

Sähköbassosignaalin prosessointi pedaalilaudalla

Antti Horttana

Opinnäytetyö
Toukokuu 2021
Kulttuuriala
Musiikkipedagogi (AMK)

Tekijä(t) Horttana, Antti	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2021
	Sivumäärä 33	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Sähköbassosignaalin prosessointi pedaali- laudalla , Pedaalijärjestykseen keskittyvä oppi- materiaali.		
Tutkinto-ohjelma Musiikin tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Leena Pantsu, Heikki Laine		
Toimeksiantaja(t)		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda oppimateriaali sähköbasisteille koskien pedaali- järjestystä heidän pedaali- laudassaan. Aiheesta löytyvän vähäisen kirjallisuuden, internetistä löy- tyvän, toisistaan useinkin poikkeavan, tiedon sekä erinäisten voimakkaiden mielipiteiden värittämästä maailmasta on välillä vaikea saada selkeää ymmärrystä siitä, mikä järjestys palvelisi soittajaa parhaalla mahdollisella tavalla. Tavoitteena oli siis kehittää tähän ratkai- suksi tiivis ja kattava tietopaketti, josta aloittelijakin oivaltaisi helposti ja nopeasti sen, mi- ten erilaiset efektit muokkaavat audiosignaalia ja kuinka ne sitä myöten vaikuttavat toisten efektien toimintaan.</p> <p>Toteutustapa oli nettisivupohjainen tietopaketti, joka perustui selkeisiin ja suhteellisen ly- hytsanaisiin efektikohtaisiin vertailuihin. Kunkin efektityypin kohdalla käytiin läpi miten se reagoi kunkin yksittäisen efektityypin kanssa. Myös sitä, millaisia asioita erilaisilla ratkai- suilla pystyttiin saavuttamaan, sivuttiin pinnallisesti. Tavoitteena oli antaa oppijalle kipinä myös lähteä kokeilemaan jotain, mikä ei välttämättä kuulu yleisiin ja turvalliseksi todettui- hin käytänteisiin.</p> <p>Varsinainen oppimateriaali rakentui siltä pohjalta, että sen kohderyhmänä olisi efektien maailman vasta-alkajat ja ne, jotka haluavat suoraa ja kattavia vastauksia ilman, että heidän täytyy ymmärtää aiheeseen liittyvää teoriaa syvällisemmin. Tutkimuksen kirjallinen osa kui- tenkin muovautui sellaiseksi, että asiasta syvemmin kiinnostuneet voivat saada siitä paljon informaatiota efektien mm. toiminnasta, historiasta ja monimuotoisuudesta.</p> <p>Luodun oppimateriaalin pohjalta oppijan on mahdollista ymmärtää se, miten monia eri rat- kaisua ja vaihtoehtoja erilaiset efektijärjestystä koskevat ratkaisut mahdollistavat.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Efektipedaali, basso, signaaliketju, pedaali- järjestys, pedaali- lauta		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Horttana, Antti	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2021 Language of publication: Finnish
	Number of pages 33	Permission for web publication: x
Title of publication Pedalboard Signal Processing for Electric Bass , teaching material about effects pedal order for electric bass		
Degree programme Degree Programme in Music		
Supervisor(s) Pantsu Leena, Laine Heikki		
Assigned by		
<p>Objective of this thesis was to create teaching material for electric bassists concerning the effects pedal order on their pedalboards. Between the minuscule amounts of literature, often self conflicting internet based knowledge and strong opinions on the matter, it can be hard to get a good grasp and understanding of what is the effects pedal order that would serve the player best. The goal was to create and refine a compact and yet inclusive database, which would be accessible and understandable easily by even beginners in the world of effects pedals. The point was for them to realize what each effect type does to the bass signal and hence how they effect the operation of other effects.</p> <p>A method to create this database was an internet browser based system, which consisted of clear and quite simple and effect-specific comparisons. With every effect type it was researched how it would effect and react to any other effect type. Things that could be accomplished by various orders was superficially glanced. The reason for this was to encourage the learner to start experimenting with even the atypical and not so conventional configurations.</p> <p>The actual teaching material was built on a premise that it was aimed at the beginners in the effects world, as well as those who wanted to get the info fast, yet all-inclusive, without the need to know the deep theory behind everything. The literary part ended up being suited for those who wanted to deep dive into the knowledge and working theory behind each effect type, their history and the polymorphism different pedal orders may allow.</p> <p>From the created learning material, a learner can understand, that there are not just one right solution for the effects order. There is a possibility to be very creative.</p>		
Keywords/tags (subjects) Effects pedal, bass, signal chain, pedal order, pedalboard		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto.....	3
2	Audiosignaalin perusteita.....	4
2.1	Analoginen audiosignaali	4
2.2	Digitaalinen audiosignaali	5
2.3	Häiriöetäisyys ja dynamiikka-alue	6
3	Efektit	6
3.1	Compressor (kompessori).....	7
3.1.1	Erlaisia kompressorityyppejä.....	7
3.1.2	Kompessorin säätimet.....	8
3.2	Distortion (Särö)	9
3.2.1	Erlaisia särötyyppejä	10
3.2.2	Säröpedaalien säätimet	11
3.3	Envelope filter (verhokäyräsuodin).....	12
3.3.1	Erlaisia Envelope filttereitä.....	12
3.3.2	Envelopefilttorien säätimet	13
3.4	Pitch Shifter	14
3.4.1	Erlaisia pitch shifter -efektejä	14
3.4.2	Pitch Shifterin säätimet	15
3.5	Modular effects (Moduloivat efektit).....	16
3.5.1	Erlaisia moduloivia efektejä.....	16
3.5.2	Modulaatioefektien säätimiä	17
3.6	Reverb/Delay (Kaikuefektit)	18
3.6.1	Erlaisia Delay-efektityyppejä	19
3.6.2	Erlaisia Reverb-efektityyppejä	19
3.6.3	Kaikupedaalien säätimiä.....	20
4	Tutkimusmenetelmä ja toteutus.....	21
4.1	Tutkimuksellinen kehittämistyö	21
4.2	Toteutus.....	21

		2
5	Tutkimusten pohjalta tehdyt päätelmät	23
	5.1.1 Kompressorin sijoittamisesta signaaliketjuun.....	23
	5.1.2 Säröpedaalien sijoittamisesta signaaliketjuun	25
	5.1.3 Envelope Filttorien sijoittamisesta signaaliketjuun.....	27
	5.1.4 Pitch Shifterien sijoittamisesta signaaliketjuun	27
	5.1.5 Modulaatio-efektien sijoituksesta signaaliketjussa	28
	5.1.6 Kaiku-efektien sijoituksesta signaaliketjuun	28
6	Pohdinta	29
7	Lähteet.....	32

1 Johdanto

Basisteille on tarjolla nykyään lukuisia määriä erilaisia efektipedaaleja. Nimenomaan basistien roolin ja signaalin ominaisuuksien tuomien vaatimuksien ympärille rakennettun kaluston määrä on lisääntynyt viime vuosina huikeaa vauhtia. Niinpä oletusarvoinen basisti ei välttämättä olekaan se, jolla on matkassaan pelkkä bassokitara, piuha ja vahvistin. Aiemmin lähinnä kitaristeja koskettanut pedaalijärjestysdilemma saattaa nykyään koskettaa meitä oktaavia alemmaa oman identiteettimme löytäneitä, eikä yksiselitteisiä vastauksia ole näihin ongelmiin saatavilla. Useimmiten tietoa päädytään hakemaan internetin foorumeilta, joissa vastauksia voi tulla suuntaan jos toiseen, eikä näkökulmia ole välttämättä perusteltu lainkaan.

Tämän opinnäytetyön, ja etenkin sitä varten luodun nettimateriaalin, avulla haluan tarjota oppijalle helpon tavan oivaltaa, millä tavalla vaikkapa kompressorin muovaava basson ääntä tai miksi oktaaveri kannattaa sijoittaa ennen voimakasta säröä sen sijaan, että sijoittaisi sen vasta särön jälkeen. Avaan työssäni myös sen, miksi kaikki kitaristeille suunnitellut efektilaitteet eivät välttämättä sovellu basisteille. Opinnäytetyöni materiaalin sisältö on pyritty rakentamaan siten, että mahdolliset soundilliset ongelmatilanteet pystyttäisiin ratkaisemaan siltä osin, kuin se on efektien järjestyksestä kiinni.

Nettisivuilleni tekemäni tietopaketti on tarkoitettu aloittelijoille ja sellaisille, jotka haluavat vastauksia ja ratkaisuja pian. Opinnäytetyöni varsinainen tekstiosio on rakennettu niitä varten, jotka haluavat perehtyä audiosignaalin taustoihin ja erilaisten efektien ominaisuuksiin tähtäimessään syvempi ymmärrys aiheesta.

Työtä tehdessäni perehdyin erilaisten efektien toimintatapoihin ja audiosignaalin perusteisiin. Bassosignaalin käsittelystä pedaalijärjestysten näkökulmasta ei tutkimusmateriaalia entuudestaan juuri löytynyt. Kitaramaailmasta erilaisia oppaita löytyi jonkin verran, mutta niistäkin merkittävä osa epäonnistui perustelemaan, miksi heidän mainitsemansa ratkaisu oli parempi kuin jokin toinen. Siksi tahdoin omaan tutkimukseeni lisätä myös ne tulokset, jotka eivät noudattaneet yleisiä totuttuja oletuksia,

vaan antoivat vaikkapa jonkin taiteellisen näkökulman ja äänimaiseman, mitä ei perinteisillä ratkaisuilla edes tullut ajatelleeksi. Tutkimukseni tueksi äänitin kymmenittäin lyhyitä soittopätkiä, joissa vaihtelin efektien järjestyksiä. Se johti muutamiin yllyttäviin tuloksiin, joista kerron lisää tekstissä ja nettisivuillani.

2 Audiosignaalin perusteita

Efektien toiminnan ymmärtämiseksi on hyvä ymmärtää muutamia perusasioita siitä, mitä audiosignaali eri muodoissaan on. Audio eli ääni on edestakaista säännöllistä aaltoliikettä, jonka värähtelevä kappale synnyttää. Näin syntyneet ääniaallot etenevät paineaaltoina erilaisissa välittäjäaineissa, kuten ilmassa, vedessä tai kiinteissä rakenteissa. Me ihmiset aistimme äänet meitä ympäröivässä ilmassa tapahtuvien keskiarvoisesta ilmanpaineesta poikkeavien paineaaltojen avulla. Tätä ilmiötä kutsutaan akustiseksi ääneksi, eli ilmaääneksi. Ääntä voidaan tarkastella kolmen määreen avulla, joita ovat taajuus, voimakkuus, sekä kesto. (Laaksonen 2006, 4-5.)

Audiosignaali sen sijaan on sähköiseen muotoon muunnettua ääntä. Käytännössä tämä tarkoittaa virtapiirissä vaihtelevaa jännitettä tai sähkövirtaa, joka liikkuu samaan tahtiin kuin sen edustama akustisesti värähtelevä kappale, kuten vaikkapa basson kieli. (Davis & Jones 1989, 2.)

2.1 Analoginen audiosignaali

Analogisen audion historia alkoi 1800-luvun loppupuolen lennätin- ja puhelitekniikasta ja se on ollut koko ääniteteollisuuden kivijalka tähän päivään asti (Laaksonen 2006, 54). Sen toiminta perustuu siihen, että akustinen ääni, esimerkiksi sähköbasson kielen sointi, muunnetaan mahdollisimman muuttumattomana sähköiseksi mikrofoniin avulla. Sähköbasson tapauksessa selkeästi yleisin tapa tämän tekemiseen on käyttää sähkömagneettiseen induktioon perustuvat magneettimikrofonit, jossa kielen liikkuessa mikrofoniin magneettikentässä syntyy heikko sähkövirta, mikä johdetaan sähköjohtoa pitkin eteenpäin käsiteltäväksi (Davis

& Jones 1989, 5). Toinen, vähän harvinaisempi tapa, on käyttää pietsosähköistä (piezoelectric) mikrofonia. Sen toiminta perustuu joustavan kalvon ja pietsokristallin kombinaatioon, jossa kalvon värähtely aiheuttaa kristaallin painevaihteluita ja joka sitten muuntuu sähkövirraksi (mts. 116). Pietsoelektroninen ratkaisu on huomattavasti yleisempi puoliakustisissa bassoissa.

Kun akustinen ääni on yllämainituin keinoin muunnettu analogiseksi sähköiseksi signaaliksi, voidaan sitä alkaa muovata erilaisilla signaaliprosessoreilla. Osa prosessoreista on puhtaasti analogisia, mutta osa on myös digitaalisia.

2.2 Digitaalinen audiosignaali

Audiosignaalin digitalisointi tarkoittaa analogisignaalin muuntamista binaarikoodiksi eli niin sanotusti nolliksi ja ykkösiksi. Tällä tavalla audiosignaalia pystytään esimerkiksi tallentamaan tietokoneen kovalevylle ja hyödyntämään tietokonetta äänen prosessoinnissa. Digitaalista ääntä ei ole mahdollista sellaisenaan toistaa, vaan se täytyy muuntaa takaisin analogiseksi ennen kuin kaiutin pystyy sen toistamaan. (Laaksonen 2006, 66.) Digitaalisissa audiolaitteissa on ääntä sisään ajettaessa analogi-digitaali -muunnin (A/D-converter) ja eteenpäin signaalia lähetettäessä digitaali-analogi -muunnin (D/A-converter) (mts. 71).

Analogisignaalin muuntaminen digitaaliseksi tapahtuu niin kutsutulla näytteistyksellä, englanniksi sampling. Näytteistys tarkoittaa sitä, että analogisen audiosignaalin taso mitataan tasaisin väliajoin, ja saaduista pistearvoista luodaan peräkkäin laittamalla alkuperäistä muistuttava aaltomuoto. Jotta audiosignaali ei tässä prosessissa menettäisi oleellista informaatiota, tulee näytteenottotaajuuden olla vähintään kaksi kertaa korkeinta näytteistettävää värähtelytaajuutta korkeampi. Koska ihmisen kuuloalueen yläraja on noin 20 kHz (20 000 hertsiä), tulee audio-tarkoituksissa käytettävän näytteenottotaajuuden olla vähintään 40 kHz. Yleisiä arvoja esimerkiksi äänitystöissä tästä syystä ovatkin arvot 44,1 kHz ja 48 kHz (mts. 67).

Osa basson signaaliketjuun kytkettävistä efektipedaaleista saattavat olla digitaalisia. Käytännössä ne ovat pieniä tietokoneita, joiden toiminnan perustana ovat yllämainitut näytteenottokäytännöt. Äänenlaadun takaamiseksi näytteenottotaajuuden on hyvä olla vähintään tuo 44,1 kHz. (Lang 2018, 33.)

Toinen digitaalisen audion ympärillä pyörivä termi ”bit” viittaa niin kutsuttuun digitaalisen sanan rakenteeseen. Tämän aiheen syvällinen läpikäyminen veisi liikaa aikaa, mutta yksinkertaisuudessaan se kertoo kuinka monta eri taso-/volumevaihtoehtoa kullakin näytteenottopisteellä on. Yleinen vastaan tuleva digitaalisen audion määritelmä on ns. CD-laatu: 44,1 kHz 16-bit. Se tarkoittaa sitä, että joka sekunti musiikista sisältää 44100 näytettä, ja kukin näyte voi olla mikä tahansa 65 536:sta jännite- eli volume-tasosta. (Laaksonen 2006, 71-72.)

2.3 Häiriöetäisyys ja dynamiikka-alue

Häiriöetäisyys, englanniksi signal-to-noise ratio, tarkoittaa audiosignaalin taustakohinan ja signaalitien salliman maksimivoimakkuuden välistä eroa. Taustakohinaa syntyy johtimissa tapahtuvan lämpöliikkeen vaikutuksesta, mitä ei pystytä kokonaisuudessaan välttämään. Tällainen taustakohina on pääsääntöisesti yhtä voimakasta kaikilla taajuusalueilla, eli niin kutsuttua valkoista kohinaa. Taustakohinaksi lasketaan myös verkkovirrasta aiheutuva hurina sekä muualta ympäristöstä soittimen signaaliin päätyneet häiriöäänet. (Laaksonen 2006, 58-59.)

3 Efektit

Efektit eli signaaliprosessorit ovat suhteellisen tuore keksintö. Ensimmäiset signaaliprosessorit kehitettiin aikoinaan puhelinverkkojen vahvistukseksi, sillä pitkiä matkoja puhelinlinjaa pitkin kulkeneet signaalit menettivät johtimen aiheuttaman vastuksen takia roimasti ylimpiä taajuuksiaan. Tätä vastaan lähdettiin taistelemaan maailman ensimmäisillä ekvalisaattoreilla, joilla signaalin korkeita taajuuksia pystyttiin voimis-

tamaan takasin kuultavalle tasolle. (Davis & Jones 1989, 244.) Erilaisia efektejä on sittemmin kehitelty jos minkämoisia, hienovaraisesta kaiusta aina Korg-valmistajan Miku-nimiseen pedaaliin, joka muuntaa sävelet japaninkielen sanoiksi. Selkeyden ja efektimarkkinoiden kansainvälisyyden ja tietojen soveltamisen helpottamiseksi puhun efektityypeistä pääasiassa niiden englanninkielisillä nimillä.

3.1 Compressor (kompessori)

Kompressorin tarkoitus on kaventaa audiosignaalin dynaamista aluetta. Ensimmäiset kompressorit kehiteltiin 1930-luvulla elektroniputken keksimisen myötä. 1950-luvulla se päätyi radiokäyttöön kompensoimaan radiolähetystekniikan luomia rajoitteita ja 1960-luvulla kompressorit löysi tiensä äänitysstudioihin. Alkujaan kompressoria käytettiin kokonaisten miksausten dynaamisen alueen rajoittamiseen, jotta ne soveltuvat paremmin sen aikaisille äänitysmedioille, kuten LP:lle. (Wilmering, T & Moffat, D & Milo, A & Sandler M. 2020.) Nykyään kompressoria käytetään jossain määrin miltei kaikessa audioon liittyvässä työssä.

3.1.1 Erilaisia kompressorityyppejä

Yksikaistainen kompressor

Yleisin pedaalimuotoinen kompressor on niin kutsuttu ”**single band**”-kompressor. Se tarkoittaa, että koko sisään tuleva audio raita käsitellään kokonaisuena. Yksi tästä ratkaisusta syntyvä, erityisesti basisteille tyypillinen, ominaisuus on, että mikäli kompressorin syötetään vaikkapa reilusti threshold-ajan ylittävä määrä erittäin bassovoittoista signaalia, pudottaa kompressorin ylemmät taajuudet mahdollisesti miltei kuulumattomiin. Tämä pätee erityisen herkästi mataliin taajuuksiin niiden verrannollisen suuren energiapitoisuuden vuoksi, mutta ei toki estä samaa tapahtumasta myös korkeiden taajuuksien tasopiikkien kanssa.

Monikaistakompressor

Aiemmin mainittua ongelmaa helpottamaan on markkinoilla nykyisin myös niin kutsuttuja multiband- eli monikaistakompressoreita. Näissä laitteissa taajuuskaista on

jaettu useampaan osaan, joista kukin kulkevat erillisen kompressiopiirin lävitse. Tällaisella ratkaisulla on mahdollista säilyttää esimerkiksi bassonkielen alukkeiden aiheuttama lätinä ja kolina vaikka matala B-kieli täyteläisyydellään tukkisikin niiden osalta aiemmin mainitun single band -kompressorin.

Limiter

Limiter, eli suomeksi limiteri, on käytännössä äärimmilleen säädetty kompressori. Se tarkoittaa sitä, että siinä missä edelliset kompressorityypit hiljentävät threshold-ajan ylittäneitä säveliä jossain tietyssä suhteessa (esim. 3:1, eli 3dB ylitys muuttuu 1dB ylitykseksi, 6dB muuttuu 2dB:ksi jne.), limiter estää signaalia nousemasta threshold-ajan yli lainkaan. Tällaiset laitteet ovat käytössä usein äänitysstudioissa ja tv- ja radiolähetyksissä äänentason maksimoimiseksi (Beacham, 2016).

Expander

Expander on kompressorin periaatteella mutta päinvastoin toimiva laite. Yleisin expander-tyyppi on niin kutsuttu noise gate. Expander toimii siten, että tietyn äänentason raja-arvon alapuoliset äänet hiljentyvät entisestään. Tämä mahdollistaa vaikkapa äänitetyssä audiossa esiintyvän kaiun lyhentämisen, mikä saa soivan äänen kuulostamaan alkuperäistä ”tiukemmalta”. (Kadis, 2006, 5.)

3.1.2 Kompressorin säätimet

Pedaalimuotoisia kompressoreja löytyy markkinoilta monenlaisia. Niistä löytyvien säätimien määrä voi vaihdella yhdestä reilusti useampaan, riippuen kontrolloitavien parametrien (säädettyjen ominaisuuksien) määrästä. Mitä vähemmän itse laitteessa on säätimiä, sitä enemmän sen tekemä kompressio on automatisoitu eikä kaikkiin ominaisuuksiin voi käyttäjä itse vaikuttaa. Kompressoreiden kanssa toimittaessa on hyvä ymmärtää seuraavat termit, ja mitä ne tarkoittavat:

Ratio: Suhde, missä määrin Threshold-ajan ylittäneen audion voimakkuutta hiljennetään. Esimerkiksi 2:1 tarkoittaa, että mikäli sisään tuleva signaali voimistuu 6dB, ulos tuleva signaali voimistuu vain 3dB. (Mellor, 2017.)

Threshold: Raja, jonka ylittävään signaaliin kompressorin alkaa vaikuttaa rajoittavasti (Rudolf, N.d.).

Attack: Aika, minkä verran kompressorin päästää Threshold-ajan ylittynyttä ääntä läpi ennen kuin äänenvoimakkuutta aletaan rajoittaa. Mahdollistaa esimerkiksi basson sävelen alukkeiden eli atakin korostamista. (Rudolf, N.d.)

Release: Aika, kuinka kauan kompressorin jatkaa audion hiljentämistä sisään tulevan signaalin palattua threshold-ajan alapuolelle (Rudolf, N.d.).

Make-up gain/Output gain: Kompressorin käytettäessä audiosignaalin kokonaisvoimakkuus pienenee. Make-up gainilla voidaan audiosignaalin äänentaso nostaa takaisin alkuperäiselle tasolle, jotta saadaan aikaan niin kutsuttu "unity-gain". Tämä tarkoittaa sitä, että keskiverto äänentaso pysyy samankaltaisena kompressorin ollessa päällä tai ei. (Robjohns & White, 2002.)

Crossover Frequency: Multiband-kompressoreissa esiintyvä crossover frequency tarkoittaa taajuutta, missä eri taajuuskaistojen rajat kulkevat. Esimerkiksi, jos kyseessä on kaksikaistainen eli "dual band" kompressorin, ja crossover frequency on 900Hz, niin kaikki taajuudet tämän taajuuden käsitellään erillään kaikista tämän arvon yläpuolisista taajuuksista. (Robjohns & White, 2002.)

Blend/Mix: Tällainen säädin löytyy laitteista, joilla on mahdollista suorittaa niin kutsuttu "parallel compression" eli rinnakkaiskompressointi. Tämä tarkoittaa sitä, että laitteessa kulkee rinnakkain sekä kompressoitu että käsittelemätön signaali, ja näitä sekoitetaan Blend/Mix-säätimellä.

3.2 Distortion (Särö)

Särötetyn analogisen äänen historia juontaa juurensa 1900-luvun puolivälin tienoille. Ensimmäiset säröt eivät olleet hienostuneita pedaalimuotoisia efektipeleitä, eivätkä edes särötykseen tarkoitettuja vahvistimia. tarinat särön alkuperästä juontavat

juurensa blues-musiikkiin, tarkemmin sanottuna blues-kitaristeihin, joiden täytyi kilpailulla lavalla puhaltimien, kuten trumpetti ja saksofoni, kanssa. Akustisen kitaran ollessa yllä mainittuja luonteeltaan hiljaisempi soitin, kehiteltiin ongelmaan ratkaisu: magneettimikrofonit ja ensimmäiset vahvistimet. Vahvistimien tehot eivät kuitenkaan olleet kummoisia, ja niitä jouduttiin käyttämään kovemmilla volumeilla kuin mihin ne oltiin suunniteltu. Näinpä kitarasignaali alkoi säröytymään, ja siitä soundista tuli monelle sen aikakauden kitaristille. (Hicks, 1999, 14.)

Särö syntyy, kun laitteeseen, kuten vahvistimeen, ajetaan sisään voimakkaampaa signaalia kuin mitä se pystyy käsittelemään. Tällöin signaali ”klippaa” eli aaltoliikkeen ääripäät leikkaantuvat pois. (Herzog & Dörig, 2018, 37.) Pohjimmiltaan nykyiset modernit säröpedaalit ja -vahvistimet toimivat samalla periaatteella kuin aiemmin mainittu vanha vahvistinta ylikierroksilla käytettävä blues-särö, mutta asiaan tarkoitetut komponentit ja muu efektin sisäinen signaaliprosessointi saavat särösoundin kuulostamaan miellyttävämmältä kuin aikanaan.

3.2.1 Erilaisia särötyyppejä

Sähköbassolle säröä hankittaessa tulee varmistaa, että käytettävä särö on sovelias sähköbassolle. Merkittävin ero kitaralle ja sähköbassolle tarkoitetussa särössä on se, että kitarasäröissä soundi keskittyy enemmän keskitaajuuksiin ja siten saattavat leikata rajustikin alimpia taajuuksia, kun taas bassosäröt jättävät matalimmat taajuudet jossain määrin säröttämättä tai ne omaavat niin kutsutun ”blend/mix”-säätimen, jolla särötettyä soundia voi sekoittaa täysin käsittelemättömään signaaliin, jolloin alimmat taajuudet eivät katoa pois. Olemassa on myös säröpedaaleja, jotka on suunniteltu kitaralle, mutta jotka toimivat myös bassolle.

Yleisimpiä särötyyppejä kulkevat nimillä **overdrive**, **distortion**, ja **fuzz**.

Overdrive

Overdrive on näistä särötyypeistä hienovaraisin. Alun perin overdrive-pedaalien tarkoituksena on ollut voimistaa vahvistimeen menevää signaalia niin paljon, että itse

vahvistin alkaa särkeä ääntä. Useat nykypedaalit yrittävät joko tehdä samaa, tai imitoida samaa soundia ilman vahvistinta. Aikaansaatu efekti on muihin särötyyppeihin verrattuna dynaamisesti herkempi, ja soittotatsilla pystyy vaikuttamaan särön määrään enemmän; Mitä lujempaa kielia räimitään, sitä muhkeampaa säröä overdrive-pedaali tarjoaa. (Glynn, 2017.)

Distortion

Distortion-pedaali on aggressiivisempi versio overdrivesta. Siinä missä overdrive-pedaali vain ikään kuin rapeuttaa signaalia, distortion rikkoo sitä niin paljon, että alkuperäistä soundia ei meinaa enää tunnistaa. Koska aaltomuodon ”klippaus” on jo niin pitkälle mennyttä, ei soiton dynamiikalla ole niin paljoa, jos ollenkaan, merkitystä. (Glynn, 2017.)

Fuzz

Fuzz käsittelee aaltomuotoa vielä distortion-pedaalejakin rajummin. Fuzz-pedaalit voimistavat signaalia niin paljon, että ne muuntavat sisään tulevan äänen aaltomuodon miltei syntetisaattorimaiseksi kanttiaalloksi. Fuzz on efekteistä se, mikä kuulostaa joskus jopa siltä, että vahvistimen kartio on rikki. Fuzz-pedaalin särö on niin raju, että usean äänen yhtäaikainen soitto on harkinnan varaista. Yleisin käyttö voimakkaissa fuzzeissa on melodioiden ja yksiäänisten riffien soitto. (Glynn, 2017.)

3.2.2 Säröpedaalien säätimet

Säröpedaaleja on markkinoilla lukemattomia määriä ja niissä olevien säätöjen määrässä on myös runsaasti vaihtelua. Alla on selitykset useimmista säädöistä, mitä säröpedaaleja käyttäessä on hyvä ymmärtää.

Gain/Drive/Distortion: Tämä säädin määrää sen, kuinka paljon sisään tulevaa signaalia särötetään (Darkglass, N.d.).

Level/Volume: Määrittää pedaalista poistuvan signaalin äänen voimakkuuden (Darkglass, N.d.).

Blend/Balance/Mix: Bassopedaaleissa usein tavattu säädin, jolla voidaan sekoittaa särötettyä ja puhdasta signaalia keskenään (Darkglass, N.d.).

EQ/Tone: Tämä säädin on tarkoitettu soundin hienosäätöön. Joissakin pedaaleissa voi olla säätimiä vaikkapa nimillä *low/bass, low mid/mid/high mid, treble*. (Darkglass, N.d.)

3.3 Envelope filter (verhokäyräsuodin)

Envelope, suomeksi verhokäyrä, tarkoittaa äänestä puhuttaessa soittimen äänen rakennetta (Romanovski, 2018). Soittimen tuottaman äänen rakenne voidaan jakaa neljään osaan: Attack (aluke), Decay (lasku), Sustain (soivuus, kutsutaan myös hännäksi), Release (lopetus). Lyhyesti siis ADSR. Envelope Filttterit hyödyntävät tätä äänen ominaisuutta toiminnassaan yhdistämällä jonkun tietyn efektin soittimen luomaan verhokäyrään, luoden eläväisen ja soittajan soittotyylistä voimakkaasti riippuvan efektin; Mitä kovempaa soittaja soittaa, sitä voimakkaampi efekti laitteesta lähtee. Ensimmäiset envelope filttterit ilmestyivät markkinoille 1970-luvulla (Maiolo, 2013).

Envelope filttterien toiminta perustuu laitteen virtapiiriin sisältämään ”verhokäyrätunnistimeen”, joka tarkkailee sisään tulevaa signaalia ja määrittää sen perusteella, miten laitteelle määriteltyä parametria muokataan. Määriteltyjä liikkuvia parametrejä voivat olla vaikkapa niin kutsuttu low pass -filttteri, mikä voimakkaan äänen kohdalla päästää korkeita taajuuksia lävitseen, mutta hiljaisissa äänissä vain matalia. Tällä toimintaperiaatteella toimii vaikkapa Auto-wah -efekti. Low-pass filttterin sijaan käytössä voi olla päinvastainen high-pass -filttteri tai bandpass filttteri, jotka kuulostavat eriltä, mutta toimivat vastaavalla, soittimen verhokäyrään perustavalla, periaatteella. (An Introduction to Envelope Filters, N.d.)

3.3.1 Erilaisia Envelope filtttereitä

Yleisin ja ehkäpä tunnetuin envelope filttterityyppi on aiemmin mainittu Auto-wah. Kuitenkin käytännössä kaikki verhokäyrään reagoivat efektit ovat envelope filtttereitä.

Muokattavia ominaisuuksia voivat olla vaikkapa volume (auto swell) ja erilaiset vokaaliäänteitä mallintavat laitteet (vocal formant filter).

3.3.2 Envelopefilterien säätimet

Pedaalista löytyvien säätimien määrä riippuu täysin laitteesta ja sen tuottamasta efektistä. Joissakin pedaaleissa, joissa on valittavana monta eri efektityyppiä, sama säädin voi säätää eri tyylisissä efekteissä täysin eri asioita, jotka eivät välttämättä ole yhteneviä säätimen nimityksen kanssa. Seuraavassa kuitenkin yleisiä termejä, jotka on hyvä ymmärtää envelope filtereihin uppoutuessa.

Sensitivity/Response: Reaktioherkyys sisään tulevaa signaalia kohtaan. Käytännössä tällä määritellään, että miten voimakkaasti laite reagoi soiton dynamiikkaan. (Fox, N.d.)

Attack: Määrittää kuinka nopeasti nuotin alukkeeseen jälkeen filteri aukeaa. Esimerkiksi auto-swell -efektin (volume alkaa nolosta ja feidaantuu kovemmalle) kohdalla tämä voi tarkoittaa volumen voimistumisen nopeutta. (Fox, N.d.)

Decay: Sama kuin attack, mutta kohdistuu sävelen loppuun (Fox, N.d.).

Range/Depth: Liikkuvan filterin ”syvyys”. Esimerkiksi auto-wah -efektissä mitä suurempi syvyys, sitä enemmän nuotin aluke päästää korkeita taajuuksia läpi, ja sitä vähemmän se päästää niitä nuotin hiljaisessa kohtaa läpi. Suurella syvyydellä koetun äänen liikkeen laajuus on suuri. (Fox, N.d.)

Resonance/Peak/Q: Säätää esimerkiksi auto-wahissa low-pass -filterin rajataajuuden kohdalla olevaa resonanssiipiikkiä, eli kuinka paljon laite voimistaa taajuutta, minkä kohdalta se alkaa leikata taajuuksia pois (Fox, N.d.).

Mode/Type/Voice: Käytetään valitsemaan efekti pedaaleissa, joissa on useita erilaisia filtereitä valittavana (Fox, N.d.).

Blend/Mix: Sekoittaa käsiteltyä ja käsittelemätöntä signaalia (Fox, N.d.).

3.4 Pitch Shifter

Pitch Shifter eli taajuusmuunnin on efekti, joka muuntaa soivan sävelen korkeutta vaikuttamatta äänen pituuteen. Ensimmäinen kaupalliseksi päätyneet harmonisaattori (pitch shifterin yksi nimitys) kehitettiin vuonna 1975. (Laaksonen 2006, 370-371.) Pitch Shifterit ovat pääsääntöisesti aina digitaalisia toiminnaltaan, ja äänen prosessoinnista eli sävelen tunnistamisesta ja sen luomisesta aiheutuu jonkin verran viivettä sisään tulevan ja ulos lähtevän signaalien välille. Tämä viive eli latenssi korostuu soitettua säveltä korkeammassa sävelissä helpommin.

3.4.1 Erilaisia pitch shifter -efektejä

Octaver

Oktaaveri on basistien yleisessä käytössä oleva efekti, joka yksinkertaisimmillaan luo perusäänen alle saman sävelen oktaavia alemmaa. Tätä ominaisuutta käyttäen sähköbassosta voi saada mielenkiintoisia, syntikkamaisia, soundeja. Joillakin laitteilla oktaaveja voi kehittää useita, esimerkiksi kahden oktaavin päähän alas tai vaikkapa halutessaan yhden ylös. Merkittävä osa oktaavereista on monofonisia, joten ne eivät pysty käsittelemään vaikkapa sointuja oikein, ja niinpä luotu sävel saattaa hyppiä hallitsemattomasti laitteen yrittäessä paikantaa oikeaa säveltä.

Harmonizer

Siinä missä oktaaveri pystyy luomaan soitetulle sävelle vain saman sävelen eri oktaavikerrannaisia, pystyy ns. harmonizer luomaan säveliä myös muissa suhteissa. Yleinen etenkin kitaristien suosiossa oleva tapa on luoda soitetulle sävelle asteikon mukainen terssin päästä soiva harmonia. Silloin kuulostaa aivan kuin joku toinen soittaisi kitaralla alkuperäiselle soittajalle stemmaa. Kehittyneemmät harmonizerit pystyvät luomaan useita säveliä yhtä aikaa ja seuraamaan myös sointujen soittoa. Tällaisia monia yhtäaikaista säveliä hallitsevia laitteita kutsutaan polyfonisiksi.

Whammy

Whammy-pedaali on jalalla manuaalisesti kontrolloitava harmonizer. Poljettavalla säätimellä voidaan tehdä vaikkapa oktaavin mittaisia bendejä siten, että kantapään ollessa ala-asennossa, signaalia ei muuteta mitenkään, mutta kun poljinta aletaan kääntää etuasentoa kohti, liukuu sävel portaattomasti kohti ylempää oktaavia vaikka soittimesta soitetaan yhtä ja samaa säveltä. Tämä ei ole ainoa applikaatio, useisiin pedaaleihin voi ohjelmoita useita erilaisia käyttäytymismalleja.

Detune

Detune tuplaa originaalisävelen, joka on vain hieman eräviressä. Normaalisti puhutaan reilusti alle puolisävelaskelen erosta, joka hieman paksuntaa soundia. Hyvin yleinen syntetisaattoreiden keskuudessa.

3.4.2 Pitch Shifterin säätimet

Mode/FX type: Tällä valitaan, minkälainen harmonisointitapa laitteesta otetaan käyttöön, mikäli niitä on enemmän kuin yksi (Roland, 2010).

Voice1,2,3..: Kunkin lisättävän sävelen voimakkuussäädin (Roland, 2010).

Harmony/Interval/: Valitaan, mitä intervallia soitetulle sävelelle halutaan. Esimerkkinä kvintti, terssi, kvartti jne. (Roland, 2010.)

Scale/Key: Säätimellä valitaan asteikko tai sen pohjasävel (Roland, 2010).

Blend/Mix/Balance: Näitä nimityksiä käytetään säätimelle, jolla käsittelemättömän signaalin suhdettä käsiteltyyn voidaan muokata (Roland, 2010).

3.5 Modular effects (Moduloivat efektit)

Moduloivat efektit ovat ryhmä efektejä, joiden toimintaa tyypillisesti ohjaa niin kutsuttu LFO-modulaattori, eli Low Frequency Oscillator. (Davis & Jones 1989, 277.) LFO eli suomeksi matalataajuusoskillaattori on laitteen sisäistä kelloa ohjaava hidas aalto-liike, mikä määrittää efektin nopeuden. LFO:n valittava aika-arvo voi olla esimerkiksi 0,1-20Hz välillä, mutta poikkeuksia toki on. Tyypillisiä LFO-muotoja ovat sini-, kantti-, kolmio- ja saha-aalto (sine, square, triangle, saw wave), ja niillä saadaan efekteihin eri tyyppisiä liikehdintöjä.

Bassoille spesifisti tarkoitetuissa pedaaleissa saattaa olla säröpedaaleistakin tuttu ”low pass”-ominaisuus, joka päästää matalimmat taajuudet lävitse käsittelemättömänä, vaikka osa efekteistä etenkin kitaroille tarkoitettuna versioina vaikuttaisivatkin koko taajuusalueeseen. Tälle on syynä se, että vastavaiheessa (johon esim choruksen, flangerin ja phaserin toiminta perustuu) olevat bassotaajuudet kumoavat toisensa ja musiikista putoaa silloin botne pois, eikä se yleensä ole toivottavaa.

3.5.1 Erilaisia moduloivia efektejä

Chorus

Chorus-efektin toiminta perustuu alkuperäisen signaalin ja sen viivästetyn kopion yhtäaikaisen soinnin aiheuttamiin vaihevirheisiin. Viivästyksen määrää vaihdellaan jatkuvasti ja vaihtelusta vastaa LFO. Tästä seuraa chorukselle tyypillinen huokuva soundi. Choruksen tyypillinen viivästysaika sijoittuu jonnekin 20-30 millisekunnin tienoille. Choruksen tavoitteena on imitoida kahden unisonossa soittavan soittajan tuottamaa soundia ilman, että tarvitaan kahta soittajaa. (Laaksonen 2006, 367-368.)

Flanger

Flangerille tyypillinen soundi on tuulitunnelimainen soundi. Se toimii samalla perusperiaatteella kuin chorus, mutta viiveaika on pienempi, tyypillisesti 1-10 millisekunnin luokkaa. (mts. 368.)

Phaser

Phaser eli "phase shifter" on ollut soittajien aktiivisessa käytössä jo 1960-luvulta lähtien. Flangerin ja choruksen toiminnasta poiketen phaserin moduloiva viivästetty signaali vaikuttaa vain osaan, yleensä niin kutsutun "band pass"-filtterin määäämiin taajuuksiin. LFO:lla ohjataan tämän filtterin raja-arvoja, eli taajuuksia joiden ylä- ja alapuolelta viivästetty signaali leikataan pois. Tämä aiheuttaa phaserille tyypillisen paikallisen taajuuksien vastavaiheisuuden vaihtelun, mikä flangerissa ja choruksessa siis vaikuttaa audiosignaalin koko taajuusalueeseen. (Laaksonen 2006, 369.)

Ring Modulator

Ring modulaattori on aikamoinen villi kortti, minkä voi pelata siinä kohtaa kun halutaan oikeasti yllättää bändi ja yleisö bassosoolon aikana. Se ei käytä modulointiin LFO:ta vaan erityistä VCA-modulaattoria (Voltage-Control-Amplifier). (Rise N.d.)

Tremolo

Tremolon vaikutus ei perustu viiveeseen, vaan LFO:lla ohjataan signaalin volumea (mts. 370). Erilaisilla LFO-aaltotyypeillä ja eri voimakkuussäädöillä voidaan saada aikaan joko hennosti huojuvasta volumevaihtelusta konemaiseen "nollasta sataan" -sykkimiseen, jossa äänentaso vaihtelee täysin hiljaisesta suoraan maksimiin.

Vibrato

Vibrato-efekti syntyy, kun sisään tulevan signaalin sointinopeutta säädellään. Tästä säätämisestä vastaa tyypillisesti LFO-käyrä, jonka mukaisesti signaalin nopeutta säädetään hitaammaksi ja nopeammaksi. Tästä seuraa myös sävelkorkeuden vaihtelua, minkä ihmiset käsittävät vibratona. (mts. 367.)

3.5.2 Modulaatioefektien säätimiä

(Fx) Level/Volume/Mix: Rinnakkaisen eli moduloivan ja alkuperäisen signaalin keskinäisen voimakkuussuhteen säädin (What is a Chorus Pedal, 2020).

Delay time: Kopioitavan signaalin viiveen säädin. (Mt.)

Depth/Width: Efektin eli modulaation syvyys, voidaan myös puhua efektin voimakkuudesta. (Mt.)

Speed/Rate: Määrää kuinka nopea LFO efektiä kontrolloi. Mitä nopeampi LFO, sitä nopeammin efekti ”huojuu”. (Mt.)

Ramp/Shape: Määrittää efektiä muovaavan LFO-filtterin muotoa ja jyrkkyyttä (What is a Chorus Pedal, 2020).

3.6 Reverb/Delay (Kaikuefektit)

Teoriassa reverbit ja delayt toimivat myös modulaattorin avulla siinä, että niidenkin toiminnan runkona on aikaa määrittävä LFO-modulaattori. Ne ovat käyttötarkoitukseltaan kuitenkin hyvin erilaisia esimerkiksi choruksen ja tremolon kanssa, että ne kuuluvat omaan ryhmäänsä. Kaikuefektien tarkoituksena on luoda soittimen äänelle tilan tuntua. Kaikupedaalit voidaan jakaa raa’asti kahteen ryhmään; Delay ja Reverb.

Delaylla tarkoitetaan alkuperäissignaalin kopiota, joka toistuu tietyin väliajoin sellaisenaan tai hiljenevänä ja mahdollisesti muulla tavalla muovaantuvana jatkumona. Delaylle tyypillistä on, että kuulija pystyy erottamaan jokaisen kaiun selkeästi.

Reverb sen sijaan on kaikuvista tiloista tuttu useiden eri mittaisten kaikujen suma, eikä yksittäisiä selkeitä kaikuvastauksia pysty erottamaan.

Basistien kannattaa kiinnittää huomiota siihen, että mikäli bassosignaalista kaiutetaan myös kaikkein alimmat taajuudet, bassosignaalista tulee hyvin sekavan kuulosta, eikä ole musikaalisilta ominaisuuksiltaan kovin moneen tilanteeseen sopiva. Mikäli mitenkään mahdollista, kannattaa kaiutettavasta signaalista pyrkiä leikkaamaan alataajuuksia pois, hyödyntämällä esimerkiksi signal-blendereitä/signal looppeireita ja ekvalisaattoreita. Tällaisia hyödyntäessä itse alkuperäisen sähköbassosignaalin alakerta säilyy, mutta vain kaiusta pystyy leikkaamaan alataajuuden pois sekoittamasta pakkaa.

3.6.1 Erilaisia Delay-efektityyppejä

Delay-efektejä löytyy nykyisistä digitaalisista multiefektilaitteista paljon enemmänkin, mutta alta löytyy muutama yleisesti käytetty.

Digital delay

Digital delay on alun perin digitaalinen tape delayta mallintava laite. (Hertzog & Dörig 2018, 39.)

Ducking delay

Ducking delayn eli kyykkäävän kaiun ajatus on, että kaiku seuraa sisään tulevaa signaalia ja sen voimakkuutta. Mitä voimakkaampi signaali sisään tulee, sitä hiljaisemmalla kaiku on. Tämä johtaa siihen, että kaiku ikään kuin väistää soittajan tarjoamaa soitantaa taajuuskaistaa liikaa tukkimatta, mutta soiton loputtua kaiku tulee esiin voimakkaammin ottaen kaistaa haltuunsa.

Ping pong delay

Ping pong delay on saanut nimensä pingispallon lailla stereokuvassa puolelta toiselle pomppivasta kaiustaan. Tämä efekti aiheuttaa kuulijalle laajemman tilan tunteen kuin yksinkertainen stereokuvan keskellä oleva niin kutsuttu mono-kaiku.

Reverse delay

Reverse – eli käänteinen delay on juuri sitä mitä nimi väittää; se kääntää sisääntulevan signaalin takaperin.

Tape delay

Ensimmäiset kaikulaitteet olivat juuri näitä, eli niin kutsuttuja nauhakaikuja. Ne toimivat siten, että sisään soitettava signaali tallentui magneettinauhalle joka sitten toistettiin määrätyn viiveen jälkeen. (Hertzog & Dörig 2018, 39.)

3.6.2 Erilaisia Reverb-efektityyppejä

Reverb-efektejä löytyy nykyisistä digitaalisista multiefektilaitteista paljon enemmänkin, mutta alta löytyy muutama yleisesti käytetty.

Hall/Room/Cathedral yms.

Nämä reverbit pyrkivät imitoimaan nimenmukaisia tiloja. Tyypillisiä mallinnettavia kohteita ovat tunnetut äänitystudiot, esiintymistilat ja vaikkapa kirkot ja katedraalit kuoroja varten. Tottakai kirkossa voi bassosoolojakin soittaa.

Plate reverb

Plate reverb eli levykaiku toimii samalla idealla kuin jousikaiku, mutta ääni johdetaan jousen sijaan jousien varassa olevaan levyyn, josta taltioitu soundi liitetään alkuperäiseen signaaliin. (Hertzog & Dörig 2018, 39.)

Shimmer reverb

Shimmer reverbiä käytetään usein ambient-tyylisessä musiikissa sen omintakeisen soundinsa takia. Shimmer-kaiku luodaan siten, että sisään tuleva signaali muunnetaan oktaavia ylemmäksi ja se signaali kaiutetaan täysin.

Spring reverb

Spring reverbissä eli jousikaiussa audiosignaali ajetaan metallisen jousen läpi ja aikaan saatu soundi tallennetaan jousen toisessa päässä olevalla mikrofonilla. Tämä signaali sekoitetaan alkuperäiseen soundiin. Tämä reverb-tyyppi on yleinen kitara-vahvistimissa. (Hertzog & Dörig 2018, 39.)

3.6.3 Kaikupedaalien säätimiä

Level/Delay/Reverb/Mix: Kaiun määrä kokonaissignaalisissa (Fox, N.d.).

Time/Decay: Delay-pedaaleissa Time tarkoittaa sitä, kuinka pitkä aika soitettujen sävelten ja sen kaiun välillä on. Reverb-pedaaleissa nämä tarkoittavat kaiun mittaa, eli kuinka kauan kaiku kestää. (Fox, N.d.)

Feedback/Repeats: Delay-pedaalien toistojen määrä; mitä isommalla tämä säätö on, sitä pidemmän aikaa toistoja tulee ja sitä hitaammin ne häipyvät pois (Fox, N.d.).

Depth/Spread: Joistain laitteista löytyvä efektin stereokuvan laajuussäädin.

Tone/Eq: Säädin, jolla voidaan muokata kaiun soundia joko kirkkaammaksi tai tummemmaksi.

Mode/Type: Valitaan kaiun tyyppi, jos pedaalissa on useampi sisään rakennettu vaihtoehto (Fox, N.d.).

4 Tutkimusmenetelmä ja toteutus

4.1 Tutkimuksellinen kehittämistyö

Opinnäytetyöni pohjautuu tutkimuksellisen kehittämistoiminnan periaatteisiin. Tutkimuksellisessa kehittämistoiminnassa on nimensä mukaisesti ajatuksena kehittää olemassa olevaa tuotetta tai palvelua nojaten tutkimuksen tuomaan tietoon. Tutkimuksellisen kehittämistoiminnan periaatteiden mukaisesti keskityin työssäni ja tutkimusmateriaalin hankinnassa huolelliseen toiminnan monitorointiin ja dokumentointiin. Saavutettu tieto ei menetelmän mukaisesti ole suora vastaus tai ratkaisu johonkin bassosignaalin käsittelyyn liittyvässä ongelmaan, vaan ideana näkökulmia aiheesta keskusteltaessa erilaisissa käytännön tilanteissa. (Rantanen & Toikko 2009, 156-157.)

Työni tarkoituksena on kehittää olemassa olevaa tietoutta bassolle oleellisen efektoinnin hallinnasta ja ymmärryksestä. On hyvin haastavaa löytää aiheesta kirjallisuutta tai nettijulkaisuja, jotka pureutuvat syvällisemmin efektien järjestyksen merkitykseen. Tavoitteenani on luoda oppimateriaalia, joka pystyy antamaan perustelut erilaisille pedaali järjestyksille ja -ratkaisuille niin, että oppija pystyy tekemään sen pohjalta tietoisia ja hänen tarpeisiinsa parhaiten soveltuvia ratkaisuja.

4.2 Toteutus

Pohtiessani tutkimuksen menetelmää ja toteuttamistapaa, päädyin moninaisten vaihtoehtojen joukosta mielestäni suoraviivaisimpaan; päätin yksinkertaisesti äänittää omaa basson soittoani erilaisten efektien läpi. Soitettaessa erilaisten efektien läpi

soittaja saattaa muovata soittotyylään ja soiton dynamiikkaa ulos tulevan signaalin reaktiivisuuden ja soundin mukaan. Tämän varioinnin kitkemiseksi hyödynsin testauksessa Rolandin RC300-loopperia äänittämällä kaikki demonstroidut tyylit sen muistiin, ja soittamalla ne sitä kautta erilaisten efektiyhdistelmien läpi. Tallensin sitten äänet tietokoneelle kytkemällä jälkimmäisen efektin tietokoneeseeni kytkettyyn Focusrite Scarlett 18i20-äänikorttiin. Videoin myön kunkin laiteparin itseäni varten infon selkeyttämiseksi.

Ennen äänityksiä säädin jokaisen pedaalin niin kutsuttuun "unity gain" -asetukseen, mikä tarkoittaa sitä, että pedaali ei vahvista eikä heikennä ulos lähtevää signaalia vaan pitää sen mahdollisimman samana. Tämän tein vertaamalla kohteena olevan pedaalin lähettämää signaalia siihen ajettuun kuivaan signaaliin. Vertailussa käytin apuvälineenä korvan lisäksi tietokoneen äänitysohjelmassa näkyvän amplitudimittarin yhdistelmällä. Tämä "kalibroinnin" tarkoitus on ehkäistä järjestyksestä riippuvaa volumevaihtelua, millä saattaisi olla vaikutusta tietynlaisten efektien keskinäisiin reaktiivisuuksiin.

Pedaalijärjestystä vaihtaessa en koskenut efektien säätöihin. Tämä on käytännön elämässä ongelmallinen ratkaisu, sillä tosielämässä eri asetukset toimivat eri järjestyksissä paremmin kuin muut. Mutta koska musiikki ylipäänsäkin on hyvin subjektiivinen tieteen ala, on erilaisia asetuksia efektien kesken olemassa yhtä monta kuin on käyttäjääkin. Niinpä päätin tyytyä käyttämään kaikissa laitteissa samoja asetuksia järjestyksestä huolimatta. Valitettavasti äänitettämäni materiaali rakentui niin suureksi ja vaikeahallintoiseksi, ettei sitä ollut mahdollista saada lukijalle kuultavaksi.

Analysoin äänittämäni aineistoa vertailemalla eri pedaalijärjestyksistä tehtyjä äänityksiä niin kutsutulla A/B -vertailulla. Tämä tarkoittaa, että avasin efektiparien molemmat järjestysvariantit videonkäsittelyohjelmaan rinnakkain, ja vaihtelin kumpi milloinkin kuului. Tällä tavalla pystyin vertaamaan tehokkaasti, millaisia muutoksia ulos tuleva signaali piti sisällään.

Kokosin tutkimukseni pohjalta nettisivuilleni eräänlaisen interaktiivisen tietopakettin, johon tiivistin hankkimani tiedot mielestäni helppokäyttöiseksi ja -lukuseksi kokonaisuudeksi. Nettisivun sisältö on tarkoitettu pikaisen avun ja ratkaisun löytämiseen. Nettisivun alussa on pieni esittely sivuston tarkoituksesta, minkä jälkeen on napakka tietopaketti basisteille liittyen heidän kannalta oleellisiin efektilaitteiden ominaisuuksiin. Loppusivun valtaavaa ”efektien järjestys” -sektiota ennen kerroin vielä mitkä efektit kuuluvat mihinkäkin kategoriaan, sekä miten sivun tietojärjestelmää tulisi käyttää. Sivun ideana on rullata sivua alas niin alas, että jompikumpi pohdinnassa olevista efektityypeistä löytyy. Löydetyn efektityypin vierestä oikealta puolelta etsitään sitten toisen mietinnässä olevan efektityypin nimi. Tarvittavan tiedon pitäisi ilmestyä näkyviin.

Tähän opinnäytetyöhön kokoamani aineisto on suunniteltu oppimateriaaliksi niille, jotka haluavat syventyä tarkemmin audiosignaalin perusteisiin ja kunkin efektityypin toimintaperiaatteisiin.

<https://horttanamusix.wixsite.com/anttihorttana/fx-reaktiivisuus>

5 Tutkimusten pohjalta tehdyt päätelmät

5.1.1 Kompressorin sijoittamisesta signaaliketjuun

Kompressorin sijoittamista pohtiessa kannattaa ottaa erityisesti huomioon se, että ulos lähtevä signaali on dynaamiselta alueelta rajoittuneempi, kuin siihen tuleva. Siispä lähtökohtaisesti hyvä valinta on sijoittaa kompressorin heti envelope filterien perään. Tällöin envelope filterit saavat niiden tarvitseman dynamiikkavaihtelun ja kompressorin sitten tasoittaa signaalissa esiintyviä mahdollisia resonanssipeikkoja.

Pitch Shifter -efektit hyötyvät kompressorista niiden edessä sen verran, että etenkin pitkissä äänissä häntä pysyy pidempään voimakkaana, ja siten soivan äänen trakkäys (tracking) on laitteelle siten helpompaa.

Säröpedaalien suhteen kannattaa miettiä, kuinka paljon säröön haluaa vaikuttaa soiton voimakkuudella ja sen vaihtelulla. Omakohtainen kokemukseni on se, että vähäisillä gain-asetuksilla (vähäisellä särön määrällä) ja haettaessa niin kutsuttua reunasäröä, jossa vain nuotin aluke säröytyy, kannattaa kompressori sijoittaa vasta särön jälkeen. Tähän on syynä se, että mitä suurempi voimakkuusero säröpedaaliin sisään tulevien nuottien alukkeilla ja hännillä on, sitä paremmin alukkeen pystyy erottamaan hännästä ja täten säröyttämään vain sen. Näin nuottien hännät saadaan pidettyä mahdollisimman säröttöminä mikäli se on toivottavaa.

Raskaimmilla säröillä sijoitus on omasta mielestäni toisin päin; kompressori ennen säröä. Voimakkailla särötyksillä, jotka särkevät siis käytännössä koko signaalia alukkeesta häntään, soiton dynamiikan rooli vähenee huomattavasti. Lisäksi kovilla säädöillä säröpedaalin luoma kohina voi olla niin voimakasta, että mikäli kompressorin sijoittaa vasta särön perään, se voimistaa kohinaa häiritsevälle tasolle. Vähäisillä gain-asetuksilla ja laadukkaita säröjä käytettäessä kohinasta tuleva ongelma ei useinkaan ole niin voimakas, etteikö sen kanssa elää.

Mitään ei kuitenkaan estä sijoittamasta kompressoria myös myöhemmälle signaaliketjuun. Hyötyä siitä voi olla vaikkapa moduloivien efektien, kuten chorus tai flanger, perässä. Ajatuksena tällöin on tasoittaa näiden efektien aiheuttamia resonanssipeikkejä, joita saattaa ilmetä voimakkailla asetuksilla signaalissa ilmenevien myötävaikheisten taajuuksien myötä. Tämmöiset taajuuspiikit saattavat olla kuulijalle epämiellyttäviä, joten kompressorilla on mahdollista estää äänentason nousua liian kovaksi muuhun äänentason verrattuna.

Volumepedaali, kaikupedaalit ja tremolo ovat kutakuinkin ainoita pedaaleja, jotka kannattaa sijoittaa aina vasta kompressorin perään. Näiden efektien toimintaan kompressori vaikuttaa hankaloittavasti.

5.1.2 Säröpedaalien sijoittamisesta signaaliketjuun

Säröpedaaleilla on bassosignaaliin osittain samankaltainen vaikutus kuin kompresso-reilla; myös ne vähentävät uloslähtevän signaalin dynaamista aluetta. Kuitenkin särön ja kompression käytös on muilta osin hyvin erilainen, sillä säröytynyt signaali pitää sisällään paljon yläsäveliä, joita ei alkuperäisessä signaalissa välttämättä ole paikalla ollenkaan. Tästä seuraa se, että pohjasävelen lisäksi signaalissa on runsas määrä "taajuudellista informaatiota" jolla on vaikutuksia muiden efektien toimintaan. Yleinen, ja toimivaksi todettu tapa on laittaa säröpedaali envelope filterien, pitch shifterien ja kompressorin perään, ennen moduloivia ja kaiuttavia efektejä. Säröistä on kuitenkin moneen, ja säröt voidaan jakaa raa'asti kolmeen ryhmään: fuzz, distortion ja overdrive. Kullakin näistä on omat ominaisuutensa, jotka vaikuttavat niiden sijoitukseen signaaliketjussa.

Overdrive, vapaalta suomennokseltaan reunasärö, on näistä kolmesta tyypistä hienovaraisin. Vähäisimmällä särötyksellä se ei juurikaan vaikuta pedaalista ulos lähtevään dynamiikkaan, joten sen sijoitus jopa ennen envelope filteriä on täysin mahdollista. Overdriven mukanaan tuomat korkeat taajuudet saattavat parhaimmillaan jopa pinnallisesti voimistaa envelope filterien, kuten auto-wah, toimintaa. Mikään ei kuitenkaan estä päinvastaista sijoitusta, ja niinpä tässä kannattaa ottaa huomioon tulevat osat signaaliketjusta. Overdrive on luonteeltaan voimakkaasti soiton dynamiikkaan reagoiva efekti; soitettaessa lujaa, särö lisääntyy, ja päinvastoin. Niinpä kompressorin kanssa kannattaa tehdä testauksia, kumpi järjestys tuo mieluisamman soundin ja reaktiivisuuden. Itse laitan overdriven usein ennen kompressorin, jotta soittotatsin vaikutus olisi mahdollisimman voimakas. Suosittelen tätä erityisesti läitisevää soundia etsiville.

Distortion on voimakkaammin särötetty versio overdrivestä. Tässä tapauksessa distortion-efektillä tarkoitetaan särösoundia, jossa koko sävel alukkeesta häntään on säröllä, ja dynaamista vaihtelua signaalissa ei juuri ole. Tällaisen särön sijoittaminen ennen envelope filtereitä ei ole suotavaa samasta syystä kuin kompressorinkaan; uloslähtevässä signaalissa ei ole verrattain yhtä paljon envelope filterien tarvitsemää dy-

naamista vaihtelua. Distortion-särö kannattaakin sijoittaa kompressorin jälkeen, mikäli säröstä halutaan mahdollisimman tasaista, ja taustakohina halutaan pitää mahdollisimman matalana. Joissakin tapauksissa tässä kannattaa kuitenkin pohtia myös overdrive-säröön (yllä) päteviä sääntöjä. Modulaatio-efektien, kuten choruksen, phaserin tai flangerin, tuoma vaikutus hukkuu säröön, mikäli ne sijoitetaan ennen säröä. Ne saattavat kuitenkin ”paksuntaa” soundia, mikä saattaa toimia jossain tapauksissa. Yleisesti ottaen kuitenkin suositeltavaa on jättää kaikki modulaatio-efektit vasta särön jälkeen.

Fuzz-särö on säröä vietyä niin pitkälle, ettei alkuperäistä signaalia juuri ole enää mahdollista tunnistaa. Tähän pätee pääasiassa samantapaiset säännöt kuin distortion-säröön.

Pitch shifterien toiminnan kannalta säröt ovat epäkäytännöllisiä. Säröt nimittäin luovat signaaliin voimakkaasti perussävelestä poikkeavaa taajuusinformaatiota, joka vaikeuttaa perussävelen tunnistamista ja täten tekee pitch shifterien toiminnasta epävarmaa. Säröt siis kannattaa sijoittaa vasta näiden jälkeen.

Kaikki särötyypit kannattaa sijoittaa kaikupedaalien eteen. Mikäli särö sijoitetaan vasta kaikujen jälkeen, on lopputulos yleensä varsin tukkoinen ja epäselvä.

Volumepedaalilla tehdä säröillä hyvin eri tyyppisiä vaikutuksia. Mikäli volumepedaalin sijoittaa ennen säröä, pystyy särön määrää hallitsemaan volumepedaalilla, mutta itse volumen hallinta on epälineaarista. Mikäli säröpedaali on ennen volumepedaalia, säädetään sillä äänenvoimakkuutta vaikuttamatta soundiin.

Wah-pedaalin (manuaalinen) sijoitus särön jälkeen aiheuttaa voimakkaamman efektin, mutta päinvastaisessa järjestyksessä signaali kuulostaa tasaisemmalta ja siten omasta mielestäni ”luonnollisemmalta”. Tämä on voimakkaasti mielipidekysymys.

5.1.3 Envelope Filttorien sijoittamisesta signaaliketjuun

Envelope filttorit ovat kaikista voimakkaisten riippuvaisia soiton dynamiikasta. Täten ne kannattaa sijoittaa paikkaan, jossa signaalia on tasoitettu mahdollisimman vähän; alkuun. Kompressorit ja säröt kaventavat soiton dynaamista vaihtelua, joten nämä kannattaa lähtökohtaisesti sijoittaa vasta envelope filttorien perään. Poikkeuksena kuitenkin voi olla niin kutsuttu reunasäro tai overdrive, jolla voi oikein asetuksin saada envelopefilttorien efektin erottumaan voimakkaammin. Säädöt kannattaa kuitenkin yrittää asettaa niin, ettei soundi säröydy liikaa ja sitä myöten menetä dynaamisia ominaisuuksiaan.

Testaillessani envelope filttoria eri paikoissa, löysin myös muutaman epätavallisen sijoituksen, joilla voi olla käyttöä joissakin spesifeissä tilanteissa; Sijoitettuani envelope filttorien voimakkaan reverbin perään, alkoi auto-wahini reagoida kaiun häntiin siten, että kuulosti ikään kuin tuuli olisi suhissut. Toinen kaiku siihen perään olisi saattanut luoda hyvinkin eteerisiä fiiliksiä kuulijalle, mutta valitettavasti se ei mahtunut resurssiin.

Toinen yllättävä löytö oli envelope filttorien sijoitus tremolo-efektin perään. Tremololla sai luotua sykkivän rytmin, johon auto-wah luonnollisesti reagoi. Suosittelen kokeilemaan.

Volume-pedaalin ollessa sijoitettuna ennen envelope filttoria, on volume-pedaali mahdollista saada toimimaan vähän wah-pedaalin tapaan, koska mitä voimakkaampaa signaalia sillä envelope filttoriin päästää, sitä voimakkaammin se reagoi.

5.1.4 Pitch Shifterien sijoittamisesta signaaliketjuun

Pitch Shifterit ovat erittäin herkkiä sisään tulevan signaalin puhtauden suhteen. Pienikin särähdys tai epäpuhdas ääni saattaa "eksyttää" pedaalin, mikä johtaa sotkuihin toimintaan. Täten pitch shifter -efektit kannattaa sijoittaa mahdollisimman alkuun, ehdottomasti ennen säröjä, modulaatio-efektejä tai kaikuja.

Kompressorin sijoittaminen ennen tämän luokan efektiä saattaa auttaa soitettujen sävelten tunnistamisessa, koska kompressorin jäljiltä signaali on tasaisempaa ja nuotien hännät ovat voimakkaampia pidempään mahdollistaen pitkäaikaisemmän trakkäyksen (tracking). Toinen hyöty kompressorin sijoittamisesta nimenomaan ennen pitch shiftereitä on se, että esimerkiksi oktaaverin luoma alasävel saattaa menettää suunniteltua tehoaan, mikäli kompressorin leikkaa sen tuomaa lisävolumea pois sen ollessa sijoitettuna oktaaverin jälkeen.

5.1.5 Modulaatio-efektien sijoituksesta signaaliketjussa

Modulaatio-efektien toiminta ei riipu ulkoisista tekijöistä, joten niiden sijoitus on siinä hyvin vapaata. Kuitenkin yleisin ja parhaiten niiden ominaisuuksia esille tuova sijoitus on juuri ennen kaikuja, envelope filterien, kompressoreiden, pitch shiftereiden ja säröjen jälkeen.

Osa modulaatio-efekteistä, kuten chorus, flanger ja phaser, saattavat voimakkailla asetuksilla käytettäessä aiheuttaa resonanssihiipkejä, jotka voivat olla kuulijalle epämiellyttäviä. Tällaisissa tilanteissa kompressorin sijoitus vasta modulaatio-efektien jälkeen on hyvä keino välttää korvien särkyminen.

Testaillessani modulaatio-efektien paikkoja huomasin, että mikäli vaikkapa chorusen sijoittaa kaiku-efektien jälkeen, voi lopputulosta kuvailla vaikkapa hieman psykedeliseksi. Siinä missä modulaatio-efektit ennen kaikua saavat aikaa illuusion, että huojuen soiva soitin soi suuressa tilassa, saa päin vastainen järjestys koko samaisen tilan huojumaan. Itselleni chorusen sijoitus kaiun jälkeen loi mystisen tai jopa uni-maisen tunnelman, mitä ei tapahtunut toisinpäin käytettäessä. Suosittelen testaamaan, etenkin stereona.

5.1.6 Kaiku-efektien sijoituksesta signaaliketjuun

Kaiut kannattaa lähtökohtaisesti sijoittaa signaaliketjuun viimeiseksi, sillä niiden ensisijainen tarkoitus on luoda soundille tilan tuntu: valmis soundi kaikuu tilassa jossa sitä soitetaan. Voisi siis ajatella, että se on ns. viimeinen silaus kokonaisuudelle jota soundiksi kutsutaan.

Kokeilumieliselle voi kuitenkin suositella envelopefiltterin sijoittamista kaikupedaalin jälkeen, tai mikäli on kaksi kaikupedaalia käytössä, niiden väliin. Itse sain kokeiluisani aikaan mielenkiintoisia tuulimaisia muljuavia reaktioita auto-wahistani.

Toinen suositeltava kokeilun kohde on sijoittaa chorus kaikujen jälkeen. Tuloksena tutkimuksissani oli unimainen äänimaisema, jossa koko tila minkä kaikupedaali loi, joutui chorusen luoman utuisuuden valtaan, sen sijaan että vain soitin olisi utuillut suuressa tilassa.

6 Pohdinta

Efektipedaalien järjestys on hyvin subjektiivinen asia, ja sen ympärillä leijuu paljon olettamuksia ja epämääräisyyttä. Suurin osa siihen liittyvästä keskustelusta pohjautuu yksipuolisiin näkemyksiin ja luutuneisiin asenteisiin, eikä etenkään basisteille asiasta ole saatavilla juurikaan kattavaa kirjallista tietoutta, varsinkaan suomeksi. Halusin tuoda tähän tilanteeseen muutoksen tarkastelemalla efektejä mahdollisimman monesta suunnasta, ja tutkimalla myös niitä ratkaisuja, jotka ovat jo lähtökohtaisesti monien mielestä vääriä. Näin tekemällä löysin asioita, joita en olisi osannut edes ajatella.

Yllättävintä tuloksissa oli se, että lähtökohtaisesti huonoina pidetyt ratkaisut tapasivat olla niitä kaikkein mielenkiintoisimpia, ja antoivat ikään kuin uusia taiteellisia vaihtoehtoja omaan soundilliseen ja tuotannolliseen repertuaariin. Etenkin kaikujen ja modulaatio-efektien ”vääränlainen” järjestäminen yllätti minut niiden luoman efektin voimakkuudella. Tällaisten oivallusten esiin tuominen on erityisen mielekäästä siksi, että esimerkiksi niinkin paikkansa vakiinnuttanut efekti kuin kaiku on niin ”itses-tään selvästi” viimeisenä signaaliketjussa, ettei sen paikka tule koskaan edes ajatelleeksi. Ainakaan itse en koskaan tullut sitä ajatelleeksi ennen tätä tutkimustyötä, koska kaiun paikkaa en ole luultavasti koskaan kuullut ehdotettavan muualle kuin viimeiseksi.

Tietoja etsiessäni ja taustatyötä tehdessäni jäin usein kaipaamaan perusteluja sille, miksi jokin ratkaistu oli kulloisenkin kirjoittajan mielestä juuri se oikea, ja miksi muut olivat huonompia. Siitä johtuen pyrin työssäni kertomaan sen, että millaisia vaikutuksia oletetusta ”parhaasta” vaihtoehdosta poikettaessa seuraa, oli se miten vähäpätöistä hyvänsä. Toki jouduin myös pitämään osan tekstistä hyvin lyhyenä, joten joi-tain yksityiskohtia jouduin karsimaan materiaalin helppolukuisuuden ja nettisivun selkeyden niin vaatiessa.

Äänitettyäni tutkimusmateriaalini, jonka pohjalta aloin analyysiä tekemään, huoma-sin pedaalien asetusten olleen hieman turhan hienovaraisia. Monista kombinaa-tioista oli vaikea erottaa selkeää eroa, vaikka miksauspöydän ääressä saadusta koke-muksesta tiedän että efektien pitäisi käyttäytyä tietyllä tavalla. Tästä opin sen, että esimerkkien selvyuden vuoksi kannattaa asioita hieman karrikoida, jotta ajatus tulee selkeästi esille. Tästä selkeyden vähäisyydestä huolimatta tutkimusmenetelmä oli mielestäni kokonaisuudessaan luotettava ja jopa nimenomaan tämän efektoinnin hienovaraisuuden seurauksena kytköksissä tosielämän realiteetteihin. Karsin tutki-muksesta pois epäoleellisia ja tuloksien selkeyden kannalta häiritseviä muuttujia mm. poistamalla soittajasta johtuvia soiton variantteja ja korvaamalla live-soittajan käyt-tämällä eri efektipareihin ja järjestyksiin samoja, ennalta äänitettyjä äänileikkeitä.

Tutkimuksissani vähemmälle huomiolle ja siten kehittämistä odottamaan jäivät eri-laisten särötyyppien järjestykset. Overdrive, distrotion ja fuzz, sekä niiden keskinäi-nen järjestys on eräs efektijärjestyksen kiistellyimmistä aiheista. Näiden järjestystä sivutaan mutta ei varsinaisesti syvennytä itse opinnäytetyön tekstissä kyllä, mutta nettisivuille rakentamassani pikaoppaassa niihin ei pureuduta lainkaan. Tarkempaa tietoa ja ohjeistusta olisi tehtävissä myös niin kutsutussa ”rinnakkais efektoinnissa” (eng. parallel processing), mikä mahdollistaa vielä monenlaisia ratkaisuja basistien soundin metsästyksessä.

Luomani oppimateriaali soveltuu mielestäni hyvin niin alkaville bassoefektoijille kuin opettajille, joiden oppilaat ovat kiinnostuneita efektien käytöstä. Opetusmateriaalia aiheesta on erittäin niukalti jos lainkaan saatavilla etenkin suomen kielellä, joten uskon nettisivujen tietopankista olevan heille apua.

Efektipedaalien Reaktiivisuus -sivun osoite:

<https://horttanamusix.wixsite.com/anttihorttana/fx-reaktiivisuus>

7 Lähteet

An Introduction to Envelope Filters: Controlling the Funk. N.d. Artikkelin Hochstrasser Electronicsin sivuilta. Viitattu 6.9.2020. <https://www.hochstrasserelectronics.com/news/introductiontoenvelopefilters>

Burrows, T. 2009. Kitara – Soittajan käsikirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Darkglass Electronics Oy. N.d. Microtubes B7k manuaali. Viitattu 5.4.2021. <https://www.darkglass.com/app/uploads/2017/01/Manual-Microtubes-B7K-2017.pdf>

Davis, G & Jones, R. 1989. Sound Reinforcement Handbook – Second Edition. Milwaukee: Hal Leonard Corporation

Fox, A. N.d. What Are Envelope Filter Effect Pedals & How Do They Work? Viitattu 5.4.2021. <https://mynewmicrophone.com/what-are-envelope-filter-effects-pedals-how-do-they-work/>

Fox, A. N.d. What Are Reverb Pedals (Guitar Effects) & How Do They Work? Viitattu 5.4.2021. <https://mynewmicrophone.com/what-are-reverb-pedals-guitar-effects-how-do-they-work/>

Fox, A. N.d. What Are Delay Pedals (Guitar Effects) & How Do They Work? Viitattu 5.4.2021. <https://mynewmicrophone.com/what-are-delay-pedals-guitar-effects-how-do-they-work>

Glynn, L. 2017 Differences between overdrive, distortion & Fuzz. Professional Music Technology. Blog. <https://www.pmtonline.co.uk/blog/2017/02/21/differences-between-overdrive-distortion-fuzz/>

Hertzog, J & Dörig, U. 2018. Guitar Sound Effects. Milwaukee, Hal Leonard LLC.

- Hicks, M. 1999. Sixties Rock – Garage, Psychedelic, and Other Satisfactions. Board of Trustees of the University of Illinois. Viitattu 5.9.2020.
- Kadis, J. 2006. Dynamic Range Processing and Digital Effects. Department of Music, Stanford University. Viitattu 4.9.2020. https://ccrma.stanford.edu/courses/192b/192b_Lecture_1_18.pdf
- Laaksonen, J. 2006. Äänityön kivijalka. Helsinki: Idemco Oy, Riffi-julkaisut
- Maiolo, A. 2013. Builder Profile: The Mu-Tron Story. Artikkelit Premier Guitar -sivustolla. Julkaistu 12.9.2013. Viitattu 5.4.2021. <https://www.premierguitar.com/gear/builder-profile-the-mu-tron-story>
- Mellor, D. 2017. Audio compressor controls: The ratio control. Adventures in Audio. <https://www.adventures-in-audio.com/audio-compressor-controls-the-ratio-control/>
- Lang, L. 2018. Digital Effects Pedal. Senior Project, Electrical Engineering Department. California Polytechnic State University. Viitattu 21.5.2020. <https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1451&context=eesp>
- Rantanen, T & Toikko, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. Näkökulmia kehittämisprosessiin ja tiedonantoon. Tampereen Yliopistopaino Oy.
- Rise, S. N.d. Ring Modulator. The Synthesizer Academy. Online lesson. Viitattu 7.9.2020. <http://synthesizeracademy.com/ring-modulator/>
- Robjohns, H. & White, P. 2002. Multi-band Compression. Artikkelit Sound on Sound -sivustolla. Viitattu 5.4.2021. <https://www.soundonsound.com/techniques/multi-band-compression-tips>
- Roland Corporation. 2010. PS-6 Harmonist Owner's Manual. Viitattu 5.4.2021. https://static.roland.com/assets/media/pdf/PS-6_M_eng01_W.pdf

Romanovski, O. 2018. Envelope. Äänioppi. Viitattu 5.9.2020.
http://web.uniarts.fi/mukatekno/Johdantosaitti/About_Sound/Envelope/

Rudolf, B. N.d. Understanding Audio Compressors and Audio Compression. Viitattu 5.4.2021. <https://www.barryrudolph.com/mix/comp.html>

Beacham, F. 2016. Using Compression for Recorded and Live Audio. 23.11.2016. Viitattu 4.9.2020. <https://www.thebroadcastbridge.com/content/entry/7278/using-compression-for-recorded-and-live-audio>

What is a Chorus Pedal? 2020. Guitar Command online guitar magazine. Julkaistu 20.8.2020. Viitattu 5.4.2021. <https://www.guitarcommand.com/chorus-pedal/>

Wilmering, T & Moffat, D & Milo, A & Sandler M. 2020. A History of Audio Effects. Centre of Digital Music. Queen Mary University of London. Viitattu 22.5.2020.
<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/3/791/htm>