

MUSIIKINTUTKIMUKSEN TEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN LUONNONSUOJELUSSA

Anita Savolainen
Kandidaatintutkielma
Musiikkitiede
Musiikin, taiteen ja
kulttuurin tutkimuksen
laitos
Jyväskylän yliopisto
Kevät 2023

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Tiedekunta Humanistis-yhteiskuntatieteellinen	Laitos Musiikin, taiteen ja kulttuurin tutkimuksen laitos
Tekijä Anita Savolainen	
Työn nimi Musiikintutkimuksen teknologian hyödyntäminen luonnonsuojelussa	
Oppiaine Musiikkitiede	Työn laji Kandidaatintutkielma
Aika Kevät 2023	Sivumäärä 24
Tiivistelmä <p>Maailman biologinen monimuotoisuus vähenee kiihtyvällä tahdilla osittain ihmisen toiminnasta johtuen. Luonnontilaisten alueiden kartoitusta saattavat kuitenkin hidastaa logistiset tai taloudelliset esteet. Lisäksi tutkijan tai vapaaehtoisen läsnäolo kartoitustilanteessa voi haitata kartoitusprosessia. Avuksi näihin haasteisiin on alettu yhä enenevässä määrin tutkia äänimaisemaekologian mahdollisuuksia. Tässä tutkielmassa esittelen äänimaisemaekologian keinoja osana kartoitusprosesseja. Tutkielman pääasiallisena tavoitteena on tehdä koonti, kuinka äänimaisemaekologiaa on hyödynnetty luonnontilaisten alueiden kartoituksessa ja erilaisten akustisten yhteisöjen tutkimuksessa. Tutkielmassa käydään läpi perusasioita äänimaisemaekologiasta, mutta sivutaan myös metsän kartoituksen muita muotoja, musiikintutkimuksen sovelluksia, sekä planetaarisen hyvinvoinnin ja ei-inhimillisen hoivan ajatuksia.</p>	
Asiasanat äänimaisemaekologia, ekoakustiikka, akustiset yhteisöt, musiikkitieteen teknologia, metsän kartoitus, planetaarinen hyvinvointi, ei-inhimillinen hoiva	
Säilytyspaikka Jyväskylän yliopisto	
Muita tietoja	

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	4
2	TEOREETTINEN TAUSTA.....	6
	2.1 Äänimaisemaekologia.....	6
	2.2 Planetaarisen hyvinvoinnin ja ei-inhimillisen hoivan ajatukset.....	9
	2.3 Metsän kartoitus Suomessa.....	10
3	ÄÄNIMAISEMAEKOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN LUONNONSUOJELUSSA.....	12
	3.1 Bioakustiikka trooppisissa metsissä.....	12
	3.2 Trooppiset akustiset yhteisöt.....	13
	3.3 Äänimaisemaekologia ja meret.....	15
4	ÄÄNIMAISEMAEKOLOGIAN TEKNOLOGIA JA SOVELLUKSET.....	17
	4.1 Äänitys ja äänimaiseman mittaus.....	17
	4.2 3D-äänitys ja sovellukset Ulu Temburongissa ja Yasunissa.....	18
	4.3 Sonic Visualizer ja MIR Toolbox.....	19
5	YHTEENVETO JA LOPPUPOHDINTA.....	21

1 JOHDANTO

Vuonna 1998 sai alkunsa Fragments of Extinction -niminen tutkimushanke, kun David Monacchi (2013) toimi johtavana tutkijana kenttänauhoituskampanjassa, jonka kohteena olivat Italian luonnolliset äänimaisemat. Monacchille heräsi intuitio, että koskemattomien metsäekosysteemien biofoniassa esiintyy sitä enemmän rakenteellisia käyttäytymisen muotoja, mitä monimuotoisempi se on, ja hän sai ajatuksen, että hyvin tuotettujen äänimaisemäänitteiden kautta olisi mahdollista kasvattaa tietoisuutta akustisen monimuotoisuuden merkityksistä suhteessa ekosysteemien tilaan. Neljä vuotta myöhemmin Monacchi matkusti Greenpeacen avustamana Amazonille nauhoittamaan häiriötöntä tilääntä vanhasta sademetsästä ja sai vahvistuksen hypoteesilleen välittömästi. Tuloksena oli satojen lajien luoma "erittäin tasapainoinen akustinen järjestelmä", jonka sisällä eri lajit tuottivat erinäisiä vokalisaatioita "hämmästyttävän säännöllisesti".

Maailman biologinen monimuotoisuus vähenee kiihtyvällä tahdilla osittain ihmisen toiminnasta johtuen (VanSchaik, 2017). Luonnontilaisten alueiden kartoitusta saattavat kuitenkin hidastaa logistiset tai taloudelliset esteet (Harris ym., 2016). Lisäksi tutkijan tai vapaaehtoisen läsnäolo kartoitustilanteessa voi haitata kartoitusprosessia (Burivalova ym., 2019). Avuksi näihin haasteisiin on alettu yhä enenevässä määrin tutkia äänimaisemaekologian mahdollisuuksia. Tässä tutkielmassa esittelen äänimaisemaekologian keinoja osana kartoitusprosesseja. Aihetta tarkasteltaessa täytyy muistaa, että aihe on melko uusi ja että tutkimustulokset ovat osittain oletuspohjaisia (Butler ym., 2021). Äänimaisemaekologia ei todennäköisimmin yksinään tule mullistamaan luonnonsuojelua, vaan sitä esitetään enemmänkin täydennykseksi olemassa oleviin kartoitustekniikoihin. Tutkielman tekohetkellä pohjoismaista saati suomenkielistä aineistoa ei ole äänimaisemaekologian hyödyntämisestä kartoituksen piirissä juurikaan löytynyt, vaikka hiljaista tietoa aiheesta mahdollisesti on olemassa myös näillä alueilla. Sen sijaan olemassa oleva tutkimus on keskittynyt pääasiassa paleo- ja neotrooppisten

metsien sekä merien äänimaisemien tutkimiseen. Tässä tutkielmassa keskityn pääasiassa metsiin. Teesini on, kuten äänimaisemaekologian piirissä yleensä, että äänimaisemaekologia sovelluksineen voi kuitenkin toimia, jollei ratkaisevana, niin ainakin suojelutoimintaa helpottavana palana vaikeassa palapelimaisessa tehtävässä, jossa toimitaan yleisesti ottaen vähäisillä resursseilla, täydentäen muita kartoitustekniikoita.

Tutkielman voi mahdollisesti nähdä myös kannanottona siitä, mikä on musiikkia. Jos historian saatossa luontokuvauksia on esitetty metaforisesti klassisessa musiikissa instrumentaation välityksellä ja populaarimusiikissa lyyrisin keinoin (Torvinen ym., 2019), ei äänimaisemienkaan yhdistäminen musiikkiin ole uusi asia (Monacchi, 2013). Tällöin voidaan kysyä, eikö äänimaisematutkimuksen hyödyntäminen luonnonsuojelussa ole merkittävä ja ajankohtainen tutkimuskysymys myös siltä kannalta, että luontokato aiheuttaa lajien menetyksen myötä myös akustisten yhteisöjen kadon, mikä edelleen merkitsee myös musiikillisten resurssien ja aihoiden katoa. Äänimaiseman, kuten muunkin maiseman, muuttuessa myös omat mielenmaisemamme ja kulttuurimme muuttuvat (Järviluoma ym., 2016). Lisäksi musiikkia voidaan pitää primitiivisimmillään yhtenä ihmisen lajityypillisenä soonisen käyttäytymisen muotona (Monacchi, 2013).

Tutkielman pääasiallisena tavoitteena on tehdä koonti, kuinka äänimaisemaekologiaa on hyödynnetty luonnontilaisten alueiden kartoituksessa ja erilaisten akustisten yhteisöjen tutkimuksessa. Tutkielmassa käydään täten läpi perusasioita äänimaisemaekologiasta, mutta pintaraapaiselta tutustutaan myös yleisesti metsän kartoituksen muihin muotoihin pyrkien näin perustelemaan, miksi täydennystä kartoitustekniikoihin tarvitaan. Esittelen myös lyhyesti aihepiiriin liittyviä sovelluksia ominaisuuksineen ja toimintoineen. Rohkenen perustaa tutkimuskysymyksen myös ajatukselle monitieteellisestä vastuusta maapallon ja globaalin, niin inhimillisen kuin ei-inhimillisenkin, yhdenvertaisuuden puolesta. Tätä ajatusta pyrin perustelemaan ja sivuamaan hieman planetaarisen hyvinvoinnin ja ei-inhimillisen hoivan ajatuksen näkökulmasta, vaikka äänimaisemaekologia itsessään pyrkii yleisesti ottaen ainakin näennäiseen arvovapauteen. Tutkielma on kirjallisuuskatsaus, joten menetelmänä on teoreettinen tutkimusote (Salminen, 2011). Lähteinä on pyritty käyttämään mahdollisimman ajankohtaisia tutkimusartikkeleita aiheeseen liittyen. Tutkimuseettisiksi kysymyksiksi aiheen tiimoilta voisi nostaa ainakin jo mainitut aiheen ja menetelmien tuoreuden, eli suhteellisen vähäisen otannan, sekä tutkimustulosten oletuspohjaisuuden.

2 TEOREETTINEN TAUSTA

2.1 Äänimaisemaekologia

Äänimaisemaekologia voidaan lyhyesti määritellä tutkimukseksi äänten koostumisesta ympäristössä (VanSchaik, 2017). Pidemmin avattuna, Pijanowskin ym. (2011) mukaan äänimaisematutkimus perustuu pyrkimykseen ymmärryksestä, kuinka erilaisista äänilähteistä koostuvasta maisemasta voidaan tarkastella ihmisen ja (lisäisin: muun) luonnon keskinäistä dynamiikkaa erilaisilla spatiaalisilla ja temporaalisilla skaaloilla. Tieteenalan synty kytkeytyy huoleen melusaasteesta ja ihmisten vähäisestä tietoisuudesta suhteessa akustisiin ympäristöihinsä. Sana äänimaisema (soundscape) valikoitui kuitenkin melun (noise) sijasta käyttöön neutraalimpana terminä. Äänilähteet jaetaan äänimaisemaekologiassa biologisiin, geofysikaalisiin ja antropogeenisiin. Näistä taas on johdettu termit biofoninen (biophonic), geofoninen (geophonic) ja antropofoninen (anthrophonic). Äänimaisemaekologia voidaan jakaa spatiaaliseen ekologiaan (spatial ecology), bioakustiikkaan (bioacoustics), urbaaniin ympäristöakustiikkaan (urban environmental acoustics), sekä akustiseen ekologiaan (acoustic ecology). Äänimaisemaekologia on kytköksissä suojeluetiikkaan (conservation ethic), mutta eroaa humanistisista tieteistä, painopisteen ollessa akustisessa ekologiassa. Tutkimus pyrkii kuvaamaan kuinka ilmasto, maan muutokset, biologisen monimuotoisuuden muodostamat erilaiset kuviot, historialliset tapahtumat ja ihmistoiminta muodostavat dynaamisen äänimaiseman (dynamic soundscape).

Pijanowskin ym. (2011) mukaan yhtenä äänimaiseman määritelmistä voidaan pitää ajatusta äänimaisemasta kokoelmana biologisia, geofysikaalisia ja antropogeenisiä ääniä, jotka virtaavat tilassa ja ajassa reflektoiden ekosysteemin tärkeitä prosesseja sekä ihmisen toimintaa. Äänimaisematutkimus on vahvasti

kytköksissä maisematutkimukseen ja maisemaekologiaan, jossa keskitytään spatiaalisten kuvioiden ja vastaavien ekologisten prosessien suhteiden tarkasteluun. Voidaan ajatella, että maisemassa ns. virtaavien äänten välillä esiintyy spatiaalista ja temporaalista vaihtelua. Äänimaisemat taas itsessään refleктоivat monia ekologisia prosesseja ja ekologisia kuvioita. Esimerkiksi geofysikaalisesta liikkeestä syntyvät geofoniset äänet, kuten veden äänet, toimivat pohjana äänimaiseman varsinaiselle tunnelmalle. Äänimaiseman pohjat, kuten metsät, niityt ja kosteikot toimivat alustana äänille, jotka ovat nisäkkäiden, lintujen, sammakkoeläinten ja hyönteisten tuottamia. Nämä äänet taas muodostavat biofonian, jota voidaan pitää kokoelmana kaikkien tilassa olevien organismien tuottamista äänistä määritellyn ajan sisällä. Antrofoniset äänet taas syntyvät ihmisen tuottamista objekteista, ja esiintyvät yleisimmin urbaanissa ympäristössä. Yhdessä kaikki nämä äänet, tai osa niistä, muodostavat äänimaiseman.

Pijanowski ym. (2011) jakavat äänimaisemaekologian perustan neljään osa-alueeseen. Ensimmäinen osa-alue on jo mainittu spatiaalinen ekologia, joka tarkastelee spatiaalis-temporaalisia skaaloja, spatiaalisia kuvioita, ekologisia prosesseja, ekologisia gradientteja ja maisematutkimuksen lisäksi keskeistä biogeografiaa. Tämän osa-alueen näkökulma on ekologiaan perustuva. Toinen osa-alue on bioakustiikka, joka tarkastelee lajien käyttäytymistä, eli eläinten kommunikaation, kuten vokalisaation morfologiaa, äänentuotannon evoluutiota sekä äänitysmetodeja. Kolmas osa-alue on psykologiaan pohjaava psykoakustiikka, jossa tarkastellaan äänen identifikaatiota, kognitiota ja akustiikkaa, sekä ihmiskäsityksiä urbaanista akustiikasta. Neljäs osa-alue, humanistisiin tieteisiin pohjaava akustinen ekologia, keskittyy ympäröivien äänten klassifikaatioon, estetiikkaan ja arvoihin, äänten taksonomiaan sekä aihepiiriin liittyvään sanastoon.

Äänimaisemaekologia on verrattain uusi näkökulma, jonka on esitetty tarjoavan ratkaisuja luonnon monimuotoisuuden ja luontoa koskevien häiriöiden arviointiin (Butler ym., 2021). Ekosysteemien kartoitusta voidaan lähestyä tiladynamiikan ja äänimaisemien keskinäisten suhteiden kautta. Aihetta ei ole vielä laajalti tutkittu, mutta teoriassa pitäisi olla mahdollista arvioida ekosysteemin häiriöitä analysoimalla äänimaiseman tilarakennetta. On väitetty, että häiriöttömässä ekosysteemissä esiintyvän äänimaiseman pitäisi osoittaa enemmän spatiaalista autokorrelaatiota kuin äänimaisemien, jotka muodostuvat häiriintyneissä ekosysteemeissä (VanSchaik, 2017). Aihetta on tutkittu ottamalla säännöllisin väliajoin tallenteita. Äänitiedostoista lasketaan erilaisia indeksejä.

Bioakustiikkaan pohjaavissa menetelmissä äänimaisemien akustista dataa voidaan analysoida monella tavalla. Bioakustiikkaa hyödyntävässä luonnonsuojelua avustamaan ja kartoitusmenetelmiä täydentävään pyrkivässä äänimaisematutkimuksessa keskeistä ovat algoritmit ja indeksit. Lukuisten vuosien

saatossa kerättyjen äänitteiden perusteella kullekin aika- ja taajuusyksikölle voidaan laskea erilaisia äänimaisemaa kuvaavia indeksejä, joiden avulla asiantuntijat ja algoritmit voivat tunnistaa yksittäisiä lajeja (Burivalova ym., 2019), kuten indikaattorilajeja (Jääskeläinen ym., 1995). Esimerkiksi Burivalova (2019) tutkimusryhmineen on tutkinut sademetsien lajistoa bioakustiikan avulla. Äänimaisemaekologian menetelmät auttavat kartoittamaan ekosysteemien lajistojen tilaa ja käyttäytymistä (Monacchi & Farina, 2019) sekä voivat auttaa konservoinnissa, alueiden biologisen monimuotoisuuden seuraamisessa (Burivalova ym., 2018) ja erilaisten yritysten maankäyttöön liittyvien sertifiointien ehtojen täyttymisen toteutumisen seuraamisessa alueilla (Burivalova ym., 2019). Bioakustiikalla on siis potentiaalia toimia apukeinona myös teollisuuden kestävä kehityksen sertifiointia ja metsähakkuita koskevissa sitoumuksissa.

Bioakustiikasta puhutaan uutena biologisen monimuotoisuuden kaukokartoitustekniikkana (Burivalova ym., 2018). Kaukokartoitustekniikalla voidaan esimerkiksi tarkastella trooppisen metsän akustista kylläisyyttä metsiä hoitavien yhteisöjen maankäytön intensiteetin kasvaessa. Kylläisyyttä voidaan verrata eri maankäyttövyöhykkeiden välillä, joilla metsäpeitteet eroavat. Tällöin voidaan tutkimustuloksia tarkasteltaessa puhua esimerkiksi poikkeaman ja ehjän tilan vaihtelun tarkkailusta. Maankäyttövyöhykkeiden sijaan voidaan myös vertailla suojeltujen ja suojelemattomien alueiden äänimaisemia keskenään tarkastellen taajuuskaistoja. Taajuuskaistoja mitataan kohteesta riippumatta yleisimmin hertseillä. Havainnot auttavat määrittämään akustisia vertailuindeksejä, ja ne voivat antaa tietoa mm. siitä, kuinka hyvin suojelualue suojelee kutakin lajia. Tutkimuksen yksi keskeinen sudenkuoppa on kuitenkin sen oletuspohjaisuus. Tästä esimerkkinä voisi mainita merten äänimaisemia tutkittaessa mainitun löydöksen, joka voitaisiin vapaasti suomentaa "oletettu kalakuoro" (Butler ym., 2021). Analysoitavat äänet ovat siis pitkälti oletettuja, ainakin mikäli toimitaan pelkästään äänitteiden varassa.

Musiikkiteknologian piirissä häiriö on perinteisesti mielletty ei-toivotuksi ääneksi, joka on tallentunut äänitysprosessissa tai häiritsee kuuntelukokemusta (d'Escriván, 2012). Melu (noise) pyritään ennaltaehkäisemään tai mahdollisuuksien mukaan neutralisoimaan. Erilaiset etäisyydet ja materiaalit tilassa vaikuttavat tilääneen, äänten resonanssiin ja suodatukseen. Myös laitteisto, kuten erityyppiset mikrofonit tai kuulokkeet vaikuttavat työskentelyyn ratkaisevasti, kuten myös mikrofonin tai mikrofonien sijoittaminen tilaan. Ääntä voidaan käsitellä, jotta esimerkiksi ei-toivottu kohina pienenee, ja vaikkapa linnunlaulu on helpompi tunnistaa äänitteeltä. Helpointa on kuitenkin tehdä hyvät esivalmistelut, kuten tuntea eri mikrofontyyppit polaaridiagrammeineen (polar diagram) ja muine ominaisuuksineen, ja valita täten tilaan ja tarkoitukseen sopiva laitteisto. Äänimaisematutkimuksessa, jossa on kartoitettu luonnontilaisia eheitä alueita,

ihmisen tuottama eli antropogeeninen melu kuvataan häiriöksi muun eläinkunnan kommunikaatiota ajatellen (Monacchi & Farina, 2019). Tällaista antropogeenistä häiriöääntä voidaan pitää myös merkinä rikkonaisesta bioakustisesta maisemasta.

2.2 Planetaarisen hyvinvoinnin ja ei-inhimillisen hoivan ajatukset

Kortetmäen ym. (2021) mukaan planetaarisen hyvinvoinnin idea lähtee arvopohjaisesta ajatuksesta, että kaikella elollisella on itseisarvoinen oikeus olla olemassa ja eliöillä oikeus elää lajityypillisiä tarpeitaan täyttäen, tunnistaen myös sairauksien, saalistuksen ja kuoleman osana luontoa. Planetaarisen hyvinvoinnin käsite ei erottele ihmistä ja muuta luontoa, ja painottaa ekologisten ja fysikaalisten järjestelmien vakauden ja toimivuuden välttämättömyyttä ekosysteemien ja lajien, myös ihmisen, säilymiselle. Suurena haasteena nähdään yhteiskunnan ja talouden rakenteiden muuttaminen suuntaan, jossa ne tukevat planetaarista hyvinvointia, eivätkä vähennä sitä. Näihin laajoihin yhteiskunnan eri järjestelmiin kohdistuviin muutoksiin on peräänkuulutettu monitieteistä panostusta ja yhteistyötä.

Planetaarisen hyvinvoinnin taustalla vaikuttavista termeistä yhtenä keskeisimpänä voidaan pitää antroposeenin käsitettä, joka liittyy nähdäkseen myös tässä tutkielmassa keskeiseen antropogeenisen äänen käsitteeseen. Antroposeeni on tieteenkentällä kiistelty termi, joka tarkoittaa holoseenin jälkeistä uutta geologista epookkia (Toivanen & Korhonen, 2017). Antroposeeni on saanut osakseen myös kritiikkiä, mutta pyrkii terminä itsessään vapaaksi ideologioista ja esittää olevansa lainkaan nojaamatta ideologisiin ajatusrakennelmiin. Toivasen ja Korhosen (2017) mukaan antroposeeniväite pyrkii tukeutumaan viime kädessä "puhtaisiin tieteellisiin faktoihin", toisin sanoen ihmisen maankuoren kivikerrostumiin jättämiin jälkiin, luoden näihin jälkiin perustuvan ehdotuksen ihmiskuntaa koskevista universaaleista totuuksista ja yhdenmukaisista lainalaisuuksista. Samankaltaisina arvovapaina jälkinä voidaan pitää antropogeenisiä ääniä, joiden on esitetty vaikuttavan myös muihin lajeihin. Ihmisen tuottama melu voi esimerkiksi haitata lintujen vuorokausirytmisiä (Monacchi & Farina, 2019).

Antroposeenin ja posthumanismin käsitteiden rantautuessa tieteen kentille ei olla voitu enää välttyä feministisen tutkimuksen näkökulmien poikkileikkauksilta luonnontieteisiin ja teknotieteisiin, joten haluan nostaa myös ajatuksen ei-inhimillisestä hoivasta näkökulmana maankäyttöön. Yksi keskeisimpiä nimiä aiheen piirissä on Maria Puig de la Bellacasa (2017), joka on hahmotellut keskustelua ei-ihmiskeskeisen etiikan mahdollisuudesta tieteen ja teknologian tutkimuksen, feministisen teorian ja humanistisen ympäristötutkimuksen välille. Keskeisimpänä näkökulmana tässä

tutkielmassa käsiteltävän aiheen kannalta pidän de la Bellacasan (2017) asettamaa kysymystä hoivan olemuksesta enemmän-kuin-inhimillisessä maailmassa. Kysymyksenousee edellä käsitellystä väittämästä, jossa ihmiskunnan nähdään siirtyneen holoseenista antroposeeniin ja humanismista posthumanismiin. Kun keskiössä ei olekaan ihminen, vaan kaikki ovat (beings), on kysyttävä mitä on hoiva tässä uudessa esiteytissä maailmanjärjestyksessä, ja mihin kaikkialle se on ulotettava. De la Bellacasa (2015) kirjoittaa esimerkiksi artikkelissaan Making time for soil: Technoscientific futurity pace of care ihmisen hallitsevasta pyrkimyksestä maaperän ymmärtämiseen lähinnä ”ihmisen tarpeet edellä tehtävän maaperän hedelmällisyyden tahdistamisen kautta” (pace its fertility with human demand). Käytännössä de la Bellacasa esittää ihmisen tahdistavan maapallon hedelmällisyyttä ihmisen tarpeet edellä, viitaten maataloustuotannon tehostettuihin sykleihin. De la Bellacasan mukaan, vaikka maapallon tilaan ja uhanalaistuviin ekologioihin on herätty niin tutkijoiden kuin maata käsittelevien tahojen toimesta kehittämään parempia tapoja hoitaa maaperää, pyrkimys ja tarve suojella maaperää ei kohtaa tuottavuuden tehostamiseen pyrkivän ajattelumallin kanssa, joka nähdään tällä hetkellä normina, ja tästä syntyy jännitteitä katsantojen ja tavoitteiden välille. Äänimaisematutkimuksessakin keskeinen ekologia taas näkee normin vastaisesti maaperän elävänä yhteisönä, eikä sadon säiliönä, ja tällöin ekologia näkökulmana tuotantoon kyseenalaistetaan. Tästä lähtökohdasta käsin, voidaan läpi tutkielman pitää taustalla ajatus suojelunäkökulmaa painottavasta tutkimuksesta yhtenä hoivan välineenä, mutta pohtia myös ajatusta luonnon tahdistamisesta, tai esitän, tahdistumisesta myös akustisten yhteisöjen vuorovaikutuksen seurauksena.

2.3 Metsän kartoitus Suomessa

Metsän kartoituksella voidaan tarkoittaa monia asioita tavoitteesta ja käytänteistä riippuen. Metsän kartoitus voi merkitä esimerkiksi lajien etsimistä ympäristöstä suojeluperusteeksi (Jääskeläinen ym., 1995) tai metsäekosysteemin rakenteen ja toiminnan välisen relaation tarkastelua kartoitettaessa tilajärjestystä (Korpela & Välimäki, 2007). Kaukokartoituksella tarkoitetaan esimerkiksi satelliittikuvan perusteella tehtyjä havaintoja. Kaukokartoitussovelluksissa tarvitaan korkeaa kartoitustarkkuutta, niin paikallisesti kuin globaalisti, kohinan minimoimiseksi. Kohina voi syntyä orientointivirheestä tai kohteen sijaintivirheistä. Korpelan ja Välimäen (2007) mukaan metsien kaukokartoituksessa on päästy vuonna 2007 puutasolle, mutta paikallinen tai globaali kartoittaminen on koettu työlääksi ”metsäolosuhteissa, kun mitattavana on suuri, peitteinen tai topografialtaan vaihteleva alue, ja kun satelliittipaikannuksessa ei voida latvuston takia päästä kuin metriluokan tarkkuuteen”. Kaukokartoituksen lisäksi alueita voidaan kartoittaa jalan,

jolloin voidaan etsiä esimerkiksi indikaattorilajeja. Indikaattorilaji (indicator species) on ekologisilta ominaisuuksiltaan hyvin tunnettu eliölaji, jonka esiintyminen alueella antaa arvokasta tietoa alueen laadusta (Mönkkönen, 2004). Indikaattorilajin esiintyminen voi indikoida esimerkiksi monimuotoisuutta. Voidaan vaikkapa puhua vanhan metsän indikaattorilajeista, jotka voivat toimia suojeluperusteena (Jääskeläinen ym., 1995). Tämäkään menetelmä ei kuitenkaan ole haasteeton. Jääskeläisen ym. (1995) tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla Kainuun valtionmaiden aarniometsäkohteita indikaattorijäkälälajiston avulla ja selvittää indikaattorilajeihin perustuvan kartoitusmenetelmän toimivuutta, keräten samalla havaintoja muustakin epifyyttijäkälälajistosta, etenkin uhanalaisista lajeista. Epifyytillä tarkoitetaan tässä yhteydessä kasvia, joka kasvaa toisen kasvin pinnalla (Tieteen termipankki, 2023). Jääskeläinen ym. (1995) kuvaavat epifyyttijäkälälajiston kartoittamista "tavattoman työlääksi", jonka myötä painotetaan, että useiden alueiden vertailuun tähtäävässä tutkimuksessa onkin järkevämpää keskittyä vain tärkeimpiin lajeihin, toisin sanoen, indikaattorilajeihin. Jääskeläinen ym. (1995) mainitsevat jo muutaman kymmenen indikaattorilajin tehokkaan kartoittamisen olevan huomattavasti nopeampaa kuin kokonaisen lajiston kartoitus. Jääskeläisen ym. (1995) mukaan indikaattorilajit ja niiden kasvupaikat on mahdollista oppia tuntemaan luotettavasti varsin lyhyen koulutuksen jälkeen. Tämän perusteella kuka tahansa voisi täydentää melko helposti kartoitusryhmiä. Tämän puolesta puhuu myös Jääskeläisen ym. (1995) havainnot eri henkilöiden tuloksista keskenään vertailukelpoisina. Tästä voisi päätellä, että kartoitusryhmiä olisi suhteellisen helppo muodostaa poikkitieteellisesti ja poikkialaisesti, mahdollisesti yhdistettynä vapaaehtoistoimintaan. Äänitteitä käytettäessä katse suuntautunee indikaattorilajeista puhuttaessa jäkälästä eläinkuntaan. Tai ehkäpä kaikki kolme mainittua kartoitusmenetelmää voisivat täydentää toisiaan kokonaiskuvaa ajatellen.

3 ÄÄNIMAISEMAEKOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN LUONNONSUOJELUSSA

3.1 Bioakustiikka trooppisissa metsissä

Kuten jo mainittu, metsän äänimaisemien tallentaminen voi auttaa seuraamaan eläinkunnan monimuotoisuutta ja auttaa suojelun suunnittelussa (Burivalova ym., 2018) sekä suojelussa (Burivalova ym., 2019), jota voidaan mielestäni mahdollisesti pitää inhimillisen hoivan (de la Bellacasa, 2017) muotona. Burivalova ym. (2019) tarkastelevat äänimaisematutkimusta trooppisissa metsissä ja arvelevat, että tallennuksen kehittyessä jatkuvasta tallentamisesta voi mahdollisesti tulla jopa normi. Tätä puoltaa bioakustiikan edullisuus paikan päällä työryhmän koko ajan läsnä ollessa suoritettaviin tutkimuksiin verrattuna. Burivalovan ym. (2019) mukaan edullisuus tekee mitausten toistamisesta helpommin toteutettavaa, eivätkä tuloksiin myöskään vaikuta yksittäisten tutkijoiden ennakkoluulot tai tarkkailijoiden läsnäolo kentällä. Burivalova ym. (2019) esittävät myös, että tietoa voidaan tulevaisuudessa analysoida uudelleen parannetuilla algoritmeilla tai etsiä tiettyjä akustisia ominaisuuksia, kuten myös Monacchin ja Farinan (2019) tutkimuksessa. Varsinaisen lajiston kartoituksen ja seurannan lisäksi ihmisen aiheuttamien äänien analyysi voi auttaa selvittämään, kuinka esimerkiksi kaupunkien tai koneiden äänet vaikuttavat elinympäristön laatuun. Monacchi ja Farina (2019) tutkivat lajien käyttäytymistä akustisten yhteisöjen ja niihin vaikuttavien häiriöäänten perusteella, sekä yhdistävät äänimaisematutkimustaan osittain musiikillisiin performansseihin herättääkseen yleistä tietoisuutta muun muassa sukupuuttoaallostaa. Burivalova ym. (2019) esittävät tämän lisäksi, että bioakustiikalla on potentiaalia toimia apukeinona teollisuuden kestäväen kehityksen sertifiointissa ja metsähakkuita koskeissa sitoumuksissa, perustaen väitteen siihen, että

äänitteiden avulla voidaan jäljittää laitonta ihmisen toimintaa, kuten salametsästäjien laukauksia tai laittomia hakkuita. Äänitteitä on mahdollista seurata reaaliaikaisesti (Monacchi, 2011).

Äänimaisemien akustinen data kerätään äänittämällä, jonka jälkeen dataa voidaan analysoida monella tavalla (Burivalova ym., 2019), esimerkiksi laskemalla kullekin aika- ja taajuusyksikölle erilaisia äänimaisemaa kuvaavia indeksejä. Indeksien avulla asiantuntijat ja algoritmit voivat tunnistaa yksittäisiä lajeja. Tutkimuksessa, joka kohdistui Papua-Uusi-Guinean trooppisiin metsiin Burivalova (2018) työryhmi-
neen käytti äänimaisemien tallentamista uutena "biologisen monimuotoisuuden kaukokartoitustekniikkana" (a new biodiversity remote-sensing technology). Tutkimuksessa tarkasteltiin, laskeeko Papua-Uusi-Guinean trooppisen metsän akustinen kylläisyys metsiä hoitavien yhteisöjen maankäytön intensiteetin kasvaessa. Käytännössä äänimaisemia kerättiin jatkuvasti 24 tunnin ajan 34:ssä paikassa kolmen eri yhteisön erilaisilla maankäyttövyöhykkeillä. Maankäyttövyöhykkeillä, joilla metsäpeite oli säilyneempi eli ehjempi äänimaiseman kylläisyys (saturation) oli huomattavasti korkeampi "akustisen toiminnan huippuaikoina" (peak acoustic activity times) verrattuna maankäyttövyöhykkeisiin, joissa metsäpeite oli hajanaista. Tutkimuksen päätelmä oli, että Papua-Uusi-Guineassa suhteellisen yksinkertaisesti toteutettu äänimaiseman kylläisyyden mitta voi tarjota edullisen, objektiivisen, helposti toistettavan ja tehokkaan työkalun trooppisten metsien poikkeamien ja ehjien tilojen vaihtelun tarkkailuun. Samantapaista mallinnusta ovat tehneet myös Monacchi ja Farina (2019).

3.2 Trooppiset akustiset yhteisöt

Monacchi ja Farina (2019) selvittivät 3D-ääniteteknologian avulla eheidän aarniometsien akustisen yhteisön biosemioottista kompleksisuutta, tarkoituksenaan luoda esimerkin ekosysteemien spatiaalisten ominaisuuksien tutkimiseen käytettävästä 3D-äänityssovelluksesta. Tutkimus toteutettiin kaksipäiväisenä katkeamattomana äänityksenä valikoiduissa paleo- ja neotrooppisissa ympäristöissä Ulu Temburongin (Brunei, Borneo) ja Yasunin (Ecuador, Amazon) alueilla. Aihetta lähestyttiin ekoakustiikan, biosemiotiikan ja fraktaalialyyysin metodologioiden pohjalta.

Monacchin ja Farinan (2019) mukaan maa- ja vesijärjestelmät ovat monimutkaisten akustisten vihjeiden muodostelma. Pijanowskiin ym. (2011) pohjaten he esittivät akustisten vihjeiden voivan olla geofysikaalista, biologista tai antropogeenistä alkuperää. Ääniä ajateltiin biosemioottisen narratiivin mukaan (Monacchi & Farina, 2019). Narratiivi koostuu ekoakustisista tapahtumista (ecoacoustic events). Ekoakustisista tapahtumista puhutaan, kun äänimaisemasta on havaittavissa tunnistettavia toiminnallisia yksiköitä, johon organismit ovat kytköksissä ja joita organismit voivat

hyödyntää ympäristönsä kontrolloinnissa. Ekoakustiset tapahtumat taas kuuluvat ekokenttäteoriaan, jonka mukaan jokainen toiminto tietyn resurssin seurannassa edellyttää objektien erillistä spatiaalista konfiguraatiota (esim. kasvien, eläinten tai äänien) merkitysten kantajana (carrier of meanings). Ekoakustiset tapahtumat luovat ajallisia ja artikuloituja akustisten merkkien sekvenssejä, jotka sisältävät erilaisia lajikohtaisia merkityksiä. Esimerkiksi muuttolinnut voivat suunnistaa keväisin sammakkokuoron avulla yöaikaan, etsiessään reittiä pohjoisille pesimäalueille jokien kosteikkoja pitkin. Lintujen kesken myös kottaraisten iltahämärän kuoro (the dusk chorus of starlings) toimii eräänlaisena tietokeskuksena erilaisille parville, liittyen ruoan etsintään. Eläimet voivat käyttää myös tuulen, vesiputousten ja kaupunkiasutusten tuottamia ääniä suunnistuksessa, navigoinnissa tai hankkiessaan tietoa tuntemattomasta ympäristöstä. Esimerkiksi riuttakalojen toukat käyttävät aaltojen murtumisen tuottamia ääniä navigoidakseen kohti elinympäristöjä, joissa he viettävät aikuisikänsä. Myös ihmisen teknologian tuottamat äänet, kuten laajakaistaäännet tai kaupungin äänet, voivat vaikuttaa esimerkiksi lintuyhteisöjen vuorokausirytmiiin. Ihmisen tuottamaa melua kutsutaan antropogeeniseksi meluksi. Kaupunkiympäristöjen on osoitettu muuttavan esimerkiksi eurooppalaisen punarintarastaan akustista aktiivisuutta.

Äänimaisematutkimuksessa äänimaiseman rakenteen odotetaan muuttuvan ajan myötä, sen ajan kuluessa, jossa analyysi suoritetaan. Monacchin ja Farinan (2019) tutkimuksessa äänet jaettiin biofonisten ja geofonisten lisäksi soonisiin (soniferous), ja antropogeenistä alkuperää oleviin teknofonisiin (technophonic) ääniin. Äänimaisemaa tarkasteltiin ajallisen skaalan kautta ja biofonisista lähteistä etsittiin tunnistettavia muuttuvia tekijöitä, eli ns. akustisia signeerauksia (acoustic signatures). Trooppisten alueiden akustisten ominaisuuksien rakennetta ja keskinäistä dynamiikkaa selvitettiin tutkimuksessa erilaisten prinssiippien avulla. Näitä olivat elinympäristöön sopeutumishypoteesi, akustisen jakamisen hypoteesi, akustisen yhteisön hypoteesi, sekä akustisen elinympäristön hypoteesi. Ensimmäinen viittaa biofonisten äänten adaptoitumiseen ympäristöön tavalla, jolla optimoidaan erilaisten akustisten signaalien lähettäminen. Akustinen jakaminen taas viittaa tapahtumiin, jossa lajit siirtävät "akustisia päästöjään" (acoustic emissions) erillisille ei-päällekkäisille taajuuksille vähentääkseen akustista kilpailua. Akustisen yhteisön hypoteesi viittaa siihen, kun lajit kokoontuvat yhteen tilapäisten akustisten toimintojen perusteella. Akustisen elinympäristön hypoteesi taas viittaa siihen, kun lajit valitsevat ympäröivien äänten perusteella parhaan mahdollisen elinympäristön.

Tutkimuksen metodit pohjasivat jo mainitun Fragments of Extinction -tutkimushankkeen aiempiin menetelmiin. Fragments of Extinction tutkii päiväntasaajalla sijaitsevien metsien jäännösten ekoakustista monimutkaisuutta. Tutkimus toimii bioakustiikan, akustisen ekologian, elektroakustisen teknologian ja sävellystaiden rajapinnoilla. Pyrkimyksenä oli muun tutkimuksen lisäksi havainnollistaa luonnon

ääniympäristöjen järjestelmällisiksi oletettuja rakenteita. Sävellystaiteen sekä esitysjä teatteriteknikan keinoin monialainen tutkimus toi äänimaisemat myös yleisön ulottuville. Akustinen järjestelmä mallinnettiin ääniteknologian avulla esitysmuotoiseksi "bioakustiseksi teatteriksi", jossa yhdistyi niin säveltaide, kuin suorana striimattu äänimaisema. Teatterirakennelmalla pyrittiin herättämään tietoisuutta mm. sukupuuttoaallost. Tietoisuuden herättämisen lisäksi, säveltaiteen ja muun tutkimuksen yhdistämisen taustalla voisi nähdä olevan myös toisen, hieman filosofisemmankin ajatuksen. Voisi sanoa, ettei säveltaide ole niin kaukana sademetsän lajien ääntelystä, kuin voisi luulla, ainakin jos uskoo Monacchin (2011) ajatukseen musiikista ihmisen syvällisimpänä soonisen ilmaisuuden muotona.

3.3 Äänimaisemaekologia ja meret

Keskityn tässä tutkielmassa pääasiassa metsien kartoituksen menetelmiin, mutta on mielestäni tärkeää nostaa, että äänimaisemaekologian mahdollisuudet on alettu tunnustamaan myös merialueiden lajiston kartoituksessa (Butler ym., 2021). Vaikka äänimaisemaekologia nähdään myös merten tutkimuksen piirissä suhteellisen uutena alana, sen mahdollisuudet tarjota näkemyksiä merellisten elinympäristöjen rakenteesta ja terveydestä on alettu tunnustaa. Butler ym. (2021) vertaavat merilevämetsän suojeltujen ja suojelemattomien alueiden äänimaisemia San Diegon edustalla Kaliforniassa. Tutkimuksessa on tarkasteltu taajuuskaistoja, joita on mitattu hertseissä. Havainnot auttavat määrittämään akustisia vertailuindeksejä Etelä-Kalifornian merilevämetsille niin suojelualueella kuin sen ulkopuolellakin, ja ne voivat antaa tietoa mm. siitä, kuinka hyvin merensuojelualue suojelee tutkimuksessa kiinnostavaksi määritellyjä lajia, esimerkiksi, voisi sanoa, indikaattorilajia. Tässä tutkimuksessa äänitteisiin tallentui esimerkiksi mainittu, oletettu kalakuoro (a putative fish chorus), joten on hyvä muistaa, että äänitteisiin nojatessa, puhumme oletuspohjaisista eli oletetuista äänistä.

Kuten Burivalova ym. (2019), myös Harris ym. (2016) tunnustavat, että monimuotoisuuden mittaustekniikoiden ja suojelutoimien esteenä voi olla logistisia ja taloudellisia esteitä. Todennäköisesti näiden esteidenkin takia ekoakustiikkaan suhtaudutaan toiveikkaasti, ja sen uskotaan tarjoavan uudenlaisia akustisten indeksien hyödyntämiseen perustuvia mekanismeja monimuotoisuuden mittaamiseen. Harrisin ym. (2016) tutkimuksessa tarkastellaan akustisten mittareiden soveltamista työkaluna nopeaan ja tehokkaaseen meren monimuotoisuuden seurantaan vertaamalla ekoakustisia indeksejä kiviriuttojen lajikoostumusten monimuotoisuusmittauksiin. Pääasiallinen tavoite oli pyrkiä selvittämään riuttakalalajiston runsautta. Akustiset tallenteet, jotka yhdistettiin visuaaliseen dataan, kerättiin yhdeksältä paikalta Uuden-Seelannin

koillisosassa. Kolmea alun perin maankäyttöön kehitettyä ekoakustista indeksiä verrattiin tallennuksen jälkeen kolmeen lajikoostumusta kuvaavaan monimuotoisuusmittariin ja verrattiin Pearson-korrelaatioiden avulla, ks. Harris ym. (2016). Lisäksi kehitettiin ja testattiin neljä kriteeriä onnistuneille ekoakustisille indekseille akustisten indeksien tulevaisuuden arvioinnin ja käytön standardoimiseksi. Tällaisia keinoja voisi mielestäni hyvin soveltaa myös pohjoismaisissa vesistöissä tai vaikkapa suoalueilla.

4 ÄÄNIMAISEMAEKOLOGIAN TEKNOLOGIA JA SOVELLUKSET

4.1 Äänitys ja äänimaiseman mittaaminen

Äänimaisemia on mahdollista nauhoittaa monin eri tavoin, ja on olemassa lukuisia työkaluja ja tekniikoita, joilla äänitiedostoja voidaan analysoida. Näistä työkaluista ja tekniikoista ovat kirjoittaneet kattavasti Pijanowski ym. (2011). Yksi mainittu myös ornitologien suosima visuaalinen akustinen työkalu on spektrogrammi. Spektrogrammeista voi tarkastella akustisia taajuuksia y-akselilla ja aikaa x-akselilla. Erilaiset väritykset merkitsevät intensiteettiä. Näin esimerkiksi eri lajien äänellisen käyttäytymisen ja sen variaatiot eri vuorokauden aikoina voidaan tunnistaa äänitteiltä, tai vaikkapa geofonisia tapahtumia, kuten sade. Spektrogrammia voidaan analysoida monin eri tavoin. Esimerkiksi intensiteettiä tarkastelemalla voidaan mitata alueen akustista monimuotoisuutta, tasaisuutta ja dominanssia. Näitä asioita eri sijainneista nauhoitetuista äänitteistä tarkastelemalla voidaan esimerkiksi seurata maankäytön vaikutuksia.

Äänimaisemaekologian kysymyksenasettelu perustuu äänimaiseman tarkasteluun akustisesti, temporaalisesti ja spatiaalisesti. Organismit tuottavat laajan spektrin ääniä, ja näillä kokonaisuuksilla oletetaan olevan ekologisia seurauksia. Bioakustikot ovat esimerkiksi esittäneet, että lajit pystyvät mukauttamaan signaalinsa minimoidakseen muiden lajien tuottamat häiriöäänet ja maksimoidakseen keskinäisen kommunikationsa tehokkuuden. Äänentuoton ajoituksen, taajuuden ja paikan tulisi tukea toisten lajien tuottamien akustisten häiriöiden poissulkemista. Äänentuoton temporaaliset syklit taas muodostuvat esimerkiksi vuorokausirytmiiin tai vuodenaikojen vaihteluun liitettäviin käyttäytymismalleihin liittyen. Spatiaalisia ulottuvuuksia voidaan

tarkastella eri gradienttien perusteella. Yksi esitetty gradientti on maanmuokkaukseen liittyvä ihmisen aiheuttaman häiriön gradientti.

Maisemaekologiasta tutut spatiaaliset analyysityökalut, kuten maantieteelliset tietojärjestelmät (GIS), kaukokartoitusohjelmistot, ja spatiaalimetriset ohjelmistot ovat kehittyneet ja niistä on tullut suhteellisen käyttäjäystävällisiä. Bioakustiikan ohjelmistot ovat myös kehittyneet viime vuosina tehokkaiksi, ja ohjelmistot ovat helposti saatavilla useille tietokonealustoille. Äänimaisemaekologia hyötyy eri tieteenalojen jo olemassa-olevien työkalujen käytöstä, mutta myös uusia työkaluja tarvitaan akustisen datan analysointiin, tai näin on ainakin linjattu vielä vuonna 2011. Suurimpia haasteita bioakustiikan käytössä ovat jättimäiset tiedostokoot ja äänitteiden suuri määrä, jolloin niin tallennustilan riittävyys, kuin tiedostojen käsittely muodostuvat haasteellisiksi. Pijanowski ym. (2011) mainitsevat käytettyinä ohjelmistotyökaluina RAVENin, jonka ominaisuuksiin kuuluu mm. äänen visualisointi, sekä SEEWAREn, joka mahdollistaa suurtenkin tiedostomäärien yhtäaikaista tarkastelua. Kehitystyötä on tehty myös eläinten äänien automaattisen tunnistamisen parissa. Tutkijat ovat onnistuneet hyödyntämään koneoppimiseen tarkoitettuja työkaluja sekä tilastotyökaluja hyönteisten, lintujen ja nisäkkäiden erilaisten ääntely- ja stridulaatiokuvioiden luokittelussa. Song Scope -ohjelmisto esimerkiksi käyttää sisäänrakennettuja tilastollisia luokittimia (classifiers), jotka skannaavat kenttätallenteista automaattisesti tuttuja määritettyjä kuvioita. Koska tiedostomäärät ovat kuitenkin suuria, monikaan olemassa olevista ohjelmistoista ei ole täysin ongelmaton tai tarpeeksi kehittynyt vastaamaan tutkimuksen tarpeisiin.

4.2 3D-äänitys ja sovellukset Ulu Temburongissa ja Yasunissa

Monacchin ja Farinan (2019) mukaan 3D-äänityksen metodologia mahdollistaa äänimaiseman kuvauksen spatiaalisesta näkökulmasta. Monacchin ja Farinan (2019) tutkimusryhmä tallensi Ulu Temburongin ja Yasunin tietoaineiston kolmella rinnakkaisella kolmiulotteisesti asetellulla mikrofonilla. Tekniikan tarkoitus oli mahdollistaa äänimaiseman spatiaalisen informaation säilyminen sekä kokonaisvaltaisen äänikohdauksen (sound scene) tallentaminen. Tutkimukseen värvätyt ääniteknikot loivat 38 erillistä kanavaa audiodatalle. Kanavien kautta tehtiin kolmeen "stemmaan" jaettu päällekkäisnauhoitus, yksi nauhoite kaksiraitaisesti, toinen neliraitaisesti ja kolmas 32-raitaisesti. Tarkoitus oli luoda representaatio pallomaisesta äänikentästä (sound-field). Tallennuksella pyrittiin parhaan mahdollisen tilan standardiin täyden perifonisen metsän äänimaiseman rekonstruointia varten.

Testiäänityksen jälkeen .wav-muotoiset akustiset tiedostot prosessoitiin lisäämällä filteri (ACItf ja ACIf, ACI = Acoustic Complexity Indices, f = frequency

dimension, t = temporal dimension), jonka jälkeen dataa tarkasteltiin ACI_Fractal ohjelmistolla. Datasta tarkasteltiin "acoustic signatureja", joista pystyttiin tarkastelemaan eri akustisten yhteisöjen läsnäoloa ja aktiivisuutta alueella vuorokauden eri aikoina. Fraktaalisia ulottuvuuksia mitattiin mm. intervalleilla. Jos ekoakustisten tapahtumien ja temporaalisen resoluution määrä skaalassa nousivat, tulkittiin se osoitukseksi systeemin kompleksisuudesta, joka oli seurausta akustisten yhteisöjen suuresta vaihtelevuudesta. Fraktaaliulottuvuudet olivat tunnistettavissa muutaman lajin tuottamista äänistä yhtä hyvin, kuin alueilta, joissa ääntä tuottivat useammat lajit. Eri-laisilla ekoalueilla (eco regions) erilaista ääntelykäyttäytymistä voitiin selittää eri syillä. Kuten odotettavissa oli, korkean ekoakustisten tapahtumien määrän nähtiin kuitenkin korreloivan akustisen systeemin kompleksisuuden kanssa. Fraktaalianalyysiovellus havaitsi eroja Ulu Temburongin ja Yasunin tunneittaisissa dynamiikoissa. Yhteistä kuitenkin oli, että molemmilla alueilla erilaisten akustisten yhteisöjen läsnä-olo vaihteli päivän mittaan. Ekoakustisten tapahtumien nähtiin kuvaavan akustisen tiedoston sisäistä kompleksisuutta, ja nähtiin tärkeäksi linjata, että ekoakustisten tapahtumien sekvenssit luetaan ja tulkitaan erilaisten aktivoituneiden funktioiden mukaan akustisten merkitysten kantamisen jatkumona. Monacchi ja Farina (2019) toteavat, että vähäinen soniferisten lajien löytyminen voi olla yksinkertaisen akustisen yhteisön rakenteen merkki tai seurausta häiriötekijöistä. Häiriötekijät voivat olla joko luonnollisia, kuten metsäpalot, tai ihmisperäisiä, kuten kemikaalivahingot tai melusaaste.

4.3 Sonic Visualizer ja MIR Toolbox

Yksi aiemmin mainittujen kaltainen musiikintutkimuksen piiristä tuttu työkalu äänitallenteiden vertailuun on Sonic Visualizer (Rector, 2018). Myös Sonic Visualizerin sisäänrakennettuja ominaisuuksia ovat jo läpikäytyt erilaiset spektrogrammit, toistonopeuden hallinta ja SEEWAREn kaltainen mahdollisuus avata useita äänitiedostoja samanaikaisesti vertailun helpottamiseksi. Sonic Visualizerissa merkintäkerrokset, jotka voivat kertoa esimerkiksi tempon muutoksista tai sävelkorkeuksien sijoittumisesta, voidaan asettaa havaintojen mukaan spektrogrammin tai aaltomuodon päälle. Laajennuksilla on mahdollista tehdä erilaisia visualisointeja sekä käyttää muita äänen analysoinnin keinoja, kuten automatisoitua tunnistamista musiikillisiin ominaisuuksiin. Tässä tapauksessa ehkä voisi puhua esimerkiksi linnunlaulun tai erityyppisten tiläänten eri taajuuksista, ja edellä mainituista luettavissa olevista nuoteista ja rytmeistä voisi ajan saatossa muodostaa standardeja, kuten muilla samankaltaisilla sovelluksilla on tehty. Sonic Visualizerilla voisi olla mahdollista analysoida eri vuosina otettuja äänitteitä ja tarkastella niiden avulla äänimaiseman korrelointia alueen

monimuotoisuuden kanssa, kuten useimmissa tässä mainituissa ekoakustiikkaa käsittelevissä lähteissä, tai tarkastella akustisten yhteisöjen käyttäytymistä, kuten Monachhi ja Farina (2019).

Sonic Visualizerin lisäksi MIR Toolbox on musiikintutkimuksessa käytetty työkalu, joka voisi vastata etenkin Song Scope -sovellusta klassifikaatio-ominaisuuksiin. MIR Toolbox kehitettiin alun perin osana eurooppalaista Mari Tervaniemen koordinoimaa "Tuning the Brain for Music" -hanketta (Lartillot ym., 2014). Sovellus kehitettiin musiikillisten piirteiden ja musiikin aiheuttamien tunteiden välisten suhteiden tutkimiseen. Painotus oli erityisesti siinä, mitkä musiikilliset parametrit voivat liittyä tietyn tunteen heräämiseen musiikkia soittaessa tai kuunneltaessa. MIR Toolbox on suunniteltu laskennalliseksi ympäristöksi musiikillisten piirteiden poimimiseen, ja se on suunnattu sekä MATLAB-asiantuntijoille että asiaan vihkiytymättömille. MATLAB on tietojenkäsittelyohjelmisto (Lartillot ym., 2008), joka voidaan integroida toimimaan järjestelmien, kuten MIR Toolboxin kanssa. MIR Toolbox sisältää noin 50 ääni- ja musiikkiominaisuuksien poimintatyökalua sekä tilastollista kuvaajaa. Jokainen toiminto liittyy tiettyyn tietotyyppiin. Lyhyesti tiivistettynä, äänen aaltomuodon erilaisia ominaisuuksia voidaan analysoida erilaisia komentoja syöttämällä ja tulokset voidaan esittää erilaisina graafeina. Yksinkertaistettuna, tarvittava tieto voidaan myös hakea piilotetusta objektista määrittämällä a-komennolla tarkasteltava tiedosto tai tiedostot. Objekti sisältää kaikki dataan liittyvät tiedot, kuten aaltomuodon amplitudien numeeriset arvot, näytteiden aikapäivämäärät, näytteenottotaajuuDET ja tiedostojen nimet. Folder-komento mahdollistaa myös kokonaisen kansion äänitiedostojen yhtäaikaisen graafien ja tulosten keskinäisen vertailun. Tämänkaltaisia toimintoja on mitä luultavimmin käytetty myös aiemmissa luvuissa käsitellyissä tutkimuksissa.

5 YHTEENVETO JA LOPPUPOHDINTA

Aloitin tutustumalla äänimaisemaekologiaan, pitäen mielessä tausta-ajatuksen planetaarisen hyvinvoinnin ja ei-inhimillisen hoivan näkökulmista. Avasin antroposeenia, ymmärtääkseni paremmin antropogeenistä ääntä. De la Bellacasa (2015) puhuu ihmislähtöisestä maaperän hedelmällisyyden tahdistamisesta maankäytön tuottavuus edellä. Kuten jo lintujen käytöksen muutoksesta todettiin, samankaltaisen tahdistamisen voisi väittää näkyvän myös antropogeenisten äänien vaikutuksessa eläinkuntaan. Samalla eläinkuntaa ja maata ei todennäköisesti voi ihmisen toimesta täysin kontrolloidusti tahdistaa, vaikka voimmekin seurata ja analysoida ympäristöämme tarkastikin erilaisilla mittareilla. Ihminen ei voi tahdistaa eläinkuntaa, mutta samalla, jokainen oleva (being) osallistuu tietynlaiseen monisyiseen biosemioottiseen akustisten yhteisöjen verkostoon, tietyllä tavalla tahdistuen toinen toistaan, ja säilyttäen tietynlaisen tasapainon ja kontrollin, akustisen ympäristön ollessa eheä ja tasapainossa. Mikäli ympäristö kuitenkin on pirstoutunut tai täynnä häiriöääntä, tasapaino rikkoutuu, ja kuten ekosysteemit itsessään, akustiset ympäristöt köyhtyvät ja lajityypillinen toiminta estyy, tai vähintään muuttuu.

Jos palataan musiikkiin ilmiönä, on hyvä pysähtyä pohtimaan musiikkia ihmisen syvällisimpänä soonisen ilmaisun muotona (Monacchi, 2011). Jos musiikkia taas tahdotaan tarkastella voittoa tavoittelevana ja institutioihin pohjaavana ammattikenttänä, voidaan todeta yhtä lailla, että luonnon köyhtyminen ja elinolosuhteiden arvaamattomuuden uhka köyhdyttävät ajan saatossa koko alan rakenteita perustavanlaatuisesti. Luonnon köyhtyminen iskee esimerkiksi jakelun ja viennin mahdollisuuksiin sekä soitinmateriaaleihin (Torvinen ym., 2019). Voisi myös väittää, että viime kädessä luonnon köyhtyminen vaikuttaa välillisesti etenkin myös keskeisimmän instrumenttimme, oman kehomme ja siten myös mieleemme hyvinvointiin, pohjaten esimerkiksi hiljaisuuden tutkimuksen näkökulmiin, ks. esim. Järviluoma ym. (2016). Yksittäinen muusikko, tutkija, tai kuluttaja pystyy tuskin olemaan yksilönä avainasemassa muuttamassa yhteiskunnan rakenteita, eikä äänimaisematutkimus lukuisine haasteineen

todennäköisesti tule mullistamaan luonnonsuojelua. Sen sijaan äänimaisemaekologian keinot voidaan oletuspohjaisista tuloksistaan ja muista haasteistaan huolimatta nähdä potentiaalisena lisäapuna kartoitustekniikoiden täydennyksessä. Tämän täydennyksen tarvetta havainnollistettiin kahden esimerkin kautta samalla havaiten, kuinka metsänkartoituksen piiriin on mahdollista kerätä ja kouluttaa verrattain helppostikin ryhmiä taustasta riippumatta, ilman, että tutkimustuloksiin tulee suurta heittoa (Jääskeläinen ym., 1995). Lisäksi niin tutkimus, kuin muukin poikkitieteellinen ja -alainen kollektiivisuuteen pyrkivä toiminta, operoivatpa tahot aiheen keskiössä tai reunamalla, voi mahdollisesti vaikuttaa tiedonvälityksellisissä asioissa, kuten Monacchin (2011) tutkimuksessakin oli tarkoitus, ja nopeuttaa diskurssien syntymistä sekä ratkaisujen keksimistä motivoiden yhteisöjä ajattelemaan ongelmanratkaisua myös laatikon ulkopuolelta, sekä osallistaa jokaista pohtimaan, mitä esimerkiksi luontokato tarkoittaa juuri minun,alani tai yhteisöni tulevaisuuden kannalta.

Kuten luonnonsuojelukysymysten parissa yleensäkin, voisi sanoa, että välineet toimia ja lähteä luomaan testiasetelmia aiheen piirissä ovat tälläkin saralla olemassa. Suurin kysymys onkin aina, mitkä tahot lähtisivät toteuttamaan vastaavan kaltaisia hankkeita äänimaisematutkimuksen saralla myös muualla kuin trooppisilla alueilla. Äänimaisemaekologian käyttö biologisen monimuotoisuuden tutkimuksessa on yleistynyt viime vuosina, ja niin Ulu Temburongissa ja Yasunissa, kuin Papua-Uusi-Guineassa toteutetut tutkimukset edustavat esimerkkejä alueiden tutkimuksesta, jossa oletuksena on, että häiriöttömien ekoalueiden vertaaminen häiriöllisiin tosintaa erilaista fraktaalidimensiota. Äänimaisemaekologian metodologioita olisi mahdollista kokeilla myös pohjoisilla havumetsävyöhykkeillä, esimerkiksi vanhojen metsien tilan seurannan apuna, akustisten yhteisöjen käyttäytymisen seurannassa tai erilaisten alueiden vertailussa. Sovelluksina tutkimuksissa voisi kokeilla hyödyntää jo käytössä olevien sovellusten lisäksi esimerkiksi Sonic Visualizeria ja MIR Toolboxia, ellei niin ole jo tehty.

LÄHTEET

- Burivalova, Z., Game, E. T., & Butler, R. A. (2019). The sound of a tropical forest. *Science (American Association for the Advancement of Science)*, 363(6422), 28-29. <https://doi.org/10.1126/science.aav1902>
- Burivalova, Z., Towsey, M., Boucher, T., Truskinger, A., Apelis, C., Roe, P., & Game, E. T. (2018). Using soundscapes to detect variable degrees of human influence on tropical forests in Papua New Guinea. *Conservation biology*, 32(1), 205-215. <https://doi.org/10.1111/cobi.12968>
- Butler, J., Pagniello, C. M. L. S., Jaffe, J. S., Parnell, P. E., & Širović, A. (2021). Diel and Seasonal Variability in Kelp Forest Soundscapes Off the Southern California Coast. *Frontiers in Marine Science*, 8, . <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.629643>
- de la Bellacasa, M. P. (2015). Making time for soil: Technoscientific futurity pace of care. *Social studies of science*, 45(5), 691-716. <https://doi.org/10.1177/0306312715599851>
- de la Bellacasa, M.P (2017). *Matters of care: Speculative ethics in more than human worlds*. University of Minnesota Press
- Escrivan Rincón, J. d., & d'Escrivan, J. (2012). *Music technology*. Cambridge University Press.
- Järviluoma, H., Piela, U., Uimonen, H., Venäläinen, J., Kytö, M., Ampuja, O., . . . Piela, U. (2016). *Äänimaisemissa*. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.
- Jääskeläinen, K., Kokko, A., Lommi, S., Kuusinen, M., & Kivistö, L. (1995). *Indikaattorijäkälien kartoitus Kainuussa*. Metsähallitus, luonnonsuojelu.
- Korpela, I., & Välimäki, E. (2007). Metsän kartoitus yhdistämällä fotogrammetria ja maastogeodesia. *Metsätieteen aikakauskirja*, 2007(4), . <https://doi.org/10.14214/ma.5988>
- Kortetmäki, T., Puurtinen, M., Salo, M., Aro, R., Baumeister, S., Duflot, R., . . . Kotiaho, J. S. (2021). Planetary well-being. *Humanities & social sciences communications*, 8(1), 1-8. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00899-3>
- Lartillot, O., Toiviainen, P., Eerola, T., Slaney, M., Nabney, I., Alhoniemi, E. s., . . . Vesanto, J. s. (2014). *MIRtoolbox: Version 1.6.1*. Jyväskylän yliopisto, musiikkitieteen laitos.

- Lartillot, O., Toiviainen, P., Eerola, T. (2008). A Matlab Toolbox for Music Information Retrieval. *Data Analysis, Machine Learning and Applications. Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization*. Springer, Berlin, Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-540-78246-9_31
- Monacchi, D. (2013). Fragments of Extinction: Acoustic Biodiversity of Primary Rainforest Ecosystems. *Leonardo music journal*, 23, 23-25.
https://doi.org/10.1162/LMJ_a_00148
- Monacchi, D., & Farina, A. (2019). A Multiscale Approach to Investigate the Biosemiotic Complexity of Two Acoustic Communities in Primary Forests with High Ecosystem Integrity Recorded with 3D Sound Technologies. *Biosemiotics*, 12(2), 329-347. <https://doi.org/10.1007/s12304-019-09361-z>
- Mönkkönen, M. (2004). Eliölajien ekologiaan ja suojeluun liittyviä käsitteitä. *Metsän kätköissä : Suomen metsäluonnon monimuotoisuus*, 25.
- Pijanowski, B. C., Farina, A., Gage, S. H., Dumyahn, S. L., & Krause, B. L. (2011). What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. *Landscape ecology*, 26(9), 1213-1232.
<https://doi.org/10.1007/s10980-011-9600-8>
- Rector, M. (2018). Sonic Visualizer: A Tool For Closer Listening. *The American music teacher*, 67(5), 21-23.
- Salminen, A. (2011). *Mikä kirjallisuuskatsaus?: Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin*. Vaasan yliopisto.
- Tieteen termipankki. (julkaisuaika tuntematon). *Nimitys:epifyytti*. Haettu 29.03.2023 osoitteesta
<https://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:epifyytti/>
- Torvinen, J., Välimäki, S., & Hautsalo, L. (2019). *Musiikki ja luonto: Soiva kulttuuri ympäristökriisin aikakaudella*. Turun yliopisto.
- Toivanen, T., & Korhonen, A. (2017). Antroposeeni erojen näyttämönä. *Tiede & edistys*, 42(1), 3-5. <https://doi.org/10.51809/te.105244>
- VanSchaik, J. (2017). Spatial Soundscape Ecology: Application in a Paleotropical Rainforest. *Journal of Purdue undergraduate research*, 7, 65-71.
<https://doi.org/10.5703/1288284316399>