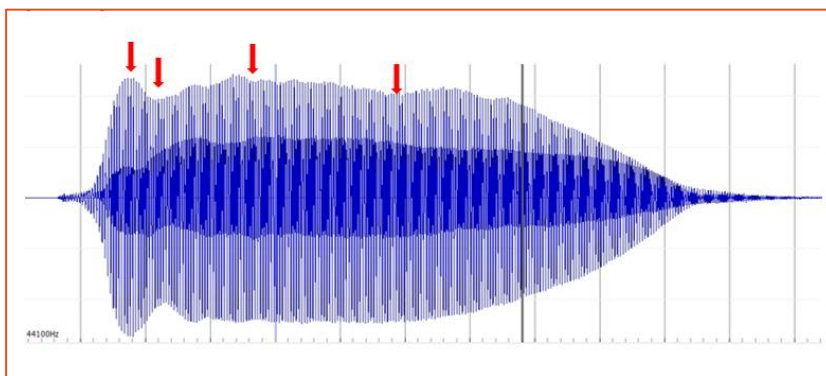
8.2.1 Del 1 i lydopptaket



Tonen G1

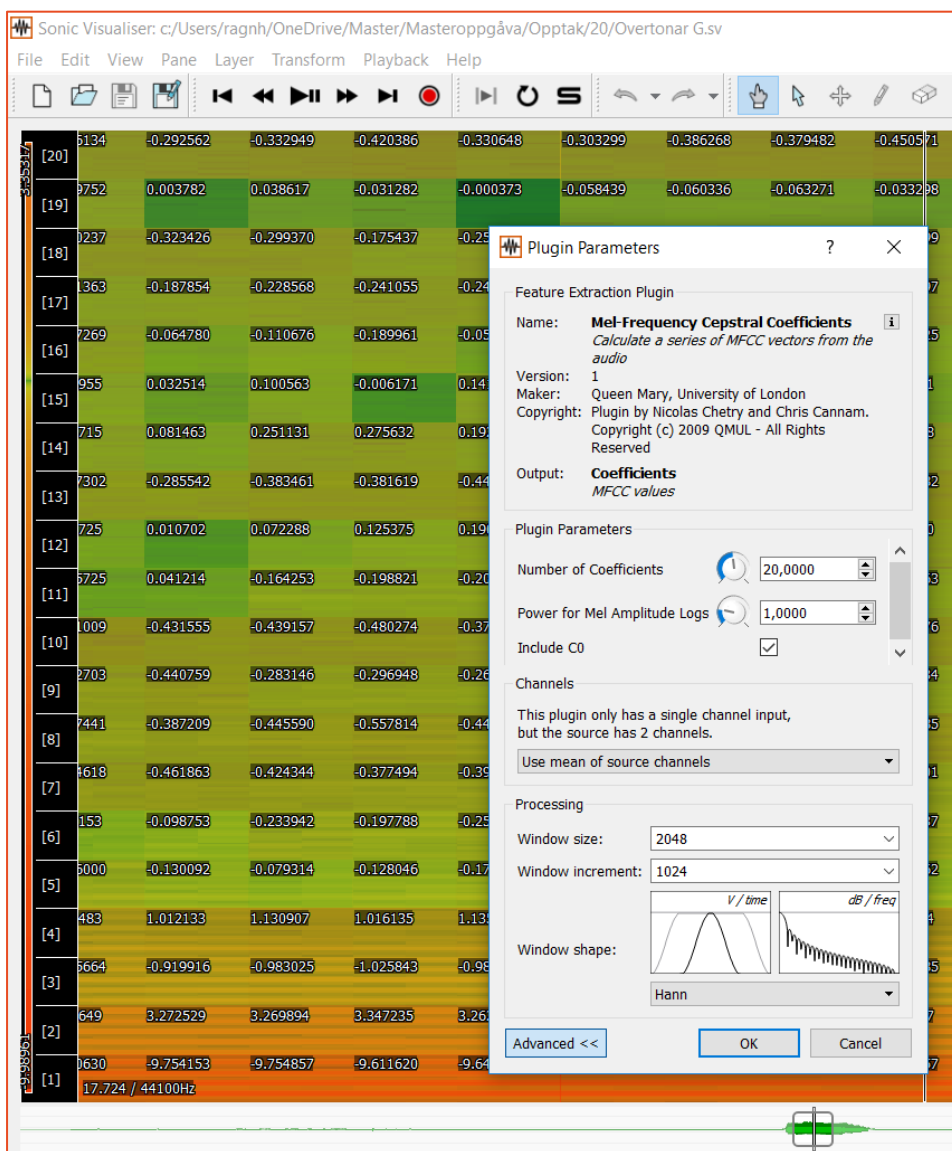
Her delte eg sustainfasen opp i tre like delar. Eg målte overtonar på starten av kvar tredjedel og kalla delane Sustain, Sustain 2 og Sustain 3 (figur 9). Deretter rekna eg ut gjennomsnitt av desse for

at ikkje målet skulle bli for tilfeldig. Sustaindelen var nemleg ikkje heilt stabil og eg fekk litt ulike resultat alt etter kor eg eg valde å måla. Ved eit gjennomsnitt frå tre stader jamt fordelt utover fasen, meinte eg at eg fekk eit riktigare bilete. I tillegg sette eg « window size» på maksimum. Dette er storleiken på det tidrommet målinga vert gjort. Ved å setja den på



Figur 9 Dei raude pilene viser punkta for decay, sustain, sustain 2 og sustain 3 i eitt av opptaka

maksimum, vart effekten av variasjonen over tid minimert. Skjermbiletet i figur 10 viser innstillingane eg brukte. Etter å ha prøvd ut litt forskjellig, enda eg opp med å bruka standard-



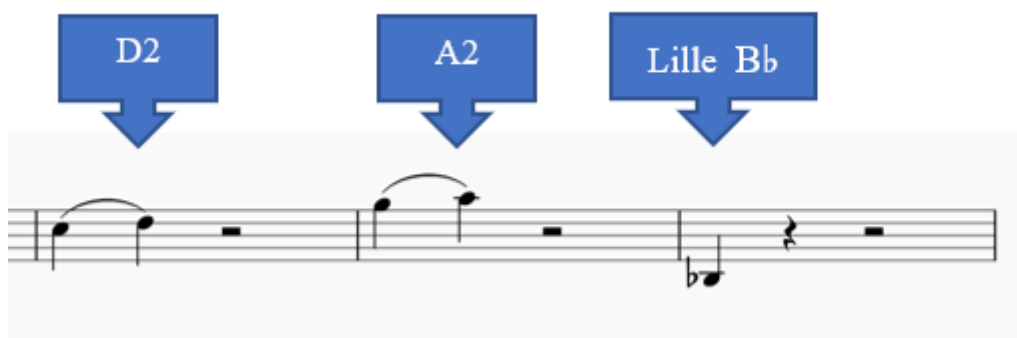
Figur 10 Skjermbilete frå MFCC-analyse med innstillingane som vart brukte.

innstillinga.
 Dette tykte eg
 vart mest
 fornuftig sidan
 eg ikkje hadde
 støtt på nokre
 gode grunnar til
 å velja noko
 anna.
 Forskings-
 litteraturen og
 instruksjonar eg
 hadde lese, sa
 ikkje noko
 konkret om
 dette.

For både sustain- og decay-fasen av G1 registrerte eg alle overtonane som var synlege i denne innstillinga. Det vart til saman 19 registreringar (grunntonen pluss 18 overtonar) på kvart av dei fire punkta (decay, sustain, sustain 2 og sustain 3) per tone.

8.2.2 Del 2 og 3 i lydopptaket

Frå desse delane av lydopptaket har eg brukt tonane D2, A2 og lille B \flat (figur 11). I veldig mange av opptaka var det ikkje mogleg å identifisera ein utprega decay-fase når to tonar vart spelte legato, som her mellom C2 og D2 og mellom G2 og A2. Difor er ikkje anna enn sustainfasen analysert. Som nemnt i kapittel 7, er D2 og A2, andre tonen i legatorørslene, i eit anna register enn den fyrste. Det er difor to grunnar til at tone nummer to eignar seg i denne analysen. For det fyrste kan den fanga opp den enkelte utøvar si evne til raskt å justera tunge og luftstraum for å etablera ein god tone i det nye registeret. Dessutan representerer dei kvar sitt register. G1 frå del 1 i lydopptaket høyrer til register 1 medan D2 er i register 2 og A2 i register 3. Lille B \flat høyrer riktignok til same register som G1, men er av ein heilt annan vanskegrad og vil difor ha potensial til å kunna diskriminera etter nivå.



Figur 11 Dei tre tonane i del 2 og 3 av opptake som vart nytta i parametret overtonefordeling.

For desse tre tonane som vart målte, brukte eg ein forenkla modell. På D2 og A2 registrerte eg berre overtonar sustainfasen. Sidan lille B \flat er ein frittstående tone, hadde den ein decay-fase som vart teke med i tillegg. For kvar tone vart ikkje anna en grunntonen og dei fire fyrste

overtoneane rekna med. Dette handla mest om å redusera arbeidsmengd, men òg om den røyynsla eg etter kvart opparbeidde meg i analysearbeidet. Det viste seg at målingane ikkje varierte så mykje som forventa og at eg kunne få eit godt nok bilete av klangen ved å måla berre eitt punkt på sustainfasen. Difor rekna eg ut midten av det strekket i sustainfasen eg såg var det mest stabile. Dette punktet brukte eg så i overtonemålinga. Når det gjeld talet på overtonar, går ein glipp av litt ved å redusera det. Likevel vil ein kunna fanga opp tendensar med eit lågare tal. For desse målingane tener hovudsakleg det formålet å supplera den grundigare målinga på G1.

8.3 REGISTERSKIFTELENGD

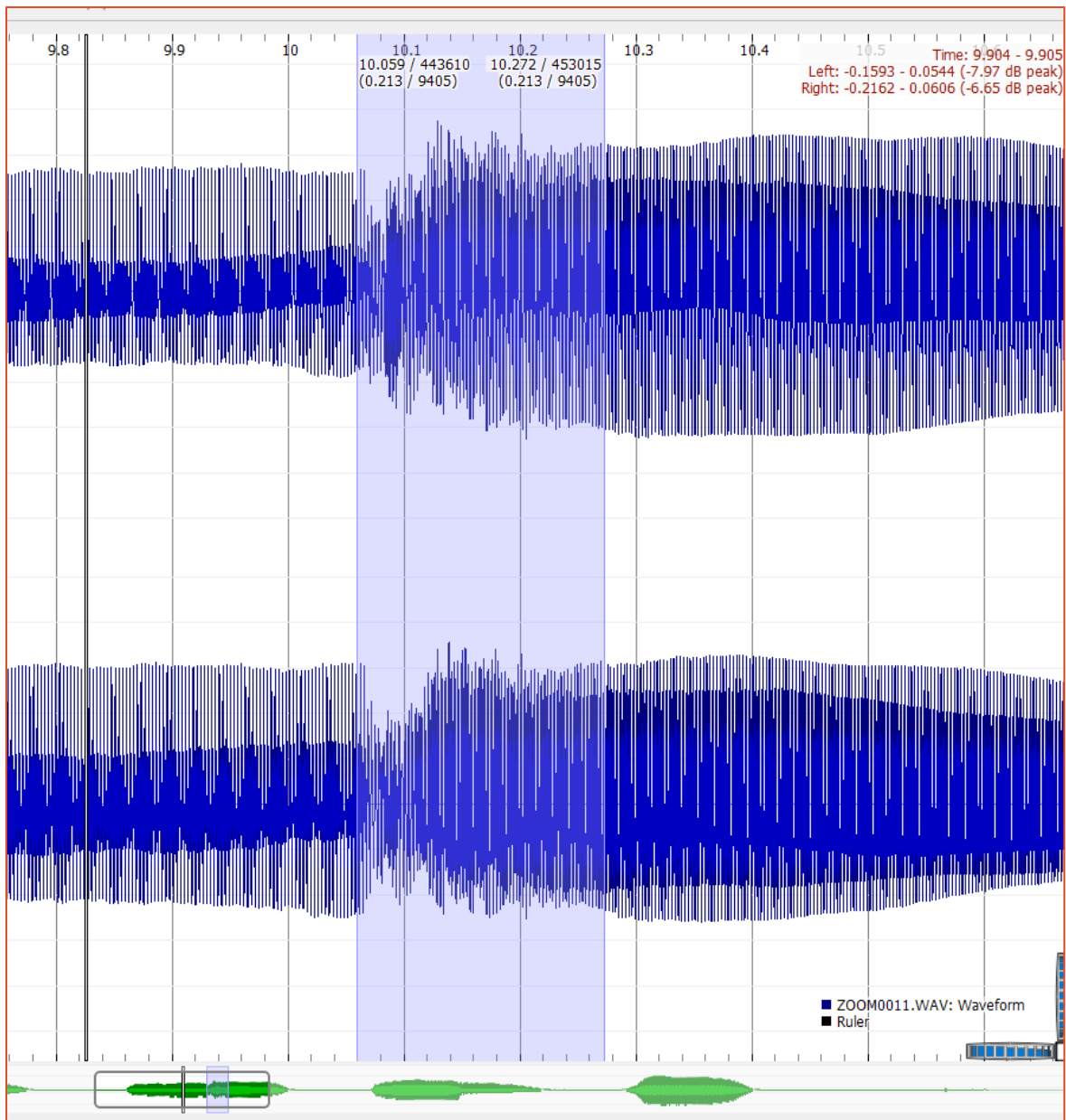
Omgrepet registerskifte viser til dei tre ulike registra Harle (2017) opererer med:

1. Lille Bb - C#2
2. D2 - Ab2
3. A2 – altissimo

Det er her snakk om tonane på instrumentet. I røynda let dei ein stor sekst djupare. Nybyrjarar held seg for det meste i register 1. Ofte har dei ikkje blitt introduserte til denne teorien enno og vil ikkje gjera dei justeringar som skal til for å best mogleg klang i register 2 og 3 dersom dei prøver seg på det. Dette parameteret tydeleggjer klangendring ved å måla tida det tek frå ein stabil klang på ein tone til å oppnå same stabilitet på neste tone. Det er her det trengs justeringar for å oppnå god ressonans i eit anna resonanskammer. Dette tek lengre tid for amatørar å få til.

Måten målinga av registerskiftlengda vart utført på, liknar fastestjinga av dei ulike fasane i faselengd. Også her var det mest hensiktsmessig å analysera ved å sjå på bølgeform

(waveform). Med registerskifte meiner eg punktet der utøvaren skiftar frå ein tone i eitt register til ein tone i eit anna register. Tonane heng saman, så alle utøvarar tilstreber ein så jamn overgang som mogleg. Eg har målt lengda på dette skiftet som ideelt sett skal vera lik null. Men alle utøvarar bruker litt tid på å stabilisera klangen på den nye tonen. Difor tidfesta eg to tidspunkt i opptaket og rekna ut avstanden i tid mellom desse. Det fyrste tidspunktet er når ein ser at lydbølgja vert ustabil og det neste når ho har stabilisert seg igjen. Dette er enkelt å sjå på eitt av opptaka, i figur 12:



Figur 12 Måling av registerskiftelengd. Det lyseblå markerte feltet viser korleis registerskiftet strekk seg ut i tid. .

Eit integrert måleverktøy blei brukt til å markera det ustabile området lyseblått. Lengda kom då opp og ein kan lesa av tala øvst at denne fasen i dette tilfellet er 0,213 sekund.

8.4 OVERTONEENDRING I REGISTERSKIFTE

Berre eitt parameter gjenstår. Eg vil no få sei noko om korleis dette vart målt. To tidspunkt i kvart opptak vart rekna ut. Desse to var nøyaktig halvvegs inn i sustainfasen av kvar av dei to tonane i eit registerskifte. Her vart det gjort overtonemåling med MFCC som i overtonfordelings-parametret. Men her valde eg å berre bruka eitt tidspunkt på kvar tone og ikkje fire. Dette gjer at det ikkje vert teke høgde for ustabil klang som varierer litt over tid. Men sidan det ville vore svært tidkrevjande, vart det gjort noko mindre omfattande for dette parametret. Dei fyrste testane eg gjorde viser likevel ein viss ulikskap mellom amatørar og proffe. Men det må forbli uvisst her om den ville vore større med gjennomsnittsverdiar av fleire punkt. Her registrerte eg rett og slett endringa i overtonestyrke mellom ein overtone på den fyrste tonen og same overtone på den andre. Difor vert det positive tal der styrken gjekk opp og negative der den gjekk ned. Men sidan eg berre var interessert i storleiken på endringa gjorde eg om alle tala til positive tal før dei vart summerte og eg sat att med berre eitt enkelt tal per opptak. Dette talet vart samla verdi av all endring. Sjå døme på ei slik utrekning i figur 13.

		13,846	14,446		
Overtonar	felt	g2	a2	endring	endring i positive tal
Grunntone	2	1,367082	1,849861	-0,482779	0,482779
1. overtone	3	-0,890338	-1,722939	0,832601	0,832601
2. overtone	4	0,080032	0,304349	-0,224317	0,224317
3. overtone	5	0,290757	0,035850	0,254907	0,254907
4. overtone	6	-0,790798	-0,899416	0,108618	0,108618
5. overtone	7	-1,191698	-1,516588	0,324890	0,324890
6. overtone	8	-1,663344	-1,043906	-0,619438	0,619438
7. overtone	9	-1,006088	-1,518523	0,512435	0,512435
8. overtone	10	-1,100202	-1,156265	0,056063	0,056063
9. overtone	11	-1,888104	-0,119086	-1,769018	1,769018
10. overtone	12	-0,747428	1,679173	-2,426601	2,426601
11. overtone	13	0,676449	1,954695	-1,278246	1,278246
12. overtone	14	2,569183	1,068616	1,500567	1,500567
13. overtone	15	1,370997	-0,496760	1,867757	1,867757
14. overtone	16	-0,156253	-0,459887	0,303634	0,303634
15. overtone	17	-0,814519	0,641047	-1,455566	1,455566
16. overtone	18	0,083692	0,552911	-0,469219	0,469219
17. overtone	19	1,292884	-1,218312	2,511196	2,511196
18. overtone	20	-0,166978	-1,061137	0,894159	0,894159
				SUM ENDRING	17,892011

Figur 13 Utrekninga av overtoneendring i registerskifte registrert for ein enkelt utøvar.

9 FEM ULIKE UTØVARNIVÅ

Eit viktig brikke i forskingsdesignet mitt, er nivåinndelinga av utøvarane. Dette dannar eit heilt naudsynt grunnlag for å kunna fanga opp ein progresjon. Innleiande testar og målingar opererte med eit skilje mellom utøvarar med og utan utøvarutdanning eller mellom amatørar

Nivå	Utøvarar
1	3
2	4
3	6
4	5
5	5

og profesjonelle. Men når ein skal gjera ei grundigare analyse av utviklinga av klang, trengs det ei meir fininndelt kategorisering av utøvarane. For å kunna sei noko meir detaljert om progresjonen i utviklinga av klangkvaliteten har eg valgt å dela utøvarane inn i fem ulike grupper. Kvar gruppe skal spegla eit utviklingsnivå. På nivå 1 er tre utøvarar plasserte. Dei har både spelt i kort tid og fått lite undervisning. På nivå 2 finn me fire utøvarar med noko lenger tid med

undervisning. Til nivå 3 høyrer seks utøvarar til. Desse er å rekna som gode amatørar. Dei har nådd eit godt stykke på instrumentet, men ingen av dei har høgare utdanning i saksofonutøving. Det har derimot alle på nivå 4 og 5. Men nivå 4 består av fem personar som ikkje er yrkesmusikarar eller ikkje er fullt så aktive som saksofonistar som dei fem på nivå 5.

9.1 PROBLEM MED NIVÅINDELINGA

Å dela utøvarane inn etter nivå på ein slik måte er sjølvsagt ikkje problemfritt. Ein kan stilla spørsmålsteikn ved fleire aspekt ved inndelinga: Korleis veit ein at desse gruppene verkeleg speglar eit utviklingsnivå? På kva grunnlag er inndelinga gjort? Ein kan òg stilla spørsmålsteikn ved presisjonsnivået. Samstundes må ein sjå kva formål ei slik inndeling tener. Den skal vera med på å kunna peika ut ein tendens i materialet. Eg ynskjer å visa konturane

av ei utvikling. Då er det naudsynt med ei eller anna slags oppdeling etter nivå. På bakgrunn av dei opplysningane som er registrerte om kvar utøvar, vart det gjort ei grovinndeling. Kor lenge dei har spelt, kor lenge dei har fått undervisning og kor gamle dei er var med og spelte inn på inndelinga. Til dømes har eg rekna med at ein ung utøvar som har spelt og/eller fått undervisning på instrumentet sitt like lenge som ein utøvar på over 60, vil ha nådd eit høgare nivå. For etter mi røynsle som saksofon-pedagog har yngre elevar raskare utvikling enn dei godt vaksne. Denne vurderinga, i tillegg til inntrykket av kvar enkelt utøvar i og kring opptaksseansen, har vore brukt til å justera noko på den fyrste grovinndelinga.

Alt i alt vil eg difor kunna forsvare ei slik inndeling fordi den tener formålet. Likevel vil eg presisera at den berre gjeld for akkurat dette utvalet eg her arbeider med. Til dømes har alle desse utøvarane fått undervisning av ein godt kvalifisert saksofon-pedagog og alle spelar på instrument som er av gjennomgåande god kvalitet.

Det er viktig å ha desse innvendigane i minne når det kjem til resultata. Sidan inndelinga er gjort på eit relativt fattig grunnlag, vil det vera naturleg med relativt store sprik innad i kvart nivå.

10 RESULTAT

Alle dei 23 lydopptaka er analyserte ut frå dei fire parametra faselegd, overtonefordeling, registerskiftelengd og overtonefordeling i registerskifte (sjå kapittel 8). På eit overordna nivå har spørsmålet vore som problemstillinga: *Kva inneber det å utvikla ein god saksofonklang?* På eit vis tek eg det då for gitt at utøvarane på toppen, på nivå 5, har god klang, noko eg meiner ikkje er urimeleg. Dette er saksofonistar som har fått jobb som utøvarar i hard konkurranse med mange andre og som er hyppig brukte solistar og kammermusikarar. Med deira klangegenskapar på toppen av utviklingsstigen, har fokuset vore på å fanga opp progresjon hjå utøvarane frå eit utøvarnivå til det neste.

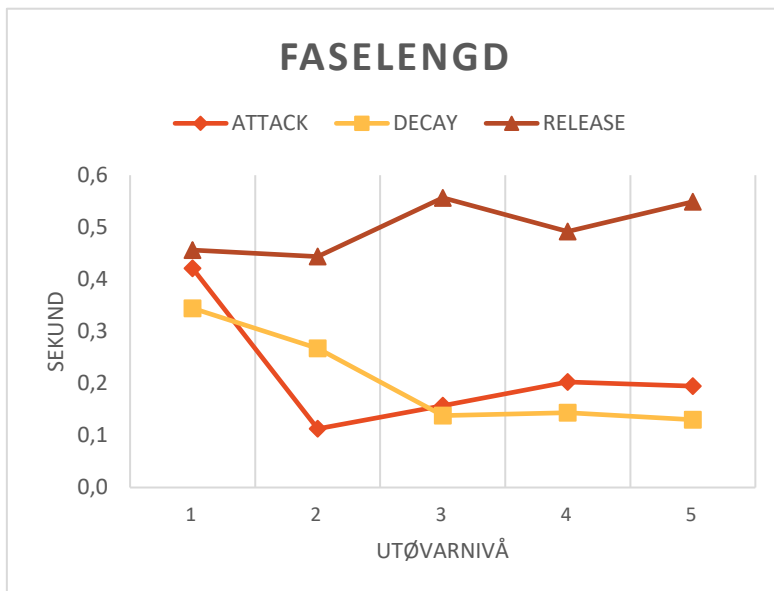
Delmåla har hjelpe meg å utforska kvart av parametra. Ein repetisjon av desse måla kan nok vera på sin plass:

1. *Kva for parameter eignar seg for å måla klang?*
2. *Korleis kan desse brukast til å måla progresjon?*

All analyse og statistiske framstillingar av resultata frå denne er valde ut for å kunna svara på desse spørsmåla. Linjediagram, stolpediagram, regresjonsanalyse og trendliner er presenterte for å lettare kunne tydeleggjera progresjonen. Delmål 2 kan sjølvsagt ikkje svarast på fullt og heilt. Det er berre dei fire eg har vald å utforska eg kan seia noko om. Men dei vil eg no ta føre meg resultata frå, eitt parameter om gongen, og sjå kva dei fangar opp av progresjon i klangutviklinga.

10.1 FASELENGD

Faselengd tok utgangspunkt i tre av dei fire ulike fasane i ADSR-teorien. Lengda på kvar av dei vart fastsette så godt det lot seg gjera. Deretter var det rekna ut gjennomsnittslengd for kvart nivå. Slik fordelte dei ulike nivåa seg når det gjeld lengd på dei tre andre fasane (figur 14):

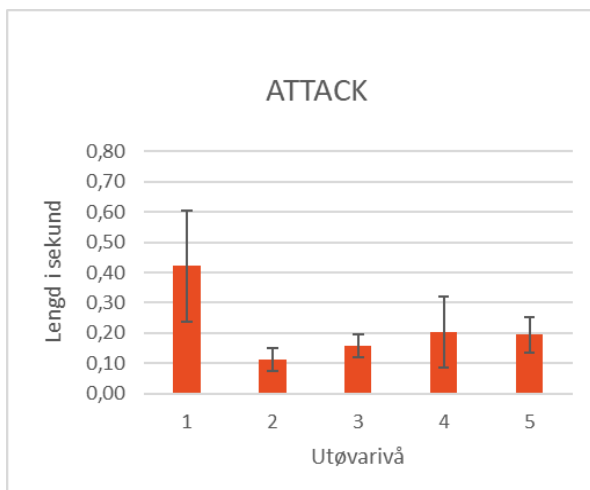


Figur 14 Gjennomsnittslengda på dei ulike fasane. Ved å følgja lina bortover kan ein sjå progresjonen frå nivå 1 til 5.

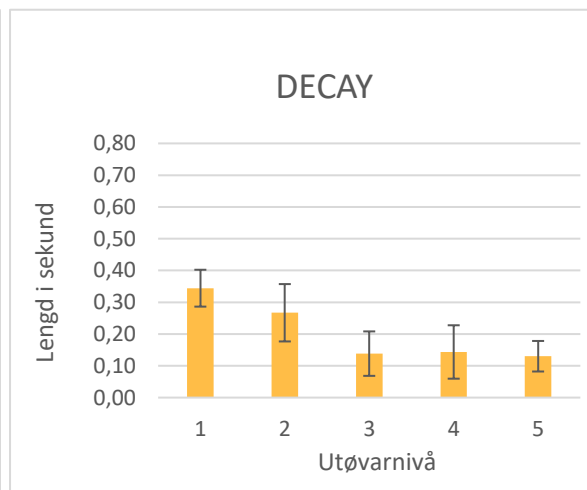
Den tydelegaste trenden er nedgangen i lengda på decay-fasen. Dei andre resultatene viser ikkje ein like klår trend sjølv om release-fasen har retning oppover og attack-fasen nedover. Strukturen er ikkje like jamn som for decay.

Ein annan ting som viser seg her, er at spreinga er mykje større på nivå 5 enn nivå 1. For nivå 1-utøvarane er alle dei tre fasane ganske like i lengd med decay på botn, attack i midten og release med lengst varighet. Denne rekkefølga er lik for alle nivåa bortsett frå nivå 2 der attack og decay byter plass. Men avstanden mellom dei endrar seg radikalt. Jo høgare nivå utøveren er på, jo større er ulikskapen i lengd på releasefasen og dei to andre fasane. For å få ei oversikt over spreinga,

kan me sjå på resultatata for kvar av fasane med standardavvik i figur 15, 16 og 17. Det mest openberre når det gjeld attack, er korleis nivå 1 skil seg så tydeleg frå

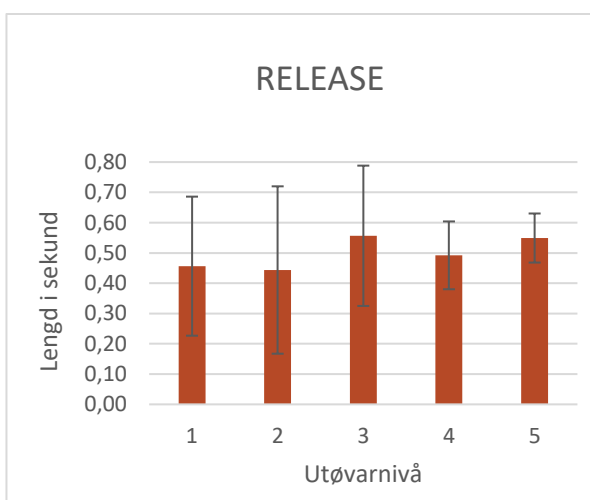


Figur 15 Gjennomsnittleg lengd på attack-fasen fordelt på nivå. På kvar kolonne er standardavviket markert.



Figur 16 Gjennomsnittleg lengde på decay-fasen fordelt på nivå. På kvar kolonne er standardavviket markert.

dei andre, både i utslag og i standardavvik. Etter nivå 1 går lengda brått ned til ein brøkdel, for så å stiga svakt.

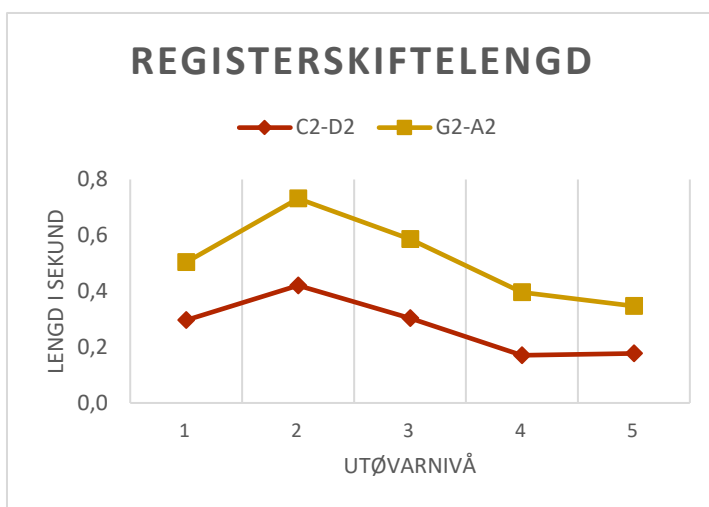


Figur 17 Gjennomsnittleg lengd på release-fasen fordelt på nivå. På kvar kolonne er standardavviket markert.

Av dei tre fasane, er det decay som har klårast trend. Stabiliseringsfasen decay synk heilt klårt gradvis etter kvart som utøvaren når høgare utviklingsnivå. Releasefasen, derimot, viser ingen klår tendens.

Gjennomsnittslengda på den er tilnærma lik på alle nivå og variansen er stor.

10.2 REGISTERSKIFTELENGD



Figur 18 Fordelinga av gjennomsnittslengd på b e registerskifta inndelt på ut verniv . Trenden er nedadgående, men fyrst etter ei stigning mellom nivå 1 og 2.

Utgangspunkt for dette parametret er

John Harle sin inndeling av omfanget til saksofonen i tre register. Dei to skifta eg har målt lengda på er C2-D2 og G2-A2.

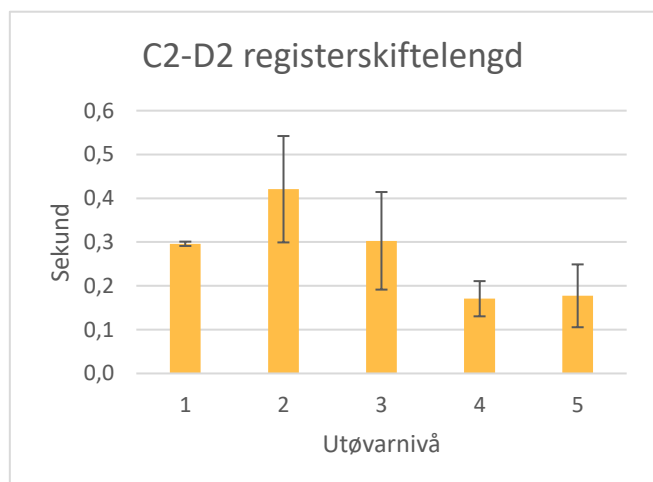
Desse fangar opp skiftet mellom fyrste og andre register og mellom

andre og tredje (som skildra i

kapittel 8.3). I figur 18 kan me sj 

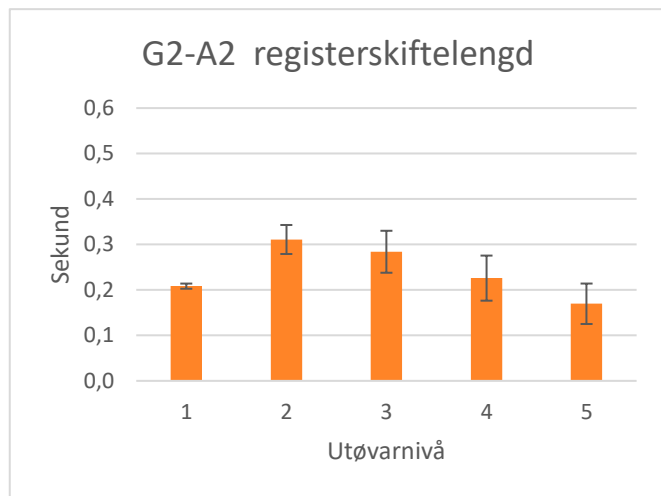
korleis lengda på fasane fordeler seg i høve til utøvaren sitt nivå.

Resultatet av målinga viser til ein viss grad den utviklinga eg hadde forutsett. Det som overraskar litt, er at nivå 1-utøvarane har lågare verdi enn nivå 2. Men dette vil eg koma attende til i drøftinga av resultatata.



Figur 19 Gjennomsnittleg lengd på registerskiftet C2-D2. På kvart nivå er standardavviket markert.

Eg vel å presentera dei same resultatata for eitt registerskifte om gongen i stolpediagram (figur 19 og 20). Legg merke til standardavviket som her er merka av på kvar stolpe. Det mest iaugefallande med desse diagramma, er det svært låge standardavviket for nivå 1.



Dessutan er det interessant at nivå 1 skill seg ut med kort lengd på begge fasane

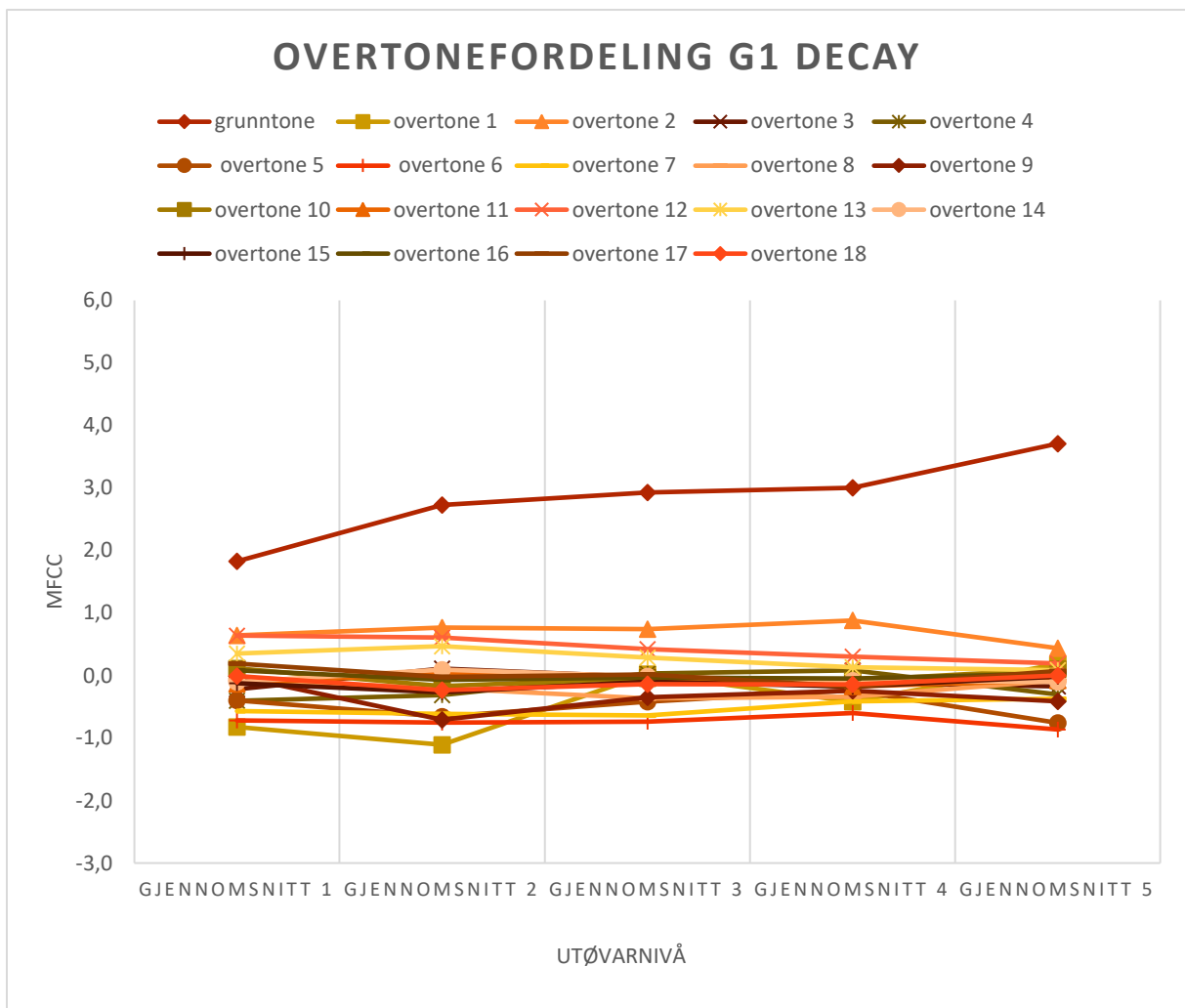
Figur 20 Gjennomsnittleg lengd på registerskiftet G2-A2. På kvart nivå er standardavviket markert

og svært lågt standardavvik. Medan det vises ein jamn nedgang i lengda på registerskifta frå nivå 2 til nivå 5, ligg nivå 1 lågare enn nivå 4. Eg vil sjå på moglege årsaker til dette overraskande resultatet i kapittel 11.

10.3 OVERTONEFORDELING

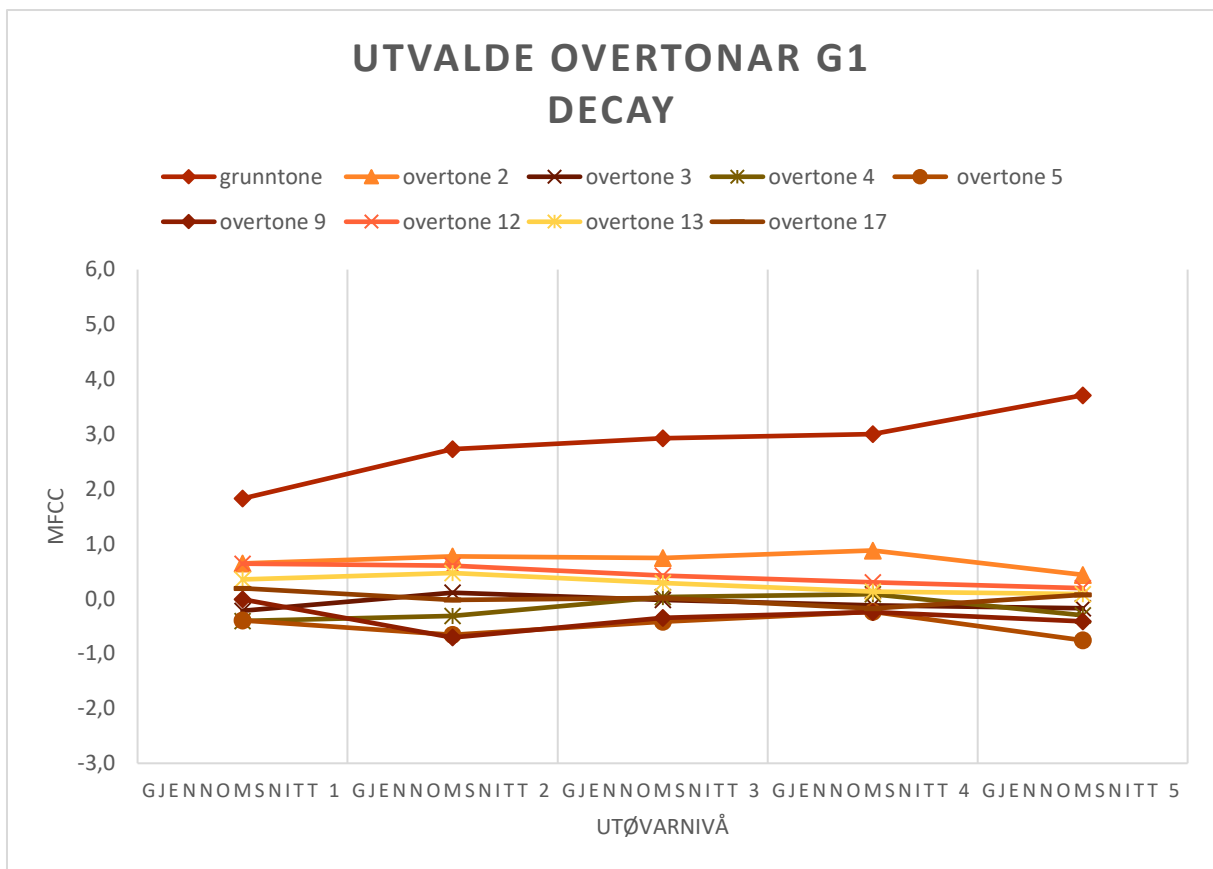
Resultatet av måling med dette parametret vart omfattande, med så mange overtonar.

Registreringa mi omfattar overtonestykke i MFCC på svært mange overtonar, på fleire tidspunkt på ein og same tone og på fleire ulike tonar i ulike register. Det eg byrja med var G1. Resultatet av målinga kan sjåast i figur 21.



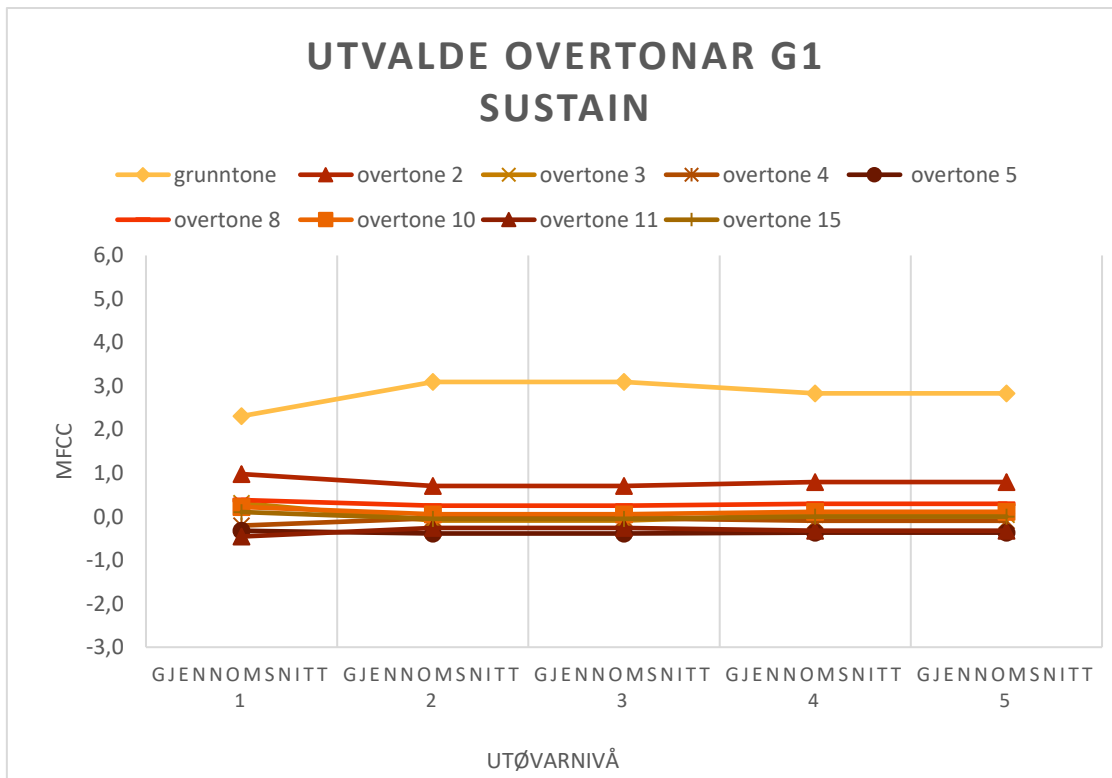
Figur 21 Gjennomsnittleg styrke på alle overtonane er teke med her. Dei er fordelte etter nivå på utøvaren og er eit gjennomsnitt av tre ulike målingar i sustain-fasen på G1.

Både fordi resultatet vert vanskeleg å lesa og fordi ikkje alle overtonane varierte så mykje etter nivå, forenkla eg dette biletet noko. I neste skjema, figur 22, har eg plukka ut dei overtonane eg såg mest endring på.



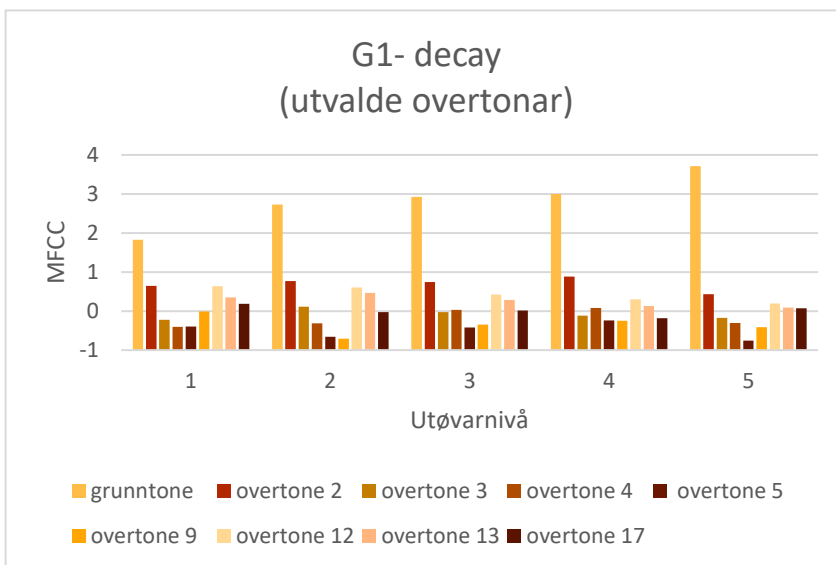
Figur 22 Gjennomsnittleg styrke på overtonane med mest endringar teke med her. Dei er fordelte etter nivå på utøvaren og er eit gjennomsnitt av måling på starten av i decay-fasen på G1.

I både figur 21 og 22 kan ein sjå ei tydeleg utvikling av overtonfordelinga etter nivå. Det mest iaugefallande er at styrken på grunntonen stig medan dei andre synk. Det vert med andre ord ein større og større avstand mellom grunntonen og overtonane jo høgare nivået på utøvaren er. Men fordelinga av overtonane endrar seg òg. Dette kan me sjå på den tilsvarande



Figur 23 Gjennomsnittleg styrke på overtonane med mest endringar teke med her. Dei er fordelte etter nivå på utøvaren og er eit gjennomsnitt av tre ulike målingar i sustain-fasen på G1.

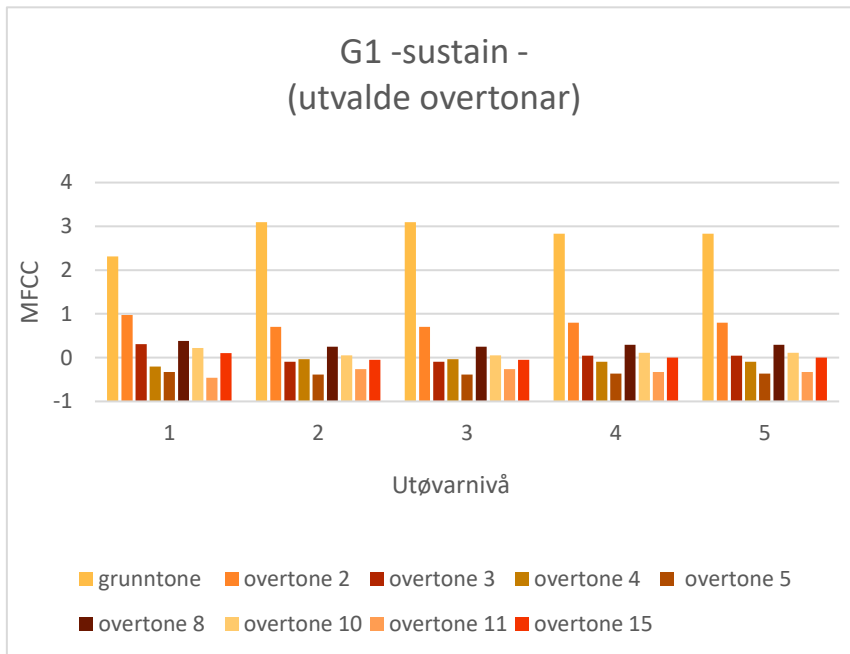
målinga av sustain-fasen på same tone (figur 23). Her er andre overtonar valde ut, for her var



Figur 24 Gjennomsnittleg styrke på overtonane med mest endringar erteke med her. Dei er fordelte etter nivå på utøvaren og er målt på starten av decay-fasen på G1.

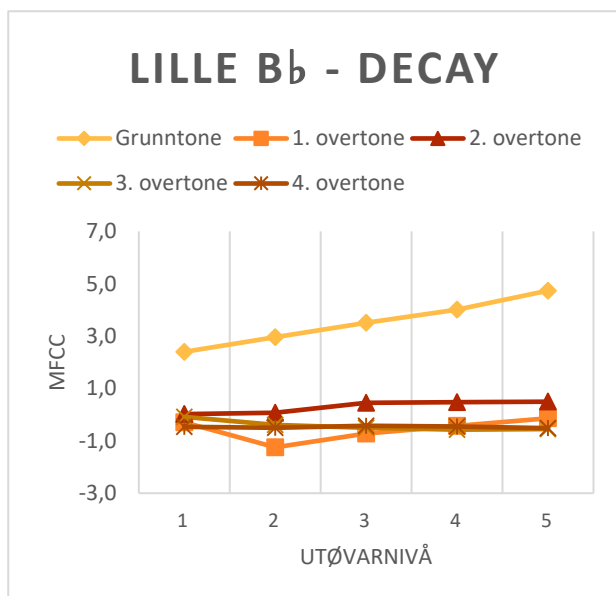
det desse som viste størst endring. Det er ikkje like store endringar i sustain-fasen som det var i decay-fasen. Og dei er kanskje ikkje like enkle å få auge på i linediagrammet . Men det kan ein kanskje sjå

tydelegare i eit stolpediagram (figur 24 og 25)?



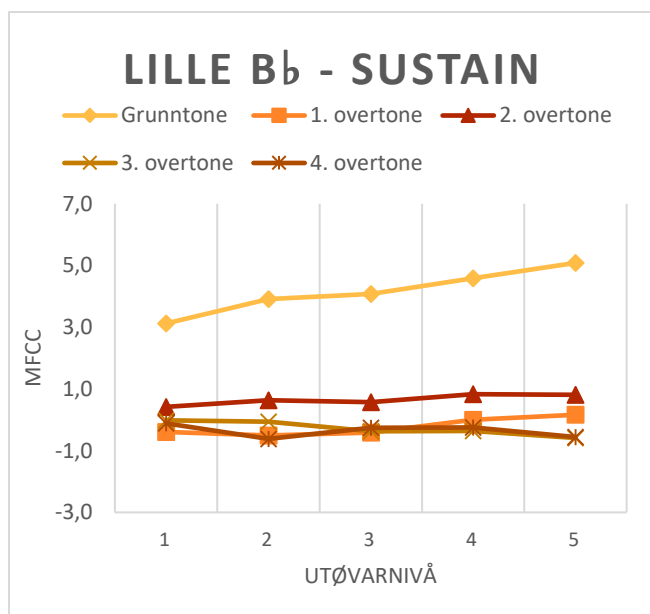
Figur 25 Gjennomsnittleg styrke på overtonane med mest endringar er teke med her. Dei er fordelte etter nivå på utøvaren og er eit gjennomsnitt av overtonestyrkenmålt på stre ulike stader i sustain-fasen på G1.

Det er målt styrke på grunntonen og dei fire fyrste overtonane på tre andre tonar enn G1. Mellom desse er den aller djupaste tonen på instrumentet, lille B_b. Der er både starten på decay-fasen og midten av sustain-fasen målt. Dei kan sjåast i figur 26 og 27.



Figur 26 Gjennomsnittstyrke på grunntone og dei fire fyrste overtonane på lille B_b i starten av decay-fasen.

Medan målingar på G1 og lille B_b viser resultat som peikar nokolunde i same retning, er resultata for dei to andre tonane litt meir varierte. Dei har mellom anna ikkje den klare stigninga i styrken på grunntonen som me ser for dei mørkare tonane, G1 og lille B_b. For D2 og A2 kan ein faktisk sjå det

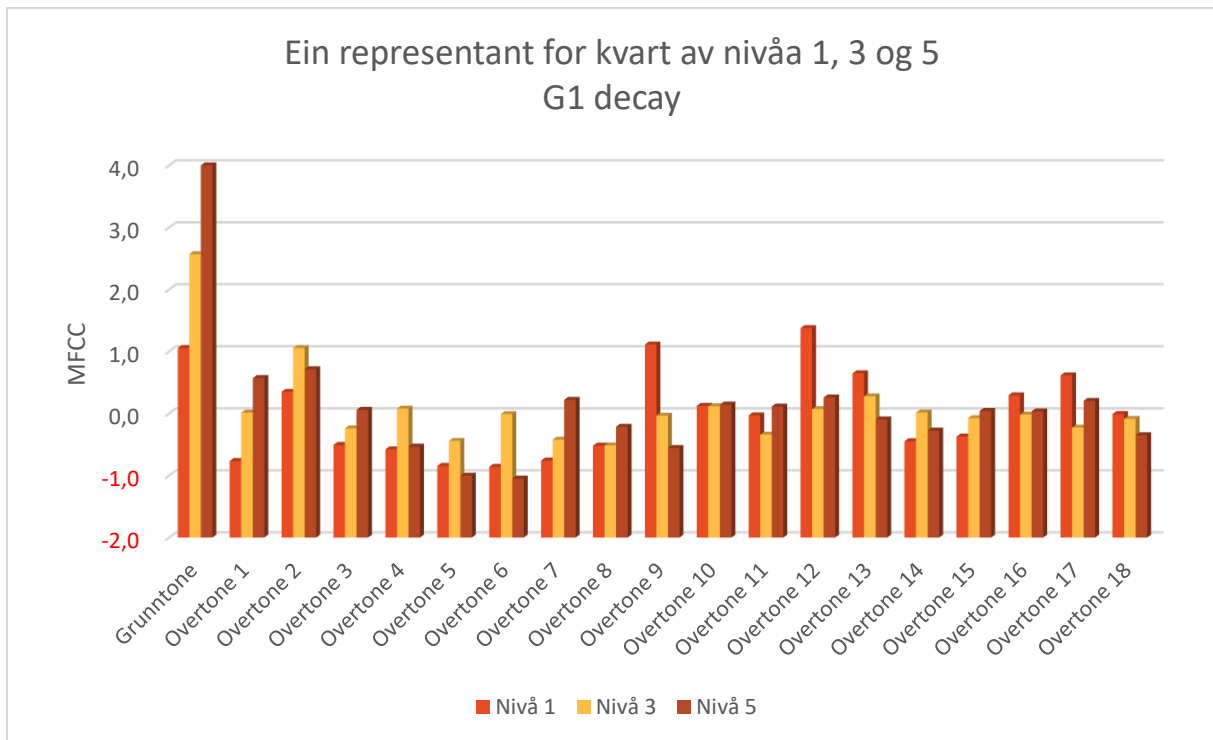


Figur 27 Gjennomsnittsykke på grunntone og dei fire fyrste overtonane på lille B \flat i midten av decay-fasen.

motsette. Grunntonestykken synk noko etter kvart som utøvaren når høgare utviklingsnivå.

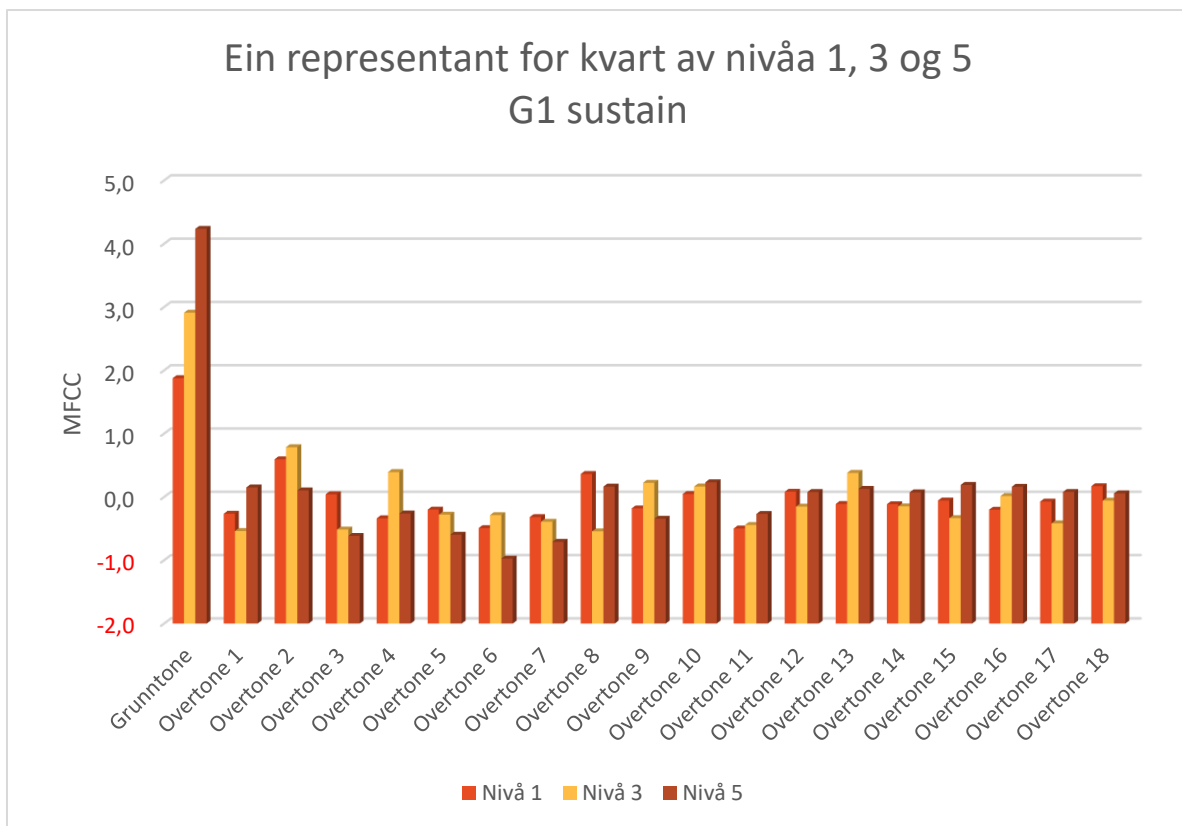
10.3.1 Differanse mellom overtonane

Eit aspekt ein mister når ein ser på ein og ein faktor og måler gjennomsnitt, er den individuelle fordelinga av desse eigenskapane. Har kvart enkelt utøvar desse fordelingane av overtonane som gjennomsnittet viser? Er det innbyrdes forholdet mellom dei i samsvar med det me ser av gjennomsnittet. Det blir eit for stort materiale å analysera innafor denne ramma. Men eg har trukke ut tre opptak som eg meiner er representative for kvar sitt nivå. For å gjera det mest mogleg tydeleg har eg berre plukka ut ein på nivå 1, ein på nivå 3 og ein på nivå 5. I figur 28 og 29 ser ein korleis overtonane er fordelte for kvar av desse tre utøvarane i decay og sustain.



Figur 28 Fordeling av overtonar på G1 i decay-fasen, representert av ein utøvar på nivå 1, ein på nivå 3 og ein på nivå 5.

For G1 i decay-fasen vises tydeleg stigning i styrken på grunntone og overtone 1. Dette følgjer den generelle tendensen. Men medan tendensen for overtone 2 og 3 generelt er svakt nedadgåande, ser me at desse representantane ikkje viser den utviklinga. Det einaste som går nedover her er styrken på overtone 2 mellom nivå 3 og 5. Overtone 7 og til dels 8 følgjer igjen trenden og er stigande. Overtone 9, som her er sterkt synkande, har ei stabil reggresjonsline når alle målingar er rekna med. Overtone 12 og 13 følgjer her trenden godt.

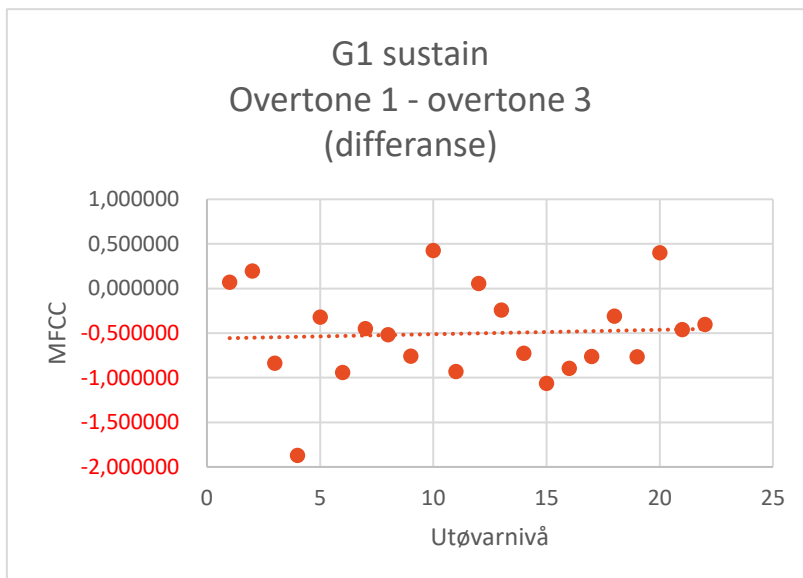


Figur 29 Fordeling av overtonar på G1 i sustain-fasen, representert av ein utøvar på nivå 1, ein på nivå 3 og ein på nivå 5.

Også i sustainfasen følgjer desse representantane den generelle stigande trenden når det gjeld grunntonen. Overtone 1 og 2 gjer det berre nesten. Representanten på nivå 3 har nivå som skill seg frå den generelle trenden for sitt nivå. Det gjer den òg på overtone 4. Elles viser det ikkje mykje tendensar som er så tydelege. Eit par unntak er overtone 11 som her er svakt stigande i likskap med den generelle trenden og overtone 10 som her er svakt stigande i motsetning til den generelle trenden som er sterkt synkande.

Denne eksemplifiseringa, gjennom tre døme på utøvarar, er ein måte å synleggjera korleis overtonestykke fordeler seg hjå ein utøvar. Det er viktig å hugsa at det er fordelinga mellom alle overtonane som avgjer korleis me opplever klangen hjå ein saksofonist.

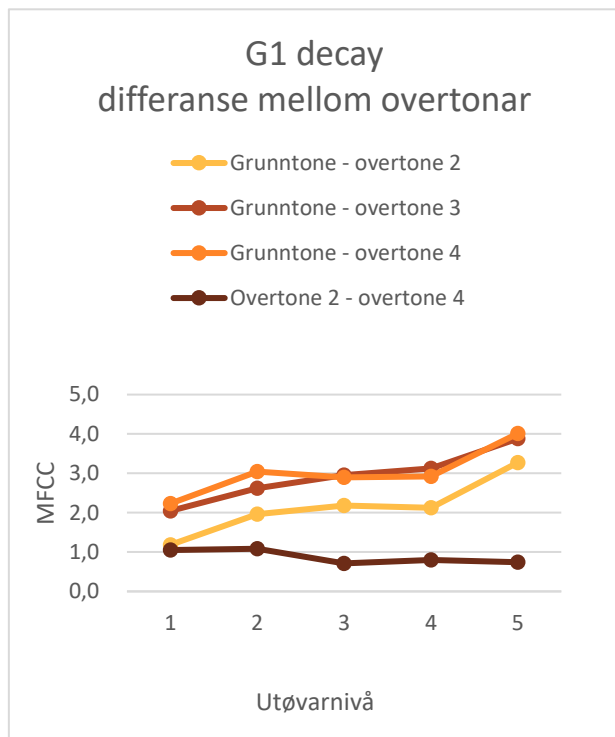
«Gjennomsnittsklangen» fins ikkje i røynda, for ingen av utøvarane har ein samansetning som består av gjennomsnittlege overtonestykker. Men korleis kan ein fanga opp denne fordelinga hjå kvar enkelt? Det ein då eigentleg spør om er korleis differansen mellom dei ulike overtonestykkane er hjå kvar enkelt. Dette har eg rekna ut på G1 i decay og sustain til og med fjerde overtone. Men nok ein gong er det stor variasjonsbreidde i tala. Figur 30 illustrerer eit døme på korleis differansen mellom to overtonar fordeler seg på utøvarane sortert etter stigande nivå. Ei liknande spreing fins det på dei fleste målingane eg gjorde.



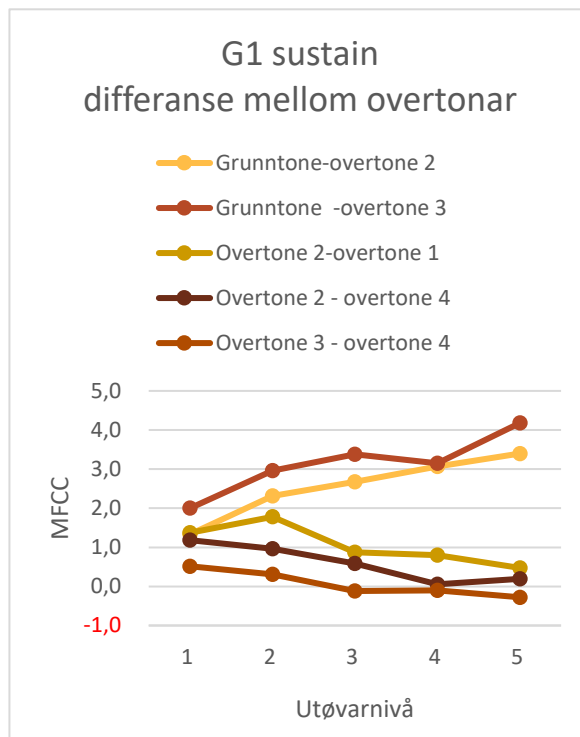
Figur 30 Differansen mellom overtonestykke på fyrste og tredje overtone. Utøvarane er sortert etter stigande nivå.

Men for å kunna tydeleggjera tendensar og kunna sjå samla på desse, har eg plukka ut dei differansane som viste mest klår retning frå nivå 1 til nivå 5 (figur 31 og 32). I forklaringa står den

overtonen nemnt fyrst som jamt over har høgast verdi. I eitt tilfelle ligg dei to overtonane ganske tett og byter plass når nivået stig. Slik får den fyrstnemnde tonen brått lågare gjennomsnittleg MFCC-verdi enn den andre. Då vert differansen negativ og me ser at akseverdien går under 0. Dette gjeld for differansen mellom overtone 3 og 4 på G1 sustain.



Figur 31 Her vises dei differansane mellom overtonane som viser størst endring frå nivå til nivå. Her er det målt på G1 i starten av decay-fasen.



Figur 32 Her vises dei differansane mellom overtonane som viser størst endring frå nivå til nivå. Her er det målt på G1 i sustain-fasen.

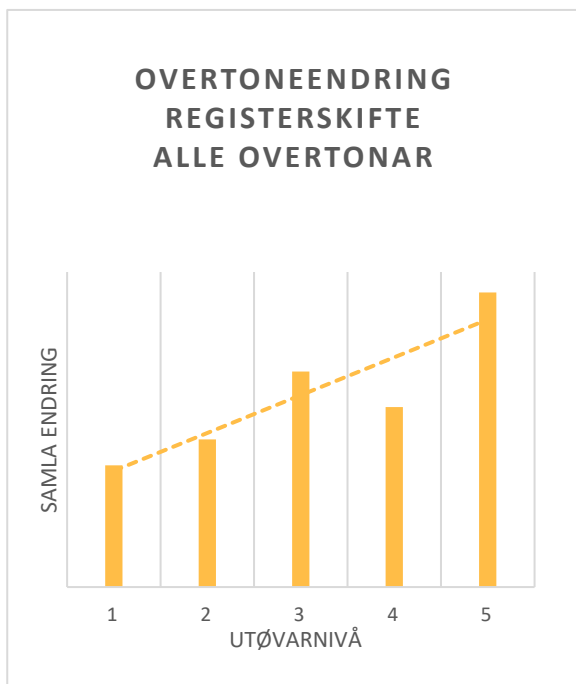
Her ser ein likevel ikkje heilt klårt kva mønster dette dannar for kvar tone. Det kan som nemnd ha mykje å sei for den opplevde kvaliteten på klangen ifølgje Helmholtz. Dette vil eg sjå nærare på i diskusjonen av dette resultatet.

10.4 OVERTONEENDRING I REGISTERSKIFTE

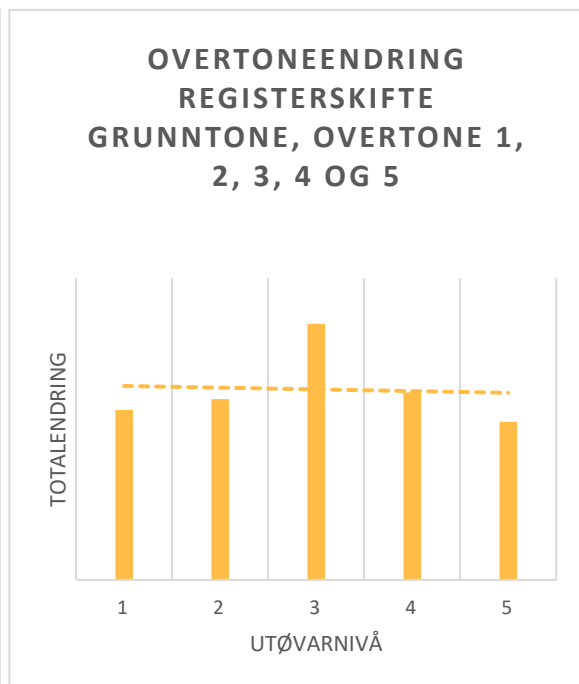
Dette fjerde og siste parametret kombinerer element frå dei to førre. Det dreier seg om registerskifte og overtonar. Her er registerskiftet mellom register 2 og 3 representert ved tonane G2 og A2. Desse er spelt legato slik at det krev ei omstilling i luftstraum og

munnstilling for å etablere ein likast mogleg klang på dei to tonane. Dei ulike registra krev at ein endrar tunga sin posisjon for at lufta skal treffa flisa i riktig vinkel for å setja i gong vibrasjonar og ressonans dei riktige stadane. Ved å måla overtonar på fyrste og andre tonen og deretter registrera endring på kvar overtone i skiftet og deretter summera dei, får ein eit samla tal som seier noko om summen av endringar. Det er forventa at nybyrjarar får eit høgare tal enn meir vidarekommande, då det tek tid å kunna gjera ei slik justering. Dei fleste utøvarar vert med øving gradvis betre på å gjera justeringar slik at klangen vert jamnast mogleg overalt i registra. I målingane (figur 33) vises derimot det motsette. I alle fall kan det sjå slik ut.

Sidan resultatet var såpass overraskande, gjorde eg ei ny måling (figur 34), der eg berre tok med grunntonen og dei fem fyrste overtonane, sidan det er her mykje av klangprofilen ligg.



Figur 33 Samla endring av alle overtonar i registerskiftet G2-A2.



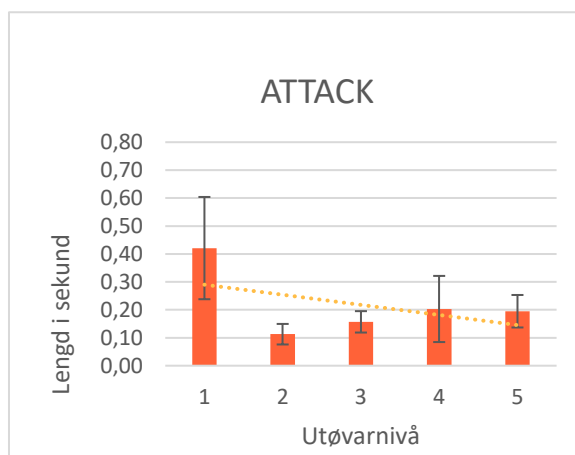
Figur 34 Samla endring av grunntonen og dei fire fyrste overtonane i registerskiftet G2-A2.

Resultatet av den nye målinga viser òg ein klår trend. Når utøveren når nivå 3 er endringa størst.

11 DRØFTING AV RESULTATA

Sjølv om mine parameter ikkje er etablerte og godt utprøvde, har eg bygd ein del forventningar til korleis dei skulle fungera. I nokre tilfelle vart dei innfridde, i andre ikkje. Uansett er det ved begge utfall viktig å vurdere og tolka resultatata. Fekk eg så tydeleg resultat av desse parametra at dei vil kunna duga til å måla klangutviklinga hjå utøvarane? Dette vil eg no drøfta for kvart enkelt av dei. For å friska opp minnet så det heile tida er klårt kva slags resultat som vert drøfta, vert ein del av diagramma presentert på nytt her. Desse vil då vera utan nummerering.

11.1 FASELENGD



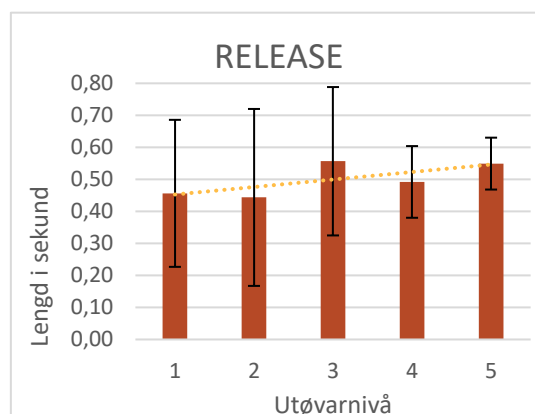
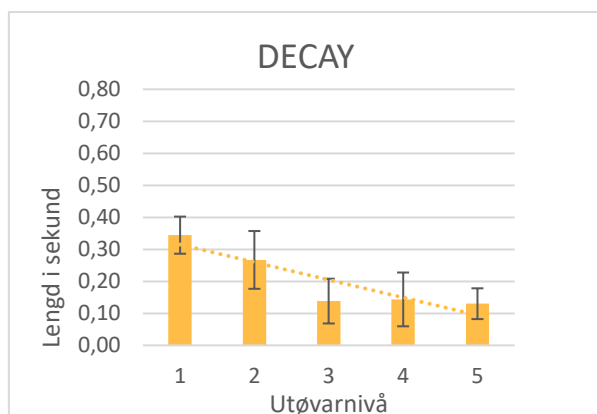
Figur 12 Gjennomsnittleg lengd på attack-fasen delt opp etter nivå. Den prikkja lina er ei linær trendline.

Av dei tre faseleengdene eg har målt, hadde eg minst forventningar til den fyrste, «attack». Utfrå faglege vurderingar, hadde eg få haldepunkt for at lengda på denne fasen skulle ha samanheng med nivå. Det kunne kanskje tenkjast at nybyrjarar, på grunn av dårleg fart på lufta, ville bruka noko meir tid på å nå maks energiutslag og difor få ei noko lengre attack-

fase. Dette kan ein for så vidt sjå indikasjonar på i resultatata. Nivå 1-utøvarar har gjennomsnittleg mykje lengre attack-fase enn alle andre. Trendlina peikar nedover. Likevel kan ein ikkje seia at dette er noko veldig tydeleg eller kraftig nedadgåande trend. Den viktigaste grunnen til at trendlina går så klårt nedover, er det svært avvikande målet på nivå 1 i forhold til resten. Sjølv om stigninga frå nivå 2 til 4 er jamn og fin, synk den att på nivå 5. Så

det einaste eg syns står ut i denne målinga, er kor mykje lenger attack-fasen er hjå nivå 1-utøvarane enn dei andre. Kva kan grunnen til det vera? Det er mogleg det har med ansats å gjera.

Ansats er måten me startar ein tone på. Tonen startar ved at flisa vert sett i rørsle. Det kan ein bruka berre lufta til. Men ofte supplerer ein med bruk av tunga. Dersom ein startar med luftansats, startar tonen når luftstraumen set i gong vibrasjonar i flisa. Ofte vert dette ein litt lite distinkt start på tonen. Så om ein brukar tunga i tillegg, oppnår ein større presisjon. Då held ein tunga på flisa slik at ikkje tonen kan starta før ein slepp den. I praksis skal ein då greia å byggja opp eit luftrykk som gjer at ein får ein presis og fin ansats når ein fjernar tunga frå flisa. Utfordringa ligg i å koordinera desse to elementa, det å ha eit luftrykk klart i det ein fjernar tunga frå flisa. Ragnhild Holm plar difor ikkje å introdusera tungeansats for elevane sine før dei har fått etablert ein god og jamn luftraum. Dette skriv ho mellom anna om i emneheftet *Om det å spille klarinett/saxofon* (Berntzen, Holm, & Bergersen, 2002, ss. 36-39). Å få luftstraumen på plass kan ta alt frå nokre månader til eitt år. Så om desse nivå 1-utøvarane ikkje har dette heilt på plass enno, kan det vera grunnen til at deira attack-fase varar så mykje lengre enn dei andre sin. Men kva er grunnen til stigninga frå nivå 2-5? Det kan ha med ei overkompansering å gjera. Når luftstraumen er på plass på nivå 2, er resultatet ein svært distinkt start på tonen. Kanskje vert ein litt meir smidig etter kvart så tonen ikkje startar fullt så distinkt og hardt? Det kan i alle fall vera ei mogleg forklaring på stigninga i lengda på attack-fasen ved stigning i utøvars nivå frå nivå 2. Det kan òg tenkjast at den svake stigninga er noko tilfeldig og berra kan skuldast det vesle utvalet eg har med i undersøkinga. Uansett har ein fanga opp eit klårt trekk med nybyrjaren sin lange attack-fase.



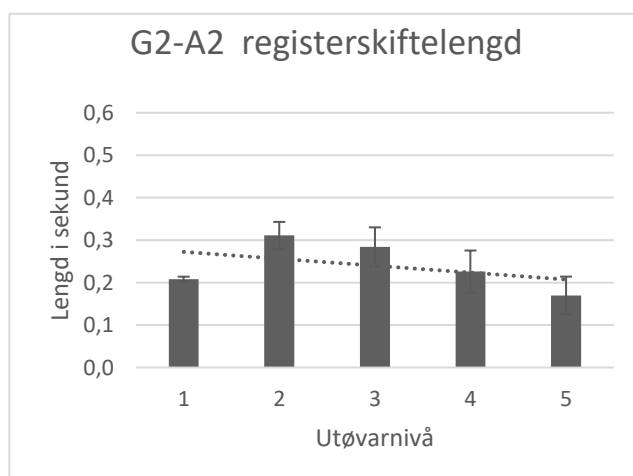
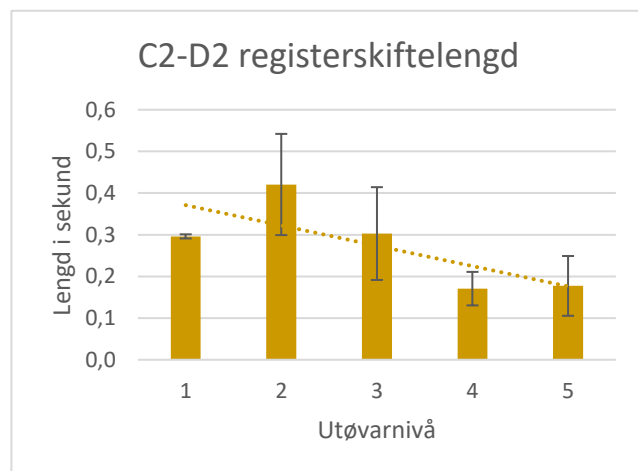
Den neste fasen, «decay», er den eg hadde høgast forventningar til. Her vises kor lang tid utøvaren bruker på å nå ein stabil fase i tonen sin. Det er ikkje uventa at lengda på denne er klårt høgast på nivå 1. Mykje skal koordinerast med tunge og luft og munnstilling før ein får etablert ein jamn tone. Eg er heller ikkje overraska over at denne fasen gjennomsnittleg vert kortare etter kvart som nivået hjå saksofonisten stig. Sjølv om det er betydeleg varians i materialet, er det ingen av nivåa som utpeikar seg spesielt. Så dette standardavviket meiner eg kan tilskrivast nivåinndelinga eg har gjort, som på ingen måte er nøyaktig. Trendlina går bratt nedover og viser tydeleg reduksjon i lengda på denne fasen som må kunna sjåast i samanheng med at nivået på utøvaren stig.

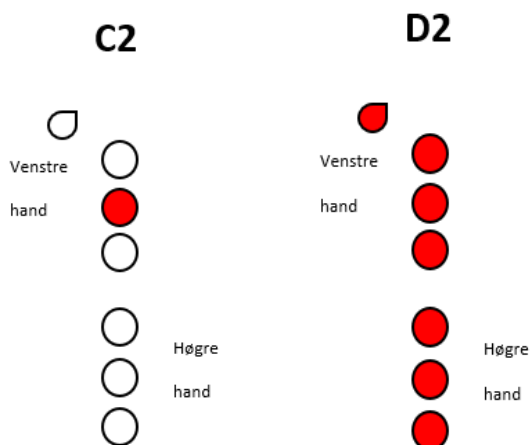
Dei variasjonane me ser her i «release»-fasen kan skuldast det relativt vesle utvalet av utøvarar. Resultata er stort sett ganske like med ein stor varians. Det er lite her som tyder på at lengda på denne fasen har samanheng med nivået til utøvaren.

Samla sett vil eg ikkje seia at parametret faselengd fungerer noko vidare til å fanga ei nivåmessig utvikling. Men om ein ser på decay-fasen åleine er situasjonen ein heilt anna. Den er tydeleg og klår. Ein kan òg seia at det fins eit element i attack-fasemålinga som òg kan visa ei utvikling, sjølv om det ikkje fangar opp noko særleg meir enn ei endring frå nivå 1 til 2. Men den er til gjengjeld stor og difor litt vanskeleg å avfeia som uvesentleg.

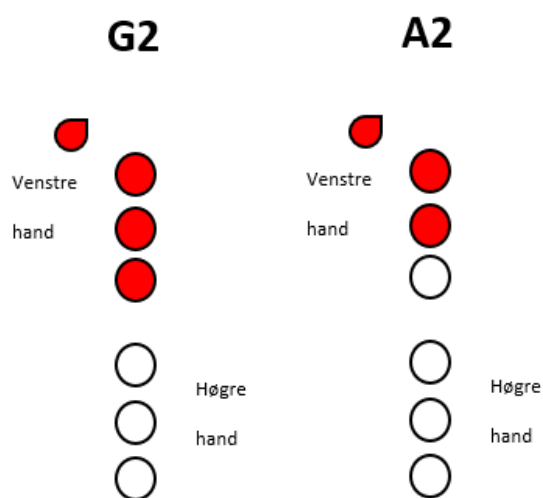
11.2 REGISTERSKIFTELENGD

Som sagt var ikkje resultatet av registerskiftelengd-målinga overraskande. Men det som verkar litt underleg, er at nivå 1-utøvarane har lågare verdi enn nivå 2. Dette kan tyda på at dette parametret ikkje har noko føre seg. Samstundes var det såpass like kurver for begge skifta og trenden går tydeleg nedover, at eg meiner det likevel kan vera noko å henta her. Det kunstig lave nivå 1-resultatet kan nemleg ha samband med teknikkutviklinga. Grunnen til at lengda på registerskiftet er så lav, kan vera at





Figur 35 Illustrasjon av registerskiftet C2-D2. Dette er klaffar på saksofongen. Dei som er raude er klaffar som er trykka inn.



Figur 36 Illustrasjon av registerskiftet G2-A2. Dette er klaffar på saksofongen. Dei som er raude er klaffar som er trykka inn.

utøvarane er så ferske at dei ikkje ein gong prøver å justera munnstilling for å få til best mogleg klang på tone nummer to i skiftet. På nivå 2 er dei medvitne denne utfordringa og gjer eit forsøk på å justera. Dette blir dei så betre og betre på utover. Standardavviket som vises i stolpediagramma kan vera ein indikasjon på det same. Det svært lave standardavviket på nivå 1 kan skuldast det faktum at for utøvarar på nivå 1 tek ikkje registerskiftet lengre tid enn det tek å flytta fingrane. Og på nivå 2 og 3 tek det lengre tid fordi utøvarane prøver å justera og det varierer ein del kor lang tid dei bruker på dette. At lengda ligg jamt høgare på C2-D2 enn G2-A2 stemmer òg godt med denne forklaringa. For å skifta tone frå C2 til D2, må ein leggja på seks fingrar. Dette bør skje heilt samstundes for å få kortast mogleg skifte. For å skifta frå G2 til A2 løfter ein berre ein finger (sjå figur 35 og 36). Dette er mykje mindre komplisert og kortar ned på total lengda av toneskiftet.

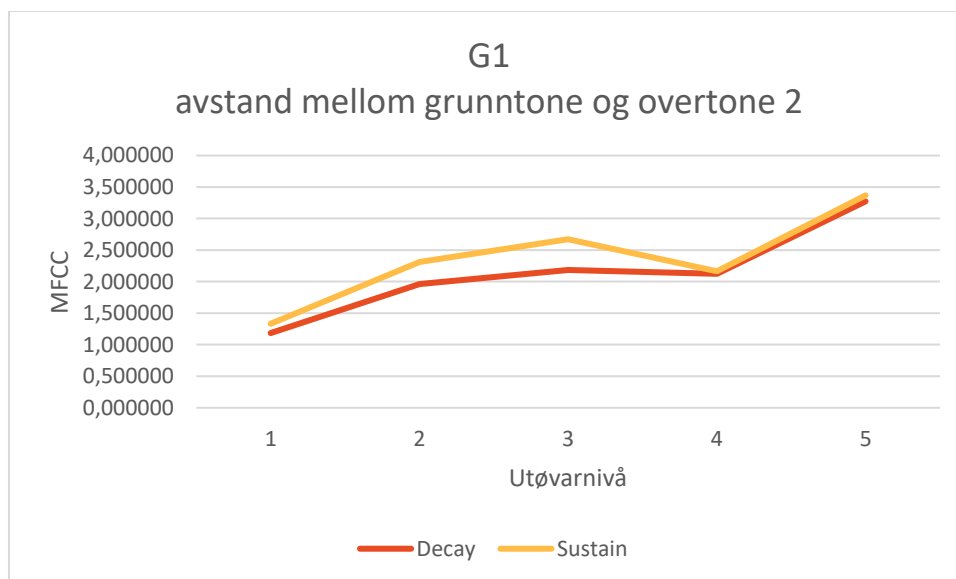
Sidan resultatata vart såpass like for b e skifta, er det lite truleg at dette er tilfeldig. Meir sannsynleg vises ei utvikling som heng saman med nivå. Difor meiner eg å ha god grunn til å hevda at registerskiftelengd viser seg som eit egna parameter til å måla klangutvikling.

11.3 OVERTONEFORDELING

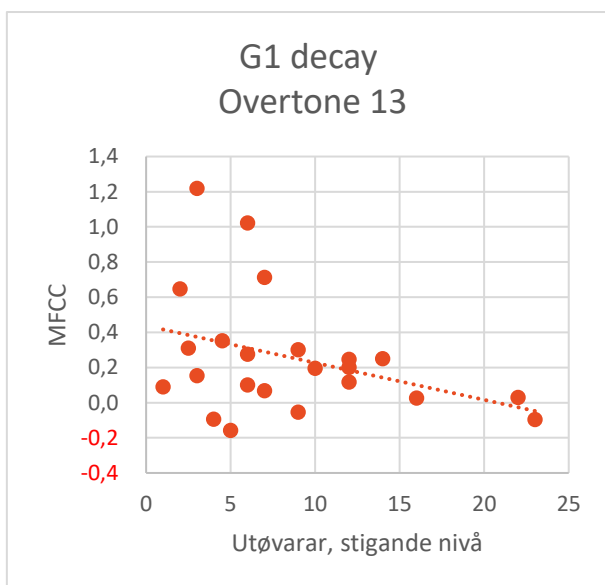
For denne mest omfattande målinga, vert reultatet  g noko stort og kan verka uhandterbart. Men om me bryt det ned i mindre delar, skal det vera mogleg å få eit overblikk. Eg vil starta med resultatata for G1, som var den målinga med størst dataomfang.

11.3.1 Overtonefordeling på G1

Hovudfunnet her må seiast å vera den aukande avstanden mellom grunntonen og alle overtonane. Gjennomsnittleg aukar denne avstanden slik mellom grunntonen, som er den sterkaste og overtone 2 som er den nest sterkaste (figur 37):



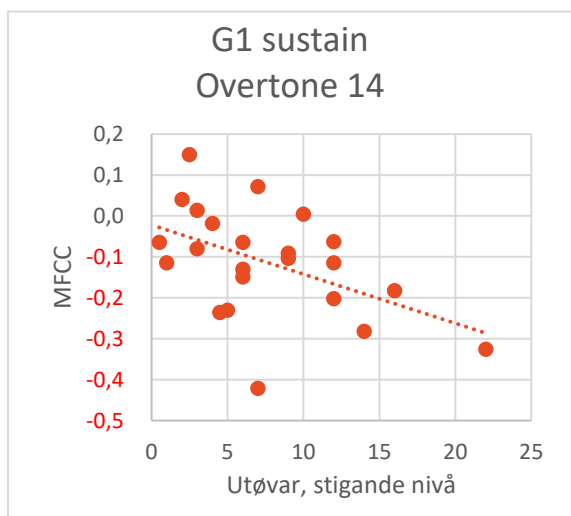
Figur 13 Her ser ein tydeleg korleis avstanden mellom grunntonen og den sterkaste overtonen (nr 2) stig etter kvart som nivået hjå utøvaren aukar.



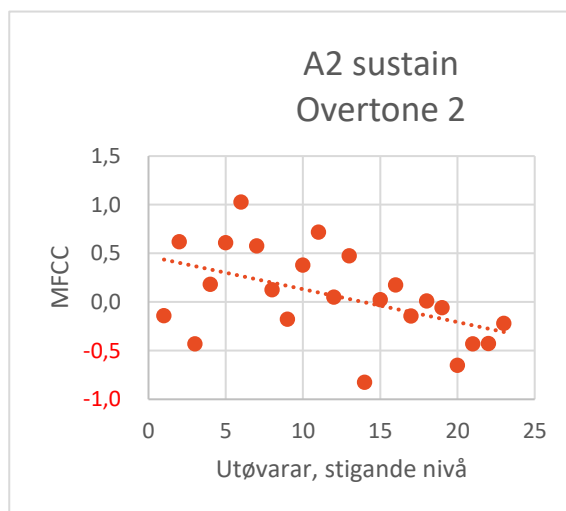
Figur 14 Reggresjonsanalyse av overtonestyrke på 13. overtone på G1 i decay-fasen. Spredninga er klart størst på lågare nivå.

Elles var det ikkje så lett å sjå ei klår utvikling på overtonestyrken på G1 ved bruk av gjennomsnitt. Men gjennomsnitt kan skjula store sprik i data. Desse viste seg ved ei utrekning av standardavvik i målingane mine. Sidan det viste seg å vera stort på dei lågaste nivåa, var dette noko det var interessant å undersøkje nærare på andre måtar. Her viste regresjonsanalyse å synleggjera det som ikkje kom så godt fram

i gjennomsnittstala. På nesten alle overtonar ser ein tydeleg den store variasjonen i tala på dei lavaste nivåa. Figur 38-40 viser tre utvalde døme der denne trekantforma kjem tydeleg fram. Dette stemmer godt med det Harle seier om munnstilling. Før ein har fått etablert ei god og stabil munnstilling, får dette innverknad på klangen. Den store variasjonen på utøvarane på



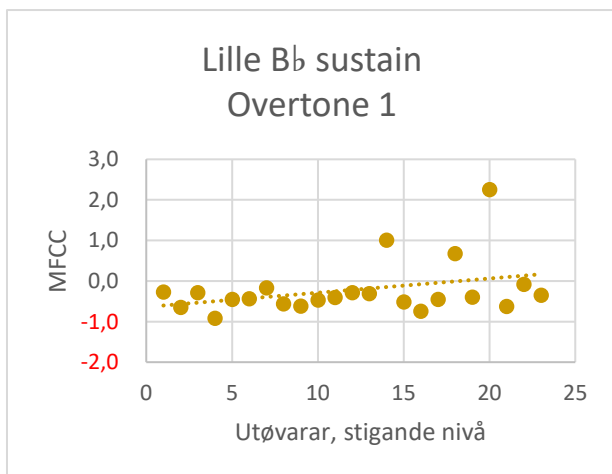
Figur 39 Reggresjonsanalyse av overtonestyrke på 14. overtone på G1 i sustain-fasen. Spredninga er også her klart størst på lågare nivå.



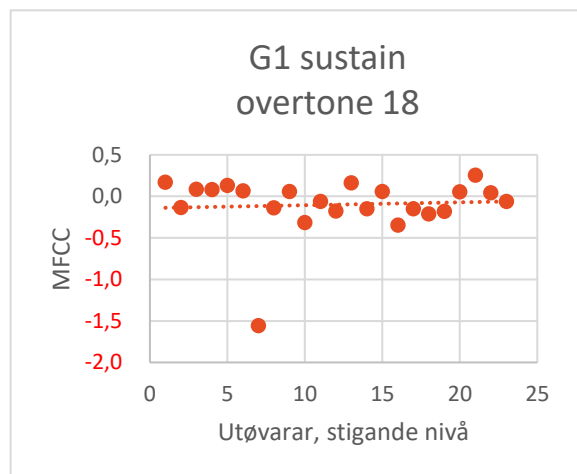
Figur 40 Reggresjonsanalyse av overtonestyrke på andre overtone på A2 i sustain-fasen. Spredninga er klart størst på lågare nivå.

dei lågaste nivåa skuldast ulike «feil» som gjev ulike utslag. Nokre av dei kan til dømes ha munnstykket for langt ut i munnen og få veldig høge verdiar på lyse overtonar medan andre har ei munnstilling som hemmar vibrasjonane i flisa og får ekstremt lave utslag på enkelte overtonar.

Men det er ikkje så enkelt som å seia at det typiske for dei lave nivåa er stor spreining. I nokre tilfelle, som i figur 41, er det omvendt òg. Og atter andre viser seg svært jamne, som figur 42. Men den store spreinga på lågare nivå er dominerande, så det er ein tydeleg tendens.



Figur 41 Regresjonsanalyse av overtonestyrke på fyrste overtone på lille Bb i sustain-fasen. Spreinga er også her klårt størst på høgare nivå.



Figur 42 Reggresjonsanalyse av overtonestyrke på 18. overtone på G1 i sustain-fasen. Spreinga er jamt liten.

Ved berre å sjå på regresjonslina og forenkla biletet noko, får me ei viss oversikt over utviklinga av kvar overtone etter nivå. Opplysningar om variasjonsbreidda i datagrunnlaget er ikkje teke med her.

Resultatet vert difor enkelt å lesa og ein får eit visuelt bilete av

utviklinga. Alle trendlinene er kategoriserte i fem nivå. I den raude kategori -2 er

REGRESJONSLINE	
Stigande	2
Svakt stigande	1
Flat	0
Svakt synkande	-1
Synkande	-2

regresjonslina tydeleg synkande, i oransje -1 svakt synkande, i den gule kategori 0 er den flat eller tilnærma flat, lysegrøn 1 har svak stigning og i mørkegrøn kategori 2 er lina ganske bratt stigande.

Fyrst kjem resultatata for grunntone til og med 4. overtone.

TONE	Grunntone	Overtone 1	Overtone 2	Overtone 3	Overtone 4
G1 decay	2	2	-1	-1	1
G1 sustain	2	2	-2	-2	1

Deretter ser me utviklinga på resten av overtonane. Det gjeld berre på G1.

	Overtone 5	Overtone 6	Overtone 7	Overtone 8	Overtone 9	Overtone 10	Overtone 11	Overtone 12	Overtone 13	Overtone 14	Overtone 15	Overtone 16	Overtone 17	Overtone 18
G1 decay	0	0	1	1	0	1	-1	-2	-2	-1	1	0	-1	-1
G1 sustain	0	0	-1	0	1	-2	1	1	-1	-1	-1	0	1	0

Det mest påfallande er at ingen av desse høgare overtonane viser ei klår stigning etter nivået.

Så trass i enkelte unntak, er trenden tydeleg. Dei fleste lysare overtonane hjå dei utøvarane eg har målt, vert mindre dominerande jo høgare nivå utøvaren er på. Dette gjeld spesielt i området 11.-14. og 17.-18. overtone i decayfasen og litt forskyve, 10. og 13.-15. overtone i sustainfasen. Om me ser dette i samanheng med Helmholtz sin regel om overtonefordeling, kan dette visa ei utvikling i retning ein mindre distinkt og røff tone ettervart som nivået stig.

For hovudtendensen er at overtonestyirken på overtonar over nummer 5 og 6 er størst på lågast nivå. Dei har i tillegg det Helmholtz kalla for kompleks tone, med sin noko litt jamnare verdi på grunntone og dei fyrste overtonane. Så her er begge forholda som karakteriserer ein røff

tone til stades i størst grad hjå utøvarane på lavare nivå og har ein avtagande tendens ved nivåheving.

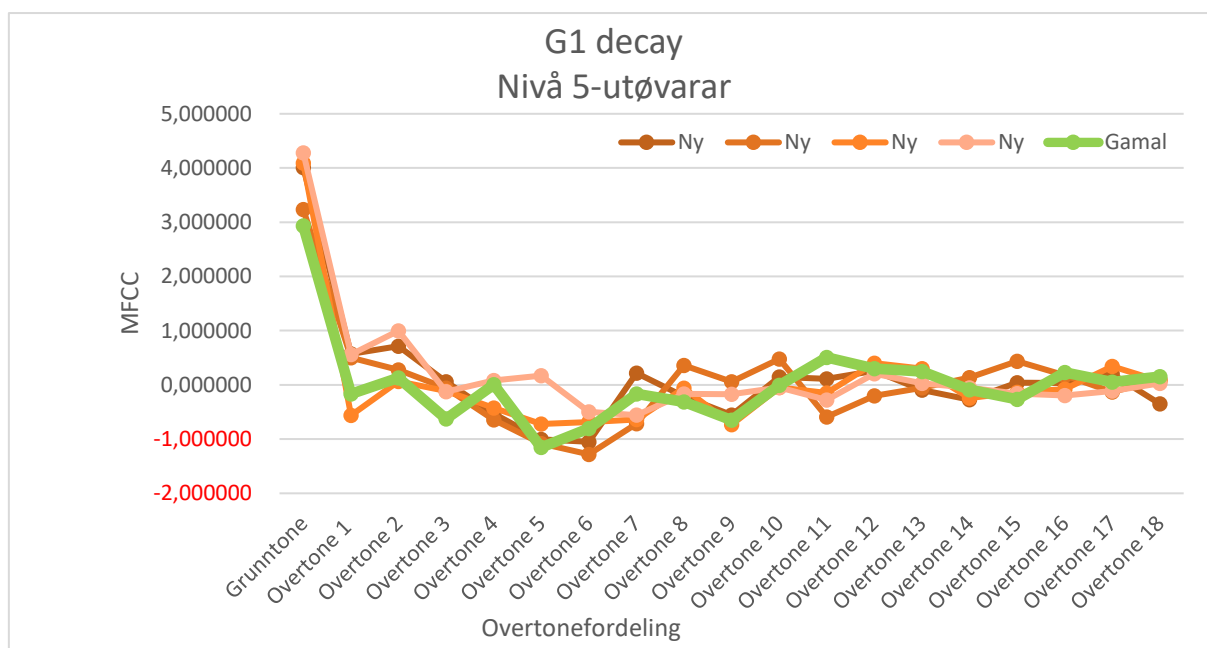
11.3.2 Overtonefordeling på lille Bb, D2 og A2

TONE	Grunntone	Overtone 1	Overtone 2	Overtone 3	Overtone 4
Lille Bb decay	2	2	1	-1	0
Lille Bb sustain	2	1	1	-2	0
D2 sustain	1	1	-1	-2	1
A2 sustain	1	0	-2	-2	1

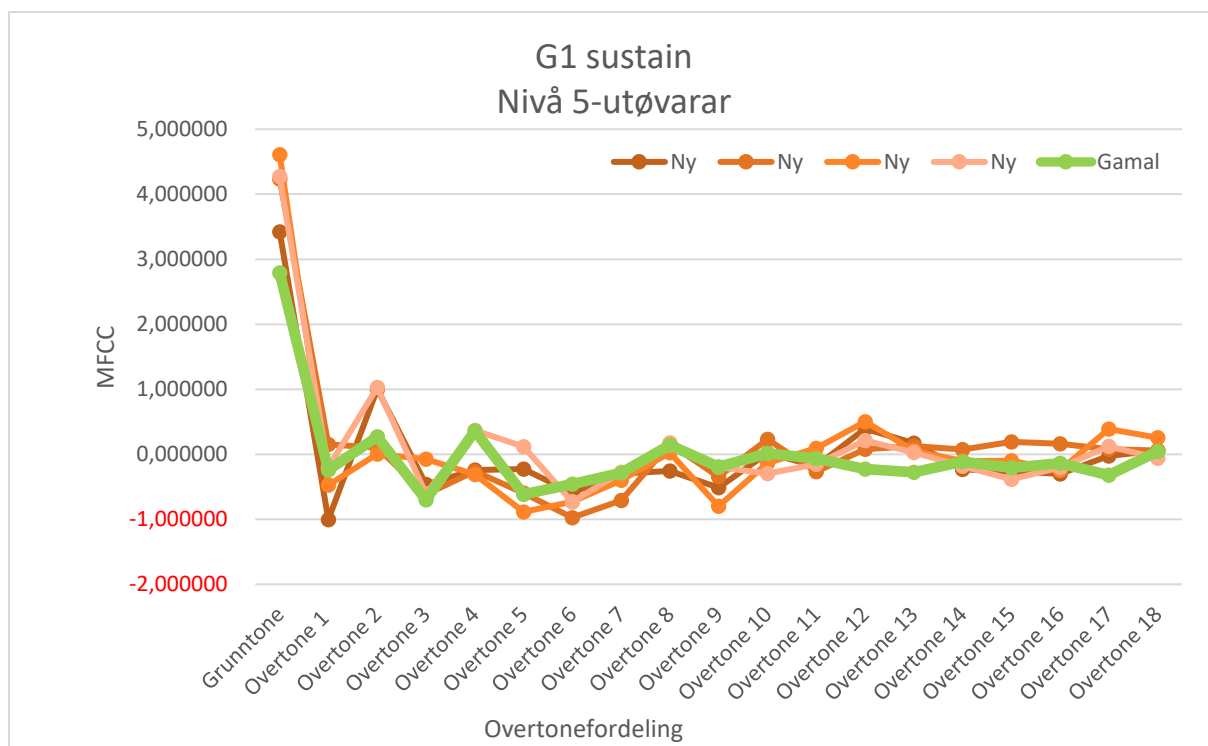
Mønsteret for D2 og A2 er ganske likt som for G1. Men tendensane for lille Bb avvik noko frå dei andre tonane. Spesielt kan me leggja merke til at overtone 2 har ein svak stigande tendens i motsetnad til dei andre tonane (også G1), der den går nedover i større eller mindre grad. Kvifor ser me dette berre på lille Bb og ikkje dei andre tonane? Forklaringa kan liggja i vanskegraden i denne tonen. Mange har problem med å få til akkurat den, noko eg allereie har vore inne på. Ein del skyv munnstykket lenger inn i munnen eller dytter underkjevene litt fram og opplever at det er lettare å få lyd. Men det går ut over klangen og kanskje kan dette føra til at overtonar vert dempa, slik Harle hevdar. Med dei undersøkjingar eg har gjort, har eg ikkje grunnlag til å slå fast om munnstillinga fører til ei demping av akkurat overtone 2 og at denne overtonen stig etterkvart som munnstillinga vert meir optimal. Eg kan berre peika på dei observasjonane eg har gjort av nybyrjarar og sjå dette i samanheng med Harle sine teoriar. Og så vil eg, i lys av dette, hevda at det er svært sannsynleg at det kan vera ein samanheng.

11.3.3 Rascher

Som tidlegare nemnt, er det ei oppfatning i Rascherskule-miljøet at nivået på dei lysaste overtonane ikkje er så høge på dei gamle instrumenta som på dei moderne. Dette kom òg fram i samtale med Lars Lien. Sidan eitt av opptaka på nivå 5 er spelt på ein gamal Buescher, er det interessant å sjå korleis den skil seg frå dei moderne saksofonane av merka Selmer og Buffet som dei andre utøvarane på nivå 5 spelar på. I kvar av tabellane i figur 43 og 44 er Buescher-opptaket markert grønt. Av omsyn til omfanget, viser eg berre tabellane for G1.



Figur 43 Fordeling av overtonestyrke på G1 i starten av decay-fasen for dei fem utøvarane på nivå 5. Den grøne lina viser overtonefordelinga til den einaste som spelar på ein gamal saksofon.

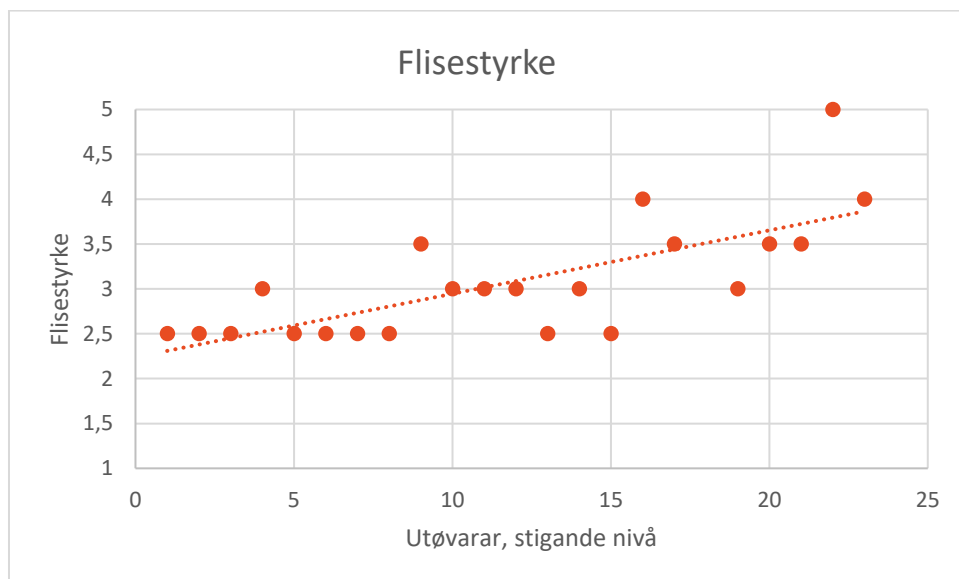


Figur 44 Fordeling av overtonestyrke på G1 i midten av sustain-fasen for dei fem utøvarane på nivå 5. Den grønne linja viser overtonefordelinga til den einaste som spelar på ein gamal saksofon.

For ein del av dei lyse overtonane i både sustain- og decay-fasen var det som eg ante. Med unntak av overtone 9 i sustainfasen og 11, 12 og 13 i decay-fasen ligg Bueschersaksofonen på låge verdier. Men det som er minst like tydeleg er den relativt lave verdien på grunntonen. Kombinert med eit middels utslag på overtone 2, gjev dette ein mindre avstand mellom den sterke grunntonen og den sterkaste overtonen, nummer 2, enn for dei andre moderne saksofonane. Denne kombinasjonen av eigenskapar som i stor eller liten grad avvik frå det som er typisk for nivå 5, kan vera årsaka til at me så enkelt greier å skilja ut utøvarar som svergar til dei gamle instrumenta, basert på klangen. Men skil dei seg så mykje ut at me har eit problem med å fanga opp progresjonen hjå dei? Sidan det berre er med ein einaste saksofonist med eit av desse gamle instrumenta, kan eg ikkje slå fast det. Eg kan berre

observera korleis målinga er i høve til dei andre på same nivå. Og der skil den seg ikkje så nemneverdig ut at eg trur ein ville fått problem med å plassera dei på same nivå.

11.3.4 Fliser

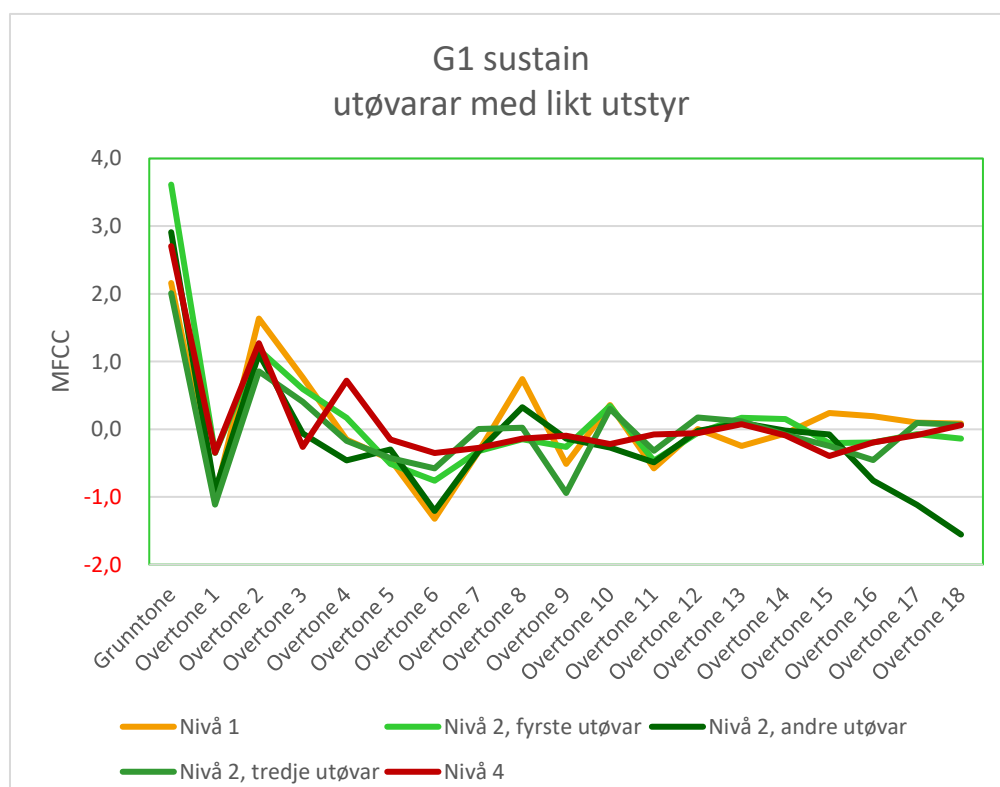


Figur 45 Fordeling av flisestyrke på dei 23 utøvarane. Dei er rangerte etter stigande nivå. Dess høgare nivået på utøvaren er, jo høgare nummer bruker dei på flisa.

Sidan Allan Michelin i sitt forsøk med fliser i stigande styrke, viste at overtonenivået for det meste sank med stigande styrke på flisa, kunne det tenkjast at flisestyrke er eit element som kan påverka klangen. Kan dette elementet vera avgjerande for klangen? Når ein ser på korleis «mine» utøvarar fordeler seg på flisestyrke etter stigande nivå, i figur 45, kan det jo sjå slik ut. Men er det den stigande styrken på flisa som er årsaka til klangutviklinga? Eg trur ikkje det. For det fyrste er ikkje variasjonen så stor. Dei aller fleste spelar på 2,5, 3 eller 3,5. Ingen bruker dei tre lavaste styrkane og me har berre ein på 5 og to på 4. For det andre er stigande flisestyrke òg ein del av ein naturleg utvikling og det kjem an på kva munnstykke ein bruker. Utøvarar på nivå 1 ville ikkje greia å få same resultat ved å spela på flis nr 3,5 som ein utøvar

på nivå 5. Det krev for mykje å få kraftig nok luftstraum, stabil nok munnstilling og fart på lufta til å få ein akseptabel klang på ei tyngre flis for ein nybyrjar. Munnstykker med ulikt kammer inni og ulik opning gjev også ulikt utslag for same flisestyrke. Difor der det heilt naturleg at ein går noko opp i styrke når ein når eit høgare nivå eller skifter munnstykke til eit meir lettspelt eit. Sidan eg var så heldig å ha fem utøvarar som spelar på same utstyr, kan eg no visa korleis dei likevel oppnår ulik klang.

11.3.5 Same utstyr



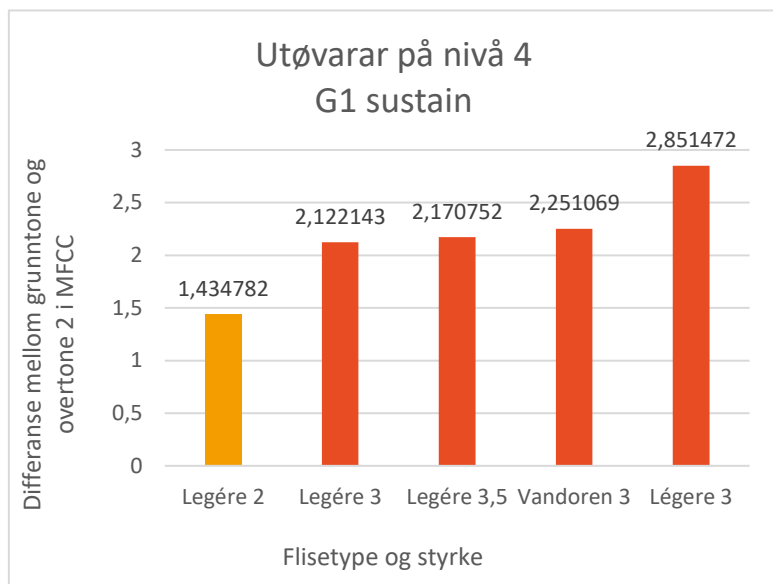
Figur 46 Her kan ein sjå kor ulik overtonefordelinga er for utøvarar som spelar på akkurat same utstyr. Dett viser kva individuell spelestil har å sei for klangen.

Av dei fem utøvarane som spelte på same utstyr, er det ein på nivå 1, tre på nivå 2 og ein på nivå 4. Så dei har ei ganske god spreiding.

Instrumentet er ein Selmer

serie II med Vandoren optimum ligatur, Vandoren munnstykke av typen LM1 og Legere plastflis nr 2. Sidan plastflisene gjerne er litt tyngre enn bambusfliser, har eg rekna plastflis

nummer 2 som 2,5. Eg vel å visa resultat for sustainfasen i G1 (figur 46), slik Michelin òg gjorde.



Figur 47 Personen på nivå 4 som spelar på flis av typen Légère nr 2, skil seg tydeleg ut frå dei andre på same nivå når det gjeld differanse mellom grunn tone og overtone 2.

Alle ulikskaper her skuldast andre element enn flis, munnstykke og saksofon. Men når det gjeld flis, er det interessant å sjå på utøvaren på nivå 4 si kurve. For å vera på nivå 4, er det liten forskjell på grunntonen og overtone 2.

Denne avstanden såg me i kapittel 10.3.1 var stigande etter nivå. Denne utøvaren her er den

einaste på nivå 4 som spelar på plastflis av typen Légère Signature med så lav styrke som 2.

Dei andre har plastflis 3 og 3,5 samt bambusflis nummer 3. Dette kan forklara den vesle differansen mellom grunntonen på berre MFCC-verdi på 1,434782 me ser i figur 47. Dei andre på nivå 4 har klårt tyngre fliser og høgare differanse.

Det er mykje som tyder på at det er flisa som gjer at denne utøvaren avviker slik i resultat frå dei andre utøvarane på same nivå. Men likevel er det klart at utstyr åleine ikkje kan forklara klangulikskapar. Utøvaren som spelar, påverkar òg klangen sterkt.

11.3.6 Hovudtendens i parametret overtonefordeling

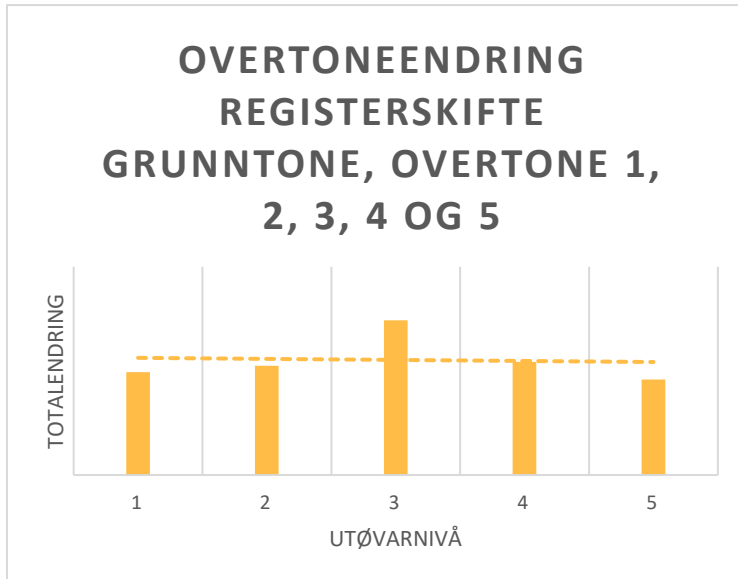
Desse målingane viser at det går an å sjå ei klår utvikling av klang etter utøvaren sitt nivå, spesielt i decay-fasestart. Det er difor ganske klart at parametret overtonefordeling eignar seg til å måla klangutvikling. Det fangar godt opp progresjonen i utviklinga.

11.4 OVERTONEENDRING I REGISTERSKIFTE

Så er me kome til det siste av dei fire parametra som er utforska. Det som er interessant her, er at eg her har fått heilt andre resultat enn forventa. Eit forventningsbrot kan opna opp for ny innsikt og perspektivendring. Men det er òg ein fare for å vri resultatet i den retninga ein hadde forventa det skulle gå. Om sant skal seiast, er det slettes ikkje sikkert eg hadde gjort ei ny framstilling, utan dei høgste overtonane, om det fyrste resultatet vart som forventa. Men



når no resultatet av målinga av overtoneendring i registerskifta utan dei høgste overtonane føreligg, er det naturleg å prøva å sjå kvifor dei ser ut som dei gjer. Kva er det eigentleg dette parametret kan fanga opp av utvikling?



Det som viste seg, var at nivå 3 skilde seg ut med størst endring. Nivå 2 og 4 hadde mindre endring og nivå 1 og 5 låg eit lite knepp under det att. Dette kan forklarast med at dei på både nivå 1 og 2 slit med å etablere god klang i register 2 og 3. Sidan dette er såpass krevjande for dei, er det

ikkje sikkert at det vil vera noko særleg forskjell på register 2 og 3. Begge kan ha like «feil» klang. Nivå 3-utøvarar kan ha etablert betre klang i register 2, men ikkje mestra egalitet i overgangen mellom register 2 og 3. Og så greier dei dette gradvis betre på dei to neste nivåa. Dette er ei mogleg årsak og me kan sjå ein trend her som dette parametret greier å fanga opp. Men det er slett ikkje sikkert. Dessutan er det ikkje så verdfullt med ei forklaring på resultatet. For det er tydeleg at dette parametret ikkje vil kunna skilja mellom nivå 2 og 4 eller mellom 1 og 5. Det ville heller ikkje fungert om ein tok med alle overtonane.

12 KONKLUSJON

For å venda attende til utgangspunktet og problemstillinga: *Kva inneber det å utvikla ein god saksofonklang?* Gjennom utforskinga av forskningsspørsmålet der eg spør korleis ein kan måla progresjon i utviklinga av klang hjå saksofonistar, har eg nærma meg nokre svar på dette. Dei to delmåla var til hjelp for å konkretisera vegen eg valde å gå i denne prosessen:

1. *Kva for parameter eignar seg for å måla klang?*
2. *Korleis kan desse brukast til å måla progresjon*

Eg plukka ut fire parameter eg prøvde ut: **Faselengd**, **Registerskiftelengd**, **Overtonefordeling** og **Overtoneendring i registerskifte**. Ved å analysera dei 23 opptaka mine av altsaksofonistar på ulikt nivå i programmet Sonic Visualiser med metodane MFCC og wafeform-analyse, har eg funne ut at desse metodane eignar seg i klanganalyse. Gjennom å dela utøvarane inn i fem utøvarnivå og bruka enkel statistisk analyse som gjennomsnitt, regresjonsanalyse, trendline og standardavvik, vart progresjon fanga opp. Dette gjeld spesielt synkande lengd på decay-fasen av tonen, samt den aukande avstanden mellom grunntonen og den nest sterkaste overtonen som er nummer to. Men fleire tendensar er fanga opp. Eg vil difor gå litt nærare inn på funna.

Av dei fire parametra som er vurdert brukt for å måla klangutvikling, skil eitt seg ut i positiv retning. Det mest komplekse, overtonefordeling, ser ut til å vera mest lovande parametret. Både for G1, lille Bb og A2 har målinga fanga opp ei heilt klår utvikling: Avstanden mellom grunntonen og den sterkaste overtonen, nummer to, aukar jamnt i takt med nivåstigninga hjå utøvaren. Denne effekten er sterkast på G1 i decayfasen sidan grunntonen der stig kraftigast

samstundes som overtone 2 har ein svak nedgang. Men tendensen er òg tydeleg på lille Bb, trass i ei svak auke av styrken på overtone 2. På D2 og A2 er ikkje stigninga i avstanden like jamn. Når det gjeld G1 har me òg ganske klare tendensar. Styrken på både grunntone og overtone 1 har begge ei klår stigning, overtone 4 stig svakt og overtone 2 og 3 synk. Den synkande tendensen er sterkast i sustain-fasen. Dei supplerande målingane på lille Bb, D2 og A2 viser nesten det same, men her stig overtone 2 noko i styrke i staden for å synka som på dei andre tonane. Berre G1 hadde resultat frå overtone 5 og oppover. Desse har fanga opp eit par tendensar her òg. Jamt over vert nivået på desse overtonane lågare etter kvart som utøvarane sitt nivå stig. Spesielt tydeleg er dette på overtone 12 og 13 i decay og 10 i sustain. Dei framtrekande overtonane over 5.-6. overtone, som gjer klangen distinkt og røff, kan me sjå at utøvarane rører seg bort frå i klangutviklinga si.

Parametret registerskiftelengd viser òg at den kan fanga opp ei klår utvikling. Lengda på registerskiftet er klårt lengst for utøvarar på nivå 2 for både C2-D2 og G2-A2. Deretter synk den relativt jamt. Nivå 1 skil seg ut med eit nivå under nivå 2 og 3 og eit svært lavt standardavvik. Dette skuldast mest sannsynleg at desse nybyrjarar ikkje er medvitne det problematiske registerskiftet og ikkje gjer noko forsøk på å justera klangen. Det som tek tid er å flytta fingrane frå eit grep til eit anna. Det enklaste G2-A2 tek jamt over kortast tid, medan nesten alle bruker noko lengre tid på C2-D2 sidan det inneber fleire rørsler samstundes og utfordrar koordinasjonen. Trass i dette avvikande nivå 1-målet, er registerskiftelengd eit ganske vellukka parameter til fanga opp nivåutvikling.

Kor vellukka faseledd er som parameter, er meir usikkert. Men målinga av decay-fasen skil seg positivt ut. Den viser ein tydeleg nedadgåande tendens frå nivå 1 til nivå 3. Deretter står

det litt stille. Den vil uansett vera litt problematisk å bruka sidan den ikkje klårt kan skjilja nivå 3 til 5.

Ei liknande problemstilling ser me på overtoneendring i registerskifte. Dette parametret viser litt ulikt resultat avhengig av kor mange overtonar som vert inkluderte i målinga. Den eine stig mot nivå 3 og synk deretter att, medan den andre stig jamt, men med eit klårt fall på nivå 4. Tendensane er for lite framtreddande til at det gjev noko meining å bruka dette parametret.

Etter denne vurderinga av kvart av parameter vil eg trekkja fram dei som eg meiner til saman vil gje eit godt bilete av ein progresjon:

- Overtonefordeling på G1 og lille Bb i både decay- og sustainfasen
- Overtonefordeling på ein lys tone, anten A2 eller ein annan, bår to i både decay og sustain
- Registerskiftet C2-D2 (eventuelt supplert av G2-A2)
- Faselengd på decay-fasen

Kombinasjonen av desse vil gje ein god indikator på utviklingsnivå. Kvar for seg har dei sjølvstøtt òg ein verdi, men på grunn av ei relativt høg variasjonsbreidde innad i kvart av dei, meiner eg ein kombinasjon vil gje større presisjon. Til saman vil desse altså kunna gje eit meir utfyllande bilete av eit utviklingsnivå. Om resultatet skulle brukast for å gje tilbakemelding til enkeltutøvarar om kor langt dei har kome i utviklinga si, kunne femdelinga av nivå med fordel blitt revurdert. Kanskje skulle ein hatt ein meir fininndelt skala? Ei grovare nivåinndeling derimot, kunne gjera kvar utøvar lettare å plassera, men ville kanskje ikkje hatt den same motiverande faktor. Tida det tek å nå eit nytt nivå kunne opplevast for lang.

Meir enn direkte tenlege, vil eg påstå at desse parametra vil vera med på å danna grunnlag for vidare utforsking av emnet. Eg har her peika på nokre funn som kan visa ei retning vidare. Men eksperimentering med andre metodar og anna materiale, kan gje meir presise funn og danna eit betre grunnlag for å måla progresjonen eg har prøvd å fanga opp.

13 FORSLAG TIL VIDARE ARBEID

Eg ser føre meg mange vegar å gå vidare med dette materialet på. Det mest openberre ville vore å utvida omfanget. Innhaldet i lydopptaka som var gjenstand for analyse kunne med fordel vore auka noko både med tanke kva tonar som vert spelt og korleis dei vert utført. Her kunne ein godt inkludert staccato-spel og fleire ulike styrkegradar. Dessutan såg eg på opptaka, spesielt av nybyrjarane, at det hadde hatt mykje føre seg å måla stabiliteten i klangen slik det blei gjort i Lee et. al. sitt waldhornstudie (2011). Om ein i tillegg hadde auka omfanget av utøvarar, kunne det blitt eit godt grunnlag for å bruka maskinlæring til å gjenkjenna ulike nivå. Både klustering og decision tree er metodar eg sysla litt med for gjera automatisk klassifisering. Dette arbeidet blei forkasta sidan det er best egna for eit stort datamateriale. Ein måte å utvida omfanget på hadde til dømes vore å inkludera born i kulturskulen, saksofonstudentar på høgare utdanning og fleire profesjonelle solistar. Å inkludera utøvarar innan andre stilartar hadde òg vore veldig interessant, særleg sidan fleire utøvarar ikkje er så låste i ein sjanger og gjerne tilpassar klang til dei mange ulike prosjekt og konstellasjonar dei opererer i.

Når det gjeld dette å sjå saksofonen i ein musikalsk samanheng, dukka det opp eit sidespor eg gjerne skulle forfulgt. Det handlar om korleis altsaksofonklangen går saman med andre instrument i ulike kammermusikalske samanhengar som til dømes i symfoniorkester, korps, saksofonkvartett eller sinfonietta. Kor godt opplever publikum og medmusikarar at klangen går naturleg inn i ein musikalsk heilskap?

Eg har vore inne på problemstillinga om samanhengen mellom utstyr og klang. Eg ser føre meg eit studie i denne samanhengen. Kva innverknad har utstyret på klangen og korleis finn

ein utstyr som best mogleg kan hjelpe ein til å oppnå ein klang som så tett opp til sitt klangideal som råd er? Kan ein utøvar oppnå same resultat med ulikt utstyr? Korleis verkar plastfliser i forhold til bambus? Slike spørsmål kunne ein sett nærare på ved at ein og same utøvar fekk spela på ulikt utstyr og resultatet analysert slik eg har gjort. Men det fins òg moglegheitar i å bruka andre metodar enn MFCC og waveform-analyse. Fleire artiklar har til dømes trekt fram spectral cenroid attack time og roughness som godt egna i klanganalyse.

14 LITTERATURLISTE

- Baeza-Yates, R., & Ribeiro-Neto, B. (2011). *Modern Information Retrieval - the concepts and technology behind search*. Essex: Addison Wesley.
- Bandiera, G., Picas, O., Tokuda, H., Hariya, W., Oishi, K., & Serra, X. (2016). Good-sounds.org: a Framework to Explore Goodness in Instrumental Sounds. *Proceedings of the 17th ISMIR Conference, New York City, USA, August 7-11, 2016* (s. 414-419). New York: ISMIR.
- Berg, R., & Stork, D. (1995). *The Physics of Sound* (2. utg.). New Jersey: Prentice Hall.
- Berntzen, M., Holm, R., & Bergersen, H. (2002). *Om det å spille klarinett/saxofon*. Bergen: Norges Musikkorps Forbund.
- Braut, G., & Dahlum, S. (2018, 24. mai). *Regresjonsanalyse*. Henta 10. november 2018 frå Store norske leksikon: <https://snl.no/regresjonsanalyse>
- Buescher Scandinavia*. (2013). Henta frå What is Buescher Scandinavia?: <http://pihl0.wixsite.com/buescher>
- Downie, J. S. (2008). The music information retrieval evaluation exchange (2005-2007): A window into music information research. *Acoust. Sci. & Tech.*, 29(4), 247-255. doi:10.1250/ast.29.247
- Fet kulturskole. (u.d.). *Fet kommune*. Henta frå Fagplan for saxofon: <http://www.fet.kommune.no/getfile.php/3017141.2318.fwfpqxbuw/Fagplan+saxofon.pdf>
- Halmrast, T. (2016). *Klangen - en huskeliste om lyd, akkustikk og musikk*. Oslo. Henta frå <http://tor.halmrast.no/klangen.php>
- Harle, J. (2017). *The Saxophone - the Art and Science of Playing and Performing vol. 1*. London: Faber Music.
- Holden, H. (2018, 14. mars). *Store norske leksikon*. Henta 20. november 2018 frå Wavelets: <https://snl.no/wavelets>
- Hsiao, Y.-H., & Su, C.-T. (2009, Juni). Multiclass MTS for Saxophone Timbre Quality Inspection Using Waveform-shape-based Features. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics -Part B: Cybernetics*, 39(3), 690-704. doi:10.1109/TSMCB.2008.2008632
- Johannesen, A., Tufte, P., & Christoffersen, L. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (4. utgåve. utg.). Oslo: Abstrakt forlag.
- Knoche, S., & Ebeling, M. (2017). The Music Signal: Physically and Psychologically. I C. Weihs, D. Jannach, I. Vatolkin, & G. Rudolph (Red.), *Music Data Analysis - Foundations and Applications* (s. 15-66). London: CRC Press.
- Lee, E., Smith, M., Marasco, E., Abbasinasab, A., & Caswell, D. (2011). Comparing amateur and professional musician skill levels using spectrogram representation and simpler statistical parameters. *IEEE CCECE 2011* (s. 284-287). Niagara Falls: IEEE.

- Michelin, A. (2016, Jan-Dec). Reed Selection and Sound Quality of an Alto Saxophone. *Interscholastic Journal of Science*, s. 1-3.
- Midtbø, T. (2016). *Regresjonsanalyse for samfunnsvitere*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Omori, K., Kacker, A., Carroll, L., Riley, W., & Blaugrund, S. (1996). Singing Power Ratio: Quantitative Evaluation of Singing Voice Quality. *Journal of Voice* (3), 228-235.
- Orio, N. (2006, November). Music Retrieval: A Tutorial and Review. *Foundations and Trends in Information Retrieval*, 1(1), 1-90. doi:10.1561/1500000002
- Poli, G. D., & Prandoni, P. (1997, september). Sonological models for tombré characterization. *Journal of New Music Research*, 26(2). doi:DOI10.1080/09298219708570724
- QM Vamp Plugins. (u.d.). Henta frå <https://vamp-plugins.org/plugin-doc/qm-vamp-plugins.html#qm>
- Rossing, T. (1990). *The Science of Sound* (2. utg.). Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- Rossing, T. D., Moore, F., & Wheeler, P. (2002). *The Science of Sound* (3. utg.). San Fransisco: Addison Wesley.
- Saksofon*. (2012, 22. juni). Henta september 2017 frå Store norske leksikon: <https://snl.no/saksofon>
- Saksofon*. (2018, 12. november). Henta frå Wikipedia: <https://no.wikipedia.org/wiki/Saksofon>
- Shetty, S., & Hegde, S. (2016). Clustering of Instruments in Carnatic Music for Content based Information Retrieval. *2016 IEEE 6th International Conference on Advanced Computing* (s. 127-132). Silchar: IEEE. doi:10.1109/IACC.2016.33
- Sigurd Raschèr*. (2018). Henta 7. november 2018 frå Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Sigurd_Rasch%C3%A8r
- Sonic Visualiser (versjon 3.0.3.). (2017). Henta frå <https://www.sonicvisualiser.org/>
- Teal, L. (1963). *The Art of Saxophone Playing*. New Jersey: Summy-Birchard Music.
- Vistnes, A. I. (2016). *FYS2130 - Svigninger og bølger*. Oslo: Universitetet i Oslo. Henta frå http://www.uio.no/studier/emner/matnat/fys/FYS2130/v16/fys2130_full_2016.pdf
- Zumwalt, W. (u.å.). *The Saxophonist*. Henta 7. november 2018 frå Rascher Quartet: https://www.thesaxophonist.org/rsq?fbclid=IwAR11HxWHKDYn6sdPm2pJ2eEzVv_ptl7WXJXQtB-NC3f0ZreuxfNCN8PKaUI