



LISTAHÁSKÓLI ÍSLANDS
Iceland Academy of the Arts

Míkrótónar

Takmarkanir þeirra og möguleikar

Bjarki Hall

Lokaritgerð til BA-prófs

Listaháskóli Íslands

Tónlistardeild

Maí 2019

Míkrótónar:

Takmarkanir þeirra og möguleikar

Bjarki Hall

Lokaritgerð til BA-prófs í Tónsmíðum

Leiðbeinandi: Einar Torfi Einarsson

Tónsmíðar

Tónlistardeild

Maí 2019

Ritgerð þessi er 6 eininga lokaritgerð til BA-prófs í Tónsmíðum. Óheimilt er að afrita ritgerðina á nokkurn hátt nema með leyfi höfundar.

Útdráttur

Ritgerð þessari er ætlað að gefa lýsandi yfirlit yfir stöðu og stefnu míkrotóna í tónlist í dag, takmarkanir þeirra og möguleika. Efninu er skipt í þrjá meginkafla: skynjun (hvernig við heyrum og upplifum míkrotóna), miðlun (hvernig við byggjum upp þekkingu á míkrotónum og miðlum henni okkar á milli og til næstu kynslóða) og framköllun (hvernig við köllum fram og spilum míkrotóna).

Vegna fjölda nýrra hugtaka og þýðingum þeirra má finna viðauka A aftast sem hefur þann tilgang að gefa íslenskar-enskar þýðingar á tónlistarhugtökum og útskýra þau ítarlegar. Hugtakalistinn er kaflaskiptur eftir viðfangsefni og eru atriði hans því í merkingarfræðilegri röð frekar en stafrófsröð. Ætlunin er sú að viðaukinn geti staðið sjálfstætt og brúi bilið á milli raungreina eins og stærðfræði, eðlisfræði, verkfræði og tölvunarfræði annars vegar og tónlistarfræða hins vegar, í formi einskonar kennsluheftis. Í viðauka B er greint frá hugbúnaði sem minnst er á í ritgerðinni með skjáskotum ásamt kostum og göllum við notkun þeirra.

Helstu niðurstöður eru þær að fræði míkrotóna, í senharmónískum (e. xenharmonic) skilningi, sé opinn vettvangur fyrir frekari rannsóknir, hugbúnaðarþróun, kennslufni og tónsmíðar með aukinni tækniþróun 21. aldar.

Efnisyfirlit

Inngangur	1
1. Skynjun.....	1
1.1 Heyrn.....	1
1.2 Upplifun	2
2. Miðlun.....	4
2.1 Hagkerfi	4
2.2 Fræði	5
2.3 Nótningaritun	10
3. Framköllun.....	12
3.1 Hljóðfæri.....	12
3.2 Tækni	16
Niðurlag	19
Heimildaskrá.....	20
Myndaskrá	22
Viðauki A - Hugtakasafn	25
1. Eðlisfræði.....	25
1.1 Tími, sveiflur og tíðni.....	25
Jafna 1. Tíðni	25
1.2 Bylgjur	25
1.2.1 Myndun bylgja	25
1.2.2 Bylgjulögun.....	26
Jafna 1. Bylgjuhraði.....	26
Jafna 2. Síkusbylgja	26
1.2.3 Tegundir bylgja	27
1.3 Hljóð.....	28
1.3.1 Hljóðbylgjur.....	28
1.3.2 Eðli og skynjun hljóðs.....	28
1.3.3 Hljóðmyndun	31
Jafna 1. Yfirtónar	32
1.4 Tónfræði	33
1.4.1 Grunnur og tónaás	33
Jafna 1. Staðlað A.....	34
Jafna 2. Miðju C	34

1.4.2 Tímaás	38
1.4.3 Tónheyrn	39
1.4.4 Hljóðfærafræði	40
2. Stillingafræði.....	41
2.1 Stilling	41
Jafna 1. Sent.....	41
2.2 Réttstilling.....	42
2.3 Tempranir.....	43
Jafna 1. Reglulegar tempranir	43
1. stigs tempranir	45
2. stigs tempranir	45
3. stigs tempranir	46
Óregluleg temprun	46
2.4 Viðmót stillinga	47
Frekara lesefni og heimildir viðauka A	50
Viðauki B - Hugbúnaður.....	52
1. Nótnaritun	52
1.1 Avid Sibelius 7	52
1.2 MakeMusic Finale 25	53
1.3 MuseScore 3.0	53
1.4 Steinberg Dorico 2.2.....	54
2. Sjálfstilling	55
3. Skalameðhöndlun.....	55

Inngangur

Tónlistin er listgrein óendanlegra möguleika. Hún fæst í stóra samhenginu við atburði á tímavíddinni og sköpun sem henni tengist. Umhverfa tímans, tíðnin, lýsir þessum atburðum og gefur til kynna hversu oft tónverk er flutt og hver heildarlengd, form, hraði og tónar þess eru. Tíðnin er grundvöllur hljóðbylgja ásamt styrkleika og stefnu en hún lýsir samsetningu, tónhæð og tónblæ tóna. Til eru óendanlega margir tónar en vestræn tónlist virðist hafa komið sér að mestu leyti fyrir í 12 endurteknum tónhæðum jafnstillingarinnar¹ út frá A440 staðlinum. Aðrir tónar sem ekki falla í kerfið eru kallaðar míkrotónar en hér verður litið á hvað það er sem takmarkar notkun þeirra í tónlist, út frá eðlis- og félagsfræðilegum þáttum, módernískri notkun þeirra á 20. öld og tæknimöguleikum sem til boða stendur í dag.

1. Skynjun

1.1 Heyrn

Hljóðeðlisfræði og hljóðskynjunarfræði varpa ljósi á það hvernig hljóð verður til og hvernig manneskjan skynjar það. Munurinn þar á felst annars vegar í því að útskýra eðlisfræðilega þætti hljóðs eins og tíðni og þrýsting og hins vegar hvernig eyrun og mannsheilinn greina þessi hljóð sem tónhæðir og mismikinn hávaða meðal annars. Hermann von Helmholtz gaf út bókina *Um tónskynjun* (e. *On the sensations of tone*) árið 1863, sem Alexander John Ellis þýddi síðar á ensku með eigin rannsóknarniðurstöðum og spiluðu þeir saman stórt hlutverk í nútíma skilningi á hljóðskynjun.² Hljóðeðlisfræðin getur sett hljóðbylgjur fram sem samansafn sínusbylgja út frá aðferðum Joseph Fourier. Þannig er til dæmis hægt að taka upp hljóð í míkrofóna, setja bylgjur þess myndrænt fram með hljóðrófi og sjá þannig hvernig tónblær hljóðsins er samansettur. Í stillingafræði er einnig hægt að einblína á sínusbylgjuna til einföldunar með því að skoða bylgjuhögun hljóðfæra sem sveiflast í einni rýmisvidd, þó að fólk skynji hljóðbylgjur í þrívíðu rúmi. Eðlisfræðin getur því virkað sem stærðfræðilegt líkan eða nálgun þess sem á sér stað í raunveruleikanum. Hljóðskynjunarfræðin gefur aftur á móti hugmynd um það hvaða tíðnir og styrkleikar hljóðbylgja eru skynjaðar með eyrunum

¹ Þegar talað er um jafnstillinguna með greini er átt við tólf tóna jafnstillingu áttundarinnar, táknað 12edo.

² Sethares, William A, *Tuning. Timbre, Spectrum, Scale*, 2. útg. (London: Springer-Verlag, 2005), bls. 20.

með tölfræði- og einstaklingsrannsóknum. Viðmið heyrans tíðnisviðs er 20-20.000Hz en skynjun á því er einstaklingsbundin, auk þess sem tónblær og styrkleiki yfirtóna spila þar stórt hlutverk. Eiginleiki til að greina í sundur tónhæðir sem tónbil lýtur sömu lögmálum, auk þess sem það skiptir máli hvort tónbil er heyrt samtímis eða í röð. Ómblíða er afstætt mat á ánægju sem fæst úr heyrn á tónbilum en samhengi skiptir þar máli og persónubundinn smekkur þess sem heyrir tónbilin. Ef litið er á magn ómblíðu út frá því hversu mikið tónbil flökta, líkt og Pýþagóras og fylgimenn hans gerðu, er nóg að líta á röð aðalbrotá sem ómblíðumælikvarða.³ Ef tónbil mega flökta upp að vissum mörkum er hægt að líta á samsvörun yfirtóna í tónblæ tónanna skv. Helmholtz en hljómræn óreiða Paul Erlich hentar vel sem mælikvarði á slíkri ómblíðu⁴ þó það lýsi að vísu ekki skynjun á tónal samhengi tónbilsins eða hugtökum eins og kritískri bandvídd.⁵

Þó míkrótónar geti legið hvar sem er á óendanlegu bili tíðna þá er skynjun þeirra líffræðilega takmörkuð af eyranu og því hægt að lista míkrótónanotkun sem valda óbreyttri skynjun óþarfa út frá sjónarhorni skynjunar. Tónblær, ónákvæm heyrn mannsins á tónhæð og ósjálfráð tilhneiging hans til ítónunar valda því þó að míkrótónar eru alltaf til staðar í flutningi tónlistar þó þeir séu ekki endilega upplifðir sem slíkir.⁶

1.2 Upplifun

Upplifun fólks með algilda heyrn eða tónal minni eru með vissar tónhæðir auðkenndar í minni, til dæmis með nótnaheitum tólftónakerfisins út frá A440 staðlinum eða því kerfi sem það er annars vant. Viðkomandi einstaklingar geta þá upplifað þá tóna falska sem ekki falla innan þess kerfis.⁷ Sögulegar nálganir í flutningi á tónlist felst í sumum tilfellum í því að stilla hljóðfæri í samræmi við hefðir og viðmiðunartóna sem tíðkuðust í tíðaranda og staðarháttum tónskáldsins. Slík verk voru yfirleitt samin út frá tónþungamiðjum þeirrar stillingar sem tónskáldið var vant og voru því míkrótónar sem hugtak ekki endilega

³ Sjá viðauka A: 2.2. Réttstilling og aðalbrot.

⁴ Sethares, *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*, bls. VI og 83.

⁵ Sjá viðauka A: 1.3.2. Kristísk bandvídd.

⁶ Sethares, *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*, bls. 75.

⁷ Pankovska Eva og Pankovski, Toso. *Emergence of the consonance pattern within synaptic weights of a neural network featuring Hebbian neuroplasticity*, (2017), bls. 84. <https://doi.org/10.1016/j.bica.2017.09.001>

drifkraftur í tónsmíðinni. Senharmóník er hugtak kennt við Ivor Darreg sem lýsir ókunnuglegri upplifun á míkrotónum hjá einstaklingi sem er vanur tólftóna jafnstillingu. Það er notað til að sundurgreina hugtakið míkrotónal frá ómarktækum mun á tónhæð og til að leysa úr ágreiningi um makrótóna.⁸ Hliðrun frá A440 staðlinum eða notkun míkrotóna í flutningi sögulegra verka í sínum upprunalegu stillingum telst því ekki vera senharmóník. Dæmi um míkrotónal verk sem er ekki senharmónískt er *19-tóna samba* eftir Joe Monzo frá árinu 1998. Þar notar hann 19-tóna jafnstillingu til að semja verk fyrir gítar í sömu stillingu, sem hefur sömu tónal virkni og ef það væri skrifað í dúr-moll kerfi tólftóna jafnstillingar. Þetta gerir hann meðal annars með því að takmarka fjölda notaðra tóna í stillingunni og frávikið sem þeir hafa frá henni. Verkið myndi því hljómar nokkurn veginn eins á venjulegum gítar, svo lengi sem fingrasetningarnar séu í svipaðri hæð á hálsinum.⁹ Míkrotónar geta verið notaðir til að skreyta eða bjaga tóna en að sama skapi er hægt að nota þá til að semja tónlist sem ekki er senharmónísk. Slík notkun er eins og áður háð tónhæðaskynjun því hlustandi gæti mögulega ekki heyrt mun á því sem hann er vanur án þess að vera upplýstur um að verkið sé í raun að nota míkrotóna. Slík upplifun er því óbreytt og markviss notkun míkrotóna á þann hátt er því ekki endilega praktísk, út frá sjónarhorni upplifunar og hefur því takmarkað notagildi. Mismunandi venjur og aðferðir menningarheima geta einnig hafa þróað með sér míkrotónal kerfi. Tónlist slíkra kerfa fellur frekar undir heimstónlist, þar sem hugmyndin um míkrotóna hefur ekki endilega verið drifkrafturinn, heldur menningaruppruni og venjur. Í slíkum tilfellum eru míkrotónar vissulega í notkun en þó takmörkuð innan annars kerfis. Slíkar venjur geta orðið óvönum eyrum innblástur eða veitt nýja tónlistarlega upplifun út frá kerfi sem reynst hefur öðrum vel. Dæmi um það eru áhrifin sem gamelan hljómsveit á heimssýningunni í París höfðu á Debussy sem jók enn frekar þróun hughrifastefnunnar.¹⁰ Heimstónlist getur verið óaðgengileg sumum í fyrstu vegna þess að hún krefst þess að leitað sé út fyrir venju. Tilhugsunin um auka fyrirhöfn við að leita að eða hlusta á eitthvað ókunnugt gæti virkað fráhrindandi fyrir fólk, frá félagsfræðilegu eða sálfræðilegu sjónarhorni.

Til að draga saman takmarkandi liði skynjunar í samhengi við senharmóník segir tónlistarkonan Elaine Walker meðal annars: „[Tónlistarleg upplifun] veltur á því hverju við

⁸ Darreg, Ivor, *Xenharmonic Bulletin*, 2. útg. <https://web.archive.org/web/20120205142523/http://sonic-arts.org/darreg/XHB2.HTM>

⁹ Monzo, Joe, *19tet samba*. 1998, Sótt 10. maí, 2019 á <http://tonalsoft.com/monzo/19tet/19samba.htm>.

¹⁰ Árni Heimur, *Saga tónlistarinnar*, bls. 459.

erum vön, menningaruppruna okkar, hvernig tónlistarstíla okkur líkar, hvort við séum tónlistarlega þjálfuð, hvort við séum með algilda heyrn, hversu opin/ævintýragjörn við erum”.¹¹

2. Miðlun

2.1 Hagkerfi

Til að miðlun gangi vel fyrir sig er vænlegt að hafa kennslufni aðgengilegt og áhugavert svo upplifun þess sem kennir og lærir sé jákvæð. Til að efni sé aðgengilegt má það ekki vera of flókið og til að það sé áhugavert þyrfti helst að vera augljós ávinningur í því að miðla því. Kennslufni í tónfræði er iðulega sniðið að menningaruppruna þess sem henni er miðlað til og hugmyndin um míkrotóna spilar ekki stórt hlutverk í grunnnámi í tónlist þar sem hún flækir efnið, á svipaðan hátt og hrynur er kenndur fyrst í einfaldri mynd reglulegra og kunnuglegra mynstra í vestrænni tónlist. Hugtak sem byggir á því sem er skrítið eða öðruvísi er ekki praktískt fyrir þann sem vill hugsanlega frekar læra um það sem viðkomandi finnst kunnuglegt. Þar sem fólk verður yfirleitt ekki vart við hugmyndina um míkrotóna í æsku eða í tónlistarnáminu sínu getur það valdið því að þróun á þekkingu og markvissri notkun þeirra verður ekki til nema fyrir tilviljun eða innan lokaðra hringja áhugamanna. Slíkir hringir myndast til dæmis í umræðuhópum á netinu eða í vinasamböndum tónlistarmanna sem deila áhuga á efninu. Uppgötvanir og fræðihugtök liggja þar með á víð og dreif um netið og í munnlegum heimildum og getur reynst erfitt að gefa út ítarlegt, áreiðanlegt eða aðgengilegt námsefni úr því.¹² Í *Aðalnámskrá tónlistarskóla á Íslandi* er einu sinni minnst á tólftónahátt sem undirstöðu í tónfræðagreinum og atónal söng í framhaldsnámi í tónheyrn en hvergi á míkrotóna. Í *Tónfræði*, fyrri og seinni hluta eftir Stefán Edelstein, er aðeins minnst á atónalítet lauslega út frá tólftónahætti og skjáskotum sem eru til marks um flókna skráningu tónlistar. Á bls. 91 í seinna heftinu skrifar hann eftirfarandi um míkrotóna: „Til eru margs kyns tegundir af tónfirð, t.d. tónfirð sem byggir á notkun mikroskala, en það eru nokkurs konar tónstigar með tónbilum sem eru minni en hálfþónsbil (t.d. 1/4 tónbil)”. Í *Sögu*

¹¹ Walker, Elaine „*What is xenharmonic music*“: „It depends on what we’re used to, what culture we are from, what musical styles we’re into, whether we are musically trained, whether we have perfect pitch, and generally how musically open-minded or adventurous we are.“, (New Music USA, 3. ágúst, 2017), sótt 9. maí á <https://nmbx.newmusicusa.org/what-is-xenharmonic-music/>.

¹² Breed, Graham „*The Regular Mapping Paradigm*“, <http://x31eq.com/paradigm.html>.

tónlistarinnar er minnst á handfylli tónskálda sem prófuðu sig áfram með míkrótóna en ekkert kafað dýpra.¹³ Tónlist er félagsleg og því er skiljanlegt að fræðigreinar hennar undirbúi og þjálfni nemendur í því að samstillast sig með sem einfaldasta hætti með stöðluðum viðmiðunartóni, nótnaritunarkerfi og hljóðfærum. Ef þekkingin og eftirspurnin er lítil getur bókaútgáfa um míkrótóna verið ósannfærandi fjárfesting og því helst framboðið lítið. Hagkerfi menntunar og markaðs tónlistar getur því komið í veg fyrir að fólk viti yfirhöfuð af míkrótónum eða geti miðlað vitneskju sinni um þá með árangursríkum hætti.

Skortur á fyrirmyndum í tónlistarnámi getur spilað stórt hlutverk í uppgötvun tónlistarmanna á tilteknu sviði. Tækniþróun hjálpar til við miðlun tónlistar með hljóðupptökum og myndböndum, sem gerir jafnframt möguleikann á því sjá og heyra tónlist úr mismunandi menningarheimum auðveldari en eins og minnst var á í kafla 1.2 þarf alltaf ákveðið frumkvæði og fyrirhöfn einstaklingsins til að kanna nýjar slóðir. Richard D. James, betur þekktur sem Aphex Twin, afstillti nótur á hljómborði sínu og bjó til eigin skala á plötunni *Völdum umlykjandi verkum II* (e. *Selected Ambient Works II*) um 1994,¹⁴ sem var jafnframt talin ein besta plata áratugarins af tónlistartímaritum eins og *Pitchfork* og *Rolling Stone*.¹⁵ King Gizzard & the Lizard Wizard er einnig dæmi um hljómsveit sem sló í gegn á hnattrænni vísu árið 2017 með plötunni *Flying Microtonal Banana*, sem var fyrir vikið tilnefnd til bestu hljómsveitar ársins á ARIA verðlaunahátíðinni, sem sýnir að möguleikinn er fyrir hendi á markvissri notkun míkrótóna í tónefni sem höfði þó til almennings.¹⁶

2.2 Fræði

Þrátt fyrir takmarkaða möguleika í míkrótónal fræðum eru til bækur og verk sem hafa dýpkað skilning mannsins á þeim. Dæmi um það eru hinar ýmsu bækur um hljóðeðlisfræði, hljóðskynjunarfræði og stillingar í heims- og sögulegri tónlist. Til að fá dýpri skilning á því

¹³ Árni minnst lauslega á enharmóník Vicentino á bls. 139 og kvarttónanotkun Ives og Hába á bls. 466.

¹⁴ James, Richard D. „Aphex Twin speaks to Tatsuya Takahashi“. 6. október 2017. <http://item.warp.net/interview/aphex-twin-speaks-to-tatsuya-takahashi/>.

¹⁵ Í 24. sæti á lista Pitchfork yfir plötur með hæstu einkunnir allra tíma. <https://pitchfork.com/features/lists-and-guides/9948-the-50-best-ambient-albums-of-all-time/?page=5> og 96. sæti Rolling Stone yfir bestu plötur 10. áratugarins. <https://www.rollingstone.com/music/music-lists/100-best-albums-of-the-90s-152425/>.

¹⁶ Music Mania. „Flying Microtonal Banana: King Gizzard and the Lizard Wizard“. <https://www.musicmaniarecords.be/321-king-gizzard-and-the-lizard-wizard/2472-flying-microtonal-banana/>.

hver staða stillingafræðinnar er í dag getur verið gott að fá yfirferð á sögu míkrotónal hugsunarháttar, þá sérstaklega á 20. öldinni, og hvaða einstaklingar spiluðu þar stórt hlutverk. Út frá því má sjá hvernig þróun míkrotónal fræða hefur takmarkast af misþekktum tónskáldum og fræðimönnum og safnast saman í óútgefnu og óaðgengilegu efni.¹⁷

Tólftóna jafnstilling vestrænnar tónlistar sprettur út frá grískum hugsunarhætti. Pýþagóras og hans fylgimenn heilluðust af lágum heiltónahlutföllum¹⁸ og heilluðust af kenningunni um samhljóm himinhvolfsins. Enharmóníski genus Forn-Grikkja notaðist við míkrotóna en arabísk tónlist inniheldur leifar þeirrar menningar í svokölluðum jins í maqam skölum sínum. Míkrotónar þróuðust að sama skapi í shruti indverskrar tónfræði. Tetrakordar genusins leiddi af sér hexakord vestrænnar miðaldatónlistar, sem leiddi smám saman af sér díatóník og dúr-moll kerfið. Kommur valda skekknum hlutföllum í föstum stillingum þegar reynt er að tónflytja og lausnin við því er temprun. Veltemprun varð Johann Sebastian Bach innblástur til að semja í öllum dúr og moll tóntegundum tólftóna kerfisins og þörfin fyrir auðveldari tóntegundaflutningi hljómborða jók notkun þess þar til það var orðið að mestu yfirgnæfandi. 20. öldin er talin hafa verið umbrotaskeið á öllum sviðum mannlífsins og þá sérstaklega tónlistarinnar¹⁹ og vert er að líta á áberandi frumkvöðla í tilraunum til að fara út fyrir tólftóna jafnstillinguna.

Ein af fyrstu og rökréttustu aðferðunum er skipting hálftonsins. Julian Carillo var meðal þeirra fyrstu til að nota hugtakið míkrotónn um árið 1895 en hugmyndafræði hans um 13. hljóðið (sp. sonido trece) lét hann skara úr fjöldanum og var hann mikils virtur í heimalandi sínu Mexíkó. Kvarttónakerfið skiptir hálftonsbilinu í tvennt svo tónar myndast jafnt á milli allra tóna tólftóna kerfisins. Meðal þeirra fyrstu til að fara þá leið voru til dæmis Ivan Wyschnegradsky og Alois Hába, sem héldu báðir áfram tilraunum í þrengri hálftonaskiptingum út ævina. Wyschnegradsky skrifaði verkið *Fjögur brot* (fr. Quatre fragments, op. 5b) árið 1917 fyrir tvö píanó með kvarttónamun sín á milli og bókina *Um kvarttónahljómfræði* (e. Manual of quartertone harmony) árið 1932, sem má sjá skjáskot úr á Mynd 1.

¹⁷ Ítarlegri útskýringar á fræðihugtökum og þýðingum er að finna í viðauka A.

¹⁸ Sethares, *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*, bls.52.

¹⁹ Árni Heimir, *Saga tónlistarinnar*, bls. 443.



Mynd 1. Lýsing á módúleringu í kvarttónahljómfræði, eftir Ivan Wyschnegradsky.

Alois Hába notaði kvarttóna í *Strengjakvartett* nr. 2 árið 1920 og skrifaði ritið *Hljómraenn grunnur kvarttónakerfisins* (e. *The Harmonic Foundations of the Quarter-Tone System*) árið 1922 og *Ný hljómfræði* (þ. *Neue harmonielehre*) árið 1927, þar sem hann kannar fleiri leiðir til að skipta hálfþóninum. Charles Ives samdi meðal annars *Þrjú kvarttónastykki* (e. *Three Quarter tone pieces*) fyrir tvö píanó á árunum 1923–24. Til að kynna sér hljómamál þessa manna þarf ýmist að lesa bækur þeirra eða ritgerðir sem greina verk þeirra, því það fellur ekki undir klassíska hljómfræði. Hún felst yfirleitt í því að líta á kerfin sem betri nálgun á þjóðlögum, samansafn fimmundahringja eða leið til að þynna krómatík, þar sem stærð glissa í föstum stillingum eða skrefagangs í laglínunum er orðinn smærri.²⁰ Kvarttónar urðu þannig algengari en önnur míkrótónal kerfi á 20. öldinni með fleiri tónskáldum sem nýttu sér þá fyrir áferð. Edgar Varése notar þá til að mynda í *Amériques* um 1926 og Bela Bartók í *Strengjakvartett* nr. 6 um 1939. Pierre Boulez prófaði seríalíska nálgun kvarttóna sem útvíkkun á tólfþónahættinum í verki sínu *Andlit giftingar* (fr. *Le Visage Nuptial*) um 1946 en mislíkaði hvernig þeir hljómuðu og tók út við endurútgáfu verksins.²¹ Iannis Xenakis notaði þá í glissvef *Meinvarps* (e. *Metastasis*) um 1953-54, Giacinto Scelsi í hliðrun hinnar stöku nótu upp og niður í köflum *Fjögurra stykkja fyrir staka nótu* (ít. *Quattro Pezzi su una nota sola*) um 1959. Önnur fræg verk eru *Harmljóð fyrir fórnarlömbin í Hiroshima* (þ. *Tren Ofiarom Hiroszimy*) frá 1961 eftir Krzysztof Penderecki, verkið varð Magnúsi Blöndal Jóhannssyni innblástur að tilraunakenndu verki sínu, *Punktar* árið 1962, sem innihélt meðal annars svipaða kvarttónanotkun.²² György Ligeti prófaði sig líka áfram með

²⁰ Andreatta, Moreno, Agon, Carlos og Bancquart, Alain, „*Microtonal Compositions*“, bls. 280, <http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/moreno/AndreattaMicrotonality.pdf>.

²¹ Campbell, Edward, *Boulez, Music and Philosophy*, (Cambridge: Cambridge University Press, 2010), bls. 224.

²² Bjarki Sveinbjörnsson. „*Punktar: Fyrir Hljómsveit og segulband – 1962 – 15:00. 1998*“. <https://www.musik.is/BjarkiSve/Phd/Sidur/215-218.html>.

kvarttónanotkun í mótun sinni á míkropólýfónískum vef strengja eins og í verkinu *Kvísliir* (e. *Ramifications*) árið 1968. Önnur jafnstíllikerfi en skiptingar hálftonsins, til að mynda þeim sem tekst að líkja betur eftir réttstillingu, voru könnuð í bókinni *Þróunarkenning tónalítets* (e. *A Theory of Evolving Tonality*), sem Joseph Yasser gaf út árið 1932, sem var undir áhrifum bókar Bosanquet um jafnstillingar.²³ Slík nálgun er næst rökréttasta útvíkkun tólftóna kerfisins þar sem hún felst í ítónun og því að komast nær réttstillingu án þess að fara úr kerfi jafnskiptingar áttundarinnar. Ezra Sims var fyrir miklum áhrifum Yasser og nýtti sér meðal annars slíkar smáskiptingar og þróaði mismunandi 18-tóna ósamhverfa en ómblíða skala úr 72 tóna jafnstillingu.

Rannsóknir á hljóðeðlisfræði, hljóðskynjunarfræði og heimstónlist Helmholtz og Ellis höfðu mikil áhrif á bandaríska tónskáldið Harry Partch, sem gaf út bókina *Sköpunarsaga tónlistarinnar* (e. *Genesis of a music*) árið 1949, sem fjallar um réttstillingu, mónófónískar tónsmíðaaðferðir hans og hljóðfæri. Hann lagði áherslu á mikilvægi þess að nota míkrotóna í nýju samhengi í stað tóntegundakerfisins eða aðferðum sem höfðu vísun í aðferðir tólftónaháttar. Erv Wilson teiknaði skýringarmyndir fyrir bók Partch en lagði að sama skapi grunn að nýjum hugtökum í stillingafræði eins og stundarsamhverfu,²⁴ tengsl hennar við gullinsnið, fræðum sem varpa skölum yfir í rúmfræðileg form og þar af leiðir hljóðfæraviðmót eins og hið almenna hljómborð. Í samskiptum við Wilson var meðal annars Hollendingurinn Adriaan Fokker, sem varð fyrir miklum áhrifum af skrifum samlanda síns og eðlisfræðingsins Christiaan Huygens um 31-tóna jafnstillinguna, sem nálgar réttstillt tónbil af meiri nákvæmni en tólftóna- og kvarttónakerfið. Huygens-Fokker samtökin voru stofnuð þeim til heiðurs í Hollandi árið 1960 og hélt hann áfram að víkka út stillingafræði með stærðfræðilegum líkönum og aðferðum úr línulegri algebru. Þar má nefna skilgreiningu hans á því sem kallaðar eru Fokker-blokkir, sem mynda tengl á milli réttstillingar og jafnskiptingar. James Tenney skrifaði um hnitakerfi réttstillingar, hljómræna fjarlægð og samdi til að mynda verkið *Kritískt band* (e. *Critical Band*) árið 1988, sem er ferli frá því að strengjasveit spilar samhljómandi A440 en færast í sundur um tíðnaskref þar til tónninn verður að tveimur og í lokin að ómandi yfirtónaröð. Ben Johnston, Lou Harrison og fleiri skilgreindu og sömdu í útvíkkaðari réttstillingu og eru strengjakvartettar Johnstons dæmi um notkun á henni. Jean-Étienne Marie er síðan einn þeirra sem notaðist við

²³ Fjallað er nánar um Bosanquet í kafla 3.1.

²⁴ Sjá viðauka A 2.3.

fjölmiðkrótónalítet í verkinu sínu *Konsert heilagrar miðju* (fr. *Concerto milieu divin*) árið 1969. Johnny Reinhard samdi að sama skapi fjölmiðkrótónal verk og skrifaði um þá aðferðafræði. Það var síðan þannig sem hann komst að því um árið 1996, að hin ókláraða *Heimssinfónía* (e. *Universe Symphony*) eftir Charles Ives hafi að sama skapi verið fjölmiðkrótónal.²⁵

Raftónlist bauð upp á nýjar leiðir í tónsköpun. Hljóðgervlar komust á almennan markað og rannsóknarsetur eins og IRCAM gerðu hljóðrófsrannsóknir aðgengilegri. Karl Stockhausen notaði skala sem eru ekki endurteknir í áttundum í rafverki sínu Stúdía II (e. *Studie II*) árið 1954 og Wendy Carlos fór svipaða leið með alfa, beta og gamma skölunum sínum svokölluðu á plötu sinni *Fegurð skepnunnar* (e. *Beauty in the Beast*) árið 1986.²⁶ Gerard Grisey, í verki sínu *Partiels* um 1975, og fleiri af skóla spektralismans notuðu míkrotóna til að líkja betur eftir hljóðrófum. Einn af þeim sem fór díatónískar leiðir í míkrotónal stillingum var tónskáldið Easley Blackwood yngri, því árið 1980 gaf hann út verk á geisladisk með frumsömdum verkum í öllum heiltölujafnskiptingum áttundarinnar frá 13 tónum upp í 24. Verkið heitir *Tólf míkrotónal etýður fyrir rafrænan tónlistarmiðil* (e. *Twelve Microtonal Etudes for Electronic Music Media*). Bók hans, *Uppbygging þekkjanlegra díatónískra stillinga* (e. *The Structure of Recognizable Diatonic Tunings*), var gefin út árið 1985 þar sem hann lýsir hljóm- og lagrænni hugsun sinni í hinum nýju stillingum. Sumar hljómrænar aðferðir virka ómstríðar í nýjum stillikerfum en bjóða á sama tíma upp á það að finna nýjar leiðir sem ekki eru mögulegar í tólftóna jafnstillingunni.

Hvað samfélag og umræðu míkrotóna varðar var Ivor Darreg talsmaður senharmóníkur. Hann stóð fyrir fréttablöðum, hljóðfæragerð og póstlistum milli áhugamanna á stillikerfum, sem kallast Senharmóníska bandalagið (e. The Xenharmonic Alliance).²⁷ *Xenharmonikôn* er fréttamiðill sem var stofnaður árið 1974 af John H. Chalmers í gegnum listamannasamtök hans, Frog Peaks, þar sem Wilson, Darreg og fleiri skrifuðu greinar um nýjustu uppgötvanir í heimi míkrotóna. Árið 1981 var American Microtonal Festival stofnuð og fleiri samtök og hátíðir urðu til með tímanum. Darreg lést árið 1994 en sama ár tók bandalag hans á sig form tölvupóstlista, kallaðan Póstlisti annarra stillinga (e. Alternate Tunings Mailing List), sem

²⁵ Thøgersen, Peter, „*Polytempic Polymicrotonal Music: A Road Less Traveled*”, (Illinois: University of Illinois Urbana-Champaign School of Music, 2012), bls. 58.
https://www.academia.edu/1901545/Polytempic_Polymicrotonal_Music_A_Road_Less_Traveled.

²⁶ Skilgreining í viðauka A 2.3 á cet.

²⁷ Glasier, Jonathan, *Ivor Darreg*, 1994, sótt 10. maí 2019 á <http://www.huygens-fokker.org/whoswho/darreg.html>.

hýstur var á netinu hjá Mills háskólanum í Bandaríkjunum. Listinn færðist um set en endaði sem hópur á samfélagsmiðlinum Yahoo. Bandalagið heldur nú úti samantekt og nokkurs konar alfræðiriti á netinu um senharmóník (e. *Xenharmonic Wiki*) auk þess sem einstaklingar hýsa upplýsingar sem þeir tóku sjálfir saman á sínum eigin síðum. Dæmi um slíka síðu er míkrótónal-alfræðirit Joe Monzo, *Tonalsoft Encyclopedia*. Umræður meðlima bandalagsins fara nú að mestu leyti fram í samnefndum hóp á samfélagsmiðlinum facebook. Það var í gegnum bandalagið sem meðal annars Paul Erlich, Paul Hahn, Graham Breed, Dave Keenan og Gene Ward Smith skilgreindu reglulegar tempranir, sem var lýst í ritgerð Erlich, *Millivegur* (e. *A Middle Path*), sem kom út árið 2004 og brúaði þar með bilið milli réttstillingar og temprunar af hvaða stigi sem er.²⁸ William Sethares gaf út bók sína *Stilling, tónblær, hljóðróf, skali* (e. *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*) árið 1998, þar sem hann dró saman kenningar um að ómblíða væri í beinum tengslum við hljóðróf hljóðgjafa frekar en tónbil, hvort sem þau eru míkrótónal eða ekki. Hann hélt áfram að vinna með hugmyndir sínar og upp úr 2003 hóf hann að vinna með Andrew Milne og Jim Plamondon, hóp sem þeir kölluðu Einsmóta samsærið (e. *Isomorphic Conspiracy*), að hugmyndafræðinni á bakvið dýnamískt tónalítet, sem þeir voru að þróa.²⁹

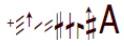
Fræðin sem minnst hefur verið á er enn ný og í stöðugri þróun og margt af því sem hefur verið birt á netinu hefur því ekki enn fengið að rata í tónverk og er jafnvel ekki komið í prent. Hætta er á því að upplýsingar sem hýstar eru á vefsíðu einsaklinga á netinu hverfi einn daginn og lifi aðeins í gegn um afrit síðunnar, hafi það verið tekið. Þar sem möguleikar á tónum er óendanlegur eru möguleikar á stillikerfum það líka. Mörg af þeim hugtökum sem hefur verið snert á eru stærðfræðileg í eðli sínu og hafa verið þróuð af fólki með sérfræðikunnáttu á því sviði. Stærðfræðileg líkön hjálpa til við að halda utan um flækjur en finna þarf leiðir til að miðla fræðunum á sem aðgengilegasta máta, einstaklingur sem vill nota stillikerfi ætti til dæmis ekki að þurfa að skilja stærðfræðina á bakvið það, mikilvægara er að geta miðlað og tekið á móti því með auðveldum hætti.

2.3 Nótnarritun

Nótnarritun gerir fólki kleyft að miðla tónlist sín á milli af mismikilli nákvæmni. Eitt þróaðasta og mest notaða nótnarritunarkerfið er vestræn ritun á nótnastreng, kennd við Guido

²⁸ Erlich, Paul. *A middle path: Between Just Intonation and the Equal Temperaments*, bls. 159.

²⁹ Sjá viðauka A 2.4 fyrir dýnamískt tónalítet.

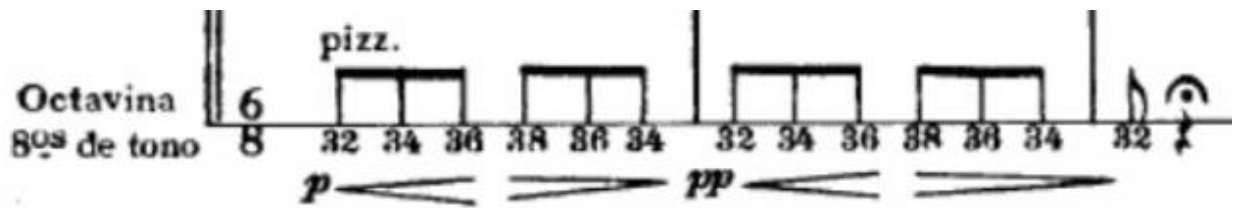
d'Arezzo. Hún lýsti í upphafi laglínnum hexakorda en smám saman varð til hefð fyrir meiri upplýsingum, vaxandi krómatík og staðlaðari táknum fyrir dýnamík og tæknibeitingu. Upp úr 20. öld vandaðist málið þegar kerfið átti að höndla framsetningu míkrotóna þar sem það hafði þróast með vestrænni tónlist yfir í tólftóna jafnstillingu. Á Íslandi voru til að mynda öll þjóðlög í safni Bjarna Þorsteinssonar skrásett í tólftónakerfinu.³⁰ Til að ná „á milli“ tónanna var hægt að gera ráð fyrir helmingun lækkunar- og hækkunarformerkja, þ.e. kvarttónum. Ellis skráði þó stillingar hljóðfæra víðsvegar í Evrópu með hjálp senta³¹ í viðaukum sínum á þýðingu rita Helmholtz, sem hentar betur til nákvæmra skráninga frávíka frá tónum jafnstillingarinnar en Herts. Elaine Gould gaf út bók sína um staðla í nótnaritun, *Taktfestu* (e. *Behind Bars*) árið 2011, þar sem hún mælir með því að notaðar séu örvar til hækkunar/lækkunar á hin hefðbundnu formerki. Hún tekur að auki fram að formerki skulu taka lóðrétt pláss frekar en lárétt og að tekið sé fram í skori nákvæmlega hvað táknið merki.³² Nákvæmar tíðnir, útreikningar þeirra eða skrásetning tónbila í hlutföllum er aðeins hentugt fyrir aukna nákvæmni en eru ekki vænlegar til fljótlegs lesturs af blaði. Ýmis táknerfi hafa verið þróuð en ekkert kerfi mætti kalla staðal. Þekktasta kerfið er Stein-Zimmermann táknið fyrir kvarttóna. Önnur formerkjakerfi eru til að mynda kerfi Ezra Sims fyrir 72-tóna jafnstillingu frá upphafi áttunda áratugarins, þar sem þrjú ný tákni eru notuð til að ná til allra tóna. Ben Johnston þróaði formerkjakerfi á 7.-9. áratugnum fyrir útvíkkaða réttstillingu með +, -, örvum og tölustöfum sem snéru ýmist upp eða niður. HEJI kerfið (e. Extended Helmholtz-Ellis JI Pitch Notation) var kynnt um 2001 af Marc Sabat og Wolfgang von Schweinitz, sem setur saman tákni fyrir hvaða réttstillingarmörk sem er. Yfirleitt er táknum bætt lárétt fyrir framan nótu til að gefa í skyn hækkun um viðkomandi kommu frumtölumarkna en brýtur það í bága við viðmiðunarreglur Gould um nótnaritun. Hækkun nóttunnar A um öll frumtölumörk upp að 31 í HEJI-kerfinu myndi fá eftirfarandi tákni: , slíkt hækkun er sjaldgæf en sýnir aftur á móti hvernig flækjustig formerkja og tónbils haldast í hendur. Sagittal kerfið, sem George D. Secor og David C. Keenan þróuðu yfir árin 2001-2006 er dæmi um almennt formerkjakerfi sem nær utan um réttstillingu jafnt sem tempranir, séu tónskáld og flytjendur reiðubúnir til að læra ný tákni fyrir hverjar jafnskiptingar og kommuhækkanir, þó slíkt gildi að vísu um öll formerkjakerfi því formerkin eru háð fjölbreytni tónefnisins sem þau eiga að lýsa.

³⁰ Bjarni Þorsteinsson, *Íslensk þjóðlög*, (Reykjavík: Carlsberg, 1906).

³¹ Sjá viðauka 2.1 fyrir sent.

³² Gould, Elaine, *Behind bars*, (London: Faber Music, 2011), bls. 96-97.

nnur kerfi en formerkjakerfi standa til boða fyrir faststillt hljóðfæri. Þar má nefna breytta stillingu (e. scordatura) fyrir hljómborð og töfluritun (TAB) fyrir gítar. Julian Carillo ritaði meðal annars í slíku kerfi fyrir hljóðfæri í framandi stillingum, sjá Mynd 2.



Mynd 2. Brot úr verki Julian Carillo, *Prelúdía Kristófers Kólumbusar* (sp. *Preludio a Cristobal Colón*), frá árinu 1922, með einskonar töfluritun þar sem tölustafur nótunnar á oktavínu í 8.-parts tóna kerfi er í stað nótnahöfuðs.

Töfluritun getur átt sér hliðstæður í tónamengjum og skalafræðum en það er spurning hversu læsilegir tölustafir eru fyrir vana hljóðfæraleikara. Tölur í töfluritun eru líka háðar kerfinu sem þær standa í því tölur þýða mismunandi hluti eftir því hvernig skali þeirra er skilgreindur og hver viðmiðunartónn þeirra er.

3. Framköllun

3.1 Hljóðfæri

Til að framkalla míkrótóna þarf hljóðfæri, hvort sem um hefðbundin símfónísk hljóðfæri er að ræða eða tölvur og hljóðgervla. Frjáls stilling krefst æfinga, nákvæmni og hugsanlega hljóðdæma með æfingum í tónheyrn, svo ítónun sé nákvæm. Föst stilling fórnar sveigjanleika ítónunar fyrir aukna nákvæmni en þar gildir lögmálið um að aukinn sveigjanleiki fasts kerfis eykur flækjustig viðmótsins, samanber stigum í reglulegum temprunum. Algengustu faststilltu hljóðfærin eru gítar og píanó. Gítarar geta hýst mismunandi stillta strengi á bandalausum, föstum eða skiptanlegum brettum. Böndin geta að sama skapi verið færanleg, viðbætanleg eða föst og eru möguleikarnir misdýrir, eftir því hvort kaupa þurfi heilu gítarana eða hvort einungis þurfi að kaupa nýja hálsa eða viðbótarhluti á þá.³³ Píanó og flest hljómborð hafa viðmót sem kennt er við Halberstadt og

³³ Çoğulu, Tolgahan. „History of the Microtonal Guitar“, Myndband, 9:13. Sótt 9. maí 2019 á <https://www.youtube.com/watch?v=AQgybkGPETU>

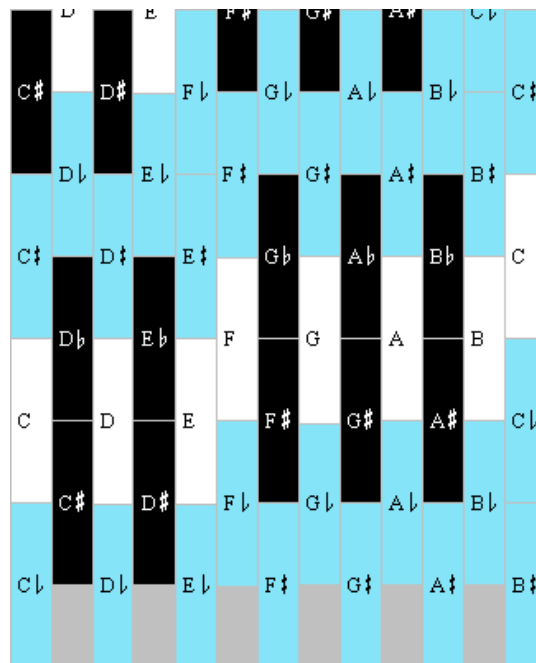
C - Eb - Gb - A - C - ...

Paul von Jankó fékk einkaleyfi einsmóta píanóviðmóts sem raðar tökkum þess í raðir víxlaðra heiltónaskala um árið 1882:

C# - D# - F - G - A - H - C# - ...

C - D - E - F# - G# - A# - C - ...

Robert H. M. Bosanquet gaf út bók sína *Grundvallaratriði tónbila og temprunar* (e. *An Elementary Treatise on Musical Intervals and Temperament*) árið 1876. Þar lýsir hann svokölluðum „almennum hljómborðum“³⁷ og hvernig þau gætu hýst önnur stillikerfi en tólftóna jafnstillinguna. Hann fékk smíðuð orgel fyrir sig og varð það fyrirmynd Fokker, sem fékk að sama skapi smíðað pípuorgel í 31-tóna jafnstillingu um árið 1950, sem við hann er kennt.³⁸



Mynd 4. Viðmót takka Fokker-orgels, 31-tóna jafnstilling.

Carillo fékk hljómborð smíðuð fyrir sig sem skiptu hálfþóninum svo hægt væri að spila 24, 36, 48, 72 og 96-tóna jafnstillingar og notast þau við breytta stillingu. Einvíð hljómborð eins

³⁷ Sjá viðauka A 2.4 fyrir almenn hljómborð

³⁸ Huygens-Fokker Foundation, „Fokker organ“, Sótt 09. maí 2019 á <http://www.huygens-fokker.org/instruments/fokkerorgan.html>.

og Halberstadt ráða einungis við 1. stigs reglulegar tempranir en hægt er að endurraða tökkum MIDI hljómborða til að hanna nýjar umraðanir sem endurspegla betur tónbil í breyttum stillingum, svo áttundin heldur sér sjónrænt þó fjarlægð hennar hafi hugsanlega færst úr stað. Slíkar breytingar á hljómborðum henta fyrir stillingar sem hafa takmarkað magn tóna í hljómandi áttund þar sem hendur ráða aðeins við að spila takmarkaða stærð tónbils. Stundarsamhverfur Wilsons, sem og 2. stigs reglulegar tempranir þurfa á tvívíðu viðmóti að halda. Wicki-Hayden viðmótið staflar sexhyrndum tökkum í grind þar sem lárétt stefna gefur heiltónaskala en skáhalt er ferðast um fimmundahringinn:

... - Eb - F - G - A - H - C# - D# - ...
 ... - Ab - Bb - C - D - E - F# - G# - ...

Wicki-Haydn takkaviðmótið varð fyrir valinu á hljóðfærinu Thummer, árið 2003, sem átti að vera fyrirmynd míkrótónal hljóðfæra en varð gjaldþrota um 2009. Út frá þeirri hugmynd hefur hugtakið um Jammer hljóðfæri verið skilgreint, þ.e. hljóðfæri sem hefur að minnsta kosti eitt einsmóta hljómborð, sem samanstendur yfirleitt af sexhyrndum tökkum í Wicki-Hayden grind, ásamt þumal- og/eða hreyfistýringu.³⁹ Axis49 og Axis64 eru takkahljómborð frá fyrirtækinu C-Thru sem höndla viðmót almennra hljómborða eins og hljómræna töflu Euler.⁴⁰ Terpstra er annað dæmi um einsmóta hljómborð í þróun síðan um 2005. Það hefur 280 MIDI stýrða sexhyrnda litalýstra takka í hækkandi röðum. Slík hljómborð fást í takmörkuðu upplagi og eru tímafrek og dýr í framleiðslu þar sem eftirspurnin er ekki næg. Harry Partch hannaði sjálfur ný hljóðfæri til að geta spilað tónlist í sínu kerfi, dæmi um það eru aðlöguð víóla og gítarar, pumpuorgel sem hann kallaði chromelodeon og stillti í réttstillingarskölum sínum, marimbú og aðra eiginfóna í skalakerfum eins og tóntegundatígli. Aðrir sem hönnuðu míkrótónal hljóðfæri voru til að mynda Ivor Darreg og Kraig Grady, sem þróaði hljóðfæri eftir hugmyndum Erv Wilson og samdi tónverk fyrir þau. Á 21. öldinni bættust við stafrænir möguleikar stillikerfa eins og dýnamískar stillingar⁴¹ en að sama skapi mekanískar breytingar á akústískum hljóðfærum sem hjálpa til við fasta ítónun eins og bent er á í úttekt Patrick Ozzard-Low frá 1998 á hljóðfærum 21. aldar, en þar eru míkrótónal stillingamöguleikar aðal viðfangsefnið. Ný hljóðfæri eins og strekkt píanó Kevin

³⁹ Plamondon, J., Milne, A. J., og Sethares, W. A., *Dynamic Tonality: Extending the Framework of Tonality into the 21st Century*, (2009):, bls. 6.

⁴⁰ Sjá viðauka A 2.4 fyrir tónanet Euler.

⁴¹ Sjá viðauka A 2.4 fyrir dýnamískar stillingar.

Hobby og William Sethares var þróað 2016, sem kannar möguleika á hönnun akústískra hljóðfæra með ónáttúrulegum yfirtónum sem grunn að nýjum tónkerfum.⁴² Stafrænir möguleikar fá ferskan byr með snjallsímabyltingu 2. áratugs 21. aldar þar sem snertiskjáiir og spjaldtölvur eru aðgengilegri en nokkru sinni fyrr og geta hýst ný og breytileg viðmót til framköllunar tónlistar, gallinn er þó sá að viðmótið er flatt og erfitt að finna nótur án þess að horfa á skjáinn. Vilji fólk notast við míkrótónal hljóðfæri þarf það ýmist að smíða það sjálft, finna framleiðanda sem hefur metnaðinn og viljann til að smíða slík hljóðfæri þrátt fyrir litla eftirspurn eða finna sér stafræna leið með þeirri tækni sem er í boði.

3.2 Tækni

Tækni sem stendur fólki til boða til framköllunar eða rannsókna á tónlist er af ýmsum toga. Hægt er að nota blað og blýant til að rita nótur, nótnaritunarhugbúnaði með sínum takmörkunum⁴³ eða grafíska hugbúnaði, sem spila ekki hljóð. MIDI staðallinn komst á 1978 og gerir ráð fyrir 12 nótum í áttundinni en býður upp á tónabeygju hveirrar rásar upp að 1,56 senta nákvæmni.⁴⁴ MIDI er samskiptastaðall milli tækja og forrita, þó aðrir möguleikar eins og OSC séu í boði eru þeir ekki jafn mikið notaðir. MIDI2 frumgerðin var kynnt í janúar 2019 og er gert ráð fyrir að hún muni styðja stakar míkrótónal nótur.⁴⁵ Sú þróun myndi líklega auka möguleikann á hljómborðum með samfelldu viðmóti, líkt og Haken Continuum og ROLI Seaboard bjóða upp á í dag. Flest viðmót hljóðvinnsluforrita sem gera fólki kleyft að semja tónlist út frá MIDI skilaboðum reiða sig á píanórúllu. Reaper er eina atvinnuhljóðvinnsluforritið sem leyfir önnur línuleg viðmót en Halberstadt.⁴⁶ Hex er þó forrit sem Einsmóta samsærið gaf út árið 2010, sem er ekki jafn öflugt og önnur hljóðvinnsluforrit á markaðnum en býður upp á sexhyrnd einsmóta viðmót á píanórúllu.⁴⁷

⁴² Hobby, Kevin & Sethares, William. (2016). Inharmonic strings and the hyperpiano. *Applied Acoustics*. 114. 317-327. 10.1016/j.apacoust.2016.07.029.

⁴³ Sjá viðauka B. Nótnaritunarhugbúnaður.

⁴⁴ Sethares, bls. 180

⁴⁵ Hudson Saul, „*NAMM 2019 – MIDI 2.0TM Prototyping Announced*“, (Yamaha, 2019), <https://yamahamusicians.com/namm-2019-midi-2-0-prototyping-announced/>.

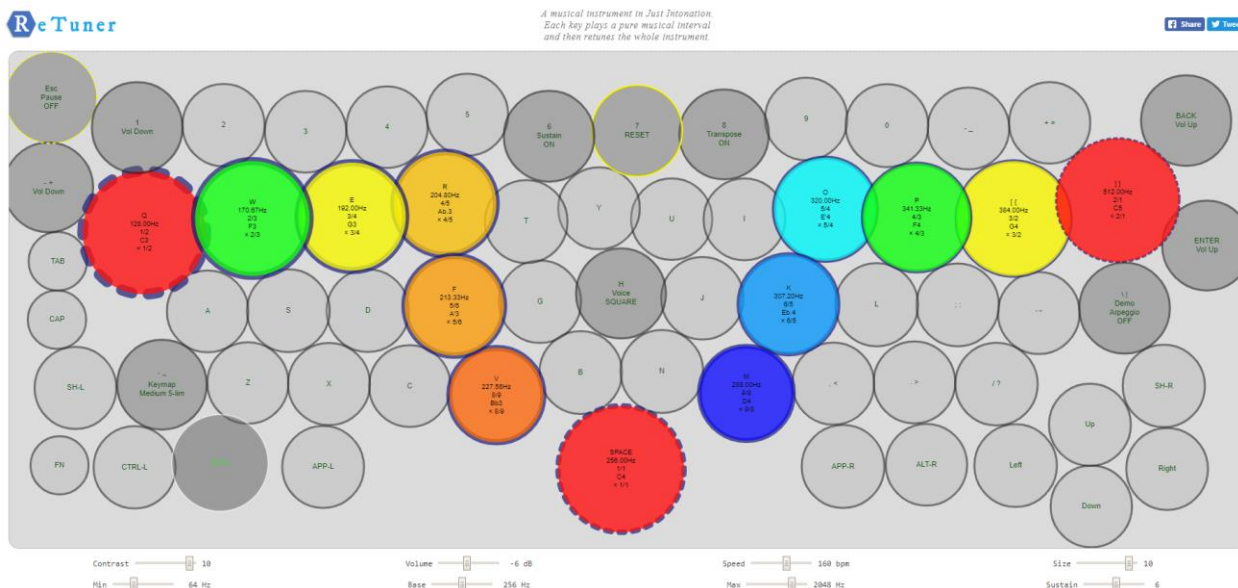
⁴⁶ Archibald, Sean, „*Why DAW developers should design a better piano roll*“, 5. maí 2016, <https://sevish.com/2016/why-daw-developers-should-design-a-better-piano-roll/>.

⁴⁷ Sjá viðauka B 3 fyrir Hex.

Huygens-Fokker stofnunin hýsir Scala, sem er nokkurskonar staðalbúnaður þeirra sem vilja smíða skalakerfi fyrir hljómborð eða forrit. Til að nota Scala þarf að hafa fyrir því að setja það upp og læra á það, sem er ekki byrjendavænt og kynnti tónlistarmaðurinn Sevish því til sögunnar nýtt vefapp, Scala Workshop, í apríl 2019, sem gerir fólki kleyft að smíða, spila og dreifa skölum í vafranum með einfaldari hætti en var áður í boði. Aðrir forritarar hafa nýtt sér möguleika sem vafrar og símtæki hafa. ReTuner er dæmi um hljóðfæri í vafranum sem gerir fólki kleyft að spila nótur í viðmóti sem endurstillist við hverja stroku, sem þýðir að tónlistin er spiluð út frá tónbili milli nótna í þeirri röð sem þær eru spilaðar, í stað algildrar stöðu eða tónhæðar nótu. Höfundur þess, David Ryan, segir eftirfarandi um kosti og galla viðmótsins:

Sumar laglínur verða mun auðveldari í flutningi, t.d. arpeggiur því þær reiða sig á endurtekningu tónbila. Annað er erfiðara, eins og að halda utan um hvar vissar tónhæðir eru. Samkvæmt hönnun skiptir röð nótna máli, svo ef ýtt er á tvær nótur samtímis fæst ekki alltaf sama útkoma. Hljóðfærið er því hentugt fyrir laglínuspilun en ekki jafn hentugt fyrir hljómræna spilun (að undanskildum brothljómum).⁴⁸

Á Mynd 5 má sjá skjáskot af vefforritinu en hægt er að breyta um stillingar og dreifingu takka á lykklaborðinu með einum takka.



Mynd 5. Viðmót [ReTuner](#) vefforritsins, eftir David Ryan.

⁴⁸ Ryan, David, *ReTuner*, „Some melodies become a lot easier to play, e.g. arpeggios, since all that is needed is to repeat the intervals multiple times. Some things are harder, e.g. keeping track of where a specific pitch is. Some things are features (definitely not bugs) - e.g. if two notes are played simultaneously then the two events happen in a random order and one of two chords is possible. The note order is non-commutative! This instrument is therefore suited to melody, and not harmony, however quick arpeggios are fine“. https://github.com/davidryan59/retuner_musical_instrument.

Dýnamískt tónalítet og aðlöguð réttstilling eru nýir möguleikar sem stóðu fólki ekki til boða fyrir þróun stafrænnar tækni. Alt-Tuner, ToneScape og TuneSmithy eru hugbúnaðir sem gera rannsóknir á míkrotónal kerfum aðgengilegri en slík forrit eru gjarnan verk einnar manneskju sem gæti átt erfitt með að halda í takt við nútímann, þar sem stýrikerfi og önnur tækni sem þau reiða sig á að notendur séu með breytast hratt. Þrívíddarprentun er síðan ný tækni sem gerir hönnun og smíði frumgerða af mekanískum hljóðfærum eða hljóðfæraviðbótum aðgengilegri almenningi en áður en krefst gjarnan kunnáttu í þrívíðri hönnun. Sýndarveruleikagleraugu gætu að sama skapi spilað stórt hlutverk í þróun nýrra viðmóta, þar sem þau gera frjálssa sköpun í þrívídd að möguleika og þar með reglulegra temprana af hærri stigum en tveimur. Þróun gervigreindar gæti nýst á sviði tónlistarinnar og sérstaklega innan stærðfræðilega háðra sviða hennar eins og stillingafraeðarinnar.

Á nýrri tækniöld standa að minnsta kosti ýmis tækifæri til boða þeim sem vilja hanna ný viðmót eða hugbúnaði, finna leiðir til að tala um og skoða framandi stillikerfi, semja áður óheyrt tónefni með auðveldari hætti og spila það á nýjum, heimasníðuðum eða aðlöguðum hljóðfærum.

Niðurlag

Þó míkrótónum séu sett skynjanleg takmörk, eins og að þeir verða að falla innan heyrans sviðs og greinanlegra tónbila mannsins, spilar ómblíða stórt hlutverk í víðtækri notkun þeirra. Þar stjórna menningaruppruni og aðrir félagslegir þættir upplifun við fyrstu heyrn á senharmóník. Senharmóník er þó samkvæmt skilgreiningu sinni það sem fólki finnst skrítíð en nálgun hlustanda og miðlara hafa mikið að segja um það hvort sú upplifun sé jákvæð, hvort sem miðlarinn sé kennari eða tónskáldið sem meðhöndlar tónefnið. Hagfræðilega séð er ekki praktískt að verja peningum í kennsluefni, hugbúnað eða hljóðfæri til að hjálpa kennurum og tónlistarmönnum að framkalla og miðla míkrótónum, sem viðheldur aðeins vítahring lágrar eftirspurnar og framboðs. Þrátt fyrir þessa fyrirstöðu eru til dæmi um bækur og verk þekktra tónlistarmanna, stofnanir, ráðstefnur, umræðuhópar, hljóðfæri og hugbúnaðir sem fást við mismunandi þætti míkrótóna. Gróskan virðist aðeins fara vaxandi með aukinni tæknilegri þróun og fólki sem sækist sérstaklega eftir notkun og þróun þeirra, þó umræðan eigi sér að mestu leyti stað í umræðuhópum á netinu og enn sé von á tækni sem auðveldar meðhöndlun þeirra frekar. Persónulega finnst mér míkrótónar enn tiltölulega ókannað landslag tónlistar og myndi ég vilja sjá meira af þeim á akademískri grundu, fleiri tónlistarmenn prófa sig áfram með þá, vaxandi eftirspurn eftir auknum einfald- og hentugleika við notkun þeirra og nánari samvinnu á milli fræðigreina til að gera þá að sjálfsögðum möguleika í tónsköpun framtíðarinnar.

Heimildaskrá

Prentaðar heimildir:

- Árni Heimir Ingólfsson. *Saga tónlistarinnar: Tónlist á vesturlöndum frá miðöldum til nútímans*. Reykjavík: Forlagið. 2016.
- Campbell, Edward. *Boulez, Music and Philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press. 2010. bls. 224.
- Gould, Elaine. *Behind bars*. London: Faber Music. 2011.
- Sethares, William A. *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*. 2. útg. London: Springer-Verlag. 2005.
- Stefán Edelstein. *Tónfræði: Ásamt verkefnum*. Fyrri hluti. Reykjavík: Tónfræðiútgáfan. 1997.
- Stefán Edelstein. *Tónfræði: Ásamt verkefnum*. Seinni hluti. Reykjavík: Tónfræðiútgáfan. 1994.

Vefheimildir:

- Aðalnámskrá Tónlistarskóla: Almennur hluti. 2010. Sótt 09. maí 2019 á:
<http://brunnur.stjr.is/mrn/utgafuskra/utgafa.nsf/xsp/.ibmmodres/domino/OpenAttachment/mrn/utgafuskra/utgafa.nsf/118B36D09E336A80002576F00058D533/Attachment/namskratonlist1.pdf>
- Aðalnámskrá Tónlistarskóla: Tónfræðagreinar. 2005. Sótt 09. maí 2019 á:
<http://brunnur.stjr.is/mrn/utgafuskra/utgafa.nsf/xsp/.ibmmodres/domino/OpenAttachment/mrn/utgafuskra/utgafa.nsf/42F91E2B20DF266B002576F00058DB5A/Attachment/adalnamskratonlist.pdf>
- Andreatta, Moreno, Agon, Carlos og Bancquart, Alain. *Microtonal Compositions*. Sótt 09. maí 2019 á
<http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/moreno/AndreattaMicrotonality.pdf>.
- Archibald, Sean. „*Why DAW developers should design a better piano roll*“. 5. maí 2016. Sótt 9. maí 2019 á <https://sevish.com/2016/why-daw-developers-should-design-a-better-piano-roll/>.

- Bjarki Sveinbjörnsson. „*Punktar: Fyrir Hljómsveit og segulband – 1962 – 15:00*“. 1998. Sótt 09. maí 2019 á <https://www.musik.is/BjarkiSve/Phd/Sidur/215-218.html>.
- Bjarni Þorsteinsson. *Ízlensk þjóðlög*. Kaupmannahöfn: Carlsberg, 1906. Sótt 09. maí 2019 á <https://www.ismus.is/i/book/uid-f41ca74d-db28-4029-85ba-0560111eb88b>.
- Glasier, Jonathan. „*Ivor Darreg*“. 1994. Sótt 10. maí 2019 á <http://www.huygens-fokker.org/whoswho/darreg.html>.
- Graham Breed. „*The Regular Mapping Paradigm*“. Sótt 9. maí 2019 á <http://x31eq.com/paradigm.html>.
- Darreg, Ivor. *Xenharmonic Bulletin*. 2. útg. Sótt 09. maí 2019 á <https://web.archive.org/web/20120205142523/http://sonic-arts.org/darreg/XHB2.HTM>.
- Elaine Walker. „*What is xenharmonic music*“. New Music USA. 3. Ágúst, 2017). Sótt 9. maí á <https://nmbx.newmusicusa.org/what-is-xenharmonic-music/>.
- Erlich, Paul. *A Middle Path: Between Just Intonation and the Equal Temperaments*. Fyrsti hluti, 2004. Sótt 9. maí 2019 á <http://sethares.engr.wisc.edu/paperspdf/Erlich-MiddlePath.pdf>.
- Helmholtz, Hermann L. F. *On the Sensations of Tone: as a Physiological Basis for the Theory of Music*, Alexander J. Ellis þýddi. London: Longmans, Green, And Co. 1895. Sótt 9. maí á <https://archive.org/details/onsensationsof00helmrich/page/n8>.
- Hudson Saul. „*NAMM 2019 – MIDI 2.0™ Prototyping Announced*“. Yamaha. 2019. Sótt 9. maí 2019 á <https://yamahamusicians.com/namm-2019-midi-2-0-prototyping-announced/>.
- Huygens-Fokker Foundation. „*Fokker organ*“. Sótt 9. maí 2019 á <http://www.huygens-fokker.org/instruments/fokkerorgan.html>.
- James, Richard D. „*Aphex Twin speaks to Tatsuya Takahashi*“. 6. október 2017. <http://item.warp.net/interview/aphex-twin-speaks-to-tatsuya-takahashi/>.
- Monzo, Joe. „*19tet samba*“. 1998. Sótt 9. maí, 2019 á <http://tonalsoft.com/monzo/19tet/19samba.htm>.

Music Mania. „Flying Microtonal Banana: King Gizzard and the Lizard Wizard“.

<https://www.musicmaniarecords.be/321-king-gizzard-and-the-lizard-wizard/2472-flying-microtonal-banana/>.

Pankovska Eva og Pankovski, Toso. *Emergence of the consonance pattern within synaptic weights of a neural network featuring Hebbian neuroplasticity*, (2017), bls. 84. Sótt 09. maí 2019 á <https://doi.org/10.1016/j.bica.2017.09.001>.

Plamondon, J., Milne, A. J. og Sethares, W. A. *Dynamic Tonality: Extending the Framework of Tonality into the 21st Century*. 2009. Sótt 9. maí 2019 á https://www.academia.edu/2654227/Dynamic_Tonality_Extending_the_framework_of_tonality_into_the_21st_century

Thoegersen, Peter. „*Polytempic Polymicrotonal Music: A Road Less Traveled*“. Illinois: University of Illinois Urbana-Champaign School of Music. 2012. Sótt 9. maí 2019 á https://www.academia.edu/1901545/Polytempic_Polymicrotonal_Music_A_Road_Less_Traveled.

Myndbandaheimildir:

Çoğulu, Tolgahan. „*History of the Microtonal Guitar*“. Myndband, 9:13. Sótt 9. maí 2019 á <https://www.youtube.com/watch?v=AQgybkGPETU>.

Myndaskrá

Mynd 1: Wyschnegradsky, Ivan. *Manual of quartertone harmony*. Ivor Darreg þýddi. California: Glendale. 1976.

Mynd 2: Nicholson, Thomas og Sabat, Marc. „*Fundamental Principles of Just Intonation and Microtonal Composition*“. 2018. Sótt 09. maí 2019 á <http://www.marcsabat.com/pdfs/JI.pdf>.

Mynd 3: Lunlunta99. „*Keyboard of the Archicembalo*“. 2007. Sótt 09. maí 2019 á https://en.wikipedia.org/wiki/Nicola_Vicentino#/media/File:Archicembalo_en_Cen ts.jpg.

Mynd 4: Huygens-Fokker Foundation. „*Fokker organ*“. Sótt 09. maí 2019 á <http://www.huygens-fokker.org/instruments/fokkerorgan.html>.

Mynd 5: Ryan, David. „*ReTuner*“. Sótt 09. maí 2019 á <https://www.retuner.net/>.

Viðauki A - Hugtakasafn

Hér er kaflaskiptur listi yfir hugtök þar sem reynt er að snerta lauslega á skilgreiningu/merkingu og þýða á milli íslensku og ensku.

1. Eðlisfræði

1.1 Tími, sveiflur og tíðni

Tími (e. time), táknað **T**, er lengd líðandi stundar, hugtak fyrir hina huglægu vídd þar sem breyting á sér stað.

Sveifla (e. oscillation) er breytni (yfirleitt endurtekin á tíma) umhverfis jafnvægispunkt eða milli tveggja eða fleiri ólíkra staðna. Slag, atburður eða hringrás (e. beat, event, cycle) eru önnur dæmi um atburði sem mætti líkja við sveiflu.

Sekúnda (e. second), táknað **s**, er grunnmælieining SI fyrir tíma, 9.192.631.770 sveiflur þeirrar rafsegulgeislunar sem örvar frumefnið sesín 133 milli tveggja ákveðinna orkustiga.

Sveiflutími/lota/hringrás (e. period), er tíminn sem tekur reglulega sveiflu að sveiflast einu sinni.

Tíðni (e. frequency), táknað **f**, er fjöldi skipta sem eitthvað gerist á tíma.

Tíðnisvið eða bandvídd (e. frequency spectrum eða bandwidth) er samliggjandi rauntalnabil tíðnigilda.

Herts eða rið (e. Hertz), táknað **Hz**, er afleidd grunnmælieining SI fyrir tíðni, þ.e. andhverfa sekúndunnar ($1\text{Hz} = 1/\text{s} = \text{s}^{-1}$) fyrir [slög] á sekúndu (e. [cycle] per second).

Jafna 1. Tíðni

$$f = 1/T$$

1.2 Bylgjur

1.2.1 Myndun bylgja

Jafnvægisstaða (e. equilibrium) eða hvíldarstaða (e. rest position) er ástand þar sem ögn hefur upphafsstað og upphafshraða.

Bylgja (e. wave) er röskun (e. disturbance) á jafnvægisstöðu sem ferðast um **bylgjumiðil** (e. wave medium, þ.e. rúm eða massa) í gegn um tíma og flytur með sér orku.

Pverbylgjur (e. transverse waves) myndast þegar hreyfing agna hennar er hornrétt á útbreiðslustefnu bylgjunnar.

Langsbylgjur (e. longitudinal waves) eða **þrýstingsbylgjur** (e. compression waves) eru bylgjur sem myndast þegar hreyfing agna hennar er samsíða henni.

1.2.2 Bylgjulögun

Bylgjulögun (e. waveform) er lögun grafs bylgju sem fall af tíma (óháð styrkleika eða fasa). Dæmi um bylgjulögun væri sínus-, kassa-, þríhyrninga- og sagatannabylgja.

Bylgjutoppur (e. crest) eða öldutoppur er hámarksfrávik bylgju í sveiflu.

Bylgjudalur (e. trough) eða öldudalur er lágmarksfrávik bylgju í sveiflu.

Bylgjulengd (e. wavelength) eða öldulengd, táknað λ , lýsir stærð bylgju í rúmi, þ.e. vegalengdin milli punkta sem eru á sama stað í truflun bylgju.

Bylgjuhraði (e. wave velocity), táknað v , er hraðinn sem tekur bylgju að fara hjá, þ.e. bylgjulengd á tíma og því mældur í m/s. Bylgjumiðill hefur m.a. áhrif á bylgjuhraða.

Jafna 1. Bylgjuhraði

$$v = \lambda / T = \lambda * f$$

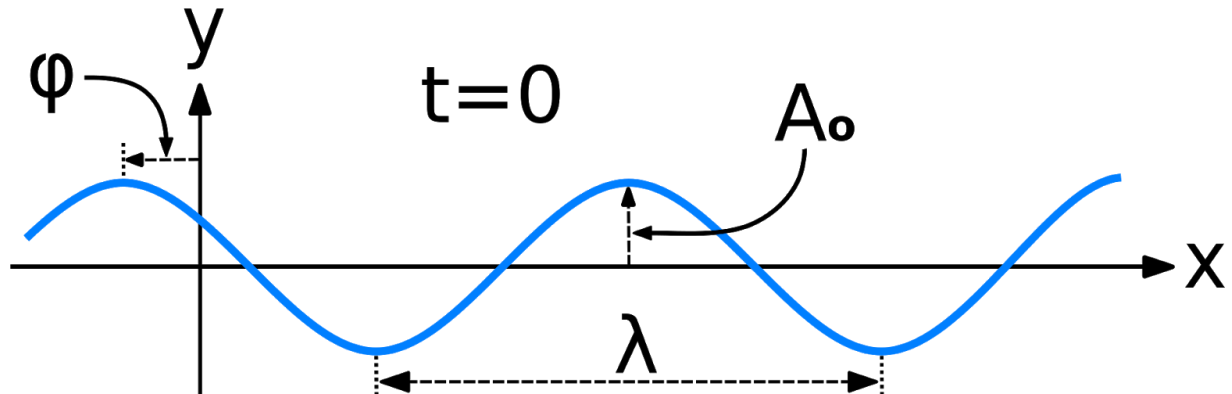
Útslag (e. amplitude) eða sveifluvídd, táknað A , er mesta fjarlægð sem punktar bylgju fara frá jafnvægisstöðu sinni.

Fasi eða hliðrun (e. phase), táknað Φ , er horn sem lýsir staðsetningu reglulegrar bylgju í hringrás sinni.

Lotubundnar eða einfaldar/regulegar (e. periodic) bylgjur af einni tíðni eru sínuslaga (e. sinusoidal) og hentar því **sínusbylgja** (e. sine wave) hornafræðinnar vel til grafískrar framsetningar á einvíðri hljóðbylgju, þ.e. sem fjarlægð punkta bylgjunnar frá jafnvægisstöðu sem fall á tíma.

Jafna 2. Sínusbylgja

$y(T) = A * \sin(2\pi * f * T + \varphi) = A * \sin(\omega T + \varphi)$, þ.s. $\omega = 2\pi * f$, þ.e. horn tíðni (rad/s) bylgjunnar.



Mynd 1. Breytur úr jöfnu sínusbylgju á grafi.

Eðlislægir eiginleikar (e. physical properties) langbylgja eru m.a.:
flutningur orku um miðil (e. transmission of energy through medium),
gleyping (e. absorption) - þegar bylgja eyðist við árekstur á fyrirstöðu eins og hljóðmön,
endurkast (e. reflection) - andstæða gleypingar, þ.e. bylgjan endurkastast frá fyrirstöðu eins og í bergmáli,
brot (e. refraction) - þegar bylgja ferðast úr einum miðli í annan,
dreifing (e. diffraction) - þegar bylgja dreifir úr sér eins og eftir að hún skellur á fyrirstöðu með opi/rauf,
samliðun (e. interference) - þegar bylgjur verka saman og mynda nýja samanlagða bylgju, getur orðið **eyðandi** (e. destructive) eða **styrkjandi** (e. constructive) samliðun eftir því hvort þær halda sama fasa eða eru í öfugum (180°) fasa við hvora aðra.

1.2.3 Tegundir bylgja

Rafsegulbylgja (e. electromagnetic waves) er tegund þverbylgju sem krefst ekki efnisagna til að bera orku heldur samanstendur af reglulegri sveiflu á raf- og segulsviði sem á sér upphaflega stað í hlaðinni ögn, sem gerir slíkum bylgjum kleyft að ferðast í gegn um tómarúm eins og geiminn.

Ljós er rafsegulbylgja sem fólk getur annars vegar greint á hinu sýnilega tíðnisviði og hinu ósýnilega hins vegar. Dæmi um ósýnileg ljós eru gammageislar, röntgengeislar, útfjólublátt ljós, innrautt ljós, örbylgjur og útvarpsbylgjur.

Efnisbylgja (e. mechanical waves) er tegund langsbylgju sem ber orku í gegn um efni sem verður afmyndað og leitar síðan aftur í upphafsstöðu. Þetta kemur m.a. í veg fyrir að agnirnar haldi áfram að berast í þá átt sem bylgjan stefnir.

Samþjöppun langbylgju (e. compression) er háþrýstingur bylgjuagna, þ.e. þegar sameindum miðilsins er þrýst saman.

Dreifing langbylgju (e. rarefaction) er lágþrýstingur bylgjuagna, þ.e. þegar sameindum miðilsins er þrýst í sundur.

1.3 Hljóð

1.3.1 Hljóðbylgjur

Hljóðbylgja (e. sound wave) er heyrnleg efnisbylgja, titringur agna í allar áttir frá hinum titrandi **hljóðgjafa** (e. sound source). Sveiflutíminn ræðst af samþjöppun og dreifingu agnarinnar. Hraði bylgjunnar veltur á þéttleika miðilsins, þ.e. hljóð ferðast hraðar í föstu efni en lofti. Hér verður einungis talað um hljóð í stöðluðu andrúmslofti.

[Heyranlegt] **hljóð** (e. [audible] sound) er almennt skilgreint milli 20Hz og 20.000Hz (20kHz), þ.e. tíðnisviðið sem mannseyrað nemur (hið heyrnlega tíðnisvið). **Þögn** (e. silence) er hugtak sem lýsir m.a. hljóðleysi.

Innhljóð (e. infrasound) er tíðnisvið hljóðbylgja fyrir neðan 20Hz, manneskja skynjar slíkar hljóðbylgjur frekar sem eðlislegan titring/sveiflur.

Úthljóð (e. ultrasound) er tíðnisvið hljóðbylgja fyrir ofan 20kHz.

1.3.2 Eðli og skynjun hljóðs

Hljóðeðlisfræði (e. sound acoustics) er fræðigrein hljóðbylgja.

Hljóðskynjunarfræði (e. psychoacoustics) er fræðigrein hljóðskynjunar.

Desibel (e. decibel), táknað **dB**, er tíundi hluti Bel (B), sem er einingarlaus stærð og lýsir lograkvarða hlutfallslegs styrks.

Hljóðþrýstingur (e. sound pressure), táknað með **p** eða **L_{pa}**, er þrýstingur bylgjunnar á flöt, mælt í SI-einingunni **Pa** (pascal). Útslag hljóðbylgja er yfirleitt á forminu **SPL** (e. sound pressure level), táknað $L_p = 20 * \log_{10}(p / p_{ref})$ dB, þ.e. lograkvarði á hlutfalli hljóðþrýstings **p** (sem ferningsmeðaltalsrót (e. root-mean-square, eða **RMS**) hljóðþrýstingsins) við viðmiðunarhljóðstyrk **p_{ref}**, sem er yfirleitt 20μPa í andrúmslofti og 1μPa í vatni.

Hljóðmagn eða hljóðálag (e. sound exposure), táknað **E**, er í raun mælieining sem lýsir ferningsþrýstingi hljóðþrýstings í hlutfalli við tíma. Lograkvarði þess (e. sound exposure level, **SEL**) táknað $L_E = 10 * \log_{10}(E / E_{ref})$, þ.s. $L_{ref} \mu Pa^2 * s$.

Styrkur (e. intensity), táknað **I**, er afl á flatareiningu ($I = P/A$, hér er **P** afl og **A** er flatarmál).

Raunhljóðstyrkur (e. sound intensity level, þ.e. **SIL**), táknað **L_I**, er hljóðeðlisfræðileg nálgun á hljóðstyrk og lýsir orkuflutningi sem verður með hljóði á tímaeiningu, þ.e. styrksvígur hljóðsins er því háður hljóðþrýstingi og hraðavígri hljóðagnarinnar ($I = pv$). Mældur í **dB** yfir hlutfall hljóðstyrks yfir viðmiðunarhljóðstyrk. $L_I = 10 * \log_{10}(I / I_{ref})$ dB, þ.s. $I_{ref} = 1pW/m^2$.

Hljóðmeðhöndlunarfræði (e. audio signal processing) er fræðigrein sem fjallar um umbreytingu hljóðbylgja.

Sía (e. filter) umbreytir hljóðrófi, t.d. með því að minnka hljóðstyrk parta úr rófinu.

Umslag eða hljóðform (e. envelope) lýsir því hvernig útslag hljóðs breytist yfir tíma. Dæmi um umslag er ADSR, sem lýsir árás (e. attack), hrörnun (e. decay), hald (e. sustain) og losun (e. release) hljóðs.

Tónn (e. tone) er hér skilgreint sem hljóð af stöðugri tíðni en innifelur stundum í sér merkingu tengdri gæði hans eða tón í talfræðilegri merkingu, þ.e. mismunandi styrkleika og bjögunum í yfirtónum hljóðsins.

Tónhæð (e. pitch) er huglægt mat á tíðni, þ.e. hún getur verið há eða lág í samræmi við þá tíðni hljóðsins sem er yfirgnæfandi. Ein af mælieiningum hennar er t.d. mel, táknað m . Algeng jafna fyrir mel er $m = 2595 * \log_{10}(1 + f/700)$.

Tónblær, hljómblær eða hljóðblær (e. timbre, tone color, tone quality) hljóðfæris er skynjaður tónn þess og umslag. Hann gerir okkur kleyft að aðgreina hljóðfæri sem spila sama tón jafn hátt.

Áferð, tónavefur eða textúra (e. texture) er samsettur heildartónblær hljóðfæra sem hljóma samtímis.

Laglína eða rödd (e. melody eða voice) eru tónhæðir (með eða án tillits til hryns) raðaðar í röð á tímaás.

Mónófónía eða einröddun (e. monophony) er áferð einnar greinanlegrar og sjálfstæðrar laglínu.

Kontrapunktur (e. counterpoint) eða mótrödd eða sjálfstæð rödd er laglína sem virkar á móti annarri laglínu. Hugtakið getur einnig virkað í samhengi hryns og annarra víxlverkandi þátta.

Fjölröddun eða pólýfónía (e. polyphony) er áferð fleiri en ein greinanlegar sjálfstæðar laglínur, þ.e. kontrapunktur.

Tvífónía eða tvíröddun (e. biphony) er pólýfónía tveggja radda.

Örfjölröddun eða míkro- fjölröddun/pólýfónía (e. micropolyphony) er fjölröddun upp að því marki sem áferð hennar hljómar sem þykkur vefur frekar en sem einstakar laglínur.

Undirspil (e. accompaniment) er hugtak sem átt er við um áferð sem sögð er vera í bakgrunni (áhrifalítill) við laglínu hún styður við, sem þá er sögð vera í forgrunni.

Hómófónía (e. homophony) er tvífónía mónófóníu og undirspils.

Tilbrigði (e. variation) laglínu er breytt útgáfa laglínu sem inniheldur þó þekktanlegar leyfar upprunalegu laglínunnar.

Heterófónía (e. heterophony) er mónófónía þar sem rödd eða raddir eru að gera tilbrigði af sömu laglínunni.

Hreinn tónn (e. pure tone) er tónn úr einfaldri sínuslaga bylgju.

Skynjaður hljóðstyrkur (e. perceived loudness) er skynræn svörun fólks á hljóðstyrk, oft mæld með hávaðamælieiningunni **phon**. Viðmið phons er hvar fólk greinir mun á hljóðstyrk hljóðs miðað við fyrir hreinan tón af 1kHz. Því meira frávik sem hljóðið hefur frá viðmiðunartíðninni, því meiru munar gildi phon.

Hávaði (e. loudness) er huglægur mælikvarði á upplifun hljóðstyrks, getur verið lágur eða hár.

Hljóðorka (e. sound energy), táknað **W**, er orka hljóðbylgju, mæld í J (júlum), hún er jafngild samanlagðar stöðu- og hreyfiorku.

Hljóðafli (e. sound power), táknað **P** eða L_{WA} , lýsir umbreytingu hljóðorku á tíma og er mæld í vöttum (**W**) er $P = f * v$, þ.s. f og v eru einingarstefnuvigrar. Lograkvarði hljóðafls, táknað **L_w** (e. sound power level, **SWL**) = $10 * \log_{10}(P / P_{ref})$, þ.s. viðmiðunaraflíð P_{ref} er yfirleitt $1pW$.

Hljóð- [eindar] hraði (e. sound particle velocity), táknað **v**, er hraði agnar þegar hún flytur orku í gegn um bylgju. Hann er því háður breytingu á tilfærslu agnarinnar á tíma. Lograkvarði á hljóðeindarhraða (e. sound velocity level, eða **SVL**), táknað $L_v = 20\log_{10}(v/v_0)$, þ.s. viðmiðunargildið v_0 er $5 * 10^{-8}$ m/s, sem nálgar tilfærsluhraða eindar hljóðs í andrúmslofti.

Flökt (e. beat/beating, periodicity buzz, fluctuation eða fluttering) er samliðun hljóðbylgja af tíðnum sem mynda mistón sem er innhljóð.

Ómblíðni (e. consonance) er afstætt hugtak sem lýsir því hvort hljóð sé ánægjulegt fyrir þann sem greinir það, yfirleitt í samanburði við tvær hljóðbylgjur sem hljóma samtímis og algengt/sögulegt viðmið er að lágmarka magn flökts sem þær mynda til að auka ómblíðni, þó aðrar kenningar og viðmið séu til, t.d. skynjun hljóðbylgjanna í tímaröð.

Ómstríðni (e. dissonance) er andstæða ómblíðu.

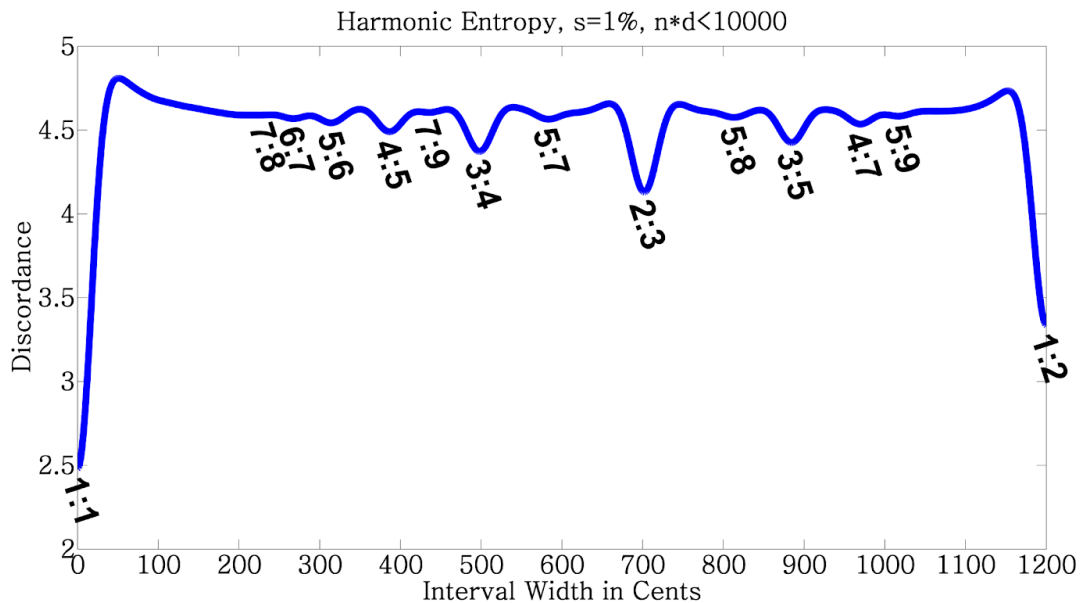
Hljóðhylja eða hljóðgríma (e. auditory masking) er þegar hljóð hefur áhrif á skynjun annars hljóðs. **Hylja** eða gríma (e. mask) er hljóðið sem getur komið í veg fyrir skynjun hljóðs sem kallað er **merki** (e. signal).

Kritísk bandvídd (e. critical bandwidth) er tíðnisvið sem lýsir bili frá tíðni þar sem önnur tíðni er ekki lengur skynjuð einstök því í sameiningu valda þær samskonar áreiti í eyranu. Þær geta því frekar valdið skynjuðu flökki eða **grófleika** (e. roughness) í tóninum eða heyrst sem einn tónn.

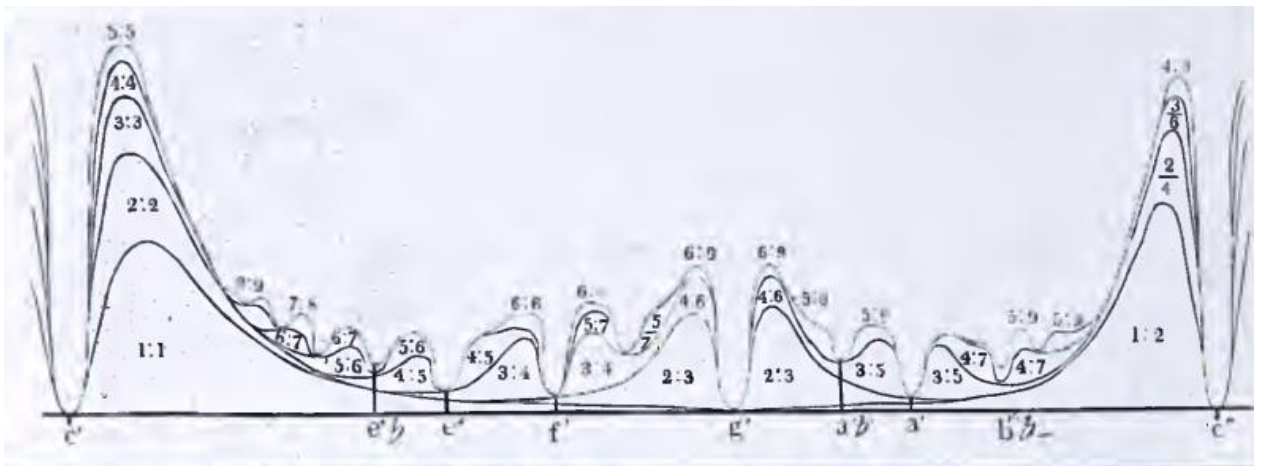
Merkjanlegur munur (e. just-noticeable difference, **JND**) er tölfræðilegt magn sem lýsir hversu mikil breyting þarf að eiga sér stað til að fólk taki eftir henni. Í hljóðskynjunarfræði er það t.d. hentugt til að sjá mun á hljóðstyrk eða tónhæð.

Sýndartónhæð eða grunntónsskortur (e. virtual pitch eða missing fundamental) er hugtak sem lýsir því þegar fólk skynjar grunntón út frá hljóði sem myndar yfirtóna hans, þó hann komi t.d. ekki fram á hljóðrófi. Dæmi um það er að þó hljóð sé myndað úr t.d. $f_3+f_5+f_9$ að þá getur fólk heyrt f_1 .

Hljómræn óreiða eða harmónísk óreiða (e. harmonic entropy, **HE**) er mælikvarði e. Paul Erlich sem lýsir því hvernig 2 eða fleiri tónar geta nálgast sýndartónhæð, þ.e. verið partur af sömu yfirtónaröð af mismikilli skekkju.



Mynd 1.3.2.1. Graf sem sýnir hljómræn óreiða innan áttundar, e. Paul Erlich. Botnpunktur grafsins eru punktar sem eru skynjaðir ómblíðir.



Mynd 1.3.2.2. Viðsnúnið skjáskot af mynd 60b úr 3. þýðingu Ellis, Longmans, Green and Co, árið 1895.

1.3.3 Hljóðmyndun

Hljóðmyndunarfræði (e. sound synthesis) er fræðigrein innan hljóðfræði málvísindanna sem fjallar um myndun hljóðs með t.d. talfærum. Hér er þó frekar notast við hana í

samhengi tónlistar og myndun hljóðs með **hljóðgervli** (e. sound synthesizer), hvort sem um ræðir **stafrænan** (e. digital) eða **hliðrænan** (e. analog) gervil, þ.e. **hugbúnað** (e. software) eða **vélbúnað** (e. hardware).

Fourier vörpun eða færsla/ummyndun (e. Fourier transform, **FT**) er vörpun á falli yfir í línulega samantekt sínuslaga grunnfalla. Er það kölluð **greining** (e. analysis) og andhverfa þess **myndun** (e. synthesis). Þ.e. hljóðbylgju af hvaða flækjustigi sem er má skilgreina sem samansafn sínusbylgja, þ.s. hver bylgja táknar eina tíðni í hljóðinu.

Hljóðróf (e. sound spectrum) er sýnileg framsetning hljóðs, yfirleitt hljóðstyrks hverrar tíðni þess.

Hljóðrófsrit (e. sound spectrogram). Graf sem sýnir tíðni yfir tíma. Styrkinn má svo ráða af því hversu dökkt hljóðrófsritið er; því dekkra sem það er, þeim mun meiri er styrkur sveiflnanna á viðkomandi tíðnisviði.

Samsett bylgja (e. complex wave) er til aðgreiningar einfaldra bylgja. Slíka bylgju má t.d. fá með því að setja saman sínusbylgjur, þ.e. með því að leggja saman sveiflúvíddir þeirra.

Grunntónn (e. fundamental) er lægsta tíðni samsettrar hljóðbylgju. Táknður með f_1 , ath. að hér er byrjað talningu tóna frá 1 til að einfalda tal um **harmóníutóna** (e. harmonics eða partials).

Yfirtónn eða náttúrulegur tónn (e. overtone eða natural tone) er einföld bylgja heiltölumargfeldis grunntóns í samsettri hljóðbylgju sem er lotukennd (þ.e. allar bylgjur hljóðsins eru heiltölumargfeldi grunntóns). Táknður með f_n , þ.s. n er jákvæð heiltala ≥ 1 . Hér er gert ráð fyrir því að fyrsti „yfir“-tónn sé grunntónn bylgjunnar til einföldunar, þ.e. að yfirtónn = harmóníutónn. Yfirtónar geta haft mismikið frávik frá heiltölumargfeldi (þ.e. **bjögun**) eða haft mismikið útslag (þ.e. **styrkleiki**) og getur það lýst eðlisfræðilegum tónblæ hljóðs sem kallaðir eru **formendur** (e. formants), sem eru oft afleiðing hermu hljóðgjafans.

Jafna 1. Yfirtónar

$$f_n = f_1 * n$$

Yfirtónaröð (e. overtone series, harmonic series) er röð yfirtóna hljóðbylgju.

Undirtónaröð (e. undertone series, subharmonic series) er spegluð röð yfirtóna hljóðbylgju, þ.e. $f_m = f_1 / m$, þ.s. m er jákvæð heiltala ≥ 1 .

Óreglubundin (e. unperiodic) hljóðbylgja er samsett bylgja úr handahófskenndum margföldunum grunntóns. Dæmi um slíka bylgju er t.d. klapp eða **suð** (e. noise), suð hefur óreglubundnari hljóðbylgju en t.d. hljóð í bjöllu, því tíðnir bjöllunnar eru reglubundnari.

Eigintíðni (e. natural/characteristic/eigen- frequency) er tíðni sem hlutur/kerfi hefur tilhneigingu til að sveiflast á ef engin önnur öfl myndu verka á móti. Tónkvísl titrar t.d. í hlutfalli við stærð sína, sem er löguð þannig að við skell framleiðir hún sínuslaga bylgju með grunntóninn 440Hz.

Herma eða samhljómun (e. resonance) er þegar hlutur titrar vegna árekstrar hans við hljóðbylgju af eigintíðni hans.

Staðbylgja (e. standing wave) er summa bylgja með sömu tíðni og útslag en gagnstæða útbreiðslustefnu. Punktur bylgjunnar sem hafa lágmarks útslag eru kallaðir hnútar (e. node) en þeir sem hafa hámarks útslag eru kallaðir **bugur** (e. antinodes). Staðbylgjur verða m.a. til við samliðun bylgja eða hermun hlutar.

1.4 Tónfræði

1.4.1 Grunnur og tónaás

Tónlist (e. music) er listgrein sem fæst við hljóð og sköpun því tengdu.

Tónaás eða lóðréttur ás tónlistar (e. vertical music) endurspeglar samhengi tóna á stöðugum tímapunkti.

Tímaás, hrynás eða láréttur ás tónlistar (e. horizontal music) endurspeglar samhengi tónefnis yfir tíma.

Tónfræði (e. music theory) er fræðigrein tónlistar. Hér er þó átt við hana sem hugtakafræði til að tala um tónlist og þá sérstaklega ritun hennar, víðara hugtak sem fjallar um allar hliðar tónlistarinnar er hér skilgreind sem **tónlistarfræði** (e. musicology).

Tónverk eða tónsmíð (e. musical piece/structure) er verk tónlistar.

Tónskáld (e. composer) er einstaklingur sem fæst við að semja/skapa/setja saman tónlist.

Skor (e. musical score) er framsetning á fyrirmælum um það hvernig skuli framkvæma tónlist.

Nóta (e. musical note) er rituð fyrirmæli um tónhæð. Í vestrænni tónlist eru þær punktalaga tákni í skori og stundum er orðið notað fyrir nótnaheiti, punkturinn er kallaður nótnahaus (e. note head) en láréttar línur frá nótunni (e. stem) fánar (e. flag) sem geta tengst milli nótna með nótnabjálka (e. beam). Önnur tákni en punktur getur verið á nótu og geta táknað aðra þætti tónlistar, eins og þögn (e. rest), lengdargildi (e. duration), tónblæ, hljóðstyrk (e. dynamic), tæknibeitingu (e. technique) o.s.frv.

Nótnaheiti eða nótnanafn (e. note name) er heiti sem gefið er nótu. Í vestrænni tónlist eru latnesku bókstafirnir A-G notaðir, í sumum löndum (m.a. á Íslandi) er bókstafurinn H einnig notaður.

Staðlað A (A440, the pitch standard, Stuttgart pitch) er stöðluð staðsetning á nótunni A, þ.e. tíðnin 440Hz.

Miðju C (e. middle-C) er C fyrir neðan staðlað A.

Nótnaheitakerfi eða nótnastafróf (e. musical note naming system) er kerfi sem gefur nótum nótnaheiti.

HPN (e. Helmholtz pitch notation) er kerfi nótnaheita sem notað er á Íslandi. Áttundir byrja á C og eru merktar með há- eða lágstaf til að lýsa hæð, kommu að framan til lækkunar og strik að framan til hækkunar. Kontra- (e. contra), stór- (e. great), lítil- (e. small) og n-strikuð (n-line) áttund er skilgreind.

SPN (e. scientific pitch notation) er það kerfi nótnaheita sem hér er notað til að nefna nótur. Áttundir byrja á C og eru merktar með tölustaf, eftir því hvar áttundin byrjar. Staðlað A er táknað A4.

Jafna 1. Staðlað A

A4 = 440Hz.

Jafna 2. Miðju C

Miðju C = Einstrikað C = c' = C4.

Nótnaritun (e. musical engraving) felst í því að rita nótur í skor. **Naumuritun** (e. naumatic notation) notar **naumur** (e. naume) og er notuð í miðaldatónfræði. En hér verður notast við nútíma vestræna nótnaritunarkerfi Guido Arezzo og þá talað um **hefðbundna** (e. standard western) nótnaritun en einnig er til **grafísk** (e. graphical) nótnaritun og **vídjóskor** (e. animated score) o.fl.

Töfluritun (e. tablature eða **TAB**) er kerfi nótnaritunar sem felst í tölusetningu þeirra. Í ritun fyrir faststillt strengjahljóðfæri eins og gítar, eru böndum hans gefnar tölur, þ.s. 0 er opinn strengur, 1 er fyrsta band o.s.frv.

Söguleg tónlistarfræði (e. historical musicology) er fræðigrein sem snýr að tónsmíðum, flutningi, hlustun og gagnrýni á tónlist frá sagnfræðilegu sjónarhorni.

Vestræn tónlist (e. western music) er hugtak sem lýsir tónlist á vesturlöndum sem þróaðist út frá nótnaritun.

Heimstónlistarfræði (e. ethnomusicology) er fræðigrein sem snýr að tónlist í menningarlegu samhengi. Algengt er að hún snúi að samanburði á vestrænni tónlist við aðra tónlistarmenningu, þ.e. **samanburðartónlistarfræði** (e. comparative musicology). Hér verður hugtakið heimstónlist notað fyrir fræðigrein um tónlist af öðrum menningaruppruna en vestræn tónlist er talin tilheyrja.

Nótnastrengur (e. musical staff) er samansafn samsíða láréttra **lína** (e. note line), yfirleitt 5 talsins, sem endurspeglar tónhæðir lóðrétt og tíma lárétt, þ.s. nótur geta legið á línu eða **bili** (e. note space) þar á milli. Fyrir ofan streng er hægt að bæta við línum sem kallaðar eru **aukálínur** (e. ledger [lines]).

Lykill (e. clef) er tákn viðmiðunargildis á nótnastreng, G-lykill merkir hvar G4 er staðsett, F-lykill hvar F3 er staðsett og C-lykill hvar C4 er staðsett.

Gliss (e. glissando) er þegar hljóðfæri rennir sér milli tveggja tóna og portamento hugtak sem er notað um það ef hljóðfærið á ekki að staldra sérstaklega við á öðrum tónum í bilinu. Glissvefur er áferð sem myndast þegar hljóðfæri glissa.

Tónbil (e. musical interval) er fjarlægðin á milli tíðni milli tóna, getur verið samtímis (lóðrétt) eða í tímaröð (lárétt). Í díatónísku samhengi er talað um n-und en einnig er hægt að nefna tónbil út frá fjölda skrefa.

Hljómur (e. chord) tóna er þegar tónar skulu spilaðir samtímis, yfirleitt fleiri en 2.

Brothljómur (e. arpeggio eða broken chord) er þegar tónar hljóms eru spilaðir í snöggri tímaröð röð frá þeim neðsta til efsta eða öfugt.

Hljómfræði (e. harmony) er fræðigrein um framvindu og tengsl hljóma á lóðréttum og láréttum grunni, þ.e. **hljómræn framvinda** (e. harmonic/chord progression) eða **hljómamál** (e. harmonic language).

Tónstigi eða skali (e. scale) er röð tónbila.

Sæti (e. degree) er staðsetning í skala. Fyrir tón í **tíðnisafni** (e. pitch-class set) er notaður tölustafur frá 0, fyrir tón í díatónískum skala er notaður tölustafur frá 1, fyrir hljóm er notaður rómanskur tölustafur frá I og fyrir solmíseringu er nótnaatkvæðið notað.

Tónstigaháttur (e. mode) er hliðrun skala, þ.e. tónbilaröð varðveitist en hefur hliðrast um sæti. Fyrsti tónstigaháttur er upprunaleg staða tónbilaraðar.

Tónstigakerfi (e. scale system) er kerfi sem raðar saman tónstigum.

Skref (e. step) í skala er tónbil milli samliggjandi tóna í tónstiga. Þau geta verið misstór eftir því hversu mörg tónbil skipta skalanum upp. Ef tvö tónbil sníða skalann verður hér talað um langt (e. large, táknað **L**) eða stutt (e. small, táknað **s**) skref, frekar en stórt og lítið.

Stökk (e. skip) í skala er tónbil í tónstiga sem spannar fleiri skref en eitt.

n-kordi (e. n-chord) og **n-tónískur skali** (e. n-tonic) er n-tóna skali, þ.s. n er grískt forskeyti eins og t.d. tetrakordi, pentakordi, hexakordi.

Genus (e. genus) er forn-grísk tónstigagerð Aristó Xenusar, sem hefur 3 leiðir til að mynda skala úr tetrakorda sem spannar 4und (bilið milli tónanna hypate and mese). Það er gert með því að færa þær 2 nótur á milli sem kallast parhypate and lichanos. Flokkar þeirra kallast

- díatónískur genus** þegar stærsta tónbilið er S2und,
- krómatískur genus** þegar efsta tónbilið er L3und og
- enharmónískur genus** þegar stærsta tónbilið er S3und svo hin tónbilin verða að innihalda tón smærri en L2und.

Fjölbreytni á milli dreifingar skalanna er síðan kölluð **skuggar** (e. shades) þeirra.

Gamminn (e. gamut) var tónstigakerfi miðalda sem fólst í 7 færanlegum hexakordum. Dýpsta nóta þess er táknuð með gamma markar upphaf 1. hexakord.

2. hexakord er á 1. fa,
3. hexakord á 2. fa,
4. hexakord á 2. sol,

5. hexakord á 3. sol,
6. hexakord á 5. fa og
7. hexakord á 5. sol.

Á eftir nótnaheitinu gamma er nótnanafnakerfi miðalda samansett úr hástafarunu A-G, svo lágstafarunu og í lokin runu tvöfaldrá lágstafa (aa, bb, o.s.frv.).

Nótnanöfnin H og B eiga rætur sínar að rekja í gammann því „hart” B (H) var S3und í hexakorda sem byrjaði frá sol en „laust” B var H4und í þeim sem byrjaði á sama tónsviði út frá fa.

Tóntegund (e. musical key) er hugmyndin um yfirgnæfandi skala í tónverki, þ.e. **tónþungamiðju** (e. tonal gravity eða tonal center).

Fjöltóntegund eða fjöltónalítet (e. polytonality) er þegar fleiri en ein tóntegund hljóma samtímis.

Díatónískur skali eða heptatónískur skali (e. diatonic scale, heptatonic scale) er heptakordi (7-tóna-skali) í vestrænni tónfræði sem endurtekur sig í hverri áttund, þ.e. hann notar nótnabókstafina nákvæmlega einu sinni og tónlist sem notar slíkt kerfi er kölluð **díatónísk** (e. diatonic). Sæti hans eru kölluð:

1. **grunntónn** (e. tonic),
2. **yfirgrunntónn** (e. supertonic),
3. **millitónn** (e. mediant),
4. **undirfortónn** (e. subdominant),
5. **fortónn** (e. dominant),
6. **undirmillitónn** (e. submediant) og
7. **undirgrunntónn** (e. subtonic) sem er löngu skrefi frá grunntóni eða **leiðsögutónn** (e. leading-tone) sem er stuttu skrefi frá grunntóni.

Krómatískur skali (e. chromatic scale) er 12-tóna skali myndaður úr hálfstónsskrefum.

Krómatík (e. chromaticism) er hugtak sem er líka notað þegar díatónískur skali inniheldur nótnabókstaf sem táknar fleiri en einn tón.

n-und (e. -nd), díatónískt nafnakerfi fyrir tónbil, þ.s. n er jákvæð heiltala frá 1. Einund (e. unison), tvíund (e. second), o.s.frv. Tónbilin geta haft **einkenni** (e. quality), þ.e. verið **hrein** (e. perfect), **lítil** (e. flat), **stór** (e. sharp), **minnkuð** (e. diminished) eða **stækkuð** (e. augmented). Dæmi um þetta væri H1und, L3und, S2und, Mk5und eða Sk4und.

Hækkun (e. raising) eða **lækkun** (e. lowering) tóna færir þá um skilgreind skref, þ.e. einfalt, tvöfalt, o.s.frv.. Dæmi um það væri að hækkun L3ndar gerir hana að S3und, sé hún lækkuð verður hún að Mk3und.

Formerki (e. accidental) nótna er tákn sem hækkar tón þeirra eða lækkar. Þau skiptast í **afturköllunarmerki** (e. natural accidental), **hækkunarmerki** (e. sharp) og **lækkunarmerki** (e. flat) eftir því hvort merkið hækkar/lækkar tón eða hvort afturkalla eigi breytingu hans.

Formerkjakerfi (e. accidental system) er kerfi formerkjatákna.

Heiltónn (e. whole tone) er S2und í klassískri vestrænni tónfræði, eða langt skref.

Hálftónn (e. half tone) er hálfur heiltónn, þ.e. L2und, eða stutt skref.

n-parts tónn (e. n-th tone) er tónbil sem fæst við skiptingu heiltóns, þ.s. n er jákvæð heiltala.

Kvarttónn eða fjórðapartstónn (e. quarter tone) er helmingur hálftons.

Hexatónn eða sjöttapartstónn (e. sixth tone) er þriðjungur hálftons.

Dítónn (e. ditone) er tvöfaldur heiltónn, þ.e. S3und, eða LL.

Trítónn eða tónskratti (e. tritone) er þrefaldur heiltónn og helmingur áttundar, þ.e. Sk4und, eða LLL.

Dúr (e. major) skali er díatónískur skali sem samanstendur af skrefum heil- og hálftons á eftirfarandi hátt: LLSLLLS.

Kirkjutónstigi (e. major modes) eru tónstigahættir dúr skalans. Þeir eru kallaðir:

- jónískur** (e. Ionian), táknaður LLSLLLS,
- dórískur** (e. dorian), táknaður LSLLLSL,
- frýgískur** (e. phrygian), táknaður SLLLSLL,
- lýdískur** (e. lydian), táknaður LLSLLLS,
- mixólýdískur** (e. mixolydian), táknaður LLSLLSL,
- eólískur** (e. aeolian), táknaður LSLLSLL og
- lókrískur** (e. locrian), táknaður SLLSLLL.

Moll (e. minor) skali er eólíski skalinn en í tóntegundanotkun er 6. og 7. tónn hans hækkaður til að rétta af leiðsögutón og koma í leið í veg fyrir skrefagang sem spannar L3und.

Tónalítet eða tónalikerfi (e. tonality), tónverk er **tónalt** (e. tonal) ef tónhæðum og/eða hljómunum í því er raðað í skynjanlegan innbyrðis skyldleika, stöðugleika, tónþungamiðju eða stefnu.

Raðtækni, röðunartækni eða seríalismi (e. serialism) er tónsmíðaaðferð sem raðar þáttum tónlistar, eins og tónum, lengdargildum og dýnamík saman, yfirleitt í þeim tilgangi að ná fram slembni í tónlist eða losna undan tónalítets.

Tólftónaháttur eða tólftónakerfið (twelve-tone technique eða dodecaphony) er tónröðunartækni í tólftóna jafnstillingu. Tilgangur hennar var að jafna úr notkun hinna tólf tóna kerfisins og losna þannig undan hugmyndinni um tónþungamiðju.

Atónalítet eða tónfirð (e. atonality) er hugsað sem andstæða tónalítets, dæmi um það gæti verið raðtækni.

Tóntegundakerfið, dúr-moll/hljómræna tónalikerfið (e. major-minor system eða harmonic tonality) er tónalikerfi sem byggir á hugmyndinni um tóntegundir.

Tóntegundaskipti (e. key change) er breyting á tóntegund.

Tóntegundaflutningur eða módúlering (e. modulation) er ferli í tóntegundakerfinu úr einni tóntegund í aðra.

Fimmundahringurinn (e. circle of fifths) raðar tólf nótnabókstöfum í klukkulaga form, þar sem hver nóta klukkunnar er fimmund fyrir ofan þá nótu sem á undan henni kom á klukkunni.

Krómatíski hringurinn (e. chromatic circle) raðar tólf nótnabókstöfum (eða tölustöfum) í klukkulaga form í skrefum.

Fastur eða **færanlegur** skali (e. fixed or movable scale) eru hugtök notuð til að tilgreina hvort skali sé með ákveðinn tón fastann við viðmiðun. C-dúr og D-moll eru fastir skalar en almennur dúr eða moll eru færanlegir skalar.

Tónasafn eða tónamengi (e. pitch class, pitch class set eða pc) er hugtak úr **mengjafræði tónlistar** (e. musical set theory), þar sem tónum eru gefnar tölur eftir því hvar þær eru í krómatískri röð sinni frá viðmiðunartóni í tónakerfi, yfirleitt tólftónakerfinu. Þau eru hentug til einföldunar á eiginleikum (þar sem áttund er yfirleitt sleppt og jafnvel mismun á viðsnúningi um áttund), mynstrum og samböndum tóna með aðferðum úr stærðfræði, t.d. mengja- og talningafræði.

Forte-greining (e. Forte analysis) er kennd við Allen Forte og snýst um að greina tónlist út frá **frum-** eða **prímformi** (e. prime form), þ.e. tónfluttu **normalformi** (þéttasta formi tónasafns) á fyrsta tón tónasafns og fá svokallaða Forte-tölu (e. Forte-number) til aðgreiningar.

Díatónísk mengjafræði (e. diatonic set theory) greinir eiginleika, mynstur og sambönd skala.

1.4.2 Tímaás

Ásláttur (e. beat) hljóðfæris er fræmkvæmd hljóðs á því.

Áhersla (e. accent) ásláttar er styrkleiki hans, þ.e. veikur (e. weak) eða sterkur (e. strong).

Slag, sláttur eða púls (e. beat eða pulse) er stöðugur ásláttur.

Takttegund (e. meter) er endurtekning jafndreifðra slaga.

Taktur (e. measure eða bar) er lota takttegundar, yfirleitt merktur með **taktstriki** (e. bar line), þ.e. láréttu striki yfir nótnastreng sem aðskilur nótur.

Hrynur (e. rhythm) er raðað mynstur áslátta af mismiklum styrk.

n-parts nóta (e. n-th note) er nóta af lengdargildi sem spannar hlut á skiptingu takts í n jafna hluta, yfirleitt veldi af tveimur, þ.e. fjórða-parts nóta, 16-parts nóta. 1-parts nóta er kölluð **heilmóta** (e. wholenote) og 2-parts nóta **hálfmóta**.

n-óla (e. n-tuplet) er skipting slags eða slaga í n jafna hluta, t.d. tríóla/þríóla/3-óla (e. triplet/3-tuplet).

Taktboði eða taktvísir (e. time signature) er forskrift í nótnaritun sem segir til um takttegund, á forminu n/m, þ.e. að taktur skuli spanna lengdargildi m n-parts nótna. Dæmi um það væri 3/4, sem þýðir að tilfinning sé fyrir þremur fjórðaparts-nótum í takti, yfirleitt með áherslu á þá fyrstu.

Einföld (e. simple) takttegund gefur tilfinningu fyrir því að taktur sé tvískiptur.

Samsett (e. compound meter) takttegund gefur tilfinningu um að taktur sé þrískiptur.

Oddatölu eða ósamloka (e. odd) takttegund hefur oddatölu teljara.

Óræð (e. irrational) takttegund er þegar nefnari takttegundar er ekki veldi af tveimur, 12-parts nóta er þá slag úr þríólu.

Fjölhrynur (e. polyrhythm) er þegar fleiri en ein óla hljóma samtímis.

Fjöltaktur (e. polymetric) er þegar fleiri en ein skynjuð takttegund hljóma samtímis.

Hraði (e. tempo) tónverks segir til um hversu mörg taktslög skuli spila á tímaeiningu, dæmi um mælikvarða á honum er slög á mínútu (e. beats per minute, **BPM**).

Fjölhraði (e. polytempo) er þegar fleiri en einn hraði hljóma samtímis.

1.4.3 Tónheyrn

Tónheyrn (e. ear/aural training/skills) er fræðigreinin eða eiginleiki tengdur því að æfast í tónfræðilegri heyrn.

Nótnaatkvæðakerfi (e. solmization) er leið til að gefa nótum í skala orð/atkvæði.

Solfakerfið (e. solfège) er nótnaatkvæðakerfi sem er m.a. notað í Evrópu og Ameríku. Þar eru nóturnar í ýmist föstum eða færanlegum heptatónískum skala (jafnan dúr) kallaðar do, re, mí, fa, sol, la og tí og sprettur út frá hexakordum gammans.

Sargam (e. sargam) er nótnaatkvæðakerfi sem er m.a. notað í indverskri klassískri tónlist. Þar eru nóturnar í færanlegum heptatónískum skala kallaðar sa, re, ga, ma, pa, da og ní.

Algild heyrn (e. absolute pitch) er eiginleiki einstaklings til að þekkja áreiðanlega tón án viðmiðunar.

Afstæð heyrn (e. relative pitch) er eiginleiki einstaklings til að skynja tóna út frá viðmiðunartóni.

Tónal minni (e. tonal memory eða aural recall) er eiginleiki einstaklings til að muna áður heyrðan tón. Tónal minni sker sig frá afstæðri heyrn þ.s. afstæð heyrn varðveitist en tónal minni gleymist.

Shruti (e. shruti) er hugtak í indverskri klassískri tónlist og stendur fyrir merkjanlegan mun tónbils.

1.4.4 Hljóðfærafræði

Hljóðfæri (e. musical instrument) er hlutur sem framleiðir hljóð.

Hljóðfæraleikari (e. instrumentalist, player) er einstaklingur sem spilar á hljóðfæri.

Hljómsveit (e. band) er hópur hljóðfæraleikara sem spilar saman.

Hljóðfærafræði (e. organology) er fræðigrein hljóðfæra og flokkunar þeirra.

Hljóðfærafjölskyldur (e. instrument families) eru flokkar hljóðfæra eftir skyldleika. Hér er notast við flokkun hljóðfæra eftir stöðu þeirra í **sinfónískri hljómsveit** (e. symphonic orchestra), þ.e. **tréblásturs-** (e. woodwind), **málmblásturs-** (e. brass), **strengja-** (e. strings) hljóðfæri, **hljómborð** (e. keyboards) og **slagverk** (e. percussion).

Hornbostel–Sachs kerfið, er algengt hljóðfæraflokkunarkerfi sem skiptir hljóðfærum í flokka sem kallast:

1. **Eiginfónar** (e. idiophones), sem framleiða hljóð með því að titra sjálf. Dæmi um það er sílófónn.

2. **Flatarfónar** (e. membranophones), sem framleiða hljóð með titrandi fleti. Dæmi um það eru trommur og kazoo.

3. **Hljómfónar** (e. chordophones), sem framleiða hljóð með titrandi strengjum. Dæmi um það eru píanó og strengjahljóðfæri.

4. **Löftfónar** (e. aerophones), framleiða hljóð með titrandi lofti í holi. Dæmi um það eru pípuorgel, mál- og tréblásturshljóðfæri.

5. **Raffónar** (e. electrophones), framleiða hljóð með rafmagni og krefjast þess að vera mögnuð upp. Dæmi um það eru þeramín, hljóðgervlar og rafbassar.

Akústískt (e. acoustic) hljóðfæri er órafmagnað hljóðfæri.

Strekkur strengur hljómfóns (sem festur er í báða enda) eða **pípa** (**opin** eða **lokuð** í annan enda) loftfóns lýsa staðbylgjum vel. Strengur titrar út frá massa sínum og lengd og samliðun veldur því að á strengnum myndast bugpunktar jafndreift á heiltöluskiptum bilum hans. Pípan inniheldur sömuleiðis bugpunkta við opna enda og yfirtóna þar á milli, yfirtónar eru því í samræmi við lengd pípunnar (hálftrar ef hún er lokuð auk þess sem slík pípa myndar einungis staðbylgjur oddatöluyfirtóna).

Mónókordi (e. monochord) er strengjahljóðfæri sem samanstendur af einum strekkum streng.

2. Stillingafræði

2.1 Stilling

Stilling (e. tuning) er hugtak sem lýsir annars vegar aðferð (e. practice), þ.e. þegar tónhæð hljóðfæris er breytt og hins vegar kerfi (e. system), þ.e. aðferðafræði þ.s. tónhæðum hefur verið raðað saman til að flytja tónlist innan.

Stillingafræði (e. tuning theory) er fræðigrein sem snýr að stillingum og þá fyrst og fremst stillikerfum.

Ítónun (e. intonation) er það þegar hljóðfæraleikari stillir hljóðfæri sitt við viðmiðunartónhæð, yfirleitt í flutningi.

Tíðnihlutfall (e. frequency ratio) er hlutfall á milli tveggja tíðna. Dæmi um það væri 100Hz/200Hz.

Sent eða hundraðshluti/eyrir/aur (e. cent), táknað c , er mælieining tónbils. Það er sniðið að hálfþóni í $12\text{ed}2$, þ.e. $1/1200$ úr áttund eða $1/100$ úr hálfþóni. Kosturinn við sent framyfir tónbil sem reiknað er út frá tíðnum er sá að tíðniskynjun er lógaritmísk. Bilin $|200\text{Hz} - 100\text{Hz}| = 100\text{Hz}$ og $|400\text{Hz} - 200\text{Hz}| = 200\text{Hz}$ spanna bæði áttund en önnur útkoman er tvöfalt hærri en hin, með sentum yrði útkoman þó í öllum tilfellum sú sama, þ.e. 1200c .

Jafna 1. Sent

$c = 1200 * \log_2(x)$, þ.s. x er tíðnihlutfall og c er fjöldi senta.

Milliáttund (e. millioctave), táknað **mO**, er mælieining tónbila útfrá tíundakerfinu, þ.e. $mO = 1/1000$ hluti úr áttund, í stað tólftóna kerfisins. $mO = 1.2\text{c}$.

Míkrótónn eða örtónn (e. microtone) er tónn sem liggur utan tólftónakerfisins. Í samhengi við viðmiðunartón er hann því almennt álitinn vera í $k\text{c}$ fjarlægð frá honum, þ.s. k er rauntala á bilinu $]0,100[$, en getur þó einnig átt við alla tóna sem eru í $100*j + k\text{c}$ fjarlægð frá honum, þ.s. j er jákvæð heiltala ≥ 1 , þó hugtakið **makrótónn** (e. macrotone) sé stundum notað fyrir tóna í þeirri fjarlægð.

Míkrótónal (e. microtonal) er hugtak fyrir tónlist sem notar míkrótóna.

Senharmónísk (e. xenharmonic) er hugtak e. Ivor Darreg til aðgreiningar míkrótóna sem er notað til að lýsa tónlist sem hljómar ekki eins og hún sé í $12\text{ed}2$ (xenos þýðir erlendur/ókunnugur á grísku). Hugtakið **ekóharmónískt** (e. oikoharmonic) gæti verið notað yfir tónlist sem er eða hljómar eins og hún sé í $12\text{ed}2$ (oikos er andstæða xenos í grísku og þýðir heimili/kunnuglegt).

Undirkrómatík (e. infrachromatic) og **yfirkrómatík** (e. ultrachromatic) eru hugtök e. Ivan Wyschnegradsky sem hann notaði í stað míkró- og makrótóna.

Fjölímíkrótóntegund, fjölímíkrótónalítet eða fjöltemprun (e. polymicrotonality eða polytemperament) er **fjölkerfa** (e. polysystemic) tónlist, þ.e. fleiri en eitt stillikerfi er í notkun í einu í tónverki.

Samhljómur himinhvolfsins (e. musica universalis) er stjörnuspekilegt (e. astrological) hugtak sem heillaði m.a. Pýþagóras og hans fylgimenn sem lítur á hreyfingu stjarnanna sem óheyranleg tónlist og að allir hlutir séu í einhverskonar sambandi hver við annan.

2.2 Réttstilling

Hreint hlutfall eða hreint brot (e. interval/just/pure ratio) er mælieining tónbils á formi tíðnihlutfalls. Það er sniðið að yfirtónaröðinni þar sem teljarinn og nefnarinn eru raðtölur yfirtóna. $2/1$ er því tónbilið á milli 1. og 2. yfirtóns. Hlutföllin eru yfirleitt fullstýtt á það form þar sem teljarinn og nefnarinn er margfaldaðir með veldum af tveimur þ.a. teljarinn verði stærri en nefnarinn og tónbilið falli innan áttundar, hlutfallið er þá kallað **aðalbrot** (e. primary ratio). $3/1$ er því fullstýtt sem $3/2$, þ.e. fimmund í stað tólfundar, sem og t.d. hlutföllin $6/1$, $6/4$ og $12/4$.

Réttstilling, náttúruleg stilling, hrein stilling, rétt ítónun, ræð ítónun/stilling (e. just intonation eða **J1**) er stilling tónbila í hreinum hlutföllum.

[Heiltölu-] **mörk** (e. integer limit) í réttstillingu er hærri tala hlutfalls hennar, sem er alltaf teljarinn. Mörk hlutfallsins $12/7$ er því 12. Því lægri sem mörkin eru því hreinni eru hlutfallin sögð vera þ.s. flökkið er minna.

n-mörk (e. n-limit) í réttstillingu er réttstíllt kerfi þ.s. frumþáttunarliðir tölu eru allir $\leq n$. 5-mörk er yfirleitt það sem átt er við þegar talað er um réttstillingu, þ.e. aðeins tónbil eru einungis samansett úr hlutföllum úr prímtölunum 2, 3 eða 5. **Útvíkuð réttstilling** (e. extended J1) er þá notað til aðgreiningar þ.s. n er hærri tala.

Frumtöllumörk eða prímtöllumörk (e. prime-limit) eða p-mörk í réttstillingu eru n-mörk, þ.s. p er prímtala.

Tónarúm (e. tonespace) er hugtak sem lýsir tónbilum frá rúmfræðilegu sjónarhorni, tónbil eru því í rýmislegri fjarlægð hvort frá öðru í víddum.

Yfirtóntegund, teljaratóntegund, yfirtóna-tóntegund/tónalítet eða otónalítet (e. otonality) er safn tóna úr yfirtónaröð tóns. Nefnarinn er því fastur í rétthlutföllum á meðan teljarinn er mismunandi, dæmi um það væri $1/1$, $1/2$, $1/3$. Hljóm í rétthlutfalli má lýsa á forminu $n_1:n_2:n_3\dots$, því væri hljómur milli $4/4$, $5/4$ og $6/4$ táknaður 4:5:6, þ.e. hreinn dúrhljómur.

Undirtóntegund, nefnaratóntegund, undirtóna-tóntegund/tónalítet (e. utonality) er andstæða yfirtóntegundar, þ.e. það miðast við undirtónaröð tónsins. Teljarinn er því fastur meðan nefnarinn er breytilegur, þ.e. $1/1$, $2/1$, $3/1$. Hljómar geta átt andhverfur milli undir- og yfirtóntegundar þ.s. 4:5:6 speglaður er 10:12:15 (mollhljómur), sem má einnig rita sem $1/6:1/5:1/4$.

Tóntegundatígull (e. tonality diamond) er tvívíð framsetning (til dæmis á sjálffóni) kennd við mónófóníska nálgun Harry Partch á réttstillingu, þ.s. hreinum tónbilum er raðað upp í tígullaga form þar önnur stefnan táknar yfirtóntegund og hin undirtóntegund.

Komma (e. comma) í stillingafraeðum er yfirleitt smátt tónbil sem myndast vegna skekkju milli prímtöluræðra hlutfalla.

Pýþagórísk komma (e. pythagorean comma) er komma sem myndast við skekkju $3/2$ og $2/1$, þ.e. 12 fimmundir / 7 áttundir = $(3/2)^{12} / (2/1)^7 = 3^{12} / 2^{19} = 531441 / 524288 = 1.01364326 = \text{ca. } 23.46\%$.

Syntónísk komma (e. syntonic comma) er komma með hlutfallið $81/80$, hún er mismunurinn á tvíundunum $10/9$ og $9/8$ og myndast t.d. með 4 fimmundum / 2 áttundum og 1 þríund = $(3/2)^4 / ((2/1)^2 * 5/4) = 81 / 80 = 1.0125 = \text{ca. } 21.51\%$.

Pýþagórísk stilling (e. pythagorean tuning) er 3-marka réttstilling, þ.e. allar nótur fást með því að setja saman hreinar áttundir og 5undir. Vegna pýþagórískrar kommu þarf ein fimmund í tólf tóna pýþagórískri stillingu að skekkjast og er sú fimmund kölluð **úlfafimmund** (e. wolf interval).

Drif eða kommudrif/kommupumpa/kommudæla (e. drift eða comma drift/pump) er módúlering um kommu, t.d. í gegn um endurtekningu á röð hljóma þar sem tónar þeirra liggja á milli en rétt hlutföllum er haldið.

2.3 Tempranir

Temprun (e. temperament) í stillifræði er málamiðlun á stillikerfi hreinna tónbila og er hún fengin með því að stækka eða minnka tónbilin til að uppfylla aðrar kröfur.

Spannað safn (e. generated collection) er hugtak í díatónískri mengjafræði þar sem einstöku tónbili er staflað til að mynda safn tónbila.

Spannaðartónbil eða spönnuður (e. generator) er tónbil sem er notað til að mynda önnur tónbil með því að hlaða því upp á mismunandi vegu.

Lotutónbil eða lota (e. period interval) er tónbil sem spannaðartónbili er **mátað** (e. modulus) við, þ.e. spönnuðurinn heldur áfram frá byrjunarpunkti þegar hann hefur náð lengd lotunnar.

Pergeni (e. pergen) er samsett form spannaðar- og lotutónbila á forminu t.d. $(P8, P5/2)$.

Regluleg temprun (e. regular temperament) er kerfisbundin temprun á kommu, þ.s. tilgangurinn er sá að fá hið óendanlega net og víddir prímtölu-marka í réttstillingu yfir í færri víddir, m.a. til einföldunar og til að fá **drifblekkingu** (e. puns) í lag- og hljómrænni framvindu, þ.e. ef komma hefur verið tempruð út þá verður ekki til drif um þá kommu. Þetta er gert með því að gera ráð fyrir því hversu mörg skref spannaða í kerfinu nálga k -ta yfirtón.

Jafna 1. Reglulegar tempranir

$n - k = m$, þ.s. n er fjöldi vídda í réttstillta rúminu, k er fjöldi komma sem er tempruð út og m er fjöldi vídda í tempraða kerfinu, svo fyrir sérhverja kommu eða samsetningar komma er aðeins ein temprun til.

n. stigs/sætis/stéttar tempranir (e. rank-n temperaments) er regluleg temprun af vídd n, þ.e. yfirtónar eru nálgaðir með n spönnuðum.

Vörpunarvigur, vala eða temprunarvigur (e. val) er vigur á forminu $\langle a_1 a_2 a_3 \dots a_k \rangle$, þ.s. a_i eru fjöldi skrefa spannaðar sem nálga fyrstu k prímtöluyfirtónana, þ.e. k-mörk. Vala lýsir því hvernig kommur eru tempraðar og þar með skilgreinir hann regluleg temprunarkerfi af hvaða stigi sem er, svo lengi sem völnar séu jafnmargar. $\langle 12 19 28 \rangle$ er 5-marka vala 1. stigs temprunar þar sem 12 skref spannaðar nálga $2/1$ (8und), 19 skref nálga $3/1$ (12und) og 28 skref nálga $5/1$ (S17und).

Monzo-vigur, monsa eða tónbilsvigur (e. monzo), kenndur við Joe Monzo, er vigurform hlutfalls í réttstillingu á forminu $\langle a b c d e f \dots \rangle$, þ.s. a, b, c, d, ... eru veldi frumþátta hlutfallsins, þ.e. hversu oft þarf að margfalda 2, 3, 5, 7, ... saman til að mynda tónbilið og er hann því einskonar hnitavigur í rúmi. Dæmi um þetta er monsa hlutfallsins $15/8$: $|-3 1 1 \rangle$, því $15 / 8 = 3 * 5 / 2^3 = 2^{-3} * 3^1 * 5^1$. Þýðagórísk komma væri að sama skapi táknuð með $|-19, 12 \rangle$.

Ökklabandsform (e. angle-bracket) er samansett form völu og monsu á forminu $\langle V|M \rangle$, svipar því ritun þeirra til bra-ket forms Dirac úr skammtafræði, þ.e. $\langle \text{bra} | \text{ket} \rangle$. Vala er hjávigur (e. covector) monsu og því er hægt að reikna út innfeldi þeirra til að sjá fá lengd tónbilsins/kommunnar í centum, ef það er 0 hefur komman verið tempruð út.

Fjölvala eða fleygur (e. wedgie, multival eða multibreed, táknað W) er stytt form safns vörpunarvigna, fengið með útfeldi (e. wedge product) þeirra, notað til að lýsa huglægum reglulegum temprunum á forminu $\langle a, b, c, d \dots |$ fyrir einvíða útkomu, $\langle\langle a, b, c, d, \dots ||$ fyrir tvívíða, o.s.frv.

Fjölmonsa eða Monzo-vigrafeldi (e. multimonzo) er í beinum tengslum við fjölvölu, þ.e. útfeldi safns monsuvigna og lýsir því temprun út frá stytta formi safns hnitavigna hennar. Fjölmonsa er táknuð á svipuðu formi og fjölvalan, þ.e. $\langle a, b, c, d, \dots \rangle$ fyrir einvíða, $\langle\langle a, b, c, d, \dots \rangle\rangle$ fyrir tvívíða, o.s.frv.

Fokker blokk (e. Fokker-block) er hugtak kennt við Adriaan Fokker sem lýsir skrefum milli temprunarkerfa og réttstillingar, þ.s. svokölluð blokk er mynduð úr þeim vigurum sem þarf til að nálgast kommu. Slík blokk er af stærð (sem fæst með ákveðu fylkis hennar) sem heldur utan um fast magn tóna og myndar því skala innan síns rúms.

Hljómræn fjarlægð Tenney (e. Tenney harmonic distance, eða **Tenney HD**) er mælikvarði kenndur við James Tenney (og má rekja til Giovanni Benedetti o.fl.) á hljómrænni flækju tónbils, reiknað sem logri margfeldis teljarans og nefnarans, þ.s. ef tónbil hefur hlutfallið a/b , þá er HD þess $\log(a*b)$.

Bestun (e. optimization) temprunar er aðferð til að lágmarka mun á réttstillingu og temprun með því að finna bestu nálgun á stillingu spannaðanna. Meðal algengustu bestunaraðferðanna eru **POTE** (e. Pure-Octave Tenney-Euclidean) og **TOP** (Tenney OPTimal).

1. stigs tempranir

Jafnskipting (e. equal division, **ed**) er 1. stigs temprun sem er yfirleitt litið á sem skiptingu tónbils í samanlagt safn tónbils, þ.e. spönnuðar. **nedm** (e. **n** equal divisions of **m**) er almennt form fyrir jafnskiptingu þ.s. **n** er rauntala f. fjölda skiptinga og **m** er rauntala sem táknar tónbil út frá yfirtónaröðinni. **12ed2** er því tólftóna jafnskipting áttundarinnar (tónbilsins $2/1$), oft táknað á ensku sem **12edo** (þ.s. **o** stendur fyrir octave) eða einfaldlega **12ed**. **Kvarttónakerfið** (e. quarter-tone system) væri sömuleiðis **24edo** o.s.frv. **12n-edo** myndi að sama skapi standa fyrir öll edo kerfi sem eru jafnskiptingar áttundarinnar af heiltölumargfeldi **12** og þar sem í raun jafnskipting hálfþóns hennar, þ.e. **12edo**, **24edo**, **36edo**, **24edo**, **36edo**, o.s.frv.

n-cet stendur fyrir „**n**-cent equal temperament” og er leið til að líta á jafnskiptingu út frá afleiðingu skiptingarinnar, þ.e. tónbilinu sem hvert skref eftir skiptinguna spannar. Wendy Carlos bjó til **n**-cet skala sem endurtaka sig ekki á áttundinni þegar þeim er staflað. Dæmi um þá eru alfa (78 cet), beta (63,8 cet) og gamma (35,1 cet).

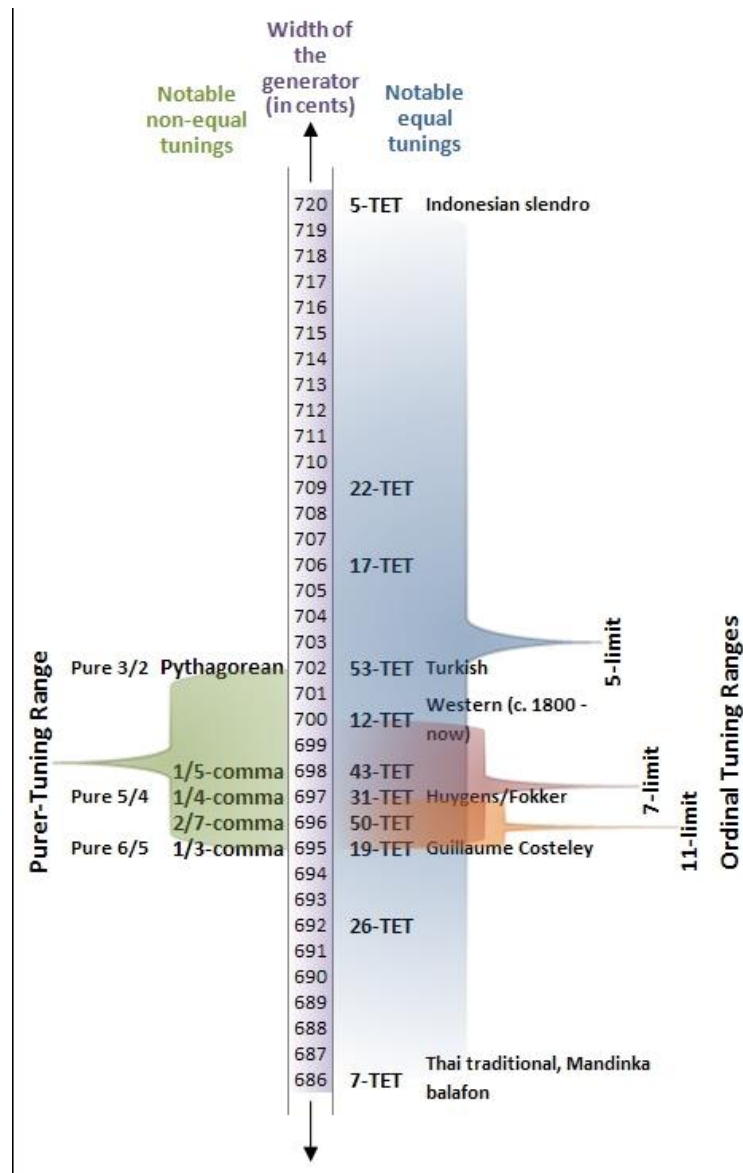
Jafntemprun eða jafnstilling (e. equal temperament, **et**) er jafnskipting í þeim tilgangi að tempru kommur. Tónbilinu $2/1$ (áttundinni) er skipt í jafn marga hluta til að nálgast hreina tóna. **n**-et stendur fyrir „**n**-tone equal temperament”, þ.e. **n**-tóna temprun.

2. stigs tempranir

Línuleg temprun (e. linear temperament) er 2. stigs temprun, þ.e. regluleg temprun tveggja spönnuða, þ.s. annar spönnuðurinn er yfirleitt áttund.

Meðaltónstemprun eða meðaltónsstilling (e. mean-tone temperament) er 2. stigs temprun sem temprar út syntóníska kommu, þ.e. temprunin $9/8 = 10/8$ á sér stað. Spönnuðurinn er 5und og lotan er 8und og er 5undin þrengd t.d. um fjórðung syntónísku kómmunnar til að tempru hana, er það þá kölluð fjórðungs-meðaltónstemprun (e. quarter-comma meantone).

Stundarsamhverfa, augnablikssamhverfa eða velformað safn (e. Moment of Symmetry eða well formed collection, þ.e. **MOS**) er aðferðafræði kennd við Erv Wilson (1975) til að smíða skala með því að hlaða upp spannaðartónbili af mismunandi stærð, mátuðu við lotutónbil sem er yfirleitt áttund, og stoppa þegar hann hefur **Myhill** einkennið, þ.e. **hámarks dreifingu** (e. distributionally even, **DE**) sem eru nákvæmlega tvær stærðir skrefa, annað þeirra er þá sagt langt (**L**) og hitt stutt (**s**). Dæmi um **MOS**, þegar spannaðartónbilið er fimmund og lotutónbilið er áttund, er þegar 5 fimmundum er staflað upp og úr fæst skali af tegundinni **2L3s**, þ.e. pentatóníska skalinn. Ef 7 fimmundum er staflað upp fæst **5L2s**, þ.e. dúrskalinn og ef 12 fimmundum er staflað fæst krómatíska skalinn, **1L11s**. Hin hreina fimmund getur verið 700¢ til að fá í dúrskala-tilfellinu $L = 400¢$ og $s = 200¢$. Ef hún væri víkkuð/þrengd myndu skrefin endá á því að nálgast hvert annað þar til $L = s$, þ.e. 5edo ef $H5und = 720¢$ og 7edo ef $H5und = 685,714¢$.



Mynd 1. MOS skalar sem myndast við mismunandi stærðir á fimmundarspönnuði.

Breytt stundarsamhverfa (e. modified MOS, chromatically altered MOS, **MODMOS**) er MOS skali sem hefur verið breytt „krómatískt“ þ.e. hann hættir að vera MOS vegna fjölda mismunandi tónbila. Dæmi um slíka skala eru t.d. hljóm- og laghæfur moll.

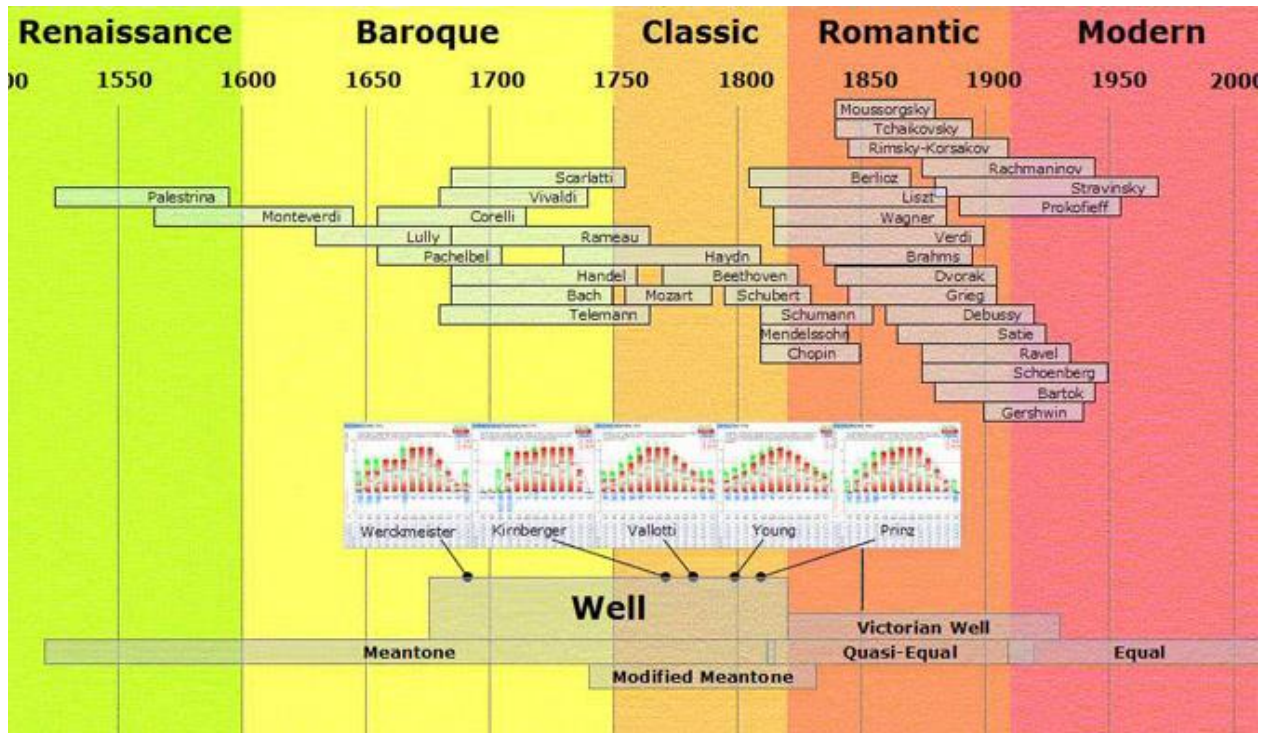
3. stigs tempranir

Flatartemprun (e. planar temperament) er 3. stigs reguleg temprun, þ.e. temprun þriggja spönnuða, þar sem einn þeirra er yfirleitt áttund.

Óregluleg temprun

Veltemprun eða hringtemprun (e. well temperament, circulating temperament) er ójöfn temprun sem reynir að vera hliðholl sem flestum tóntegundum. Bach samdi Veltempraða

klavíerinn (e. The Well-tempered Clavier) til að sýna fram á að hægt væri að spila í öllum dúr og moll tóntegundum tólftónakerfisins.



Mynd 2. Veltempranir og þróun stillinga yfir í jafnstillinguna.

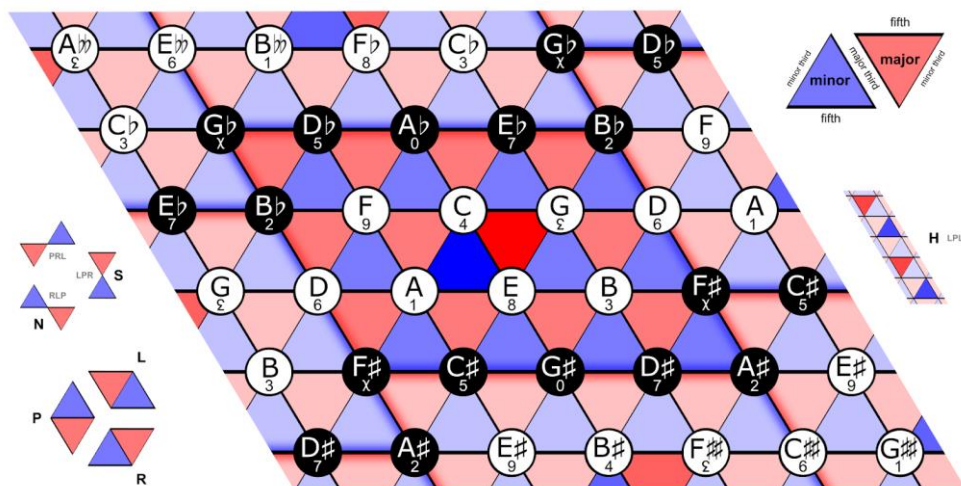
2.4 Viðmót stillinga

MIDI (e. Musical Interface for Digital Instruments) eru samskiptareglur fyrir rafmagnshljóðfæri, staðlað árið 1978.

Tónabjöggun (e. pitch bend) er tímabundið gliss tóns frá upphafsstöðu um takmarkað magn.

Píanórúlla (e. piano roll) er viðmót þar sem tíðnum er stillt lóðrétt á láréttan tímaás, yfirleitt í hljóðvinnsluforritum og með litað skema hvítra og svartra nótna og takka píanós til samanburðar.

Grind (e. lattice) er hugtak fyrir myndræna framsetningu tóna í víddum. Tónanet eða tónagrind (e. **Tonnetz**) stærðfræðingsins Leonard Euler birtir t.d. tóna á tvívíðum fleti, þ.s. frá sérhverjum tóni er hægt að ferðast í 5undum, S3undum eða L3undum og henta því vel t.d. í Neo-Riemannískri hljómfræðigreiningu, slíkt viðmót er einnig kallað **hljómraen tafla** (e. harmonic table). Grind gæti einnig haldið utan veldi frumtalna í réttstillingu og virkað þannig sem einskonar hnitakerfi tónbila.



Mynd 3. Tónanet Eulers. Allir hljómar haldast eins hvar sem er á grindinni. Dúrhljómar eru alltaf uppréttur þríhyrningur.

Einsmóta eða ísómorfískt (e. isomorphic) viðmót hljóðfæris er þegar tónbil/hljómar/skalar halda sömu fjarlægð og þ.a.l. fingrasetningu frá hvaða grunntóni sem er. Slík viðmót geta því verið óbreytt (e. invariant) þegar kemur að tónflutningi og stillikerfum.

Almennt hljómborð (e. generalized keyboard) er einsmóta hljómborð. Hljómborðið er yfirleitt tvívíð framsetning á stillikerfis og því nær hugsunin yfir allar 1. og 2. stigs reglulegar tempranir sem og MOS-skala.

Frjáls stilling (e. free-pitch tuning eða variable tuning) er hugtak sem nær yfir það þegar hljóðfæri er **auðstillanlegt**, þ.e. hljóðfæraleikari getur aðlagð tónhæð sem hann spilar í miðjum flutningi með auðveldum hætti. Dæmi um hljóðfæri með lausa stillingu eru þau sem krefjast ítónunar, bandalaus strengjahljóðfæri eins og fiðla, söngroddin og sum **samfeld** (e. continuous) hljómborð, þ.e. hljómborð sem bjóða upp á pólýfóníska tónabjöggun. Kostirnir eru sveigjanleiki og aðgengilegri nálgun á yfirtónatónbilum en gallarnir eru m.a. þeir að heyrn og nákvæmni hljóðfæraleikarans ræður almennt ítónun og getur hún því verið ónákvæm eða hallast ósjálfrátt í átt að skynjuðum yfirtónum.

Föst stilling (e. fixed-pitch tuning) er hugtak sem nær yfir það þegar hljóðfæri er **torstillanlegt**, þ.e. tímafrekt eða erfitt er að beita stillingaradferð á því til að breyta stillingarkerfi þess. Dæmi um hljóðfæri með fasta stillingu eru annars vegar hljóðfæri sem hægt er að stilla innan marka (en er tímafrekt ef sóst er eftir nákvæmni) eins og píanó, gítar eða harpa og hins vegar hljóðfæri sem mynda tónhæð út frá lögun sinni, eins og ýmsir eigin- og flatarfónar. Föst stilling getur líka átt við þegar hljóðfæri með frjálsri stillingu er fest í stillikerfi eins og söngrodd með **sjálfstillingu** (e. **autotune**). Kosturinn er sá að föst stilling varðveitir stillingakerfi og tónbil innan þess.

Breytt stilling eða **scordatura** er það þegar stillingaradferð hljóðfæris (vanalega strengjahljóðfæris) hefur verið breytt (vanalega hliðrað), þ.e. tónflutningur hljóðfæris að hluta til eða öllu leyti. Dæmi um það væri selló, sem vanalega hefur strengina stillta í C-G-D-A myndi lækka þriðja og fjórða strenginn svo úr yrði stillingin C-G-C-G. Kosturinn er að þetta getur auðveldað tónlistarflutning tæknilega en nótnaritun eða lestur flækist fyrir vikið.

Skiptanleg stilling (e. interchangeable tuning) er þegar hægt er að flakka úr einni fastri skiptingu í aðra. Dæmi um það geta verið hljómborð sem breyta stillingu sinni þegar ýtt er á takka/pedal eða þegar hægt er að skipta um fingraborð gítars (e. interchangeable frets).

Aðlöguð réttstilling (e. adaptive II) er málamiðlun sem gerir hljómræna stillingu réttstilltari með því að skekkja þá lagrænu. Þetta er gert með því að tónabjaga kerfisbundið rót hljóma og aðlaga að sama skapi hljómana fyrir ofan réttstillt, séu tónunum fyrir ofan líka breytt er talað um **aðlagaða stillingu** (e. adaptive tuning). Tilgangurinn er sá að minnka áhrif kommu drifs um þær í réttstillingu. **Hermode** stilling er dæmi um aðferð sem beitir einfaldri aðlögun í réttstillingu en meiri stjórn fæst með AltTuner, e. Kyle Gann.

Dýnamísk stilling (e. dynamic tuning) er möguleikinn á því að skipta á milli fastra stillinga í miðjum flutningi, t.d. með hljómborðum eða vélrænum hætti.

Dýnamískur tónblær (e. dynamic timbre) er möguleikinn á því að breyta tónblæ (yfirtónum) hljóðfæris í miðjum flutningi.

Dýnamískur ómur (e. dynamic sonance) er breyting á stillingu eða tónblæ hljóðfæris til að auka eða minnka ómblíðu þess.

Dýnamískt tónalítet (e. dynamic tonality) er hugtak kennt við Andrew Milne, William Sethares, og Jim Plamondon sem gerir pólýfóníska tónabjögun, hljómfærslur milli stillikerfa og móðúleringu milli temprana ómblíð með notkun dýnamískrar stillingar og tónblæs og yfirleitt með hjálp einsmóta hljómborðs.

Halberstadt er línulegt viðmót sem prýðir röðun nótna á flestum píanóum, þ.e. 7 hvítar nótur og 5 svartar í hverri áttund, kennt við orgel sem Nicolas Faber smíðaði í Halberstadt í Þýskalandi um 1361.

Skiptur takki (e. split sharp) er viðbættur takki á hljómborði til að bæta við tíðnum á svipuðum stað, yfirleitt til að bæta við möguleikum á samskonar tónbilagerð.

Erkisemball (e. archicembalo) er semball sem Nicola Vicentino hannaði um árið 1555 til að stilla þríundir eftir meðaltónsstillingu og smíða þannig laglínur í anda enharmóníkur forn-gríska genusins. Erkisemball hefur tvær raðir Halberstadt viðmóts með skiptum tökkum fyrir aukalegar nótur, samtals 36 nótur í áttund, sem mynduðu jafnframt skala sem nálgar 31-tóna jafnstillingu.

Sýndarveruleikagleraugu (e. virtual reality glasses) er höfuðfat sem hylur sjón einstaklinga til að gefa skynjun á því að þeir séu staðsettir í tölvugerðu þrívíðu rými.

Frekara lesefni og heimildir viðauka A

Þýðingar hugtaka eru frá mér komnar af reynslu eða beinþýddar af mér ef mér tókst ekki að finna neina þýðingu í bókum, ritgerðum og við almenna leit á netinu.

Íslenskar bækur og þýðingar

Árni Heimir Ingólfsson. *Saga tónlistarinnar: Tónlist á vesturlöndum frá miðöldum til nútímans*. Reykjavík: Forlagið, 2016.

Stefán Edelstein. *Tónfræði: Ásamt verkefnum*. Fyrri hluti. Reykjavík: Tónfræðiútgáfan, 1997.

Stefán Edelstein. *Tónfræði: Ásamt verkefnum*. Seinni hluti. Reykjavík: Tónfræðiútgáfan, 1994.

Íslenskar ritgerðir og þýðingar

Björn Pálmi Pálmason. *Skynjun hljóðstyrks*. Reykjavík: Listaháskóli Íslands, 2014.

Jörgen L. Pind og Finnur Pind. *Ágrip af hljóðeðlisfræði*. Reykjavík: Háskóli Íslands, 2008.

Kristín Þóra Haraldsdóttir. *Rétt eins og það er?...: Um réttstillingu í sögulegu samhengi*. Reykjavík: Listaháskóli Íslands, 2009.

Matthías Arnalds Stefánsson. *Kvarttónar*. Reykjavík: Listaháskóli Íslands, 2009.

Þórunn Gréta Sigurðardóttir. *Jafnstillingin*. Reykjavík: Listaháskóli Íslands, 2011.

Enskar heimildir

Erlich, Paul. A Middle Path: Between Just Intonation and the Equal Temperaments. Fyrsti hluti, 2004. Sótt 10. maí 2019 á <http://sethares.engr.wisc.edu/paperspdf/Erlich-MiddlePath.pdf>.

Fauvel, John, Raymond Flood og Robin Wilson, *Music and Mathematics: From Pythagoras to Fractals*. Oxford: Oxford University Press, 2003.

Hearne, Gareth. *Towards a new model for microtonal music: The regular temperaments of 22TET*. Crawley: UWA School of Music, 2014.

Sethares, William A. *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*. 2. útg. London: Springer-Verlag, 2005.

Frekara lesefni

Hugtök og skýringar í viðauka A felast í samansöfnuðum upplýsingum víðsvegar af netinu, þá sérstaklega úr alfræðiritum opinberra stofnana og einkaaðila:

Gene Ward Smith og afrit vefsíðu hans xenharmony.org frá 2008 er aðgengilegt á <http://lumma.org/tuning/gws/>.

Graham Breed og skrif hans um stillingafraeði á <http://x31eq.com/tuning.htm>.

Huygens-Fokker Foundation og greinar um miktórnal málefni á <http://www.huygens-fokker.org/>.

Joe Monzo og vefalfræðirit hans á <http://www.tonalsoft.com/enc/>.

Ísórnorfíska bandalagið og ritgerðir þeirra um mótun þeirra á dýnamísku tónalíteti eru birtar á forsíðu þeirra <https://www.dynamictonality.com/index.htm>.

Marc Sabat og rannsóknir hans á <http://www.marcsabat.com/#writing>.

William A. Sethares og rannsóknir hans á <http://sethares.engr.wisc.edu/pubs.html>.

Xenharmonic Wiki og er heimavöllur miktórnal skilgreininga: <https://en.xen.wiki/> ásamt umræða á facebook: <https://www.facebook.com/groups/xenharmonic2/>.

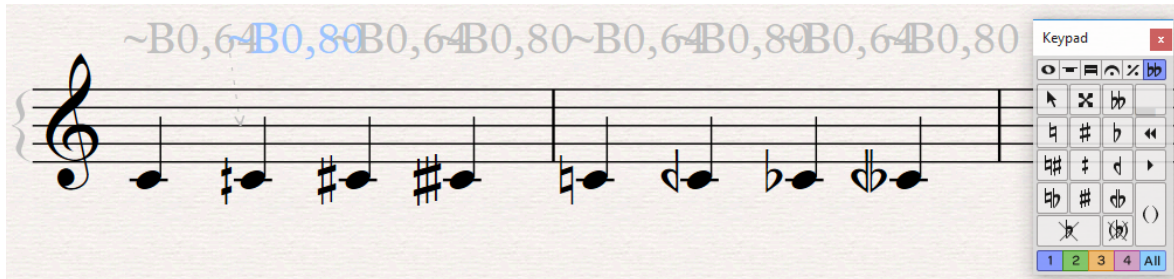
Myndaskrá

2.2 Mynd 3. Tilman Piesk. 2014. Sótt 10. maí 2019 á https://en.wikipedia.org/wiki/Tonnetz#/media/File:Neo-Riemannian_Tonnetz.svg.

Viðauki B - Hugbúnaður

1. Nótnaritun

1.1 Avid Sibelius 7



Mynd úr Sibelius eftir að hafa sett inn Stein-Zimmermann kvarttónaformerki og keyrt afspilunarviðbótina „quarter-tone-playback“.

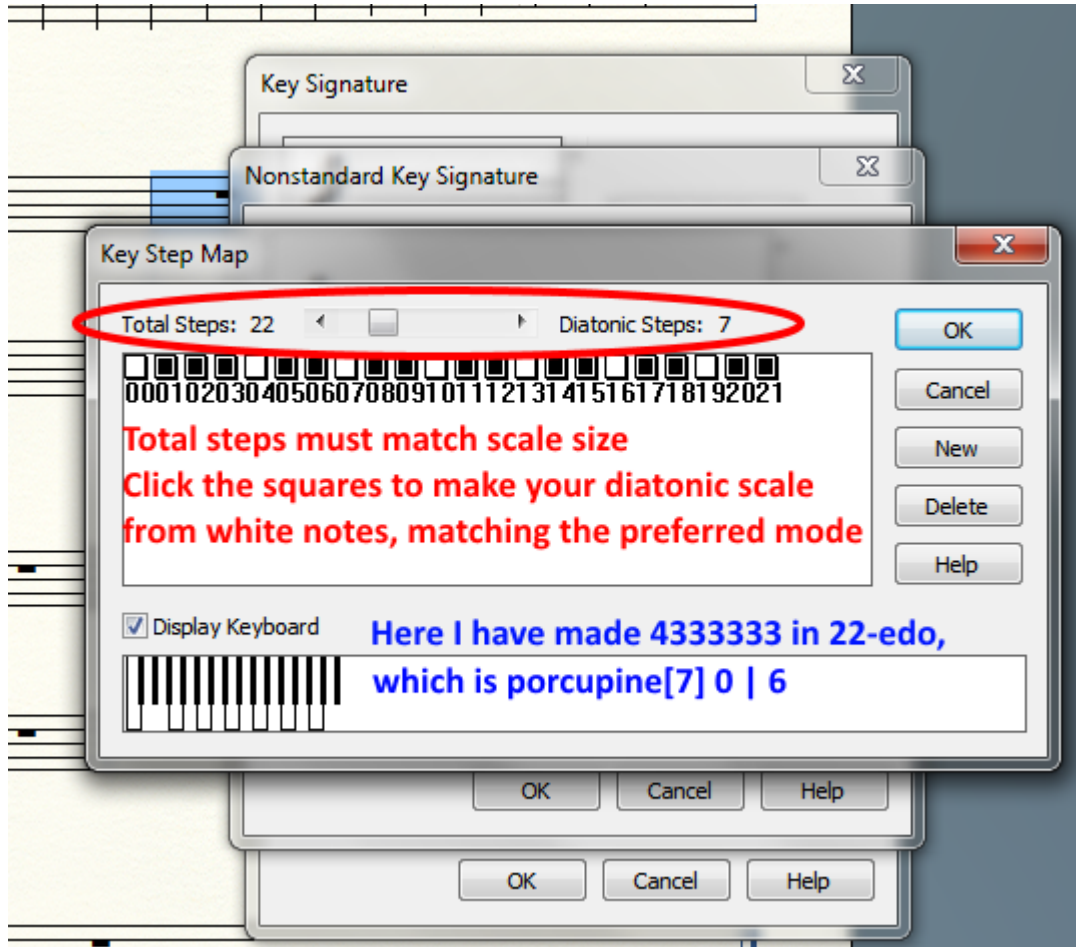
Fyrir afspilun míkrotóna í Sibelius hefur hver nótnastrengur sína MIDI rás, svo mónófónía er eina áferðin sem er í boði fyrir nótnastrengi í forritinu, sem takmarkar m.a. míkrotónal skrif fyrir fyrir píanó. Til að afspilun míkrotóna sé rétt þarf að reikna út gildi tíðnibeygju (e. pitch-bend) út frá tóni á hverjum streng fyrir hverja einustu breyttu nótu. Þetta er gert með því að setja falinn texta á nóturnar á forminu $\sim B_{n,m}$, þar sem n og m tákna heiltölur á bilinu 0-127. $\sim B_{0,64}$ er óbeygð nóta, $\sim B_{0,32}$ er hálfþónn niður og $\sim B_{0,0}$ er heiltónn niður, þ.e. $m = 100 / 32 = 3.125\%$ bila upplausn. Fyrir meiri nákvæmni er n notað en þá verður upplausnin $100 / (128 * 32) = 0.0244140625\%$. Til að spara slög á vasareikninn útbjó Andrew Meronek til excel skjal til að hjálpa til við útreikningana eins og sést á Mynd X.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Jl Numerator	Jl Denominator	12ET Half-Steps	$\sim B(x^*,y)$	$\sim B(x^*,y^*)$	Total Cents of ratio	Cents - 12ETHS	Cents to Pitch Bend Units
2	1	1	0	0	64	0	0	8192
3	5120	5103	0	108	65	5,757802203	5,757802203	8428
4	225	224	0	60	66	7,711522991	7,711522991	8508
5	2048	2025	0	33	70	19,55256881	19,55256881	8993
6	81	80	0	113	70	21,5062896	21,5062896	9073
7	64	63	0	93	72	27,2640918	27,2640918	9309
8	6561	6400	0	98	77	43,01257919	43,01257919	9954
9	33	32	0	6	81	53,27294323	53,27294323	10374
10	33	32	1	6	49	53,27294323	-46,72705677	6278
11	25	24	1	79	54	70,67242686	-29,32757314	6991
12	21	20	1	4	59	84,46719347	-15,53280653	7556
13	256	243	1	112	60	90,22499567	-9,775004327	7792
14	135	128	1	64	61	92,17871646	-7,821283539	7872
15	17	16	1	75	65	104,9554095	4,9554095	8395
16	16	15	1	97	67	111,7312853	11,73128527	8673
17	2187	2048	1	49	68	113,6850061	13,68500606	8753

Skjáskot úr Microsoft Excel skjalinu ratio-to-midi-pitch-bend-calculator.xls
(<https://andrewmeronek.com/music-resources/ods-pitch-bend-spreadsheet-for-sibelius/>)

Kvarttónaafspilun kemur ekki innbyggð í forritinu en er auðveldari með hjálp viðbóts sem finnur kvarttónaformerki og beygir þá staði og til eru svipaðar viðbætur.

1.2 MakeMusic Finale 25



Mynd af Finale skalaskilgreiningarglugganum.

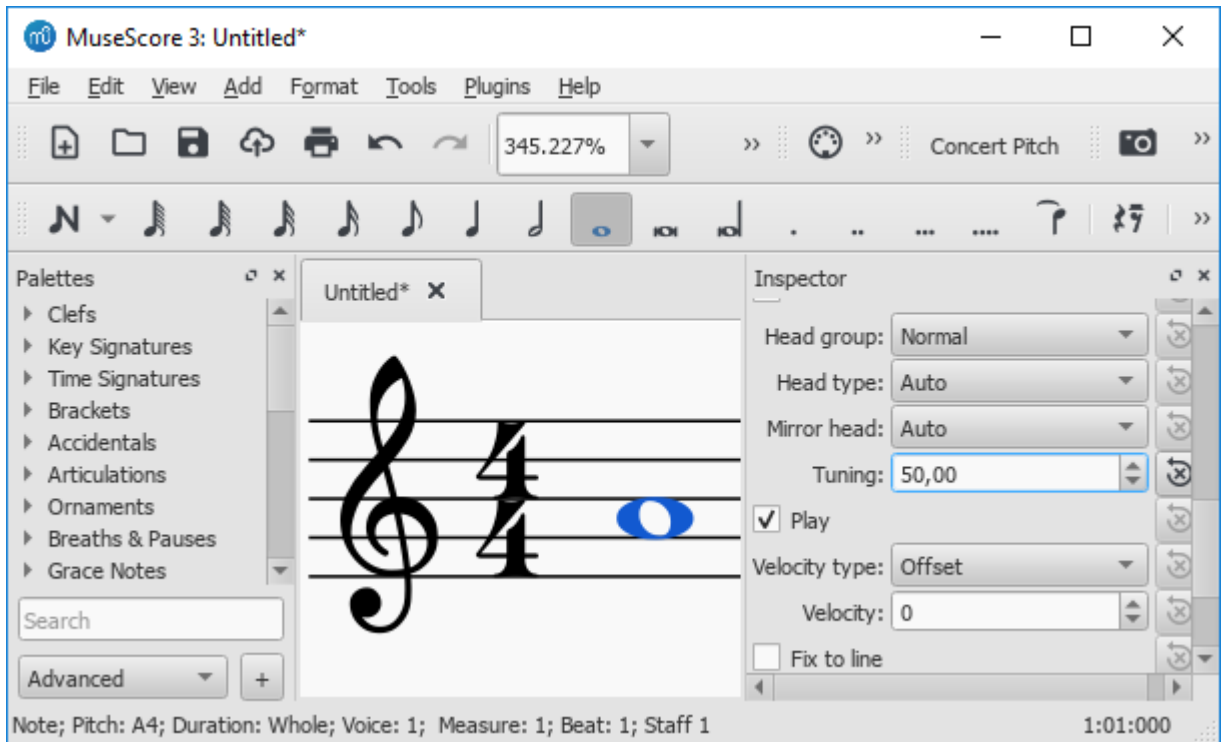
Hægt er að skilgreina eigin formerki og/eða tóntegundakerfi sem lýsir skrefafjölda á milli nótnabókstafanna 7, afspilun er hægt að senda út í gegn um MIDI sem er spilað með scordatura. Takmörkunin er sú að MIDI staðallinn hefur bara svið fyrir 128 nótur og því væri einungis hægt að skrifa nótur fyrir ca. tvær áttundir í 72edo til dæmis auk þess sem aðferðin er ekki vel þekkt eða skráð í forritinu. Hér er þó hlekkur fyrir leiðbeiningar:

https://en.xen.wiki/w/Finale_Microtonal_Accidentals_and_Playback

1.3 MuseScore 3.0

Hægt er að bjaga afspilun nótna í sentum og þeir virka fyrir hverja nótu. Kosturinn er sá að hugbúnaðurinn er opinn (e. open source) og aðgengilegur öll að kostnaðarlausu. Ókosturinn

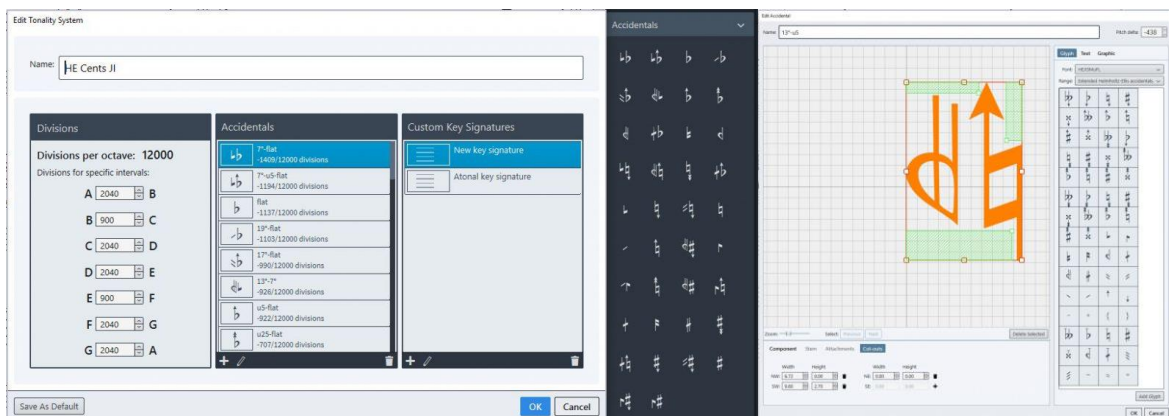
er sá að notandi þarf að bjaga hverja einustu nótu en hægt er að skrifa viðbætur við forritið (dæmi um slíkt er [31 EDO Retuner plugin](#)).



Mynd af MuseScore: Nóta sem spilast út sem kvarttónn fyrir ofan A440.

1.4 Steinberg Dorico 2.2

Er nýjasti hugbúnaðurinn sem talinn er upp (skrifaður frá grunni 2013 og gefinn út í október 2016). Kosturinn er sá að hann var hannaður með míkrotónalítet í huga. Hljóðafspilun er hugsuð fyrir **VST3** hljóðfæri, sem innihalda **nótnatjáningar** (e. note expression) sem er staðal sem styður sveigju á tíðni fyrir hverja staka nótu. Stilling hljóðfæris er skilgreind á sama hátt og tóntegund.



Mynd af viðmóti Dorico þegar kemur að því að skilgreina stillikerfi og formerki.

Nánari upplýsingar er að finna í eftirfarandi blogg-syrpu:

<https://www.scoringnotes.com/reviews/microtonal-notation-in-dorico/>
<https://www.scoringnotes.com/reviews/microtonal-playback-in-dorico/>

2. Sjálfstilling

Hljóðfæri í frjálsri stillingu reiða sig á ítónun en hægt er að fá „leiðréttingu“ á stafrænum hljóðstraumi sem festir tóna í ákveðinni stillingu, þ.e. hljóðfærið stillir sig sjálf (e. autotune).

Antares Autotune er dæmi um rauntíma-sjálfstillingahugbúnað. Hann býður þó aðeins upp á handfylli skala. Ein leið er þó að velja t.d. 53edo og smækka til að nálgast þau míkrotónal stillikerfi sem ekki eru á listanum.

Celemony Melodyne er dæmi um eftirvinnslu-sjálfstillingahugbúnað, þ.e. eftir að hljóði hefur verið hlaðið í það er hægt að hnika til tónum þess. Melodyne styður skrár úr Scala.

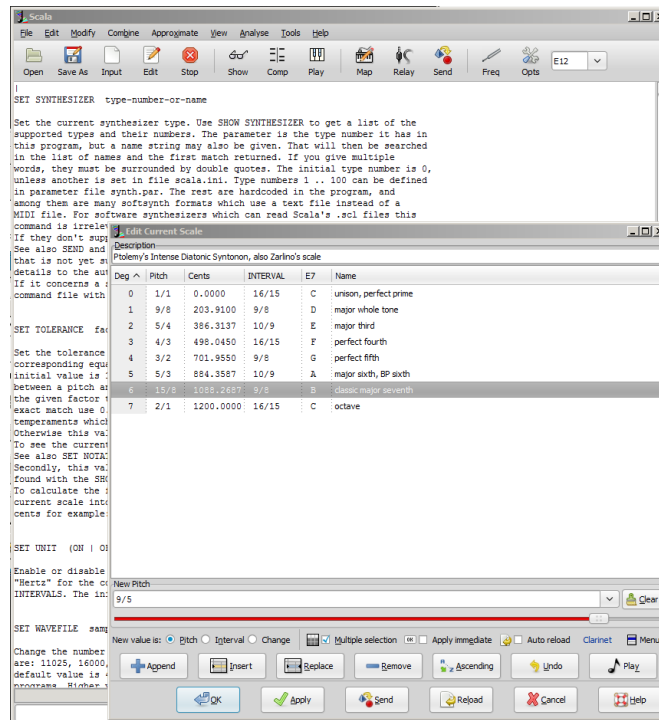
Aðrir sjálfstillingarhugbúnaðir eru til en misjafnt er hvort þeir bjóði upp á míkrotóna. Tæknin er þó til staðar og nýtist í fleira en leiðréttingu eða tónblæ á söng í 12edo.

Dæmi um tónlistarmenn sem hafa t.d. prófað sig áfram með sjálfstilltan bandalausar gítar er Dweezil Zappa, sonur Frank Zappa:

<https://www.dweezilzappa.com/posts/1969038-new-album-update>

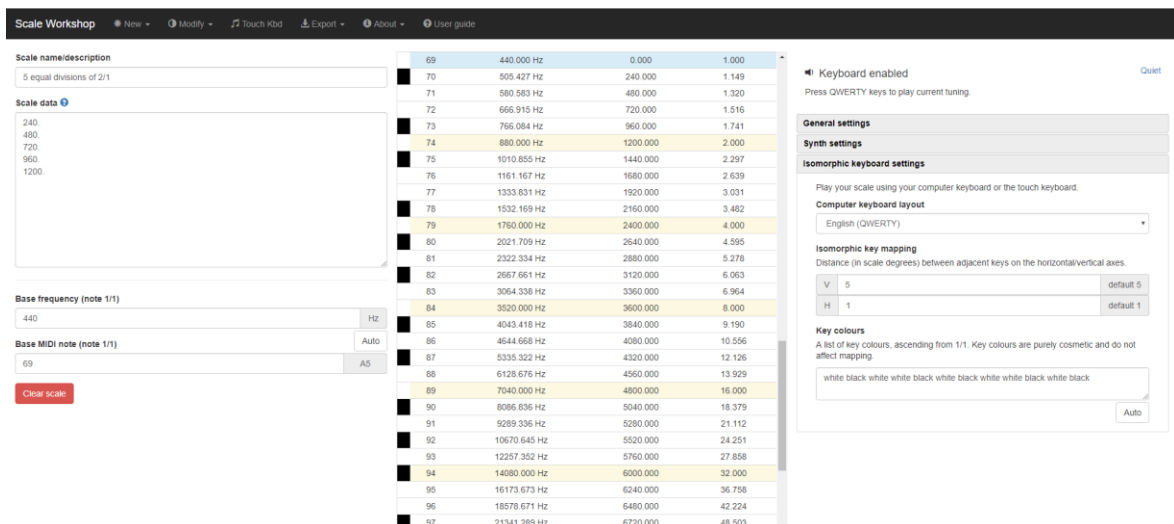
3. Skalameðhöndlun

Scala er staðall og hugbúnaður fyrir skalagerð, skrifað af Manuel Op de Coul. Þrátt fyrir að vera fjölhæfur er hugbúnaðurinn flókinn fyrir vikið, þar sem viðmótið reiðir sig m.a. á skeljaviðmót (e. CLI), leiðbeiningar um notkun hans eru af skornum skammti og því er það mögulega fráhrindandi fyrir nýja notendur.



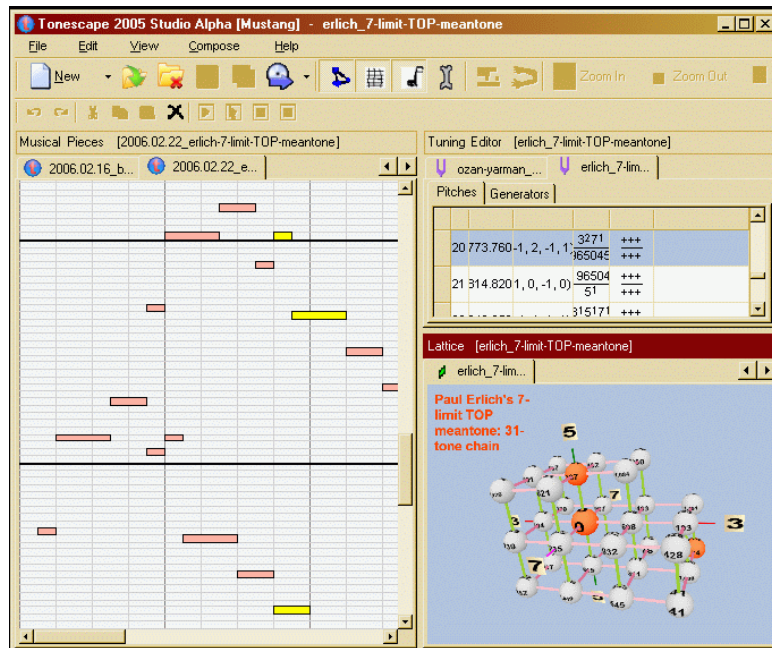
Mynd úr Scala.

Tónlistarmaðurinn Sevish, fullu nafni Sean Archibald, er maðurinn á bakvið vefforritið Scala Workshop sem hann gaf út í apríl, 2019. Því er ætlað að gera skalagerðir og dreifingar aðgengilegri með því að hafa viðmótið á vefsíðu og stjórn þess fer í gegn um takka, þ.e. það reidur sig alfarið á gluggaviðmót. (e. GUI) Til að dreifa skala er hægt að afrita slóðina sem notandi er á í vafranum.



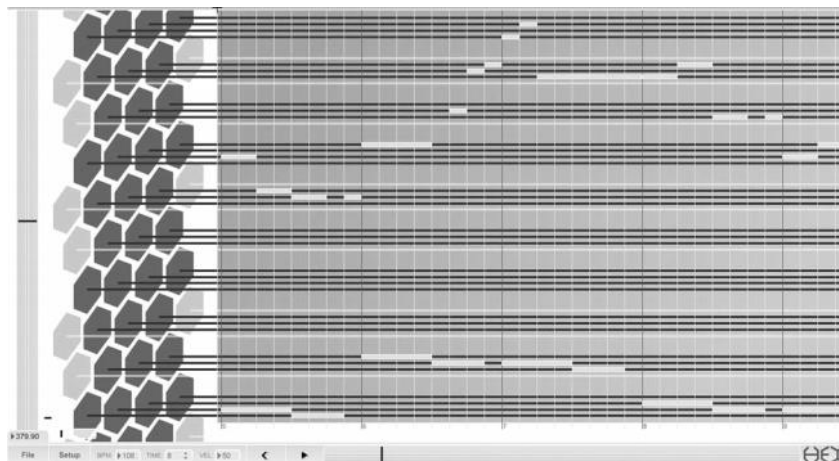
Mynd úr Scale Workshop.

Tonalsoft heldur úti hugbúnaðinum **Tonescape**, sem er hannað með míkrotónal tónsköpun í huga og leið til að skoða tónagrindur míkrotónal kerfa.



Mynd úr Tonescape sem sýnir þrívítt tónagrind í neðra hægra horninu ásamt píanórúllu.

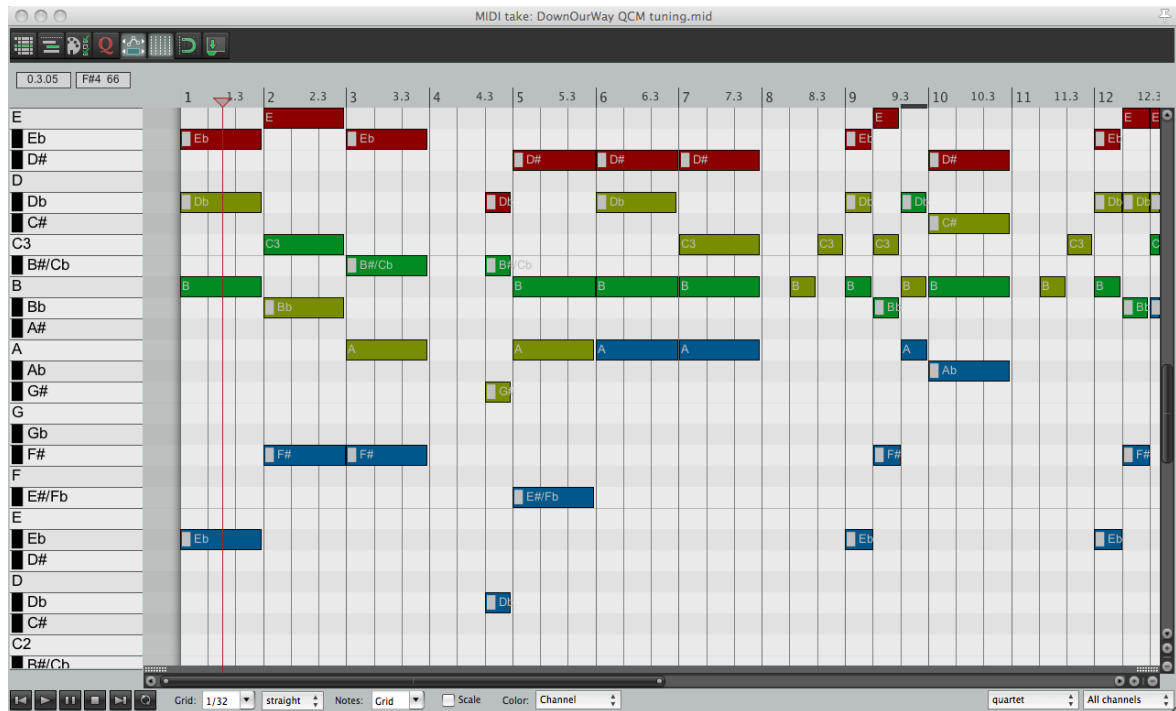
Kyle Gann hefur unnið með réttstillingu og þróaði hugbúnaðinn **Alt tuner**, sem gerir m.a. aðlagða réttstillingu mögulega. Robert Walker hefur að sama skapi þróað **Tune Smithy** sem gerir fólki kleyft að semja með hvaða skala sem er. Öll forritin eru farin að líta nokkuð úrelt út og óvíst er hvort þau virki sem skildi á nýjustu tækjum. **Hex** frá Einsmóta samsærinu býður upp á einsmóta píanórúllu til að semja MIDI tónlist en betra væri ef slíkt viðmót væri innbyggt í hljóðvinnsluforrit á markaðnum og stafrænir hljóðgervlar tækju sjálfkrafa á mótí míkrotónal skilaboðum í stað þess að önnur tól séu nauðsynleg til að beygja tóna misnákvæmlega.



Mynd úr Hex af sexhyrndri grind á píanórúllu.

Cockos Reaper er gríðarlega öflugt hljóðvinnsluforrit sem hægt er að prófa án kostnaðar, þó kostnaður þess sé lágur, m.v. önnur forrit á markaðnum. Hægt er að hanna ný viðmót píanórúllunnar upp að vissu marki, þ.e. nöfn þeirra og mynstri þeirra – þ.e. hvítar og svartar nótur. Hér er hlekkur á leiðbeiningar um það hvernig slíkt er gert:

<https://forum.cockos.com/showthread.php?t=146780>



Mynd úr Reaper af breyttri píanórúllu.