



# Kommunikatiivinen musikaalisuus ja systemiäly

---

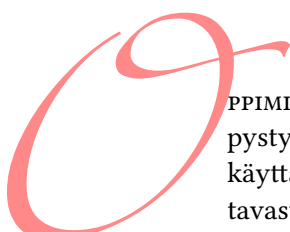
Jussi Sainio  
69304N  
jussi.sainio@iki.fi

26. toukokuuta 2015

# Sisältö

<b>Sisällysluettelo</b>	<b>1</b>
<b>Alkusoitto: Johdanto</b>	<b>2</b>
<b>Partituuri: Kirjallisuuskatsaus</b>	<b>3</b>
Kommunikatiivinen musikaalisuus . . . . .	3
Emootiot ja musiikki . . . . .	7
Systeemiäly . . . . .	8
Aivo- ja sikiötutkimus . . . . .	12
<b>Yhteenveto ja keskustelua</b>	<b>14</b>
Kiitokset . . . . .	15
<b>Säestys: Viitteet</b>	<b>16</b>

## Alkusoitto: Johdanto



OPPIMISEN ja kasvun kaunis ihme on ihmisyyden ytimessä. Vastasyntynyt pystyy huikealla tavalla omaksumaan tietoa ja kasvamaan symboliikkaa käyttäväksi taiteelliseksi ja tieteelliseksi toimijaksi. Avuttomalta vaikutavasta vauvasta muuntuu fyysisten ja psykologisten tapahtumien kautta huikea evolutiivinen selviytyjä, joka osaa paljon monimutkaisia henkilökohtaisia ja henkilöiden välisiä taitoja. Miten tämä kaikki tapahtuu, ja minkälainen ihmisen toiminnan luonne sen mahdollistaa?

Tässä työssä perehdytään kommunikatiivisen musikaalisuuden käsitteeseen sekä systeemiälyteoriaan. Kommunikatiivinen musikaalisuus on yhden tai useamman ihmisen tunnejärjestelmien vuorovaikutusta itsensä ja toistensa kanssa erityisellä tavalla. Psykoakustiikan tutkija Stephen Malloch ja professori Colwyn Trevarthenin kommunikatiivisen musikaalisuuden käsite ponnistaa neurotutkimuksesta, psykologiasta ja erityisesti vauvatutkimuksesta sekä eläintutkimuksesta. Taustalla on käsitys ihmisestä toimijana, jonka toimintaa ohjaa pääasiassa emootiojärjestelmä (engl. *emotional system*). Mielekkyyttä tälle ajatukselle antaa kenties yleinen sanonta ”kaikki päätökset tehdään tunteella.”

Professori Raimo P. Hämäläisen ja professori Esa Saarisen esiintuoma systeemiäly tarkoittaa kykyä hahmottaa järjestelmiä ympäröivästä maailmasta ja ihmisestä itsestään, sekä näiden vuorovaikutussuhdetta, ja samanaikaisesti kykyä toimia paremmin, luovemmin ja tarkoituksenmukaisemmin tämän hahmotuksen kannalta. Systeemiäly on heidän mukaansa yksi ihmisen luontaisista piirteistä. Ihminen muodostaa mielikuvamalleja maailmasta, joiden avulla hän ennustaa sekä ymmärtää maailman toimimista. Voidaan kysyä, mistä tämä ihmisen systeemiäly on kotoisin ja miten se varhaisessa iässä muokkautuu.

Tämä työ käy läpi keskeiset kommunikatiivista musikaalisuutta ja systeemiälyteoriaa kuvaavat teokset ja artikkelit, sekä laajentaa niissä käytettyjä havaintoja sikiötutkimuksen tuloksilla. Tarkastelu on varsin yleisellä tasolla. Tarkastelun ulkopuolelle jätetään mielenkiintoiset mielen filosofian kysymykset tietoisuudesta, ja työ tarkastelee enemmänkin tutkimuksessa jo havaittuja asioita. Työn pyrkimyksenä on esitellä musikaalisen kommunikatiivisuuden ja systeemiälyn teorioita ja tuoda esiin alustavia yhteyksiä niiden välillä.

## Partituuri: Kirjallisuuskatsaus



MITÄ on kommunikatiivinen musikaalisuus, systeemiäly ja mitä tekemistä niillä on toistensa kanssa? Tässä luvussa vastaan näihin kysymyksiin, tarkastellen laajoja poikkitieteellisiä tutkimuksia, jotka luovat pohjaa näille ihmisen luontaisten piirteiden hahmotuksille. Tarkoituksena on löytää näiden tutkimusten keskeisin anti sekä vertailla niitä keskenään seuraavassa luvussa tehtävää yhdistelyä varten.

### Kommunikatiivinen musikaalisuus

Mitä on kommunikatiivinen musikaalisuus? Professori Jaak Panksepp ja professori Colwyn Trevarthen määrittelevät, että kommunikatiivisen musikaalisuuden voidaan nähdä olevan ”leikkisän ja loputtoman kekseliään sosiaalisen käytöksen muoto, joka auttaa kehittämään, epigeneettisesti,<sup>1</sup> lastemme sosiaalisia aivoja, mahdollistaa henkistä ja fyysistä terveyttä sekä oppimista prososiaalisin affektein”. [29] Tässä musikaalisuus on huomattavasti laajempi käsite kuin miten se yleiskielessä ymmärretään kyknä soittaa tai tuottaa musiikkia.

Pankseppin ja Trevarthenin mukaan musiikin tekeminen avaa ”luovia psykologisia tiloja” ihmisten sisällä ja välillä. Näitä tiloja muilla eläimillä ei ole. Heidän mukaansa nykypsykologian käsitys emootioiden<sup>2</sup>, kognition ja musiikin välisestä tarkasta yhteydestä on epäselvä ja ristiriitainen. Kuitenkin kiistatta ihmisen ”sisäisessä elämässä”, sekä fyysisessä että henkisessä, on ominaisuuksia, jotka ovat samanlaisia kuin musiikissa. Perusajatuksena on laajemmaltikin eri tutkimusaloilla viime vuosikymmenenä noussut huomio, että musiikki ja emootiot eivät ole pelkkä rationaalisen ihmisälyn este tai rajoite, vaan pikemminkin älyn evolutiivinen mahdollistaja ja perusta. [29]

Pankseppin ja Trevarthenin mukaan äidin ja vauvan välillä on dialogia, joka on luonteeltaan musikaalista. Tätä on äidin ja vauvan välillä jo ennen kuin vauvalle kehittyy kyky tuottaa sanallista ja symboliikkaan perustuvaa puhetta. Kommunikaatio on siis affektiivista, ja siinä on musiikille ominaisia piirteitä. Panksepp ja Trevarthen esittelevät evolutiivisen kehityspolun, jossa aluksi esi-ihmiset jakoivat merkityksiä vastaavalla tavalla, kuin millaista kommunikatiivinen musikaalisuus on nykyihmisen vauvaiässä. Kehityspolku on seuraavanlainen: [29]

1. Eläimet kommunikoivat emotionaalisilla äänillä, ja niissä on varsin paljon hienovaraisuutta, mutta tämä kommunikaatio on vain affektiivista eikä sillä ole kognitiivista sisältöä tai vaikutusta. [29]
2. Musiikki on emootioiden ”kieli” ja sen affektiivinen voima johtuu aivokuorenalaisista emootiojärjestelmistä. [29]

<sup>1</sup>Perimän ulkopuolella, ts. ei geneettisesti periytyen.

<sup>2</sup>Emootioiden tarkempaan luonteeseen ei oteta tässä yhteydessä kantaa, mutta pääasiassa kyseessä on ilmeisiin ja ilmaisuun yhteyksissä olevat emotionaaliset tilat Schererin [22] mallissa.

3. Protomusikaalinen taito edeltää symbolisen kielen kehittymistä ihmismielessä, ja affektiivis-musikaaliset motivaatiomme ohjaavat kognitiivisten kykyjen nousua. [29]
4. Puhutun symbolisen kielen sekä musikaalisten affektiivisten äänieleiden kommunikaatiokapasiteetit ovat molemmat edelleen olemassa ja ne vaikuttavat aivoissa yhtäaikaaisesti. [29]

Panksepp ja Trevarthen esittävät, että emootiot sekä affektiivinen kommunikaatio (siis kommunikatiivinen musikaalisuus) ovat olleet välttämättömiä ihmiskielen kehittymiselle. Tämä affektiivinen<sup>3</sup>kommunikaatio ajaa usein kognitiivisen mielenkiinnon ohitse. Uutta informaatiota voi oppia suhteellisesti helpommin, kun informaatio on pakattu emootioita herättäviin eli affektiivisiin musikaalisiin muotoihin. Esimerkiksi emotionaalisesta mielenkiinnosta kymmenet tuhannet ihmiset voivat hakeutua musiikillisiin ympäristöihin, kuten musiikkifestivaalihin. Kontrastina pelkkä vakava kognitiivinen kommunikaatio (esimerkiksi luennointi) harvoin houkuttelee paikalle suurta yleisöä, vaikka esittäjä olisi asiantuntija alallaan, mutta ei esitystyyliltään prosodinen tai musikaalinen. [29]

Musiikilla ja kommunikatiivisella musikaalisuudella on emotionaalisia ja fysiologisia vaikutuksia. Panksepp ja Trevarthen ottavat esimerkin tutkimuksesta, jossa mitattiin koehenkilöiden käden ihon sähkönjohtavuutta (eli käytännössä hikoilua) ja sykettä. Kokeessa käytetyn musiikkikappaleen tietyt kohdat aiheuttivat suuressa osassa koehenkilöitä *väristyksiä* (engl. *chills*), joissa ihon sähkönjohtavuus nousi ja samoin syke nousi. Panksepp ja Trevarthen huomauttavat, että väritysten psykologinen ja biologinen tutkimus on ollut kirjoitettaessa vasta aluillaan. Tämä tutkimus helpottaa musiikin estetiikan ymmärtämistä sekä aivojen vasteiden hahmotusta. [29]

Emotionaalisten ja fysiologisten vaikutusten lisäksi Panksepp ja Trevarthen hahmottelevat musiikin ja kommunikatiivisen musikaalisuuden kognitiivisia vaikutuksia. Tässä he viittaavat Stephen Mallochin koetuloksiin äidin ja vastasyntyneen välisestä kommunikaatiosta, jonka he hahmottavat musikaaliseksi. [29][13] Malloch on tutkinut äitien ja vauvojen välisiä vokalisatioita tietokoneavusteisen akustisen analyysin avulla. Analyysissä tarkasteltiin pulssia, laatua ja narratiivisia mm. spektrogrammeina. Näistä spektrogrammeista havaittiin, että kommunikaatio äidin ja vastasyntyneen vauvan välillä on musikaalista. Kommunikaatiossa on draamankaarimaisia piirteitä, ja se sisältää matkimista, toistoa ja yllätyksiä musiikillisessa mielessä. [13]

Kokeissaan Malloch nauhoitti sekä elävää kommunikaatiota että toisti aiemmin nauhoitettuja pätkiä vauvoille. Hän havaitsi, että vauva kaipaa tilanteeseen virittynyttä, vastaanottavaista kommunikaatiota – ei-responsiivisen nauhan toistaminen aiheutti vauvassa tylsistymistä. Musiikin vaikutus ei sinänsä rajoitu vain ihmisiin. Musiikki stimuloi myös eläimiä, kun musiikkia soitetaan niiden kuulolle sopivalla taajuusalueella. Mallochin ja Trevarthenin mukaan on havaittu, että kananpojat äännelevät vähemmän ”hätähuutoja”, jos niille soitetaan musiikkia. Näistä kokeista voidaan siis havaita, että musikaalisilla ärsykkeillä on olemassa jokseenkin syvällinen kytkös aivojen rakenteisiin ja toimintaan. [14]

---

<sup>3</sup>Affektilla viitataan tässä emootioiden kokemiseen. Tässä ei oteta kantaa, onko kyseessä ennen kognitiota vai sen jälkeen tapahtuva prosessi, koska se on tarkastelun kannalta epäoleellista. Huronin rinnakkaisten vastemallien hengessä affektit voisivat kenties olla jopa yhtäaikaan kognition kanssa vaikuttavia prosesseja.

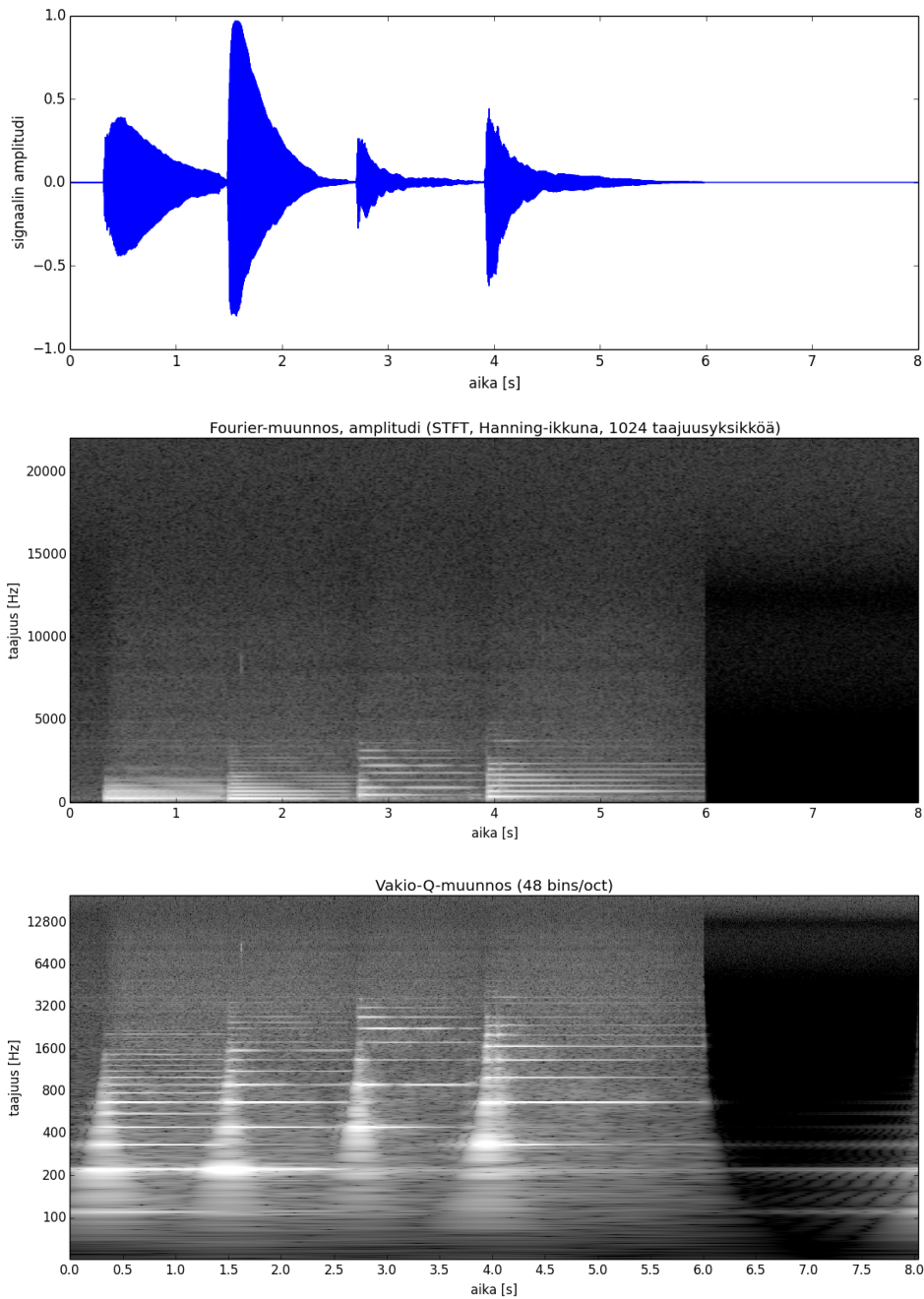
Esimerkkinä konkreettisesta tutkimusmenetelmästä Mallochin koejärjestelyssä äänenkorkeutta visualisoitiin vakio-Q -muunnoksella (engl. *constant Q transform*) [13], joka on Fourier'n muunnokseen verrattavissa oleva muunnos. Yleisesti äänen visualisointiin (esim. spektrogrammit) ja käsittelyyn käytetyn Fourier'n muunnoksen lineaarisen taajuusdimension sijasta vakio-Q -muunnoksessa taajuusdimensio on logaritminen, joten musikaaliset oktaavit (oktaavi-intervallissa taajuus aina kaksinkertaistuu seuraavaan oktaaviin siirryttäessä) esiintyvät siinä tasavälein. Täten vakio-Q -muunnoksella muodostetusta spektrogrammista musikaalisen informaation hahmottaminen on helpompaa kuin Fourier'n muunnoksella muodostetusta, ja eri oktaavien sävelien erottelu on saavutettavissa vähemmällä määrällä resoluutiövälejä (engl. bins).[2]

Esimerkki Fourier'n ja vakio-Q-muunnoksen eroista on esitetty kuvassa 1. Kuvassa vakio-Q-muunnos on tehty soveltamalla ei-stationaarista Gabor-muunnosta, joka tekee muunnoksesta kääntyvän (engl. *invertible*) [32]. Kuvasta havaitaan, miten eri oktaaveilla soitettujen äänten yläsävelsarjat (yläharmoniset) erottuvat lineaarisessa taajuusasteikossa eri välein, mutta logaritmisessa asteikossa äänet muistuttavat toisiaan läheisesti ja harmonisten suhteet säilyvät jotakuinkin ennallaan. Myöskin taajuusresoluutio alataajuuksilla on suurempi. Tämä muunnos siis helpottaa musikaalisen sisällön hahmottamista äänistä, esimerkiksi hahmottamaan millaisia melodisia kaaria kommunikaatiossa on, kuten Malloch sovelsi tätä äidin ja vastasyntyneen väliseen kommunikaatioon.

Pankseppin ja Trevarthenin mukaan leikki, taide ja rituaalit mitä todennäköisemmin ovat erityisen arvokkaita lapsen aivojen kehittymiselle ja sellaisten taitojen kehittymiselle, joita arvostetaan terveissä yhteisöissä. Musiikin ja taiteen poistaminen koulutusohjelmista siten, että rajoitetaan vain rationaalisiin ja teknisiin taitoihin, saattaa olla lasten kehitysten kannalta erittäin tuhoisaa. Toisin sanoen, opetuksen ei tulisi keskittyä pelkästään rationaalisen ajattelun kehittämiseen, vaan myös muiden taitojen, kuten taiteellisten ja musikaalisten taitojen, kehittäminen on tärkeää. [29]

Pankseppin ja Trevarthenin kommunikatiivisen musikaalisuuden piirteen korostamisen suhteessa on mielenkiintoista, että ainakin tutkija Patricia Eckerdalin ja tutkija Björn Merkerin tutkimusaineistossa ruotsalaiset äidit kohdistivat laulua vauvoilleen vain noin 10 prosenttia aktiivisesta vuorovaikutusajasta, ja 71 prosenttia aktiivisesta vuorovaikutusajasta oli puhetta. Kolme prosenttia oli ei-vokaalista musiikkia ja loput 16 prosenttia oli ei-laulettua tai puhuttua suullista ilmeilyä ja ”pelleilyä”. [6] Vuorovaikutusajasta siis vain noin neljäsosa oli musikaalista. Tästä herää mielenkiintoinen kysymys, poikkeako äidin ja vauvan kommunikaation laadullinen suhde eri kulttuureissa ja yhteisöissä ympäri maailman.

Panksepp ja Trevarthen esittävät, että nykyinen neurotieteellisen tutkimuksen kulttuuri on armottoman reduktionistista, ja että se ei vielä tunnusta sitä seikkaa, että ”sielumme ovat syvästi biologisia”. He väittävät, että vasta tämän seikan hyväksymisen kautta voidaan todellisesti ymmärtää, kuinka ”musiikki koskettaa ja kuljettaa ihmisen henkisyyttä (engl. *human spirit*)”. Näiden väitteiden tueksi he viittavat laaja-alaisesti erilaisiin tutkimustuloksiin. [29] Monilukuiset havainnot ovat selkeästi esitettyjä, ja niiden avulla he pyrkivät sanoin kaappaamaan ja kuvaamaan yhtä perusteellista ihmisen toiminnallista piirrettä. Tätä piirrettä he nimittävät kommunikatiiviseksi musikaalisuudeksi. Laaja-alaisuudestaan ja monilukuisuudestaan johtuen havainnot vaikuttavat hieman irrallisilta katsauksilta. Tämän havaintojen tulvan



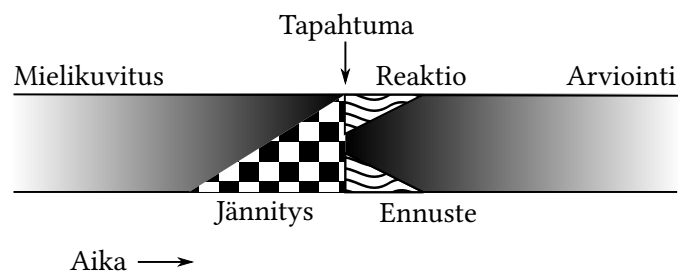
**Kuva 1:** Neljä pianon säveltä ( $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4 = 440\text{Hz}$ ,  $E_4$ ) amplitudiesityksenä sekä vastaavat spektrogrammit lyhytaikaisella Fourier'n muunnoksella sekä vakio-Q-muunnoksella. Vaaleampi sävy spektrogrammissa kuvaa kyseisen taajuuden suhteellisesti suurempaa amplitudia kyseisessä ajankohdassa.

keskeltä kuitenkin paljastuu tukea keskeiselle väitteelle, että musiikin (eli ”emootioiden kielen”) affektiivinen voima johtuu musiikin liittymisestä aivokuorenalaisiin emotionaalisiin järjestelmiin. Tätä kautta se vaikuttaa myös korkeamman tason ajatusjärjestelmiin.

## Emootiot ja musiikki

Emootioiden ja musiikin yhteyttä on tutkinut myös professori David Huron. Hän tarkastelee erityisesti odotuksen ja ennakkoinnin teemaa sekä erilaisten tunteiden välittämistä sanattomasti musiikin avulla. Huronin mukaan musiikin emotionaalinen voima on odotusten hallinnassa ja yllätyksissä. Huron olettaa, että musiikki tuottaa nautintoa kuulijoissaan. Yllätykset ja niiden ennakointi on keskeistä ihmissuonteelle ja myös muille eläimille. [9, s. 1–18]

Siinä missä Pankseppin ja Trevarthenin lähestymistapa on enemmän asioiden olemusta kuvaava, Huronin lähestymistapa on insinöörimäisempi, funktionaalisesta systeemisestä mallista ponnistava. Keskeisesti Huron esittää, että ihmisestä on hahmotettavissa vastejärjestelmä, joka koostuu viidestä rinnakkain toimivasta vastejärjestelmämallista. Nämä viisi vastejärjestelmämallia ovat mielikuvitusvaste, jännitysvaste, ja ennustevaste, reaktiovaste ja arviointivaste. Näistä kaksi, mielikuvitusvaste ja jännitysvaste, toimivat ennen jotain tapahtumaa ja loput tulevat näiden jälkeen. Malleja havainnollistaa kuva 2. [s. 1–18][9]



**Kuva 2:** Huronin vastemallit aikajanalla suhteessa johonkin tapahtumaan. [9]

Huron ei avaa spesifisesti, mitä hän tarkoittaa tapahtumalla, vaan toteaa ”maailman tarjoavan virran lukuisia eri tapahtumia”. Tapahtumassa on kyse jonkinlaisesta muutoksesta mielessä, jonka voi aiheuttaa havainto fyysikaalisesta maailmasta tai mielen sisäinen muutos. [9, s. 1–18, 122]

*Mielikuvitusvaste* (engl. *imagination response*) käytännössä käy läpi etukäteen, mitä kaikkea on ehkä mahdollista tapahtua. Vaste siis rakentaa mielikuvatilanteita, jossa jokin tapahtuma on jo käynyt tietyllä tavalla. Huronin mukaan emme paitsi ajattele tulevia tilanteita, vaan käymme läpi myös tulevat mahdollisuudet emootiollisesti. Mielikuvituksen tuottamat mahdollisuudet koetaan siis myös tapahtumina. Jonkin lopputuleman kuvittelemineen auttaa meitä tuntemaan mielihyvää tai mielihäpää. [9, s. 1–18]

*Jännitysvaste* (engl. *tension response*) myöskin toimii etukäteen, ja se on mielikuvitusvastetta välittömämpi. Se aktivoituu juuri ennen kuin aavistamme, että jotain on tapahtumassa. Jännitysvaste käytännössä valmistaa meitä fyysiseen toimintaan (esimerkiksi syke nousee) ja



herättää meitä kiinnittämään huomiota johonkin. Huronin mukaan jännitys ja hereilläolo kuluttaa paljon energiaa, ja siksi sille on oma mekanisminsa, sillä olisi biologisesti tehotonta olla kokoajan täysin virittyneenä vaaroille. Huron nimittää tätä vastetta ”valittavaksi kieltäjäksi” (engl. *grumbling naysayer*), joka odottaa jatkuvasti pahinta. [9, s. 1–18]

Kun jokin lopputulema sitten tapahtuu, toinen nopeasti reagoivista vasteista on *ennustevaste* (engl. *prediction response*). Ennustevaste on opetusjärjestelmä, joka antaa emotionaalista palautetta, miten hyvin lopputulemaa osattiin ennakoita. Vaikka lopputulema olisi objektiivisesti kivulias, ennustevaste voi silti aiheuttaa mielihyvää, mikäli tulos oli odotettu (ts. ”no näinhän juuri arvelin käyvän”). [9, s. 1–18]

*Reaktiovaste* (engl. *reaction response*) on toinen nopeasti reagoivista vasteista. Reaktiovaste on valmiiksi opittu vaste johonkin lopputulemaan. Se toimii siis ilman suurempaa kognitiivista ajattelua. Reaktiovaste ja ennustevaste toimivat jokseenkin yhtäaikaan. [9, s. 1–18]

*Arviointivaste* (engl. *appraisal response*) on kolmas reagoivista vasteista, ja se on hidas ja kompleksinen. Arviointivasteen tehtävänä on kehittää reaktiovastetta, ja se voi joko tukea tai olla ristiriidassa reaktiovasteen kanssa, ja arviointivasteita voi olla useita. Arviointivaste yhdistää muuta, hitaammin saatavilla olevaa assosiativista tietoa lopputulemaan ja palauttaa siitä emotionaalisia vaikutuksia. [9, s. 1–18]

Huron hahmottelee yllätysten merkityksen evolutiivista alkuperää. Evolutiivisessä perspektiivissä kyky ennustaa tulevaisuutta on merkittävä etu selviytymisen kannalta. Yllätysten merkitys on Huronin mukaan ymmärrettävissä ”taistele-tai-pakene”-vasteen (engl. *fight-or-flight response*) kautta – vaarallisissa tilanteissa organismit yleensä reagoivat joko taistelemalla, pakenemalla tai jähmettymällä. Huronin mukaan saman vasteen laajenuksena voidaan nähdä naurureaktio. Jo Aristoteles hahmotti tätä, ja myös Kant muotoili naurun olevan ”nopea muutos kiperästä odotuksesta ei mihinkään”. Huron näkee naurun reaktiovasteen ja arviointivasteen yhteispelinä, ja kuvaa naurun eri muotoja. [9, s. 19–45] Pankseppin mukaan naurun tietyt muodot (esimerkiksi kutittamisesta johtuva nauru) eivät ole ainoastaan ihmiselle tyypillinen piirre, vaan ne esiintyvät myös muissa nisäkkäillä, kuten muissa kädellisillä, koirilla ja rotilla. [15] Reaktiovasteen ja arviointivasteen yhteydessä syntyvä nauru lienee kuitenkin vain ihmiselle ominainen naurun muoto.

Positiivisia tai negatiivisia tunteita voidaan herättää käyttämällä hyväksi kuulijan odotuksia, ja Huron esittelee vastemallinsa kautta kaksi ilmiötä. Ensimmäinen näistä on yksikermaisempi *ennusteilmiö* (engl. *prediction effect*), jolloin kuulija kokee positiivisia tunteita, kun tuleva tapahtuma on oikein arvattu eli ennakoitu. Toinen näistä ilmiöistä on monimutkaisempi *kontrastoiva vetovoima* (engl. *contrastive valence*), jossa ennusteilmiötä rikkova tapahtuma aiheuttaa kuitenkin positiivisia tunteita arviointivasteen kautta. Vaikka Huron keskittyy odotusten kautta toimivien mekanismien tarkasteluun, hän toteaa, että ne eivät ole ainoita mekanismeja vaikuttaa tunteisiin. Nämä mekanismit tulisi hänen mukaansa nähdä eräänlaisina psykologisina työkaluina. [9, s. 239]

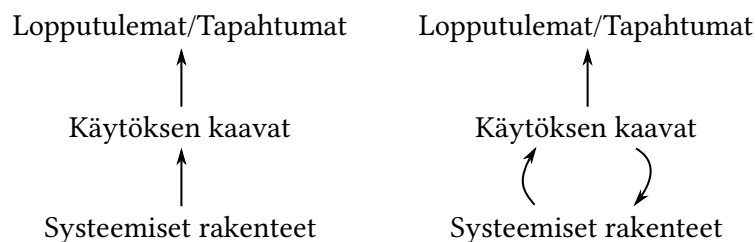
## **Systemiäly**

Mitä on systeemiäly? Professorit Raimo P. Hämmäläinen ja Esa Saarinen määrittelevät systeemiälyn ”kyvykkyytenä hahmottaa vuorovaikutuksellisia takaisinkytkentöjä sisältäviä kokonaisuuksia tarkoituksenmukaisesti ja luovasti”. Heidän mukaansa ”systeemiäly yhdistää inhimilli-

set herkkyydet insinööriajatteluun, joka tarttuu maailmaan muuttaakseen sitä ja pyrkii saamaan asiat toimimaan”. Systeemiälytutkimus siis luo käsitteistöä, joka synnyttää muutosta ja jäsentää muutosta. Toisin sanoen systeemiälytutkimus ”yhdistää käytännöllisiin tuloksiin pyrkivän insinööriajattelun, humanistis-eksistentiaalisen hyvän elämän filosofian, positiivisen psykologian ja positiivisen organisaatiotutkimuksen perusoivallukset sekä terveen järjeen tavalla, joka toimii”. [11][20][10]

Systeemiälyteoria tulkitsee, että ihminen arvioi ympäristöönsä systeemisenä rakenteena, ja samalla luo ja muokkaa tätä rakennetta käyttöksensä kautta sekä toisinpäin. Hämäläinen ja Saarinen esittävät, että tutkija Peter Sengen ajatuksen mukaan paitsi ”rakenteet synnyttävät käyttäytymistä” [24], mutta oleellisesti myös toisin päin ”käyttäytymisellä on kyky synnyttää rakenteita”. [11] Senge on esittänyt samanlaisen ajatuksen erään tutkimusprojektin kommentaarissa [23], kuvan 3 tapaisesti. Yksilön on mahdollista aina tehdä toiminnassaan eli käyttöksessään mikromuutoksia, jotka voivat muuntua systeemin kannalta makromuutoksiksi eli systeemisiksi rakenteiksi. [11]

Systeemiälyteoriassa on keskeistä antiikin filosofian lupaus paremmasta elämästä paremman ajattelun avulla. Hämäläisen ja Saarisen mukaan systeemien muuttamiseen voi lähteä parhaiten valistuksellisesta näkökulmasta. Tällä tarkoitetaan sitä, että ihminen ei voi tietää elämänsä systeemiä tai systeemejä absoluuttisesti eikä voi tietää mitä tulevaisuudessa tapahtuu. Silti voidaan hahmottaa, että jokin toiminta on älykkäämpää kuin jokin toinen ja inhimillisesti mielekästä on tavoitella älykästä toimintaa. Systeemiälytutkimus on yritystä kuvata, käsitteellistää ja ymmärtää inhimillisen systeemisen älykkyyden toimintatapoja ja luonnetta. [11]



**Kuva 3:** Rakenteet vs. käytös vs. tapahtumat: perinteinen systeeminen käsitys, rakenteita muokkaava käsitys

Systeemiäly ei tarkoita ihmisen rationaalista älyllistä toimintaa, vaan ihmisen kaikenlaista erilaisiin systeemeihin suhteessa olevaa älyllistä toiminnallista kykyä. [21] Tällä on yhtymäkohtia professori Michael Polanyin idean kanssa, jonka mukaan me tiedämme enemmän kuin mitä osaamme kertoa. Polanyin mukaan sanoin ja numeroin kuvattava tieto on vain osa kaikesta tiedostamme. [17] Samaan sävyyn Saarinen ja Hämäläinen toteavat, että systeemiäly ei riipu ainoastaan eksplisiittisestä tiedosta, vaan myös ”sanomattomasta” tiedosta. [21] Tässä yhteydessä voidaan hahmottaa kommunikatiivisen musikaalisuuden olevan ainakin osa mekanismia, joka synnyttää sanat ja numerot ihmisten välille.

Systeemiäly on siis ihmiselle luontainen kyky, kuten kommunikatiivinen musikaalisuuskin. Saarinen ja Hämäläinen huomioivat myöhemmässä artikkelissaan vauvatutkimuksen avaa-

mia näkökulmia, kuinka jo vastasyntynyt on erittäin aktiivinen ja maailmaa jäsentävä ja erityisesti kyvykäs luomaan eksplisiittisiä ja implisiittisiä *odotuksia* ympäröivän maailman tilasta, ts. vastasyntynyt on jo tietyllä tavalla systeemiälykäs toimija. Tässä yhteydessä Saarinen ja Hämäläinen puhuvat vauvabriljansista (engl. *baby brilliance*) [21] Tämä odotusten muodostaminen resonoi Huronin teoriaan odotuksista musiikillisessa kontekstissa.

Systeemiälyteoria huomioi myös hahmotukset ihmisen luontaisesta vajavaisuudesta, ja huomioi ne ihmisen toiminnassa. Saarinen ja Hämäläinen luettelevat erilaisia ”systeemisiä generaattoreita”, jotka luovat käytöstä, jota kukaan ei käytännössä toivo, mutta jota kuitenkin ihmisten välillä tapahtuu. He ovat löytäneet selityksiä näiden käytössysteemien synnylle ihmisen psykologiasta, erityisesti kognitiotieteistä, kun ihmiset vuorovaikuttavat keskenään. [20]

Hämäläinen, Jones ja Saarinen esittävät systeemiälyllä olevan kahdeksan piirrettä (engl. *trait*). Tämä jaottelu pohjautuu heidän tutkimukseensa, John Rauthmannin tekemään psykologiseen hahmotteluun [19] sekä Juha Törmäsen tekemään inventaarioon. Törmäsen inventaariossa on muodostettu systeemiälykysely, ja kyselyn tuloksien perusteella tehtiin empiiristä faktorianalyysia. Faktorianalyysissä arvioitiin ja verrattiin erilaisia piirremalleja, ja siinä Törmäsen päätyi valitsemaan nämä kahdeksan piirrettä Hämäläisen ja Saarisen teoreettisen työn pohjalta. Nämä piirteet ovat: [30][10, s.19-21][12]

1. *Systeeminen havaintokyky* (engl. *systems perception*)
2. *Virittäytyminen* (engl. *attunement*)
3. *Reflektio, pohtivuus* (engl. *reflection*)
4. *Heittäytyvä mukanaolo* (engl. *positive engagement*)
5. *Kekseliäs mieli* (engl. *spirited discovery*)
6. *Aikaansaavuus* (engl. *effective responsiveness*)
7. *Viisaus toiminnassa* (engl. *wise action*)
8. *Positiivinen asenne, myönteisyys* (engl. *positive attitude*)

*Systeeminen havaintokyky* tarkoittaa kykyä havaita systeemejä ympärillensä ja yhdistää oleellisia asioita toisiinsa. *Virittäytyminen* laajentaa henkilön systeemisen havaintokyvyn pelkästä näkemisestä kokemukseksi. Virittäytynyt henkilö on intersubjektiivisesti kytkeytynyt ympäristönsä kanssa, tietoisesti ja myötätuntoisesti läsnäolevana, herkkänä muutoksille. Virittäytyminen voi olla fyysistä, kognitiivista ja emotionaalista. [10, s. 23–48][12]

Virittäytyminen voi tapahtua suhteessa itseen, muihin tai muihin systeemeihin. Virittäytyminen on parhaimmillaan yhtäaikaan ymmärtämiseen, tuntemiseen ja havainnointiin perustuvaa kognitiivista, emotionaalista ja fyysistä asettumista suhteessa käsillä olevaan kohteeseen, siis kokonaisvaltaista läsnäoloa. Virittäytymisellä ihminen voi esimerkiksi hahmotaa, mitä muut häneltä odottavat, mitkä systeemit vaikuttavat hänen käytökseensä ja miten hän voisi itse rakentaa positiivisia odotuksia muista. [10, s. 49–72]

Hämäläinen, Jones ja Saarinen esittävät virittäytymisen olevan ihmiselle luontainen piirre, joka on jo vastasyntyneellä vauvalla. Heidän mukaansa esimerkiksi äiti ja vauva voivat virittäytyä toisiinsa erittäin hyvin vitaalisuusaffektin (engl. *vitality affect*)<sup>4</sup> kautta. Hämäläisen, Jonesin ja Saarisen mukaan evoluutiobiologit uskovat, että sosiaalisten ryhmien mukanaan tuoma toisten yksilöiden ajatusten ja tunteiden havaitsemisen ja niihin positiivisen, yhteistointaa tukevan virittäytymisen tarve on ajanut ihmisaivojen kehitystä. Samaa linjaa jatkaen evoluutiopsykologit väittävät, että ihmisten täytyy kehittää uusia kykyjä selvitäkseen modernin elämän alati lisääntyvästä kytkeytyneisyydestä ja muutoksesta. [10, s. 51]

Virittäytymisen jälkeen tapahtuu toimintaa tai ajattelua, jota sitten on mahdollista reflektoida. *Reflektiossa eli pohtivuudessa* henkilö havainnoi jo tapahtunutta omaa ajatteluaan ja toimintaansa sekä haastaa oman käytöksensä rationaalisin perustein. [10, s. 71–102][12] Tällä näyttäisi olevan yhtäläisyyksiä Huronin arviointivasteeseen.

Hämäläinen, Jones ja Saarinen viittaavat professori Keith Stanovichin tutkimukseen, jonka perusteella rationaalista, ”hyvää” ajattelua ei käytännössä huomioida ollenkaan älykkyysosamäärätesteissä. Älykkyysosamäärä siis paitsi ohittaa ei-kognitiiviset älyt, kuten emotionaalisen älyn, mutta Stanovichin kritiikin mukaan se ei mittaa hyvin edes koko kognitiivista, rationaalista ajattelua. Älykkyysosamäärältään korkealle luokiteltu henkilö voi siis silti toimia epäsystemiälykkäästi, toisin sanoen systeemi-idiottimaisesti. [10, s. 74, 77][26, s. 129–151]

Stanovich käyttää kognitiotieteiden tutkija David Perkinsin keksimää käsitettä *mindware*, joka on verrattavissa ohjelmistoon (engl. *software*) tietokoneissa. Määritelmän mukaan *mindware* on sääntöjä, toimintatapoja ja muita tiedon muotoja, jotka ovat muistissa tallessa ja joita voidaan käyttää päätösten tekemiseen ja ongelmien ratkaisuun. *Mindware*ssa on vastaavanlaisia lieveilmiöitä kuin ohjelmistoissa. Esimerkiksi Stanovich puhuu sokeasta uskosta ”kontaminoituna *mindware*na”, joka estää hahmottamasta toimivia rationaalisia аспекteja. Tämä on hieman kuten virhe tietokoneohjelmistossa. Toisin sanoen kontaminoitu *mindware* voi haitata muun muassa systeemistä havaintokykyä ja voi täten haitata yksilöä tai jopa yhteisöä. [26, s. 152–171]

Hämäläinen, Jones ja Saarinen puhuvat virittäytymisen yhteydessä Evansin ajatusprosessien malleista ”tyypin 1” ja ”tyypin 2” [7][10][21] Evans totetaa vastaavasti, että ”tyypin 1” ajatusprosessi toimii nopeasti ja ajattelematta, ja ”tyypin 2” ajatusprosessi on hidas, mutta pystyy kehittämään tyypin 1 ajatusprosesseja. Näillä näyttäisi olevan huomattavasti yhtymäkohtia Huronin reaktiovasteeseen ja arviointivasteeseen [9, s. 15–18]. Sekä Huron että Evans huomioivat, että nämä järjestelmämallit yhdessä tuottavat monia erilaisia tunnekokemuksia ja toimintamalleja paitsi yksilöllisesti, niin erityisesti myös ihmisten vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. [9, s. 15–18]

Hämäläisen, Jonesin ja Saarisen mukaan parempi ajattelu, siis parempi *mindware* on jotain, jonka avulla voimme päästä taipumuksestamme toimia vain staattisen ja automaattisen ”tyypin 1” ajatusprosessien varassa. Heidän mukaansa Stanovich näkee *mindware*’n koostuvan pääasiassa reflektiivisistä kyvyistämme. *Mindware* kehittyy vuorovaikutuksessa itsen, ympäristön ja muiden ihmisten kanssa, ja se vaikuttaa ensisijaisesti ”tyypin 2” ajatusprosesseihin. [10, s. 53–54]

Aiemmin läpikäytyyn kommunikatiivisen musikaalisuuden aineistoon verrattuna systeemi-

---

<sup>4</sup>Vitaalisuusaffekti on lapsipsykologi ja vauvojen kehityksen tutkija Daniel Sternin käsite, joka tarkoittaa ”jatkuvaa, energieettistä empaattisen vuorovaikutuksen kokemusta, joka luo yhteydessä olemisen tunteen”. [10, s. 51]

miälyteorian piirteistä erityisesti virittäytyminen käsittelee samaa teemaa. Lisäksi vauvabriljanssi liittyy kommunikatiiviseen musikaalisuuteen läheisesti. Reflektiopiirteiden yhteydessä esitelty mindware-käsite on hyödyllinen kommunikatiivisen musikaalisuuden epigeneettisiä ja geneettisiä (siis kehollisia ja mielellisiä) komponentteja käsiteltäessä. Muut systeemiälyteorian piirteet ja teemat näyttävät ja resonoivat kommunikatiivisessa musikaalisuudessa myös, mutta tässä läpikäydyn aineiston perusteella niistä ei ole merkittävästi sanottavaa ja täten muita systeemiälyn piirteitä ei tässä käydä tarkemmin läpi.

## Aivo- ja sikiötutkimus

Kommunikatiivisen musikaalisuuden sekä systeemiälyn tutkimus huomioi vastasyntyneistä vauvoista tehtyjä havaintoja, mutta niissä ei vielä juuri lainkaan käsitellä sikiötutkimusta.

Aivo- ja sikiötutkimuksessa on tehty viimeisen vuosikymmenen aikana syvällisiä havaintoja. Jo aiemmin on todettu mikrofonimittauksin, että äänet kantautuvat kohtuun suhteellisen selkeinä ja vaimentumattomina. Täten sikiön on mahdollista kuulla kohdun ulkopuolisia ääniä varsin hyvin. Sittemmin esimerkiksi Minna Huotilaisen (et al.) tutkimuksissa on osoitettu, että nämä äänet vaikuttavat sikiöön ja sikiö oppii näistä äänistä. Esimerkiksi sikiöaikana kuullut keksity<sup>5</sup> sanat synnyttävät vastasyntyneissä erilaisen vasteen aivomittauksissa kuin sellaiset sanat, joita vauva ei sikiöaikana kuullut. Sikiö oppii ja erottaa äitinsä puheen muiden samankielisten naisten puheesta, eli sikiölle äidin ääni ja puhe tulee luonnollisesti tutuksi. Sikiö myös erottaa äidin äidinkielen muista kielistä. Vastasyntynyt vauva pystyy myös tunnistamaan musiikkia, jota kuullut lähellä ennen syntymäänsä aikana. [8][16]

Yhdessä aivojen neuronaalisen kehityksen oppien (joista on myös johdettu koneälyn syväoppimisen malleja) perusteella voidaan ymmärtää, miten ”kieellinen hahmontunnistus” kehittyy, ja miten kielellinen kehitys alkaa jo sikiövaiheessa. Sikiöaikana alemman tason äänelliset ja yksinkertaisemmat kielelliset ominaisuustunnistimet harjaantuvat. Emotionaalisten mekanismien kehittämisessä näyttäisi olevan samanlaista vaiheistumista. Tämän ymmärryksen pohjalta vauvan varhaisen elämän aikana opituilla asioilla on merkittävä vaikutus, erityisesti emotionaalisen älyn kehittymisen kannalta. [16][1]

Kommunikatiivisella musikaalisuudella voidaan ymmärtää olevan aivojen kehittymisen kannalta merkittävä rooli. Vapaamuotoinen musikaalinen aktiviteetti varhaislapsuudessa kehittää merkittävästi lapsen kuuntelutaitoja sekä musiikin että puheen havainnoinnin osalta. [18] Musiikkiterapialla on yhdessä niin kutsutun kenguruhoivan (engl. *kangaroo care*) kanssa positiivista vaikutusta keskosten psykologiseen kehitykseen. [27] Professori Mari Tervaniemi on tutkinut muusikkojen aivoja, ja todennut lapsen soittoharrastuksen ja instrumentin valinnan muokkaavan merkittävästi yksilön äänellistä käsitystä. [28] Sekä Tervaniemi että Huotilainen korostavat varhaisiän vapaamuotoisen musiikkiharrastuksen merkitystä myöhemmissä elämässä. [31][18]

Erilaiset vasteet alkavat toimia jo sikiövaiheessa. Esimerkiksi sikiö voi säikähtää voimakkaita ääniä ja sen seurauksena sikiö saattaa ruveta liikumaan äkisti kohdussa. [8] Tämän voi nähdä Huronin reaktiovasteen alkeellisena muotona. Musiikin aktivoimat vasteet aiheuttavat

---

<sup>5</sup>Keksityillä sanoilla tarkoitetaan tässä yhteydessä äidinkieltä muistuttavia, mutta siinä esiintymättömiä keino-tekoisia sanoja.

aivoissa muutoksia, kuten Tervämäen ja Huutilaisen tuloksista voidaan todeta. Kuuloaisti tai muut aistit eivät toki ole ainoa mekanismi, joka muokkaa aivoja. Esimerkiksi meditaation on havaittu muokkaavan aivojen rakennetta ja toimintaa, jopa siten, että se voisi mahdollisesti helpottaa tietokone-aivo-rajapinnan rakentamista. [5]

Ihmisaivojen kehitys ajoittuu eri tavalla kuin muilla kädellisillä nisäkkäillä. Ihmisäivot säilyttävät suuremman muuntumiskyvyn syntymän jälkeen, kun taas muilla kädellisillä aivot ovat vähemmän muuntumiskykyiset (neuroplastiset) syntymän jälkeen. [3][25] Oppimista kenties edesauttaa myös suuri aivojen neuronien lukumäärä, joka on suurimmillaan neljännen ja kymmenennen ikävuoden välillä. Tämän jälkeen neuronien lukumäärä kääntyy hiljaiseen laskuun ja saavuttaa tyypillisen aikuisen tason noin kuudennentoista ikävuoden kohdalla. [4][16][1]

Tässä läpikäytyt aivo- ja sikiötutkimuksen tulokset auttavat ymmärtämään kommunikatiivisen musikaalisuuden merkitystä ja systeemiällyn vauvabriljanssia. Paitsi vastasyntyneellä, myös jo tarpeeksi kehittyneellä sikiöllä voidaan nähdä olevan puitteita kommunikatiiviseen musikaalisuuteen. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että vauvat tai sikiöt olisivat erityisen musikaalisia tai tunnistaisivat tarkasti vaikkapa eri äänenkorkeuksia, vaan enemmänkin sitä, että musiikki voi vaikuttaa affektiivisesti vauvaan ja jopa sikiöön.

## Yhteenveto ja keskustelua

**K**OMMUNIKATIIVINEN musikaalisuus näyttää olevan systeemiälyteorian piirteitä toteuttava ihmisen käytöksen muoto. Läpikäydyn kirjallisen aineiston pohjalta voidaan hahmottaa, mitkä ja miten Hämäläisen ja Saarisen systeemiälyteorian piirteet esiintyvät Mallochin, Pankseppin ja Trevarthenin kommunikatiivisessa musikaalisuudessa. Vahvin yhteys kommunikatiivisella musikaalisuudella näyttäisi olevan systeemiälyteoriassa esiteltyn virittäytymisen piirteeseen, ja toisaalta kommunikatiivinen musikaalisuus tukee reflektion piirteen syntyä. Työssä läpikäytyt tutkimustulokset lisäksi tuovat muutaman huomion kommunikatiivisen musikaalisuuden jakautumisesta epigeneettisiin ja geneettisiin (mielen ja kehon) komponentteihin.

Vauva oppii kasvaessaan parempaa ajattelua, jota syntyy muunmuassa kommunikatiivisen musikaalisuuden keinoin. Tässä valossa siis kommunikatiivinen musikaalisuus on osa vauva-briljanssia, ja täten osa suurempaa systeemiälyteorian kaarta. Tässä työssä läpikäytyjen tutkimustulosten pohjalta voidaan väittää, että musiikilla ja musikaalisella kommunikaatiolla on lapsen kehittymisen kannalta merkittävä rooli, ja että kommunikatiivisen musikaalisuuden piirre sopii yhteen systeemiälyn piirteiden kanssa. Kommunikatiivisessa musikaalisuudessa ei siis ole systeemiälyteorian kannalta ristiriitaisia teemoja.

Systeemiälyteorian virittäytymisen piirteen yhteydessä Hämäläinen, Jones ja Saarinen puhuvat äidin ja vauvan välisestä kommunikaatiosta, ja kuinka se on virittäytynyt Sternin viitaalisuusaffektin mielessä. Vastaavasti Mallochin, Pankseppin ja Trevarthenin mukaan vauva ja äiti ovat yhteydessä toisiinsa kommunikatiivisella musikaalisuudella. Kommunikatiivisessa musikaalisuudessa tapahtuu ainakin emotionaalista ja fyysistä virittäytymistä, sillä musikaalinen kommunikaatio tuottaa tunteita ja fysiologisia vaikutuksia.

Kommunikatiivinen musikaalisuus näyttää vaikuttavan lähtökohtaisesti aivokuorenalaisten emotionaalisten järjestelmien tasolla. Pankseppin ja Trevarthenin mukaan musikaalisen kommunikaation vaikutus on suoraan affektiivinen eli emotioihin vaikuttava, mutta se tuottaa myös monimutkaisempaa kognitiivista vastetta. Musiikin ja emotioiden välistä suhdetta hahmottavista Huronin vastemalleista sekä arviointivaste että mielikuvitusvaste ovat kompleksisia, mikä tarkoittaa, että niillä on myös kognitiivinen ulottuvuus.

Hämäläisen, Jonesin ja Saarisen viittaama Stanovichin mindware-käsite helpottaa pääsemään yli perinteisestä mielen (mind) ja kehon (body) kahtiajaosta. Tietokoneissakin on erikseen laitteisto (hardware) ja ohjelmisto (software), mutta käytännössä kuitenkin ohjelmisto on vain muistin (siis laitteiston osan) tietty tila, joka toisaalta ohjaa laitteiston toimintaa. Vastaavasti voidaan hahmottaa, että mindware on aivojen neuronien tietty tila, joka ohjaa aivojen (ja ihmisen) toimintaa. Tässä ei ole tarkoitus päätyä reduktionismiin, mutta oleellista on hahmottaa analogisesti laitteiston ja ohjelmiston molemminsuuntaiset vuorovaikutussuhteet. Toisin sanoen mieli (mindware) ja keho vuorovaikuttavat toistensa kanssa muodostaen systeemin.

Vastasyntyneellä vauvalla voidaan ajatella olevan melko vähän Stanovichin määritelmän mukaista mindwarea, mutta neurotieteellisesti vauvan aivokapasiteetin ymmärretään olevan varsin pitkällä. Vauvan voidaan siis ymmärtää toimivan kommunikatiivisessa musikaalisuu-

nessa varsin vähällä mindwarella. Esitetyn sikiötutkimuksen tuloksen perusteella tiedetään, että sikiö oppii tunnistamaan muun muassa äitinsä äänen, joten vastasyntyneellä voidaan nähdä olevan jo sen verran opittua tietoa. Pankseppin ja Trevarthenin mukaan kommunikatiivinen musikaalisuus on edellytys symbolisen kielen ja prososiaalisen käytöksen syntymiselle. Tämän voi tulkita tarkoittavan, että kommunikatiivinen musikaalisuus itseasiassa tuottaa mindwarea. Symbolinen kieli ja prososiaalinen käytös olisi siis opittua mindwarea, jota vauva oppii äidiltä (ainakin aluksi) kommunikatiivisen musikaalisuuden avulla.

Läpikäytyjen aivotutkimuksen tulosten perusteella ihmisaivoille on erityistä neuronien suurempi muokkautuvuus eli neuroplastisuus varhaisiässä verrattuna muihin eläimiin, erityisesti muihin kädellisiin. Lisäksi aivotutkimuksesta ymmärretään, että aivot kehittyvät ja oppivat kerroksittain alemmista toiminnallisista kerroksista ylöspäin. Yleisesti tutkimuksen mukaan musiikki ja kommunikatiivinen musikaalisuus vaikuttaa affekteina, eli emootioina. Tästä voidaan ymmärtää, että muistijälkien tekeminen (siis mindwaren kehittäminen) on vastasyntyneen nuorissa ihmisaivoissa helppoa, ja kommunikatiivinen musikaalisuus kykenee kehollisten emootioiden kautta synnyttämään mindwarea. Näiden havaintojen pohjalta hahmottuu kommunikatiivisen musikaalisuuden mekanismi, jonka pohjalta systeemiälyteorian mukainen virittäytyminen on mahdollista äidin ja vauvan välillä, ja samalla aikaa mekanismi, joka tukee reflektion piirteen kehittymistä mindwaren tuottamisen myötä.

## **Kiitokset**

Kiitos professori Esa Saariselle mainiosta, pitkänäköisestä aiheesta, vikkelistä ja ajattelevasta palautteesta ja positiivisen innostavasta ohjauksesta. Lisäksi kiitokset Jennille ymmärryksestä ja aikataulutuksesta startup-yrittämisen ohessa ja erityisesti rakkaalleni Nooralle eteenpäin kannustavasta tuesta.



## Säestys: Viitteet

- [1] S. Blakeslee. Behind the Veil of Thought: Advances in Brain Research; In Brain's Early Growth, Timetable May Be Crucial. *New York Times*, 29.8.1995. [Verkossa; viitattu 28.4.2015]. Saatavissa: <http://www.nytimes.com/1995/08/29/science/behind-veil-thought-advances-brain-research-brain-s-early-growthtimetable-may-be.html?pagewanted=1>.
- [2] J. C. Brown. Calculation of a constant Q spectral transform. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1991, vol. 89, nro 1, s. 425–434.
- [3] E. Bufill, J. Augustí ja R. Blesa. Human Neoteny Revisited: The Case of Synaptic Plasticity. *American Journal of Human Biology*, 2011, vol. 23, nro 6, s. 729–739.
- [4] H. Chugani. A Critical Period of Brain Development: Studies of Cerebral Glucose Utilization with PET. *Preventive Medicine*, 1998, vol. 27, s. 184–188.
- [5] R. J. Davidson ja A. Lutz. Buddha's Brain: Neuroplasticity and Meditation. *IEEE Signal Processing Magazine*, 2008, vol. 25, nro 1, s. 174–176.
- [6] P. Eckerdal ja Björn Merker. 'Music' and the 'action song' in infant development: An interpretation. Teoksessa: *Communicative Musicality: Exploring the Basis of Human Companionship*. Oxford University Press, 2009, s. 241–259.
- [7] J. Evans. In two minds: dual-process accounts of reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, 2003, vol. 7, nro 10, s. 454–459.
- [8] M. Huotilainen. Sikiöaikainen oppiminen valmistaa syntymänjälkeiseen elämään. *Tieteessä tapahtuu*, 2004, vol. 4, s. 14–16.
- [9] D. Huron. *Sweet anticipation: Music and the Psychology of Expectation*. The MIT Press, 2006.
- [10] R. P. Hämäläinen, R. Jones ja E. Saarinen. *Being Better Better*. Aalto University Publications, 2014.
- [11] R. P. Hämäläinen ja E. Saarinen (toim.) *Systeemiäly 2005*. Systems Analysis Laboratory Research Reports B25. Helsinki University of Technology, 2005, s. 3–8.
- [12] T. Jokinen. *Systeemiäly myyntityössä*. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Espoo, 2015.
- [13] S. Malloch. Mothers and Infants and Communicative Musicality. *Musicae scientiæ*, 2000, vol. 3, nro 1, s. 29–57.
- [14] S. Malloch ja C. Trevarthen. Musicality: Communicating the Vitality and Interests of Life. Teoksessa: *Communicative Musicality: Exploring the Basis of Human Companionship*. Oxford University Press, 2009, s. 1–12.
- [15] J. Panksepp. The Riddle of Laughter: Neural and Psychoevolutionary Underpinnings of Joy. *Current Directions in Psychological Science*, 2000, vol. 9, nro 6, s. 183–186.
- [16] E. Partanen et al. Learning-induced neural plasticity of speech processing before birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, vol. 110, nro 37, s. 15145–15150.

- [17] M. Polanyi. *The Tacit Dimension*. Doubleday & Company Inc., 1966, s. 3–25.
- [18] V. Putkinen, M. Tervaniemi ja M. Huotilainen. Informal musical activities are linked to auditory discrimination and attention in 2–3-year-old children: an event-related potential study. *European Journal of Neuroscience*, 2013, vol. 37, s. 654–661.
- [19] J. F. Rauthmann. Psychological Aspects of Systems Intelligence: Conceptualisations of a New Intelligence Form. Teoksessa: *Essays on Systems Intelligence*. Aalto University, School of Science ja Technology, 2010, s. 29–59.
- [20] E. Saarinen ja R. P. Hämäläinen. Systems Intelligence: Connecting Engineering Thinking with Human Sensitivity. Teoksessa: *Systems Intelligence: Discovering a Hidden Competence in Human Action and Organisational Life*. Helsinki University of Technology, 2004, s. 9–37.
- [21] E. Saarinen ja R. P. Hämäläinen. The Originality of Systems Intelligence. Teoksessa: *Essays on Systems Intelligence*. Aalto University, School of Science ja Technology, 2010, s. 9–26.
- [22] K. R. Scherer. What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information*, 2005, vol. 44, s. 693–727.
- [23] P. Senge. *Peter Senge Comments on "Illuminating the Blind Spot: Leadership in the Context of Emerging Worlds" — A McKinsey/SoL Joint Research Project*, 2004.
- [24] P. Senge. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. Doubleday/Currency, 1990.
- [25] J. Shrager ja M. H. Johnson. Timing in the development of cortical function: A computational approach. Teoksessa: *B. Julesz and I. Kovacs (Eds.), Maturational windows and adult cortical plasticity*, 1995.
- [26] K. E. Stanovich. *What Intelligence Tests Miss: The Psychology of Rational Thought*. Yale University Press, 2009.
- [27] P. Teckenberg-Jansson et al. Rapid effects of neonatal music therapy combined with kangaroo care on prematurely-born infants. *Nordic Journal of Music Therapy*, 2011, vol. 20, nro 1, s. 22–42.
- [28] M. Tervaniemi. Musicians: Same or Different? Teoksessa: *The Neurosciences and Music III — Disorders and Plasticity: Ann. N.Y. Acad. Sci. Vol. 1169*. New York Academy of Sciences, 2009, s. 151–156.
- [29] C. Trevarthen ja J. Panksepp. The Neuroscience of Emotion in Music. Teoksessa: *Communicative Musicality: Exploring the Basis of Human Companionship*. Oxford University Press, 2009, s. 105–146.
- [30] J. Törmänen. Systems Intelligence Inventory. Masters' Thesis. Aalto University School of Science, Espoo, 2012.
- [31] Uutisverkko. *Tutkimus: Lapselle lauleskelu kehittää lapsen aivoja*. [Verkossa; viitattu 25.5.2015], 2013. Saatavissa: <http://uutisverkko.wordpress.com/2013/01/04/tutkimus-lapselle-lauleskelu-kehittaa-lapsen-aivoja/>.

- [32] G. A. Velasco et al. Constructing an invertible constant-Q transform with nonstationary Gabor frames. Teoksessa: *Proceedings of the 14th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx11)*, 2011.