UNIVERSITY OF HELSINKI

https://helda.helsinki.fi

Erkki Kurenniemen sähkösoittimet: Erkki Kurenniemi's electronic music instruments

Ojanen, Mikko; Suominen, Jari

2006

Suomen musiikkitieteellinen seura

http://hdl.handle.net/10138/156941

Ojanen, M & Suominen, J 2006, 'Erkki Kurenniemen sähkösoittimet', Musiikki, Vuosikerta. 35, Nro 3, Sivut 15-44. https://doi.org/10.5281/zenodo.267965

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository. https://helda.helsinki.fi
This is an electronic reprint of the original article.
This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.
Please cite the original version.

Erkki Kurenniemen sähkösoittimet

Mikko Ojanen ja Jari Suominen

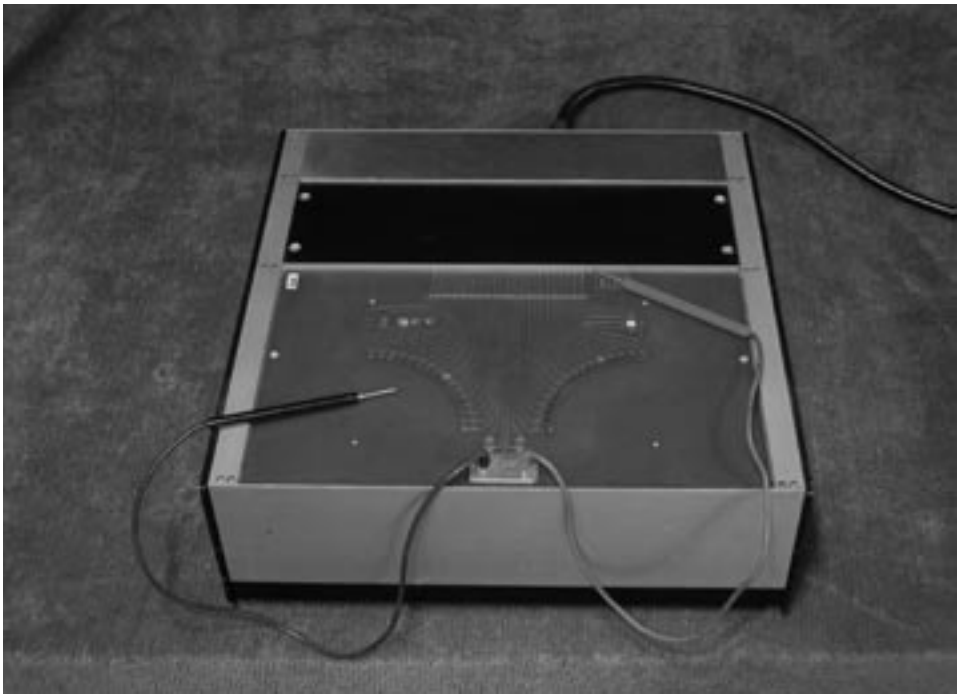
Erkki Kurenniemi (s. 1941) rakensi vuosina 1962–1974 toistakymmentä erilaista sähkösoitinta ja studiolaitetta. Merkillepantavaa on niiden innovatiivisuus ja ainutlaatuisuus. Monien soittimiensa toteuttamiseen Kurenniemi hyödynsi teknisiä sovelluksia ja elektronisia komponentteja, joiden käytöstä musiikkiteknologiassa ei vielä tuolloin ollut kokemusta. Ainutlaatuisia soittimet ovat siksi, että suurimmasta osasta on rakennettu vain yksi kappale. Kiinnostavaa on myös soitinten teknis-taiteellinen toteutus. Teknisen toteutuksen ohella myös soitinten muotoiluun ja ulkonäköön on kiinnitetty huomiota. Kuvaavana esimerkkinä mainittakoon Dimi-A vuodelta 1970 (ks. kuva 1). Tästä näkökulmasta katsottuna Kurenniemen laitteita voitaisiinkin tarkastella taideteoksina sinänsä – eikä vain soittimina. Kurenniemi (2004) kuitenkin itse suhtautuu taideteosmääritelmiin varauksellisesti todeten, että ”turvallisinta on sanoa, että se [soitinten rakentaminen] oli tekniikan tutkailua ja harrastelua”.

Tässä Kurenniemen sähkösoittimia käsittelevässä artikkelissa aihetta lähestytään sekä historialliselta että tekniseltä kannalta. Ensin tarkastellaan Kurenniemen toimintaa sointinrakentajana sekä soitinten syntyhistoriaa kronologisesti edeten. Tässä osuudessa pyritään vastaamaan muun muassa seuraaviin kysymyksiin: koska mikäkin soitin on rakennettu, missä yhteyksissä soittimia on käytetty, minne mikäkin soitin on sittemmin päätynyt ja ketkä ovat olleet minkäkin soittimen kanssa tekemisissä. Artikkelin toisessa osassa tarkastellaan Kurenniemen soitinten toimintaperiaatteita eli kuvaillaan ja arvioidaan soittimille tyypillisiä teknisiä ratkaisuja. Soitinten toimintaperiaatteita vertaillaan myös aikansa tunnetumpien sähkösoitinten, kuten Buchlan ja Moogin syntetisaattoreiden toimintaperiaatteisiin. Siten Kurenniemen soittimet pyritään sijoittamaan syntetisaattoreiden kehitysjatkumoon. Soitinteknologisen pioneerityön arvottaminen on kuitenkin rajattu tutkimuksen ulkopuolelle jo yksistään sen takia, että Kurenniemen soittimet ovat jääneet suhteellisen tuntemattomiksi, eivätkä ne siten ole toimineet esikuvina uusille innovaatioille. Emme myöskään tarkastele Kurenniemen soittimilla tuotettuja äänitteitä ja sävellyksiä lukuun ottamatta muutamaa poikkeusta, jolloin kyse on oleellisesti kyseisten soittimien historiaan liittyvistä teoksista.[1]

Kirjallisten lähteiden niukkuudesta johtuen tutkimuksen lähdemateriaali koostuu pääosin henkilöhaastatteluista ja arkistomateriaalista, kuten muun muassa kela- ja DAT-nauhoista sekä soitinten dokumentaatioista[2]. Monilta osin

[1] Esimerkiksi *Kaukana väijyy ystäviä, Antropoidien tanssia* ja intermediateos *Deal*.

[2] Soitinten *dokumentaatio* koostuu mm. kytkentäkaavioista, piirilevyjen asettelukaavioista, lohkokaavioista, muistiinpanoista ja suunnitelmista, juotoslistoista ja partituureista.



Kuva 1. Dimi-A. Kuva: Ojanen & Suominen 2004.

tarkkoja tietoja tapahtumista ei enää voida tavoittaa, ja avoimeksi tai epävarmoiksi jäävät kysymykset on pyritty ilmaisemaan selkeästi mahdollista jatkotutkimusta varten. Tärkeitä aiempia tutkimuksia alueelta ovat Petri Kuljuntaustan (2002) *On/Off*, joka luo laajan mutta samalla yksityiskohtaisen kuvan suomalaisen elektroakustisen musiikin varhaisvaiheista, ja Kalev Tiitsin (1990b) Kurenniemen teoksia ja ammatillista biografiaa tarkasteleva tutkielma. Lisäksi Mika Taanila (2003) on koostanut Kurenniemeä käsittelevän DVD-levyn *The Dawn of Dimi*.[3] Tämän artikkelin kysymyksenasettelu ja näkökulma poikkeaa Kuljuntaustan ja Tiitsin tarkasteluista erityisesti keskittyessään tekniikkaan liittyviin kysymyksiin.

Helsingin yliopiston ”ääniteknillinen laboratorio” ja integroitu syntesoija

Erkki Kurenniemi työskenteli 1960-luvun alkupuolelta alkaen Helsingin yliopiston ydinfysiikan laitoksella. Laitoksella työskentelyn ja opiskelun ohessa Kurenniemi kehitteli Helsingin yliopiston musiikkitieteen laitoksen studiota, ja

[3] DVD sisältää Taanilan ohjaaman Kurenniemeä käsittelevän dokumenttielokuvan *Tulevaisuus ei ole entisensä* (2002), *Pan Sonic plays Kurenniemi* -konsertin (2002) sekä lisämateriaalina mm. Kurenniemen lyhytelokuvia 1960-luvulta ja kuvia Kurenniemen soittimista.

yliopiston vuosikertomuksissa hänen mainitaan toimineen musiikkitieteen laitoksen voluntääriassistenttina vuosina 1968–72. 1970-luvun alussa hän perusti soittimia suunnittelevan, valmistavan ja markkinoivan Digelius Electronics -yhtiön. Digeliuksen suojissa suunniteltujen soitinten sarjatuotanto ei kuitenkaan koskaan alkanut ja siten soittimet jäivät prototyyppiasteelle.[4]

Kurenniemen ensimmäisenä varsinaisena soitinrakennusprojektina voidaan pitää Helsingin yliopiston musiikkitieteen elektronimusiikin studiota. Elektronimusiikin studio on elektronimusiikin säveltäjän instrumentti, ja tekninen laitteisto on Salmenhaaran (1968, 208) sanoin ”samassa asemassa sävellystyössä kuin soittimet perinteellisessä musiikissa”. Kurenniemi aloitti ”ääniteknillisen laboratorion” rakentamisen lukuvuonna 1961–62 silloisen Helsingin yliopiston musiikkitieteen professorin Erik Tawaststjernan pyynnöstä (Linkomies 1962, 69). Kurenniemen aloittaessa työnsä studio sijaitsi Helsingin yliopiston Porthania-rakennuksen seitsemännessä kerroksessa laitoksen esimiehen työhuoneessa. Laitteisto koostui ainoastaan kolmesta Seppo Heikinheimon hankkimasta Telefunken M24 -kelanauhurista.

Kurenniemen visio studiosta oli alun alkaen kuitenkin kokonaisvaltaisempi ja monimutkaisempi kuin yksinkertainen nauhamontteerausstudio. Studion suunnittelun ja ideoinnin taustalla olivat artikkelit ja raportit Pariisin ja Kölnin elektronimusiikin studioista. Toisin kuin monet aikalaisensa Kurenniemi ei kuitenkaan itse matkustanut tutustumaan näihin studioihin, vaan hän teki suunnitelmansa pelkästään kirjallisuuden pohjalta. Studion suunnittelun esimerkkinä ja eurooppalaisia studioita merkittävämpänä innoittajana toimi jo 1950-luvulla valmistunut Radio Corporation of American (RCA) digitaaliohjattu syntetisaattori.[5] Vaikka 1960-luvulla kehitetyt äänisynteesilaitteistot perustuivat pääsään-

[4] Kurenniemi aloitti opintonsa Helsingin yliopistossa vuonna 1961 vasta perustetussa ydinfysiikan laitoksessa. Heti opintojen alkuvaiheessa hän ilmoittautui vapaaehtoiseksi ohjelmoimaan laitokselle hankittua analogiatietokonetta (Kurenniemi 2004). Vuosina 1962–68 hän oli teoreettisen fysiikan laitoksen tilapäinen (kurssi)assistentti sekä vuosina 1968–72 fysiikan laitoksen amanuenssina ja vanhempana suunnittelijana. Lukuvuonna 1967–68 hän valmistui luonnontieteiden kandidaatiksi. Vanhemman suunnittelijan toimesta Kurenniemi erosi vuonna 1973 (Juva 1973, 150). Digelius Electronics -yhtiön perustamisen myötä Kurenniemen työpanos musiikkitieteen studiolla väheni ja viimeisen kerran hänen mainitaan toimineen studion voluntääriassistenttina lukuvuonna 1971–72 (Juva 1972, 96–97). 1970-luvun puolivälissä Poriin Rosenlewin tehtaalle teollisuusautomaatiota suunnittelemaan siirtynyt Kurenniemi ei kuitenkaan hylännyt musiikkia kokonaan. 1980-luvun puolivälissä hän palasikin musiikinteorian pariin ja kirjoitti artikkeleita harmonioiden teorioista (esim. Kurenniemi 1985). Nyt 2000-luvun puolella suunnittelutyö on edennyt uuden Dimi-soittimen Dimi-H:n valmistumiseen.

[5] RCA-yhtiön palveluksessa työskennelleet Harry Olsen ja Herbert Belar rakensivat digitaaliohjatun syntetisaattorin vuonna 1952. Laitteen taustalla oli vuonna 1949 ilmestynyt julkaisu *A Mathematical Theory of Music* (1949) ja ajatus koneesta, joka tuottaa musiikkia ja melodioita satunnaistodennäköisyyksien perusteella. Tarkemmin RCA:n syntetisaattorista ks. esim. http://www.obsolete.com/120_years/.

töisesti jännitesäätöisyyteen, Kurenniemi valitsi RCA:n esimerkin innoittamana suunnittelun pohjaksi digitaalisuuden. Kurenniemi muisteleekin, että myös ilmeisesti ”ydinfysiikan laitoksen tietokonekokemus teki niin selväksi, että tulevaisuus on digitaalinen”.[6] (Kurenniemi 2004.)

Helsingin yliopiston studion alkuvaiheessa, 1960-luvulla, voidaan karkeasti erottaa kolme eri rakennusvaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa studioon hankittiin Telefunken-kelanauhureiden lisäksi rakennussarjana yksinkertainen äänisynteesilaitteisto ja jousikaiku (Tiits 1990b, 12) sekä lukuvuoden 1962–63 aikana Studer C 37 -studiomagnetofoni (Kivinen 1963, 65; Salmenhaara 1963, 55). Syksyllä 1963 studio muutti sille varattuun tilaan Porthanian kellariin (Kivinen 1964, 69). Peruslaitteiston hankinnan ja asentamisen jälkeen Kurenniemi alkoi toteuttaa kokonaisvaltaisempaa suunnitelmaa ”automaattisen studion” rakentamiseksi. Tässä toisessa vaiheessa studion kehittely perustui niin kutsutun *integroidun syntesoijan* rakentamiseen.[7] Laitteen tarkoituksena oli toimia studion äänigeneraattori-, äänenmuokkain- ja ohjainyksikkönä – tavallaan koko studion keskusyksikkönä, josta kaikki ohjaus tapahtuisi. Äänentuoton ja muokkauksen ohella laitteeseen oli tarkoitus kytkeä myös nauhanopeuden säädöllä varustetut kelanauhurit, jolloin myös niitä olisi voitu ohjata integroidun syntesoijan avulla. (Kurenniemi 2004.)

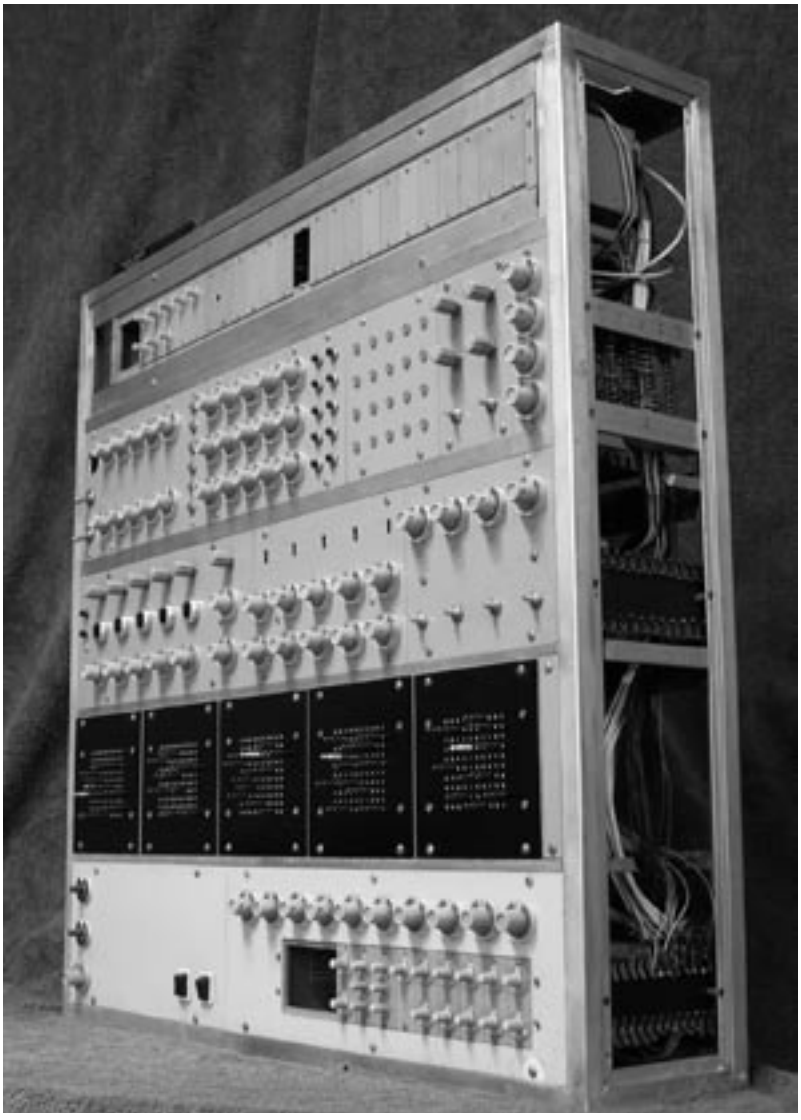
Kaiken kaikkiaan laitekokonaisuuteen valmistui kolme erillistä yksikköä: äänigeneraattori-, suodin- ja mikseriyksikkö. Äänigeneraattori- ja mikseriyksikkö ovat edelleen musiikkitieteen studiossa, mutta suodinyksikkö on kadonnut. Vaikka suodinyksikkö oli toimintakuntoinen, se ei ilmeisesti kuitenkaan vastannut alkuperäisen suunnitelman odotuksia ja jäi keskeneräiseksi (Kurenniemi 2004). Laitekokonaisuuden merkittävin idea oli äänigeneraattoriyksikön (ks. kuva 2) digitaalisissa ohjaussignaaleissa, ja ehkä tästä syystä tavanomaisemmalla tekniikalla toteutettua suodinyksikköä ei haluttu säästää. Äänigeneraattoriyksikön mainitaan olleen valmistumisvaiheessa kesällä 1965 (Kivinen 1965, 73), ja jo samana kesänä se oli Jyväskylän Kesässä demonstraatiovälineenä Kurenniemen organisoimassa algoritmisen musiikin seminaarissa (Kurenniemi 2004; Kuljuntausta 2002, 222). Äänigeneraattori oli mukana myös Helsingissä Amos Anderssonin taidemuseossa vuonna 1968 järjestetyssä *Sähköshokki*-illassa. Tapahtumassa kuultiin runoesityksiä, joissa lausujan puhetta muokattiin äänigeneraattoriyksikön avulla. ”Musiikkitieteen laitoksen musiikkikoneella” soitettiin muun muassa Johann Sebastian Bachin kolmiäänisiä inventioita (Kuljuntausta 2002, 297–298).[8] Kurenniemen (2004) mukaan laitteiston joidenkin osien rakentamista jatkettiin vielä Helsingin yliopiston musiikkitieteen laitoksen muutettua Vironkadulle vuoden 1967 kevätlukukaudella.

---

[6] Studion alkuvaiheista lisää ks. esim. Tiits 1990a ja 1990b sekä Kuljuntausta 2002, 194–199.

[7] Alun perin laitteistolla ei ollut nimeä. Termi ”integroitu syntesoija” on kehitetty myöhemmin kuvaamaan tätä Kurenniemen rakentamaa laitekokonaisuutta ja myös tässä artikkelissa ko. laitteistosta käytetään tätä nimeä.

[8] Ilmeisesti integroidulla syntesoijalla siis muokattiin nauhalta toistettua valmista äänimateriaalia.



Kuva 2. Integroidun syntesoijan äänigeneraattoriyksikkö. Kuva: Ojanen & Suominen 2004.

Integroidun syntesoijan äänigeneraattoriyksikön tarkasta toiminnasta ei ole tietoa, sillä laite ei ole ollut käytössä yli kolmeenkymmeneen vuoteen. Generaattoriyksikköön sisältyi jännitesäätöisten piirien lisäksi joukko yksinkertaisia digitaalipiirejä kuten pulssimuokkaimia sekä kombinaatio- ja sekvenssipiirejä, joista voitiin viiden 10 x 10 -pisteisen kytkentämatriisin avulla rakentaa erilaisia loogisia yhtälöitä vastaavia toimintakokonaisuuksia (Lindeman 1974, 81; dokumentaatio integroitu syntesoija). Laitteessa ei ollut koskettimistoa, mutta sopivilla kytkennöillä oli mahdollista rakentaa monimutkaisia sekvenssejä, joita soitin toisti automaattisesti.

Eräässä vaiheessa Kurenniemi purki Telefunken-kelanauhurit tarkoituksenaan rakentaa ne uudestaan nauhanopeudensäädöllä varustettuna ja kytkettynä intregroituun syntesoijaan. Laitteiden yhdistämiseen tarvittavaa moottoria ei kuitenkaan saatu hankittua ja tästä syystä hanketta ei koskaan saatu vietyä loppuun saakka. (Kurenniemi 2004; Tiits 1990b, 16.) Tarkkaa ajankohtaa integroidun syntesoijan käytöstä poistumiselle ei ole voitu selvittää. Esimerkiksi Jukka Ruohomäki (2004) ei muista integroidun syntesoijan enää olleen käytössä hänen aloittaessaan työskentelemään studiossa vuonna 1968. Viimeistään vuoteen 1972 mennessä, studion kolmannessa rakennusvaiheessa, laitteisto ja soittimet oli joka tapauksessa kytketty digitaalisesti ohjattuun Dimix-ristiinkytkentäpöytään sekä studiolle hankittuun Olive Leaf -mikseriin. (Juva 1972, 69–97; Ruohomäki 2004.)

Kesäkuussa 1968 Kurenniemi vieraili Firenzen Teatro Communalen järjestämässä elektroakustisen musiikin kongressissa, jossa hän piti esitelmän Helsingin yliopiston musiikkitieteen laitoksella kehitteillä olevasta musiikkiterminaalista (Kivinen 1968, 100–101).[9] Musiikkiterminaali oli päätetietokone, joka oli tarkoitus kytkeä yliopiston keskustietokoneeseen. Siten musiikin tekeminen ei olisi ollut enää paikallisesti esimerkiksi musiikkitieteen laitoksen studioon sidottua, vaan musiikki-informaatiota olisi voitu siirtää ja koodata yliopiston verkkoon kytketyllä musiikkiterminaalilla missä tahansa. Kurenniemen suunnitelma jäi kuitenkin tässä vaiheessa vielä toteutumatta, eikä mitään konkreettista terminaalia koskaan rakennettu. Ajatus konkretisoitui myöhemmin vuonna 1972 edellä mainitussa Dimix-ristiinkytkentäpöydässä, joka oli varustettu verkkoon sopivilla sarjaporteilla. Myöskään Dimixiä ei kuitenkaan koskaan kytketty verkkoon. (Kurenniemi 2004.)

Soittimia tilaustyönä

Helsingin yliopiston studio oli yksi 1960-luvun tärkeimmistä elektroakustisen musiikin sävellysstudioista. Sen myötä Kurenniemi tuli tunnetuksi suomalaisen elektroakustisen musiikin piirissä ja hänen puoleensa käännyttiin usein elektroakustisen musiikin tekniikkaan liittyvissä kysymyksissä. Koska integroitu syntesoija (studiolaitteisto) oli Kurenniemen suunnittelema ja rakentama, oli hän ainoa, joka osasi käyttää studiota, ja hän myös avusti studiota käyttäviä muusikoita ja säveltäjiä, muun muassa Erkki Salmenhaaraa, Otto Donneria ja Mauri Antero Nummista sekä ruotsalaista Ralph Lundstenia. Studion kehittelyn ohella Kurenniemi valmisti soittimia myös musiikkitieteen laitoksen ulkopuolelle yksityiseen käyttöön. Ensimmäiset varsinaiset studion ulkopuolelle valmistuneet soittimet olivat Sähkökvartetti (1968), Andromatic (1968) ja Dico (1969).

[9] Osa matkalla kuvastusta materiaalista on nähtävissä Kurenniemen kokeellisessa lyhytelokuvassa *Firenze*, joka on julkaistu DVD:llä *The Dawn of Dimi* (ks. Taanila 2003).

Laulukone ja Sähkökvartetti

1960-luvun alussa Kurenniemi oli tutustunut yliopistolla sosiologiaa opiskelevaan Mauri Antero Nummiseen. Vuonna 1964 Numminen osallistui Akateemiseen laulukilpailuun ystävänsä Kullervo Auran kanssa rakentamallaan Laulukoneella[10]. Laulukone valmistui kolmen kuukauden suunnittelun ja rakentamisen tuloksena vuoden 1964 alussa. Se oli varsin yksinkertainen laite, joka toimi lähinnä äänensärkijän tavoin, ja se sisälsi yhdellä piirilevyllä muutamia transistoreita (Kuljuntausta 2002, 465). Kurenniemi ei osallistunut Laulukoneen rakentamiseen,[11] mutta kone rakennettiin suurelta osin yliopiston studion tarjoamista materiaaleista ja ilmeisesti Kurenniemen piirustusten pohjalta (Lindfors & Salo 1988, 87; Kurenniemi 2004). Laulukone purettiin muutaman esityksen jälkeen, koska Kurenniemi tarvitsi siinä käytettyjä komponentteja muihin hankkeisiinsa (ks. esim. Numminen 1999, 483).

Muutaman vuoden tauon jälkeen Numminen teki paluun sähkömusiikin pariin, ja vuonna 1968 Kurenniemi rakensi hänelle Sähkökvartetiksi nimetyn kollektiivisoittimen (Tiits 1990a, 44; Kuljuntausta 2002, 468).[12] Sähkökvartetti koostuu keskusyksiköstä ja kuudesta ohjaimesta. Keskusyksikössä on äänentuotto ja sekvensseri. Niin kutsuttu melodiakone koostuu kahdesta ohjaimesta, joista toinen ohjaa diskanttimelodiaa ja toinen bassolinjaa. Viulukone, joka on sittemmin kadonnut, sisälsi potentiometrin, jota kääntämällä valittiin soivan sävelen taajuus. Rumpukoneessa on kuusi erilaista rumpuja imitoivaa ääntä, joita voidaan soittaa painelemalla ohjaimen näppäimiä. Laulajalla oli mikrofonin lisäksi niin kutsuttu valomiekka, jonka avulla mikrofonikanava oli mahdollista kytkeä erilaisiin särö- ja rengasmodulaattoriefekteihin. Viimeinen ohjain ohjaa oktaavisuotimia, joiden läpi melodiakoneiden signaali on mahdollista viedä. Keskusyksikön sekvensserillä voidaan automaattisesti ohjata melodiakoneita, suotimia ja rumpukonetta.

Sähkökvartetin ensimmäinen esiintyminen oli Sofian nuorisomusiikkifestivaaleilla Bulgariassa kesällä 1968. Myöhemmin samana vuonna (25.11.1968) Sähkökvartetti esiintyi Helsingin yliopiston juhlasalissa järjestetyssä *Kommunikaatio*-konsertissa, 2.9.1969 Anki Lindqvistin TV-ohjelmassa *Ungdom, för helvete!* ja 17.11.1970 *Elektrotapahtumassa* Vanhalla ylioppilastalolla Helsingissä.[13] Ruohomäki (2004) mainitsee Sähkökvartetin olleen pitkään käytössä musiikkitieteen studiossa. Hajonnut soitin oli myös joitakin vuosia Nummisen hallussa

[10] Tarkemmin Laulukoneesta ja sillä esitetyistä teoksista *Ontogim* ja *Oigu-S* ks. Kuljuntausta 2002, 465.

[11] Kuljuntausta (2002, 224) mainitsee Kurenniemen auttaneen laitteen toimintakuntoon saattamisessa.

[12] Aura oli aloittanut Sähkökvartetin suunnittelun vuonna 1967, mutta tarkkaa tietoa ei ole siitä, kuinka pitkälle soittimen ideointi oli edennyt ennen kuin Numminen pyysi Kurenniemeä jatkamaan soittimen rakentamista (ks. esim. Tiits 1990a, 43). Todennäköistä on, että nykyinen Sähkökvartetti on Kurenniemen suunnittelema, vaikka soittimen ideointi olisikin tapahtunut kollektiivisesti Nummisen ja Auran kanssa (Tiits 1990a, 44; Kurenniemi 2004). Kurenniemi (2004) ei muista tavanneensa Auraa kuin muutaman kerran.

(Kuljuntausta 2002, 387 ja 467–468). Sähkökvartetti restauroitiin konserttikäyttöön vuonna 2002, jolloin alkuperäinen Sähkökvartetti-kokoonpano esiintyi osana Avanto-festivaalin ohjelmaa. Tämän jälkeen soitin palautettiin musiikkitieteen studioon.

Andromatic

Tukholmassa järjestetyssä Fylkingenin nykymusiikkikonsertissa Kurenniemi tapasi ruotsalaisen muusikon ja säveltäjän Ralph Lundstenin (s. 1936). Tapaamisen myötä yhteydet ruotsalaisiin vahvistuivat, ja Lundsten kävi Kurenniemen studiolla nauhoittamassa materiaalia teoksiinsa.[14] Myöhemmin Lundsten tilasi Kurenniemeltä Andromatic-nimisen[15] sähkösoittimen. Varmaa tietoa ei ole, toimittiko Lundsten Kurenniemelle valmiit piirustukset vai suunnitteliko Kurenniemi soittimen itse. Todennäköisesti soitin on valmistunut yhteisten pohdintojen tuloksena. Andromaticin valmistuttua syksyllä 1968 Kurenniemi testasi soitinta nauhoittamalla kelanauhalle äänimateriaalia.[16] Tämän jälkeen hän toimitti soittimen Tukholmaan ja antoi Lundstenille lyhyen esittelyn sen toiminnasta. (Kurenniemi 2004.)

Alun perin Andromatic suunniteltiin Tukholman Samlaren-taidesalongissa marraskuussa 1968 pidettyyn *Tunne*-näyttelyyn.[17] Näyttelyssä soitin oli kytketty Olle Andrinin veistokseen ja tuottamansa musiikin ohella soitin ohjasi myös veistokseen liitettyjä valoja. *Tunne*-näyttelyn jälkeen kokonaisuus oli esillä myös toisessa näyttelyssä, ja tammikuussa 1969 se siirtyi Contemporary Crafts -museoon New Yorkiin. (HS 1968.) Näyttelyiden jälkeen Lundsten liitti soittimen Andromeda-studionsa laitteistoon, jossa soitin on edelleen toimintakuntoisena, ja hän on käyttänyt sitä useissa teoksissaan.[18]

Andromatic on omintakeisen sekvensserinsä ansiosta polyfoninen syntetisaattori. Sekvensserissä jokaisella asteella on oma oskillaattorinsa, jonka sävelkorkeus, äänenvoimakkuus ja sointiaika voidaan asettaa potentiometreillä. Erikoiseksi sekvensserin tekee se, että jokaisen asteen toiminnallisuuden tila voidaan muuttaa vipukytkimen avulla. Sekvensseri on mahdollista kytkeä ta-

---

[13] Sähkökvartetilla esitettiin aina yksi ja sama teos *Kaukana väijyy ystäviä* (*Därborta lurar nogra vänner*). Ainoat säilyneet Sähkökvartetti-tallenteet ovat mainitusta *Kommunikaatio*-konsertista, Lindqvistin TV-ohjelmasta ja vuoden 1970 Elektrotapahtumasta. Tarkemmin Nummisesta ja Sähkökvartetista ks. Kuljuntausta (2002, 467) sekä http://www.ma-numminen.net.

[14] Mm. *Aloha arita*, Sveriges Radio LPD1 (1966).

[15] Soittimen nimi on todennäköisesti Lundstenin keksimä, ja se viittaa hänen Andromeda-studioonsa.

[16] Nauhoitteesta tuli myöhemmin *Antropoidien tanssi* -teos, joka on julkaistu useampaan kertaan. Se on ainut Kurenniemen Andromaticilla valmistama teos.

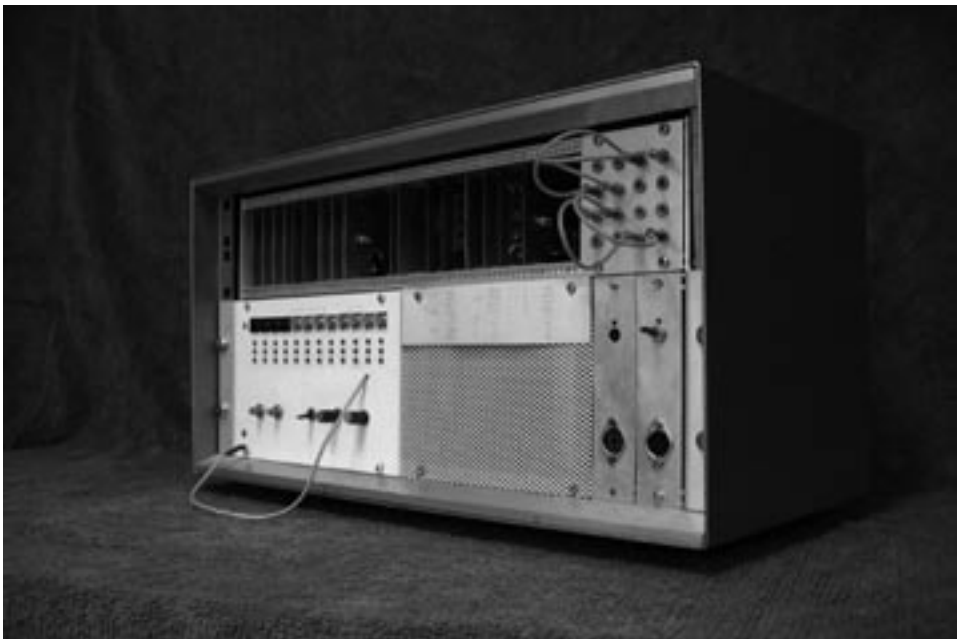
[17] Näyttelyssä yleisö pääsi itse tuottamaan ääntä soittimella. *Tunne*-näyttelyn keskeinen tarkoitus oli tehdä kävijöistä tavanomaisten katsojien ja kuulijoiden sijasta luovia osallistujia ja kokijoita (HS 1968).

[18] Lundstenin tuotannosta ks. esim. http://www.andromeda.se.

vanomaiseksi 10 iskun sekvensseriksi, jolloin kukin oskillaattori soi vuorollaan. Kytkemällä sekvensserin iskuja binäärijakajiksi, voidaan sekvensseriin muodostaa laskureita, jotka laskevat binäärilogiikan mukaisesti ylöspäin. Laskureita käyttämällä voidaan useita oskillaattoreita soittaa samanaikaisesti. Binäärijakajien avulla voidaan myös tehdä monimutkaisia 1 024 iskun sekvenssejä. Lisäksi Andromaticissa on yli-, ali- ja kaistanpäästösuodin sekä joukko erilaisia modulaattoreita, joihin jokaisen oskillaattorin signaali voidaan erikseen kytkeä ristikytkentämatriisin avulla.

Dico

Helsingin Sanomien haastattelussa (ks. HS 1968) Kurenniemi mainitsee Andromaticin olevan hänen ensimmäinen varsinaisena tilaustyönä valmistunut musiikkikone.[19] Samassa yhteydessä hän toteaa samantyyppisen tilaustyön olevan rakenteilla myös Suomeen. Ilmeisesti kyseessä on Osmo Lindemanin (1929–1987) Kurenniemeltä tilaama ja keväällä 1969 valmistunut Dico (*Digitally controlled oscillator*) (ks. kuva 3). Klassisen musiikkikoulutuksen saanut Lindeman siirtyi 1960-luvun lopulla säveltämään ainoastaan elektronimusiikkia. Tähän tarkoitukseen hän rakensi elektronimusiikin kotistudion (Heiniö 1995, 187), jonka äänilähteeksi hän tarvitsi kelanauhureiden ja kaikulaitteiden lisäksi elektronista



Kuva 3. Dico. Kuva: Ojanen & Suominen 2004.

[19] Lausunto on kuitenkin ristiriidassa sen faktan kanssa, että Kurenniemi oli rakentanut tätä ennen Nummiselle Sähkökvartetin. Todennäköisesti Kurenniemi ei tuolloin mieltänyt Sähkökvartettia ”tilaussoittimeksi”.

ääntä tuottavan soittimen. Lindemanin keskeinen toive oli, että soitin olisi ohjelmoitava sekvensseri. Kurenniemi suunnitteli ja rakensi soittimen, joka pohjautui hänen ja Lindemanin yhteiselle ideoinnille. (Kurenniemi 2004.)

Dico on sekvensserillä varustettu monofoninen syntetisaattori. Lisäksi se on ensimmäinen soitin, johon Kurenniemi rakensi digitaalisen muistin. Muistin avulla soittimeen on toteutettu 12 iskun sekvensseri. Jokaista iskua kohti määritetään soiva sävel (neljä bittiä), oktaaviala (kolme bittiä), artikulaatio (kaksi bittiä) sekä ulostulokanava (yksi bitti). Soivan iskun parametrit sisältävän muistipaikan sisältö esitetään paneeliin sijoitettujen valojen avulla. Jokaisen lampun alla on kolmen koskettimen ryhmä, joiden avulla kyseistä bitin arvoa voidaan muuttaa yhdistämällä kosketin laitteen runkoon erityisen metallisiveltimen avulla. Lisäksi Dicossa on kaksi staattista, neljästä oktaavisuotimesta koostuvaa suodinpankkia, joilla ääntä voidaan muokata. Äänen ohjaus suotimiin tehdään laitteessa olevan ristikytkentäpaneelin avulla.

Lindeman pyrki elektronimusiikin tuotannossaan käyttämään puhtaasti elektronista ääntä, ja muun muassa Dicolla luomaansa äänimateriaalia Lindeman hyödynsi useassa teoksessaan.[20] Ilmeisesti ainoaksi Kurenniemen Dicolla tuottamaksi äänimateriaaliksi ennen soittimen luovuttamista Lindemanille jäi Yleisradion elektronimusiikin seminaarin yhteydessä tehty nauhoitus *Improvisaatio* (1969).[21] Epäselvää on, mihin soitin Lindemanin kuoltua siirtyi ja sen luultiinkin kadonneen (Kuljuntausta 2002, 387) ennen kuin se kuitenkin löytyi Helsingin yliopiston musiikkitieteen studiosta, jossa se on edelleen toimintakuntoisena.

Digelius Electronics Finland Oy ja Dimi-soittimet

Vuonna 1970 soitinten valmistamista varten perustetussa Digelius Electronics Finland -yrityksessä Kurenniemen vastuulla oli laitteiden tekninen suunnittelu ja rakentaminen. Varsinaisten osakkaiden lisäksi ainakin Hannu Viitasalo ja Helsingin yliopiston studiota 1970-luvulla hoitanut Jukka Ruohomäki olivat aktiivisesti mukana soitinten suunnittelussa ja rakentamisessa.[22] (Kurenniemi 2004; Ruohomäki 2004; Viitasalo 2004.) Kurenniemi rakensi ensimmäisen niin kutsuttuun Dimi-sarjaan kuuluvan soittimen kuitenkin jo ennen Digelius Electronicsin perustamista. Soitin valmistui elokuussa 1970 ja se oli nimeltään Dimi (*Digital Musical Instrument*). Kirjain A lisättiin sen nimeen vasta myöhemmin erottamaan

[20] Pian Dicon valmistuttua syntyivät Lindemanin lyhyet mainosmusiikit *Finn-Humus*- ja *Sunkist*-tuotteille sekä Television uutistunnus (1969). Dicon kaksiäänikanavaisuuteen perustuvat mm. Lindemanin teokset *Kinetic forms* (1969), *Mechanical music for stereophonic tape* (1969) ja *Tropicana* (1970). Konkreettisen äänen ohella soitinta kuullaan *International Society for Computer Music*:in (ISCM) vuonna 1972 palkitsemassa teoksessa *Ritual* (1972).

[21] Teos on julkaistu levyllä *Erkki Kurenniemi: äänityksiä/recordings 1963–1973*, LXCD 637.

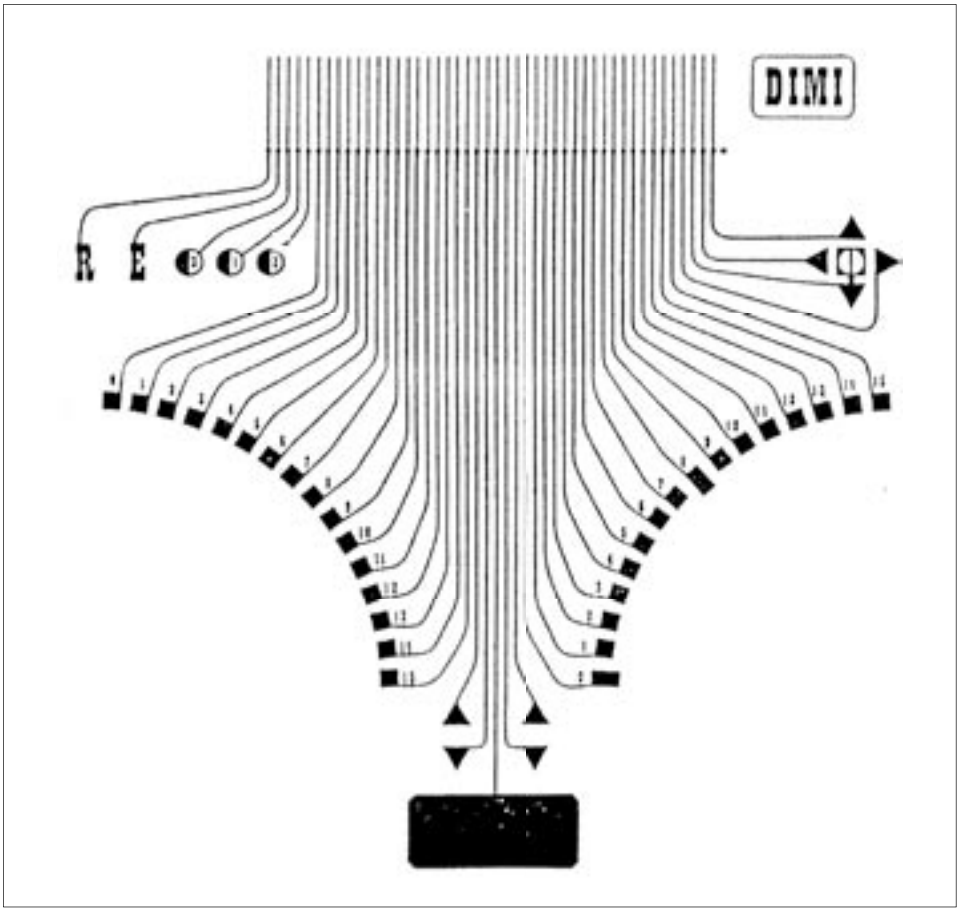
se Dimi-sarjan muista soittimista.[23] Dimi-A:n suunnittelu ja rakentaminen oli tutkimusprojekti, jolla oli tarkoitus selvittää digitaalitekniikan sovellusmahdollisuuksia elektronisen musiikin tuottamiseen. Kurenniemi (1971) raportoi *Musiikki*-lehdessä soittimen tekniikkaan, suunnitteluun ja valmistumiseen liittyviä yksityiskohtia. Dimi-A:n voidaan ajatella olevan luonteva jatke sitä edeltäville sekvenssereille. Suunnittelun pohjana onkin nähtävissä Andromaticin ja Dicon suunnittelussa karttuneet kokemukset ja ideat. (Kivinen 1971, 82; Kurenniemi 1971, 39; 2004.)

Alun perin soitin rakennettiin äänigeneraattoriksi ja äänenmuokkaimeksi studiokäyttöön, eikä mahdollista konserttikäyttöä suunnitteluvaiheessa otettu huomioon lainkaan. Dimi-A:ta soitetaan ja ohjelmoidaan koskettelemalla kahdella metallipuikolla soittimessa olevia metallilaattoja. Metallilaatat on järjestetty ergonomisesti kahteen neljäsosaympyrän muotoiseen kaareen (ks. kuva 4). Vasemman käden puoleisesta kaaresta valitaan parametri, jota halutaan muokata, ja tämän jälkeen oikean käden puoleisesta kaaresta voidaan antaa valitulle

---

[22] Kurenniemellä oli keväällä 1970 valmiina kytkentäkaavioita uuden soittimen rakentamiseksi ja suunnitelmat esiteltiin Suomen itsenäisyyden juhlarahaston, Sitran asiamiehelle. Suunnitelmista vakuuttuneena Sitra päätti myöntää Kurenniemelle 80 000 markkaa sähkösoitinten kehittämiseen. Rahoja ei kuitenkaan voitu myöntää yksityishenkilölle vaan vastaanottajana piti olla yritys. Tätä varten Kurenniemi perusti Jouko Kottilan ja Peter Friskin kanssa Digelius Electronics Finland osakeyhtiön 18.9.1970. (Tiits 1990b, 72; Kurenniemi 2004.) Kurenniemi (1971, 40) mainitsee, että ”Sitran myöntämän lainan turvin suoritetun kehitystyön ensimmäisenä konkreettisena tuloksena valmistui Dimi-O:ksi nimetyn televisio- ja digitaalitekniikkaa soveltavan soittimen prototyyppi huhtikuussa 1971”. Kottila ei Kurenniemen (2004) mukaan ottanut juurikaan osaa yhtiön toimintaan vaan oli eräänlainen ”hiljainen osakas”. Frisk oli puolestaan yhtiön toimitusjohtaja, ja hänen toimenkuvaansa kuului lähinnä markkinointi sekä uusien projektien ja yhteistyötahojen etsintä. Kaiken kaikkiaan Digeliuksessa oli toistakymmentä työntekijää. Friskin antamassa ilmoituksessa kaupparekisteriin (18.9.1970) Digelius Electronics Finland osakeyhtiön toimialaksi määritellään ”elektronisten laitteiden tuottaminen ja markkinointi”. Yhtiön toimiala laajeni nopeasti soitinten suunnittelun jäädessä sittemmin kuriositeetin omaiseksi toiminnaksi. (Taanila 2002; Kurenniemi 2004; Viitasalo 2004.) Vuonna 1973 Digelius oli mukana viiden yhtiön muodostamassa Comsas-yhdistyksessä suunnittelemassa ja valmistamassa ensimmäistä Suomessa rakennettua mikrotietokonetta (Nikkilä 1993a, 36–40; 1993b, 42–44). Vuonna 1976 Kurenniemi siirtyi yhtiön toimitusjohtajaksi. Yhtiön velat olivat kuitenkin kasvaneet liian suuriksi, ja yhtiö luovutettiin konkurssiin samana vuonna. Kurenniemi siirtyi Digeliuksen konkurssin jälkeen Rosenlew-yhtiön palvelukseen jatkamaan työtään teollisuusautomaation suunnittelijana. Tytäryhtiönä toiminut levykauppa Digelius Music Oy selvisi konkurssista ja jatkaa edelleen toimintaansa Helsingissä Viiskulmassa. (Kurenniemi 2004; Viitasalo 2004.) Lisää tietoa Digeliuksesta ks. esim. Tiits 1990b, 72–74.

[23] Kirjain A viittaa soittimessa käytettyyn ns. assosiatiiviseen muistiin (tähän käsitteeseen palataan artikkelissa myöhemmin). Lisäksi aakkosten ensimmäisenä kirjaimena se sopi hyvin Dimi-sarjan ensimmäiselle soittimelle. Dimi-A:sta on käytetty myös nimitystä Dimi I (Hämäläinen 1972, 34).



Kuva 4. Dimi-A:n koskettimiston asettelu (Kurenniemi 1971, 39).

parametrille haluttu arvo. Ohjelmoidut parametrit voidaan tallettaa soittimen sekvensserin muistipaikkoihin, ja halutun kokonaisuuden valmistuttua annetaan koneelle soittokomento (dokumentaatio Dimi-A). Käyttöliittymästä ei millään tavoin voi lukea, mitä muistissa on, ja näin ollen koneeseen talletettu sekvenssi pitääkin muutosten jälkeen kuunnella läpi varmistuakseen siitä, että soitin on ohjelmoitu tarkoitetulla tavalla. Tästä huolimatta kävi kuitenkin melko nopeasti ilmi, että soitinta olisi haluttu käyttää myös konserteissa. Tätä varten Kurenniemi suunnitteli Dimi-A:lle erillisen lisämuistiyksikön, kasettiaseman, johon muistisisältö olisi voitu tallettaa ja ladata uudelleen takaisin soittimen sekvensseriin. Kasettiasemaa ei kuitenkaan koskaan rakennettu. (Kurenniemi 2004; Ruohomäki 2004.)

Dimi-A-soitinta valmistettiin kaksi kappaletta, joista toinen myytiin Lundstenin Andromeda-studioon[24] ja toinen jäi ainakin aluksi Digelius Electronicsin esittelykappaleeksi (HS 1971). Dimi-A oli Kurenniemen soittimista ensimmäinen,

[24] Lundsten on sittemmin lahjoittanut oman soittimensa Tukholman musiikkimuseoon.

jonka sarjatuotantoa suunniteltiin. Laitteen markkinoimiseksi Digelius Electronics julkaisi vuonna 1970 seitsemäntuumaisen näytelevyn,[25] jonka a-puolella on *Inventio-Outventio*, joka on Kurenniemen sovitus J. S. Bachin a-molli-inventiosta (BWV 784),[26] ja b-puolella Jukka Ruohomäen Dimi-A:lla toteuttama sävellys *Mikä aika on?* Kurenniemi kävi esittelemässä Dimi-A:ta keväällä 1971 Englannissa muutamissa studioissa – muun muassa Peter Zinovieffin studiolla – mutta yhtään soitinta ei ostettu. Suomeen jäänyt soitin sijaitsee Helsingin yliopiston musiikkitieteen studiossa, ja 2000-luvulla se on ollut esillä Kurenniemen ja Pan Sonic -yhtyeen konserteissa ja muutamissa taidenäyttelyissä.[27]

Dimi-soitinten kehittely jatkui, ja huhtikuussa 1971 valmistui videouruksi tai -syntetisaattoriksi kutsutun Dimi-O:n[28] ainoa prototyyppi. Dimi-O:n optisen liitännän suunnittelun taustalla oli ajatus graafisen nuottikirjoituksen luvusta. Ajateltiin, että videokameralla voidaan kuvata graafista partituuria ja soitin muuttaa sen musiikiksi. Heti Dimi-O:n prototyypin valmistumisen jälkeen Kurenniemi (1971, 41) listaa kuitenkin jo kolme käyttötapaa soittimelle. Tavanomaisimmillaan soitin voi toimia studiossa tuottamassa äänimateriaalia nauhalle tapahtuvassa sävellystyössä. Toisaalta sitä voidaan käyttää konserttisoittimena, joko koskettimistolta tai video-ohjauksen kautta soitettuna. Kiinnostavimpana sovelluksena Kurenniemi pitää kuitenkin kokeilevan filmin, baletin, teatterin tai videotaiteen kanssa tehtäviä yhteistyökokeiluja. Kokonaisuudessaan soittimeen kuuluu nelioktaavinen koskettimisto, videokamera, videomonitori sekä muisti- ja äänigeneraattoriyksikkö (ks. kuva 5). Soittaja voi ohjata Dimi-O:n äänentuottoa kahdella tavalla: joko perinteisesti koskettimistolla tai sitten videokuvan avulla.

Kurenniemi kirjoitti matka-apurahahakemusta varten suunnitelman Dimi-O:lla esitettävän *Deal*-nimisen intermediateoksen toteuttamiseksi.[29] Teos esitettiin Oslossa syyskuussa 1972.[30] Myöhemmin Dimi-O oli Oslon yliopiston psykologian laitoksella, jossa sillä tehtiin kokeita kuvaamalla ihmisten ilmeitä ja Rorschachin mustetahroja. Myös norjalainen teatteriryhmä Scene 7 käytti Dimi-O:ta toteuttaessaan Samuel Beckettin näytelmän *Sanaton näytös I–II* (*Act without words*, 1957). Kurenniemi esiintyi Dimi-O:lla Oulun kaupunginorkesterin solistina, ja vuonna 1972 Dimi-O ja Dimi-S olivat mukana Vaasassa Elonkorjaa-

---

[25] *Musica DSS-1: Dimi 1 (Dimi is born)*.

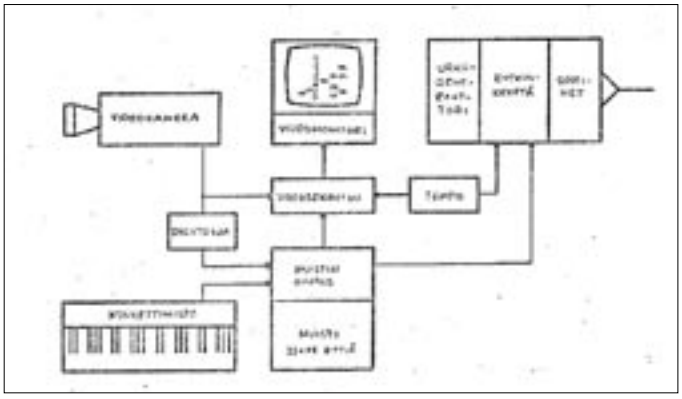
[26] Bachin kaksiääniset inventiot olivat hyvää materiaalia kaksiäänisen Dimi-A:n testaamiseen. Myös Ruohomäki on sovittanut Dimi-A:lle yhden Bachin inventio (C-duuri, BWV 772). Äänite on arkistoitu Suomalaisen musiikin tiedotuskeskuksen dat-nauhakokoelmaan.

[27] Kiasman *Popcorn and politics* -näyttely 16.2.2002–23.2.2003 sekä Lontoossa *House of Technologically Termed Praxis* -näyttely 19.10.–14.11.2004.

[28] Kirjain O nimessä viittaa optiseen liitäntään.

[29] Kurenniemi käytti termiä *intermedia* jo vuonna 1971 viitaten multimedian käsitteeseen, joka laajeni käyttöön vasta parikymmentä vuotta myöhemmin. *Deal*-intermediateoksen suunnitelma on päivätty 26.10.1971.

[30] Katkelma konserttitaltioinnista on julkaistu Avanto-festivaalin Liite-CD:llä *Avantometric Attachments 2002* (AAAA–2002).



Kuva 5. Dimi-O:n lohkokaavio (Lindeman 1974, II:82).

jien[31] näyttelyssä, jossa yleisö pääsi tuottamaan soittimilla musiikkia. Dimi-O oli käytössä myös Helsingin yliopiston studiossa, ja muun muassa Ruohomäki on tuottanut sillä äänimateriaalia sävellyksiinsä. Ennen Digelius Electronicsin konkurssia Dimi-O myytiin Ruotsiin Lundstenille, joka on niin ikään käyttänyt sitä äänilähteenään useilla levyillään.[32] Myöhemmin Lundsten on asennuttanut laitteeseen Midi-ohjauksen, ja nyt laite on kytketty modernimpaan syntetisaattoriin. *Deal*-intermediateoksesta toteutettiin modernisoitu versio *Avanto*-festivaalilla 2002. (Kurenniemi 1978; 2004; Taanila 2003; Ruohomäki 2004.)

Lukuvuoden 1971–72 aikana Helsingin yliopiston musiikkitieteen studioon ostettiin Digelius Electronicsin seuraava studiolaiteprototyyppi, Dimix-ristiinkytkentäpöytä, johon kaikki studion laitteet kytkettiin (Juva 1972, 96–97). Kurenniemi (2004) oli tyytyväinen laitteen muotoiluun – koko tekniikka oli onnistuttu rakentamaan pieneen, litteään tilaan – mutta teknisesti se ei vastannut täysin alkuperäisiä suunnitelmia. Alkuperäinen ajatus oli, että studiossa olisi näyttöpääte, joka ilmoittaisi eri laitteiden ristiinkytkentätilan ja toimisi VU-tasomittarina. Laitteeseen kuului keskusyksikkö, jossa oli numeronäppäimistö ja liukusäätimet sekä irrallinen televisiomonitori, jolla ristiinkytkentätilat ja VU-tasot saatiin näkyviin. Numeronäppäimistöllä ohjattiin 2 x 8 kanavan ristiinkytkentätiloja, ja kahdeksalla liukusäätimellä voitiin ohjata signaalien sekoitussuhteita. Lisäksi laitteeseen oli mahdollista kytkeä kamera, jolla saattoi välittää kuvaa esimerkiksi äänitystilan tapahtumista tarkkaamon puolelle. Ruohomäki (2004) mainitsee, ettei laitetta juurikaan käytetty tasojen säätöön, mutta digitaalisena ristikytken-

[31] Elonkorjaajat oli 1960-luvun lopulla syntynyt ja erityisesti 1970-luvulla vaikuttanut avantgardistinen ”toisinajattelevien” taiteilijoiden ryhmä, johon kuului kuvataiteilijoiden lisäksi muiden taiteen alojen edustajia sekä mm. yhteiskuntatieteilijöitä. Ryhmä osallistui taiteellisen toiminnan ohella yhteiskunnallisiin liikkeisiin ja poikkitaiteellisiin projekteihin. Ryhmä myös toimi käsitetaiteen pioneerina Suomessa.

[32] Tarkkaa vuotta, jolloin Dimi-O siirrettiin Ruotsiin, ei ole tiedossa. Ruohomäki (2004) muistaa käyneensä äänittämässä Dimi-O:lla moniäänisiä arpeggioita *Sähkölintupuutarha*-lyhytelokuvan (1974) musiikiksi Lundstenin luona. 10.12.1973 Dimi-O oli kuitenkin vielä Helsingissä (vrt. luku Dimi-T:stä tässä artikkelissa).

täpöytänä se oli erittäin toimiva. Tuolloin Helsingin yliopiston musiikkitieteen laitoksen (Vironkadun kiinteistön) kolmannessa kerroksessa sijainneen studion lisäksi Dimix oli käytössä studiotilassa, joka rakennettiin lukuvuoden 1974–75 aikana Vironkadun kiinteistön piharakennukseen. Dimix poistui käytöstä vasta 1980-luvulla alkaneen remontin yhteydessä. (Ruohomäki 2004; ks. myös Palmén 1975, 105.)

Dimi-O:n jälkeen valmistuneiden Dimi-S:n ja Dimi-T:n innoittajana ainakin osittain oli amerikkalainen Manford L. Eaton sekä biofeedbackmusiikki.[33] Kurenniemi (1971, 41) referoi *Musiikki*-lehden artikkelissaan Eatonin ajatuksia, jotka muistuttavat läheisesti Kurenniemen laitekehittelyjä 1970-luvulla: ”Varsin pitkälle tähtää amerikkalainen Manford L. Eaton biomusiikillaan antaessaan lähes kaikkien sähköisesti havaittavien ihmisen biologisten toimintojen sydämen lyönneistä aivosähkökäyrään (EEG) ohjata elektronisia soittimia.”

Vuonna 1972 valmistettiin kaksi kappaletta Dimi-S-nimisiä soittimia.[34] Soittimen suunnittelun taustalla oli ajatus laitteesta, jota soittaa neljä ihmistä koskettelemalla toisiaan. Täysin varmaa ei ole oliko idea Kurenniemen vai Lundstenin, mutta ilmeisesti Lundsten oli ainakin esittänyt Kurenniemelle ajatuksen ”rakkauskoneesta”.[35] Soittimista toinen toimitettiin Lundstenilta sähkösoittimen tilanneeseen Prippsin panimon olutmuseoon ja toinen Lundstenin Andromeda-studioon. Prippsin panimolla Dimi-S oli näyttelykoneena useamman vuoden. Myöhemmin panimo luopui soittimesta, ja tämäkin kappale siirtyi Andromeda-studioon. Soittimet eroavat hieman toisistaan, mutta niiden soittaminen perustuu kuitenkin samaan periaatteeseen. Laitteesta lähtee neljä johtoa, joiden päissä on rautakuulat, joita neljä soittajaa pitävät käsissään. Koskettaessa toisiaan soittajien välinen sähkövastus pienenee ja soittimen ääni syttyy. Perättäiset kosketukset tuottavat yksinkertaisen melodisen sekvenssin. Dimi-S:ää ei ilmeisesti ole käytetty studiossa äänimateriaalin tuottamiseen. Lundsten (2004) mainitsee, että Dimi-S:ää käytetään ainoastaan näyttelyissä ja ”huvin vuoksi”. Alun perin käsiraudoilla varustettu versio on ainakin kerran ollut esillä myös Suomessa. Vuonna 1972 Elonkorjaajien näyttelyssä Vaasassa Dimi-S ja Dimi-O olivat yleisön käytettävinä. Näyttelytilaan oli sijoitettu neljä tuolia selät vastak-

[33] Biofeedbackmusiikki perustuu vuorovaikutus- tai takaisinkytkentätilanteeseen, jossa elimistön erilaisia vasteita, kuten pulssia tai EEG:tä käytetään muusiikin parametrien ohjaussignaalina. Kurenniemi oli tutustunut Eatonin ajatuksiin oltuaan Firenzen Teatro Communalen elektronimusiikin kongressissa vuonna 1968 (Kurenniemi 2004; Kivinen 1968, 100–101).

[34] Kirjain S viittaa ilmeisesti soittimen toiseen nimeen seksofoniin (*sexophone*). Lundsten kutsuu soitinta myös nimellä *kärleksmaskinen*. Soittimen jälkimmäisestä versiosta on säilynyt Kurenniemen piirtämiä kytkentäkaavioita, jotka on päivätty touko- ja kesäkuussa 1972. Alkuperäiset kytkentäkaaviot ovat Lundstenin Andromeda-studiossa ja kopiot niistä on arkistoitu Helsingin yliopiston musiikkitieteen studioon.

[35] Soittimen toteutuksessa keskeisenä suunnittelijana oli mukana myös Hannu Viitasalo, joka sai Kurenniemeltä tehtäväkseen suunnitella tekniikan, jolla toisiaan koskevien ihmisten välisen resistanssin muutoksia voitiin käyttää soittimen tarkoitukseen (Viitasalo 2004).

kain ryhmään, johon Dimi-O:n kamera oli suunnattu. Yleisöstä poimittiin neljä vapaaehtoista istumaan tuoleihin ja heille laitettiin Dimi-S:n käsiraudat käsiin. (Kuljuntausta 2002, 387.)

Kytkentäkaavioihin merkittyjen päivämäärien mukaan Dimi-T eli Elektroenkefalofoni-niminen soitin on valmistunut elo-syyskuun vaihteessa 1973.[36] Varhaisin ja ainoa tunnettu säilynyt nauhoite laitteesta on Helsingin yliopiston musiikkitieteen studiokurssin yhteydessä 10.12.1973 taltioitu yhteissoittokokeilu, jossa Elektroenkefalofonin ja nokkahuilun soittajana mainitaan Jyrki Vuokko.[37] Vuonna 1974 Dimi-T oli esillä Espoossa Dipolissa Dimensio-ryhmän näyttelyn yhteydessä järjestetyssä elektronisen musiikin seminaarissa (Jylhä 2002, 35).[38]

Kurenniemi kirjoitti Digelius Electronicsin nimissä Dimi-T:lle käyttöohjeen (Kuljuntausta 2002, kuvaliite), jossa mainitaan, että Dimi-T Elektroenkefalofonia valmistaa Digelius Electronics Finland Oy. Käyttöohje oli varustettu yhtiön yhteystiedoilla, mistä voitaneen päätellä, että laitetta oli tarkoitus valmistaa myös myyntitarkoitukseen. Mallikappale jäi kuitenkin ainoaksi, ja lopulta Kurenniemi vuokrasi soittimen yhdellä Norjan kruunulla määräämättömäksi ajaksi Oslon yliopiston psykologian laitokselle. Syksyllä 2003 Kurenniemi vieraili Oslossa ja soitin yritettiin saada toimintakuntoon, mutta se ei onnistunut. (Kurenniemi 2004.)

Dimi-T perustuu aivojen sähkötoiminnasta mitattavissa olevaan signaaliin. Pään taakse kiinnitettävillä elektrodeilla mitataan ihmisen aivosähkötoimintaa, josta kaistasuotimella (8–12 Hz) suodatetaan esiin alpha-taajuus 500 000 -kertaisesti vahvistettuna. ”Huippuilmaisimella” etsitystä aaltomuodon huipusta otetaan sample & hold -piirillä ”näyte”, ja taajuutta ylläpidetään seuraavaan näytteeseen saakka, eli aivosähkötoiminta ei moduloi oskillaattoria suoraan vaan soittimesta kuullaan muutaman sekunnin murto-osan kestoisia suoria taajuuksia, jotka vaihtuvat satunnaisesti.

Viimeiseksi Kurenniemen Digelius Electronics -yhtiön valmistamaksi soittimeksi jäi Dimi-6000.[39] Soitinta edelsi Dimi-U:n, universaalin modulaarisynteti-

---

[36] Kirjain T viittaa englanninkielen sanaan *”thinking”*, ajattelu, ja Elektroenkefalofoni-nimi aivotutkimuksessa käytettävään menetelmään elektroenkefalografia. Työnimenä Kurenniemen kytkentäkaavioissa (puhtaaksikirjoitettu 23.8.–7.9.1973) esiintyy myös α/θ *cyborg*. Muutamissa lähteissä laitetta on harhaanjohtavasti kutsuttu nimellä Dimi-E, jota Kurenniemi (2004) ei itse hyväksy.

[37] Suomalaisen musiikin tiedotuskeskukseen arkistoidun dat-nauhan kansitekstissä sessiossa mainitaan käytetyn myös muita studion soittimia, Sähkökvartettia (Veikko Kumpula), VCS-3:a (Antti Ortamo ja Heikki Valkonen), Dimi-A:ta (Olavi R?) ja Dimi-O:ta (Arja Vanajas). Nauhan sijainti: FIMIC El.Mus. Dat 258.

[38] Dimensio on suomalainen 1960-luvun lopulla syntynyt teknologian ja taiteen suhteita tutkiva taiteilijaryhmä, joka pyrkii yhdistämään taidetta, tiedettä ja tekniikkaa ja edistämään kokeilevaa taidetta. Kurenniemi (2004; ks. myös Kuljuntausta 2002, 387) muistaa Dimension näyttelyn myös Turussa, mutta siitä ei ole tarkempaa tietoa.

[39] Soittimen numerotunnus on peräisin Kurenniemen numerokoodeihin perustuvasta arkistointijärjestelmästä. Tässä kortistossa Kurenniemen omat asiat alkoivat numerolla 4 (4000, 4001 jne.) ja Digelius-yhtiöön liittyvät asiat numerolla 6.

saattorin suunnittelu,[40] mutta laitetta ei koskaan rakennettu (Hämäläinen 1972, 36; dokumentaatio Dimi-U). Vuonna 1973 markkinoille tullut Intel-8008-mikropiiriprosessori toimi innoittajana uusille ideoille, jolloin Dimi-U:n suunnittelu jäi kesken ja yhtiö aloitti Suomen ensimmäisen mikrotietokoneen rakentamisen (Kurenniemi 2004). 1970-luvun alussa Yleisradiossa toimi kokeellisen musiikin ryhmä, joka perusti kokeellisen studion Pasilan pommisuojaan vuonna 1973. Maaliskuussa 1974 pidettiin studion ensimmäinen esittelytilaisuus, jossa kuultiin studiossa valmistuneita teoksia. Melko pian kuitenkin huomattiin studion laitteiston olevan riittämätön kokeellisen elektronisen musiikin sävellys- ja tuotantotyöhön. Kurenniemi, joka oli jo aiemmin tehnyt yhteistyötä Yleisradion kanssa, ryhtyi suunnittelemaan ja toteuttamaan tietokoneohjattua syntetisaattoria. Digelius Electronicsissa tehty suunnittelutyö ensimmäisten mikrotietokoneiden parissa ja Yleisradion tarve uudelle studiotekniikalle toimivat impulsseina Dimi-6000:n rakentamiselle. Soittimen suunnittelu aloitettiin vuonna 1974, ja valmis soitin luovutettiin Yleisradioon huhtikuun alussa vuonna 1975. Luovutuksen jälkeen järjestettiin Yleisradiossa kuukauden mittainen ohjelmointikurssi yhteistyössä Digelius Electronicsin kanssa. (Sirén 1976, 55.) Soittimia rakennettiin kaksi kappaletta, joista toinen myytiin Lundstenille. Lundstenin kappale ei ole koskaan toiminut (tai se oli jo saapuessaan vioittunut) eikä Lundsten (2004) siten ole käyttänyt missään teoksessaan laitetta, joka sittemmin onkin kokonaan hävitetty. Yleisradion kokeilustudiossa soitinta käytettiin pienimuotoisten harjoitustöiden ja tehosteiden tekemiseen. Muun muassa Ruohomäki käytti Dimi-6000:ta teoksessaan *Ennen iltaa* (1976–77).[41] Melko pian Yleisradion Dimi-6000:ssa havaittiin puutteita ja myös se hajosi.

Dimi-6000:n keskusyksikkönä toimii mikroprosessoripiiri Intel-8008. Soitinta ohjataan ADDS-päätteen välityksellä musiikkiohjelmiston avulla. Alunperin Dimi-6000:ta ohjattiin Discord-ohjelmiston avulla, mutta vuonna 1977 Ruohomäki kehitti Dismal-ohjelmiston, joka oli alkuperäistä ohjelmistoa huomattavasti edistyneempi. Ohjelmistoa käyttämällä voidaan ohjelmoida partituuri, jonka soitin automaattisesti toistaa. Dimi-6000:ssa on kahdeksan jännitesäätöistä laitetta: neljä oskillaattoria, kaksi suodinta ja kaksi vahvistinta. Niiden parametreja voidaan ohjata ohjelmiston välityksellä. (Ruohomäki 1977, 25.) Lisäksi soittimessa on neljä rengasmodulaattoria (Sirén 1976, 54). Lisäksi laitteen moduuleiden kytkennät sen kahden äänikanavan sisällä voidaan tehdä ohjelmallisesti siihen rakennettujen neljän kytkentämatriisin avulla.

Toistaiseksi viimeinen Dimi-sarjan soitin on Dimi-H, jonka Kurenniemi visioi vuonna 1985 ”harmonioiden teoriansa” (Kurenniemi 1985) pohjalta. Thomas

[40] Dimi-U:n suunnittelussa lähtökohtana oli Dimi-A:n ja Dimi-O:n ominaisuuksien yhdistäminen. Soittimen oli myös tarkoitus olla modulaarinen, jolloin lopullinen kokoonpano olisi ollut helppoa räätälöidä kullekin asiakkaalle erikseen. Dimi-U:sta käytettiin suunnitteluvaiheessa myös nimitystä Dimi-P (engl. *programmable*) (Hämäläinen 1972, 36).

[41] Julkaisematon teos tunnetaan myös nimillä *Before night* tai *Late afternoon*.

Carlssonin toteuttama prototyyppi esiteltiin yleisölle vuonna 2005.[42] Dimi-H:ta ohjataan liikuttamalla osoitinta[43] kahden videokameran rajaamalla kolmiulotteisella alueella. Osoittimen koordinaatit syötetään tietokoneohjelmaan, joka suorittaa varsinaisen äänisynteesin.[44] Kyseessä on siis niin kutsuttu software-syntetisaattori.

Kurenniemen (1985) harmonioiden teoriassa harmonia määritellään luonnollisen luvun tekijöiden joukoksi. Esimerkiksi luvun 6 harmonia H(6) = {1,2,3,6} sisältää kaikki luvut, joilla luku 6 on jaollinen. Harmonia voidaan lukea tulkitsemalla tekijäjoukon perättäiset luvut intervallisuhteiksi. Esimerkiksi H(6) koostuu nelisoinnusta, jossa päällekkäin ovat intervallit oktaavi, kvintti ja oktaavi. Näillä harmonioilla on joitakin mielenkiintoisia ominaisuuksia. Ensinnäkin ne ovat symmetrisiä eli eri intervallisuhteet pysyvät samana riippumatta siitä, luetaanko järjestettyä tekijäjonoa lopusta vai alusta käsin. Myös mikä tahansa intervalli tai sointu voidaan laajentaa harmoniaksi laskemalla sitä esittävän lukujoukon suurin yhteinen tekijä *f* ja pienin yhteinen jaettava *s*, jolloin niiden virittämä harmonia on H(*s*/*f*). Mielenkiintoinen yksityiskohta Kurenniemen teoriassa on se, että duuri- ja mollisoinnut virittävät saman harmonian H(60), mikä selittäisi hänen mukaan hyvin niiden ”tasa-arvoisen” aseman länsimaisessa tonaalisessa musiikissa.

Harmonioiden teoriassaan Kurenniemi hylkää perinteiset sävelasteikot ja oktaaviekvivalenssin ja nostaa harmoniansa luonnollisten sävelasteikkojen asemaan. Lisäksi hän olettaa rytmin noudattavan samoja suhteita, ainoastaan kuuloalueiden alapuolella. (Kurenniemi 1985, 262.) Kurenniemen teoriaan sovitettuna länsimaisen musiikin harmoniat koostuvat luvuista, jonka tekijöinä käytetään ainoastaan lukuja kaksi, kolme ja viisi, eli harmoniat voidaan kirjoittaa muodossa $2^a*3^b*4^c$, jossa a, b ja c ovat ei-negatiivisia kokonaislukuja (Kurenniemi 2004). Dimi-H:n perusideana on esittää osoittimen avulla piste kolmiulotteisessa avaruudessa, jossa akselit vastaavat edellä esitetyn kaavan muuttujia a, b ja c. Yhteen suuntaan ohjainta liikuttaessa sävel nousee aina oktaavilla korkeammaksi, toisen akselin suuntaan liikuttaessa duadesimiä korkeammaksi ja kolmannen akselin suuntaan liikuttaessa vastaavasti septemdesimiä korkeammaksi.[45] (Kurenniemi 2004.)

---

[42] Dimi-H esiteltiin yleisölle 15.1.2005 KOKO-teatterissa *Art's Birthday 2005 NoiseCity Helsinki* -tapahtumassa. Tapahtumassa esiintyi kokoonpano *Digital City* (Erkki Kurenniemi, Thomas Carlsson, Mikko Ojanen ja Jari Suominen), joka improvisoi Dimi-H:n lisäksi Dicolla ja Sähkökvartetilla.

[43] Prototyypissä v1 osoittimena toimi mikä tahansa punainen esine, mutta osoittimena voi yhtä hyvin käyttää mitä tahansa esinettä, jonka sijainti voidaan videokameroiden avulla ohjelmallisesti selvittää.

[44] Tarkemmin Dimi-H:n kehitystyöstä, ks. Kurenniemi ja Carlsson 2005.

[45] Dimi-H:n kehitystyö on parhaillaan kesken. Tämänhetkinen kehitysversio prototyypistä on v2. Tarkkaa aikataulua projektin edistymisestä ei ole julkaistu, mutta todennäköistä on, että prototyyppiä ja myöhemmin varsinaista versiota tullaan esittelemään yleisölle myös jatkossa.

Kurenniemen soitinten toimintaperiaatteista

Kurenniemen työhön soitinrakentajana liitetään tavallisesti digitaalisuuden uraauurtava hyväksikäyttö. Vaikka esimerkiksi Dimi-A on toteutettu pitkälti digitaalisesti, ei se rakenteellisesti eikä toiminnallisesti ole verrattavissa 1980-luvun digitaalisiin syntetisaattoreihin. Tarkastelemme seuraavaksi joitakin Kurenniemen soitinten tärkeimpiä toiminta- ja suunnitteluperiaatteita. Aloitamme kuitenkin kertaamalla elektronisen musiikin studion tyypillisen perusrakenteen, joka Kurenniemelläkin oli lähtökohtana hänen alkaessaan suunnittelemaan ja rakentamaan omia soittimiaan vuonna 1963.

Jo ensimmäisissä elektronisen musiikin studioissa käytettiin yhä käytössä olevia syntetisaattoreiden peruskomponentteja: oskillaattoreita, suotimia ja vahvistimia (Manning 1993, 48). Oskillaattorilla tuotetaan käsiteltävä ääni synteettisesti. Tuotettu ääni voidaan viedä edelleen suotimeen, jossa sen yläsävelsarjaa voidaan muokata. Tämän jälkeen voidaan vahvistimessa muokata äänen voimakkuus halutuksi. Alkeellisimmillaan edellämainitut komponentit ovat fyysisesti erillisiä laitteita, joiden parametreja, kuten oskillaattorin tapauksessa esimerkiksi äänen korkeutta, ei voida muokata muuten kuin paneeliin sijoitettujen potentiometrien avulla. Kyseinen tapa on soittamisen kannalta rajoittava, sillä esimerkiksi melodian soittaminen vaati kahden potentiometrin, sävelkorkeuden sekä äänenvoimakkuuden samanaikaista ja tarkkaa säätämistä. Tavallinen tapa tehdä musiikkia tällä laitteistolla on eri korkuisten ja sointisten äänten nauhoittaminen nauhalle, jota leikkaamalla haluttu melodia muokataan.

Syntetisaattorilla tarkoitetaan tavallisesti soitinta, jota voidaan soittaa reaaliaikaisesti ja jonka äänenväriä voidaan melko vapaasti säätää halutuksi. Olennainen parannus, jonka avulla oskillaattoreita, suotimia ja vahvistimia voitiin ohjata kätevästi ja reaaliaikaisesti, oli jänniteohjauksen keksiminen. Jänniteohjausta on käytetty elektronisen musiikin instrumenteissa satunnaisesti jo 1930-luvulta alkaen, mutta varsinainen murros tapahtui Harald Boden vuosina 1959–60 rakentaman signaaliprosessorimoduulin myötä (Davies 2004a). Ensimmäiset kaupalliset syntetisaattorit, joissa jänniteohjausta sovellettiin, olivat vuonna 1963 San Franciscon Nauhamusiikkikeskukseen rakennettu Donald Buchlan Modular Electronic Music System (Davies 2004b) sekä vuonna 1964 esitelty Robert Moogin Modular System (Davies 2004c). Jänniteohjatussa syntetisaattorissa äänen tuottamiseen ja muokkaamiseen käytettävien moduuleiden parametreja on mahdollista muokata ohjaussignaaleja käyttämällä. Ohjaussignaalien tuottamista varten kehitettiin joukko moduuleita, joista käytetyimmät ovat koskettimisto, verhokäyrägeneraattori (engl. *envelope generator*) sekä pientaajuusoskillaattori (engl. *low-frequency oscillator*, lfo). Moogin syntetisaattoreiden menestyksen myötä analogisia jänniteohjattuja syntetisaattoreita alkoivat tuottaa lukuisat muut yritykset ympäri maailman. Analogisten syntetisaattoreiden aikakausi kesti 1980-luvulle, jolloin digitaalinen äänisynteesi syrjäytti analogisen. MIDI-protokolla yleistyi nopeasti esittelynsä jälkeen syrjäyttäen jänniteohjauksen syntetisaattoreiden ohjauksessa. (Davies 2004d.)

Digitaaliohjaus

Digitaalisen ohjauksen[46] hyödyntäminen analogisyntetisaattorin ohjaamisessa oli Kurenniemelle keskeinen kiinnostuksen kohde integroidun syntesoijan generaattoriyksikköä suunniteltaessa 1960-luvun alussa. Ideana oli rakentaa eräänlainen hybridijärjestelmä, jossa jännitesäätöisiä piirejä ohjattaisiin digitaalipiireillä. Samaa perusideaa sovellettiin myöhemmin Sähkökvartetissa ja Dimi-6000:ssa. Kurenniemi käytti digitaaliohjausta myös muun muassa Dicossa ja Dimi-A:ssa, mutta näissä ei käytetä jännitesäätöisiä piirejä.

Kurenniemen kiinnostus digitaaliohjaukseen keskittyi lähinnä oskillaattorin taajuuden säätämiseen ja erilaisten melodioiden generointiin. Esimerkiksi sähkökvartetin melodiakoneiden soiva sävel määritetään neljäbittisen binääriluvun avulla. Generaattoriyksikkö ja Sähkökvartetti olivat digitaaliohjauksen suhteen melko alkeellisia sovelluksia, mutta Dimi-6000:ssa kaikkia syntetisaattorin moduleita voitiin ohjata tietokoneen välityksellä. Dimi-6000:n kaltaiset hybridijärjestelmät yleistyivät 1970-luvulla, kun kompaktien tietokoneiden avulla kyettiin reaaliaikaisesti ohjaamaan analogista syntetisaattoria, mutta reaaliaikainen ohjelmallinen synteesi, jota tutkittiin esimerkiksi Bellin laboratoriossa, ei vielä ollut mahdollista (Manning 1993, 235).

Sekvensserit

Kurenniemen motiivi digitaalisten moduleiden käytössä analogisyntetisaattorin ohjauksessa oli musiikinteon automatisoiminen (Kurenniemi 2004). Valtaosa Kurenniemen suunnittelemista soittimista perustuukin erilaisten sekvensserien käytölle. Analogisissa syntetisaattoreissa yleistyneen sekvensserimallin keksijän Buchlan ambitiot olivat pitkälti samanlaisia (Pinch & Trocco 2002, 40). Kurenniemen varhaisille sekvenssereille on kuitenkin ominaista monimutkaisten sävelkulkujen ja modulaatioiden generointi erilaisia digitaalipiirejä yhdistelemällä.

Buchlan ensimmäiset sekvensserit, Series 100 Modular Electronic Music Systemin modulit 123 ja 146 määrittivät sekvensserin perustoimintamallin. Moog oli pitänyt syntetisaattoria soitettavana soittimena eikä ollut tullut ajatelleeksi mahdollisuutta ohjelmoida laite soittamaan syntetisaattoria. Kuultuaan Buchlan sekvensseristä vuonna 1967 hän kuitenkin päätti sisällyttää samanlaisen moduulin omaan syntetisaattoriinsa, ja myöhemmin useat syntetisaattorivalmistajat seurasivat Moogin esimerkkiä (Pinch & Trocco 2002, 42). Buchlan ensimmäiset sekvensserit muodostuvat joukosta asteita, jotka vastaavat sekvenssin iskuja. Jokaisessa asteessa on kolme potentiometriä, joilla säädetään iskun parametrit: sävelen korkeus, voimakkuus ja kesto. (Vail 2000, 105; Howe [*s.d.*] 21.) Sek-

[46] Digitaaliohjausta on käytetty terminä useissa eri merkityksessä syntetisaattoreista puhuttaessa. Esimerkiksi digitaalisesti ohjatusta oskillaattorista (DCO) käytetään kahta keskenään ristiriitaista määritelmää. Vanhemmassa merkityksessä analogista oskillaattoria ohjataan digitaalisilla piireillä luoduilla ohjausjännitteillä. Myöhemmässä tulkinnassa oskillaattorin aaltomuoto muodostetaan numeerisesti esimerkiksi aaltotaulukoita käyttämällä. Kurenniemen soittimien tapauksessa kyse on ensimmäisestä tulkinnasta.

vensserimoduli toimii ainoastaan ohjausjännitteiden tuottajana, eli aktiivisena olevan asteen potentiometreillä asetetut jännitteet kytketään erikseen haluttuihin moduleihin, oletusarvoisesti oskillaattoriin ja vahvistimeen. Sekvensseriin on rakennettu kellopulsseja generoiva piiri, joka automaattisesti vaihtaa aktiivisen asteen seuraavaan, jolloin ulostulojen ohjausjännitteet muuttuvat (CBS Musical Instruments 1970).

Elektronista sekvensseriä ei ole mahdollista rakentaa käyttämättä digitaalisia piirejä. Tyypillisesti sekvensserin kytkentä on suunniteltu kiikuista (engl. *flip-flop*) rakennetun siirtorekisterikytkennän ympärille (Manning 1993, 142). Sekvenssereitä oli olemassa ennen Buchlan sekvensseriä, mutta niissä laitteen muisti tilastaan toteutettiin elektromekaanisesti, jolloin laitteessa oli mekaanisesti liikkuva osa, jonka liike muutettiin sähköiseen muotoon.[47] Täysin elektronisesti ilman liikkuvia osia toimivan sekvensserin keksiminen oli kuitenkin läpimurto.[48]

Kurenniemi rakensi syntetisaattoreihinsa sekvensserejä samaan aikaan kuin Buchlakin tietämättä kuitenkaan tämän tekemästä kehitystyöstä. Integroidun sekvensserin generaattoriyksiköllä oli mahdollista generoida pitkiä sekvenssejä sekä moduloida niitä rakentamalla kiikuista, laskureista ja JA-porteista loogisia yhtälöitä, joilla ohjattiin tai muokattiin äänilähteitä.[49] Koska tällöin oli mahdollista määritellä koko sekvensserin toimintalogiikka itse, oli mahdollista rakentaa huomattavasti Buchlan sekvensseriä monimutkaisempia sekvenssejä.[50] Kurenniemi sovelsi generaattoriyksiköllä tekemiensä kokeiluiden pohjalta oppimaansa Andromaticin ja Sähkökvartetin sekvensserien toimintalogiikkaan (Kurenniemi 2004).

Sähkökvartetin sekvensseri on täysin digitaalinen siinä mielessä, että se tuottaa ainoastaan digitaalisia herätesignaaleja (engl. *trig*), jotka vastaavat analogisyntetisaattoreiden vastaavia. Sähkökvartetin ohjaimet toimivat kaikki binäärilogiikalla, jolloin esimerkiksi melodiakoneiden äänenkorkeus määrätään neljän näppäimen avulla. Sekvensserin avulla melodiakoneita, suodinyksikköä ja rumpuja on mahdollista ohjata kytkemällä sekvensserien tuottamia herätesignaaleja ohjainten kutakin näppäintä vastaavaan holkkiin paneelissa. Itse sekvensseri koostuu kolmesta sekvensseristä: Pääsekvensseri on tavanomainen kymmenen askeleen siirtorekisteri, jonka pituutta voidaan takaisinkytkennällä

[47] Esimerkiksi säveltäjä ja soitinrakentaja Raymond Scottilla oli studiossaan elektromekaaninen *Circle Machine,* jonka toiminnallisuus vastasi elektronista sekvensseriä vuosia ennen jälkimmäisen esittelyä (Blom & Winner 2000, 112).

[48] Ylipäätään digitaalisten piirien käyttö analogisten syntetisaattoreiden kytkennöissä ei ole epätavallista, sillä niitä käytetään sekvensserien lisäksi useissa erilaisissa sovelluksissa, kuten joissakin koskettimistoissa.

[49] Generaattoriyksikön toiminnan selvittämiseen tähtäävä tutkimustyö on kesken, ja osittain laitteen keskeneräisyyden ja toisaalta alkuperäisen dokumentaation puutteellisuuden johdosta ei sen toiminnasta tiedetä toistaiseksi paljoakaan.

[50] Buchlan sekvensserillä pystyy ainoastaan toistamaan siihen ohjelmoitua sekvenssiä. Integroidussa syntesoijassa on esimerkiksi mahdollista toistaa samaista sekvenssiä mutta eri toistokerroilla moduloida tai muuten transformoida sekvenssiä tai sen osia vaivattomasti.

säätää myös lyhyemmäksi. Tämän lisäksi sähkökvartetin sekvensseriin on kytketty kaksi pienempää sekvenssejä tuottavaa piiriä: neljä- ja viisibittiset laskurit. (Dokumentaatio Sähkökvartetti.) Laskureiden kutakin bittiä vastaa oma herätesignaaliulostulonsa. Neljän bitin laskuri laskee yhden askeleen eteenpäin aina pääsekvensserin liikkuessa yhden askeleen viiden bitin sekvensserin edistäessä ainoastaan kerran pääsekvensserin yhden kierron aikana. Laskureiden avulla on mahdollista ohjelmoida pitkiä sekvenssejä. Myös monet rumpukompit voidaan rakentaa laskureita käyttämällä, jolloin pääsekvensseriä voidaan käyttää yksistään melodioiden generoimiseen.

Andromaticin sekvensseri poikkeaa toimintalogiikaltaan huomattavasti Buchlan sekvensseristä. Ulkoisesti se vastaa Buchlan sekvensseriä lukuun ottamatta vipua, jolla kunkin sekvensserin asteen toiminta voidaan muuttaa. Mahdollisia toimintatiloja on kolme: sekvenssin katkaisu (*break*), siirtorekisteri (*shift*) ja laskuri (*count*) (dokumentaatio Andromatic). Toimintatila muutettiin vaikuttamalla kyseessä olevan sekvensserin asteen kytkentään. Jokainen aste on rakennettu jk-kiikun (Fairchild-ul923) ympärille, mutta koska kiikku on komponenttina monikäyttöinen, on siitä mahdollista rakentaa sopivalla kytkennällä edellämainitut toiminnot. Aste, jossa sekvenssi katkaistaan, toimii sekvenssin aloituspisteenä. Mikäli sekvenssin asteista useampi on asetettu katkaisu-tilaan, soi sekvenssin pyöriessä samanaikaisesti useampi melodia päällekkäin siten, että joka kerta, kun ensimmäinen sekvenssi käydään läpi kerran, edistetään seuraavaa sekvenssiä yhdellä askeleella. Siirtorekisteritoiminto vastaa tavanomaista sekvensserikytkentää, eli asettamalla sekvensserin ensimmäinen aste katkaisutilaan ja loput siirtorekisteritilaan Andromatic toimii identtisesti Buchlan sekvensserin kanssa. Laskuri-tilan avulla voidaan rakentaa yhden tai useamman bitin laskureita, jotka laskevat ylöspäin aina niitä edeltävän sekvenssin tehdessä yhden kierroksen. (Kurenniemi 2004; dokumentaatio Andromatic; Lundsten 2004; Kurenniemi 1978.)

Taajuusjako

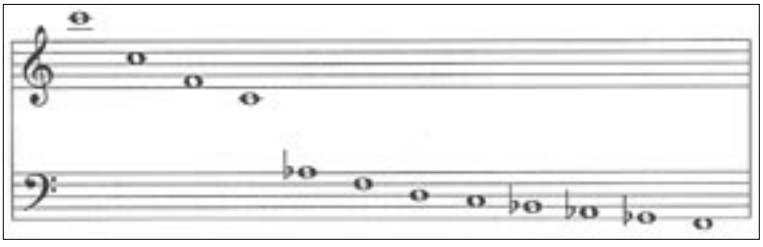
Dicossa Kurenniemi käytti ensimmäistä kertaa täysin digitaalista laskuripiireihin perustuvaa lähestymistapaa syntetisaattorin säveltaajuuden määräämiseksi. Samaa menetelmää käytettiin myöhemmin Dimi-A:ssa sekä Dimi-O:ssa. Menetelmä perustuu laskureiden käyttöön taajuusjakajina ja on yleisessä käytössä oktaavijakoa suorittavissa piireissä, joita käytetään sähköuruissa[51] ja syntetisaattoreissa (Rossing 1990, 525; Douglas 1976, 43).

Oktaavijakaja on yksinkertaisin mahdollinen jakaja, sillä siihen tarvitaan ainoastaan yksi tilanvaihto-ominaisuudella (engl. *toggle*) varustettu kiikku. Kui-

[51] Useiden sähköurkujen toiminta perustuu 12 oskillaattorin sekä oktaavijakajien käyttöön. Tällöin jokaisella oktaavin sävelellä on oma oskillaattorinsa, joka on viritetty urun ylimmän oktaavin vastaavaan säveleen. Muiden oktaavien vastaava sävel johdetaan käyttämällä kiikkuja, joiden avulla sisääntulevan kanttiaallon taajuus voidaan jakaa kahdella. Kiikkuja ketjuttamalla voidaan signaali laskea oktaavi oktaavilta siten, että loput äänialueen sävelet saadaan johdettua. (Douglas 1976, 43.)

tenkin periaatteessa millä tahansa kokonaisluvulla jakaminen on mahdollista (Wickes 1968, 209).[52] Dicossa neljän oskillaattorin signaaleista johdetaan kaikki äänialueen nuotit, mutta Dimi-A:ssa ja -O:ssa kaikki soittimen äänialan sävelet johdetaan yhdestä soivasta oskillaattorista. Menetelmän haittapuolena on pakko käyttää kanttiaaltoa, sillä se on ainut binäärinen aaltomuoto, ja kiikut on suunniteltu ilmoittamaan sisäistä tietosisältöään nimenomaan kahta jännitearvoa käyttämällä. Hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että soitin pysyy automaattisesti vireessä ja sen yleistä viretasoa voidaan korjata yhtä oskillaattoria virittämällä. Kullakin soittohetkellä valittu sävel poimitaan sopivasta kohtaa kiikkuketjua samaan tapaan kuin sähköuruissakin.[53]

Sävelasteikon sävelien johtaminen yhdestä sävelestä perustuu alasävelsarjoihin (ks. kuva 6). Alasävelsarja on yläsävelsarjalle käänteinen sarja. Toisin sanoen se on joukko säveliä, joiden yläsävelsarjaan perustaajuus kuuluu. Alasävelsarjan soveltaminen tyypillisesti tasavireisen soittimen kuten syntetisaattorin sävelten tuottamiseen aiheuttaa kuitenkin ongelmia. Pienillä kokonaisluvuilla jakaminen tuottaa puhtaita intervalleja. Esimerkki Dicossa oskillaattorilla tuotettu aaltomuoto voidaan viedä kvintti- tai kvarttijakajan läpi (dokumentaatio Dico). Kvinttijakajan toiminta perustuu jakajakytkennän tilan muuttamiseen siten, että se jakaa sisään tuotavan signaalin taajuuden joko kahdella tai kolmella. Vastaavasti kvarttijakaja jakaa sisääntuotavan signaalin taajuutta joko neljällä tai viidellä. Puhtaiden intervallien käyttö tuo oman viehätyksensä Dicon äänimaailmaan, mutta, kuten on tyypillistä puhtaille virityksille, useat intervallit soivat toivottoman epävireisesti. Dimi-A:ssa ja -O:ssa ongelma on ratkaistu tyhjentävästi menemällä tarpeeksi pitkälle alasävelsarjassa (Kurenniemi 2004; 1978 ja 1970). Dimi-O:ssa riittävä approksimaatio tasavireiselle asteikolle on saatu käyttämällä välillä 123–246 olevia jakosuhteita (dokumentaatio Dimi-O). Tällöin äänilähteenä käytettävän oskillaattorin taajuuden tulee olla parin megahertsin luokkaa.



Kuva 6. Alasävelsarja c^3:stä alaspäin.

[52] Koska jakajia voidaan ketjuttaa, riittää, että osaa rakentaa eri alkulukujen suhteilla jakavia piirejä. Piirejä yhdistelemällä voidaan muodostaa mikä tahansa jakosuhde.

[53] Mikäli yhdestä perustaajuudesta halutaan johtaa kokonaisia asteikkoja, kuten Dimi-A:n ja -O:n tapauksessa, tarvitaan erilaisista taajuusjakajista muodostettu verkosto, joka koostuu useista, mahdollisesti osittain päällekkäisistä taajuusjakajaketjuista.

Edellä kuvattua taajuusjakoon perustuvaa äänenmuodostusta on ongelmallista määritellä aukottomasti joko analogiseksi tai digitaaliseksi synteesiksi. Esimerkiksi pulssi- tai kanttiaalto-oskillaattori on tavallinen analogisten syntetisaattoreiden moduli, vaikkakin sen tuottama aaltomuoto on periaatteessa digitaalista. Toisaalta esimerkiksi Dimi-A:ssa ja -O:ssa varsinainen oskillaattori, jonka taajuutta digitaalisista piireistä koostuvalla verkostolla jaetaan, on viritetty huomattavasti kuuloalueen yläpuolelle, jolloin sen rooli on selkeästi toimia kellotaajuuden tuottajana varsinaista synteesipiiriä varten.

Digitaalinen signaalinkäsittely Dimi-A:ssa

Dimi-A:ta suunniteltaessa oli tavoitteena rakentaa mahdollisimman paljon digitaalista elektroniikkaa hyödyntävä soitin (Kurenniemi 1970). Edellämainitun taajuusjaon lisäksi soittimen äänenvoimakkuudensäätö sekä rengasmodulaattori on toteutettu digitaalisesti. Dimi-A ei kuitenkaan perustu PCM-modulaatioon, jossa ääntä näytteistetään korkealla taajuudella ja jossa kukin näyte esitetään esimerkiksi kahdeksanbittisellä luvulla. Sen sijaan käytetään PWM-modulaatiota (engl. *pulse width modulation*), jonka avulla voidaan koodata periaatteessa mikä tahansa signaali yksibittistä esitystä käyttäen. Synteettisesti luodut kantti- tai pulssiaallot ovat PWM-modulaation kannalta triviaaleja tapauksia, sillä ne säilyttävät muotonsa identtisesti. Dimi-A:ssa voidaan lisäksi käsitellä ulkoisia signaaleja, jotka täytyy ensin muuntaa komparaattorikytkennällä yksibittiseen esitysmuotoon.

Äänenvoimakkuuden säätö saadaan aikaan käyttämällä vaimennuspiiriä (engl. *attenuator*) (Kurenniemi 1978). Vaimennus perustuu signaalin korkean vaiheen moduloimiseen kuuloalueen yläpuolella olevalla pulssiaallolla, jonka leveyttä muunnellaan. Kun moduloidusta signaalista suodatetaan alipäästösuotimella moduloivan signaalin taajuus pois ennen soittimen ulostuloja, saadaan aikaan vaimentunut signaali, jonka voimakkuus riippuu moduloivan signaalin pulssin leveydestä.

Rengasmodulaattori on yksinkertaista toteuttaa binäärisillä signaaleilla käyttämällä XOR-porttia (Kurenniemi 2004). Vastaavalla tavalla rengasmodulaattori on toteutettu muun muassa ARP Odyssey -syntetisaattorissa (ARP [*s.d.*], 12).

Oleellista on huomata, että Kurenniemen soittimista puhuttaessa digitaalisella signaalinkäsittelyllä on niukasti yhtymäkohtia digitaaliseen signaalinkäsittelyyn siten kuin se tavallisesti tavataan ymmärtää. Dimi-A:ssa operoidaan digitaalisten ja analogisten signaalien rajapinnalla hyväksikäyttäen tekniikoita, joita käytetään niin digitaali- kuin analogielektroniikankin parissa.

Digitaalinen muisti

Dico oli ensimmäinen Kurenniemen syntetisaattoreista, joka sisälsi varsinaisen muistin. Nykyään kaikissa synteettistä ääntä käyttävissä toistolaitteissa matkapuhelimista tietokoneeseen muistin hyödyntäminen on itsestäänselvyys. Kurenniemen aikana muistia hyödyntävää tietokonemusiikkia oli jo tehty niin maailmalla kuin Suomessakin erilaisissa tieteellisissä laskentakeskuksissa, mut-

ta aikanaan Kurenniemen syntetisaattorit olivat huomattavan kompakteja ja nimenomaan musiikin tekemistä varten rakennettuja. Dicossa, kuten Kurenniemen myöhemmissäkin syntetisaattoreissa, muistia käytetään nimenomaan partituurin tallettamiseen, eikä esimerkiksi erilaisten ääniasetusten säilömiseen myöhempää käyttöä varten, mikä oli toinen yleinen sovellus varhaisissa muistilla varustetuissa syntetisoijissa. Muisti siis toimii laajennettuna sekvensserinä, johon ohjelmoidaan melodiakulut ja mahdollisesti muutokset soinnissa.

Rakenteellisesti muistin toteuttaminen ei ollut 1960-luvulla ongelma, sillä muisteja käytettiin jo tuolloin erilaisissa sovelluksissa. Musiikin tekemisessä muistin soveltaminen ei ollut kuitenkaan lyönyt itseään läpi. Muisti rakentuu edellä mainituista kiikuista, joita ketjuttamalla voidaan rakentaa siirtorekisterejä ja edelleen kokonaisia sanoja sisältäviä muistirakenteita. Soitinten muistien kokoon ja sisältöön vaikuttivat suuresti niiden saatavuus ja hinta, sillä laitteet rakennettiin yleisesti elektroniikkaliikkeissä myytävistä komponenteista (Kurenniemi 2004). Vaikka kaikkien Kurenniemen soitinten muistikapasiteetti vaikuttaa nykypäivänä sangen vaatimattomalta, on ajallisesti läheisesti toisiaan seuranneiden soittimienkin muistikapasiteeteissa huomattavia eroja. Dicoa rakennettaessa uudet, edeltäjiään huomattavasti pienikokoisemmat dip-koteloiset integroidut piirit olivat jo markkinoilla, mutta silti sen 120 bitin kokoinen muisti vie fyysistä tilaa kahdentoista postikortin kokoisen kytkentälevyn verran. Dicossa ei vielä käytetty varsinaisia valmiita muistipiirejä, vaan muisti piti rakentaa ketjuttamalla JK-kiikkuja siirtorekistereiksi. Dimi-A:n muistikapasiteetti on 1600 ja Dimi-O:n 1536 bittiä. Dimi-6000 muistikapasiteetti on jo huomattavasti suurempi, 7424 bittiä, josta kuitenkin suurin osa kului käyttöjärjestelmän ja musiikkiohjelmiston koodille jättäen partituurille tilaa noin 2048 bittiä eli kaksi kilotavua.[54] (Ruohomäki 1977, 25.)

Dimi-A:n sekvensseri suunniteltiin käsittämään 16 tahtia, joissa kussakin on 16 iskua. Mikäli muisti olisi toteutettu samaan tapaan kuin Dicossa siten, että jokaista iskua kohden olisi koodattu muistiin jokaisen parametrin arvo, olisi muistin koon pitänyt olla yli kahdeksan kilotavua. Toinen vaihtoehto olisi ollut pienentää sekvensserin iskujen määrä alle viiteenkymmeneen. Dimi-A:n rakenne perustettiin kuitenkin olettamukseen, jonka mukaan musiikki on parametriensa puolesta tyypillisesti melko tapahtumaköyhää, eli vaikka kutakin parametria pitäisi säätää kappaleen jossain vaiheessa, tapahtuisi se varsin epätodennäköisesti joka iskulla. Tämän olettamuksen turvin päätettiin Dimi-A varustaa niin sanotulla assosiatiivisella muistilla, jossa musiikkitapahtumat säilötään sen tapahtumapaikan eikä parametrin perusteella (Kurenniemi 2004). Dimi-A:n muisti rakentuu sadasta muistipaikasta, joihin on säilötty tapahtuman hetki (kahdeksan bittiä), parametri (neljä bittiä) sekä parametrin arvo (neljä bittiä). Joka kerta sekvensserin siirtyessä uudelle iskulle muisti käydään kokonaisuudessaan läpi, ja jos muistiin kirjattu tapahtuman hetki vastaa iskua, jolla ollaan, toteutetaan parametrin arvon muuttaminen. Tekniikka ei ole kovin tehokas mutta Dimi-A:n rakentamisen aikoihin kuitenkin toteutettavissa, ja se vähentää muistin tarvetta

[54] Nyt 2000-luvun puolessavälissä tavallisten kotimikrojen muistien koot liikkuvat gigatavun eli yli miljoonan kilotavun suuruusluokassa.

olennaisesti toiminnallisuudesta tinkimättä. Käytännössä sata tapahtumaa riittää hyvin 256:n iskun sekvensserin ohjaamiseen. Dimi-O oli muistintarpeeltaan huomattavasti Dimi-A:ta vaatimattomampi, sillä muistissa oli ainoastaan tieto siitä, mitkä sävelet soivat milläkin ajanhetkellä. Dimi-O:n sekvenssi oli 32 iskun mittainen, ja kun soittimen äänialue on neljä oktaavia, tulee muistin kooksi edellämainittu 1536 bittiä.

Yhteenveto

Suomalaisen elektroakustisen musiikin varhaisvaiheiden tapahtumia on kartoitettu aikaisemmassa tutkimuksessa 1960-luvun loppuun saakka hyvin (esim. Kuljuntausta 2002), mutta siitä eteenpäin kuva on vielä kovin hajanainen. Tämä artikkeli pyrkii osaltaan täydentämään kuvaa paikkaamalla aukkoja ja tuomalla tutkimuksen piiriin myös uutta tietoa ja arkistoaineistoa. Kurenniemen ja hänen soitininnovaatioidensa merkitys suomalaisen elekroakustisen musiikin piirissä on keskeinen. Musiikinhistoriallisesta näkökulmasta tarkasteltuna Kurenniemen merkitys on hänen monialaisuudessaan. Teknisen tietämyksensä ja taiteellisen avarakatseisuutensa ansiosta hänen vaikutuksensa kantautui useisiin eri projekteihin ja useiden eri taiteilijoiden työhön. Jo pelkästään Helsingin yliopiston musiikkitieteen studiolla, joka muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta oli 1970-luvulle asti ainoa elektroakustisen musiikin sävellysstudio Suomessa, on työskennellyt suuri osa keskeisiä suomalaisia elektroakustisen musiikin tekijöitä. Mielenkiintoista olisikin täydentää tätä historiallista kuvaa tarkastelemalla tarkemmin, mitä teoksia ja minkälaista musiikkia Kurenniemen soittimilla on tuotettu.

Teknisestä näkökulmasta katsottuna Kurenniemen suunnittelemien soittimien oleellinen piirre on digitaalielektroniikan mahdollisuuksien tutkiminen. Eri soittimissa on sovellettu kunakin aikana vasta markkinoille tulleita piirejä ja ideoita, joiden käyttökelpoisuus on ollut kyseisellä hetkellä tutkimatta. Kurenniemen epäonneksi useat soittimet on kehitetty aikana, jolloin erilaisten digitaalipiirien suorituskyky on ollut vaatimaton musiikkiteknologian tarpeita ajatellen. Esimerkiksi reaaliaikainen PCM:ää soveltava synteesi oli Dimi-sarjan suunnittelun aikana vielä mahdoton ajatus. Laitteiden suunnittelu kannettaviksi ja suhteellisen halvoiksi oli niin ikään ristiriidassa suorituskyvyn kanssa. Erilaisten digitaaliohjausmenetelmien, sekvensserien ja muistipiirien mahdollisuuksien tutkimista voidaan kuitenkin pitää ansiona jo sinänsä. Toisaalta 1990-luvun loppupuolen aikana analogiset syntetisaattorit kokivat uuden nousukauden ja tulivat hyväksytyiksi itsenäisinä instrumentteina, ja siten monia Kurenniemen digitaaliohjausmenetelmiä voidaan yhä pitää ajankohtaisina.

Historiallisen ja teknisen orientaation lisäksi tärkeän näkökulman Kurenniemen innovaatioihin tarjoaisi soitinten loppukäyttäjien, kuten Ruohomäen ja Lundstenin näkemykset soitinten toiminnallisista mahdollisuuksista ja merkityksestä sävellysprosessissa sekä tekniseltä että esteettiseltä kannalta. Aineistoa

tähän – esimerkiksi henkilöhaastatteluissa – löytyisi runsaasti. Lisäksi Kurenniemen soitinten käyttöliittymiä olisi kiinnostavaa tarkastella niin historiallisesta kuin käytettävyyden näkökulmasta. Kurenniemen soitinsuunnittelusta nousee esiin sellaisia käyttöliittymällisiä, ihmisen ja koneen vuorovaikutukseen liittyviä innovaatioita, joista vasta vuosia myöhemmin on kehitetty kaupallisia menestyksiä. Näiden innovaatioiden tarkempi tarkastelu ja asettaminen ajalliseen kontekstiinsa olisi kiinnostava jatkotutkimusaihe.

Soitin	Valmistumisvuosi	Rakennettiin	Muistin koko	Sekvensseri	Kanavien määrä	Mono /polyfonia	Äänen tuotto	Äänen ohjaus
Integroitu syntesoija	1964-	1kpl	-	toimintalogiikka ohjelmoitavissa	*ei tiedossa*	*ei tiedossa*	analoginen	digitaalinen/ analoginen
Sähkökvartetti	1967-68	1kpl	-	16 astetta sekä 4:n ja 5:n bitin laskurit	2 ulos	3 ääninen, lisäksi rumpukone	analoginen	digitaalinen
Andromatic	1968	1kpl	-	10 askeleen polyfoninen	1 ulos	10 ääninen	analoginen	sekvensseri
Dico	1969	1kpl	120b	12 askeleen digitaalinen	3 ulos/ sisään (käyttäjä valitsee suunnan)	1 ääninen	FCH (taajuusjakaja)	digitaalinen sekvensseri
Dimi-A	1970	2kpl	1600b	256 askeleen digitaalinen	2 sisään, 2 ulos	2 ääninen	FCH	digitaalinen sekvensseri
Dimi-O	1971	1kpl	1536b	36 askeleen digitaalinen	1 ulos	48 ääninen	FCH	digitaalinen sekvensseri
Dimix	1972	1kpl	-	-	8 sisään, 4 ulos	-	-	-
Dimi-S	1972	2kpl *(eivät täysin identtisiä keskenään)*	-	ei ohjelmoitavissa, kollektiivisesti ohjattava	2 ulos	6 ääninen	FCH	analoginen, lisäksi digitaalinen sekvensseri
Dimi-T	1973	1kpl	-	-	1 ulos	1 ääninen	analoginen	analoginen
Dimi-U	*ei valmistettu*	-	*8192b*	*256 askeleen (tai suurempi) digitaalinen*	*tilaajan valittavissa*	*tilaajan valittavissa*	*DCO (numeerinen) / FCH*	-
Dimi 6000	1973-74	2kpl *(toinen hävitetty)*	7424b / 2048b	tietokoneohjelma	2 sisään, 2 ulos	4 ääninen	analoginen	digitaalinen

Kaavio 1. Erkki Kurenniemen sähkösoittimet.

Lähteet

I Arkistoaineisto

Haastattelut ja luennot

Kurenniemi, Erkki 1978. Dimi family. Luento Unescon elektronimusiikin kongressissa [nauhoite]. Suomalaisen musiikin tiedotuskeskus. FIMIC El.mus DAT 148.

Kurenniemi, Erkki 2004. Kurenniemen haastattelu 29.5.2004 Helsingin yliopiston musiikkitieteen oppiaineen elektroakustisen musiikin studiossa, haastattelijoina Jari Suominen ja Mikko Ojanen. Tallennettu mp3-tiedosto, Helsingin yliopisto, musiikkitieteen studio.

Lundsten, Ralph 2004. Lundstenin haastattelu 8.6.2004 Andromeda-studiossa Tukholmassa, haastattelijana Jari Suominen. Tallennettu mp3-tiedosto, Helsingin yliopisto, musiikkitieteen studio.

Ruohomäki, Jukka 2004. Ruohomäen haastattelu 3.12.2004 Helsingin yliopiston musiikkitieteen elektroakustisen musiikin studiossa, haastattelijoina Jari Suominen, Mikko Ojanen ja Kai Lassfolk. Tallennettu mp3-tiedosto, Helsingin yliopisto, musiikkitieteen studio.

Viitasalo, Hannu 2004. Viitasalon haastattelu 4.11.2004 Helsinki-Vantaan lentoasemalla, haastattelijoina Jari Suominen ja Mikko Ojanen. Tallennettu mp3-tiedosto, Helsingin yliopisto, musiikkitieteen studio.

Sähkösoitinten dokumentaatiot

Dokumentaatio Andromatic. Helsingin yliopisto, musiikkitieteen studio.

Dokumentaatio Dico. Helsingin yliopisto, musiikkitieteen studio.

Dokumentaatio Dimi-A. Andromeda-studio, Tukholma. Kopio Helsingin yliopiston musiikkitieteen studiossa.

Dokumentaatio Dimi-O. Andromeda-studio, Tukholma. Kopio Helsingin yliopiston musiikkitieteen studiossa.

Dokumentaatio Dimi-S. Andromeda-studio, Tukholma. Kopio Helsingin yliopiston musiikkitieteen studiossa.

Dokumentaatio Dimi-T. Helsingin yliopisto, musiikkitieteen studio.

Dokumentaatio Dimi-U. Erkki Kurenniemen arkisto. Kopio Helsingin yliopiston musiikkitieteen studiossa.

Dokumentaatio Integroitu Syntesoija. Helsingin yliopisto, musiikkitieteen studio.

Dokumentaatio Sähkökvartetti. Helsingin yliopisto, musiikkitieteen studio.

II Kirjallisuus

ARP [s.d.]. *Arp Odyssey Service Manual – Models 2800 through 2823*. Arp Instruments, Inc.

Blom, Gert-Jan ja Winner, Jeff 2000. Track Notes: Mining The Archives. Teoksessa *Manhattan Research Inc.* Toim. Irwin Chusid. [Aalsmeer]: Basta. Basta 90782. [108]–139.

CBS Musical Instruments 1970. Sequential Voltage Source #146. Kytkentäkaavio.

Crab, Simon 2004. 120 Years of Electronic Music, Electronic Musical Intrument 1870–1990. <http://www.obsolete.com/120_years/> (tarkistettu 31.8.2005).

Davies, Hugh 2004a. Harald Bode. *Grove Music Online*. Ed. L. Macy. <http://www.grovemusic.com> (tarkistettu 31.8.2005).

— 2004b. Buchla. *Grove Music Online*. Ed. L. Macy. <http://www.grovemusic.com> (tarkistettu 31.8.2005).
— 2004c. Robert Moog. *Grove Music Online*. Ed. L. Macy. <http://www.grovemusic.com> (tarkistettu 31.8.2005).
— 2004d. Synthesizer. *Grove Music Online*. Ed. L. Macy. <http://www.grovemusic.com> (tarkistettu 31.8.2005).
Douglas, Alan 1976. *The Electronic Musical Instrument Manual*. Kuudes painos. Lontoo: Pitman Publishing.
Heiniö, Mikko 1995. *Suomen musiikin historia 4: Aikamme musiikki 1945–1993*. Helsinki: WSOY.
HS 1968. Suomalainen musiikkikone popnäyttelyjen vetonaulana. *Helsingin Sanomat* 14.12.1968.
HS 1971. Ydinfyysikon sävelkone maailmanmarkkinoille. *Helsingin Sanomat* 21.1.1971.
Howe, Hubert [*s.d.*]. *Buchla Electronic Music System Users Manual*. Fullerton: Educational Research Department, CBS Musical Instruments, Columbia Broadcasting System Incorporation.
Hämäläinen, Raimo 1972. Videoposetiivi. *Tekniikan maailma* 2/1972: 34–36.
[Juva, Mikko] 1972. *Kertomus Helsingin yliopiston toiminnasta lukuvuonna 1971–1972*. Helsinki: Valtionneuvoston kirjapaino.
— 1973. *Kertomus Helsingin yliopiston toiminnasta lukuvuonna 1972–1973*. Helsinki: Valtionneuvoston kirjapaino.
Jylhä, Minna 2002. Dimensio 1972–2002. Teoksessa *Dimensio 30: Dimension vuodet 1972–2002*. Toim. Otso Kantokorpi. Helsinki: Like. 13–15
[Kivinen, Erkki] 1963. *Kertomus Helsingin yliopiston toiminnasta lukuvuonna 1962–1963*. Helsinki: Valtionneuvoston kirjapaino.
— 1964. *Kertomus Helsingin yliopiston toiminnasta lukuvuonna 1963–1964*. Helsinki: Valtionneuvoston kirjapaino.
— 1965. *Kertomus Helsingin yliopiston toiminnasta lukuvuonna 1964–1965*. Helsinki: Valtionneuvoston kirjapaino.
— 1968. *Kertomus Helsingin yliopiston toiminnasta lukuvuonna 1967–1968*. Helsinki: Valtionneuvoston kirjapaino.
— 1971. *Kertomus Helsingin yliopiston toiminnasta lukuvuonna 1970–1971*. Helsinki: Valtionneuvoston kirjapaino.
Kuljuntausta, Petri 2002. *On/Off: eetteriäänistä sähkömusiikkiin*. Helsinki: Like.
Kurenniemi, Erkki 1971. Elektronisen musiikin instrumenteista. *Musiikki* 1: 37–41.
— 1985. Harmonioiden teoria. *Musiikki* 3–4: 261–272.
Kurenniemi, Erkki ja Thomas Carlsson 2005. Dimi H – 3D Instrument ft Tracking Logic. <http://www.beige.org/projects/dimi/> (tarkistettu 30.12.2005).
Lindeman, Osmo 1974. *Elektronisen musiikin teknologiasta*. Helsinki: Sibelius-akatemia.
Lindfors, Jukka ja Markku Salo 1988. *Ensimmäinen aalto: Helsingin underground 1967–1970*. Helsinki: Kustannus Oy Odessa.
[Linkomies, Edwin J. H.] 1962. *Kertomus Helsingin yliopiston toiminnasta lukuvuonna 1961–1962*. Helsinki: Valtionneuvoston kirjapaino.
Manning, Peter 1993. *Electronic & Computer Music*. Toinen painos. Oxford: Oxford University Press.
M.A.N. Productions Oy 2004. M.A. Numminen. <http://www.ma-numminen.net> (tarkistettu 31.8.2005).
Nikkilä, Seppo 1993a. Suomen ensimmäinen mikrotietokone. Teoksessa *Mikrotietokone Suomessa 1973–1993*. Toim. Risto Linturi ja Martti Tala. Helsinki: Yritysmikrot Oy. 36–40.
— 1993b. Bugi hirtettiin kumilenkkiin. Teoksessa *Mikrotietokone Suomessa 1973–1993*. Toim. Risto Linturi ja Martti Tala. Helsinki: Yritysmikrot Oy. 42–44

Numminen, Mauri Antero 1999. *Helsinkiin: Juho Niityn sivistyshankkeet 1960–1964*. Helsinki: Schildts.
[Palmén, Ernst] 1975. *Kertomus Helsingin yliopiston toiminnasta lukuvuonna 1974–1975*. Helsinki: Valtionneuvoston kirjapaino.
Pinch, Trevor ja Frank Trocco 2002. *Analog Days. The Invention and Impact of the Moog Synthesizer*. Cambridge: Harvard University Press.
Rossing, Thomas 1990. *Science of Sound*. Toinen painos. New York, NY: Addison-Wesley.
Ruohomäki, Jukka 1977. Dismal-ohjelmiston käyttöohjeet. [S.l.]: [S.n.]. Julkaisematon ohjekirja. Helsingin yliopisto, musiikkitieteen studio.
Salmenhaara, Erkki 1963. Erkki Kurenniemi och hans studio. *Nutida musik* 1963–1964/5: 55–56.
— 1968. *Vuosisatamme musiikki: 1900-luvun musiikin historia pääpiirteissään*. Helsinki: Otava.
Sirén, Pekka 1976. Kokeellista toimintaa YLE:ssä. Teoksessa *Tehosteet ja ääni-ilmaisu*. Toim. Reijo Korpio. Helsinki: Tehosto, Erikoistuotanto, Yleisradio. 49–58.
Taanila, Mika 2002. *Erkki Kurenniemi: äänityksiä/recordings 1963–1973*. Levynkansiteksti. Helsinki: Siboney. LXCD 637.
— 2003. *The Dawn of Dimi*. DVD-levy. Helsinki: Kinotar Oy ja Kiasma.
Tiits, Kalev 1990a. Erkki Kurenniemi: avantgarden innovaattori. *Musiikkitiede* 2: 37–60.
— 1990b. *Voluntääriassistentti Kurenniemi ja elektronimusiikin alku yliopistolla*. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Taiteiden tutkimuksen laitos, musiikkitiede.
Vail, Mark 2000. Buchla's First Modular Synthesizer. *Vintage Synthesizers: pioneering designers, groundbreaking instruments, collecting tips, mutants of technology*. Ed. Mark Vail. San Francisco: Miller Freeman Books. 105–109.
Wickes, William E. 1968. *Logic Desing with Integrated Circuits*. New York, NY: John Wiley & Sons.

Fil. yo Mikko Ojanen (mikko.ojanen@helsinki.fi) opiskelee Helsingin yliopistossa musiikkitiedettä ja valmistelee pro gradu -työtä suomalaisesta elektroakustisesta musiikista. Fil. yo Jari Suominen (jari.suominen@helsinki.fi) opiskelee Helsingin yliopistossa tietojenkäsittelytiedettä pääkiinnostusalueinaan digitaalinen signaalinkäsittely ja musiikin automaattinen analyysi. Lisäksi hän harrastaa analogisyntetisaattorien rakentamista.

Erkki Kurenniemi's electronic music instruments

The article presents early electronic music instruments designed by Erkki Kurenniemi in the 1960's and 1970's. Kurenniemi's instruments were influenced by digital logic and an experimental approach to user interface design. The first half of the article presents an historical overview of Kurenniemi's career as a synthesizer designer and his instruments. The second half concentrates in detailed description of technology used in these instruments. Kurenniemi's instruments are also compared with other contemporary synthesizer designs, such as Moog and Buchla. Suggested topics for further studies include detailed study of music composed with Kurenniemi's instruments and Kurenniemi's user interface design from historical and technological point of view.