

9. AUDIOTEKNIikka ESITYSTOIMINNASSA

9.1 Äänenvahvistus yleisölle (PA, saliääni)

9.1.1 Yleistä

Kirjaimet PA tulevat englanninkielien sanoista public address. Tämä voitaisiin suomentaa vaikka "yleisölle osoitettu". Osuvaa suomenkielistä vastinetta "PA:lle" ei ole toistaiseksi olemassa. Seuraavia on kuitenkin käytetty: saliäänijärjestelmä, konserttiäänijärjestelmä tai yleisötoistolaitteisto.

Audiotekniikassa PA:lla on laaja merkitys. Sillä tarkoitetaan julkisten tilojen, tavaratalojen yms. kuulutus- ja taustamusiikkilaitteita. Rockmaailmassa (ja sieltä muuhun musiikkiin ja teatterimaailmaan leviten) PA on vakiintunut tarkoittamaan esiintyjien äänen vahvistamiseen yleisölle tarvittavaa audiojärjestelmää. Tässä yhteydessä termiä PA käytetään juuri siinä merkityksessä.

Esiintyjien tuottamaa akustista ääntä poimitaan mikrofoneilla, vahvistetaan, käsitellään ja toistetaan yleisölle PA-laitteiston avulla useastakin syystä. Ensimmäisenä mieleen tuleva on, ettei äänenvoimakkuus muuten riitä. Siitä PA-tekniikan kehitys lähtikin liikkeelle, vaikka äänielokuvan tulo myös vaikutti voimakkaasti vahvistin - kaiutinjärjestelmien kehittymiseen 1930 - luvulla.

Kyseessä ei välttämättä aina ole pelkkä äänen vahvistaminen, sillä akustisesti aikaansaatu ääni voi olla riittävän voimakas. Syynä ei aina ole myöskään voimakkuudeltaan erilaisten äänilähteiden (laulajien, soittimien jne.) tasapainottaminen eli saattaminen balanssiin. Syynä saattaa olla (varsinkin puheen kohdalla) ymmärrettävyyden parantaminen äänilähteen suuntaavuutta lisäämällä suuntaavien mikrofonien ja kaiuttimien avulla. Toisinaan halutaan myös muokata äänen sointia tehokeinona ja siksi ääntä toistetaan PA:n avulla.

Eräs syy PA- tekniikalle asetettavien vaatimusten lisääntymiseen on yleisön muuttuneet vaatimustasot ja kuuntelutottumukset. Yleisö vertaa salissa kuulemaansa kotona hifistereoistaan CD:ltä tai hifi-videoistaan lähtevään äänenlaatuun. Musiikkipuolella vaatimus on kova: Suorassa lähetyksessä taustametelin päälle usein akustiikaltaan puutteellisessa tilassa säästöbudjetilla hankitulla laitteistolla akustista kiertoa vastaan taistellen pitäisi saliin saada soinnit, jotka kuulostaisivat siltä kuin tulisivat kodin hifilaitteistosta.

PA- puolella suurimpia ongelmia ovat akustinen kierto eli takaisinkytkentä (feedback), hifiluokan äänenlaadun saavuttaminen elävän musiikin olosuhteissa sekä "audiovisuaalinen" ongelma: mitään audiolaitteita ei saisi olla yleisön näkyvillä, mutta kuitenkin kaiken halutun pitäisi kuulua viimeisimpäänkin penkkiriviin. Akustista kiertoa käsitellään erikseen luvussa 9.3.

Olennaista sekä kierron välttämisen että tasaisesti kattavan, riittävän voimakkaan ja laadukkaan äänentoiston saavuttamisessa on, että tilan akustiikka on käyttöön sopiva ja että kaiutinjärjestelmä suunnitellaan ja asennetaan tilan akustiikan mukaisesti. Tämä on vaativaa suunnittelua, mutta tila-akustiikan ja sähköakustiikan perusteilla ja terveellä järjellä pääättelemällä selviytyy jo pahimmista ongelmista.

Huomattavaa on myös, että äänitarkkailupiste (äänipöytä ja äänitarkkailija eli "kioski" tai "pilttuu") tulisi sijoittaa saliin, jotta tarkkailu vastaisi yleisön kokemaa. On selvää, että salin perukoilla sijaitsevassa äänitarkkaamossa avatun liukuikkunan kautta kuultu sointi on erilainen, kuin avaraan saliin eturiviin kuuluva. Seurantajärjestelmällä, josta kerrotaan tarkemmin myöhemmin, voidaan päästä melko hyviin tuloksiin, mutta mikään ei korvaa suoraa kuulo- ja näköyhteyttä näyttämölle. Talouspäällikkö ei ehkä pidä siitä, että maksavan yleisön paikkoja uhrataan miksaajalle, mutta ei myöskään siitä, että tyytymättömät kuulijat haluavat oikeutetusti rahansa takaisin.

9.1.2 PA muusikon apuvälineenä

Akustisen musiikin (laulun ja akustisilla soittimilla tuotetun musiikin) toistaminen yleisölle ei ennen sähkön käyttöönottoa tuottanut "audioteknillisiä ongelmia". Soitinten keskinäinen kuuluvuus (balanssi) tasapainotettiin sijoittamalla soittajat soitinten kuuluvuuden mukaan. Tarvittaessa lisättiin soitinten määrää (esim. viulu- tai torvisektiot).

Tilat suunniteltiin siten, että koko ja kaiuntaisuus oli musiikin esittämiseen sopiva. Tällöin yleisö kuuli musiikin riittävän voimakkaana, selkeänä ja musiikinlajin vaatimusten mukaan sopivasti värityneenä. Tämä luonnollisesti asetti rajoituksia yleisömäärälle suhteessa orkesterin kokoonpanoon ja musiikin laatuun (vrt. suuri sinfoniaorkesteri - suuri sali - suuri yleisömäärä tai pieni kamariorkesteri - pieni sali - pieni yleisömäärä).

Heikosti kuuluvien soitinten kuuluvuuden parantamiseksi kehiteltiin aluksi akustisia vahvistinlaitteita. Rytmikielisoittimeksi kehiteltiin banjo ja sittemmin orkesterikitara. Laulun vahvistamiseen saatettiin käyttää puhetorvea eli megafonia, tosin äänenlaadun kustannuksella. Vasta 1950- luvulla alettiin sähköä laajemmin soveltaa musiikin esityspuolelle: kehitettiin sähkökitara (mm. Les Paul ja Leo Fender), soitinvahvistimia ja laululaitteet. Tämän mahdollisti mikrofoniin, vahvistimien ja kaiuttimien kehittyminen.

Näin sai alkunsa vahvistuskierre. Kun laulu oli saatu vahvistettua muun orkesterin tasolle ja kitara sähköistettynä kelpasi myös soolosoittimeksi, haluttiin esiintyä myös suuremmille yleisömäärille kerrollaan. Lopulta oli koko esiintyjäryhmä vahvistettava isossa tilassa kuuluvaksi. Rockmusiikin läpimurto 1950- ja 1960- luvuilla merkitsi myös PA- audiotekniikan läpimurtoa.

Ensimmäiset "isot PA:t" syntyivät 60- luvun lopun rockfestivaalien ja muiden jättikonserttien tarpeisiin. Niissä käytetty suuritehoinen kaiutintekniikka olikin kehitetty jo 30- luvulla äänielokuvateattereita varten. 30- luvun "kovaääniset" ovat yhäkin laajassa käytössä: mm. Altec-Lansing, JBL, Electro- Voice soveltavat niitä yhä. Kaiutinten materiaalit ja monet yksityiskohdat ovat toki kehittyneet, mutta perusratkaisut ovat usein samoja tänäänkin.

Tämä lyhyt historiikki toimikoot johdantona periaatteelle, jonka mukaan mielestämme audiotekniikkaa tulisi musiikkiin soveltaa: tekniikka ei saa olla itsetarkoitus vaan väline, jolla musiikin tuottamista ja välittymistä yleisölle parannetaan. Audiolaitteet eivät tuota musiikkia, sen tekevät muusikot. Jopa elektronisen tai tietokone-musiikin tuottaa viime kädessä muusikko.

9.1.2.1 Lavabalanssi - kaiken a ja o

Vaikka suuritehoista äänenvahvistustekniikkaa olisikin käytettävissä, kannattaa edelleen noudattaa tuota historiallista vahvistamisjärjestystä: vahvistaa ensisijaisesti niitä soittimia, jotka eivät muiden soitinten seasta luonnollisesti kuulu (esim. laulu ja akustiset soittimet). Näin saadaan koko ryhmä äänenvoimakkuudeltaan tasapainoon eli aikaan lavabalanssi. Tätä kokonaisuuttia sitten vahvistetaan tilan, yleisömäärän ja musiikin luonteen mukaisesti. Tarkoitus on, että jokainen kuulija (ja mielellään myös muusikko) kuulee musiikin sen tyyllilajin mukaisella voimakkuudella ja soinnilla.

Näinhän aloitteleva bändi joutuu useimmiten luonnostaan tekemään: ensin on varaa hankkia vain välttämättömät soitinvahvistimet (esim. kitaravahvistimet kaiuttimiseen) ja yleisvahvistinlaitteet (tavallisesti jonkinlaiset "laulukamat"). Kun bändi kehittyy ja keikat kasvavat, tarvitaan isompiin tiloihin suurempitehoiset audiolaitteet. Tällöin vuokrataan tai ostetaan PA- laitteet. Aluksi ne yleensä eroavat laulukamoista vain siinä, että ne ovat suurempitehoiset, jolloin niiden kautta voidaan "ajaa" muutakin kuin laulua (esim. rumpuja, syntikoita jne.). Yleisön kuulemaa musiikkia tarkkailee ja säätelee salista käsin saliaänitarkkailija ("miksaaja") äänipöydän ("mikseri", "tiski", "pulpetti" jne) avulla.

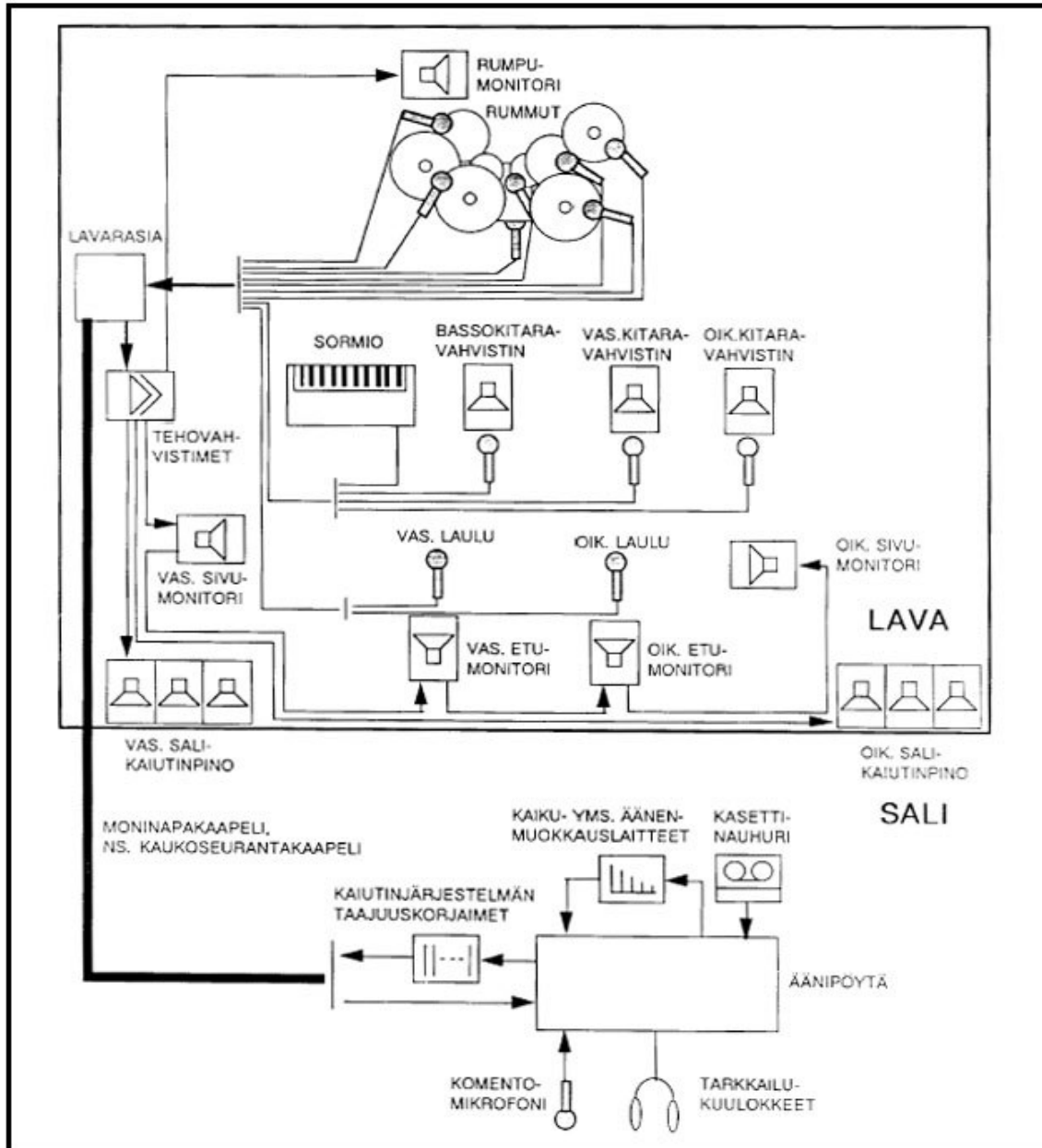
PA- laitteiston yleisölle suunnatut kaiuttimet sijoitetaan usein lavan etureunalle, josta johtuu niistä käytettävä nimitys "frontline" - etulinja tai eturintama.

9.1.2.2 Monitorointi - muusikon PA

Kun bändi pääsee suurempiin puitteisiin alkavat esiintymislavat ja bändin oma vaatimustaso kasvaa. Jotta muusikot kuulisivat toisiaan, tarvitaan monitorointia. Normaalisti tämä tarkoittaa sitä, että äänitarkkailija miksaa äänipöydästäään monitoriohjelman, joka toistetaan bändille lavalle sijoitetuista monitorikaiuttimista. Tällä parannetaan soittajien keskinäistä kuuluvuutta ja sitä kautta yhteensoittoa ja

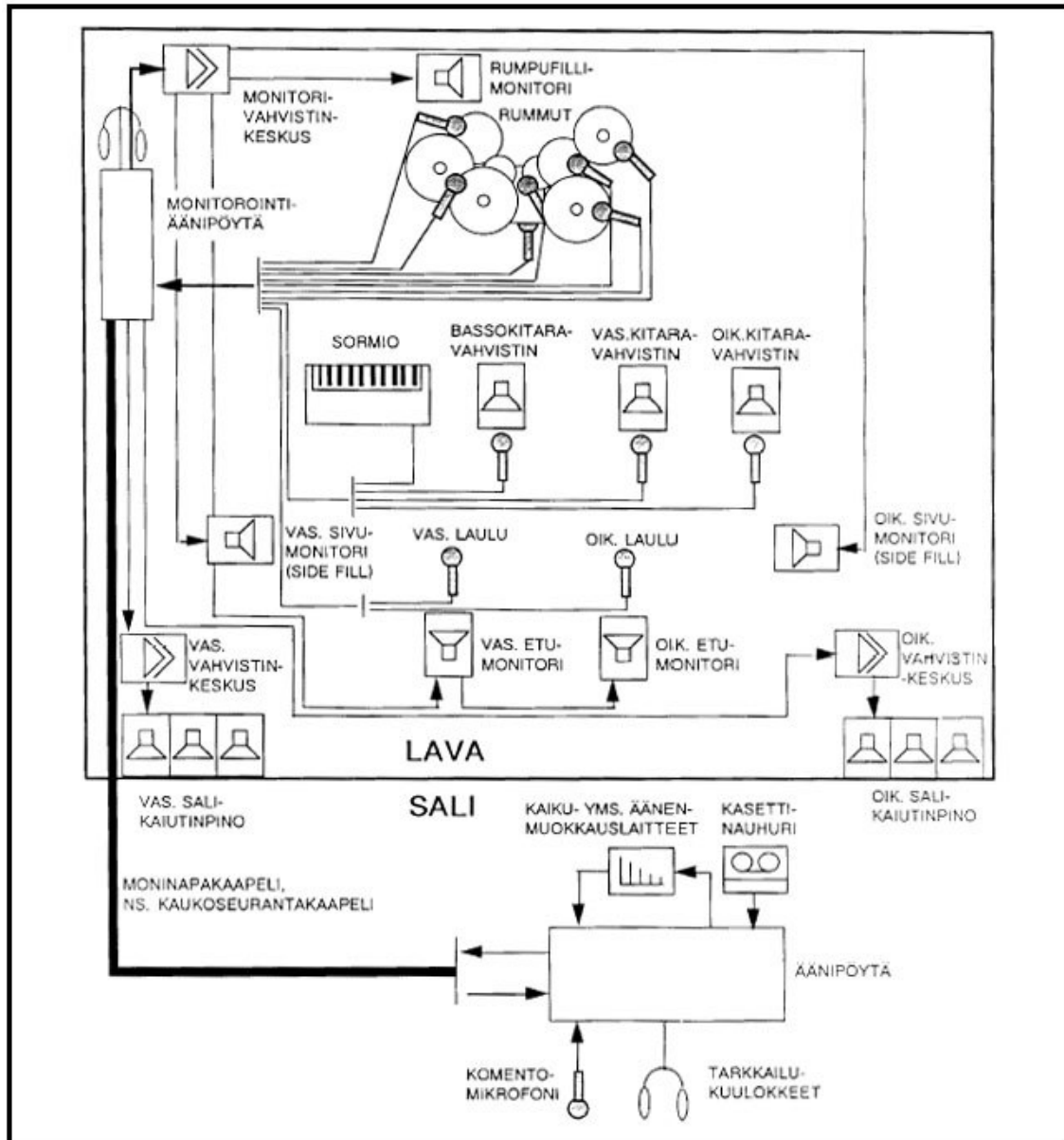
myöskin muusikon oman soiton tai laulun kuuluvutta ja siten laulun tai soiton laatua. Toisinaan monitorointia tarvitaan myös musiikkiin liittyvien merkinantojen, kuten sekvensserin ns. klikin toistamiseen muusikoille.

Kuva 9.1 Esimerkki pienimuotoisesta PA-laitteistosta



Suuremmissa puitteissa monitoroinnista kasvaa oma järjestelmänsä. Lavalla toimii erityinen monitorimiksaaja, joka miksaa erityisesti tätä tehtävää varten kehitetyllä monitorimikserillä pelkästään bändille kuuluvaksi tarkoitettuja monitoriohjelmia. Tästä koko ajan yleistävästä käytännöstä lisää kappaleessa 9.2.

Kuva 9.2 Esimerkki suurimuotoisesta PA-laitteistosta



9.1.2.3 Backline - takalinja

Vihdoin bändi pääsee festivaalikeikoille tai muihin suuriin konsertteihin. PA- tekniikan hoitaa tällöin useimmiten ammattimainen vuokrausfirma. Joissakin tapauksissa pääesiintyjän oma laitteisto on tarpeeksi mittava toimimaan yhteisenä PA- laitteistona.

PA- firmasta kysellään jo etukäteen lavalle sijoittumista (pyydetään lavakartta) ja tiedustellaan minkälainen on bändin "backline", jonka voisi suomentaa vaikka takalinja tai takarintama. Tällä tarkoitetaan soitinvahvistimia, rummusta eli "rumpusetiä" ja muita muusikoiden soittolaitteita. Yleensä yhtyeet käyttävät omia laitteitaan.

Järjestäjä saattaa myös hankkia yhteisesti käytettävän backlinen, tai sitten yhtye, jolla on parhaat laitteet (usein pääesiintyjä), antaa mui-

denkin (lämmittelybändien) käyttää niitä. Näillä pyritään vaihtoaikojen lyhentämiseen. Vaihtojen jouduttamiseksi usein käytetään myös kahta esiintymislavaa. Tällöin toisella lavalla voidaan "roudata" eli sijoitella ja kytkeä laitteita sillä aikaa, kun toisella lavalla on esitys käynnissä. Ulkomaiset yhtyeet eivät aina kuljeta omaa backlineaan mukana, vaan kustannus- ja mukavuussyistä vuokraavat backlinen paikalliselta toimittajalta.

Mikäli soitin vahvistetaan yleisölle PA- laitteiston kautta, riittää usein lavalla pienitehoinen ns. backstage- eli harjoitusvahvistin. Soitinvahvistimia ei tarvita, mikäli soittimet (esim. syntikat) kytketään suoraan PA- laitteistoon ja toistetaan lavalle soittajalle monitorien avulla. Lavabalanssi säädetään tällöin monitorijärjestelmän avulla. Tästä on etua salimiksaajalle, joka saa haltuunsa näin kaikkien soittimien voimakkuus- ja sävysäädöt. Useinhan miksaajan suurin päänsärky on lavalla miksaajan pyynnöstä huolimatta "muut alleen luukuttava" kitaristi tai oman soittonsa saliin kuuluvuutta ymmärtämätön basisti (matalat äänet etenevät yleensä korkeita ääniä paremmin). Lavalla liian lujaa soivia soitinvahvistimia ei salin äänipöydästä saa hiljaisemmalle. Jos taas miksaaja kipuaa lavalle kääntämään vahvistimia hiljaisemmalle, saattaa muusikko loukkaantua.

9.1.2.4 Talkback - komento ja intercom - yhteydenpito

Yhdensuuntainen yhteydenpitojärjestelmä miksaajalta esiintyjille lavalle saadaan järjestettyä vaatimattomissakin puitteissa talk-backin (T/B) avulla. Miksaaja varaa tällöin käyttöönsä mikrofonin tai äänipöydässä on erityinen sisäänrakennettu TB-mikki, jonka avulla hän voi antaa ohjeita lavalle monitorikaiuttimien kautta. Tätä ns. komentojärjestelmää käytetään, kun ei haluta juosta kilometrikaupalla lavan ja äänipöytien välillä ja huutaa ääntään rikki. Erityisesti hyötyä komentosysteemistä on miksaajalle soundcheckin aikana.

Festivaaleilla ja muissa jättikonserteissa audiotekniikkaa hoitaa niin iso ryhmä miksaajia ja roudareita, että he tarvitsevat keskinäiseen yhteydenpitoonsa taas uuden audiojärjestelmän. Sen avulla he pystyvät keskustelemaan esityksenkin aikana. Tästä audiojärjestelmästä lisää kappaleessa 9.9.

9.1.2.5 Soundcheck - soinnin tarkistus

Kun bändiä aletaan vihdoinkin arvostaa esiintyvänä taiteilijaryhmänä, heille varataan aikaa ennen konserttia tutustua audiolaitteisiin ja kokeilla niitä. Tällöin pidetään soundcheck eli soinnin tarkistus(tilaisuus). Tämä on eräänlainen teknillinen harjoitus, jossa tarkistetaan kaiken toimivuus ja sovitetaan soitto ja esiintyminen sekä säädetään äänen sointi tilan mukaiseksi.

Jollei sanoma lavabalanssista ole mennyt perille, tapahtuu seuraavaa: soundcheckissä, tai viimeistään itse esiintymisen ("setin") aikana, yleisön ja bändin kuulemista "saundeista" vastaavat miksaajat saavat harmaita hiuksia ja saattavat ristiä lopulta kätensä voimattomina antautumisen merkiksi. Jollei bändillä ole lavabalanssia, ei myöskään

yleisölle saada kunnollista yhteissointia puhumattakaan, että bändille saataisiin toimiva monitorointi.

Tästä kärsii viime kädessä bändi itse eniten. Yleisö ei pidä kuulemas- taan, eikä erehdy toistamiseen bändiä kuuntelemaan. Lavalla kukaan ei kuule omaa soittoaan eikä muiden soittoa riittävän selvästi, jolloin soiton ajoitus ("taimaus") menee pieleen. Sekä itse musiikki että soit- tohalut huononevat, ja yleisö saa kuultavaksi mitä sattuu. Yleisö ja kriitikot ovat valmiita ristiinnaulitsemaan viattoman miksaajan, joka ei hyvälläkään ammattitaidolla ja huipputekniikalla saa kumottua fy- siikan lakeja. Miksaaja voi vain lohduttaa sillä, että "lauteilla" on taas amatööribändi. Vastavuoroisesti voi kuulokykynsä luukuttamal- la pilannut, ammattitaidoton tai asennevammaisen (yhteistyökyvy- tön) miksaaja täysin tuhota bändin huolella rakentaman ja harjoitte- leman suorituksen.

9.1.2.6 Muusikon osuus soinnin rakentamisessa

Bändin tulee rakentaa keskinäinen kuuluvuutensa lavalla vahvistus- kierrettä välttämättä. Pohjavoimakkuuden määrää luonnollisesti akusti- sesti kovaäänisin soitin, jota ei voi vaimentaa soinnin siitä kärsimät- tä. Tämä on tavallisesti rummusto. Sen päälle vahvistetaan kutakin soitinta ja laulajia vain sen verran kuin on välttämätöntä, jotta kaikki kuulisivat sekä oman että toistensa soiton tai laulun riittävän voi- makkaana. "Lavasaundeja" rakennetaan siis siten, että bändi soittaa ikään kuin pelkäänsä itselleen.

Lavasoinnin rakentamiseen käytetään lavalle sijoittumista (muusi- koiden tulisi sekä nähdä että kuulla toisensa), musiikin sovitusta (esim. sovituksellista taajuusjakoa: vältetään soitinten yhtäaikaista soimista samalla taajuusalueella, millä parannetaan soitinten erottu- mista) ja ennen kaikkea kunkin soittimen ja soitinvahvistinten sää- tömahdollisuuksia. (Tässä yhteydessä on syytä muistuttaa, että soi- tinvahvistinten voimakkuussäätimet kiertyvät yleensä myös vasta- päivään eli niillä saa myös vähennettyä äänenvoimakkuutta.) Moni- toroinnilla pitäisi ainoastaan paikata kuuluvuuden puutteita.

Kunnollista monitorointia on mahdotonta järjestää, jos soitinvahvis- tinten äänenvoimakkuus on liian suuri. Tällöin teknisistä apuväli- neistä, kuten taajuuskorjaimista, huolimatta tulee jossain vaiheessa vastaan tilanne, jossa monitorikaiuttimien kautta syntyy akustinen kierto, vaikka muusikot eivät vielä kuule itseään tai toisiaan tarpeek- si voimakkaasti. Tällöin salimiksaajakin on liemessä. Yleinen äänen- voimakkuus lavalla on niin suuri, että jos äänenvoimakkuus halutaan pitää kipurajan alapuolella, ei saliin voi enää vahvistaa ääntä. Lisäksi lavalle oleviin mikrofoneihin vuotaa monitorikaiuttimista ohjelmaa niin voimakkaasti, että musiikin balanssin rakentaminen muuttuu mahdottomuudeksi.

Mikäli äänenvahvistus ryöstäytyy soundcheckissä käsistä, kannattaa usein toimia seuraavasti: panna sähköt kokonaan poikki ja aloittaa kokonaisuinnin rakentaminen alusta. Tällöin tulee vahvistaa vain se, mikä ei muutoin lavalla kuulu ja vain niin paljon kuin on ehdottoman välttämätöntä. Lopulta kokonaisuutta kannattaa vahvistaa juuri niin

paljon kuin tarvitaan, jotta yleisö kuulisi sen joka salin kolkassa riittävällä "tökylällä".

Vahvistusvaraa on soundcheckissä syytä jättää niin paljon kuin mahdollista. Soundcheck tehdään useimmiten tyhjälle salille, jonka taustamelutaso on usein luokkaa 30 dB(A) ... 40 dB(A). Saliin tulevan yleisön aiheuttama taustamelu, joka on luokkaa 50 dB(A) ... 60 dB(A), jopa 80 dB(A) anniskelutiloissa loppuillasta, peittää huomattavasti musiikkia usein painottuen matalille äänille. Yleisö imee myös ääntä, vaimentaen merkittävästi varsinkin korkeita ääniä. Lisäksi kannattaa ottaa huomioon lämpötilan ja kosteuden muutosten dramaattinen vaikutus sointiin.

Kuulo sopeutuu ajan mittaan voimakkuustasoon. Yleisö sopeutuu odottelutilojen äänenvoimakkuustasoon, joka on useimmiten luokkaa 40 dB(A) ... 60 dB(A). Kuulo sopeutuu myös nopeasti salissa musiikin voimakkuuteen (esim. 100 dB) ottaen sen uudeksi "nollatasoksi", mihin nähden päättelee, kuuluuko jokin yksittäinen ääni hiljaa vai kovaa. Esimerkiksi "selvästi kovempaa" tarkoittaa äänenpainetasoa nostoa 100 dB:sta noin 110 dB:iin eli voimakkuuden (ja laitteiston) kymmenkertaistamista.

Vastaan tulee myös kipukynnys, joka on kuulijan menneisyydestä ja musiikkimausta riippuen luokkaa 130 dB. Mikä on melua ja mikä musiikkia riippuu mieltymyksistä, ja siksi myös voimakkuuden häiritsevyys. Todellisesta "headbangeristä" saattaa 120 dB olla "kesyää" ja "mummolle" 90 dB hirvittävää meteliä. Kannattaa varata mahdollisimman monta desibeliä pelivaraa keikan huipentamiseksi kliimaksiin äänenvoimakkuudenkin suhteen. Kaikkia kortteja ei kannatta näyttää heti konsertin alussa.

Ääntä ei voi käytännössä useinkaan vahvistaa edes niin paljon, kuin laitteistosta tehoa irtoaisi. Ennen tulee vastaan akustisen kierron raja. Tämä ilmiö on niin keskeinen miksaajan työssä, että sitä käsitellään perusteellisesti omassa kappaleessaan 9.3.

Yleisön kuuleman soinnin säätää yleisön joukkoon sijoittunut miksaaja. Lavalle ei saa kuvaa yleisön salissa kuulemasta soinnista. Lavalla on siis luotettava miksaajaan. Tätä parantaa miksaajan taitavuuden lisäksi se, että hän on osa yhtyettä eli tuntee yhtyeen musiikin ja soinnilliset tavoitteet (tai ne pystytään miksaajalle välittämään hänen ammattitilpeyttäen loukkaamatta). On tärkeää, että miksaaja on bändin puolella. Esiintyjien ei kannata pilata välejään miksaajaan purkamalla esiintymiskuumetta tai omia epäonnistumisiaan miksaajaan, vaikka hän onkin lähin sylkykuppi.

9.1.3 PA teatterissa

Teatterissa tarvitaan usein audiojärjestelmää puhe- ja musiikkiesityksen tukena. Käyttö on lisääntymässä useastakin syystä: musikaalit ja muut musiikkiteatteriesitykset ovat yleistyneet teattereiden ohjelmistossa ja teatteritiloissa järjestetään muita tilaisuuksia, joissa tarvitaan audiotekniikkaa apuna.

Audiotekniikan käyttö vahvistamaan näyttelijöiden ääntä puhenäytelmissä ja jopa laulajien ääntä oopperoissa on myös lisääntymään päin. Syitä lienevät suurentuneet teatteritilat, taiteelliset ratkaisut ja esiintyjien muuttuneet tottumukset ja vaatimukset audiotekniikan suhteen. Esiintyjille esimerkiksi halutaan mahdollisuus vapaampaan liikkumiseen näyttämöllä, halutaan suunnata puhe tai laulu takanäyttämöllä oleville toisille esiintyjille eikä suoraan yleisölle, tanssia ja ylipäättänsä liikkua laulaessa. Toisaalta joskus televisio-, elokuva- ja radiotyöhön sekä varsinkin studioissa äänittämään tottuneet esiintyjät tuntuvat kadottaneen lavaesiintymisen taidon. He eivät enää muista suunnata ääntään yleisölle ja osaa tai halua tyylikäsmyksenä muodostaa riittävän kovaa, akustisesti yleisölle kuuluvaa ääntä.

Musiikkiteatteri on Suomessa perinteisesti varmaa yleisöä vetävää ohjelmistoa. Audiotekniikkaankin voidaan sijoittaa huikeita summia, kun rahat ovat nopealla aikavälillä tulossa takaisin pääsylipputuloina. Audiopuolella on silloin laskettava sekä euroja että desibelejä. Usein musikaalien kohdalla lähestytään Yhdysvalloissa tyyppillisten "Broadway-tuotantojen" toimintamalleja. Tällöin produktiota varten palkataan, vuokrataan tai hankitaan vain välttämätön ja vain tuotannon keston ajaksi. Etuna audiopuolella tällöin on se, että voidaan suunnitella ja hankkia juuri tuotantoon tarvittava järjestelmä ja palkata musikaaleihin erikoistuneet äänisuunnittelijat ja -tarkkailijat. Usein kuitenkin kalustoa saadaan teattereihin lisää vuosittaisten määrärahojen kautta hitaasti, ja sama äänimestari joutuu selviytymään niillä niin tavallisista puheteatteriesitysten äänitehosteista kuin rockmusikaaleistakin.

Äänenvahvistuksen käyttö ei saisi olla itsetarkoitus. Ensin tulisi pyrkiä äänen hyvän kuuluvuuden, tasapainon ja soinnin saavuttamiseen esiintyjien sijoittelun, äänenkäytön tai muun vastaavan avulla tilan akustiset ominaisuudet huomioon ottaen. Seuraavaksi kannattaisi yrittää korjata mekaanisesti tila-akustiikkaa ja vasta viimeisenä keinona ottaa apuun audiotekniikkaa. Tekniikan mukaanotto ääntä vahvistamaan nimittäin aiheuttaa usein vahvistuskierteen: kun heikoinäänisintä lähdetään vahvistamaan, peittää se helposti taas muut, jotka puolestaan täytyy vahvistaa. Lopulta tarvitaan vielä monitorilaitteisto, jotta esiintyjät kuulisivat toisensa näyttämöllä. Teknisesti vahvistettu ääni on soinniltaan lähes aina selvästi alkuperäisestä akustisesta äänestä poikkeava. Jos ryhdytään audioteknisesti vahvistamaan yhtä esiintyjää, päädytään useimmiten siihen, että kaikkia muitakin täytyy vahvistaa soinnin yhtenäisyyden säilyttämiseksi.

Teknillisen audiojärjestelmän avulla pyritään vahvistamaan äänen kuuluvuutta yleisölle, mutta myös parantamaan äänen selvyttä ja sointia sekä tasapainottamaan eri äänilähteiden (puhujat, laulajat, soittimet yms.) keskinäistä kuuluvuutta eli balanssia.

Audiotekniikka antaa myös uusia mahdollisuuksia: pelkän kuuluvuuden, selvyuden ja tasapainon, tavallaan tiedonvälityksen parantamisen lisäksi voidaan äänen sointia muokata monipuolisesti ja näin audiotekniikka on tehokas apuväline myös taiteellisen työn tukena. Ehkä juuri viimeiseksi mainitusta syystä audiotekniikan käyttö teatterissa perinteisen äänitehosteiden tuottamisen ja toistamisen lisäksi

on yleistymässä myös ajantasäänentoiston, "liven", ja muokkauksen puolella.

9.1.4 PA- laitteet

PA- järjestelmä voidaan jakaa osiin eri tavoin. Seuraavassa käytetään jakoperusteena käyttötarkoitusta:

1. PA- laitteisto (ns. PA-setti, frontline), varsinainen yleisölle suunnattu audiojärjestelmä, johon kuuluvat:

- mikrofonit, DI-boxit yms.
- ääniohjaimet: äänipöytä, ristikytkentä, kauko-ohjaimet jne.
- äänenmuokkaimet: taajuuskorjaimet (equalizer, EQ), kaiku- ja kaiuntalaitteet (echo, reverb), viivelaiteet (delay), dynamiikan säätimet (limiter, compressor jne), kohinan rajoittimet (noise gate) jne
- toistolaitteet: teho- eli päätevahvistimet ja kaiuttimet sekä jakosuotimet, prosessorit yms. kaiuttimien apulaitteisto. Varsinainen yleisölle suunnattu PA.
- tarkkailulaitteet: tarkkailukuulokkeet, mittarit, analysointilaitteet jne.
- ohjelmälähteet, joista saadaan äänentarkkailuun tarvittavaa viiritusmusiikkia tai yleisölle soitettavaa taikomusiikkia: kasettinauhuri, cd-soitin tms.
- kaapelit: mikrofoni- ja kaiutinkaapelit, verkkojohdot, moninapaiset kaukoseuranta- eli valtakaaapelit lavarasioineen ja liitinvihkoineen, erilaiset linja-, syöttö- ja välিকাapelit sekä sovittimet eli adapterit
- telineet: mikrofoni- ja kaiutintelineet ("ständi", "staagi"), ellei kaiuttimia pinota päällekkäin ("stäkätä") tai kaiutinten ripustustarvikkeet, mikäli kaiuttimet ripustetaan ("rigataan")
- muut: äänipöydän työvalaisin, teippiä ("roudausteippiä" eli ilmastointiteippiä), huoltotyökalut, varaosat yms.

2. Soittimet ja soitinvahvistimet eli ns. bändikamat, jotka usein sijoitetaan usein lavan takaosaan, josta nimitys "backline" (takarintama tai takalinja): muusikoiden omat, henkilökohtaiset soittimet ja soitinvahvistimet ("nuppi" ja "kaappi") kaiuttimieen.

3. Monitorointilaitteisto (monitor, foldback, F/B)

4. Yhteydenpitolaitteisto (talkback, T/B ja intercom)

Huomattavaa on myöskin, että PA- laitteistot tarvitsevat melkoisia tehoja sähkönsyötöltä. Tyypilliselle "klubi-PA:lle", jonka vahvistinteho on kilowatteja, riittää useimmiten tavanomainen 16 ampeerin (vastaa 3,68 kVA:n näennäisteho) tai 32 ampeerin (7,36 kVA) yksivaihesyöttö. (edellisessä tehot oli laskettu 230 V:n jännitteellä, jake-lujännitehän on Suomessa 230 V + 6 V eli enimmillään 236 V).

Suurempitehoinen, ns. konsertti-PA saattaa olla sähköiseltä teholtaan kymmeniä kilowatteja. Vastaavasti syöttöön tarvitaan enemmän energiaa. Esim. Helsingin Kulttuuritalolla on PA:lle varattu kolmi-

vaihesyöttö 3 x 63 ampeeria (n. 75 kVA). Rockfestivaalien ja mammuttikonserttien jopa satojen kilowattien PA:t nielevät huomattavia energiamääriä. Esim. Helsingin jäähallin rockkonserteissa syöttöä on 3 x 125 ampeeria (n. 150 kVA).

9.2 Äänenvahvistus esiintyjille (monitorointi)

Monitorointi (Fold Back = FB = ohjelman takaisinkäntö esiintyjille) on esiintyjille tietyssä mielessä tärkeämpää kuin saliiäänentoisto. Esiintyjät säätävät ja ajoittavat äänenkäyttönsä (esim. laulunsa) ja soittonsa monitoroinnin tuella. Usein he muodostavat myös käsityksensä koko äänentoiston laadusta kuulemansa monitoroinnin perusteella. Siksi kunnolla hoidettu monitorointi on tärkeää esiintyjien keskinäisen yhteistyön ja tunnelman kannalta. Usein monitorointiin kiinnitetään liian vähän huomiota, koska se ei kuulu (tai sen ei tulisi kuulua) yleisölle.

Lavalle ei saa käsitystä siitä, mitä yleisö salissa kuulee. Se, mitä soitosta kantautuu takaisin lavalle, on moneen eri kertaan salin pinnoista heijastunutta ja vaimentunutta - ajallisesti viivästynyttä ja soinnillisesti väritynyttä. Esiintyjien on luotettava siihen, että miksaaja salissa saa hyvät soinnit saliin. Miksaajan korvat ovat yleisön keskuudessa. Lavalta käsin salisointien miksaaminen on vaikeaa. Ainoastaan akustisessa pienimuotoisessa musiikissa kokeneet muusikot pystyvät etukäteen arvioimaan yleisön kuuleman ja miksaamaan lavalta käsin. Hekin käyvät harjoituksessa usein vuorotellen kuuntelemissa salissa sointia.

Monitoroinnissa akustisen kierron vaara on vielä suurempi kuin saliiäänentoistossa. Tämä johtuu siitä, että monitorikaiuttimet sijaitsevat yleensä lähellä mikrofoneja ja monitorointiin tarvittavat äänenpaineet saattavat nousta melkoisiksi. Siksi muusikoiden apu on ensiarvoisen tärkeää hyvän monitoroinnin aikaansaamisessa: käsimikrofonin suuntakuvion herkkää aluetta ei saisi suunnata kohti monitorikaiutinta. Mikrofonien ilmareiät, joiden avulla suuntaavuus on saatu aikaan, tulisi pitää vapaana. Mikäli mikrofoniin tartutaan aivan "jäätelöpallon" tyvestä tai tukitaan muutoin ilmareiät, muuttuu mikrofonin suuntakuviot pallomaiseksi. Suuntaavuus katoaa ja kiertokerkyys kasvaa. Muusikon pitäisi myös sijoittua lähelle monitorikaiutinta ja oppia kuuntelemaan sitä keskittyneesti. Se on hyödyllisempää, kuin huutaa miksaajalle "lisää monitoriin", kun ollaan jo kiertorajalla ja huutaja seisoo kaukana monitoreista.

Joissakin tapauksissa kiertoa saattaa kuitenkin syntyä. Tällöin ei pidä missään tapauksessa "suojata" mikrofonia käsillään, jolloin ilmareiät peittyvät ja/ tai kaiuttimesta tuleva ääni pääsee heijastumaan käsien kautta mikrofonin suuntakuvion herkälle alueelle. Järkevää on ottaa etäisyyttä sekä mikrofonista että kiertävästä (yleensä lähimmästä) kaiuttimesta, ja pitää huolta siitä, ettei mikrofoni osoita suoraan kaiutinta päin.

Akustinen kierto alkaa yleensä hyvin kapealla taajuuskaistalla. Siksi on tärkeää monitoroinnissakin kiinnittää huomiota siihen, ettei kaiuttimien tai mikrofonien taajuusvasteessa ole korostuksia eli piikkejä. Kierron rajoituksessa pätevät samat asiat kuin saliaänentoistossa. Erityisesti kannattaa varoa monitorikaiuttimista tulevan äänen heijastumista esiintyjistä heidän mikrofoneihinsa. Kunnollinen monitorointi vaatiikin esiintyjältä paneutumista siihen ja yhteistyötä äänitarkkailijan kanssa.

Pienemmissä (kuten klubien ja ravintolakeikkojen) PA- systeemeissä monitoriohjelma miksataan salissa olevasta äänipöydästä käsin. Tällöin varsinaisen monitorilaitteiston muodostavat vain monitorikaiuttimet, niiden tarvitsemat päätevahvistimet, jakosuotimet (useimmiten passiiviset, kaiuttimen sisään sijoitetut), taajuuskorjaimet sekä kaapelit.

Suuremmissa konserttien ja festivaalien PA-järjestelmissä on lavalla erityinen monitoriäänipöytä, jota hoitaa monitorimiksaaja. Hän miksaa muusikoille tarvittavat monitoriohjelmat (" monitorimix"), mielellään kullekin omansa, jossa on mukana vain kunkin muusikon haluat ja tarvitsemat laulut ja/ tai soittimet. Tällöin mikrofoneista ja soittimista tulevat signaalit haaroitetaan sekä monitori- että saliaänipöytään.

Taajuustoistossa on monitoroinnissa syytä unohtaa hifiperiaatteet. Tärkeintä on toistaa esiintyjälle hänen tarvitsemansa tieto. Esimerkiksi laulajalle on keskialue tärkein ja bassoäänit ovat useimmiten vain häiriöksi. Monitorikaiuttimien taajuusvaste onkin useimmiten kapeakaistaisempi kuin hifikaiuttimissa. Ekvälisoinnissa usein vielä leikataan hyvin jyrkästi pois matalat ja korkeat äänet sekä korostuvat taajuuskaistat.

Monitorointia varten on kehitetty erityisiä kaiutinrakenteita. Tarkoituksena on pitää lavamonitorikaiutin (stage monitor) pois näkyviltä tai sijoittaa se ainakin niin, ettei se ole peittämässä esiintyjä yleisöltä. Tätä varten on kehitetty lavalle sijoitettava lattiamonitori (floor monitor), jonka kaiutinelementti on suunnattu yläviistoon. Tällaisen monitorin profiili on kulmikas, josta nimi kulmamonitori (wedge). Kaiutin saadaan näin pois näkyviltä ja toisto suunnattua suoraan esiintyjille.

Toinen tapa on sijoittaa monitorit lavan alle ylöspäin suunnattuina, jolloin kaiuttimet jäävät täysin pois näkyvistä. Tämä edellyttää tietysti, että lavan kansi on ritilämäistä tai aukotettu muutoin riittävästi. Etuna on lisäksi se, että monitoreja päästään tarvittaessa käsittelemään esityksen aikana yleisön näkemättä.

Kolmas tapa on ripustaa kaiuttimet esiintyjien yläpuolelle (tavallisesti lavan reunan yläpuolelle yleisöstä taaksepäin alaviistoon esiintyjille suunnattuna). Tapoja on monia. Tärkeintä on kuitenkin, että kaiuttimet ovat yhtäältä tarpeeksi lähellä kuulijoitaan, toisaalta mahdollisimman hyvin poissa näkyviltä.

Koko lavan kattavaa monitorointia varten käytetään suuritehoisia kaiuttimia, jotka sijoitetaan lavan sivuille suunnattuna lavalle päin.

Nämä ikään kuin kattavat lavan sivuilta päin, mistä johtuu termi sivumonitori (side fill monitor). Sivumonitorien käyttö on yleistymässä. Niitä voi olla suuremmilla lavoilla useampiakin kummallakin sivulla.

Henkilökohtaista monitorointia varten käytetään usein lattia- ja sivumonitorien lisäksi tietyille esiintyjälle sijoitettuja ja suunnattuja pienoisto- tai pistemonitoreja eli spotteja (personal monitor, hot spot). Rumpalille, jonka monitorointi on vaikeaa rumpujen itse aiheuttaman kovan äänitason vuoksi, sijoitetaan oma suuritehoinen monitori, rumpufilli.

Studiopuolelta on yleistymässä livekäyttöön kuulokemonitorointi. Etuna kaiutinmonitorointiin nähden on se, että kuulokkeet toimivat samalla kuulosuojaimina lavamelua vastaan, ja että kuulokkeista ei juuri vuoda ääntä lavamikrofoneihin. Kuulokemonitorointiin mennään usein siksikin, että halutaan ajaa muusikoiden korviin yleisön kuulematta sekvenserin tahtimerkki eli klikki.

Kokonaan toinen yleistävä suuntaus varsinkin musikaalipuolella on se, ettei käytetä monitorointia lainkaan. Musiikki toistetaan yleisölle siten, että esiintyjät kuulevat sen samoista kaiuttimista. Tällöin kaiuttimia usein sijoitetaan lavan taakse "puhaltamaan" yli lavan yleisölle. Tällöin luotetaan siihen, että ammattitaitoiset laulajat erottavat lauluun riittävästi musiikin alta.

Joidenkin mielestä tosi ammattilaiset eivät monitorointia tarvitse: he pystyvät laulamaan tai soittamaan itseään kuulemattakin. Tällaista lavan yli monitorointia käytetään paljon myös niille esiintyjille, joiden ei tarvitsekaan itse laulaa tai soittaa, vaan pelkästään kuulla musiikki (kuten tanssijat, luistelijat, voimistelijat jne.).

Monitorointiin tarvittavia audiojärjestelmän osia ovat:

- mikrofonit ja DI-boxit: useimmiten signaali haaroitetaan yksistä mikrofoneista sekä saliaäni- että monitorointilaitteistoon tai monitoriohjelma miksataan saliaänenipöydästä
- ääniohjaimet: erityinen monitoriäänipöytä tai käytetään saliaänenipöydän monitorointikanavia (foldback, FB, monitor, MON), ristikytkentä
- äänenmuokkaimet: taajuuskorjaimet (equalizer, EQ), dynamiikan säätimet (limiter, compressor) jne.
- toistolaitteet: tehovahvistimet ja monitorikaiuttimet (monitor loudspeaker) jakosuotimiseen tai kuulokkeet (headphones) jakeluvahvistimeen (distribution amp)
- tarkkailulaitteet: kuulokkeet, mittarit jne.

9.3 Akustinen kierto

9.3.1 Yleistä

Audiojärjestelmän käyttöä äänenvahvistukseen rajoittaa akustinen takaisinkytkentä eli akustinen kierto (acoustic feedback, howlround,

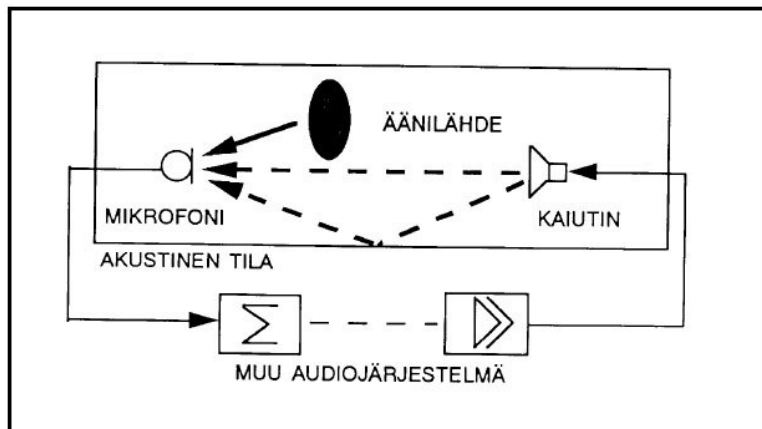
howl). Akustinen kierto - se sietämätön ulina - katkaisee hetkeksi sanoman välittymisen, pudottaa esiintyjien kovalla työllä rakentaman jännitteen, suorastaan "tiputtaa roolistaan", rikkoo yleisön illuusion. Akustisen kierron vonkuna viimeistään paljastaa yleisölle audiotekniikan käytön. Audiotekniikkahan on hyvin käytettynä mahdollisimman huomaamaton, hienotunteinen niin esiintyjä kuin yleisöäkin kohtaan, ainoastaan audiotekniset virheet havaitaan helposti.

Akustinen kierto on PA- tekniikassa kardinaalivirhe, vieläpä korjautumaton kussakin tosiaikaisessa ainutkertaisessa esityksessä. Sen välttäminen on huolellista suunnittelua eli ajattelua, kokemusta, työtä ja vieläpä merkittäviä kustannuksiakin vaativaa.

9.3.2 Ääniopilliset perusteet

Akustinen kierto syntyy siten, että mikrofonilla poimittu ääni vahvistetaan ja toistetaan kaiuttimilla takaisin samaan tilaan, josta ääni poimitaan samalla mikrofonilla jälleen uudelle vahvistuskierrokselle kunnes tässä positiivisessa takaisinkytkennässä järjestelmä alkaa värähdellä eli vahvistus riistäytyy hallinnasta. Tuloksena on korvia riipivä ulina ja vonkuna.

Kuva 9.3 Akustinen kierto



Akustisen kierron raja saavutetaan, kun mikrofoniiin takaisin osuva kaiuttimen kautta syötetty ääni on yhtä suuri kuin alkuperäinen mikrofoniiin tuleva ääni. Käytännössä vahvistusta on pudotettava kierto-rajasta jonkin verran, jottei eräitä haittailmiöitä, kuten eräänlaista soivaa kaiuntaa (ringing) esiintyisi.

Turvallisena vahvistuksen kiertomarginaalina (feedback gain margin) pidetään puheen kohdalla 1,5...3 desibeliä, mutta musiikin ollessa kyseessä vähintään 6 desibeliä. Tämä johtuu siitä, että vaikka akustinen kierto ei vielä selvästi kuuluisikaan, sotkee soiva kaiunta puheselvyttä ja musiikin sointia.

Kiertomarginaali tarkoittaa, että audiojärjestelmän saatavissa olevasta akustisesta vahvistuksesta (available acoustic gain) on jätettävä melkoinen osa akustisen kierron haittavaikutuksien välttämiseksi käyttämättä. Vaikutus on merkittävä: 3 desibelin pudotus vahvistuk-

sessä on suurillakin äänenpainetasoilla selvästi kuultava, pienillä taasoilla kuulovaikutelman voimakkuus jopa puolittuu. 6 desibelin pudotus äänenpaineentasossa merkitsee suurillakin äänitasoilla kuulovaikutelman merkittävää hiljenemistä. 3 desibelin lisäyksen saaminen äänenpainetasoon saliin merkitsee vahvistin-kaiutinjärjestelmän tehon kaksinkertaistamista, 6 desibelin lisäys nelinkertaistamista. Akustisen kierron rajoittaminen on siis tärkeä ja rahan arvoinen asia.

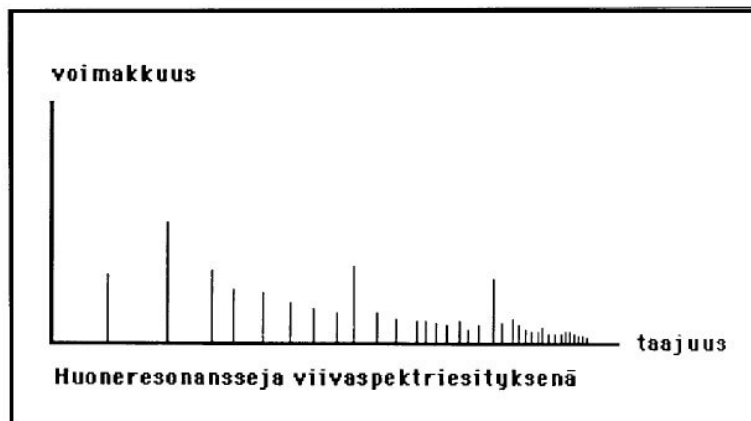
9.3.3 Akustisen ympäristön vaikutus

Jatkuvalla äänellä, kuten esimerkiksi laulettu tai soitettu pitkään soiva sävel, syntyy sisätiloissa usein seisova aalto (standing wave). Sen aiheuttajina ovat vastakkaiset yhdensuuntaiset ääntä heijastavat pinnat. Näiden väliin syntyy tietyillä pintojen välimatkasta riippuvilla taajuuksilla seisovan aallon kuvioita eli resonansseja (resonance).

Pienillä taajuuksilla (matalilla äänillä, pitkillä aallonpituuksilla) resonansseja on harvassa ja suurilla taajuuksilla (korkeilla äänillä, lyhyillä aallonpituuksilla) tiheässä. Näin syntyy jokaisessa kaiuntaisessa tilassa sille ominainen sarja huoneresonansseja (normal modes of acoustic resonance). Huoneresonanssien taajuudet ja voimakkuudet riippuvat tilan mittasuhteista, pintojen materiaaleista ja pintojen keskinäisestä sijoittumisesta.

Kun tilaan syötetään ääntä kaiuttimella, näiden huoneresonanssien herääminen, (eli miten voimakkaasti ne asianomaista taajuutta korostavat), riippuu kaiutinten taajuusvasteista, kaiuttimien sijainneista tilassa ääntä heijastaviin pintoihin nähden, kaiutinten suuntauksista ja suuntaavuuksista. Kokeet ovat osoittaneet, että koko sähköakustinen järjestelmä, johon kuuluu audiojärjestelmä mikrofonista kaiuttimeen sekä itse tila, alkaa värähdellä ensin huoneresonanssitaajuuksilla. Akustinen kierto alkaa ilmetä vahvistusta nostettaessa ensin juuri näillä korostavilla huoneresonanssitaajuuksilla.

Kuva 9.4 Huoneresonanssi



Akustista kiertoa saadaan merkittävästi rajoitettua vaimentamalla audiojärjestelmään kytketyillä taajuussuotimilla huoneresonanssien aiheuttamia korostuvia taajuuksia. Tarvittavan vaimennuksen määrä vaihtelee resonansseittain, tavallisesti riittää 3...10 desibeliä vaimen-

nusta. Huoneresonanssien täydellinen vaimentaminen olisi loputon työ. Toisaalta juuri sopivan tiuhaan esiintyvät ja sopivissa voimakkuussuhteissa olevat huoneresonanssit luovat kullekin tilalle ominaisen soinnin eli saattavat parantaa sointia. Siksi yleensä pahimpien korostustaajuuksien vaimentaminen riittää.

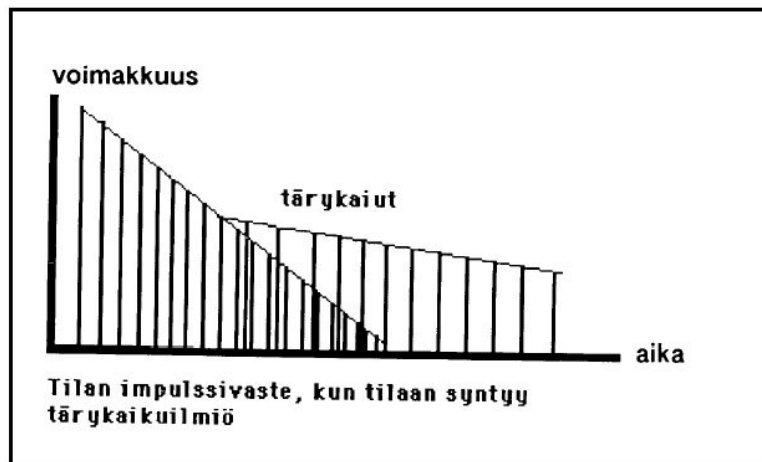
Jos huoneresonansseja on liian harvassa, syntyy selvästi korostuvia haitallisia seisovia aaltoja (room-ringing modes), jotka aiheuttavat soivia kaikuja (ringing). Näitä on joka tilassa ainakin yksi, tavallisesti useampikin. Ne saadaan soimaan jo pelkällä laulullakin ilman audiotekniikan apua, joten ne on helppo havaita. Erityisen helposti ne saadaan kuuluviin pienessä, kaikuisessa tilassa, kuten kylpyhuoneessa.

Äänen vahvistaminen audiojärjestelmällä voi saada aikaan akustisen kierron alkamisen korostuvalla huoneresonanssitaajuudella. Jo ennen kiertoakin taajuuden soiminen saattaa haitata puheen ymmärrettävyyttä ja musiikin kokonaisuointia, jolloin korostumaa on syytä vaimentaa taajuussuotimella.

Kuten edellä todettiin, ovat huoneresonanssit harvemmassa pienillä taajuuksilla eli matalilla äänillä. Siksi kiertoherkkiä huoneresonanssitaajuuksia onkin usein juuri matalilla taajuuksilla. Matalalla äänialueella ei usein ole toistettavaa hyötyääntä, vaan pikemminkin häiriöääniä: rakenteiden kuminaa, jyrinää ja sähköistä häiriötä, kuten verkkohurinaa. Usein matalien äänien kaista leikataankin jyrkästi pois, esimerkiksi 60 hertsistä alaspäin.

Jos audiojärjestelmä itse (lähinnä mikrofonit ja kaiuttimet) vielä korostaa tila-akustiikan jo korostamia taajuuksia, syntyy akustista kiertoa jo pienelläkin vahvistustasolla. Näiden kiertoherkkien taajuuksien etsiminen ja vaimentaminen on varsinkin kaikuisissa tiloissa elintärkeää, jotta koko audiojärjestelmästä olisi vastaavaa hyötyä. Joka tapauksessa tilan liikaa korostamien taajuuksien vaimentaminen lisää audiojärjestelmällä saatavaa äänenvahvistusta ja äänentoiston laatua.

Kuva 9.5 Täräkaiku



Ongelmia kiertoherkkien taajuuksien löytämisessä ja vaimentamisessa tuottaa hyvin tavallinen esiintymistilanne, jolloin mikrofonien kanssa liikutaan näytämöllä. Huoneresonanssit ja audiojärjestelmän

itse korostamat taajuudet eivät riipu mikrofonin sijainnista. Sen sijaan mikrofonin paikka tilassa (etäisyydet kaiuttimiin ja heijastaviin pintoihin) vaikuttaa siihen, mikä korostustaajuuksista lähtee ensin kiertämään. Jos koko sähköakustisen järjestelmän kiertoherkistä taajuuksista on vaimennettu asennusvaiheessa vain pahimmat, saattavat siis vähemminkin korostuneet taajuudet "alkaa soida" ja lähteä kiertämään mikrofonin sattuessa näyttämöllä juuri kyseisen seisovan aallon maksimikohtaan.

Joissakin, tavallisesti vähäkaikuisissa, tiloissa on jo akustisesti saatu taajuuskorostumat aisoihin. Tällöin voidaan tilaan saadaan kunnolla ekvalisoidulla hajautetulla kaiutinjärjestelmällä (esim. kattokaiutinverkostolla) niin tasainen eli diffuusi äänikenttä, ettei mikrofonin ja kaiuttimien sijainnilla tilassa ole merkitystä akustisen kierron kannalta. Useimmissa, varsinkin kaikuisissa tiloissa tällainen tilanne on ikävä kyllä melko harvinaista.

9.3.4 Mikrofonin ja kaiuttimen vaikutus

Mikrofonien ja kaiuttimien, sähköakustisten muuntajien, ominaisuuksista vaikuttaa koko sähköakustisen järjestelmän kiertoherkkyyteen suuntaavuus, taajuusvaste, lukumäärä ja sijoittelu.

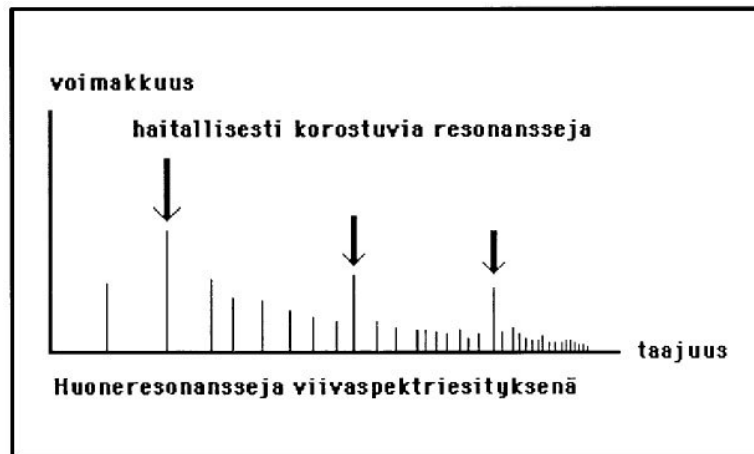
Mikrofonien ja kaiuttimien suuntaavuuksia, taajuustoisto-ominaisuuksia ynnä muuta on perusteellisemmin käsitelty luvussa 3. Seuraavassa kuitenkin tärkeimpiä akustiseen kiertoon vaikuttavia seikkoja.

Suuntaavia (kuten kardioidisuuntakuvioisia) mikrofoneja käyttämällä voidaan rajoittaa mikrofonien kaiuttimista poimimaa kiertoa aiheuttavaa ja sointia sotkevaa ääntä. Mikrofonin on tällöin suunnattava kohti äänilähdettä, esimerkiksi puhujan suuta. Suuntaava mikrofonin "ottaa" ääntä herkimmin suoraan edestä (tai suuntakuviionsa maksimisuunnilta) ja vaimentaa sivuilta ja takaa tulevaa ääntä. Suuntaavuutta saadaan yhdistelemällä erilaisia kapseleita ja rakenteellisilla ratkaisuilla (kuten ilma-aukot). Suuntaavuuden "hintana" on usein taajuusvasteen värityminen. Taajuusvasteeseen syntyy korostumia ja vaimentumia. Juuri korostumista akustinen kierto ryöstäytyy helposti alkuun. Joskus saadaan kiertoa vältettyä paremmin käyttämällä suuntaavien mikrofonien sijasta taajuusvasteeltaan tasaisia suuntaamattomia, pallokuvioisia mikrofoneja, jolloin saadaan myös puhtaampi, puhtaampi sointi.

Usein näyttämöllä tarvittavat äänenpainetasot ovat huomattavan suuria. Tällöin ainoa tapa saada poimittua kukin äänilähde mahdollisimman puhtaana audiojärjestelmään on käyttää lähimikrofoniteknikkaa ja mahdollisimman suuntaavia mikrofoneja. Mikrofonien taajuuskorostumista johtuvia kiertoherkkiä taajuuksia yritetään tällöin poistaa vaimentamalla taajuussuotimin näitä taajuuksia. Lisäongelmana on kiertoherkkien taajuuksien muuttuminen mikrofonin sijainnin mukaan. Mikrofonien käyttöön tottumattomat esiintyjät saattavat aiheuttaa akustisen kierron pitämällä mikrofonin kädessään siten, että käsi peittää mikrofonikapselin takana sijaitsevat ilma-aukot.

Jos aukot peitetään, muuttuu mikrofoni suuntaamattomaksi pallomikrofoniksi.

Kuva 9.6 Haitallinen huone-
resonanssi



Akustisen kierron kannalta on mikrofoniin osalta ratkaisevaa myös avoinna olevien mikrofoniin määrä. Kun avoinna olevien mikrofoniin lukumäärä kaksinkertaistuu, alenee kiertoraja 3 desibeliä. Esimerkiksi jos on kaksi avointa mikrofonia, kiertoraja laskee 3 desibeliä yhteen avoimeen mikrofoniin verrattuna. Jos neljä mikrofonia on avoinna, lasku on 6 desibeliä, kahdeksan avointa 9 desibeliä ja niin edespäin. Nämä saattavat olla juuri ne kuuluvuuden kannalta ratkaisevat ja äärettömän vaikeasti aikaansaavat desibelit. Tarpeettomat mikrofonit on syytä pitää kiinni.

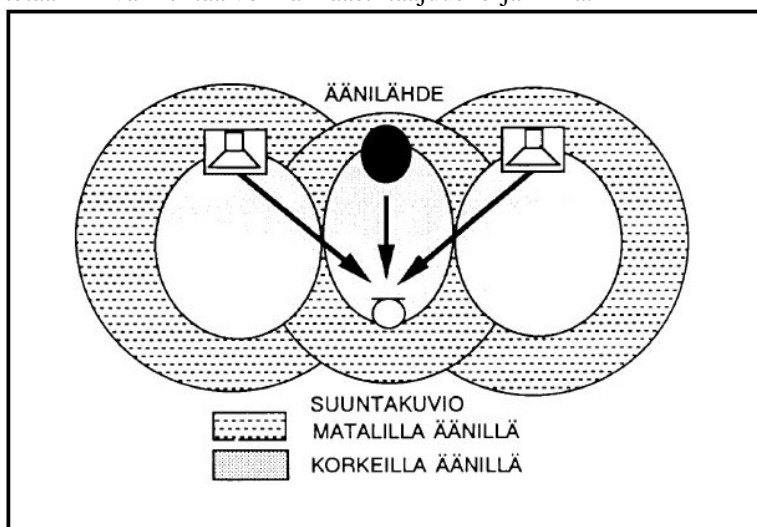
Mikrofonin etäisyys äänilähteestä on tärkeää akustisen kierron kannalta: mitä lähemmäs äänilähdettä mikrofoni saadaan, sitä suurempi akustinen vahvistus audiojärjestelmällä on mahdollista saada ilman kiertoa. Kannattaa siis sijoittaa mikrofonit mahdollisimman lähelle äänilähdettä, valvoa että ne myös pysyvät paikoillaan ja oikein suunnattuna sekä neuvoa esiintyjä käsimikrofoniin käytössä. Useimmat suuntaavat mikrofonit korostavat matalia ääniä lähikäytössä. Tämäkin on otettava huomioon ja leikattava tarvittaessa häiritsevät bassokorostukset taajuuskorjaimilla pois.

Kaiuttimia on vastaavasti suuntaavuuksiltaan erilaisia täysin suuntaamattomista pallokuvioisista kaiuttimista hyvinkin suuntaaviin pillari- ja torvikaiuttimiin. Akustista kiertoa voidaan kaiuttimien osalta rajoittaa valitsemalla hyvin suuntaavat kaiuttimet, joiden taajuusvasteessa ei ole korostumia. Kaiuttimet tulee suunnata tarkkaan yleisölle (paitsi monitorikaiuttimet kohteisiinsa). Mikrofonit tulee pitää poissa kaiuttimien säteilykeilan tehokkaalta alueelta ja ylipäättäen mahdollisimman kaukana kaiuttimista. Näin vähenee kaiuttimista tulevan äänen pääsy mikrofoneihin. Audiojärjestelmä tulee ekvalisoida eli tasoittaa taajuustoiston virheet myös kaiuttimien osalta kierron rajoittamiseksi.

Sekä mikrofoniin että kaiuttimien suuntaavuus riippuu voimakkaasti taajuudesta. Kumpaakin on vaikeaa rakentaa suuntaavaksi pienillä taajuuksilla eli bassoalueella. Edellä jo todettiin, että kiertoherkkiä taajuuksia on tila- akustiikasta johtuen useimmiten bassoalueella.

Kuva 9.7 Suuntaavuuden vaikutus

Kaiken kaikkiaan bassoalue on herkin kierrolle ja siksi sitä usein yritetäänkin vaimentaa voimakkaasti taajuuskorjaimilla.



Myös kaiuttimien osalla pätee se, että heikosti suuntaavilla, mutta taajuusvasteeltaan erittäin tasaisilla kaiuttimilla voidaan sopivassa akustisessa tilassa ja pienillä vahvistustasoilla päästä hyvin tuloksiin kierron välttämisen suhteen. Parhaassa tapauksessa on aivan sama missä esiintyjä mikrofonin kanssa liikkuukin (vaikka seisoi päkaiuttimen edessä) ja silti ei akustista kiertoa ilmaannu.

Erityisiä ongelmia akustisen kierron estämisessä on monitorikaiuttimien käytettäessä. Monitorit on tuotava lähelle ja suunnattava esiintyjää kohti, jotta esiintyjä kuulisi kaiuttimesta monitoriohjelman mahdollisimman hyvin. Monitorikaiutin tulee väkisin lähelle esiintyjän mikrofonin, josta signaali otetaan myös monitoriohjelmaan. Näin akustinen kiertolenkki on valmis. Useimmiten näyttämöllä kuuluva matalääninen kierto on lähtöisin monitorisysteemistä.

Kierron rajoittamiseksi on monitorikaiuttimet sijoitettava ja suunnattava siten, että ne säteilevät ääntä mahdollisimman vähän mikrofonin suuntakuvion herkälle alueelle eli "suoraan mikkiin". Monitorikaiuttimien taajuusvasteessa ei saisi olla korostumia tai nämä kiertoherkät taajuudet on vaimennettava pois taajuussuotimien avulla.

Lisäksi esiintyjän "mikrofoniteknikka", eli avunanto ja yhteistyö, on ratkaisevan tärkeää kierron rajoittamisessa. Esiintyjä saattaa itse toimia heijastimena, joka heijastaa monitorikaiuttimesta tulevaa ääntä mikrofonin, tai suunnata mikrofonin suoraan monitorikaiuttinta kohti. On myös varottava monitorikaiuttimien ja mikrofonien läheisyydessä sijaitsevia ääntä heijastavia kovia pintoja, kuten lavasteita. Ne saattavat heijastaa monitorikaiuttimista tulevaa ääntä mikrofoneihin ja edesauttaa kierron syntymistä.

9.3.5 Muu rajoittaminen

Edellä todettiin, että akustista kiertoa on syytä ja mahdollista rajoittaa ratkaisevasti hyvällä sähköakustisella suunnittelulla ja ammattitaitoisella käyttötekniikalla. Käyttötekniikka on esiintyjien osalta "mikrofonitekniikkaa" ja äänitarkkailijan osalta taitoa sijoittaa ja suunnata oikein liikuteltavat mikrofonit ja kaiuttimet, säätää oikein tulo- ja lähtökanavien voimakkuustasot ja taajuuskorjata kiertoherkimpiä taajuusalueita.

Äänitarkkailijan työkalut esityksen aikaisessa kierron rajoittamisessa ovat samat kuin muussakin "miksauksessa": tulokanavan herkkyys-säädin, tulokanavan voimakkuussäädin, lähtökanavien voimakkuussäätimet ja erilaiset taajuuskorjaimet. Samalla kun äänitarkkailija hakee hyviä sointeja ja musiikin elementtejä balanssiin hän yrittää rajoittaa kierrot minimiin. Voimakasäänisessä musiikissa tosin saattaa tuottaa vaikeuksia erottaa orastavaa (varsinkin bassalueen) kiertoa ajoissa.

Samoin näyttämöllä syntyvän monitorikierron erottaminen äänitarkkaamosta käsin (ennen kuin kierto ryöstäytyy peittämään kaiken muun) saattaa olla hankalaa. Siksi äänitarkkailu tulisi kierron tarkkailun kannalta sijoittaa sinne missä kiertoa esiintyykin eli lähelle kaiuttimia ja mikrofoneja. Tärkeintä on kokonaisuuden kuuleminen muita kuulijoita vastaavasti. Siksi pyritään äänitarkkailija sijoittamaan sinne missä kuunnellaankin: saliiäänentoiston tarkkailu saliin ja monitoroinnin tarkkailu näyttämölle.

Laitteiston pystyttäminen ja säätäminen siten, että akustinen kierto pystytään välttämään, vaatii ammattitaidon ja kunnollisen välineistön lisäksi aikaa. Siksi varsinkin kiertueilla oudoissa tiloissa ja vierailuilla laitteilla syntyy erityisen helposti kierto-ongelmia.

Akustisen kierron rajoittamiseen on vielä lisäksi siihen soveltuvia tai erikseen tähän käyttöön suunniteltuja audiolaitteita, joita tarkastellaan seuraavassa kierron rajoittamisen osalta.

9.3.5.1 Automaattiset äänentarkkailulaitteet

Automaattinen vahvistuksen säätölaite (AVS) (Automatic Gain Control, AGC) tarkkailee äänenvahvistusketjun vahvistusta ja pienentää vahvistusta, kun värähtelyä piirissä ilmenee, kunnes riittävä kiertovara on jälleen saavutettu. Alkeellisemmat laitteet tarkkailevat pelkästään lähtötasoa (summasignaalia, jos käytössä on useampia mikrofonikanavia) ja säätävät vain lähtötasoa.

Varsinainen automaattimikseri (automatic mixer) tarkkailee lisäksi tulokanavia. Automaattimikseri ottaa näytteitä tulokanavista riittävän usein ja sulkee kanavan, jollei siihen tule ennalta säädettyä kynnystasoa voimakkaampaa signaalia eli hyötyääntä. Tämä tarpeettomien mikrofonikanavien sulkeminen lisää merkittävästi vahvistusvaraa ennen kiertoa. Lisäksi automaattimikseri laskee lähtötasoa avoimien olevien mikrofonitulokanavien määrän mukaisesti sekä tarkkailee ja

säätää AVS:n tavoin järjestelmän kokonaisvahvistusta pitäen riittävän kiertomarginaalin. Mikrofonikanavan tarkkailu ja avaaminen/sulkeminen on niin nopeaa, ettei puhetta vahvistettaessa puheeseen tule kuultavia katkoksia.

Automaattisten tarkkailulaitteiden eduista voidaan mainita, ettei niiden käyttöön tarvita äänitarkkailijaa (muutoin kuin kynnystasoja ja muita ennakkosäätöjä tehtäessä), laitteilla saadaan rajoitettua kierron riistäytyminen nopeasti ja saadaan suurin mahdollinen vahvistusvara ennen kiertoa (tosin vain varsinaisella automaattimikserillä).

Huonoista puolista on syytä mainita laitteiden kalleus. Lisäksi laitteet soveltuvat lähinnä vain puhekäyttöön. Musiikki- ja muussa taiteellisemmassa käytössä halutaan pelkän voimakkuuden lisäksi säätää myös muokata ääntä. Kierron rajoittamiseen tarvitaan vahvistuksen säätämisen lisäksi kiertoherkkien taajuusalueiden vaimentamista, joten usein automaattimikserillä saatava "turvallinen" puhevahvistuskin jää niin pieneksi, että koko laitteen antama hyöty jää kyseenalaiseksi. Ehkäpä siitä syystä laitteen käyttö on maassamme vielä puhekäytössäkin harvinaista.

9.3.5.2 Taajuussuotimet

Akustinen kierto alkaa yleensä hyvin kapealla, kiertoherkällä taajuusalueella. Näiden kiertoherkkien taajuuksien vaimentaminen on ratkaisevaa kierron rajoittamiseksi.

Vaimentaa halutaan luonnollisesti vain korostuneet taajuudet, jotta ei korjauksella aiheutettaisi vääristymiä taajuustoistoon - vaimentumia korjattavan taajuuden viereisille taajuusalueille. Näin ollen taajuuskorjaukseen kierron rajoittamiseen tarvitaan hyvin tarkka ja kapeakaistainen taajuussuodin. Usein suositellaan, että "kapeakaistainen" kierronrajoituskäytössä tarkoittaisi pienillä taajuuksilla (matalilla äänillä) n. 10 hertsin ja suurimmilla taajuuksilla (korkeimmilla äänillä) n. 2 prosenttia suotimia (esimerkiksi 10 kilohertsin taajuudella 200 hertsin kaistaista suodinta).

Akustisen kierron rajoittamiseen käytetään neljäntyyppisiä taajuussuotimia: graafisia ja parametrisiä taajuuskorjaimia, imusuotimia sekä matalien ja korkeiden äänien leikkureita. Taajuussuotimia on käsitelty tarkemmin luvussa 6.

Graafisessa taajuuskorjaimessa eli toistokorjaimessa on kuuloalue (n. 16 Hz ... 20 kHz) jaettu taajuuskaistoihin. Tavallisimmin jako tapahtuu oktaaveittain, jolloin kaistoja on 10 tai 12, tai 1/3- oktaaveittain, jolloin kaistoja on tavallisesti 27 tai 31. Jälkimmäistä kutsutaan usein terssiekvalisaattoriksi, vaikkei jako vastaa musikaalista terssiä. Kunkin kaistan vahvistusta voidaan säätää itsenäisesti, vahvistaa tai vaimentaa. Sähköopillisesti graafinen EQ on sarja vahvistukseltaan säädettäviä kaistanpäästösuotimia.

Taajuustoistoa voidaan graafisella taajuuskorjaimella säätää mielisiksi, mutta tosin vain kaistoittain. Kierron rajoittamiseen graafisen EQ:n suotimet eivät useinkaan ole tarpeeksi kapeita: kun vaimennetaan kiertoherkkiä taajuuksia, vaimennetaan samalla viereisiä

"hyödyllisiä" taajuuksia ja väritetään taajuustoistoa vaimentamalla. Käytännössä myös kiertotaajuuden etsiminen "korvakuulolla" ja vaimentaminen graafisella EQ:lla on hankalaa ja tuottaa usein enemmän huononnuksia sointiin kuin kierron rajoittamista. Halvemmilla graafisilla taajuuskorjaimilla kaistojen keskitaajuudet eivät todellisuudessa vastaa säätöpaneelissa ilmoitettuja ja kaistanleveydet vaihtelevat vahvistuksesta riippuen voimakkaasti. Voimakas taajuuskorjaus aiheuttaa usein vaihevirheitä, joten ekvalisointi on syytä tehdä maltillisesti.

Parametrisissä taajuuskorjaimissa voidaan säätää kunkin taajuuskaistan kaikkia kolmea parametriä: keskitaajuutta, kaistaleveyttä ja vahvistusta/ vaimennusta. Sähköopillisesti kyseessä on jälleen sarja kaistanpäästösuotimia, joiden kaikkia parametreja voidaan säätää tietyissä rajoissa. Parametrisella EQ:lla voidaan graafista tarkemmin etsiä kiertoherkkä taajuus ja vaimentaa vain haluttu kapea taajuuskaista häiritsemättä viereisiä taajuuksia. Kierron rajoituksen kannalta tarpeeton toiminta parametrisissä taajuuskorjaimissa on vahvistus sillä eihän kiertoherkkiä taajuuksia haluta enää vahvistaa. Parametriset taajuuskorjaimet ovat useimmiten vähintään neljäläueisiä, mikä yleensä riittää pahimpien kiertotaajuuksien eliminoimiseen.

Tehokkain taajuuskorjain kierron rajoittamiseen on imusuodin (notch filter), joka on sähköopillisesti erittäin kapeakaistainen kaistanestosuodin, jonka keskitaajuutta (toimintataajuutta) ja vaimennusta voidaan säätää. Imusuotimessa on siis kaikki kierron rajoittamisessa kiertoherkkien taajuuksien suhteen tarvittavat ominaisuudet, eikä mitään ylimääräistä, kuten taajuuskaistan vahvistusta. Tavalliseen ekvalisointiin, toistokorjaukseen ja "soundien hakemiseen", ei imusuodin taas oikein sovellu.

Kiertoherkkiä taajuuksia esiintyy usein matalien äänien alueella, jolla ei välttämättä ole mitään hyötyääntä. Matalat äänet voidaan tällöin leikata pois jyrkällä ylipäästösuotimella eli matalien leikkurilla (lo(w) cut). Samalla päästään eroon matalaäänisistä häiriöistä, kuten rakenteiden kuminasta ja verkkohurinasta. Verkkohurinan perustaajuudesta (Suomessa 50 hertsiä) pääsemiseksi leikataankin usein pois koko suunnilleen alle 60 hertsin äänialue. Soitinten (esimerkiksi bassokitaran alimpien sävelten) perustaajuudet menevät kyllä alle 60 hertsin, mutta sävelet hahmottuvat niiden harmonisten ylääänien perusteella, vaikka perusäänes olisikin leikattu kuulumattomiin.

Vastaavasti, jos korkeiden äänien alueella on kierto-ongelmia, eikä mainittavasti toistettavaa hyötyääntä, voidaan korkeat äänet leikata pois alipäästösuotimella eli korkeiden leikkurilla (hi(gh) cut). Samalla rajoitetaan kohinaa, joka on kuuluvimmillaan juuri suurilla taajuuksilla eli korkeilla äänillä.

Kiertoherkkien taajuuksien korjaaminen korvakuulolla on hankalaa. Hyvä apuväline kiertotaajuuksien tarkkailuun on ajantasaspektrianalysointilaite (Real Time Analyzer, RTA). RTA analysoi mitattavan äänen taajuuskoostumuksen ja ilmaisee sen taajuuskaistoittain yleensä 1/3- tai oktaaveittain. Analysointilaite voidaan käyttää äänitarkkailussa kiertotaajuuksien valvontaan. RTA asetetaan niin suurelle vertailutasolle, että näyttö ilmaisee vain musiikin huiput eli on "lähes

tyhjä". RTA säädetään ilmaisemaan huippuja, karkealla (esimerkiksi 3 desibelin jakovälin) asteikolla, ja hitaalla näytön palautumisajalla. Tällöin havaitaan helposti kierron riistäytymistä ennakoivat soivat kaiut huippuina näytössä ja ehditään vaimentaa taajuuskorjaimella kyseistä taajuuskaistaa. Tarkkailua helpottaa vielä mittausmikrofonin asettaminen paikkaan, jonne kierronalutkin kuuluvat hyvin.

Taajuussuotimien etuna kierron rajoitukseen on laitteiden suhteellisen edullinen hinta. Lisäksi kunnollinen taajuuskorjaus parantaa myös äänentoiston laatua. Taajuuskorjaus ei kiinteiden asennusten osalta vaadi myöskään jatkuvia käyttötoimenpiteitä. Sen sijaan kiertotaajuudet muuttuvat usein, kun mikrofonien tai kaiuttimien sijoituksia tai suuntauksia näyttämöllä muutetaan. Korjaus on myös rajallista eikä usein riitä korjaamaan huonon sähköakustisen ja akustisen suunnittelun virheitä. Lisäksi tarvitaan voimakkuustasojen tarkkailua.

9.3.5.3 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajilla (frequency shifter) pyritään vaimentamaan kiertoherkkiä taajuuksia muuttamalla äänen korkeutta eli viritystä. viritystä. Äänen perustaajuuksia lasketaan tai nostetaan hieman, esimerkiksi 4 ... 5 hertsiä, jolloin äänenkorkeuden nousua ei vielä häiritsevästi havaita. Kun äänen korkeutta muutetaan joka vahvistuskierroksella audiojärjestelmässä, eivät kiertoherkät taajuudet pääse vahvistumaan kierroksi. Jos taajuuksia nostetaan esimerkkitapauksessamme 5 hertsiä, nousee 1000 hertsin taajuudella oleva äänes, joka esimerkissämme on kiertoherkki, 1005 hertsin taajuudelle, joka taas ei esimerkissämme ole kiertoherkki. Hyvin kaiuttomassa tilassa väitetään taajuusmuuttajalla saatavan jopa 6 desibelin parannus kiertorajaan.

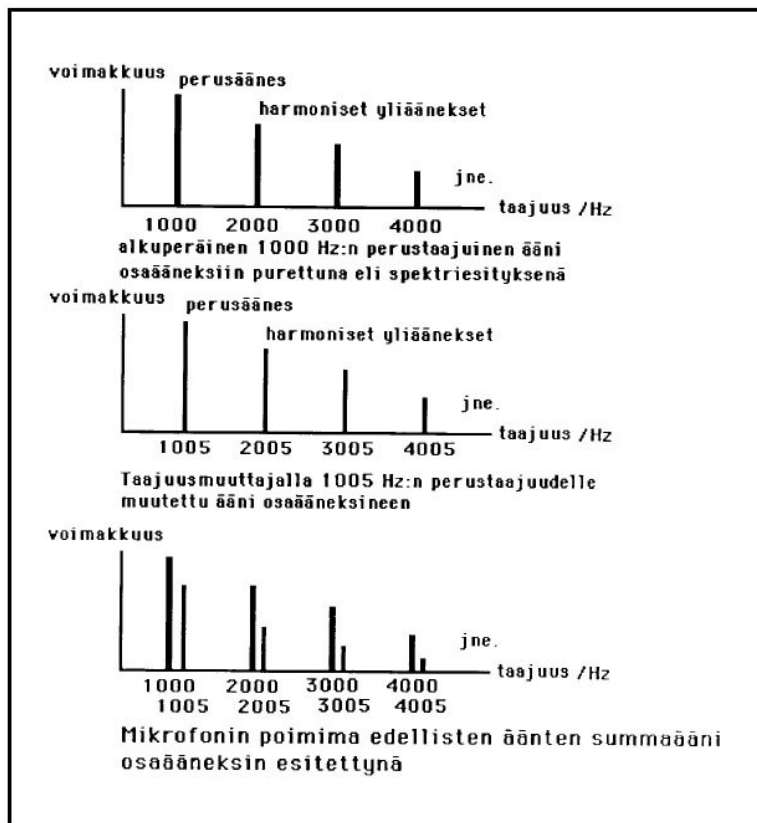
Edellisessä esimerkissämme 1000 hertsin perustaajuinen äänes muutettiin taajuudelle 1005 Hz. Puhtaan ääneksen, siniaallon esiintyminen on luonnossa kuitenkin harvinaista, sillä miltei kaikki kuultavat äänet sisältävät useita eri taajuuksia. Soittimet synnyttävät perusaäneksen lisäksi yliaäneksiä, jotka soittimen rakenteesta ja sen soittovasta riippuen ovat voimakkuudeltaan erilaisia ja antavat kunkin soittimen äänelle oman tunnusomaisen sävynsä. Esimerkiksi kielisoittimissa syntyvät harmoniset yliaänekset, joiden taajuudet ovat 2, 3, 4 jne. kertaa perusaäneksen taajuus. Perusaänes ja siihen liittyvät yliaänekset muodostavat kokonaisuuden eli sävelen. Sävelen sointiväri riippuu osaaänesten määrästä (käytännössä noin 12 ensimmäisellä on ratkaiseva vaikutus sointiväriin) ja niiden keskinäisistä voimakkuussuhteista.

Sovitaan esimerkkinä 1000 hertsin perustaajuinen äänen olevan kielisoittimen sävelen, jolla on harmonisia yliaäneksiä sarja: 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz jne. Tämä muuttuu 5 hertsin taajuusmuutoksella sarjaksi 2005 Hz, 3005 Hz, 4005 Hz jne. Seuraavalla vahvistuskierroksella saamme osaaäneksille uudet taajuudet 1010 Hz, 2010 Hz, 3010 Hz, 4010 Hz jne. Kuultaviin summautuu mikrofonin poimiman alkuperäisen äänen lisäksi kaiuttimien uudelleen mikrofoniiin syöttämä taajuusmuutettu ääni kierros toisensa jälkeen, eli kaikki edellä luetellut osaaänekset.

Kun kaksi tai useampia eritaajuisia ääneksiä esiintyy samanaikaisesti, näiden yhteisvaikutuksesta syntyy uusia ääneksiä eli kombinaatioääneksiä. Tällaisia ovat erotus- ja summaäänekset. Tekniikassa puhutaan mieluummin taajuuskomponenteista kuin osääneksistä. Tekniikan kielellä keskeismodulaation tuloksena syntyy summa- ja erotustaajuuksia (esimerkissämme siis: $1005 \text{ Hz} - 1000 \text{ Hz} = 5 \text{ Hz}$, $1000 \text{ Hz} + 1005 \text{ Hz} = 2005 \text{ Hz}$, jne).

Vaikka sekä harmoniset yliäänokset, taajuusmuutetut osääneokset että mahdolliset särön tai keskeismodulaation tuottamat osääneokset eli taajuuskomponentit olisivatkin huomattavasti heikkotehoisempia kuin alkuperäisen äänen osääneokset, vaikuttavat nämä alkuperäiseen summautuessaan häiritsevästi äänen sointiväriin, joka siis muodostuu juuri osääneosten eli taajuuskomponenttien määrästä ja voimakkuuksista.

Kuva 9.8 Taajuusmuuttajan vaikutus musiikin sointiin



Suurin ongelma lienee silti soinnin epäviireisyys: bassopäässä taajuusmuutettu oktaavi lyhenee paljon (esimerkiksi $50 \text{ Hz} + 5 \text{ Hz} = 55 \text{ Hz}$), diskanttipäässä vähemmän (esim. $10000 \text{ Hz} + 5 \text{ Hz} = 10005 \text{ Hz}$). Kokonaisuudessa sävelkorkeus ei muutu esimerkiksi yhtä sävelaskelta, vaan bassopäässä enemmän ja diskanttipäässä vähemmän.

Tämän ääniopin ja musiikin teorian kertauksen avulla toivottavasti ilmeni miksi taajuusmuuttajaa ei suositella musiikkikäyttöön. Vaikka taajuusmuuttaja on suhteellinen edullinen, käytetään taajuusmuuttajia yleensä vain puheenvahvistusjärjestelmissä, kuten kuulutusjärjestelmissä.

Erityisesti äänenmuokkauskäyttöön on saatavilla digitaalisia, monipuolisia ja korkealaatuisia taajuusmuuttajia eri tuotenimikkeillä, kuten pitch transposer ja harmonizer jne. Niitä voidaan myös käyttää kierron rajoittamiseen samoin rajoituksin kuin edellä musiikin osalta. Nämä toimivat taajuusmuuttajaa musikaalisemmin eli taajuudenmuutos ei ole vakio, vaan määräytyy alkuperäisen taajuuden mukaan.

9.3.5.4 Vaiheenkäännin

Akustinen kiertoahan syntyy, kun alkuperäinen signaali ja kaiuttimesta vahvistettu signaali tulevat mikrofoniiin samenvaiheisina, jolloin ne summautuessaan voimistavat toisiaan joka vahvistuskierroksella. Edellä muuttamalla taajuutta estettiin tämä kasautuva voimistuminen vahvistuskierroksilla. Vaikeutena oli musiikin osalla soinnin värityminen.

Toinen tapa "tappaa" summautuva samenvaiheinen signaali on kääntää sen vaihetta 180 astetta vaiheenkääntimellä (phase inverter). Voitaisiin ajatella, että käännetään kustakin mikrofonista tulevan signaalin vaihe äänipöydän tulokanavan vaiheenkääntimellä, jollainen useimmissa äänipöydissä on. Kun tällöin vastavaiheisten signaalien summasignaali toistetaan kaiuttimella mikrofoniiin, tulee se mikrofoniiin uudelle vahvistuskierrokselle vastavaiheisena alkuperäissignaalin kanssa ja signaalit kumoavat toisensa. Käytännössä tuntuu kuitenkin toivottomalta pitää tilannetta hallinnassa. Missä vaiheessa signaalit summautuvat, riippuu niiden kulkemasta matkasta eli kaiuttimien etäisyyksistä mikrofoneista. Kun signaalia tulee mikrofoniiin (joka vielä liikkuu näyttämöllä) eri kaiuttimista (jotka ovat eri etäisyyksillä) luulisi lopputuloksen kuulostavan levottomalta, jatkuvasti eri tavoin värityvältä, flangeria muistuttavalta efektiltä.

Kaupallisesti on kuitenkin saatavilla vaiheenkääntimenä myytävä laite, joka kääntää kaiuttimiin menevän summasignaalin vaiheen. Vaiheen kääntäminen tapahtuu pulsseittain ja se estää valmistajan mukaan akustisen kierron muodostumista. Laitteen luvataan "normaaliolosuhteissa" aikaansaavan 4 desibelin parannuksen kiertoajaan. Ehkä Suomessa ei ole varaa hankkia tällaista ylellisyyttä tai "normaaliolosuhteita", koska tietämämme mukaan laitetta ei ole Suomeen asti tuotu.

9.3.5.5 Dynamiikan säätimet

Dynamiikan säätimiin kuuluvat laitteet, joilla voidaan vaikuttaa ohjelmamateriaalin voimakkuussuhteisiin eli hiljaisten ja voimakkaiden kohtien välisiin voimakkuuseroihin.

Yksinkertaisin tällainen on äänitarkkailijan käyttämä voimakkuuden säädin eli liuku. Se on myös useimmiten tärkein ja halvin akustisen kierron rajoitin. Sillä akustinen kierto myös lopulta vaiennetaan, jos muut keinot eivät ole riittäneet, ja vahtimestari ei ole jo ehtinyt katkaista sähköjä audiolaitteilta.

Dynamiikan rajoittimella eli limiterillä rajoitetaan äänenvoimakkuus ennalta säädetylle tasolle siten, että laite ei enää nosta signaalin vahvistusta, kun asetettu kynnystaso on ylitetty.

Dynamiikan supistimella eli kompressorilla supistetaan äänenvoimakkuuden kasvua siten, että asetetun kynnystason jälkeen signaalin vahvistus laitteessa pienenee vähitellen äänenvoimakkuuden kasvaessa. Signaalitason nousu laitteen tulossa aiheuttaa kynnystason ylitymisen jälkeen siis lähdössä pienemmän nousun.

Yleensä käytetään yhdistettyjä kompressori- limiteriä, joissa on sekä dynamiikan supistus- että rajoitustoiminta. Säätöarvoista riippuu kumpi laite toimii. Jos kompressiosuhde on 1: 8 (yhden suhde äärettömään), laite toimii limiterinä, jos muu (esim. 1:3), laite toimii kompressorina.

Äänenvoimakkuuden rajoittamisella tietyille tasolle rajoitetaan akustista kiertoa. Samalla suojellaan sekä laitteistoa (varsinkin kaiuttimia) että kuulijoita. Puheessa ei "raaka limitointi" eli dynamiikan jyrkkä rajoittaminen ennalta säädetylle tasolle ole välttämättä kovin pahan kuuloista. Pahemmalta kuulostaa laitteiden suorituskyvyn loppumisesta aiheutuva limitointi, joka kuuluu särönä (niin kauan kun yleensä kuuluu mitään), jos akustinen kierto pääsee irti. Miedompaa rajoittamista saadaan harkiten kompressoimalla. Musiikissaakaan lievä kompressointi ei häiritse pahasti, onhan valtaosa kuulemistamme musiikkiäänitteistä voimakkaasti kompressoituja. Huomattavaa on, että kompressointi ei takaa kierron rajoittumista.

Kunnolliset korkealaatuiset dynamiikan säätimet alkavat olla nykyään suhteellisen edullisia. Silti täytyy olla ammattitaitoinen käyttäjä asettamassa säädöt ohjelmamateriaalin mukaisesti. Huonolaatuiset tai väärin säädetyt laitteet saattavat vääristää äänentoistoa.

9.3.5.6 Kierronrajoittamislaitteet

Eri valmistajilla on varsinaisia kierronrajoittamiseen suunniteltuja laitteita eri tuotenimikkeillä, kuten feedback supressor, acoustic feedback controller, feedback eliminator jne. Niissä voi olla yhdisteltyinä edellä mainittuja toimintoja, kuten muutama imusuodin, matalien ja korkeiden äänien leikkurit, limiteri tai vaiheenkäännin.

"Kierronestimessä" (feedback eliminator) puheviesti, kuten kuulutus, tallennetaan digitaalimuodossa muistiin, josta se toistetaan kuulutuksen valmistuttua. Tällöin kuuluttaja ja kuulijat (kaiuttimet) voivat olla samassa tilassa, koska akustinen kierto on estetty ajallisella viivästyksellä.

Uusimmissa älykkäämmissä kierronestimissä laite tarkkailee taajuustoistoa ja vaimentaa kierron johdosta huomattavasti korostuvia taajuusalueita tai kokonaan toiston voimakkuutta. Laite tekee automaattisesti ennalta säädettyjen asetusten mukaisesti sen, minkä äänitarkkailija spektrianalysaattorilla, taajuuskorjaimilla ja voimakkuussäätimillä.

Nämä eivät ole kuitenkaan yleistyneet. Syinä lienee laitteiden korkean hinnan lisäksi se, että taitavat äänitarkkailijat saavat akustisen kierron pysymään rajoissa muutenkin. Pahimmat kierron syyt saadaan poistettua jo hyvällä ennakkosuunnittelulla. Varsinaiset kierronrajoittamislaitteet lienevät vielä ylellisyyttä maassamme.

9.4 Äänitehosteiden valmistus

Audiotekniikan tavallisin tehtävä teatterissa on tuottaa esitykseen halutun dramaturgisen vaikutuksen yleisössä aikaansaavia "tehoja" eli äänitehosteita (sound effects). Yleistyvä suuntaus on laajentaa tehosteiden käyttö yksittäisistä pistemäisistä tehosteista eli spoteista pidempiin "äänilavasteisiin" ja vaikka koko näytelmän kestäviin äänitaustoihin.

Äänitehosteet yhdentyvät musiikkiin. On määrittelykysymys, onko jokin kuulijoille esitettävä ääni musiikkia vai äänitehoste. Muusikko voi usein tehdä ja soittaa tarvittavat tehosteet - varsinkin edempänä käsiteltävän nykyteknologian avulla. Toisaalta äänimestari voi tehdä ja soittaa laitteillaan näytelmään äänitaustan, jota voidaan täysin perustellusti kutsua näyttämömusiikiksi. Näytelmän äänimaailmaa ovat yhdessä luomassa esiintyjät, muusikot ja ääniteknikot kulloisenkin tarkoituksen mukaisella työnjaolla.

Ennen sähköisen audiotekniikan kehittymistä äänitehosteet tuotettiin mekaanisesti, näyttelijöiden tai näyttämömiesten käyttämällä apuvälineillä, kuten tuulikoneilla, sadetta herneillä, kavionkopsetta kookospähkinän kuorilla. Tämä on vieläkin paljon käytetty menetelmä elokuvien ja radiokuunnelmien äänitehosteita tehtäessä, eikä mitenkään hylättävä tapa myöskään nykypäivän teatterissa.

Esiintyjien tuottamaa ääntä voidaan myös käyttää tehosteina suoraan esityksessä sellaisenaan tai sopivasti muokkaamalla, jolloin ääni täytyy poimia mikrofonilla audiojärjestelmään ja toistaa kaiuttimilla takaisin saliin. Lintua taitavasti matkiva näyttelijä voi vislata tehosteen verhon takaa. Äänitettyä linnunlaulua voitaisiin myös toistaa verhon taakse sijoitetusta kaiuttimesta. Näyttelijä pystyy kuitenkin sovittamaan tehosteen kulloisenkin esityksen mukaan. Nauhalta ajettavaa tehostetta on vaikeaa muokata kesken ulosajoa. Näyttelijän ääntä muokkaamalla saadaan lisää tehoa. (Esimerkiksi näyttelijän takanäyttämöllä esittämää suden ulvontaa sopivasti kaiuttamalla). Konstit ovat monet, kun ei päästä tekniikkaa rajoittamaan mielikuvitusta.

Äänitehosteita on saatavilla valmiina tehostelevysarjoina, nauhoina ja CD- kirjastoina. Tehosteita saa myös tilata minuuttitaksalla Yleisradion erikoistuotannosta Tehostosta. Kuitenkin useimmiten "purkitetut tehosteet" kelpaavat ainoastaan pohjamateriaaliksi, josta muokataan lopullinen "siihen juttuun sopiva" tehoste. Esimerkiksi erikoistuotannon tehostearkistosta löytyy tuulta monta kymmentä erilaista äänitettä. Miten kukaan pystyy puhelimitse tai kirjeitse valitsemaan juuri sen oikean siihen näytelmään sopivan tuulen?

Usein autenttinen, todellinen äänite ei saa kuulijassa aikaan toivottua vaikutelmaa. Mikäli näyttämölle esimerkiksi toistettaisiin todellinen moottoritien pauhu, olisi dialogista vaikeaa saada katsomossa selvää. Moottoritien tunnelma saavutetaan useimmiten todellisuutta hiljaisemmalla tehosteella, jolloin kuulijan mielikuvitus ja ajattelumallit täydentävät puuttuvaa. Teatterissa ei muutenkaan jäljitellä todellisuutta, joten miksipä sitten tehosteiden pitäisi olla mahdollisimman todellisia.

Useimmiten äänitehosteet on lopullisesti itse tuotettava, jotta saa mitä haluaa eli mitä näytelmä vaatii. Pidempiä äänitaustoja ei luonnollisestikaan edes ole saatavilla.

Jollei tehoste synny näyttelijöiden voimin näyttämöllä tai näyttämömiesten keinoin näyttämön takana, on se tehtävä audioteknisillä laitteilla. Niitä ovat:

- ohjelmalähteet: nauhuri, levysoitin, CD-soitin, viritin, syntesoija jne
- soittimet tehosteiden tekoon: syntesoija, sampleri jne.
- mikrofonit
- tallennus- ja editointilaitteet: erilaiset nauhurit (kaksiraita-, moniraita-, kannettavat) ja erilaiset nauhan editoinnissa tarvittavat apuvälineet (nauhaleikkuri jne.)
- ääniohjaimet: äänipöytä, työasema, ristikytKentä, kauko-ohjain, valintamatriisit jne.
- äänenmuokkaimet: taajuuskorjain, kaikulaite, viivelaite, dynamiikan säätimet, kohinan rajoittimet, taajuuden muuntimet jne.
- tarkkailulaitteet: tarkkailuvahvistin, tarkkailukaiutin eli monitori, kuulokkeet, mittarit jne.

Tarvitaan myös kunnolliset äänitys-, työskentely- ja tarkkaamotilat. Usein äänitehosteet joudutaan tekemään ahtaassa ja akustisesti vaativaan kuunteluun sopimattomassa äänitarkkaamossa, joka toimii samalla ulosajotarkkaamona. Tarkkaamo on vielä usein yhteinen valopuolen kanssa, joten rauhaa keskittyneeseen työskentelyyn ja varsinkin taustamelu häiritsee tarkkailukuuntelua. Äänitykset joudutaan tekemään näyttämöllä, varastohuoneissa tai missä tahansa, missä vähänkin hiljaisen tilan hetkeksi käyttöön löytää.

Parempi ratkaisu olisi erillinen ulosajotarkkaamo ja erillinen äänistudio. Äänistudiossa tulisi olla vielä äänieristetty ja akustoitu äänitystila sekä varsinainen tarkkaamo/ työskentelytila erikseen varsinaisten kaupallisten äänitysstudioiden ja radioiden äänittämöiden tapaan.

9.4.1 MIDI - musiikkiteknologia äänitehosteiden teossa

Äänen tallentaminen digitaalisessa muodossa massamuistiin avaa teatteriaudiotekniikan kannalta aivan huikaisevia näkymiä sekä tehosteiden muokkaamiseen että ulosajoon. Äänen muokkaus muuttuu ohjelmoinniksi ja matematiikaksi. Signaalin vahvistaminen on kertolaskua ja vaimentaminen vastaavasti jakolaskua. Esimerkiksi pienellä ohjelmapätkällä, joka sisältää mm. derivointia, saadaan luotua lähes

absoluuttisen jyrkkä taajuussuodin. Siksi lienee paikallaan paneutua hetkeksi uuteen musiikkitekologiaan.

Ratkaiseva askel digitaaliäänitekniiikan ja tietotekniikan soveltamisessa musiikintekoon tapahtui 1980- luvun alkupuolella, jolloin laitevalmistajat pääsivät sopimukseen standardista, joka mahdollistaa eri tuotteiden yhteensopivuuden. Syntyi "Musical Instrument Digital Interface" - MIDI- laite- ja ohjelmistostandardi tietokoneiden ja soitinten välisten ohjaukkoodien digitaaliseen sarjamootoiseen tiedonsiirtoon. Pian alkoi markkinoille tulla toinen toistaan suorituskykyisempiä ja laajojen tuotantosarjojen ansiosta melko edullisia MIDI-yhteensopivia laitteita sekä niitä ja mikroja hyödyntäviä erilaisia sävellys-, sovitus-, äänenmuokkaus- ja nuotinosohjelmistoja.

Korostettakoon, että "MIDI" on vain sopimus käytettävistä ohjaukkäskyistä, niitä vastaavista sähköisistä signaaleista ja siirtoväylistä. MIDI- tieto kulkee omia johtimiaan pitkin täysin erillään varsinaisista audio- eli äänikanavista.

MIDIä totelevien laitteiden selvin ulkoinen tuntomerkki on 5- napaisin DIN- liittimin toteutetut MIDI IN-, OUT- ja THRU- liittynät. MIDI- tiedon avulla pystytään ohjaamaan analogisia syntetisaattoreita, digitaalisten syntetisaattoreiden soittoa, äänenväriin vaihdoksia ja editointia, kaikulaitteiden kaikutyyppejä, rytmikoneiden ja sekvensserien esitystempoa ja sekvenssien esitysjärjestystä, näytteenottimien eli sänplereihin digitoitua ääntä sekä eräitä miksaus- ja äänenmuokkauslaitteita.

Ääntä MIDI-ympäristössä työstettäessä tehdään seuraavia temppuja. Ääninäyte poimitaan mikrofoniilla sänpleriin. Ääni voidaan ottaa myös suoraan sähköisenä analogisena tai digitaalisena signaalina talenteelta tai soittimelta, kuten levyiltä tai syntesoijalta.

Ensin äänisignaali digitoidaan eli muutetaan digitaaliseen muotoon. Yleisimmin tähän käytetään pulssikoodimodulaatiota (PCM). Siinä äänisignaalin voimakkuudesta otetaan riittävän tiuhaan näytteitä - tyypillisesti 44,1 kHz:n taajuudella eli 44100 kertaa sekunnissa. Signaalin voimakkuus näytteenottohetkellä kvantisoidaan eli arvostetaan. Saatu tieto koodataan jonoksi bittejä. Mitä enemmän on bittejä, sen tarkemmin signaali kvantisoidaan. Esimerkiksi 8-bittisessä systeemissä jakovälejä on 256 ja 16-bittisessä jo 65536.

Bittimäärän kasvaessa paranee tarkkuuden lisäksi signaalikohinasuhde sekä säröarvot. 8-bittisessä systeemissä teoreettinen signaalikohinasuhde on 48 desibeliä ja 16-bittisessä 96 desibeliä, kun dynamiikka-alue hiljaisimmasta kuultavasta äänestä kipurajalle on noin 130 desibeliä.

Bittijono tallennetaan sänplerin työmuistista varastoon tietovälineelle, jona käytetään usein 3,5:n tuuman tietolevykettä eli "korppua". Ongelmana on toistaiseksi tallennusvälineiden muistikapasiteetin vähäisyys suhteessa äänen digitaalisessa muodossa vaatimaan tilaan. Yhden sekunnin pituisen äänen tallentamiseen tarvitaan esimerkiksi 44,1 kHz:n näytteenottotaajuudella 16-bittisessä järjestelmässä 705600 bittiä eli 88200 8-bitin tavua (byte) eli noin 86 kilotavua

muistitilaa. Korpulle mahtuu tyypillisesti 800 kilotavua (ktavu, kB) eli runsaat 9 sekuntia (s) ääntä, uudemmille 1,4 megatavun (Mtavu, MB)korpuille jo ruhtinaallisesti 16 sekuntia. Kiintomuistilevyille eli kovalevyille saadaan tallennettua enemmän tietoa. Esimerkiksi 40:n megatavun kovalevyille mahtuu ääntä jo noin 8 minuuttia, 1024 megatavun kovalevyille (Gtavu, GB) kovalevyille yli 3 tuntia 22 minuuttia monona tai yli tunti 40 minuuttia stereona.

Kun ääninäyte halutaan toistaa, haetaan muistista tieto alkuperäisestä äänestä ja se muutetaan suhteellisen yksinkertaisella tekniikalla takaisin analogiseen muotoon toistolaitteistoon syötettäväksi.

Digitaaläänitekniikassa on kolme tärkeää toisiinsa vaikuttavaa tekijää: näytteenottotaajuus, joka määrää äänen ylärajataajuuden, bittijonon pituus, joka vaikuttaa äänen laatuun, sekä käytettävä muistitila, joka rajoittaa tallennettavan ääninäytteen pituuden. Näistä yritetään muokata kulloiseenkin tarpeeseen soveltuva kombinaatio, joka on useimmiten kompromissi halutun laadun, tarvittavan pituuden ja käytettävissä olevan muistitilan välillä.

Esimerkiksi erään samplerin näytteen enimmäispituudeksi ilmoitetaan 52 kilohertsin ylärajataajuudella 20 sekuntia ja 6 kilohertsin rajoitetulla kaistalla 167 sekuntia, kun kuuloalue ulottuu noin 16 hertsistä 20 kilohertsiin, eräiden tutkimusten mukaan jopa 27 kilohertsiin. Matalia ääniä samplattaessa voidaan siis näytteen pituutta lisätä luopumalla korkeimmista taajuuksista. Siksi useimmissa sämpöereissä on näytteenottotaajuus ja siten kaistaleveys valittavissa.

Äänen muokkaus ja ohjausohjelman teko sekvensserille tapahtuu nykyisin useimmiten mikrotietokoneella. Sen käyttäjäliityntä on kätevä: pöydällä liikutellaan niin sanottua hiirtä, jolla valitaan halutut toiminnot näyttöruudun osoittimen ja kuvasymbolien avulla. Symboliikka on eri sävellys-, sovitus-, äänenmuokkaus- ja nuotinosohjelmissa musiikkimaailman mukainen.

Ohjelmien käyttö teatterityössä vaatii äänimestarilta hyvää musiikin teorian tuntemusta ja melkoisesti vaivaa ja mielikuvitusta äänitehosteiden kääntämiseen musiikin kielelle.

9.5 Äänitehosteiden toisto yleisölle

Valmistetut äänitehosteet on välitettävä yleisölle eli "ajettava ulos". Toistettavan ääniohjelman piirteitä ovat voimakkuus, dynamiikka, ymmärrettävyys, kattavuus, paikantuminen ja tilan tuntu. Näiden elementtien avulla luodaan toistossa äänidramaturgiaa eli haluttu vaikutus yleisöön. Tärkeää on luonnollisesti kunnollinen ääniohjelma ja sen virheetön (häiriötön ja kohinaton) toisto.

Perinteisesti tehosteet on äänitetty nauhan pätkille, jotka on koostettu ulosajoa varten samalle kelalle välinauhoin eroteltuna. Välinauhoina käytetään värillisiä merkkinauhonjia tai valoa läpäisevää tai heijastavaa pysäytysnauhaa, mikäli nauhurissa on optinen pysäytys. Mikäli

halutaan ajaa eri tehosteita toisistaan riippumattomina, täytyy käyttää vastaavasti useampaa nauhuria.

Nauhaulosajon huonot puolet ovat mekaanisesta toiminnasta johtuvia: nauhojen kuluminen, katkeileminen ja venyminen, oikean nauhakohdan hakemisen hitaus sekä nauhan käynnistymisen ja pysähtymisen viiveet. Tehostetta ei voi myöskään pidentää tai nopeuttaa sävelkorkeuden muuttumatta kesken ulosajon - paitsi taajuudenmuuntimella (harmonizer, pitch transposer) vastaavasti korjaten.

Hyvänä puolena (joka pitää nauhat tehosteiden ulosajossa käytössä) on "massan hitaus": nauhureita ja nauhoja on vielä niin runsaasti, että ne kannattaa käyttää loppuun, ja koska niitä käytetään yleisesti, täytyy varautua ainakin vierailijoiden nauhojen soittoon. Ratkaisevin syy lienee ainakin toistaiseksi nauhattomien systeemien kalleus ja osin yhteensopimattomuus.

Teatterikäyttöön tarkoitettuja tietokoneavusteisia äänitehosteiden ulosajojärjestelmiä, joissa ääni on analogisessa muodossa ja tallennettuna tavalliselle ääninauhalle, on markkinoilla ollut jonkin aikaa. Näissä järjestelmissä mikrotietokone toimii ohjauskeskuksena, jonka avulla hallitaan nauhureita, voimakkuustasoja ja reitityksiä sekä kaiutinvalintamatriisia.

Tulossa myös teatterikäyttöön ovat "nauhattomat" järjestelmät, joissa äänisignaali varastoidaan digitaalisessa muodossa kiintolevymuistiin. Tällaisia erilaisia "äänityöasemia" on mm. elokuva- ja videoäänen jälkikäsitellyssä ollut käytössä jo jonkin aikaa. Järjestelmän hienoukseen saattaa kuulua lisäksi moottoriohjatut liukusäätimet. Liu'ut liikkuvat ulosajossa mikron ohjaamina, mutta miksaaja voi myös itse halutessaan "siirtyä lennossa puikkoihin".

Lisäksi on lukuisia lähinnä musiikki- ja studiokäyttöön tarkoitettuja mikrotietokoneen ympärille rakennettuja systeemejä, joilla voidaan automatisoida miksausta (ja joissain muokata ääntä digitaalimuodossa), mutta ne eivät sovellu suoraan ulosajokäyttöön.

Toinen ratkaisutapa on ottaa muusikoille tarkoitettuja MIDI-ympäristön näytteenotto-soittimia (sampling keyboard eli sämpleri eli sämpylä) äänitehostekäyttöön. Tällöin laitteen muistiin digitaalisessa muodossa tallennettuja tehosteita voidaan ulosajaa soittamisen tapaan koskettimistolla.

Etuna samplerin käytössä on nauhatehosteiden käyttöön verrattuna se, että tehosteet saa ajettua ulos välittömästi ja mielivaltaisessa järjestyksessä. Jokaisen koskettimen saa ohjelmoitua soittamaan eri ääninäytteen. Saman koskettimen taakse saa pinottua päällekkäin jopa kahdeksan eri tehostetta, joiden valinta tapahtuu kosketusvoimakkuudella. Äänimestari voi samplerilla soittaen säestää näyttämötapahtumia kuin pianistit mykän elokuvan aikana.

Haittoina samplerin teatterikäytössä on vielä ääninäytteiden keston rajoittuminen pariin sekuntiin. Pitkään soivista äänimattomaisista tehosteista, kuten tuulesta tai sateesta, voidaan tosin tehdä nauhasil-

mukan tapainen äänisilmukka eli luuppi, jossa samaa näytteenpätäkää toistetaan, kunnes toisin käsketään.

Ajan kysymys on milloin markkinoille saadaan kohtuuhintainen erityisesti teatterikäyttöön suunnittelu nauhaton tehosteiden teko- ja ulosajojärjestelmä, jossa käyttäjäliityntä olisi tehty äänimestarin työtavan mukaiseksi. Sitä odotellessa on yritettävä soveltaa teatterikäyttöön rahakkaille musiikki- ja studiomarkkinoille suunnattuja tuotteita, joista tällä hetkellä näyttää MIDI-ympäristö tuovan edullisimmat myös teatterikäyttöön sopivat työkalut.

MIDI-ympäristössä ohjaustieto voidaan tallentaa eräänlaisen digitaalinauhurin eli ns. sekvensserin (MIDI data recorder) muistiin, johon ei tallenneta itse ääntä. Ulosajossa sekvensseri ohjaa nämpereitä, rytmikoneita, syntikoita, mikseriä, kaikulaitteita ja muita tarvittavia äänilaitteita, jotka tuottavat ja muokkaavat halutut äänitehosteet. Sekvensseriä käytetään jo tehosteiden valmistamiseen, mutta tehosteet äänitetään vielä kelanauhurille ulosajettavaksi. Sekvensseriä ei ole vielä kokeiltu itse tehosteiden ulosajoon teatterissa, sillä siihen erityisesti suunniteltua laitetta ei ole vielä saatavana.

Ulosajossa tehosteet saadaan kutsuttua nopeasti massamuistista, muokattua ja ohjattua haluttuihin toistojärjestelmän kanaviin sopivien tasoin. Ohjaus voidaan työstää etukäteen rauhassa kokeilemalla ja tallentaa muistiin ohjausohjelmaksi. Itse esityksessä kutsutaan muistista käyttöön haluttu ohjelmanpätkä, joka hoitaa tarvittavat toimenpiteet. Näin monimutkaisia äänitehosteiden ulosajotilanteita saadaan askellettua tietokonevalopöytien tapaan.

Tehosteita voidaan MIDI-ympäristössä myös ajaa tosiaikaisena koskettimiston avulla, kuten alussa todettiin. Tällöin vaatii melkoista totuttelua muistaa mikä tehoste on minikin koskettimen takana, varsinkin kun saman koskettimen alla voi olla useita painallusvoimakkuudella valittavia tehosteita. Kokemusten mukaan tämä ei ole kuitenkaan ylipääsemätön ongelma.

Toistoon yleisölle tarvitaan audiotekninen järjestelmä, jonka osia ovat:

- ohjelmälähteet: ulosajonauhurit, levysoitin, CD-soitin jne. Tavallisesti ulosajettava ohjelma on koottu ääninauhoille, jotka toistetaan tarvittavalla määrällä nauhureita, tai moniraitanauhalle.
- ääniohjaimet: tietokoneavusteinen tehosteajojärjestelmä, äänipöytä, ristikytkentä, kauko-ohjaimet, valitsimet jne.
- äänenmuokkaimet: taajuuskorjaimet, dynamiikan säätimet, kaikulaitteet, viivelaitteet jne.
- toistolaitteet: tehovahvistimet, kaiuttimet
- toistolaitteet: tehovahvistimet ja kaiuttimet
- tarkkailulaitteet: tarkkailuvahvistimet ja -kaiuttimet, kuulokkeet, mittarit jne.

9.6 Näyttämöäänänen seuranta muissa tiloissa

Hyvä saliäänänen tarkkailujärjestelmä on elintärkeä äänitarkkailijan kannalta. Mikään ei silti korvaa suoraa näkö- ja kuuloyhteyttä näyttämölle. Äänitarkkaamosta käsin tapahtuvaa tarkkailun varten rakennetaan usein oma seurantajärjestelmä, joka käsittää yleensä omat tarkkailumikrofonit, Niitä, sijoitetaan sekä saliin (jotta saataisiin sama kuulovaikutelma kuin yleisöllä on salissa) että näyttämölle (jotta saataisiin näyttämötapahtumat, kuten iskut eli avainrepliikit, toistettua tarkkaamoihin ja muihin haluttuihin tiloihin). Tarkkailutoistoon käytetään joko äänipöytää ja tarkkaamon tarkkailuvahvistimia ja -kaiuttimia tai erillistä pikku mikseriä, vahvistinta ja kaiuttimia.

Eräs tapa on tarkkailla kolmen kaiuttimen avulla. Keskimmäisestä kuunnellaan äänipöydän sooloa ja laitimmaisista stereona joko äänipöydän lähtöä tai salia. Kokeiltu on myös neljän kaiuttimen kuuntelua. Tarkkailija on yritetty ikään kuin siirtää saliin. Hän istuu tarkkaamossa neljän kaiuttimen keskellä, joihin ääni poimitaan salista vastaavasti neljällä salin keskelle sijoitetuilla kulmia kohden suunnatuilla mikrofoneilla. Valitettavasti vain mikrofoneihin vuotaa sekä tilan pinnoista heijastunutta ääntä että suoraa ääntä myös muiden mikrofonien revireiltä, eikä kuuntelu ole riittävän erottelevaa.

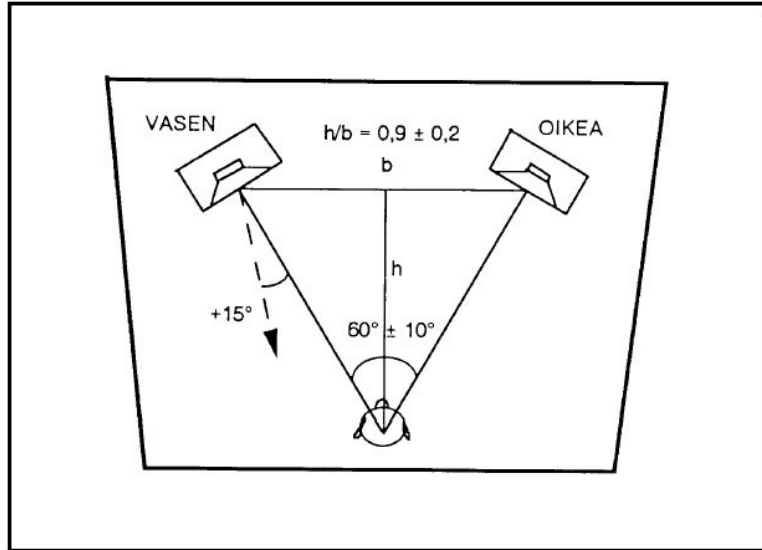
Toinen tapa siirtää kuulija saliin on käyttää saliin sijoitettavaa keinopäätä. Se on ihmisen pään jäljitelmä, jossa korviin on rumpukalvojen kohdalle asennetut mikrofonit. Tällä päästään melko lähelle todellista kuulovaikutelmaa. Saivarrellen voisi sanoa, että kuulovaikutelma riippuu pään ja etenkin korvalehtien koosta ja muodosta sekä sijaintipaikasta salissa. Keinopäällä päästään siis parhaimmillaan yhden kuulijan asemaan. Keinopään käyttöä estävät taloudelliset ja visuaaliset ongelmat: mikä katsojapaikka uhrataan keinopäälle vai ripusteaanko se ilmaan?

Saatava tarkkailutulos on useimmiten riittävä äänitehosteiden ulosajoa varten, varsinkin, jos kuunteluvoimakkuus tarkkaamossa kalibroidaan salissa yleisön kuulemaa äänitasoa vastaavaksi. Musiikin äänitarkkailuun sen sijaan tällainen teknillinen tarkkailujärjestelmä on kuitenkin harvoin riittävän laadukas ja todellisuutta kertova.

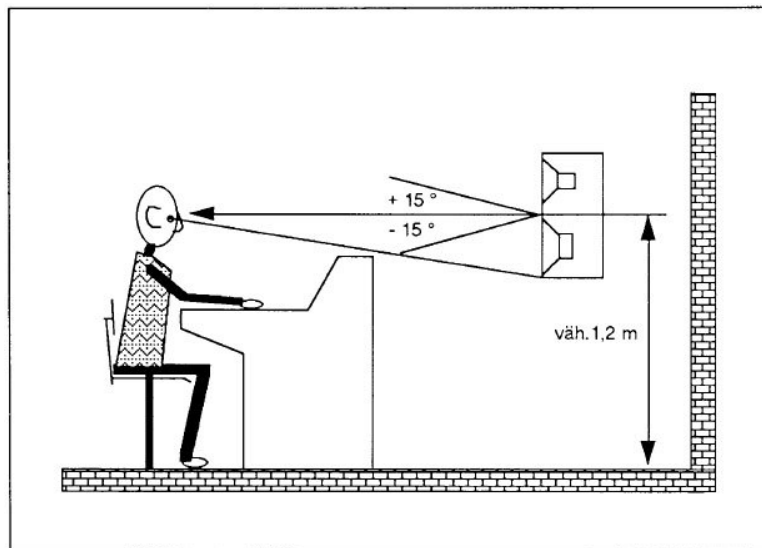
Sen sijaan seurantajärjestelmä on useimmiten riittävä muun henkilökunnan näyttämötapahtumien seuraamista varten. Tähän tarkoitukseen rakennetaan teatteriin oma audiojärjestelmä tai seuranta on yhdistetty keskusradiojärjestelmään. Näyttämöäänänen poimitaan omilla (tavallisesti näyttämön yläpuolelle sijoitettavilla) mikrofoneilla, koska halutaan näyttämötapahtumista nimenomaan puhe eli näyttelijöiden repliikit selkeästi esiin. Tämä seurantaohjelma jaellaan tiloihin, jossa esiintyjät oleskelevat ja odottelevat esiintymisvuoroaan. Keskusjohtoisessa teatterissa voidaan seurantajärjestelmään yhdistää järjestäjän (stage manager) komennot esiintyjille.

Suoran näköyhteyden puute korvataan nykyisin usein videomonitorinnilla. Esimerkiksi kapellimestari voi seurata orkesterimontussa näyttämötapahtumia videomonitorista.

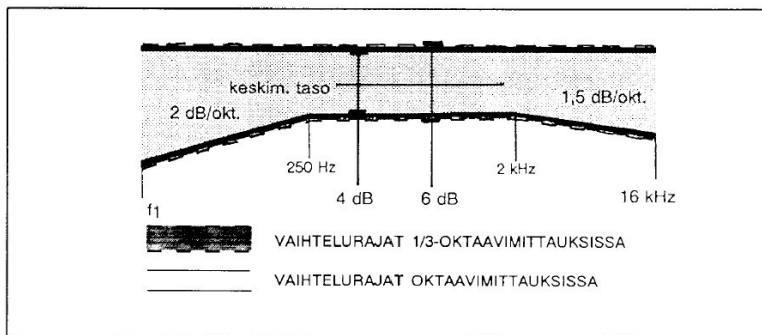
Kuva 9.9 Tarkkailukaiuttimien sijoitus pohjoismaisten radioyhtiöiden suosituksen N 12 mukaan (pohjakuva)



Kuva 9.10 Tarkkailukaiuttimien sijoitus pohjoismaisten radioyhtiöiden suosituksen N 12 mukaan (leikkaus)



Kuva 9.11 Tarkkailukuuntelun taajuustoiston vaatimus pohjoismaisten radioyhtiöiden suosituksen N 12 mukaan



Huomattavaa on, ettei saliäänipöydällä miksattavaa saliääniohjelmaa yleensä voi syöttää seurantaohjelmalla muihin tiloihin. Saliäänijärjestelmällä nimittäin muodostetaan yhdessä puhtaasti yleisölle akustisesti kuuluvan äänen kanssa saliin tasapainoinen ääniohjelma. Saliääniohjelma on siis korjausohjelma akustiselle saliäänelle, eikä se

yksinään anna oikeaa kuvaa. Seurantaohjelman voi miksata äänipöydällä omana, saliaänestä riippumattomana ohjelmanaan, mutta se on useimmiten käyttötekniisesti vaikeaa. Parempi ja turvallisempi ratkaisu on itsenäinen seurantajärjestelmä omine seurantamikrofoneineen, mikserineen, siirtolinjoineen, vahvistimien ja kaiuttimien.

Seurantajärjestelmään tarvitaan seuraavia audiojärjestelmän osia:

- mikrofonit: erityiset seurantamikrofonit tai haaroitus muista mikrofoneista
- äänihojaimet: äänipöydän tarkkailukanavia tai erillinen pikku mikseri, ristikytkentä jne.
- äänenmuokkaimet: taajuuskorjaimet, dynamiikan säätimet automaattiseen tasonrajoitukseen jne.
- ohjelmansiirtoverkosto: ohjelmansiirto keskusradioon tai oma kaiutinverkosto
- toistolaitteet: tehovahvistimet ja kaiuttimet, jotka usein varustetaan ohjelmanvalitsimilla, jos ohjelmaa tulee useammasta tilasta, voimakkuuden säätimet eli seurantakaiutinverkosto

tarkkailulaitteet: tarkkailuvahvistimet ja -kaiuttimet, kuulokkeet, mitarit jne.

9.7 Näyttämöäänänen tallointi

Äänitallenteen teknillinen ja sisällöllinen laatuvaatimustaso riippuu tallenteen tulevasta käytöstä, kuten onko tallenne tarkoitettu vain omaa arkistointia varten vai julkaistavaksi. Esimerkiksi videotallennuksen ääniraita ja itsenäinen ääniohjelma eroavat toisistaan ratkaisevasti halutun sisällön ja jonkin verran myös laatuvaatimusten suhteen.

Äänityksessä käytetään joskus lähimikrofoniteknikkaa, varsinkin, jos kyseessä on musiikkiäänitys. Tällöin lähes jokaista äänilähdettä varten on oma mikrofoninsa. Stereosumma miksataan äänipöydälle tai signaalit tallennetaan moniraitanauhurille omille raidoilleen myöhempää miksausta ja muokkausta varten.

Mikäli esiintyjien ääni olisi saatava myös saliaänenjärjestelmään, ei kannata laittaa erikseen jokaiselle äänilähteelle mikrofonia jokaista audiojärjestelmää kohden. Esiintyjät sotkeutuisivat mikkikaapeleihin ja telineisiin eivätkä tietäisi mihin mikkiin laulaa tai soittaa.

Kätevämpää on käyttää vain yhtä mikrofonia äänilähdettä kohden ja haaroittaa signaali eri järjestelmiin: äänitykseen, salitoistoon, monitorointiin, seurantajärjestelmään jne. Haaroitus voidaan tehdä joko passiivisesti muuntajilla tai aktiivisesti jakeluvahvistimilla. Mikäli äänityksen suorittaa radio- tai televisioyhtiö on näillä usein mukanaan haaroituspaketit haaroittamista varten. Hyvä on myös itse varata käyttöön edes muutama haaroitusmuuntaja tai jakeluvahvistin. Näille on usein käyttöä esimerkiksi monitorointiin tai seurantaan haaroittamisessa. Signaalin haaroittamisen lisäksi haaroitusmuuntajalla saadaan nimittäin galvaaninen erotus, jolloin maalenkin syntyminen järjestelmien välille tätä kautta estyy samalla.

Huomioon on otettava myös tekijänoikeudelliset kysymykset. Äänitykseen on saatava esiintyjiltä lupa ja äänitteen käytöstä suoritettava asianmukaiset korvaukset sekä tekijöille että esittäjille.

Esitysten taltioinnissa ollaan siirtymässä videointiin, jossa kuvan lisäksi äänen osuus on merkittävä. Tämä tulee asettamaan uusia vaatimuksia näyttämöään taltioinnille videoinnin osalta.

Näyttämöään taltiointiin tarvittavia audiojärjestelmän osia:

- mikrofonit: erityiset äänitysmikronit tai ohjelman haaroitus muista mikrofoneista
- ääniohjaimet: erillinen pikku mikseri tai nauhurin säätimet, ristikytkentä jne.
- äänimuokkaimet: mikserin tai nauhurin taajuuskorjaimet, dynamiikan säätimet, kohinan rajoittimet jne.
- taltiointilaitteet: nauhurit
- tarkkailulaitteet: tarkkailuvahvistimet ja -kaiuttimet, kuulokkeet, mittarit jne.

9.8 Tiedotus esiintyjille (kuiskaus, komento)

Kesken esitystä tapahtuvaa tiedottamista esiintyjille, kuten unohtuneiden vuorosanojen kuiskausta tai äänitarkkailijan tai järjestäjän ohjeita, on vaikeaa järjestää huomaamattomasti eli siten, että kohde kuulee viestin, mutta yleisö ei.

Kuiskausten osalta tilanne on hallinnassa useimmiten kun kuiskausta tarvitaan eli harjoitusten aikana. Silloin kuiskaaja voi istua rauhassa katsomossa eturivillä kuiskaamassa. Esitysten ajaksi kuiskaajaa on vaikeaa sijoittaa siten, että hän näkee koko näyttämön, pystyy akustisesti kuiskaamaan riittävän selvästi suuremmillakin näyttämöillä ja on lisäksi vielä poissa yleisön näkyviltä.

Eräissä vanhoissa teattereissa asia on ratkaistu siten, että kuiskaajalle on oma puoliavoin tilansa etunäyttämöllä. Tila on avoin näyttämölle päin, mutta kuiskaaja on kupunsa takana katsojilta piilossa. Nykyteattereissa halutaan koko etunäyttämö jättää vapaasti käyttöön, eikä tämä ratkaisumalli ole siksi mahdollinen.

Eräs ratkaisu on sijoittaa kuiskaaja omaan koppiinsa, kuiskaamoon muiden tarkkaamoiden lähettyville, ja järjestää kuiskaajalle näyttämötapahtumien seuranta kaiuttimilla. Jollei näköyhteys ole riittävä voidaan sitä tukea videomonitoroinnilla. Kuiskaajalle annetaan käyttöön oma komentojärjestelmänsä: mikrofoni, tasonsäädin, kaiutinvalitsin ja kaiutinverkosto.

Harjoitusvaiheessa ja kun audiolaitteistoa pystytetään ja sen sointia tarkistetaan (soundcheckissä) on äänitarkkailijalle avuksi komentojärjestelmä (Talk Back = TB = takaisin puhe eli ohjeet lavalle). Käyttö on ongelmaton, koska yleisöä ei ole vielä paikalla. Äänitarkkailija säästyy juoksemasta lavalle ohjeita antamaan tai huutamasta ään-

tänsä käheäksi. Esitysten aikana komentojärjestelmän käyttö on luonnollisesti vaikeaa niin, että se ei häiritse yleisöä.

Tiedoitusjärjestelmään kuuluvia audiolaitteita:

- kuulutusmikrofonit
- ääniohjaimet: tavallisesti äänipöydässä komentomikrofoni tai kuulutuskojeen tapainen laite, jossa on kuulutuskytkin, voimakkuudensäädin ja kaiutinvalitsin
- toistolaitteet: tehovahvistimet ja kaiuttimet
- tarkkailulaitteet: lähinnä kuulokkeet ja mittarit

9.9 Yhteydenpito (Intercom)

Teknillisen henkilökunnan työskentelyn kannalta erityinen yhteydenpitojärjestelmä on elintärkeä. Se korvataan usein pikapuhelinjärjestelmällä, joka ei ole tarpeeksi liikkuva, ei mahdollista kädet vapaana -toimintaa ja jonka käyttö esityksen aikana saattaa häiritä yleisöä. Nykyisin on tosin saatavilla monipuolisia pikapuhelinlaitteistoja, joiden kojeisiin voidaan kytkeä kuulokemikrofoniyhdistelmä, jolloin kädet vapaana -toiminta on mahdollista.

Myös esityskäyttöön on yleistymässä yleisradio- ja tv- tekniikassa pitkään käytössä ollut erillinen, itsenäinen kaksisuuntainen intercom-järjestelmä. Siihen kuuluu pääkoje virtalähteineen, johtoverkosto (jona usein käytetään mikrofonilinjoja) ja sivuasemat. Sivuasemat koostuvat vyöasemasta, jossa on kutsuvilkku, puhe/kutsukytkin ja voimakkuudensäädin ja "headsetistä" eli kuulokemikrofoniyhdistelmästä.

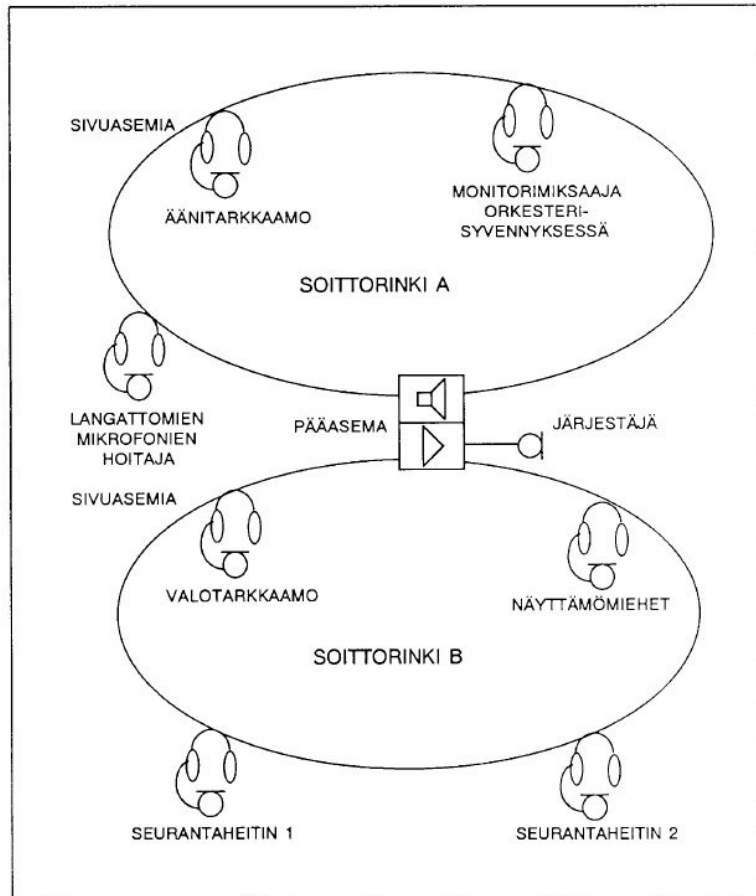
Intercomissa on usein mahdollista muodostaa järjestelmään kaksi tai useampiakin "soittorinkejä" (ring). Tällöin voivat jatkuvasti keskenäistä yhteyttä tarvitsevat olla omassa piirissään ja pääkeskuksesta voidaan piiriin kytkeä tarvittaessa yleiskutsut tai puheyhteys muista piireistä. Anglosaksisessa "keskusjohtoosessa" teatterissa on tavallista, että stage manager, järjestäjä on pääkeskuksena. Omina puhepiireinään ovat esim. valopuoli ja äänipuoli. Intercom voidaan toteuttaa myös pikapuhelinjärjestelmällä edellä mainituin puuttein.

Musiikkipuolella intercom on laajalti käytössä yhteydenpitoon saliaänitarkkailupisteen ja lavan välillä miksaajien ja lavaroudarien välillä. Järjestelmä on hyödyllinen varsinkin soundcheckin aikana, jolloin salimiksaaja voi organisoida toimintaa lavalla salista käsin (esim. mikrofonien tarkistusjärjestyksen) huutamatta ääntänsä käheäksi ja menettämättä hermojaan. Tällaiseen ohjaamiseen tosin riittäisi pelkkä yksisuuntainen komentoyhteys lavalle äänipöydän komentomikrofonin kautta lavan monitorikaiuttimiin eli ns. talkback, T/B.

Varsinaisen kaksisuuntaisen systeemin etu ilmenee itse esityksen aikana esimerkiksi seuraavassa tuiki tavallisessa tilanteessa, jolloin salimiksaaja huomaa jonkin mikrofonikanavan olevan mykän. Tällöin hän voi hälyttää intercomin avulla lavalla olevan roudarin tai monitorimiksaajan selvittämään tilannetta lavalla, vaihtamaan mikrofonin

tai kaapelin tai kaukokaapelikanavan tai avaamaan mikrofonin kyt-
kimen (jonka laulaja on hermostuksissaan huomaamattaan sulkenut)
tai mitä tarvitaankin tilanteen korjaamiseksi.

Kuva 9.12 Esimerkki Inter-
com -järjestelmän soittorin-
geistä teatterissa



Yleistymässä on myös langattoman eli radiopuhelinjärjestelmän käyttäminen tekniikan yhteydenpitojärjestelmänä. Etuna on suurempi liikkumisen vapaus. Kannettaviin lähetinvastaanottimiin on saatavissa kuulokemikrofoniyhdistelmiä. Ongelmina voidaan mainita laitteiston kalleus ja häiriöt. Itse järjestelmä saattaa aiheuttaa radiotaajuista häiriötä varsinkin audiolaitteistoon ja järjestelmään saattaa tulla puheselvyyttä heikentäviä häiriöitä muista radiojärjestelmistä ja valaisinhimmenninlinjoista. Kerrotaan jopa eräässä messukeskuksessa pääministerin puheen häiriintyneen vahtimestarien keskustelulla edellisen illan seikkailuistaan, kun radiopuhelimien lähetys siirtyi pääministerin mikrofonin johtolinjoihin.