

# TÄRKEÄ HUOMAUTUS: MYÖS NÄIDEN OHJEIDEN WESTRA-MERKKINEN DISKANTTIELEMENTTI ON POISTUNUT. LISÄÄ EI SAA. ÄLÄ ALOITA KAIUTTIMIEN RAKENTAMISTA!, ELLET OLE JO HANKKINUT ELEMENTTEJÄ.

- UUSI MALLI RTO:N DISKANTILLA ON TYÖN ALLA - 03/07 M.K.

## Kompakti kaksitiekaiutin 40-18 000 Hz

Markku Kauppinen

**Bassorefleksi-periaatteella toteutettu  
9-litrainen kaksitiekaiutin. Impedanssi 4Ω.**

### Pieni suuri kaiutin

Pieni kaiutin jossa olisi potkua ja olisi taajuusvasteeltaan matalimmat jylhinä toistava, on haastava kehittytyö. Hifi-järjestelmän pääkaiuttimien riittävänä taajuusalueena pidetään 40Hz - 17kHz aluetta, jolloin alimpien taajuuksien saavuttamiseksi pienellä kaiuttimella tarvitaan tarkkaa kotelon ja kaiuttimien parametrien sovittamista.

Tärkeintä on hakemalla hakea ja laskeskella eri bassoelementtien sopivuutta pieneen koteloon. Itse löysin sopivan elementin oikeastaan vahingossa. En ollut ajatellut käyttää "vain" neljätuumaista elementtiä projektissani, mutta kerran minulta kysyttiin pieniin surround kaiuttimiin sopivaa elementtiä ja huomasin yhden nelituumaisen basson ominaisuudet sopiviksi. Parametrien perusteella päädyin myös laskeskelemaan bassorefleksikotelo, jonka optimitilavuus elementille olisi varsin pieni, noin 9 litraa, ja mikä parasta, laskentaohjelman antama taajuusvatekäppyrä näytti varsin hyvältä.

### Elementit elementissään

Bassoelementiksi valitsin siis RTO:n 4" ja 4Ω SP-60/4 elementin sen vuoksi että sen liikkeen pituus ja toistoalue lupasivat sekä hyvää bassontoistoa ja kestoa, että pahvikartiolle ominaista selvyttä ääneen. Basson kun tulisi tässä kaiuttimessa toistaa aina 3700Hz asti. Diskantiksi valitsin pienen \* Rightmerkkisen 1/2" muovikalvoisen (mylar) diskanttielementin, jonka taajuusvaste alkaa nousta vasta tuossa 3700Hz alueella käyttökelpoiseksi, mutta onkin sitten tarkka kimittäjä. Pienen impedanssin (4Ω) valitsin jotta kaiuttimesta lähtisi ääntä myös kouluissa viime aikoina rakennetuilla vahvistimilla (TDA 2005 / TDA7370). Ääntä näistä kaiuttimista lähteekin edellisillä vahvistimilla jo "järjettömän" paljon. \* *Diskantti vaihdettu v.2006 Westra merkkiseen vastaavaan elementtiin.*

### Bassorefleksikotelo

Moni pitää bassorefleksikotelo huonona, koska sen toiminta perustuu aukkoon tai putkeen, jonka kautta tulee myös muita taajuuksia ulos kuin se bassoalue, jota sillä yritetään voimistaa. Suljettu kotelo taas tuottaa usein tarkan toiston, mutta bassopää jää latteaksi.

Refleksiaukko pyörteineen ja muut putken kautta ulos tulevat äänet todellakin vaikuttavat ääneen. Ne joko vahvistavat tai heikentävät ääniaaltoja sen mukaan mikä on refleksiaukossa viivästyneen signaalin vaihe suhteessa suoraan kaiuttimesta tulevaan ääniaaltoon. Jos refleksiputkea ei ole pyöristetty sisäreunoiltaan tai sen halkaisija on liian pieni, aiheuttavat pyörteet ääneen omat suhinansa. Bassorefleksikotelo onkin siksi mielestäni kompromissi ja suosin sitä yleensä vain erittäin kapealla taajuusalueella toimivien bassokaiuttimien eli "subbareiden" kotelona.



Bassorefleksi-periaatteella tehdyistä kaiuttimista ovat ns. halvat pakettikaiuttimet huonoin esimerkki. Niistä lähtevä ääni on lähellä kaaosta. Väärin laskettu, vaimennettu ja rakenteellisesti toteutettu refleksiaukko aiheuttaa ainoastaan väritymiä ääneen ja tekee kaiuttimesta epätarkan.

Jotta aiemmin mainitut refleksiaukon häiriötekijät olisivat mahdollisimman pieniä, valitsin aukon paikaksi kaiuttimen takalevyn. Korkeat taajuudet kun vaimenevat tietyn matkan aikana aina voimakkaammin kuin matalat taajuudet. Takana olevasta refleksiaukosta lähtiessään korkeat taajuudet vaimenevat vieläkin tehokkaammin, ensin levitessään takana olevaan tilaan ja heijastuessaan/hajaantuessaan takana olevasta seinästä (riippuu materiaalista/vaimentavista kodin tekstiileistä yms.). Tämän jälkeen ovat korkeat taajuudet jo niin paljon vaimentuneita, etteivät ne enää suuremmin vaikuta suoraan kaiutinelementeistä lähtevään signaaliin. Matalimmat taajuudet eivät sen sijaan vaimene oikeastaan lainkaan. Ne heijastuvat seinästä takaisin ja refleksiaukon periaatteen mukaisesti vahvistavat bassoistoa lasketulla viritystaajuudella.

Parhaimmillaan pienehköt bassorefleksikaiuttimet voivat siis soida hyvinkin muhkeasti ja silti tarkasti.

### Kaiuttimien sijoitus

Näiden kaiuttimien paras sijoituspaikka on 0.5...1m takaseinältä. Aivan kiinni niitä ei voi seinään laittaa tai kirjahyllyn sisään lainkaan. Tämä takana olevan refleksiaukon takia. Paras olisi, jos takana olisi vaimentavaa materiaalia kuten verhot.

### Jakosuodin kunnan piirilevylle

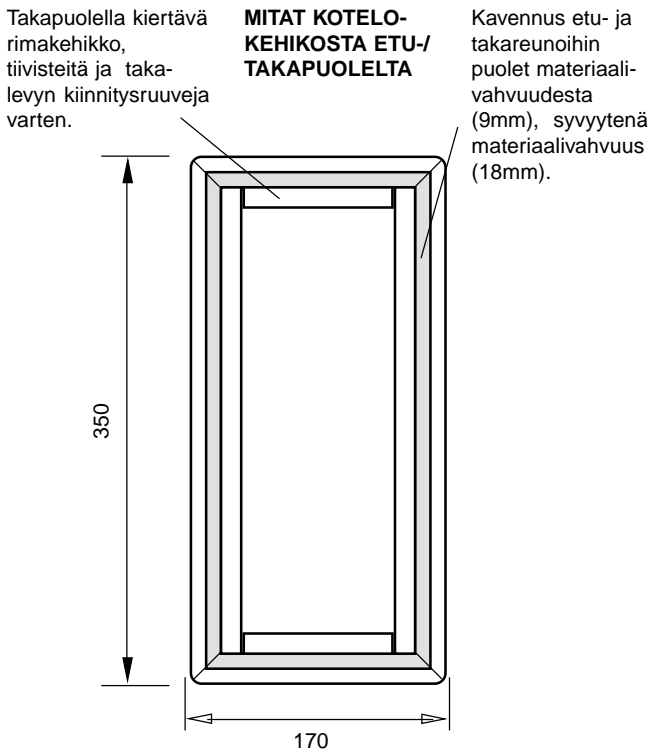
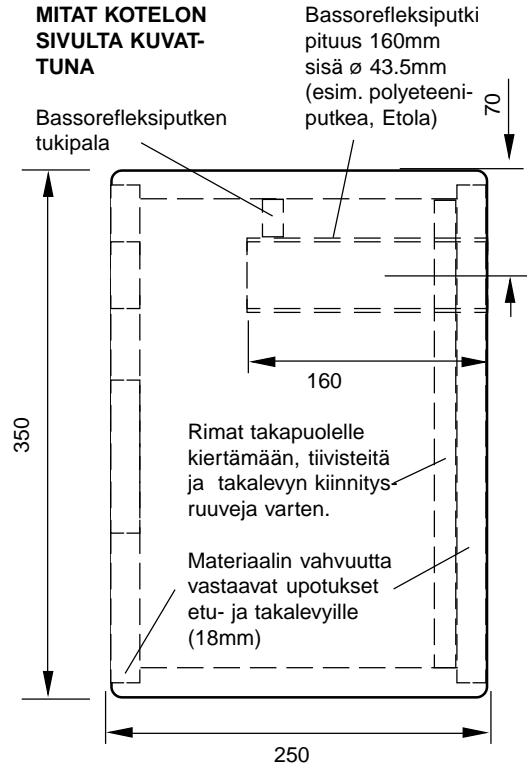
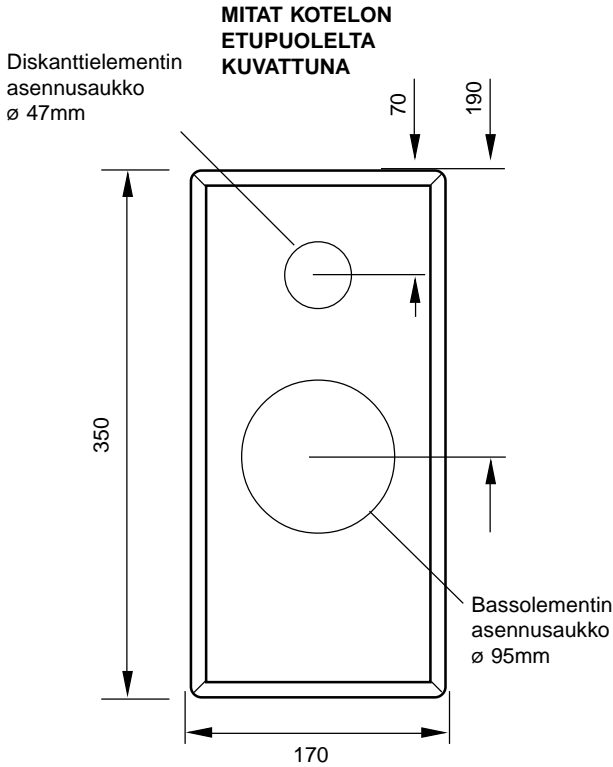
Olen kuullut teknisiltä opettajilta niin monesti miten oppilaiden kanssa on hankalaa saada tehtyä yksinkertaistakin jakosuodinta, kun oppilaille on ollut jakaa vain osat, liimaa, kytkentäkaavio ja jokin levyn palanen.

Tämän pikkukaiuttimen jakosuodin on sieltä monimutkaisemmasta päästä, mutta koska heti alussa lähdin siitä että ilman selvää piirilevyä en tätä projektia toteuta, niin en sitten lähtenyt osien määrässä tinkimäänkään. Jo prototyyppi valmistui ennen ensimmäistäkään inahdusta kunnan piirilevylle.

Kun tulostat foliokuvan kalvolle lasertulostimella niin laita suo- siolla kaksi kuvaa päällekkäin, ellei tulostimesi pysty ihmeisiin. Kalvotulosteet ovat harvoin niin tummia että yksi kalvo riittää. Internetissä olevassa tiedostossa yhdelle kalvolle on sijoitettu neljä valotuskuvaa.

## Kotelon mitat, mm

Allaolevat mitat pätevät 18mm ainevahvuudelle.



### Kotelon rakenteesta huomattavaa

Kotelon etureunat tulee pyöristää. Kun diskantista lähtevät korkeat taajuudet osuvat kotelon teräviin reunoihin, syntyy niistä lähes joka suuntaan lähteviä heijastuksia, jotka vaikuttavat ääneen kulloisenkin vaiheensa mukaan. Pyöristetyn reunan vaimentavat näitä heijastuksia huomattavasti.

Refleksiputken sisäreunat tulee myös pyöristää, koska terävät reunat aiheuttavat pyörteitä ja siis ylimääräisiä ääniä. Refleksiputki on hyvä lisäksi tukea kotelon yläosaan kiinni, se kun on suhteellisen pitkä tässä kotelossa ja jollain taajuudella tuo muoviputki ilman tukea varmasti resonoi, aiheuttaen lisää ylimääräistä ääntä (lähinnä takalevy soi). Älä sijoita tukea aivan putken sisäpuoliseen päähän vaan esim 50mm päästä, jotta tukikappale ei vaikuta putken ilmavirtaan. Putki ei voi tietenkään olla kiinteästi kiinni tukipalassa, vaan tarkoitus on että putki "nojaa" pienellä voimalla tukipalaan, jossa on pehmuste. Tämä estää putkea ottamasta vauhtia äänialloista ja estää resonanssin. Kannattaa ensin tehdä hieman liian pitkä tukipala ja trimmata sitä sitten niin että kääntää kotelon ylösalaisin ja kokeilee takalevyn kiinnitetyn putken kanssa kampeaako pala vastaan. Tarvittaessa trimmataa palaa sen verran lyhyeksi että se ei ota vastaan.

Tämän jälkeen kokeillaan pehmustetta (esim. solukummi) palan päällä ja tarkistetaan uudelleen että levy menee helposti ja vain kevyesti kammeten paikalleen. Voit käyttää esim. lyhyttä liimapuristinta apuna palan pystyssä pitämiseen kokeilujen aikana.

Ainoa oikea vaimennusaine bassorefleksikoteloon on polyesterivanu. Lasivillasta lähtee aina pieniä ikäviä hiukkasia irti, jotka pölyävät ajan myötä myös putkesta ulos. Älä pakkaa putken päälle villaa, vaan jätä jonkin verran tilaa putken päälle.

Takalevyn tulee myös kaiuttimen liitin. Valitaan liittimeksi sitten johtopikalitoin tai jokin muu, varmista että liitin tulee asennetuksi ilmatiiviisti.



### Kotelon osien työstäminen

Kotelo tehdään 18mm mäntyliimalevystä. Kotelon 250mm syvyyden levyistä levyä sahataan ensin pitkittäisiin koteloon tarvittava ainemäärä (ainakin yli 1.1m, jotta kotelo-osien sahaamiseen jirissä jäisi pelivaraa). Reunoille toiselle puolelle (sisäkanteihin) ajetaan etu- ja takalevyjä kantavat leikkaukset. Leikkauksen syvyyden tulee olla 9mm-10mm, siis maksimi puolet käytetyn levyn ainevahvuudesta, jotta jäävä reuna kestäisi. Leikkauksen leveyden tulisi olla millin-puoli suurempi kuin ainevahvuus, eli n. 19mm. Seuraavaksi katkotaan 45° jirissä kahdet 170mm ja 350mm pätkät. Etupuoleen kiinteästi liimattava levy tasataan tasohiomakoneessa myöhemmin. Takalevyn pieni tasoero tasautuu tiivisteen ansiosta.

### Kotelokehikko ja sen osaset

Viisteisiin jyrskittyihin uriin naputetut lamellopalat helpottavat kasaamista huomattavasti. Kuvan kotelopaloista on lamello-järjestelmän periaate nähtävissä.



### Kuva kaiuttimesta takalevy irrallaan

Takalevy tulee tiivistää käyttäen esim. P:n muotoista tiivistettä, niittaamalla se kotelon takasisäreunaa kiertävään tukiriimaan. Tätä ennen on kuitenkin varmistuttava siitä että tukirimojen kulmakohdat ovat ilmatiiviä. Käytä tarvittaessa liimaa (kuumaliimaa) tiivistämiseen.

Jakosuodin voidaan asetella paikalleen siten että pohjalle tulee ohut kerros vaimennusmateriaalina käytettävää eristevillaa tai polyesterivanua ja sitten jatketaan kaiuttimen täyttämistä villalla aina refleksiputkeen asti. Jakosuodin pysyy varsin hyvin paikallaan ihan vain villojen välissä. Piirilevyn voi tietenkin ruuvata pohjaan kiinni, mutta tuolloin on käytettävä useata kannatinkappaletta piirilevyn pohjan alla, jotta piirilevy ei lähtisi resonoimaan ja osat irtoilemaan.

Johdot on jätettävä sen verran pitkiksi että jakosuotimen ja takalevyn sijoittelussa paikoilleen ei tule ongelmia.

Kuvan kaiuttimessa (vanhan proton kuva) on poikkeuksellisesti käytetty XLR-liitintä tuloliittimenä. Sen etuja on tiiviys ja pieni asennusaukko. Toiset vaihtoehdot ovat upotettava paneelimalli, jota varten pitää tehdä 50mm aukko tai sitten pintamalli, jota varten pitää tehdä kaksi reikää, jotka yleensä tulee erikseen tiivistää. Pinnallinen kautinliitin on halpa ja helppo asentaa, mutta ulkona töröttäessään se voi (muovisena) helposti hajota iskusta.

### Bassorefleksiputki

Bassorefleksiputkena on tässä käytetty harmaata polyeteeniputkea, joka on edullista ja sitä on helppo työstää. Haittapuoliakin aineella on. Polyeteeniä kun ei oikeastaan voi liimata millään. Etolan asiantuntijojen mukaan ainoa varma tapa polyeteeniputken kiinnittämiseen on hitsaus.

Putken juureen takalevyssä onkin mieluummin tehtävä ylimääräinen hylsymäinen tuki. Lisäksi putki on karhennettava hyvin, jonka jälkeen se (mahdollisimman tiukka) reikä työnnettynä vielä liimataan kuumaliimalla kiinni. Kuumaliimaa ei kannata säästää ja karhennetun osan on ulotuttava tietenkin liima-alueelle. Ainakin ensimmäisissä rakennetuissa kaiuttimissa putket ovat edelleen paikallaan edellä kerrotulla tavalla kiinnitettyinä.

Refleksiputken pituus riippuu putken sisähalkaisijasta. Mitä suurempi halkaisija, sitä pidempi putki. Tietyin halkaisijan omaava putki ei tietenkään mahdu enää koteloon.

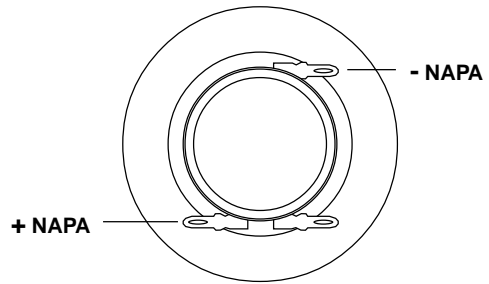
### Refleksiputken pituustaulukko

Seuraavassa on halkaisijaa vastaava pituustaulukko niille, joilla on sattumoisin varastossa jotain muuta putkea kuin edellisen sivun äirroksissa kuvattu polyeteeniputki.

sisä ø	pituus	Putken "viritys"
40	135	Bassorefleksiputken pituutta kasvattamalla saadaan bassotoistoa hieman alemmaksi. Maksimina pitäisin 20% lisäystä. Bassotoisto nimittäin kyllä syvenee mutta sen taso loivenee ja tippuu koko bassoalueella. Kannattaa kuitenkin kokeilla. Pieni huone esim. nostaa tason helposti takaisin.
41	138	
42	147	
<b>43.5</b>	<b>160</b>	
45	173	
46	182	
47	190	
48	200	
- mitat millimetreinä		

## Diskantin oikea kytkentä

Westran diskantissa on ylimääräinen juotoskorva, joka on tarkoitettu kaupallisten kaiuttimien "jakosuodinta" eli bipolaarista elkoa varten apukorvaksi. Punaisella täplällä merkitty korva on plusnapa. Sen viereinen korva ei ole kuitenkaan miinusnapa, vaan miinusnapa on vastakkaisella puolella olevassa korva ssa.

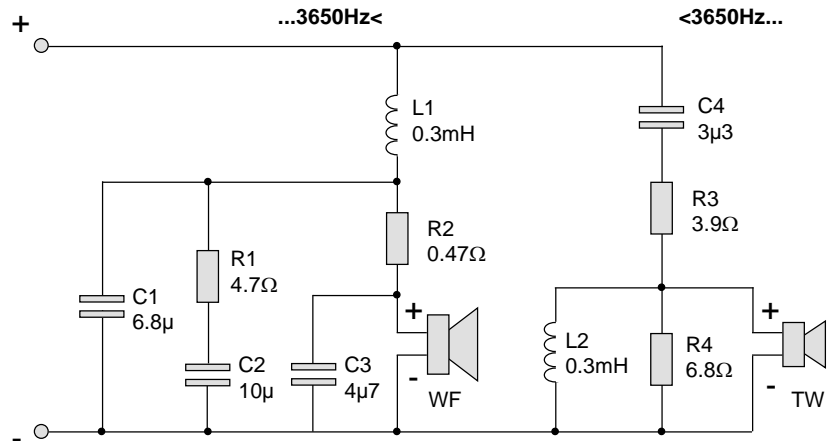


## Jakosuotimen kytkentäkaavio ja osalistaus

### Jakosuodinkomponentit

Teho ja jännitearvot ovat vain pienimpiä suositeltavia arvoja

TW	= Diskantti Westra XDT-13/8Ω
WF	= Basso RTO SP-60/4Ω
L1 ja L2	= 0.30mH ilmasydänkela - lanka ø 0.5...0.8mm Cu
C1	= 6.8uF 50V polko
C2	= 10uF 50 V bipolaarinen elko
C3	= 4.7uF 50 V polko
C4	= 3.3uF 50 V polko
R1	= 4.7Ω 2W
R2	= 0.47Ω 4W
R3	= 3.9Ω 2W
R4	= 6.8Ω 2W



### Komponenttien tehtävät

C1 ja L1: basson jakotaajuuden määräävät komponentit  
R1 ja C2: basson impedanssin tasauskkytkentä  
C3 ja R2: basson 4.5kHz alueen "piikin" lisävaimennus  
C4 ja L2: diskantin jakotaajuuden määräävät komponentit  
R3 ja R4: diskantin herkkyyden tasoitus (bassoa vastaavaksi)

## Jakosuotimen komponenttien sijoittelupiirustus

Piirilevy on suunniteltu siten, että lähes millä tahansa rasterilla olevat komponentit sopivat. Katkoviivoilla on merkitty vaihtoehtoiset, eri rasterilla olevat tai esim. vaakamallisten kondensaattoreiden paikat. Kaikkia reikiä ei siis tarvitse välttämättä porata.

### Sijoittelupiirustuksen merkinnät

IN+	Tulo, plusnapa
IN-	Tulo, miinusnapa
WF+	Bassokaiuttimelle plusnapaan
WF-	Bassokaiuttimelle miinusnapaan
TW+	Diskanttikaiuttimelle plusnapaan
TW-	Diskanttikaiuttimelle miinusnapaan

