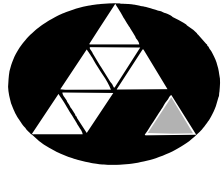


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Viestinnän koulutusohjelma

Otto Wahlgren

BINAURAALINEN SUOJAVIIVA JA KUUNTELIJAN POSITIO –
BINAURAALISEN ÄÄNITYSTEKNIIKAN KÄYTTÖ KUUNNELMASSA

Opinnäytetyö
Tammikuu 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2012
Viestinnän koulutusohjelma

Länsikatu 15
80110 Joensuu
p. 013 260 6906

Tekijä
Otto Wahlgren

Binauraalinen suojaviiva ja kuuntelijan positio – Binauraalisen äänitystekniikan käyttö kuunnelmassa

Toimeksiantaja
Oy Yleisradio Ab

Tiivistelmä

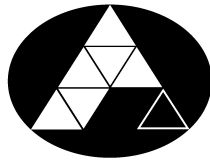
Opinnäytetyössä tutkitaan binauraalista äänitystekniikkaa ja sen hyödyntämistä kuunnelman tekemisessä. Tavoitteena on, että tuloksia voitaisiin käyttää hyödyksi muissakin äänituotannoissa, kuten pelien ja kuvaäänen suunnittelussa.

Opinnäytetyössä esitellään päätelmiäni binauraalisesta tekniikasta sekä uusia termejä: binauraalinen suojaviiva ja kuuntelijan positio. Binauraalinen suojaviiva on termi, jonka käyttämisestä on suurta hyötyä binauraalisessa äänitystilanteessa. Kuuntelijan positio on termi, jota voi käyttää hyödyksi jo käsikirjoittamisvaiheessa. Työssä eritellään ja määritellään termit binauraalinen äänitystekniikka ja binauraalinen tekniikka. Työssä myös luodaan toimintatapoja ja annetaan vihjeitä binauraalisen tekniikan kanssa työkentelyyn. Tuotoksellisena osuutena on noin kuuden ja puolen minuutin pituinen kuunnelma, joka on toteutettu kokonaan binauraalisella äänitystekniikalla.

Kieli
suomi

Sivuja 46
Liitteet 2
Liitesivumäärä 1 + CD

Asiasanat
binauraalinen, binauraalinen suojaviiva, kuuntelijan positio, tilääni, keinopää, tosipää, HRTF



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
January 2012
Degree Programme in
Communication

Länsikatu 15
FIN 80110 JOENSUU
FINLAND
tel. + 358 13 260 6906

Author

Otto Wahlgren

Binaural Safety Line and Binaural Listener Position – Using a Binaural Recording Technique to Make a Radio Play

Commissioned by
Finnish Broadcasting Company

Abstract

The current thesis examines binaural recording technique and how to utilize it to make a radio play. The aim is that the results could be used also for other audio productions such as game sound design and movie sound design.

The thesis will present my conclusions about binaural technique. New terms will be introduced: binaural safety line and binaural listener position. Binaural safety line is a term, which is very useful during binaural recording process. Binaural listener position is a term that could be used as early as in the making of a script. In the thesis the terms binaural recording technique and a binaural technique will be separated and defined. As a result useful practices are created and hints for working with a binaural technique are given. The artistic part of the thesis is a six and half minute long radio play which is produced entirely with the binaural recording technique.

Language
Finnish

Pages 46
Appendices 2
Pages of Appendices 1 + CD

Keywords

binaural, binaural safety line, listener position, surround sound, dummy head, real head recording, HRTF

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

Sanaluettelo

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 6 |
| 2 | Kuuloaisti ja siirtofunktio äänilähteestä korvakäytävään..... | 9 |
| 3 | Binauraalisen äänitystekniikan perusteet | 11 |
| 3.1 | Tavoitteet | 11 |
| 3.2 | Todellinen binauraalisuus | 12 |
| 3.3 | Tekniikka | 13 |
| 3.3.1 | Keinopää ja mikrofonit..... | 13 |
| 3.3.2 | Digitaalinen simulointi..... | 15 |
| 3.3.3 | Tallenteen kuuntelu | 17 |
| 3.3.4 | Ongelmat etu- ja takaerottelussa sekä z-akselilla | 18 |
| 4 | Binauraalisen äänitystekniikan historia | 20 |
| 4.1 | Ensiaskleet ja määrittelyongelma..... | 20 |
| 4.2 | Keinopää nimeltä Oscar | 20 |
| 4.3 | Kuulontutkimus..... | 21 |
| 4.4 | Viihdeteollisuus | 21 |
| 5 | Nykypäivä ja tulevaisuuden kuvat..... | 22 |
| 5.1 | Musiikki, kuunnelmat ja peliteollisuus | 22 |
| 5.2 | Arkipäiväistynyt tekniikka ja tulevaisuuden tekijät..... | 23 |
| 6 | Binauraalisen kuunnelman esituotanto | 24 |
| 6.1 | Laitevalinnat ja testaaminen..... | 24 |
| 6.1.1 | Keinopäät ja mikrofonit..... | 24 |
| 6.1.2 | Tallentimet..... | 28 |
| 6.1.3 | Digitaalinen simulointi..... | 30 |
| 6.2 | Käsikirjoitus | 30 |
| 6.3 | Kuuntelijan positio | 32 |
| 6.4 | Foley-tarvikkeet..... | 33 |
| 6.5 | Äänitystila | 34 |
| 7 | Binauraalisen kuunnelman tuotanto | 35 |
| 7.1 | Äänitystilanne ja toimijat..... | 35 |
| 7.2 | Dialogin, foleyn ja pohjien äänitys..... | 36 |
| 7.3 | Binauraalinen suojaviiva | 36 |
| 8 | Binauraalisen kuunnelman jälkituotanto | 39 |
| 9 | Pohdinta..... | 40 |
| | Lähteet..... | 43 |

Liitteet

Liite 1 Lista valittuja binauraalisia teoksia

Liite 2 Cd-levy, binauraalisella äänitystekniikalla toteutettu kuunnelma

Sanaluettelo

| | |
|--------------------------------|--|
| Amplitudia | äänen voimakkuuden taso (Laaksonen 2006, 7) |
| Binauraalinen | molempikorvainen (Tohtori 2012) |
| Binauraalinen tekniikka | tekniikka, jolla tallennetaan, muokataan tai toistetaan ääntä binauraalisesti |
| Binauraalinen äänitystekniikka | tekniikka, jolla tallennetaan ääntä binauraalisesti mm. keino- tai tosipäällä. |
| Ekvalisointi | taajuuskorjailu, taajuuksien muokkaaminen (Laaksonen 2006, 384, 396) |
| HRTF | vapaan kentän siirtofunktio tietystä pisteestä korvaan (Maijala 1996, 4) |
| Keinopää | pään muotoinen esine, jossa on kaksi mikrofonia korvien kohdalla (Laaksonen 2006, 285) |
| Kompressori | äänen dynamiikkaa supistava laite (Laaksonen 2006, 385) |
| Pallokuvioinen mikrofoni | Mikrofoni, joka ottaa ääntä yhtä hyvin joka puolelta (Laaksonen 2006, 232) |
| Plug-in | audio-ohjelman virtuaalinen tehostelaite (Laaksonen 2006, 219) |
| Spatiaalinen | avaruudellinen (SuomiSanakirja.fi 2012) |
| Taajuus | kuultavan äänen korkeus (Laaksonen 2006, 7) |
| Taajuusvaste | Mittaustulos sille kuinka tarkkaan esimerkiksi tallennetun äänen voimakkuudet toistuvat kuuntelutapahtumassa (Laaksonen 2006, 7) |
| Tosipää | ihmisen pää, korvissa mikrofoni-kapselit (Maijala 1996, 9) |

1 Johdanto

Opinnäytetyössäni tutkin binauraalisen äänitystekniikan käyttöä äänitteiden valmistamisessa. Binauraalinen eli molempikorvainen äänitystekniikka pyrkii tallentamaan ihmisen kokeman äänen siirtofunktion, niin että kuuntelutilanteessa ääni tuntuisi tulevan samasta suunnasta ja etäisyydestä kuin alkuperäisessä akustisessa tilanteessa. Toiminnallisen osuuden eli noin kuuden minuutin pituisen, binauraalilla äänitystekniikalla toteutetun kuunnelman, äänitin Joensuun Tiedepuiston Mustassa luokassa lokakuussa 2011. Näyttelijöinä kuunnelmassa olivat Jukka Moskuvaara ja Suvi Laaninen. Foley-äänityksissä apunani olivat Lasse Niemi, Heikki Pieviläinen ja Anu Karreinen. Käsikirjoituksen teki Jan Olausen. Opinnäytetyöni ohjaajana toimi Veli-Pekka Niiranen ja Jari Kupiainen. Kiitos heille. Toiminnallinen osuuteni on osa Junaradio-projektia, jossa ovat mukana yhteistyössä Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu ja Yleisradio.

Binauraalista äänitystekniikkaa tutkiessani valitsin koealustaksi perinteisen kuunnelman. Minulla oli kokemusta kuunnelman teosta jo useista radioon tehdyistä projekteista, ja tätä kautta pystyin vertaamaan perinteisellä stereotekniikalla tehdyn kuunnelman metodeja binauraaliseen kuunnelmaan. Tämä mahdollisti myös itsenäisen työskentelyn, vapaana esimerkiksi peli- tai elokuvaproduktiosta, jossa olisin joutunut toimimaan myös muiden tekijöiden ehdoilla. Koska eri formaattien, kuten esimerkiksi kuunnelman, elokuvan ja pelien äänisuunnittelusta löytyy samoja metodeja, voinee tuloksiani käyttää hyväksi myös muiden formaattien kuin kuunnelman teossa.

Tutkin opinnäytetyössäni binauraalista tekniikkaa ja sen käyttämistä viihteen hyödyksi. Selvitin mitä tekniikalla on mahdollista tehdä ja mitkä ovat sen rajoitukset. Pyrin löytämään hyviä metodeja binauraalisten äänitteiden työstämiseen kaikissa työvaiheissa käsikirjoituksen tekemisestä äänityksiin ja jälkituotantoon. Tutkin erilaisia teknisiä laitteita, kuten mikrofoneja ja tallentamia. Kävin läpi myös työskentelytapoja muun muassa näyttelijöiden ja käsikirjoittajien kanssa. Opinnäytetyöni

keskeinen tavoite on saada tietää, voiko binauraalisella äänitystekniikalla tehdä laadullisesti hyviä kuunnelmia ja ennen kaikkea, onko siitä hyötyä sisällön kannalta vai onko kyseessä itseisarvo, kuten mielestäni 3D-tekniikan käyttö joissain sisällöllisesti köyhissä elokuvissa.

Vaikka opinnäytetyöni päällimmäisenä tavoitteena on tutkia binauraalisen äänitystekniikan hyödyntämistä kuunnelman teossa, nousevat kaksi luomaani uutta termiä tärkeään osaan esitellessäni uutta tietoa ja tutkimustuloksiani. Termien nimet ovat ”binauraalinen suojaviiva” sekä ”kuuntelijan positio.” Binauraalinen suojaviiva on linja, joka kulkee x-akselilla, joko keino- tai tosipään korvien kohdalta jättäen suojaviivan toiselle puolelle keino- tai tosipään etupuolen, johon kuuluvat kasvojen etuosa ja tosipään yhteydessä myös ihmisvartalon etupuoli. Toiselle puolella suojaviivaa jäävät takaraivo ja muun muassa selkä. Jos tämä binauraalinen suojaviiva ylitetään, äänitettä kuunnellessa saattaa vastaan tulla tilanne, jossa kahdella samasta suunnasta ja etäisyydeltä tulevalla äänellä on erilaiset kaiut ja esiheijastukset. Kyseinen tapahtuma riippuu äänitystilan rakenteesta, äänitystilassa sijaitsevista esineistä sekä keino- tai tosipään sijainnista äänitystilanteessa. Tämä johtuu, koska kuuntelutilanteessa, edestä tai takaa päin äänitetty ääni tuntuu ilman henkilökohtaista ekvalisointia eli kompensointia tulevan takaa päin. Binauraalinen suojaviiva on termi, josta on hyötyä, kun työskennellään keino- tai tosipäätä käyttäen. Tämä termi helpottaa työskentelyä ja selkeyttää keino- tai tosipään asettelua äänitystilassa.

Kuuntelijan positio on termi, jota voidaan käyttää hyödyksi jo käsikirjoitusvaiheessa. Esimerkiksi voidaan määrittää, kuunteleeko kuuntelija tarinan tapahtumia ulkopuolisena kaikista tapahtumista, siis vain tarkkailijana, vai onko hän tarinan tapahtumissa itse mukana. Kaikkein yksinkertaisimmillaan binauraalista tekniikkaa voidaan käyttää yksittäisissä tehosteäänissä muun normaalin stereomateriaalin seassa tai sitten kuuntelija voidaan viedä kokonaan mukaan binauraaliseen maailmaan, jossa esimerkiksi yksi tarinan hahmoista ”kuiskii” hänen korvaansa. Kuuntelijan positio voi olla myös yhdistelmä näitä kahta. Kuunnelman aikana voidaan siirtyä puhtaasta stereomaailmasta täysin binauraalisesti toteutettuun tilaan tarinan tapahtumien

myötä. Kuuntelijan positio on siis keino, jolla voidaan kertoa tarinoita ja viedä kuuntelija tarinan maailmaan halutulla tavalla. Kun tätä termiä käytetään hyödyksi jo käsikirjoitusvaiheessa, helpottuu äänitteen tekninen työstäminen myöhemmässä vaiheessa. Äänitystilanteet voidaan suunnitella tarkasti etukäteen ja hyödyntää binauraalisen tekniikan mahdollisuuksia tarinan maailman kokemisessa.

Käyttämässäni lähdemateriaaleissa puhutaan usein binauraalisesta tekniikasta ja binauraalisesta äänitystekniikasta samankaltaisina asioina niitä suuremmin erottelematta. Omassa opinnäytetyössäni erottelen nämä kaksi termiä, koska näen tämän selkeyttävän asioiden esittämistä ja koen näiden termien välillä selkeän eron jo nimiensä perusteella. Binauraalinen äänitystekniikka on mielestäni binauraalisen tekniikan hyödyntämistä äänitystilanteessa, eli joko esimerkiksi keino- tai tosipään käyttämistä äänen taltiointiin. Binauraalinen tekniikka on taas kaikkea binauraaliseen äänen liittyvää: binauraalista äänittämistä, monoäänien muokkaamista binauraaliseksi erilaisilla ohjelmilla tai binauraalisten äänitteiden kuuntelua. Oman kuunnelmani teossa työskentelin siis nimenomaan binauraalisen äänitystekniikan kanssa, kun taas jos olisin esimerkiksi työstänyt monoäänistä binauraalisia versioita videopeliin plug-in-ohjelmilla, olisi kyseessä ollut binauraalisen tekniikan hyödyntäminen.

Käytän opinnäytetyössäni kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Tutkimuksessani ääneen pääsevät binauraalisen tekniikan asiantuntijat kirjallisten lähteiden ja sähköpostihaastatteluiden kautta. Koska kirjoitustyöni aikana en törmännyt kertaakaan kirjallisuuteen, joka esittäisi tietoa binauraalisen tekniikan käyttötavoista fiktiivisten sisältöjen, kuten kuunnelman tai pelien teossa, väitän, että asiaa ei ole tukittu laajassa mitassa. Yksittäisiä mainintoja binauraalisesta tekniikasta kyllä löytyy eri äänituotannoista, mutta ne eivät selvennä metodeja. Iso osa lähteistäni on peräisin kuulontutkimuksen puolelta. Myös haastattelemanani ihmiset ovat pitkälle kuulontutkijoita, eivät äänisuunnittelijoita. Koska binauraalinen äänitystekniikka oli minulle työni alkuvaiheessa täysin tuntematon alue, sisältää kirjallinen osuuteni paljon taustatietoa ja yksityiskohtia tekniikasta. Tämä on kuitenkin mielestäni tärkeä asia sekä omalle tietopohjalleni että lukijalle. Useissa tekstiosuuksissa käytän myös

hyväksi omaa valmista tietopohjaani äänen käyttäytymisestä niin fyysisessä, analogisessa kuin digitaalisessakin muodossa. Näissä tapauksissa minulla ei ole ollut tarvetta käyttää lähdeaineistoa. Tutkimuksissani tein itse paljon konkreettisia laite-testejä, kuuntelutin materiaalia eri henkilöillä sekä tein päätelmiä tuloksista.

Koska binauraalinen tekniikka on luultavasti vieras käsite monelle henkilölle ja sen hallitseminen vaatii perustietoa äänen fyysisestä käyttäytymisestä ja teoriasta, on tekstini lähtökohtaisesti suunnattu äänen ammattilaisille, opiskelijoille sekä syventyneille harrastelijoille. Tämän myötä vältän avaamasta tekstin edetessä termejä kuten ekvalisointi, plug-in tai kompressointi. Olen kuitenkin listannut työni alkuun muutamia keskeisiä termejä, joista osa lienee ammattilaisillekin uusia.

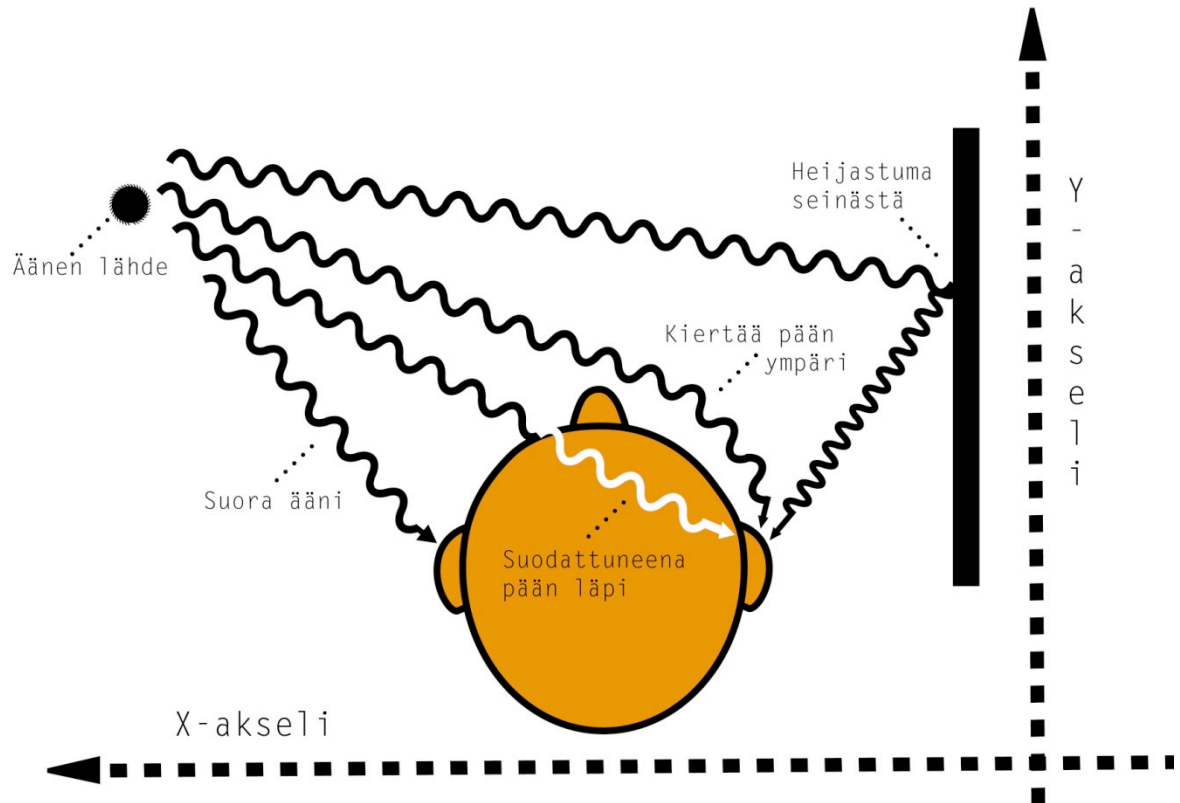
Opinnäytetyöni kirjallinen osuus alkaa tutustumisella ihmisen suuntakuulon ominaisuuksiin, binauraaliseen tekniikkaan ja sen historiaan ja tätä kautta etenee binauraalisen kuunnelman teon eri vaiheisiin ja johtopäätöksiin sekä lopputulokseen.

2 Kuuloaisti ja siirtofunktio äänilähteestä korvakäytävään

Ihmisten ja muiden nisäkkäiden auditorinen järjestelmä on kehittänyt monimutkaisen mekanismin, joka laskee molemmille tärykalvoille saapuvien äänenpaineen signaalien eroja (Litovsky 2008, 3). Se, että äänipainesignaalit herättävät tämän auditorisen järjestelmän, on hyväksytty kaiken kuulotutkimuksen perusherätteeksi. Lokalisaatioinformaatio perustuu kolmeen perusasiaan: vasempaan ja oikeaan korvaan tulevien taajuuksien, amplitudian (voimakkuuden) ja vaiheiden eroihin. (Maijala 1996, 2.)

HRTF (eng. head-related transfer function) on vapaan kentän siirtofunktio. Tämän siirtofunktion synnyttävät pään rakenne, korvanlehdet, olkapäät sekä muut vartalon osat. Nämä rakenteet muokkaavat äänen voimakkuutta ja taajuutta ennen sen saapumista tärykalvolle eli luovat "akustisen varjon". Tämä siirtofunktio antaa ai-

voille tiedon äänen tulosuunnasta. (Maijala 1996, 2.) Toinen korva saa omat tietonsa eri taajuuksilla ja voimakkuuksilla sekä vaihe-erolla, koska esimerkiksi vasemmalta saapuva ääni on perillä oikeassa tärykalvossa myöhemmin kuin vasemmassa (Kuvio 1). Vain suoraan edestä, takaa, alhaalta tai ylhäältä tuleva ääni on samassa vaiheessa molemmissa korvissa (Stern, Wang & Brown 2006, 3).



Kuvio 1. Toinen korva saa omat tietonsa eri taajuuksilla ja voimakkuuksilla sekä vaihe-erolla, koska esimerkiksi vasemmalta saapuva ääni on perillä oikeassa tärykalvossa myöhemmin kuin vasemmassa. (Kuva: Otto Wahlgren).

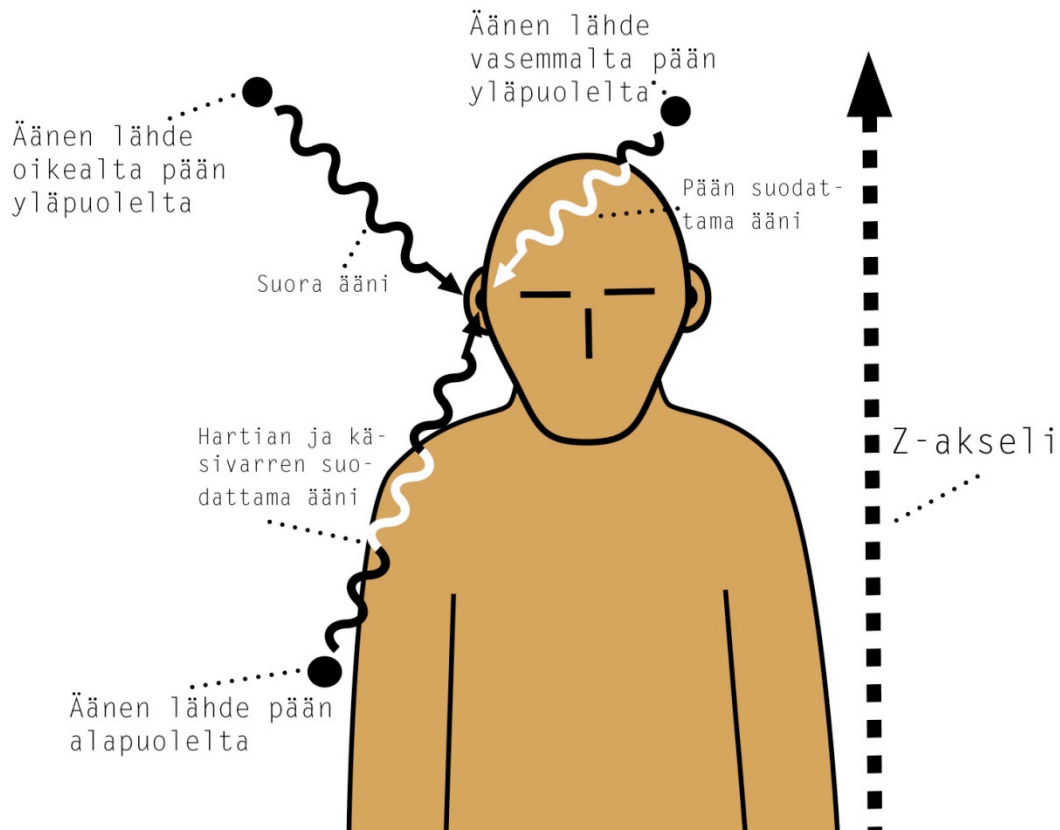
Pelkkä HRTF eli siirtofunktio ei kuitenkaan luo tietoa äänen tulosuunnasta, vaan siihen vaaditaan myös ihmisen pään pieniä liikkeitä (Lähivaara 2011). Nämä mikroliikkeet muokkaavat siirtofunktiota ja auttavat tulosuunnan havainnoinnissa (Maijala 2011a). Lisäksi ihmisen aivokuori ottaa vastaan tietoja äänen suunnasta myös näkö- ja tuntoaisteja hyväksi käyttäen (Maijala 1996, 6). Iän myötä äänen suunnan havaitseminen paranee adaptaation ja oppimisen kautta. Sokeilla kuuloaisti voi kehittyä normaalia tarkemmaksi. (Karjalainen 2011, 152.)

3 Binauraalisen äänitystekniikan perusteet

3.1 Tavoitteet

Binauraalinen eli kaksikorvainen (Karjalainen 2011, 153) äänitystekniikka pyrkii tallentamaan ihmisen kokeman siirtofunktion, niin että se voidaan toistaa kuuntelijalle äänitallenteelta. Binauraalinen äänitystekniikka pyrkii viemään äänitteen kuuntelijan siihen fyysiseen tilaan ja paikkaan, jossa esimerkiksi musiikkiteos on äänitetty (studio tai konserttisali) tai missä kuunnelman kohtaaminen tapahtuu (kaupungin kuja tai lentokoneen kabiini). Se voi toimia apuna esimerkiksi tutkijalle, jonka on tiedettävä, mitä esimerkiksi trukinkuljettaja kuulee ja minkälainen melu kohdistuu kuljettajaan. Se pyrkii välittämään kuuntelijalleen tiedon äänen tulosuunnasta kolmiulotteisesti. Binauraalisuuden vastakohta on monauralisuus eli yksikorvaisuus (Oxenham 2005, 2).

Binauraalinen tekniikka perustuu, kuten stereotekniikan vasemman ja oikean kanavan keskeinen panorointi sekä surround-tekniikan monikanavapanorointi, äänen lokalisointiin. Kuitenkin nämä tekniikat poikkeavat toisistaan. Binauraalisella tekniikalla pystytään tuottamaan äänen suunnan hahmottamista myös z-akselilla, eli ylös-alassuunnassa (Kuvio 2).



Kuvio 2. Kolmen äänilähteen matka oikeaan korvaan z-akselilla. (Kuva: Otto Wahlgren).

3.2 Todellinen binauralisuus

Termi binauralisuus on aiheuttanut vuosien saatossa määrittelyongelmia. Joissakin tapauksissa tekniikkaa, jossa kaksi mikrofonia on sijoitettu ihmisen pään leveyden verran etäälle toisistaan ilman pään luomaa akustista varjoa, on pidetty binauralisena tekniikkana (Sunier 1960, 28). VTT:n akustiikan tutkija Panu Maijala kertoo seuraavaa:

Tiukan määritelmän mukaisesti binauralisuus edellyttää vähintään ihmisen pään vaikutuksen sisällyttämistä äänen kulkureitille äänilähteestä ihmisen auditoriseen järjestelmään. Myös yläruumiin vaikutus on helposti osoitettavissa. Väljemmän tulkinnan mukaan binauralisuus viittaa kuuntele/toistotapahtumaan, jossa kahdella korvalla kuunneltaessa havaitaan eri-

lainen kuulotapahtuma yhdellä korvalla kuunteluun verrattaessa. (Maijala 2011b.)

Sunier käyttää termiä ”todellinen binauraalisuus”. Tämä tekniikka vaatii aina keinopään, jossa on mukana fysiologisesti oikein suunnitellut korvat ja yleiset kallon muodot. (Sunier 1960, 28.) Määrittelyongelmat ovat johtaneet muun muassa siihen, että 1950-luvulla mainostettiin normaalilla stereotekniikalla valmistettuja äänilevyjä virheellisesti binauraalisiksi (Sunier 1999). Termin määrittely on aiheuttanut myös epäselvyyksiä binauraalisen äänitystekniikan historiankirjoituksessa ja alun määrittelyssä. Omassa opinnäytetyössäni tutkin nimenomaan tätä Sunierin mainitsemaa ”todellista binauraalisuutta” ja Maijalan tiukempaa määritettä. Opinnäytetyöni käsittelee keino- tai tosipäällä toteutettavaa äänitystekniikkaa sekä digitaalisella tekniikalla tapahtuvaa stereo- ja monoäänien jälkikäsitteilyä kolmiulotteisessa simulaatiossa.

3.3 Tekniikka

3.3.1 Keinopää ja mikrofonit

Binauraalinen äänitystekniikka pyrkii tallentamaan HRTF:n niin, että tallennetta kuunnellessa kuuntelija kokisi äänen tulosuunnan ja etäisyyden samanlaiseksi kuin oikeassa, akustisessa kuuntelutilanteessa. Tähän tulokseen pyritään käyttämällä mikrofoniparia, jotka on sijoitettu joko keinopään (Kuva 1) tai tosipään (oikea ihmisen pää) vasempaan ja oikeaan korvakäytävään tai niiden eteen. Mikrofonien sijoituksella on tarkoituksena mallintaa oikean korvan käyttäytymistä. Koska äänen siirtyminen korvakäytävän suulta tärykalvolle on äänen tulosuunnasta riippumaton, voidaan mikrofonit sijoittaa korvakäytävän eteen (Møller 1992, Maijala 1996, 6 mukaan). Mikrofonit ovat suuntaamattomia eli pallokuvioisia (Maijala 1996, 2). Pallokuvio mallintaa korvan suuntakuviota, joka poimii ääniä kolmiulotteisesti ympäriltänsä. Taajuusvasteiltaan mikrofonien on hyvä olla samanlaisia, koska taajuusvas-

teeltaan toisistaan poikkeavat mikrofonit antavat omille kanavilleen erilaista tietoa vapaan kentän funktiosta.

Yleensä binauraaliset äänitykset tehdään keinopäillä (eng. dummy head). Nämä päät on rakennettu täysikasvuisen ihmisen mittojen mukaan. Niiden valmistamisessa on otettu huomioon myös luun kovuus ja ihon pehmeys. Keinopäissä on yleensä myös korvat ja joskus hiuksia. (Maijala 1996, 3.) Joihinkin päihin kuuluvat myös olkapäät. Myös oikeita ihmisen päitä on käytetty äänityksissä, ja ne ovat tuotaneet parempia lokalisointituloksia. (Møller 1992, Maijala 1997, 1 mukaan.) Suomen kielessä näitä äänityksiä kutsutaan tosipää-äänityksiksi (eng. real head) (Maijala 1997, 1). Kaupallisesti valmistetut keinopäät on tarkoitettu ammattimaiseen käyttöön. Niiden hinnat ovat tuhansia euroja. Neumannin KU 100 -keinopää maksaa verkkokauppa Thomannilla 6 666 euroa (Thomann 2011a). Valmistajia ei ole monia. Tunnetuin keinopäiden valmistaja on Neumann, ja sen merkkituote on KU 100 ja tätä edeltänyt KU 80. KU 100, kuten useimmat vastaavat päät, sisältää suuntaamattoman mikrofoniparin. Mikrofoneihin voi syöttää ulkopuolelta 48 voltin phantom-jännitettä tai päähän voi sijoittaa paristot tätä varten. Lähtöinä ovat balansoidut XLR-liittimet sekä balansoimattomat bnc-lähdöt (Thomann 2011a).

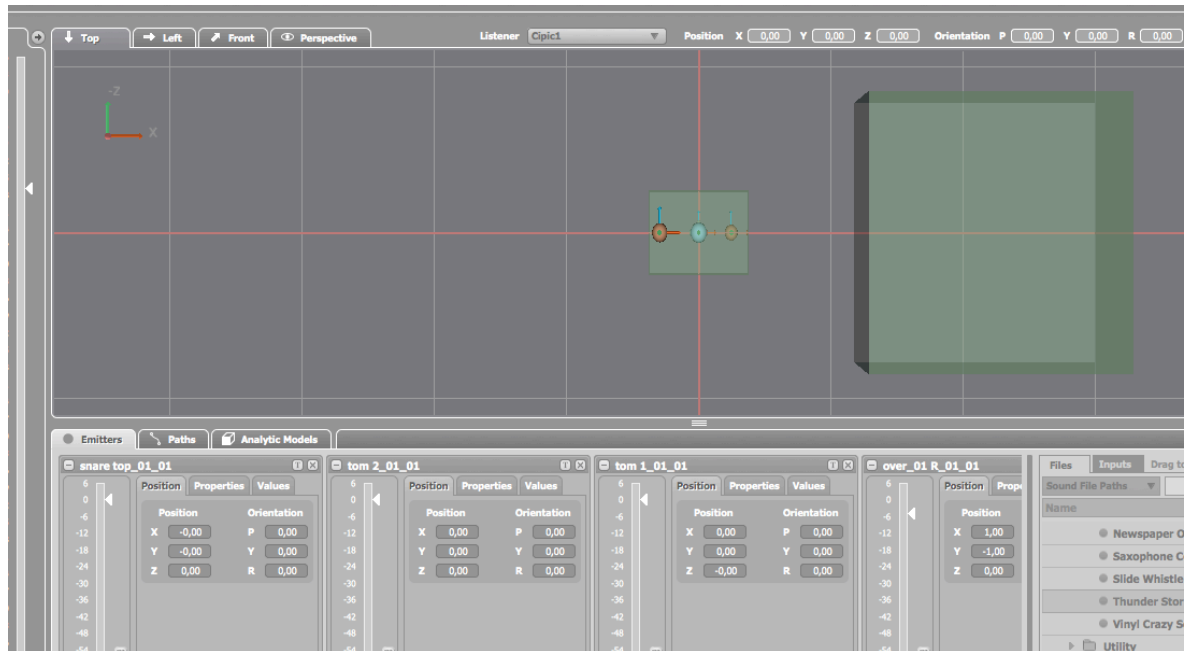


Kuva 1. Keinopää. (Kuva: Otto Wahlgren).

3.3.2 Digitaalinen simulointi

Binauraalista materiaalia on myös mahdollista tuottaa ilman äänitystekniikkaa, jossa vaadittaisiin keino- tai tosipäätä. Kyseessä on digitaalinen mallintaminen. (Karjalainen 2011, 173–175). Erialaisten tilaa simuloivien plug-inien ansiosta joko varta vasten äänitettyä tai valmiina olevaa monoääntä voidaan keinotekoisesti muokata niin, että sillä voidaan saavuttaa melkein oikeaa binauraaliuutta mallintava tilan ja äänen suunnan tunne. Kyseessä on siis äänen värin, tasojen sekä vaihe-erojen muokkaaminen digitaalisesti niin, että monoäänien taajuus saadaan muistuttamaan oikeata siirtofunktiota. Yksinkertaisimmillaan äänen muokkaamista voi tehdä vaikka muokkaamalla äänen taajuutta ekvalisaattorilla ja luomalla vaihe-eroja kanavien välille.

Plug-in-ohjelmissa voidaan digitaalisesti määritellä tila ja sen koko. Edistyneemmissä ohjelmissa voidaan myös määritellä, minkälaista materiaalia ovat tilan, kuten esimerkiksi huoneen seinät, onko lattialla mattoa ja esimerkiksi kuinka monta ikkunaa huoneessa on ja millä seinillä ne sijaitsevat. Monoääntä voidaan liikuttaa kolmiulotteisesti x-, y- ja z-akseleilla. Tällaisia binauraalisia plug-ineja valmistavat muun muassa Apple sekä Wave Arts -yhtiöt. Applen plug-in BinAural Panner on yksinkertainen työväline, jolla voi määritellä huoneen koon. Käyttäjä voi valita, panoroiko ääntä kaksi- vai kolmiulotteisella visuaalisella työkalulla (Apple 2007, 555–556). Wave Artsin WaveSurround-ohjelma on monipuolisempi työkalu binauraaliseen jälkikäsitteilyyn. Tilan koon lisäksi ohjelmassa voi määritellä edellä mainittuja materiaaleja kuten seinän rakenteita tai lattialla olevia mattoja. (Wave Arts 2005, 53-60.) Longcat-yhtiön AudioStage-plug-in on edellä mainittuja plug-ineja teknisiltä ominaisuuksiltaan hienostuneempi. Äänitteen kuuntelijalle voidaan suunnitella oma kulkureitti tilassa, jonka voi kolmiulotteisesti mallintaa. Tähän tilaan, esimerkiksi puutaloon, voidaan sijoittaa monoääniä, joiden ohitse kuuntelija ”kulkee”. (Longcat 2011). Vr Sonic -yrityksellä on VibeStation designer -ohjelma (Kuvio 3), jolla voidaan mallintaa tilääniä. Yrityksen sivuilta löytyy ohjelman trial-versio. (Vr Sonic 2011.) Etenkin pelimaailmassa tarvitaan reaaliaikaisia binauraalisia simulaattoreja, jotka pystyvät muokkaamaan ääntä pelaajan toimintojen perusteella. Muun muassa Action Reaction Labs -yhtiön Ghost dynamic binaural audio -ohjelma on suunniteltu näitä tarpeita varten. Ohjelman avulla peliin voidaan sijoittaa monoääniä, jotka panoroituvat pelaajan liikkeiden mukana. (Action Reaction Labs 2011).



Kuvio 3. Ruudunkaappaus VibeStation designer -ohjelmasta. (Kuva: Otto Wahlgren).

3.3.3 Tallenteen kuuntelu

Kuuntelu suoritetaan yleensä normaaleilla stereokuulokkeilla. Tällöin huoneakustiikka ei häiritse, ja eritoten vasen tai oikea signaali päättyy vain sille tarkoitettuun korvaan (Maijala 1996, 16). Kaiutinkuuntelussa vasen ja oikea kanava menevät ristiin ja vuotavat keskenään. Tätä vuotoa kutsutaan ristiin kuulemiseksi (Kuvaja 2011, 1). Ristiin kuuleminen aiheuttaa tilan kokemuksen menettämisen, ja kaiuttimista tuntuu tulevan vain huonosti äänitettyä stereomateriaalia.

Kuitenkin binauraalisia äänitteitä voidaan toistaa myös kaiutinparilla niin, että lokaalisaatio ja tilan havainnointi eivät kärsi. Tämä vaatii kuitenkin monimutkaisen tavan poistaa ristiin kuuleminen, jossa vasen ja oikea kanava vuotavat keskenään. Tässä tekniikassa ongelmia aiheuttavat ihmisen liikkeet, äänen värityminen sitä käsitellessä sekä muun muassa huoneakustiikka. (Kuvaja 2011, 3–6.) Tekniikan tutkiminen on vielä kesken, eikä markkinoilta löydy tällä hetkellä laitteita binauraalista kaiutinkuuntelua varten. Kuitenkin esimerkiksi Princetonin yliopiston tutkija Edgar

Choueir on päässyt lähelle binauraalista kaiutinkuuntelukokemusta algoritmillaan (Palmer 2011). Vaikka täydelliseen ristiin kuulemisen poistamiseen pystyttäisiinkin, tekniikka ei olisi hyvin käytännöllinen, sillä se vaatii kuuntelijalta keskittymistä ja paikoillaan oloa tietyssä pisteessä. Kyseinen tekniikka ei ole myös kovinkaan joustavaa, kuten kuulokkeiden ja mp3-soittimien kanssa liikkuminen on.

Toistolaitteeksi käy mikä tahansa stereotoistoon pystyvä laite, kuten mp3-soitin, tietokone, televisio tai Walkman-kasettisoitin.

3.3.4 Ongelmat etu- ja takaerottelussa sekä z-akselilla

Vaikka binauraalisesta tekniikasta usein puhutaan täydellisenä spatiaalisen kuulemisen toistotekniikkana, on todellisuus usein toinen. Esimerkiksi Youtube-palvelusta löytyvien binauraalisten äänitteiden äänen lähde tuntuu tulevan aina joko suoraan vasemmalta tai oikealta ja näiden väliltä 180 astetta takaapäin, eli x-akselin takaraivon puolelta, ei koskaan suoraan edestä, etuoikealta tai etuvasemmalta. Lisäksi yleensä äänitteissä ei ole liikettä z-akselilla. Sama koskee myös digitaalilla simulaatiolla tehtyjä äänitteitä. Suurimpia ongelmia liikkeen puuttumiseen z-akselilla on muun muassa se, että ihminen tekee jatkuvasti pieniä liikkeitä päälänsä äänen lähdeä etsiesssänsä. Binauraaliset äänitteet eivät reagoi tähän liikkeeseen. Kuuntelutilanteessa ihmiseltä puuttuu myös alkuperäisen tuntu- sekä näköaisti. Jos näitä pään liikkeitä haluttaisiin simuloida, tarvittaisiin laite, joka laskisi pään pieniä liikkeitä ja muuttaisi HRTF:ää. Myös videoimalla äänittävän pään ”katse” kuuntelutilannetta voisi helpottaa, koska kuulija saisi tiedon pään asennosta. (Maijala 1996, 6, 17, 19–20). Koska jokaisella ihmisellä on omanlaisensa pään ja vartalon rakenne sekä erilainen kuulon taajuusvaste, pitäisi jokaiselle kuuntelijalle tehdä oma ääniaallon kompensointi eli ekvalisoida äänite henkilökohtaisen taajuusvasteen mukaan. Parhaaseen lopputulokseen päästään, kun äänitys tehdään omalla päällä ja kompensoinnit tehdään oikein ottamalla huomioon myös kuulokkeiden taajuusvaste. (Maijala 2011b.) Lisäksi tallenteen kuunteleminen autenttisesti eli parhaimmillaan alkuperäisessä äänityspaikassa luo illuusion akustisesta

tapahtumasta. Kun ääntä tallennetaan binauraalisella äänitystekniikalla eli keino- tai tosipäällä, tulee ottaa huomioon binauraalinen suojaviiva, että ei jouduta tilanteeseen, jossa äänitettä kuunnellessa edestäpäin äänitetty ääni tuntuu tulevan takaa, mutta poikkeaa kaiultaan ja äänen väriltään kaikesta muusta materiaalista, joka on äänitetty keino- tai tosipään takaa samalta etäisyydeltä ja kulmasta kuin edestä päin äänitetty materiaali.

Z-akselilla äänen liikkeen luominen ja havainnoiminen on vaikeampaa kuin x- ja y-akseleilla. X- ja y-akseleilla äänen suunnan ja etäisyyden illuusio voi syntyä jo pelkästään kaiun määrällä, äänen tasojen muutoksella ja vasemmalta oikealle panoroinnilla, joka aiheuttaa viive-eroja korville, jolloin pään aiheuttamia varjoja ei edes aina tarvita. Sen sijaan z-akselin ”liikkeen” huomioiminen on vaikeampaa. Mukana ei ole panorointimahdollisuutta ja äänenlähteen etäisyys ei kerro sen sijainnista korvan ylä- tai alapuolella. Ääniaaltojen pituuden takia pään ja ihmisvartalon ”varjot” alkavat vaikuttaa vasta yli 500 Hz:ssä ja selvimmin hieman yli 2 kHz:ssä. (Oxenham 2005, 3.) Matalammilla taajuuksilla aallonpituudet ovat pitkiä verrattuna pään halkaisijaan ja taittavat pään helposti (Perkkiö 2009). Esimerkiksi akkupora-kone, jonka luoma ääni on noin 1,5 kHz, on helppo havainnoida z-akselilla, ylös- alasliikkeessä tallenteelta, jota äänittäessä on käytetty ihmisen kallon ja olkapäiden luomaa varjoa (Kuvio 5). Moottorisaha menee taas liian matalalle taajuudelle. Näiden tietojen pohjalta on selvää, että suurille massoille ei ole mahdollista tehdä äänitettä, joka toistaisi alkuperäisen akustisen tilanteen täydellisesti jokaisella akselilla tila-avaruudessa. Kotioloissa kuuntelija ei voi tehdä henkilökohtaista kompensointia. Kuitenkin jo takana ja z-akselilla liikkuvat äänet luovat kuuntelijalle tilan tuntoa ja voivat antaa lisäarvoa.

4 Binauraalisen äänitystekniikan historia

4.1 Ensiaskeleet ja määrittelyongelma

Binauraalisen äänitystekniikan syntyminen on ajoitettu vuoteen 1881. Tutkija Clement Ader käytti kahta hiilimikrofoniparia äänittäessään Pariisin oopperaa. Kaksi eri kanavaa lähetettiin kahta erillistä puhelinlinjaa pitkin kuuntelijoiden koteihin. Kuuntelijalla tuli olla myös kaksi eri puhelinta, joiden kuulokkeet hän pisti molempiin korviinsa. (Maijala 1996, 2.) Kuitenkaan tämä tekniikka ei vastaa niitä edellytyksiä, joilla binauraalista tekniikkaa määritellään, kuten teknisessä osuudessa on kerrottu. Äänitystä ei tehty keinopäällä tai ihmisruumiin avustuksella. Kyseisestä äänityksestä puuttuu vapaan kentän siirtofunktio (HRTF). Kyseessä on siis pikemminkin Maijalan väljempi tulkinta termistä binauraalinen äänitystekniikka (Maijala 2011a).

4.2 Keinopää nimeltä Oscar

Sunierin todellisen binauraalisuuden lähtölaukaus voidaan sijoittaa vuoteen 1932, jolloin Bell-yhtiö rakensi Oscar-nimisen keinopään. Tällä keinopäällä oli puiset korvat ja sisälle sijoitetut herkät mikrofonit. Päättä testattiin Amerikan musiikki-instituutissa soittamalla päälle Leo Stowoskin musiikkia. Testeillä päästiin hyvin lähelle ihmisen kuulon simulointia. Tämän jälkeen Oscar asetettiin näyttelyyn Chicagoon, jossa vierailijat hämmästelivät sen ominaisuuksia. (Sunier 1969, 34–35.) Vielä suuremmalle yleisölle Oscar tuli tutuksi maailmannäyttelyssä 1939. Viereisessä huoneessa olevat ihmiset saivat stereokuulokkeet päässä seurata, mitä Oscar ”kuuli”. (Maijala 1996, 2.) 1940-luvulla jatkettiin esittelyjä, joissa yleisö pystyi näkemään Oscarin lasi-ikkunan läpi ja kuuntelemaan samanaikaisesti toisen huoneen tapahtumia (Hope 1979, 610).

4.3 Kuulontutkimus

Binauraalista tekniikkaa on käytetty ja kehitetty hyvin pitkälle tieteellistä tutkimusta varten. Koska näissä tieteellisissä kokeissa toistettavuus on tärkeää, ei pelkkä mono- tai stereoäänittäminen riitä. Aito kuuloilluusio saadaan vain tallentamalla ääni koehenkilön korviltä. (Maijala 1996, 2). Juurikin tieteellisissä kuulotutkimuksissa, valvotuissa laboratorio-olosuhteissa, on päästy lähimmäksi täydellistä kuuloilluusiota (Maijala 1999, 12). Binauraalista tekniikkaa on käytetty muun muassa spatiaalisessa kuulontutkimuksessa, melumittauksissa (Wersényi 2007, 1–2). Autoteollisuudessa on tutkittu moottorin ja muiden auton osien tuottamaa melua (Genuit ja Poggenburb 1999, 58).

4.4 Viihdeteollisuus

Binauraalisella tekniikalla toteutetut musiikkitalenteet, kuunnelmat ja esimerkiksi televisiosarjojen ääniraidat ovat jääneet vähäisiksi. Siinä missä normaalia stereota voidaan muokata kaupallisten vaatimusten mukaan, eli esimerkiksi kompressoida rajusti, ei binauraaliselle materiaalille voida tehdä samanlaista dynamiikan rajoittamista. Kuulokkeiden käyttö on ollut myös hyvin harvinaista ennen 1980-lukua, jolloin markkinoille tulivat muun muassa Walkamanin mukana kuljetettavat kasettisoittimet.

Binauraalisen tekniikan käyttö viihdeteollisuudessa on ollut joukko yksittäisiä tapah- tumia. 1970-luvulla Studio Reviw -lehti tarjosi lukijoilleen lp-levyä, joka sisälsi demonstraatioita binauraalisesta materiaalista. Näihin aikoihin myös Saksassa julkaistiin binauraalisia äänitteitä lp- ja c-kasetti-muodoissa, mutta ongelmana oli pohjakohinan määrä, joka tässä äänitystekniikassa korostui kuulokkeiden kautta. (Sunier 1999.) Pearl Jam -yhtye käytti binauraalista tekniikkaa vuoden 2000 levyllänsä *Binaural*. Tekniikkaa hyödynnettiin eritoten tila- ja rumpuäänityksissä. (Silas 2000.) Esimerkiksi kappale *Soon forget* sai normaaliin stereoäänitykseen verrattuna enemmän tilan kokemusta. Yhtye innostui tuottaja Tchad Blaken studioon tuomas-

ta Mike-irtopäästä niin paljon, että nimesi albuminsa tekniikan mukaan. Lisäksi binauraalinen tekniikka määritteli levyn etukannen kuvituksen (Stout 2000.) Muita binauraalisella tekniikalla äänitetyjä levyjä ovat esimerkiksi Can-yhtyeen *Flow motion* -levy vuodelta 1976 (Spoon Records 2011). ja Lou Reedin *Live take no prisoners* -levy vuodelta 1978 (Discogs 2011). Rahapulan takia R.E.M.-yhtye rakensi itse keinopään *Reckoning*-levynsä äänityksiä varten. Pää valmistettiin pahvilaatikoista, joiden sisälle yhtye sijoitti joko AKG:n mikrofonit tai Neumannin U64-mikrofoniparin. (Schultz 2009.)

Myös kuunnelmien teossa binauraalinen tekniikka on ollut harvinaista, mutta sen käyttö on aika ajoin noussut esiin myös Suomessa. Esimerkiksi 1970-luvulla valmistui gangsteriaiheinen teos *Happy End*, jossa käytettiin hyväksi keinopäätä (Puukko 2011). ZBS Foundation -yhtiö tuotti vuosina 1984 *The Cabinet of Dr. Fritz* -kuunnelmaa, jonka äänittämiseen käytettiin Neumann-yhtiön valmistamaa KU81-irtopäätä (ZBS Foundation 2011). Vuonna 2009 BBC tuotti Radio 4 -kanavalle *Planet B* -kuunnelmasarjan toisen tuotantokauden. Osassa jaksoja käytettiin binauraalista tekniikkaa tehokeinona. (Berenger 2009.) Eräs esimerkki tekniikan käytöstä on koira, joka pyöri tilassa kuuntelijan ympärillä.

5 Nykypäivä ja tulevaisuuden kuvat

5.1 Musiikki, kuunnelmat ja peliteollisuus

Binauraalisen tekniikan tulevaisuudesta viihteen ja kulttuurin parissa ei voida sanoa mitään varmaa. Se ei ole koskaan saanut suurta huomiota yksittäisistä yrityksistä huolimatta. Esimerkiksi kuunnelman tekijät tai musiikkilevyjen tuottajat ja teknikot eivät ole juurikaan binauraalisesta tekniikasta kiinnostuneita. Aikana, jolloin musiikkia kompressoidaan voimakkaasti kaupallisiin tarkoituksiin, kuten radioiden soitettavaksi, ei näyttäisi ainakaan valtavirran musiikkiäänityksissä olevan binauraaliselle tekniikalle kysyntää. Kuitenkin esimerkiksi sellaisella musiikin alueella, jossa suurta

dynamiikkaa jopa suositaan, eli muun muassa klassisessa musiikissa, on hieman kysyntää tekniikalle. Kanadan Ontariossa sijaitseva yritys Kall Binaural Audio tekee omalla alueellansa binauraalisia äänityksiä muun muassa orkestereiden ja kuorojen kanssa (Kall Binaural Audio 2011).

Peliteollisuus on jossain määrin herännyt tekniikan mahdollisuuksiin. Muun muassa suomalaisten kehittämässä Zed Bound -pelin äänimaisemassa ja soundtrack-musiikissa on käytetty binauraalista tekniikkaa (Hawkeye 2010). Yksittäisiä tapauksia löytyy useita, ja ehkä parhaana esimerkkinä voidaan pitää pelkästään binauraaliseen ääneen perustuvaa Papa Sangre -peliä (Doctorow 2011). Tekniikan tulevaisuudesta peliteollisuudessa kertoo myös se, että viime aikoina on kehitelty jo aiemmin mainittuja ohjelmia, kuten Logncat tai Ghost dynamic binaural audio.

5.2 Arkipäiväistynyt tekniikka ja tulevaisuuden tekijät

Sinänsä ei ole ihme, että juuri peliteollisuudessa binauraalisen tekniikan suosio on tällä hetkellä nousussa. Pelaaminen on siirtynyt osittain älypuhelmiin, joissa käytetään usein kuulokkeita. Markkinat peleille, joita varten tarvitaan kuulokkeita, ovat valtavat. Esimerkiksi vuonna 2010 maailmassa oli jo 400 miljoonaa älypuhelinia ja niiden määrän arvioidaan nousevan jopa kolmeen miljardiin (Global telecom business 2010). Pelkästään Isossa-Britanniassa myytiin 7 miljoonaa stereokuulokkeparia vuonna 2009 (Newsome 2010). Tämä antaa tulevaisuuden tekijöille mahdollisuuksia ja pelikentän, jossa kilpailu ei ole kovaa. Aihetta ei ole käytetty loppuun ja tekijöillä on mahdollisuuksia olla innovatiivisia sisältöä luodessaan. Yksityishenkilöiden on entistä helpompaa ja halvempaa luoda bin-auraalista materiaalia. Kalliisiin, useiden tuhansien euron arvoisiin keinopäihin ei ole tarvetta. OKM:n mikrofonipari maksaa noin 200 euroa (Thomann 2011b), ja äänittämiseen tarvitaan vain yksinkertainen stereotallennin. Äänen jälkikäsittelyä varten löytyy ilmaisia ohjelmia, eivätkä lisensoitutkaan ohjelmat ole lähellä niitä hintoja, joita analogiset välineet maksoivat aikoinaan. Binauraalista materiaalia voidaan valmistaa myös simuloiden monoäänistä.

6 Binauraalisen kuunnelman esituotanto

6.1 Laitevalinnat ja testaaminen

6.1.1 Keinopäät ja mikrofonit

Binauraalinen äänittäminen on pelkistettyä äänityskaluston osalta, verrattuna esimerkiksi musiikkituotantoihin, joihin tarvitaan useita mikrofoneja, etuasteita sekä muuta laitteistoa. Binauraalisen äänittämiseen laitteistoksi riittää mikrofonipari ja stereotallentamiseen kykenevä digitaalinen tallennin tai analoginen nauhuri. Äänen laadun määrittelevät mikrofonit sekä niiden asettelu (Laaksonen 2011, 230.) Etenkin binauraalisessa äänittämisessä, jossa jälkityöskentely on rajoittunutta (käsitellään luvussa Jälkituotanto), mikrofonivalinta korostuu entisestään.

Testissä minulla oli kolme tekniikaltaan ja toteutukseltaan toisistaan poikkeavaa, binauraalista mikrofoniparia: Neumann KU 81, OKM II K (Kuva 2) sekä Sennheiser MKE 2002 (Kuva 3). Neumann KU 81 on keinopää, joka kuuluu samaan sarjaan kuin Neumannin uudempi pää Neumann KU 100. Neuman KU 81-keinopäässä on sisäiset mikrofonit, joiden kalvot sijaitsevat sisällä korvakäytävässä ja toimivat 48 voltin phantom-virralla. Neumann KU 81 on rakennettu mallintamaan ihmisen päätä ja sen akustisia ominaisuuksia. Keinopäässä on mukana myös ihmisen korvia mallintavat ulokkeet (Neumann 2011).



Kuva 2. OKM II K -mikrofonipari. (Kuva: Otto Wahlgren).



Kuva 3. MKE 2002 -keinopää ja oikea mikrofonikapseli. (Kuva: Otto Wahlgren).

Sennheriser, kuten edellä mainittu Neumann KU 81, on keinopää, jolla mallinetaan ihmispäätä ja sen akustisia ominaisuuksia. Toisin kuin KU 81 -keinopäässä, MKE 2002:ssa ei ole sisäisiä mikrofoneja vaan korvakäytävien eteen sijoitettavat kapselimikrofonit (Sennheiser 1990, 2).

OKM II K -mikrofonipari muistuttaa ulkonäöltään nappikuulokkeita. Näiden mikrofonien mukana ei tule keinopäätä, vaan ne on tarkoitettu laitettavaksi tosipään korville tai esimerkiksi Sennheiserin keinopäähän (Stackpole 2002).

Yleisradion tekniikkavastaava Joonas Puukon mukaan Neumann KU 81:n ”korvakäytävät”, joiden päässä ovat sen mikrofonien kalvot, ovat luotisuorat. Tämä suoruus yhdistettynä pään materiaaliin aiheuttaa tietynlaista kumisevaa ääntä. (Puuk-

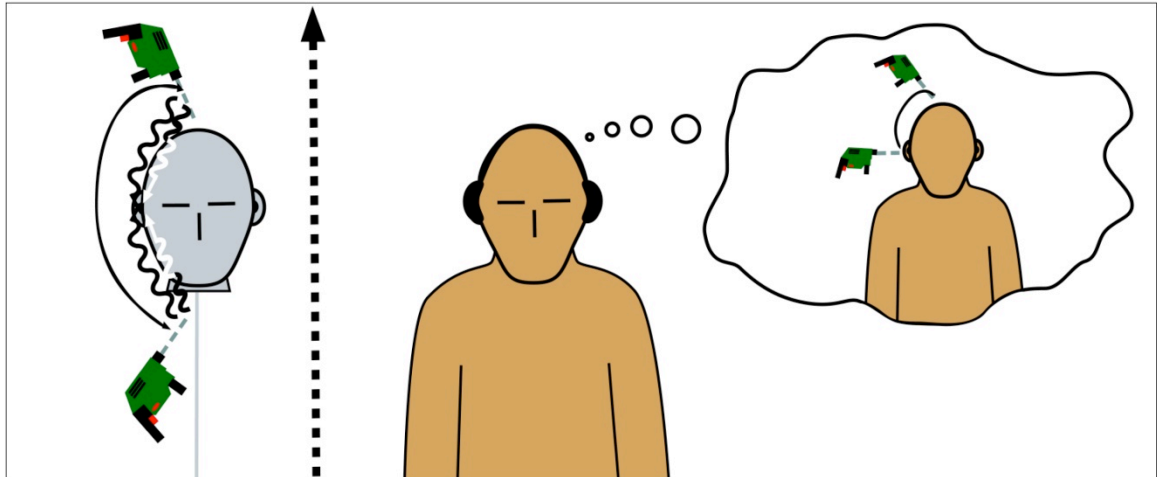
ko 2011). Tutkimuksessa, jossa koehenkilöt saivat vertailla Neumann KU 81 keino-päätä sekä OKM II Classic Studio -mikrofoniparia, joka on hieman kalliimpi ja akus-tisissa olosuhteissa soundiltaan erottelevampi kuin OKM II K (Nyman 2011)., tultiin tulokseen, jonka mukaan OKM:n mikrofonipari pärjää laadullisessa vertailussa yl-lättävän hyvin verrattuna kalliimpaan ja teknisesti kehittyneempään Neumann KU 81 -keinopäähän (SAE Institute 2009, 9.) Neumann KU 81 -keinopään paino aihe-uttaa ongelmia käytettävyydessä. Raskasta päätä on vaikea liikuttaa mukana ulko-äänityksissä, eikä sen käyttäminen ole joustavaa. Esimerkiksi äänitystilanteet, jois-sa halutaan mallintaa kävelymatkaa pisteestä A pisteeseen B, on helpompi suorit-taa OKM:n nappimikrofoneilla pitämällä niitä omilla korvilla. Sinänsä keinopään avulla saa tallennettua äänen kokemuksen tulosuunnan x- ja y-akselilla hyvin.

Sennheiser MKE 2002 on painoltaan kevyempi kuin KU 81. Sen mikrofonit tulevat kolmesta vertailussa olevasta vaihtoehdosta eniten ulos korvakäytävän kohdalta, mutta testeissä tämä ei huonontanut ”spatiaalista kokemusta”. Päähän kiinnitettä-vät mikrofonit ovat kuitenkin epäkäytännölliset. Niiden kiinnitystekniikka on heikko ja pään liikuttaminen äänitystilanteessa ei tule kysymykseen, ellei mikrofoneja kiin-nitä esimerkiksi teipillä. MKE 2002:n mikrofonit on mahdollista laittaa myös tosi-päähän. Tämä kuitenkin vaatii sen, että tosipää ei liiku äänityksen aikana. Liikkeet ja mikrofonin nauhan kiinnittäminen aiheuttavat runkoääniä. Äänenlaadultaan MKE 2002 on hyvä, ja se toistaa spatiaalisen kokemuksen hyvin x- ja y-akselilla.

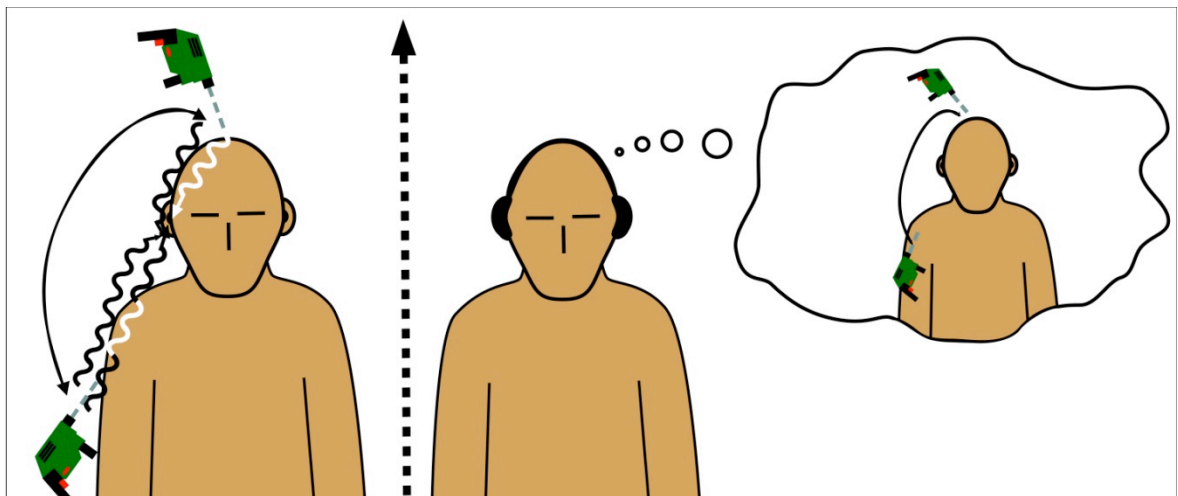
OKM II K -nappimikrofonit ovat vertailukohteista kevyimmät ja huomaamattomim-mat. Äänenlaadultaan ne ovat heikoimmat, koska mikrofonikapselit ovat pienet. OKM II K on myös rakenteeltaan helposti hajoava kovassa käytössä. Mikrofonikap-seleiden suojat irtoavat helposti ja audiopiuha on ohut, joten se venyy ja katkeaa helposti. Kuitenkin varovaisessa käytössä nämä seikat eivät tuota ongelmia. OKM:n mikrofonikapselit on helppo laittaa esimerkiksi omiin korviin äänitystilan-teessa ja nauhoittaa vaikka kävelymatka kauppahallin läpi. OKM:t antavat mahdol-lisuuden myös huomaamattomaan äänittämiseen, sillä ne näyttävät nappikuulok-keilta. Tärkein syy suosia OKM:n mikrofoniparia on kuitenkin liikkeen tunnun tallen-tuminen äänitteelle z-akselilta. Koska OKM:n mikrofoneja pidetään tosipäässä, tu-

lee mukaan myös ihmisen alaruumiin luoma akustinen varjo, joka aiheuttaa eroja äänen värissä sen mukaan, tuleeko ääni ylä- vai alasuunnasta. Tähän ei keinopää ilman kehoa pysty. Testiäänityksissä sekä Sennheiser MKE 2002 että Neumann KU 81 tuottivat saman tuloksen. Liikuteltaessa erilaisia äänen lähteitä, joiden taajuus on 1–3 kHz z-akselilla korvan ohi pääläelle ja taas takaisin korvan ohi keinopään alapuolelle, ei kokemus ylös-alasliikkeestä tallentunut hyvin. Toistotilanteessa ääni ei tuntunut menevän korvan ohi pääläelta korvan alapuolelle ja takaisin, vaan pääläen ja korvan välillä. Saatu tulos johtuu pääläen ja keinopään alapuolen muodostamista hyvin samanlaista akustisista varjoista (Kuvio 4 ja 5). Äänitystilanteessa tosipäätä käyttäessä on hyvä pitää mielessä ryhti. Jos tosipää, eli henkilö, jonka korvissa on nappimikrofonit, istuu epäryhdikkäästi, niin että korvat eivät ole samalla linjalla olkapäiden kanssa, ei alapuolella enää olekaan kroppaa luomassa akustista varjoa, vaan tuloksena saattaa olla samanlainen taajuusvaste, jonka keinopää loisi.

Koska OKM:n mikrofonit yhdistettynä tosipäähän ja ihmisen kehoon luovat parhaan spatiaalisen kokemuksen z-akselilla, ne ovat hyvä vaihtoehto binauraalisiin äänityksiin. Tämän lisäksi ne ovat käteviä liikutella mukana. Myös hinnaltaan ne ovat vain murto-osa kalliista keinopäistä kuten Neumann KU 100:sta. Kuitenkin kun puhutaan pään käyttötarkoituksesta ja äänitettävästä kohteesta, on esimerkiksi Neumann KU 81:n seuraaja KU 100 hyvä vaihtoehto esimerkiksi klassisen musiikin äänitykseen, jossa ei tarvita z-akselilla työskentelyä eikä liikettä. KU 100:lla tehdyt musiikin äänitykset ovat olleet laadukkaita. (Kall Binaural Audio 2011.)



Kuvio 4. Keinopään luomat akustiset varjot ovat melkein identtiset sen ylä- ja alapuolelta tuleville äänille. Kuuntelutilanteessa tuntuu, että ääni liikkuu välillä korvas- ta päälakeen. (Kuva: Otto Wahlgren).



Kuvio 5. Tosipään vartalo muodostaa akustisen varjon, joka luo tarkemman kuvan äänen liikkeestä. (Kuva: Otto Wahlgren).

6.1.2 Tallentimet

Melkeinpä mikä tahansa stereoäänittämiseen kykenevä digitaalinen tallennin tai analoginen nauhuri kykenee spatiaalisen kokemuksen tallentamiseen. Kun lähde- tään hakemaan laatua, kannattaa kuitenkin sivuuttaa analogiset nauhurit analogi- sen siirtotien huojunnan takia siksi, että nykyään melkein kaikki jälkikäsitteily teh- dään digitaalisilla työasemilla, jolloin siirto nopeutuu. (Laaksonen 2006 , 54, 80.)

Myös äänitystilanteessa materiaalin jälkikuuntelu tapahtuu nopeammin digitaalisen tallentimen avulla. Pienessä digitaalisessa tallentimessa on etunsa käytettävyydessä ja joustavuudessa. Sitä on helppo kuljettaa mukana ulkoilmassa ja äänittää materiaalia esimerkiksi omaa päätänsä käyttäen. Se on helppo viedä myös erilaisiin sisätiloihin, eikä se vaadi monimutkaista kytkemisoperaatiota. Studiotiloissa, isolla äänipöydällä äänittäessä, äänittäjä on usein tarkkaamon puolella. Tämä vaikeuttaa kommunikointia näyttelijän kanssa. Binauraalisen äänitystekniikan erityisluonteen takia pelkkä suullinen kommunikointi ei edistä asiaa, vaan äänittäjä joutuu fyysisesti ohjaamaan näyttelijän etäisyyksiä ja liikkeitä mikrofonin nähden. Kannettavan tallentimen myötä äänittäjä voi olla mukana äänitystilassa, oli kyseessä sitten studio tai muu tila. Digitaalisen tallentimen kohinaetäisyydellä ei ole binauraalisessa äänitteessä aina suurta merkitystä, sillä pallokuviot poimivat joka tapauksessa usein tilan omaa pohjakohinaa. Tällöin tallentimeksi kelpaa halvempikin laite. Tärkeätä olisi, että laitteessa olisi äänen sisääntuloa säätelevä säädin, jolla voisi määrittää samanaikaisesti vasemman ja oikean kanavan voimakkuutta. Jos näiden kahden kanavan välillä on lähdejännitteen eroja, vaikuttaa tämä myös spatiaaliseen kokemukseen ja vääristää vasemman ja oikean kanavan tasoja, joita kuuntelija kuulisikin akustisessa tilanteessa. Äänitystilanteessa, jossa samanaikaisesti on tarkkailtava äänitettävää materiaalia, on vaikea säätää vasemmalle ja oikealle kanavalle tarkoitettuja omia säätimiään niin, että ne antaisivat tasan yhtä suuren esivahvistuksen.

Tascam DR-100 -tallentimesta löytyy esivahvistussäädin, jolla voi säätää molempien kanavien tasoa yhtä aikaa (Tascam 2009, 15). Tascam DR-100 on myös käytettävyydeltään joustava ja kevyt sekä sen pohjakohinaetäisyys on riittävä. Negatiivisena puolena on kova virran kulutus, joten ulkoäänityksissä mukana kannattaa kantaa riittävää määrää paristoja. Jos käyttää Tascam DR-100 -tallenninta yhdessä OKM:n A3-virtalähteen kanssa, ei missään tapauksessa tule pitää Tascamin phantom-virtaa päällä. Näiden yhteiskäyttö rikkoo Tascamin etuasteen.

6.1.3 Digitaalinen simulointi

Opinnäytetyöni toiminnallisen osuuden teossa jätin digitaalisen simuloinnin kokonaan pois. Syitä on useita. Halusin rajata työmäärää, eli en lähtenyt kokeilemaan useampaa tekniikkaa vaan pyrin selviämään yhdellä. Tahdoin myös testata binauraalisen kuunnelman erityspiirteitä, jotka luovat omat edellytyksensä käsikirjoitukselle, ohjaukselle, äänitystilän valinnalle ja näyttelijöiden fyysisille painotuksille, joista kerron myöhemmin lisää. Minulla ei myöskään ollut käytössäni edistynyttä ohjelmaa, kuten AudioStagea, digitaaliseen mallintamiseen. Minulla ei ollut tarvetta myöskään samanlaiselle, reaaliaikaiselle äänen muokkaamiselle, jota peliteknologiassa tarvitaan. Tämän lisäksi uskon, että kun näyttelijät liikkuvat tilassa fyysisesti, heidän on helpompi eläytyä rooliinsa ja tämä kuuluu näyttelysuorituksissa. En ole myöskään digitaalisesti simuloituja äänitteitä kuunnellessani huomannut, että ne olisivat tekniseltä laadultaan binauraalisella äänitystekniikalla toteutettuja äänitteitä parempia. Itse asiassa en ole kuullut digitaalista simulointia, jossa z-akseli olisi toimiva.

Kuitenkin voidaan sanoa, että digitaalisessa simuloinnissa on hyvät puolensa. Äänitteen tekninen laatu on parempi, koska monoäänityksissä voidaan käyttää isokalvoisia laatumikrofoneja. Monoääniä on jälkeempään myös helpompi muokata ja upottaa simuloinnilla eri tiloihin, toisin kuin binauraalisessa äänitteessä, jossa ovat mukana tilan luomat kaiut, joista ei pääse enää eroon. Digitaalinen, reaaliaikainen simulointi on parhaimmillaan peleissä, joissa äänen tulee muokkautua ”lennosta” monipuolisesti vastaamaan pelaajan toimintoja, ja tähän binauraalisilla mikrofoniäänityksillä ei päästä.

6.2 Käsikirjoitus

Kun halutaan ottaa tekniikasta kaikki hyöty irti eli luoda kuuntelijalle kokemuksia äänen tulosuunnasta ja tilan kokemuksesta, ei kuunnelmaan kannata käyttää käsikirjoitusta tai muuta tekstiä, jossa esimerkiksi vain yhdellä roolihenkilöllä on vuoro-

sanoja tai tekstissä ei ole ollenkaan fyysistä toimintaa. Tämän kaltaisessa tarinassa ei ole syytä käyttää binauraalista tekniikkaa vaan sen voi yhtä hyvin äänittää normaalilla monotekniikalla. Käsikirjoitukseen kannattaa sijoittaa paljon liikettä, mikä mahdollistaa äänien liikkumisen kuuntelijan ympärillä. Esimerkiksi annetaan syy tarinan henkilölle käydä huoneen toisessa päässä tai pyöriä kuulijan ympärillä. Tarinan henkilöille voidaan saada myös toimintaa luomalla syy käyttää jotakin esinettä, josta saadaan liikettä esimerkiksi z-akselilla. Kun käsikirjoituksen yhteydessä mietitään, mitä tekniikka mahdollistaa, on hyvä muistaa myös sen rajoitteet. Kuten on aiemmin todettu, kaikki ei toistu z-akselilla ja ilman henkilökohtaista kompensointia ääni tuntuu kuuluvan takaa päin. Kuulijan päätä on vaikea saada kääntymään tarinan mukana, joten kuulijalle ei voi kirjoittaa tarinaan liikettä. Hyvä keino saada sopiva käsikirjoitus aikaiseksi on tilata se nimenomaan kyseistä tekniikkaa varten ja eritoten kommunikoida käsikirjoittajan kanssa. Käsikirjoittajalle on hyvä antaa tietoa tekniikasta, sen mahdollisuuksista ja rajoitteista. Äänisuunnittelija ja käsikirjoittaja voivat yhdessä miettiä, miten näyttelijöiden sijoittamisella ja dialogin kautta saadaan aikaan sekä taiteellisesti että teknisesti aikaan paras mahdollinen tulos.

Binauraalista materiaalia luodessa tulee huomioida sisällön tärkeys. Vaarana on sortua käyttämään tekniikkaa itseisarvona, jolloin ei enää arvosteta sisältöä, kuten tarinaa tai sävellystä. Pelkät tekniset temput eivät kannu, jos tarina ei sitä tee. Tästä ovat hyvänä esimerkkinä useat 3D-elokuvat, joissa moni kohtausta tai yksittäinen tapahtuma ovat kirjoitettu vain tekniikkaa varten, eikä niissä ole tarinan kannalta tarkoitusta. Varmaankin ensimmäistä kertaa binauraalista äänitettä kuuleva henkilö voi pitää tekniikkaa etualaistettuna (Bacon 2004, 69). eli itseään esille tuovana ja itsetietoisena, niin että tekniikka tulee tärkeämmäksi kuin sen sisältö. Kuitenkin ajan myötä ja tarinan sisällön ansiosta tämä voi unohtua. Jos tarinan selkeyden ja tunnelman kannalta on paras toteuttaa jokin monoääninenä, niin se kannattaa toteuttaa monoääninenä. Binauraalisia ääniä kannattaa tuottaa niiden tekstien ja sisältöjen kautta, joissa tekniikka luo lisäarvoa tarinaan ja vieläpä vahvistaa sitä.

6.3 Kuuntelijan positio

Ennen varsinaista äänitystä tulee päättää, käsikirjoitusta hyväksi käyttäen, kuuntelijan positio. Kuuntelijan positiolla tarkoitan sitä, pyritäänkö äänitteen kuuntelijalle luomaan illuusio siitä, että hän on osa tarinaa eli tapahtumissa mukana oleva, yksi tarinan hahmoista vaiko ulkopuolinen tarkkailija. Normaalissa stereokuunnelmassa, joka esitetään esimerkiksi radion kautta, kuuntelija on yleensä ulkopuolinen tarkkailija, joka seuraa kuunnelman henkilöiden elämää ja tapahtumia kaiutinten kautta olematta itse läsnä tarinassa. Tämä positio voidaan toteuttaa myös binauraalisessa kuunnelmassa. Tällöin kuunnelma äänitetään keino- tai tosipäällä, jolloin kuuntelija saa käsityksen tilasta ja roolihahmojen liikkeistä tässä tilassa, mutta suoranaista kontaktia roolihahmot eivät ota kuuntelijaan. Kun halutaan kuuntelija mukaan tarinan maailmaan, tulee tarinan hahmojen puhua kuuntelijalle. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi kuiskimalla keino- tai tosipään korvaan ja pyörimällä sen ympärillä. Tämä kuuntelijan positio on yksi niitä asioita, joita kannattaa ottaa huomioon jo käsikirjoitusvaiheessa ja ideoinnissa. Ongelmana on muun muassa se, että kuuntelijalle ei voi kirjoittaa vuorosanoja. Kuuntelija ei kokisi niitä omaksi äänekseen vaan saattaisi luulla, että tarinassa on mukana yksi ylimääräinen henkilö. Kuuntelijalle ei voi myöskään kirjoittaa toimintaa, joka sisältää liikettä, sillä tällöin kuuntelijan pitäisi liikkua fyysisesti tarinan mukana. Kuuntelijan positio voi olla myös yhdistelmä näitä kahta edellä mainittua. Kuuntelija on tarkkailija kuten normaalissa stereokuunnelmassa, mutta tietyt asiat hän kokee samasta positiosta kuin esimerkiksi kuunnelman päähenkilö. Yksi esimerkki voi olla muun muassa stereomaailmassa oleva kertojaääni, esimerkiksi tarinan päähenkilö, joka kertoo hänelle aiemmin sattuneista tapahtumista. Nämä tapahtumat voidaan toteuttaa binauraalisesti, eli hypätään välillä kertojan asemaan. Tietenkin binauraalista tekniikkaa voidaan käyttää pelkästään myös tehosteena yksittäisissä äänissä, kun muuten liikutaan perinteisen stereotekniikan ehdoilla.

Omassa työssäni kuuntelijan positio on otettu huomioon käsikirjoittajan kanssa jo ennen kirjoittamisen aloittamista. Kun keskustelin asiasta käsikirjoittajan kanssa, oli selvää, että haluan opinnäytetyöni vuoksi tehdä kaiken binauraalisesti ja sijoittaa

kuuntelijan mukaan tarinaan niin, että kuuntelija kokisi tarinan hahmojen puhuvan hänelle. Aiemmin mainitut ongelmat kuuntelijan vuorosanojen ja liikkeiden kanssa on ratkaistu niin, että kuunnelman hahmo, jonka positiossa kuuntelija on, on sidottu tuoliin ja suu peitetty kankaalla.

6.4 Foley-tarvikkeet

Toisin kuin normaalissa stereokuunnelmassa binauraalisessa äänitteessä ei voi turvautua valmiiseen foley-arkistoon. Tämä johtuu siitä yksinkertaisesta syystä, että tarjolla ei ole paljoa valmiita binauraalisia foley-ääniä. Ne harvat foley-äännet, joita tarjolla on, ovat vaikeita sijoittaa oman äänitteen kenttään, niin että ne ”uppoaisivat” äänitystilan akustiikkaan. Lisäksi itse äänittämällä saa luotua juuri sellaista materiaalia kuin haluaa. X- ja y-akseleita varten foley-tarvikkeiksi käyvät mitkä tahansa esineet ja tavarat, joista lähtee ääntä taajuuksilla 20 Hz–20 kHz eli ihmisen kuuloalueella (Laaksonen 2006, 7).

Kuuntelijalle kannattaa antaa selviä äänellisiä vihjeitä. Esimerkiksi jos tarinassa on kaksi eri henkilöä, jotka kävelevät tallenteen kuuntelijan ympärillä, voi toisen henkilön liikkeiden äänilähteenä olla kopisevat kengät, kuten korkokengät, ja toisella taas lenkkikengistä lähtevä narahtelu. Näin kuulija tietää paremmin, missä suunnassa äänikenttää hahmot liikkuvat.

Kuten luvussa 3.2.4 on mainittu, z-akselin toistossa on ongelmansa. Esimerkiksi moottorisaha foley-välineenä ei toistu kovinkaan hyvin z-akselilla sen luoman matalan äänen takia. Sen sijaan akkuporakone, jonka synnyttämät taajuudet pyörivät 1,5 khz:ssä, toistuu hyvin z-akselilla, samoin muun muassa tulitikkurasian tai vaikkapa rytmimunan ravistelu.

6.5 Äänitystila

Dialogi sekä foley olisi hyvä äänittää samassa tilassa. Muuten joudutaan tilanteeseen, jossa niillä on eri äänenvärit ja kaiut. Ongelmia saattaa syntyä äänitystilan löytymisessä, mikä kannattaa ottaa huomioon jo käsikirjoitusvaiheessa. Jos tapahtumapaikkana on avaruusalus, miten saan tehtyä sen äänimaailman esiheijastuksineen ja pisteäänineen binauraalisesti? Ongelmaksi tulevat myös ylimääräiset häiriöäänet. Nykymaailma on täynnä ympäröivää melua. Hyvin akustoitettu studio saattaa olla kaiultaan liian kuiva, ja se ei käy äänitystilaksi, jos kuunnelman tapahtumapaikkana on kerrostaloasunto tai tehdashalli. Studiot ovat usein myös liian pieniä jos halutaan enemmän tilaa liikkuu. Äänitystilassa olisi hyvä olla olemassa jo valmiina elementtejä kuten portaita, hanoja, tiskialtaita ja ovia, jolloin niitä ei tarvitse tuoda paikalle itse.

Kuten aiemmin on mainittu, paras tilan tuntu äänitettä kuunnellessa saadaan silloin, kun se kuunnellaan samassa paikassa, jossa se on äänitetty. Tätä tietoa hyväksi käyttäen kuunnelma voidaan äänittää tilassa, joka vastaa mahdollisimman paljon pintamateriaaliltaan ja kooltaan vaikkapa keskivertoa olohuonetta. Kun kuunnelma äänitetään ja kuunnellaan junassa, on tilan tuntu paras mahdollinen, sillä nykyaikana junan vaunut ovat äänellisesti lähes identtisiä. Jos kuuntelija istuu junassa, niin että käytävä sijoittuu hänen vasemmalle puolelleen, mutta tarinassa käytävän tapahtumat ovat oikealla puolella, on helppo panoroida kuunnelma ristiin ja tarjota kaksi vaihtoehtoista äänitettä kuuntelijalla istumapaikan mukaan.

Omaksi äänitystilakseni valitsin Joensuun Tiedepuiston Mustan luokan, joka oli suhteellisen tilava, muistutti akustiikaltaan hallia ja oli hyvin akustoitettu. Vaikka lähellä äänitystilaa sijaitti ravintola, ei siitä ollut haittaa työskentelylleni ja akustisia vuo-toja ei tullut. Mustasta luokasta löytyi myös metallisia porrasaskelmia ja tiskiallas.

7 Binauraalisen kuunnelman tuotanto

7.1 Äänitystilanne ja toimijat

Kuten normaalissa stereokuunnelmassa, myös binauraalista kuunnelmaa tehdessä äänitystilanteessa on erilaisia toimijoita kuten näyttelijä, ohjaaja, äänittäjä ja tarvittaessa tuottaja valvomassa toimintaa. Binauraalisessa tekniikassa lisänsä tuo fyysinen ohjaaminen eli näyttelijöiden liikeratojen suunnittelu ja näyttelijöiden ohjeistaminen. Näyttelijöille onkin hyvä kertoa tekniikasta ja sen mahdollisuuksista sekä rajoitteista.

Jos äänitystilanteessa on mukana ohjaaja, on ennen äänitystä hyvä päättää, kuuluuko hänen tehtäviinsä myös näyttelijöiden liikkeiden ja sijoittumisen ohjaaminen ja ylipäättänsä binauraalisen äänimaailman suunnittelu. Jos kuunnelma äänitetään tosipäällä, pitää paikalla olla ulkopuolinen henkilö, jonka korviin nappimikrofonit asetellaan, tai sitten tämän tehtävän hoitaa äänittäjä tai ohjaaja. Omassa työssäni päädyin itse hoitamaan sekä ohjaamisen että äänittämisen ja liikeratojen tarkkailun sekä toimimisen tosipäänä. Tämän työskentelytavan etuna oli se, että pystyin kuuntelemaan omasta positiostani äänimaailmaa ja näyttelijöitä akustisesti ja ohjaamaan heidän liikkeitään. Jos mukana olisi ollut ulkopuolinen henkilö toimittamassa tosipään virkaa, olisin voinut itse siirtyä erilliseen tilaan, jolloin tarkkailutilanteessa olisin voinut kuunnella äänitteen laatua reaaliaikaisesti, joka on mahdotonta silloin kun mikrofonit ovat korvissa. Tämä olisi kuitenkin vaikeuttanut kommunikoimista näyttelijöiden kanssa, sillä ohjaamiseen kuuluu fyysinen toiminta ja näyttelijöiden ohjeistaminen konkreettisilla esimerkeillä.

7.2 Dialogin, foleyn ja pohjien äänitys

Kuten stereokuunnelmassa, myös binauraalisessa kuunnelmassa foley-materiaali ja puhe äänitetään erikseen. Binauraalisessa äänittämisessä tulee kuitenkin ottaa huomioon erityisesti myös dialogiäänityksen aikaiset toiminnan synnyttämät äänet ja niiden vähentäminen, sillä jos näyttelijän askeleiden äänet peittävät puheen voimakkuutta liiaksi, on tästä vaikea päästä jälkeensä eroon. Stereokuunnelmassa, jossa näyttelijät yleensä pysyvät stabiilisti mikrofonin edessä, ei tätä ongelmaa ole. Oma kuunnelmani tehdessäni pyysin näyttelijöitä valitsemaan asusteet, jotka eivät kahise liikaa. Äänityksen aikana näyttelijät eivät myöskään pitäneet kenkiä jalassa. Talteen otettiin vain dialogin ääni ja sen liike tilassa.

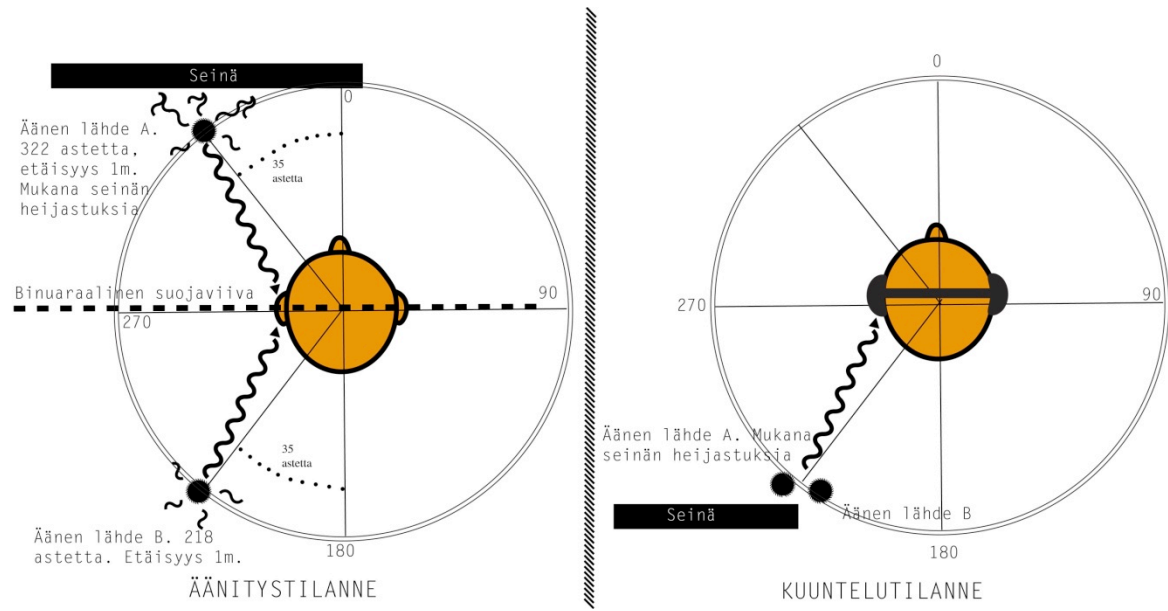
Foley, kuten askeleet, poran äänet sekä muun muassa vuotava hana, äänitettiin omina sessioinaan seuraavana päivänä. Askeleita ja vaatteiden kahinaa äänittäessä pyrin kopioimaan mahdollisimman tarkasti näyttelijöiden noudattamia reittejä kuuntelemalla tallenteelta dialogin suuntaa ja etäisyyttä sekä tutkimalla dialogiäänityspäivinä tekemiäni muistiinpanoja.

Äänitin myös tilassa olevaa ilmastoinnista johtuvaa huminapohjaa. Tällä pohjalla pystyin miksausvaiheessa luomaan yhtenäisemmän pohjakohinan äänitteeseen.

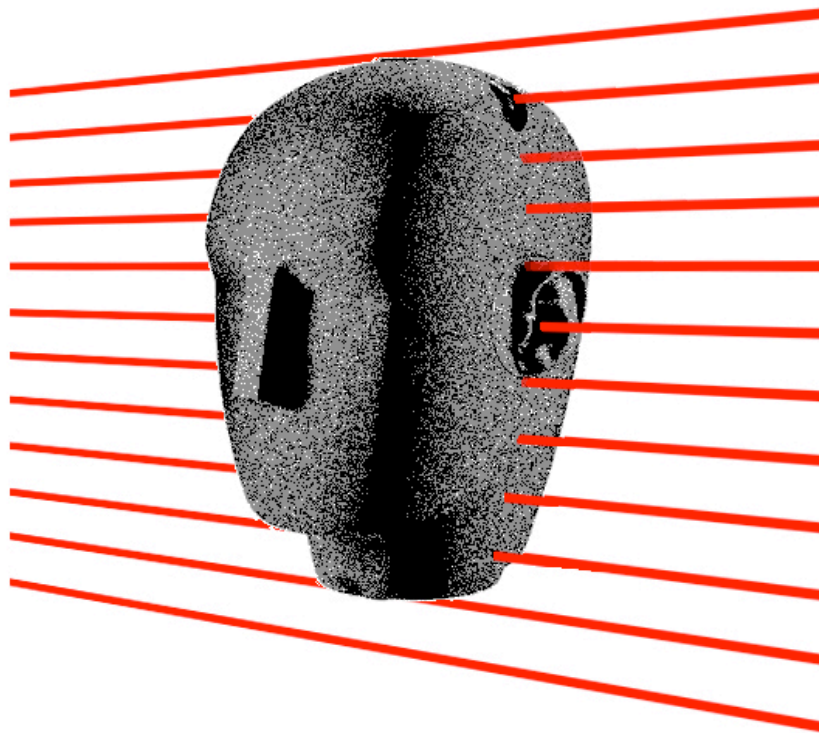
7.3 Binauraalinen suojaviiva

Termin binauraalinen suojaviiva olen adoptoinut elokuvapuolen 180 asteen suojaviivan säännöstä. Tämä elokuvan tekemisen suojaviiva kertoo muun muassa siitä, missä henkilöhahmot ovat tilassa, mihin he liikkuvat sekä myös missä katsoja on suhteessa tilaan. Näitä samoja näkökulmia löytyy binauraalisesta suojaviivasta. Lisäksi binauraalista suojaviivaa ja elokuvapuolen suojaviivaa yhdistävää lukema 180 astetta.

Äänitystilan rakenteesta ja tilassa sijaitsevista esineistä johtuen, äänitystilanteessa otettava on huomioon binauraalinen suojaviiva. Kuten luvussa 3.2.4 kerrotaan, binauraalisen tallenteen ääni tuntuu tulevan aina joko takaapäin tai sivuilta välillä 90 astetta ja 270 astetta x-akselin takaraivon puolella, ei koskaan suoraan edestäpäin tai väliltä 270 astetta ja 90 astetta pään etupuolelta. Jos näyttelijä puhuu keino- tai tosipään korvaan 322 asteen kulmasta pään vasemmalta etupuolelta (eli 35 astetta vastapäivään 0 asteesta), kuuntelutilanteessa äänen tulo-suunta tuntuu olevan 218 astetta vasemmalta takaa (eli 35 astetta myötäpäivään 180 asteesta). Saman äänen tulo-suunnan aistimuksen saa äänittämällä materiaalia edestä tai takaa samalta puolelta, samalta etäisyydeltä ja samasta kulmasta. Tämä asia tuo kuitenkin ongelmia, etenkin jos äänitystila on erilainen rakenteeltaan edestä ja takaa. Esimerkiksi jos keino- tai tosipään etupuolella metrin päässä on seinä, mutta takana taas metreittäin tyhjää tilaa, on etupuolelta tallentuvassa äänessä erilaisia esiheijastuksia ja taajuuksien eroja verrattuna takaapäin tallennettuun ääneen (Kuvio 6). Binauraalinen suojaviiva on siis asia, joka on hyvä muistaa ja käyttää hyödyksi äänitystilanteessa. Etenkin tilanteessa, jossa keino- tai tosipää sijoitetaan niin, että etu- ja takapuolella päätä on huomattavasti erilaiset tilat, äänen lähde ei saa ylittää tätä binauraalista linjaa. Muuten saatetaan luoda tilanne, jossa kuuntelutilanteessa äänet tuntuvat tulevan yhtä läheltä, samasta suunnasta, mutta silti erilaisilla esiheijastuksen ja taajuuden eroilla. Tämä asia on hyvä painottaa äänitteen näyttelijöille, ohjaajalle sekä muille tekijöille. Selvät teippaukset esimerkiksi lattiaan merkiksi suojaviivasta voivat olla hyvä muistutus. Vaikka tila olisi keino- tai tosipään etu- ja takapuolelta rakenteeltaan samanlainen, voi binauraalista suojaviivaa käyttää silti hyödykseen. Tällöin muun muassa näyttelijöiden sijoittaminen helpottuu pään ympärille, kun käytössä on pään ympäriltä vain 180 astetta. Tämä helpottaa jälkikäteen myös foleyn tekemistä, koska näyttelijöiden sijainnit on helpompi muistaa jälkikäteen. Kaikki foley on helpompi sijoittaa vain toiselle puolelle keino- tai tosipäätä.



Kuvio 6. Kuuntelutilanteessa edestäpäin tallennettu ääni tuntuu tulevan takaapäin, samasta kohtaa kuin takaapäin äänitetty ääni. Edestäpäin tallennetussa äänessä on seinän tuomia esiheijastuksia. (Kuva: Otto Wahlgren).



Kuvio 7. Binuaraalinen suojaviiva x-akselilla, korvien kohdalla, edestäpäin kuvattuna. (Kuva: Otto Wahlgren)

8 Binauraalisen kuunnelman jälkituotanto

Äänitetyn materiaalin miksaamisen suoritin Macbook-tietokoneeseen asennetulla Pro Tools 8 -ohjelmalla ja AKG:n K271 Studio -kuulokkeilla. Minulla ei ollut tarvetta esimerkiksi akustoidun tilan tai ison työlaitteiston käyttöön, koska binauraalisesti äänitetty materiaali on jo pitkälle valmista äänitystilanteen jälkeen. Kevyt työskentelyasema ja hyvin akustoivat kuulokkeet mahdollistivat miksaamisen eri tiloissa ja paikoissa. Miksasin materiaalin enimmäkseen kotonani, mutta myös koulun tiloissa ja missä ikinä olinkaan ja milloin aikaa oli tarjolla. Käytin eri tiloja myös äänitteen binauraalisen laadun tarkkailuun. Esimerkiksi tallenteen äänityspaikassa, Tiedepuiston Mustassa luokassa, binauraalinen tilan kokemus oli aidompi kuin akustiikaltaan toisenlaisessa tilassa.

Pidin Pro tools -projektin mahdollisimman yksinkertaisena. Dialogilla, foleylla ja erilaisilla taustapohjilla oli omat stereoraitansa. Näiden stereoraitojen lisäksi käytössä olivat vain master-raita ja aux-raidat eri kokonaisuuksien kuten foleyn ja dialogin keskinäisten tasojen hallintaan. Käytössäni oli myös raita, jonka vasen ja oikea kanava oli panoroitu ristiin. Tätä raitaa käytin hyväkseni, kun vasen kanava piti saada tulemaan oikealta ja toisin päin. Projektissa en käyttänyt minkäänlaisia plugareita, kuten ekvalisaattoreita, kompressiota (lukuun ottamatta pientä kompressiota masterissa) tai vaikkapa mallintavia kaikuja. Nämä työkalut olisivat vain muuttaneet äänitettä väärään suuntaan eli vähentäneet tilan tunnun autenttisuutta. Äänitteellä oli mukana jo tilan alkuperäinen soundi. Ainoina työkaluina käytin äänen voimakkuuden säätöä, fadereita esimerkiksi leikkauskohtiin ja ristiinpanorointia tilanteissa, joissa esimerkiksi vasemmasta kanavasta tuleva ääni pitikin saada tulemaan oikeasta kanavasta. Näiden Pro Toolsin työkalujen lisäksi käytin iZotope RX -ohjelman denoiser-toimintoa äänitystilanteessa tallentuneiden, liian kovien ilmastoinnin äänien poistamiseen. Ekvalisaattorilla sama huminoiden poistooperaatio olisi poistanut äänestä matalat pohjaäänit ja vaikuttanut muun muassa tilan tuntuun. Aivan lopuksi jouduin tekemään kuitenkin pienen kompression mas-

ter-raitaan, sillä ääni olisi tietyissä kohdissa jäänyt useille kuulokkeille liian matalalle tasolle ja näin ollen myös kuuntelukelvottomaksi.

9 Pohdinta

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli kasata tietopohjaa binauraalisesta tekniikasta, sen historiasta, nykytilasta ja käyttömahdollisuuksista kuunnelman teossa ja saada tietää, onko tekniikasta ylipäättänsä hyötyä eri formaattien äänisuunnittelussa. Tavoitteenani oli luoda myös uusia käytäntöjä ja ohjeita binauraalisen äänitystekniikan kanssa työskentelyyn. Vaikka työssäni on kysymys noin kuuden minuutin pituisesta fiktiivisestä kuunnelmasta, hankkimani tiedot tekniikasta ja toimintatavoista ovat mielestäni yleispäteviä ja niitä voi hyödyntää myös pelien ja liikkuvan kuvan äänituotannossa. Toivonkin, että keräämäni tietopohjaa voitaisiin käyttää mahdollisimman laaja-alaisesti erilaisten projektien äänisuunnittelussa. Toivon myös, että vaikka keskityin opinnäytetyössäni enimmäkseen binauraaliseen äänitystekniikkaan, olisi siitä hyötyä myös muun tilaäänen, kuten surround-äänen työstämisessä tai binauraalisessa digitaalisessa simulaatiossa.

Projektini oli ajallisesti hyvin pitkä. Suurin ongelma oli minulle alkuvaiheessa täysin tuntematon tekniikka. Opinnäytetyöni tekemisen aikana jouduin etsimään ison määrän lähdemateriaalia ja aineistoa, joista osa oli hyvin tieteellistä tekstiä. Varsinaisia oppaita binauraalisen tekniikan käyttöön viihteen parissa ei löytynyt, vaan jouduin käyttämään paljon tieteellistä materiaalia, jota on kirjoitettu yliopistoissa ja tutkimuskeskuksissa kuulontutkimuksen käyttöön. Binauraalista työskentelyä varten on hyvä tietää perusteet äänestä ja sen käyttäytymisestä erilaisissa muodoissa. Sekä normaalista stereotekniikasta että binauraalisesta äänitystekniikasta löytyy samoja metodeja ja lainalaisuuksia, näyttelijän ohjauksesta käsikirjoitukseen kuin äänen jälkituotantoonkin. Näistä mielestäni tärkein on ylipäättänsä sisällön huomioiminen ja itse tarinan laatu. Huonoa tarinaa on vaikea pelastaa, vaikka käytössä olisi minkälainen tekniikka.

Tärkeimpinä asioina binauraalisen äänitteen teossa on tekniikan huomioiminen jo projektin alkuvaiheessa. Jos en olisi pyytänyt tekniikalle räätälöityä tekstiä käsikirjoittajalta ja kertonut hänelle tekniikan reunaehdoista, olisi työni vaikeutunut huomattavasti tuotannon ja jälkituotannon aikana. Työni aikana tuli selväksi myös kommunikoinnin tärkeys näyttelijöiden kanssa. Kumpikaan ei ollut aiemmin kuullut binauraalisesta tekniikasta. Projektissani lankojen kädessä pitäminen oli suhteellisen helppoa, koska olin itse ohjaaja, tuottaja, äänisuunnittelija sekä se henkilö, joka laittoi koko projektin liikkeelle. Vaikeuksia voi tulla tapauksissa, joissa esimerkiksi ohjaaja, joka ei tunne binauraalisen tekniikan rajoitteita, vaatii tekniikan käyttämistä haluamaansa tekstiin. Äänitystilanteessa äänittäjän tulisi myös kasvattaa omaa rooliansa ja kommunikoida ohjaajan ja näyttelijöiden kanssa tekniikasta ja näyttelijöiden liikeradoista mikrofoneihin nähden. Äänittäjän tulee huomioida, että binauraalisella äänitystekniikalla materiaalin tulee kuulostaa jo melkein valmiilta siinä vaiheessa kun se tallentuu kovalevyille. Materiaalia, jossa on jo tilan tuomat etäisyydet, esiheijastukset, kaiut ja suunnat, on todella vaikea työstää enää jälkeinpäin. Tämä kysyy äänittäjältä rohkeutta jo kommunikointitaitoja sekä itsensä peliin laittamista. Enää ei riitä mikrofoniin asettelu ja monitorin edessä istuminen.

Voin olla tyytyväinen lopputulokseen, niin kirjallisen osuuden tutkimuksen kuin toiminnallisen työni osalta. Löysin ne keinot ja metodit, joilla on hyvä lähteä tekemään binauraalisella äänitystekniikalla toteutettua kuunnelmaa. Binauraalinen suojaviiva on termi, josta voi olla paljon hyötyä äänitysvaiheessa. Se selkeyttää äänitystapah- tumassa toimimista ja varmistaa, että jälkeinpäin kuuntelutilanteessa kaikki on kunnossa. Kuuntelijan positio on taas termi, jota hyväksi käyttäen jo käsikirjoitus- vaiheessa voidaan parantaa lopputulosta huomattavasti ja helpottaa työskentelyä kaikilla tasoilla suunnittelusta äänityksiin ja jälkituotantoon. Tällä termillä on mahdollista parantaa kuuntelijalle äänitteestä syntyvää kokemusta ja luoda uusia ker- ronnallisia tasoja. Termien binauraalinen äänitystekka ja binauraalinen tekniikka erotteleminen helpottavaa myös työskentelyä ja jäsentää sitä sekä ajatustasolla että konkreettisesti. Mielestäni pystyin toteuttamaan hyvin spatiaalista tilaa toista- van kuunnelman binauraalisen äänentoistotekniikan ehdoilla. Tekemäni kuunnelma

toistaa hyvin sitä spatiaalista tilaa, jossa näyttelijät liikkuvat ja luo mielenkiintoisia äänen liikkeitä kuuntelijan korvaan. Z-akselin käyttö on onnistunut hyvin ja kuuntelija voi löytää helposti äänen suunnan ja etäisyyden. Huomiot tosipään käytön kanssa parantavat tätä tulosta. Binauraalinen tekniikka antaa lisää kuunnelmalle ja tätä myöten lunastaa paikkansa vaihtoehtoisena tekniikkana. Oikein käytettynä se ei mene sisällön edelle vaan antaa oman osansa kokemukseen ja tarinaan.

Opinnäytetyössäni tutkin jo olemassa olevan binauraalisen tekniikan mahdollisia käyttötapoja äänitteen teossa. Tämä tarkoittaa sitä, että minulla ei ollut mahdollisuuksia lähteä viemään itse tekniikkaa ja sen teoriaa eteenpäin. Tämä olisi vaatinut suurempaa tuntemusta niin fysiikasta, matematiikasta kuin ihmisaivojen käyttäytymisestäkin. Koska tutkin asiaa äänisuunnittelija, toimin niillä taidoilla, joita minulla oli. Tämän myötä käytin myös niitä lähteitä, jotka olivat oman tutkimuspohjani kannalta olennaisia ja riittävän selviä. Jos lukijalle on tullut tarve tekstini myötä tutustua tarkemmin ihmisen tilaäänen havainnon ominaisuuksiin, suosittelen luettavaksi Jens Blauertin kirjaa *Spatial hearing*. Kyseessä on kattava teos ihmisen kulloaistin toiminnasta.

Lähteet

- Action Reaction Labs. 2011. <http://www.actionreactionlabs.com/>. 21.11.2011.
- Apple Inc. 2007. Logic Pro 8 User Manual. Apple Inc.
- Bacon, H. 2004. Audiovisuaalisen kerronnan teoria. Helsinki. Suomalaisen kirjallisuuden seura
- Berenger, K. 2009. Radio 4 Blog.
http://www.bbc.co.uk/blogs/radio4/2009/10/planet_b_series_two.html. 19.2.2011.
- Discogs TM 2011. Lou Reed - Lou Reed Live - Take no prisoners.
<http://www.discogs.com/Lou-Reed-Lou-Reed-Live-Take-No-Prisoners/release/1734138>. 2.2.2011.
- Doctorow, C. 2011. Papa Sangre: binaural videogame with no video.
<http://boingboing.net/2010/12/19/papa-sangre-binaural.html>. 23.11.2011.
- Gardner, W.G. 1997. 3-D Audio Using Loudspeakers. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Genuit, K., Poggenburb, J. 1999. The importance of binaural auralization for automotive industry. J. Acoust Soc. Am, Vol. 105, N. 2 Pt. 2.
- Global telecom business. 2010. Phone makers warned network overload.
<http://www.globaltelecomsbusiness.com/Article/2700310/Phone-makers-warned-over-network-load.html>. 24.11.2011.
- Hancock, T. 2011. Understanding surround and binaural sound.
http://www.freesoftwaremagazine.com/articles/understanding_surround_and_binaural_sound. 9.12.2011.
- Hawkeye, M. 2010. iPhone app reviews: Zen Bound
<http://www.helium.com/items/2013115-iphone-ipad-ipod-touch-app-store-review-zen-bound-free-puzzle-game-meditation-beautiful>. 15.2.2011.
- Hope, A. 1979. MSI -Making it work. New Scientist 1979 (1169), 610. Englanti: Reed Business Information Ltd.
- Kall BinAural Audio. 2011. Kall Binaural Audio. <http://www.kallbinauralaudio.com/> 27.9.2011
- Karjalainen, M. 2011. Kommunikaatioakustiikka.
https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/s-89.3320/materiaali/S-89_3320_kurssikirja.pdf. 9.8.2011
- Krueger, B. 2011. Soundman – OKM II Classic Studio / Binaural Microphones.
<http://bennikrueger.com/resources/reviews/467/>. 25.2.2011.
- Kuvaja, V. 2011. Binauraalinen äänentoisto kaiuttimilla.
www.tml.tkk.fi/Opinnot/Tik-111.590/.../kuvaja_lopullinen_OK.pdf. 1.7.2011
- Laaksonen, J. 2006. Äänityön kivijalka. Helsinki. Idemco OY.
- Litovsky, R.Y. 2008. Binaural Hearing. Cochlear.
- Longcat. 2011. Longcat 3D audio technologies.
<http://www.longcat.fr/web/en/introduction>. 5.10.2011.
- Lähivaara, T. 2011. Fyysikko. Kuopion yliopisto. Sähköpostihaastattelu 23.8.2011.

- Maijala, P. 1996. Binauraalinen äänitys ja toisto kuuntelukokeita varten. Helsinki. Teknillinen korkeakoulu.
- Maijala, P. 1997. Parempia binauraalisia äänityksiä tosipäällä?. Helsinki. Teknillinen korkeakoulu.
- Maijala, P. 1999. Tulevaisuuden audiovisuaalinen viihdepalvelu koteihin. TVT.
- Maijala, P. 2011a. Akustiikan tutkija. VTT. Sähköpostihaastattelu 24.2 2011.
- Maijala, P. 2011b. Akustiikan tutkija. VTT. Sähköpostihaastattelu 26.7 2011.
- Neumann. 2011. KU 81i.
<http://www.neumann.com/download.php?download=cata0054.PDF>
 27.9.2011.
- Newsome, C. 2010. What Hi-fi Sound and vision. Haya Market media and group.
http://community.whathifi.com/blogs/industry_insider/archive/2010/02/11/the-year-of-the-headphone-2009-hi-fi-and-av-sales-figures-revealed.aspx. 11.2 2011.
- Nyman, N. 2011. Soundman OKM frequently asked questions.
<http://www.nnyman.com/soundman/faq.php#10>. 6.12.2011.
- Oxenham, A.J. 2005. Binaural hearing. http://ocw.mit.edu/courses/health-sciences-and-technology/hst-723-neural-coding-and-perception-of-sound-spring-2005/lecture-notes/t3_binaural.pdf. 11.8 2011.
- Palmer, K. 2011. Studio 360 blog.
<http://www.studio360.org/2011/apr/29/adventures-3d-sound/>.
 28.9.2011.
- Perkkiö, K. 2009. Johdatus musiikkiteknologiaan.
http://www.sfsound.fi/johdanto/Aanen_suunnan_havainnointi.html.
 30.9 2011.
- Puukko, J. 2011. YLE. Haastattelu. 20.2.2011.
- Sae institute. 2009. Comparison between Soundman OKM II Studio Classic and Neumann Art Head KU81i in technical and timbral aspects. Berlin.
- Schultz, B. 2009. Classic tracks: R.E.M.'s "So. Central Rain".
<http://mixonline.com/recording/tracking/classic-tracks-rem-so-central-rain/index1.html>. 9.3.2011.
- Sennheiser. 1990. Intruction guide. Germany Publ.
- Spoon Records. 2011. <http://www.spoonrecords.com/flow.html>. 9.3 2011.
- Stern, R., Wang, D., Brown, G. 2006. Binaural Sound Location. New York: Wiley/IEEE Press.
- Stackpole, K. 2002. Soundman OKM II K.
http://emusician.com/mics/emusic_soundman/. 11.6.2011.
- Sunier, J. 1999. Binaural in debth.
http://gilmore2.chem.northwestern.edu/articles/sunier2_art.htm. 21.11 2011.
- Sunier, J. 1960. The Story of stereo 1881-. New York: Gernsbanck Library, Ink.
- Tascam. 2009. DR-100's owners manual.
http://tascam.com/content/downloads/products/41/E_DR100_OM_web.pdf. 27.9 2011.
- SuomiSanakirja.fi. 2011. <http://suomisanakirja.fi/spatiaalinen>. 12.1 2012.
- Thomann. 2011a. http://www.thomann.de/fi/neumann_ku100.htm. 28.2 2011.
- Thomann. 2011b. http://www.thomann.de/fi/soundman_okmii_incl_adapter_a3.htm.

- 6.12 2011.
- Tohtori. 2012. <http://www.tohtori.fi/?page=4069997&search=binauraalinen>. 12.1 2012
- Vr Sonic. 2011. Vibestation. <http://www.vrsonic.com/software/vibestation>. 9.12.2011.
- Wave Arts. 2005. Wave Arts Powersuite User Manual.
- Wersényi, G. 2007. Directional Properties of the Dummy-Head in Measurement Techniques based on Binaural Evaluation. Széchenyi István University.
- ZBS Foundation. 2011. 3D binaural sound. <http://www.zbs.org/catalog/index.php?cPath=5> . 11.2. 2011.

Liite 1

Pearl Jam. BinAural-albumi. Epic records. 2000.
Cabinet of Dr. Fritz -kuunnelma. ZBS Foundation. 1984.
Vainö Vainio. Happy end -kuunnelma. YLE.
Lou Reed. Live take no prisoners -albumi. Arista. 1978.
Planet B. BBC Radio 4. 2009.
Polar Knights. Burst at the seams -single. Polar Knights. 2011.
R.E.M. Reckoning-albumi. I.R.S.. 1984.
Secret Exit. Zed Bound -peli. Chillingo Ltd. 2009.