

# Kompakti kaksitiekaiutin

Markku Kauppinen

**10 litrainen kaksitiekaiutin. Tehonkesto 50W, impedanssi 4Ω.**

**Pieni suuri kaiutin -**

**Periaatteet vuodesta 1999 alkaen**

Pieni kaiutin jossa olisi potkua ja toistaisi mahdollisimman matalia taajuuksia on haastava työ. Suljettu kotelo tuottaa tarkan toiston, mutta bassopää jää latteaksi. Moni taas pitää bassorefleksikoteloita huonona, koska sen toiminta perustuu kanavaan, jonka kautta tulee ulos mutakin ääntä kuin se bassoalue jota sillä yritetään voimistaa. Halvat pakettikaiuttimet joissa on vain jokin aukko (ei mitään putkimaisuutta) ovatkin tästä huono esimerkki. Kyseisten kaiuttimien ääni on lähellä kaaosta ja yleisimmin ne lähinnä kumisevat. Väärin laskettu, -vaimennettu ja -rakenteellisesti toteutettu refleksikanava aiheuttaa ainoastaan värityksiä ääneen ja tekee kaiuttimesta epätarkan.

Pienien kaiuttimien - joiden oletetaan sopivan sellaiseen hifijärjestelmän pääkaiuttimiksi - on kuitenkin toistettava paremmin bassotaajuuksia, kuin mitä pienellä elementillä suljetussa kotelossa voi saavuttaa (ilman sähköisiä korjauksia). Siksi tämä "Kompakti Kaksitiekaiutin" on bassorefleksityyppinen. Refleksikotelossa voidaan kuitenkin viritystaajuudella saavuttaa suurempi äänenpaine pienemmällä säröllä, verrattuna suljettuun koteloon.

Jotta aiemmin mainitut refleksikanavan häiriötekijät olisivat mahdollisimman pieniä, on aukon paikaksi valittu kaiuttimen takaseinä. Putken läpi kulkee vähäisessä määrin aina myös korkeampia taajuuksia, jonka lisäksi putken suulla saattaa syntyä pyörreääniä. Kun korkeammat taajuudet vaimenevat tietyn matkan aikana aina voimakkaammin kuin matalat taajuudet ja putki on suunnattu taaksepäin, ei häiriöäänistä jää kuin rippeet heijastuvaksi takana sijaitsevasta seinästä (jos mitään jää, riippuu materiaalista/vaimentavista kodin tekstiileistä yms.). Nämä vähäiset ja hajonneet heijastukset ovat jo sitten niin vaimentuneita, etteivät ne voi kuulua suoraan kaiuttimelementeistä lähtevän ääneen rinnalla.

Matalimmat taajuudet eivät sen sijaan vaimene oikeastaan lainkaan. Ne heijastuvat seinästä takaisin ja refleksi-aukon periaatteen mukaisesti vahvistavat bassotoistoa lasketulla viritystaajuudella.

Kaiuttimen viritystaajuus 50Hz on niin alhainen, kun on tehonkeston säilyttämiseksi ollut järkevä asettaa. Näin virittäessä käy melkein pakosti niin, että taajuusvaste tipuu loivasti kohti matalimpia taajuuksia. Taajuusvaste onkin jo 100Hz alaspäin laskusuunnassa, mutta on varsin syväle ulottuva (laskennallinen 39Hz -10dB). Ideana onkin käyttää hyväksi luonnollista matalien taajuuksien korostumista perus-kuuntelutilassa, luokkaa olohuone. Se riittää nostamaan vastetta sen verran takaisin ylöspäin, että nämä pienehköt kaiuttimet soivat siksi hyvinkin muhkeasti, mutta silti tarkasti (ja ilman kuminoita). Pienemmissä huoneissa matalat taajuudet korostuvat vielä lisää.



Esim. Genelecin sivuilla on hyvä bassojen toistokyvyn arvioimiseen sopiva MP3-tiedosto (boink.mp3), jossa on 17 taajuutta lyhyinä pätkinä väliltä 16Hz- 150Hz. Laita vain merkillle monesko taajuus kuuluu kaiuttimesta ja tiedät mihin kaiutin pystyy. Älä kuitenkaan koskaan käytä testiin suurta tehoa! Juuri mitkään kaiuttimet eivät kestä 16Hz taajuutta ja testissä voi käydä käry. Testin avulla on myös hyvä ottaa selville mahdolliset särinät, jotka voivat kieliä säröstä kotelossa, vaillinaisesta bassokaiuttimen kiinnityksestä, putken kiinnityksestä tai takakannen sovituksesta (takakansi ja kotelon sivut hierovat toisiinsa)

Kompaktin kaksitien osalta voi sanoa että mainitun testisignaalin 30Hz kuuluu jo mainiosti.

Bassokaiuttimelementtinä on nyt 5" polypropyleenikartiainen elementti. Diskantti on 1/2" muovikalvoinen (mylar) elementti, kuten on ollut lähes koko Kompaktin kaksitien historian (vuodesta 1999 asti). Kompaktin kaksitien impedanssi 4Ω on valittu siksi, jotta kaiuttimesta lähtisi ääntä myös Ideaportin tutuilla ja turvallisella käyttöjännitealueella toimivilla vahvistimilla, jotka kaikki kestävätkin 4Ω kuorman. Ääntä näistä kaiuttimista lähteekin ko. vahvistimilla aivan tarpeeksi kotikuuntelua varten.

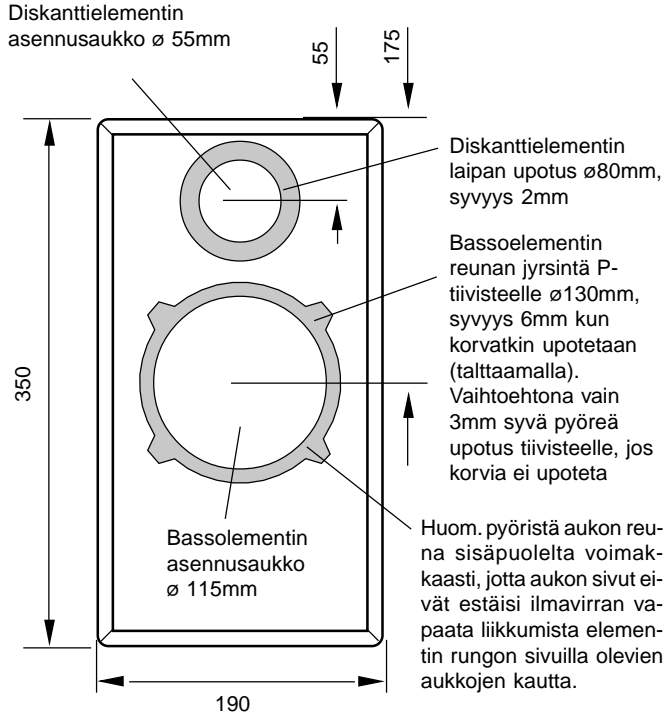
## Kaiuttimien sijoitus

Kaiuttimien paras sijoituspaikka on 0.5m...1m takaseinästä. Pienessä huoneessa kaiuttimet kannattaa pitää kauempana seinästä ja nurkista, koska matalat taajuudet voivat korostua liikaa. Aivan kiinni seinään tai kirjahyllyn sisään ei kaiuttimia voi laittaa lainkaan, takana olevan refleksi-aukon takia. Paras olisi, jos kaiuttimien takana olisi vaimentavaa materiaalia, kuten verhot.

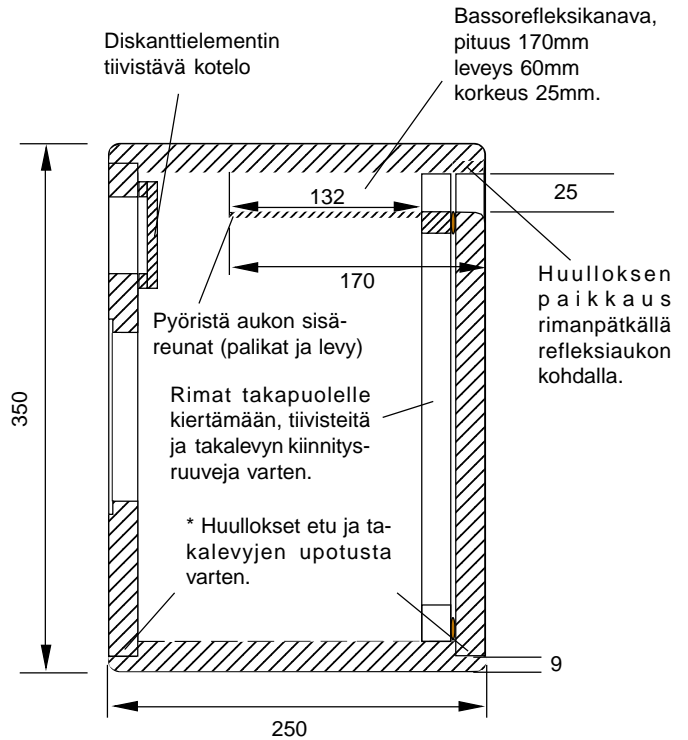
## Kotelon mitat, mm

Allaolevat mitat pätevät 18mm ainevahvuudelle.

### ETUPOUELTA KUVATTUNA

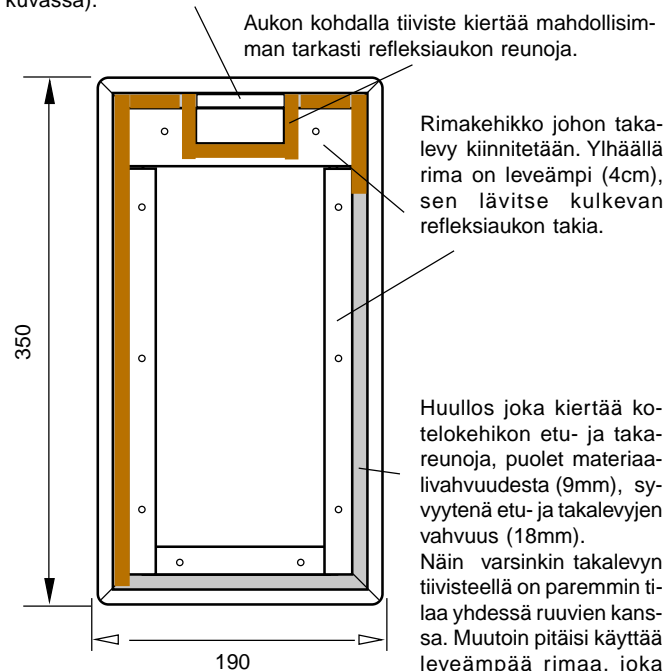


### SIVULEIKKAUS KESKELTÄ



### KOTELOKEHIKKO TAKAPUOLELTA KUVATTUNA

Refleksi-aukon kohdalle on huuloksen paikkaajaksi helpointa laittaa rimanpätkä (selostettu myös sivukuvassa).



Tiiviste (ruskea) on jätetty piirtämättä alaoikealla huuloksen (harmaa) havainnoimiseksi. Tiiviste kulkee huuloksen päällä ja ruuvit tulevat kiinni n. 25mm rimoihin.

### Kotelon osien työstäminen

Kotelokehikkoa varten tarvitaan n. 1.2m pituudelta 254mm levyistä aihiota (kotelon syvyys 250mm + 2mm työstövara kummallekin laidalle). Aihion reunoihin tehdään 20mm levyiset huulokset, joista tulee kotelokehikon sisäreunan muodostama upotus etu- ja takalevyille.

Etupuoletta ylimääräinen reuna hiotaan pois etulevyn liimauksen jälkeen. Takaa reuna vain keyesti pyöristetään ja tiivisteiden takia takalevy tulee n. tasan reunojen kanssa. Ajan saatossa tiiviste painuu ja ruuveja kannattaa hiukan tiukata.

Kotelokehikon huulosten (\* yllä) syvyys on n. puolet levyn vahvuudesta eli 9mm tai hieman alle. Kun huuloksen leveys-suuntaista mittaa ajaessa sirkkeli on hieman ylisyyvä, helpottaa se etulevyn tapauksessa mahdollisten rakojen painamista liimatessa kiinni, koska reunat taipuvat helpommin sisään, paukkumatta halki.



Huuloksen antama lisätila auttaa erityisesti takana, jonne takalevyn tiivisteiden ja ruuvien on mahdollista sijoittaa siten että ruuvit tulevat tiivistekehän sisäpuolelle. Kun tiiviste kulkee huuloksen päällä, ei takalevyn ruuveille tarvita enää kuin n. 25mm vahvuista rimaa takakannen ruuvi kiinnitystä varten. Kaikki rimojen dimensiot kun syövät kotelon tilavuutta.

Seuraavaksi aihioista katkotaan 45° jirissä kahdet 190mm ja 350mm pätkät. Kulmiin laitetaan Lamellot ja sitten kotelokehikko kasataan hetkeksi kasaan. Palat varmistetaan, mahdollisesti vielä pyörittelään esiin mahdollisimman siistit etureunat ja pintapuolet ja merkitään sisäkulmat esim. kirjaimin pareiksi (ja numeroidaan eri kaittimit).

Kotelo kannattaa tehdä avattavalla takakannella koska on erittäin hankala korjata tai arvioida jakosuotimessa olevia kylmäjuotoksia tai muita vikoja jos elementit pitää irrottaa ja ottaa jakosuotimen kanssa ulos, etupuolet tutkittavaksi. Pöydällä olevat kaiuttimelementit kuulostavat akustisen oikosulun takia niin oudoilta että jakosuotimen eheyttä ei pysty siinä arvioimaan. Kun elementit ovat kotelossa kiinni, on tilanne huomattavasti parempi, vaikka takakansi on auki ja aivan alimmat taajuudet puuttuvatkin. Jakosuotimessa olevia vikoja kuten kylmäjuotoksia/katkoksia pystyy kuitenkin arvioimaan kuuntelemalla. Myös villat saa asennettua paremmin.

## Kotelokehikko

Viisteisiin jyrssiyhiniin uriin naputetut lamellopalat helpottavat kasaamista huomattavasti. Kuvan kotelopaloista on lamello-järjestelmän periaatteita nähtävissä.



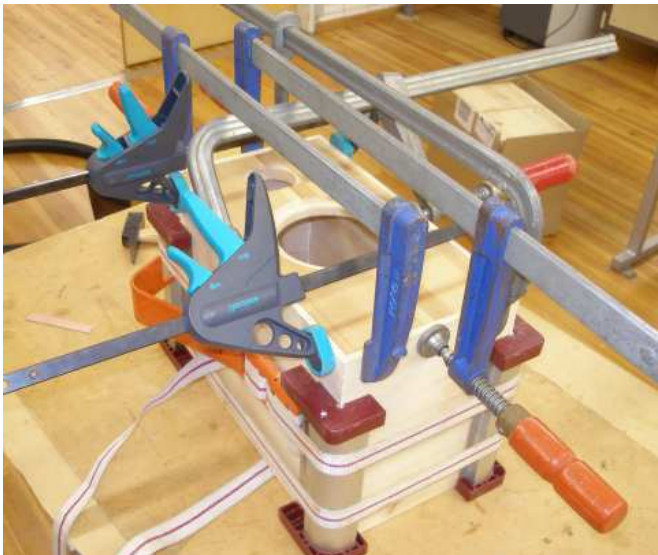
## Koekasaus ja etulevyn piirrotus

Kotelokehikko kasataan puristimen avulla ja etulevy mitataan. Sahatun etulevyn sopivuus tarkistetaan kehikossa, jonka jälkeen siihen piirretään elementtien paikat.



## Etulevyn liimaus

Puristimia ei voi olla koskaan liikaa



## Pyöristä kulmat!

Kotelon etureunat tulee pyöristää. Kun diskantista lähtevät korkeat taajuudet osuvat kotelon teräviin reunoihin, syntyvät niistä lähes joka suuntaan lähteviä heijastuksia, jotka vaikuttavat äänen kulloisenkin vaiheensa mukaan. Pyöristetyt reunat vaimentavat näitä heijastuksia huomattavasti.

Huom. muista pyöristää myös bassokaiuttimen aukon reuna sisäpuolelta voimakkaasti, jotta aukon sivut eivät estäisi ilmvirran vapaata liikkumista elementin rungon sivuilla olevien aukkojen kautta.

## Bassorefleksiputki muoviputkea käyttäen

Bassorefleksiputkena voi käyttää myös perinteisiä muoviputkia. Putken juureen takalevyssä on hyvä tehdä tällöin ylimääräinen kaulus/tuki, jotta putken suun voi pyöristää (kuva alla). Lisäksi putki on karhennettava hyvin, jonka jälkeen se (mahdollisimman tiukkaan) reikään työnnettynä vielä liimataan kuumaliimalla kiinni. Kuumaliimaa ei kannata säästää. Refleksiputken pituus riippuu putken sisähalkaisijasta. Mitä suurempi halkaisija, sitä pidempi putki. Tietyn halkaisijan omaava putki ei tietenkään mahdu enää koteloon. Jos putken paikkaa haluaa muuttaa, on mottona käytettävä ainakin sitä, että bassokaiuttimen elementin ei tulisi näkyä putken kautta.

## Refleksiputken pituustaulukko

Seuraavassa on halkaisijaa vastaava pituustaulukko muoviputkille. **Suosituspituudet vahvistetulla tekstillä.** Mitä pienempi on putken halkaisija, sitä suurempi on ilmvirran max. nopeus putken suulla (Mach). Suurempi virtaus tietää kasvavaa turbulenssia putken suulla ja mahd. jopa "pörinää". Putken pituudessa pitää huomioida kotelon osuuden tuoma lisäpituus. Voimakkaasti pyöristetty osa ei kuitenkaan samalla tavalla lisää pituutta. Kuvan pyöristys tarkoittaa suunnilleen sitä että vain puolet puuosan tuomasta lisäpituudesta vaikuttaa refleksiaukon koko pituuteen muoviputken lisäksi.

sisä ø	pituus	Mach
38	125	0.07
39	135	0.07
40	140	0.06
41	150	0.06
42	160	0.06
<b>43</b>	<b>165</b>	<b>0.06</b>
<b>44</b>	<b>175</b>	<b>0.05</b>
<b>45</b>	<b>180</b>	<b>0.05</b>
<b>46</b>	<b>190</b>	<b>0.05</b>

- mitat millimetreinä

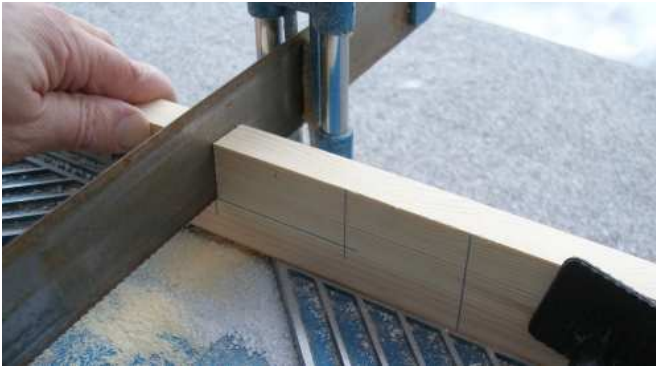




### Refleksikanava piirustusten mukaisesti rakennettuna

Refleksikanava "sisäänrakennettuna" on varsin helppo toteuttaa vaikka se ensin vaikuttaisi monimutkaiselta. Kanavan koko on 25mm x 60mm ja kokonaispituuden tulee olla 170mm (katso piirros sivulta 2. Pituutta kanavalle muodostuu 132mm pitkistä solasta ja takakannen kiinnitysriman- sekä takakannen läpimenevien aukkojen pituudesta. Edellisessä oletetaan että kiinnitysriman vahvuus on 18mm + tiiviste 2mm ja takakansi on myös 18mm vahvaa mäntypuuliimalevyä.

Ensin mitataan kotelon sivuseinien väli rimaa varten, johon takakansi kiinnittyy yläreunastaan ja josta tulee osa refleksikanavaa. Rimaa tulee olla n. 40mm leveää (eli kokonaismitta noin. 40x18x154mm). Kyseiseen rimaan tehdään refleksikanavan kokoinen (25x60mm) lovi keskelle. Loven voi tehdä jiirisahalla kuten kuvassa alla. Sitten taltalla karkeasti poikki ja loput puukolla/viilaten tarkemmin merkintöjen kanssa tasaan.



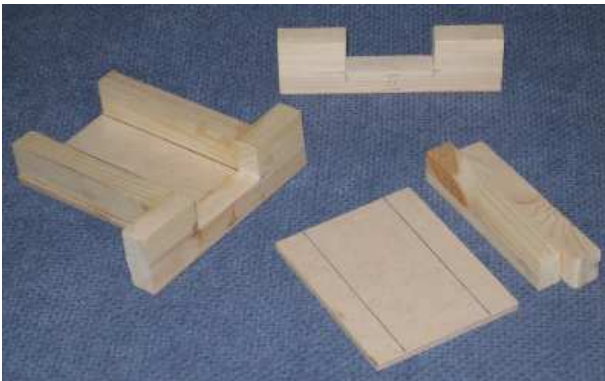
### Loven pohjan tasaiseksi hiominen

Nyrkin alla näkymättömissä on viilan kahva, joka työntää (ja sormet vetävät/pitävät paikallaan) saman korkuista liukupalikkaa kuin mitä loven pohjan tulee olla. Näin loven pohjan saa hiottua tasaiseksi. Viilan ympärille kiedottuna hiomapaperi pysyy paikallaan sormella painamalla.



### Refleksikanava

Yksi valmiiksi liimattu kanava ja toisen palikat



Refleksikanavan kasaaminen aloitetaan kanavan 25mm korkeiden sivurimojen ja levyn yhteen liimaamisella. Rimat asetetaan 60mm päähän toisistaan ja levy liimataan päälle. Rimat voivat olla n. sentin vahvuisia ja levy 80-90mm leveä ja 132mm pitkä, vanerin- tai kovalevyn palanen. Huomaa että kotelon sisäpäähän sijoittuvan kanavan osat kannattaa pyöristää jo ennen liimaamista varsinaiseen koteloon..

### Kanavan liimaaminen koteloon

Ensin laitetaan painoa solan päälle ja sitten puristimia rimaan.



### Refleksikanava takalevyssä

Refleksikanava päättyy kaiuttimen takakalevyn kautta ulos, johon tehdään 60mm leveä lovi. Lovi mitoitetaan vasta kun edellä tehty kanavakokonaisuus on liimattu paikalleen koteloon. Takalevyn yläreuna viedään kanavan huulille ja kanavan paikka merkataan levyn pätyyn. Huomaa että takakannessa olevan loven korkeus on 25mm + kotelokehikon huullos eli n. 34mm. Refleksiaukon kohdalla huullos paikataan piirroksissa kuvatulla palikalla. Aukon ulostulon reunat on hyvä pyöristää.



### Bassokaiutinelementin asentaminen

Alla olevassa kuvassa ensin elementin pyöreälle rungolle on jyristetty  $\varnothing 130\text{mm}$  pyöreä upotus ja sitten myös kiinnityskorville on taltattu upotukset. Upotuksen syvyys on 6mm. Vaihtoehtoinen pelkälle tiivisteelle tehtävä pyöreä upotus jyrsimällä tehdään 3mm syvyyteen. Jos tiivistettä varten ei tehdä upotusta, jää bassokaiuttimen ja kaiuttimen pinnan väliin ikävän näköinen rako. Ennen tiivisteiden asentamista on sen ulompi reuna hyvä värittää silti mustaksi, jotta mahdollinen tiivisteiden pilkistäminen ei näkyisi niin pahasti. Musta väri sulautuu paremmin kaiuttimen runkoon ja mahdollista rakoa ei näy kuin nenä kiinni kaiuttimessa. Värittäminen onnistuu helposti mustalla tussilla ja ennen kuin tiiviste liimataan paikalleen.



### Diskanttikaiutinelementin asentaminen

Diskantille tulee tehdä ilmatiivis kotelo, joka näkyy poteronalla olevassa kuvassa. Kuvassa näkyvä kaiutinjohtin ja sen kulkureitti on tiivistetty runsaalla määrällä kuumaliimaa (kotelo takakautta tehtynä). Jos kuumaliimaa käyttää diskantin kotelon sisäpuolella, estää se johtimen taittumista diskantin alla ja voi olla että diskantti ei enää edes mahdu koteloonsa. Huom. diskantille kannattaa käyttää max.  $2 \times 0.5\text{mm}^2$  johdinta, jotta se taipuisi nätisti. Kuvan potero on tehty kerrostetuista vanerirenkaista. Diskanttikotelon voi tehdä myös liimaamalla 5mm tasaiset tikut 70mm x 70mm vanerilevyn päälle ja liimaamalla sitten ko. kuppi aukon kohdalle runsaalla liimalla tiivistäen. Lopulta diskantti ruuvataan kiinni vain vähäistä voimaa käyttäen, jotta laippa ei murru. Tiivistettä ei tarvita, mutta ohuen pahvikaistaleen voi laittaa resonanssien estämiseksi. Lisää sitten upotukseen tämä vara.



### Takalevyn tiivistäminen ja -asennukset

Takalevy tulee tiivistää käyttäen esim. P:n muotoista tiivistettä joka niitataan siten että tiivistävä kumpuosa tulee kotelokehikon huullokseen päälle. Tätä ennen on kuitenkin varmistuttava siitä että kotelon kulmaliitokset ovat ilmatiiviitä aivan kulman pintaan asti. Rimakehikon ei tarvitse olla ilmatiivis kun tiiviste on huullokseen päällä, mutta huullokseen kohdalla kulmien tulee olla ilmatiiviisti umpeen liimattuja eikä niissä saa olla kynnyksiä.

Jakosuodin voidaan asettaa paikalleen siten että pohjalle tulee ohut kerros vaimennusmateriaalina käytettävää eristevillaa tai polyesterivanua ja sitten jatketaan kaiuttimen täyttämistä vanulla aina refleksiputkeen asti. Kuvien kaiuttimissa joihin putki tuli alas, jakosuodin tuli kääriytyksi villan sisään vasemmalle alareunaan. Sinne se mahtui hyvin putken viereen pystysuuntaisesti ja villaa lisättiin jakosuotimen ja putken väliin. Jakosuodin pysyy varsin hyvin paikallaan näin 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. Liittimeksi kannattaa laittaa upotettava paneelimalli, jota varten takakanteen tehdään 50mm aukko (tai pohjaan, katso viimeinen sivu).

Vaihtoehtona on yleensä hieman edullisempi pintamalli, jota varten ei tarvitse porata kuin kaksi reikää juotoskorvien etäisyyden mukaan. Hyvä puoli liittimessä on se että reiät johtoiheen on helppo tiivistää. Haittapuoli taas on se että töröttäessään suojattomana pinnalla liitin voi helposti hajota iskusta vaikkapa kuljetuksen aikana.

Valitaan liittimeksi sitten mikä tahansa, täytyy varmistaa että liitin on ilmatiivis ja ilmatiiviisti asennettu.





## Jakosuotimen kytkentäkaavio ja osalistaus

### Jakosuodinkomponentit

Teho ja jännitearvot ovat vain pienimpiä suositeltavia arvoja

TW	= Diskantti HKM WDT-13-108/8 $\Omega$
WF	= Basso HKM XF-130-1114/4 $\Omega$
L	= 0.33mH ilmasydänkela tai 2 kpl 0,68mH 1.4A smd-ferrititkeloja rinnan
C1	= 6.8uF 50V polko tai 4.7 $\mu$ F+2.2 $\mu$ F
C2	= 22uF 35 V Bipolaarinen elko
C3	= 3.3uF 50 V polko
C4	= 680nF 50 V polko
R1	= 4.7 $\Omega$ 2W
R2	= 3.9 $\Omega$ 2W
R3	= 8.2 $\Omega$ 2W

### Komponenttien tehtävät

C1 ja L: määräävät basson jakotaajuuden  
R1 ja C2: basson impedanssin tasauskytkentä  
C3: määrää diskantin jakotaajuuden  
R2 ja R3: diskantin herkkyyden tasaus (bassoa vastaavaksi)  
C4: vaimentaa diskantin vasteen nousun 15kHz ylöspäin

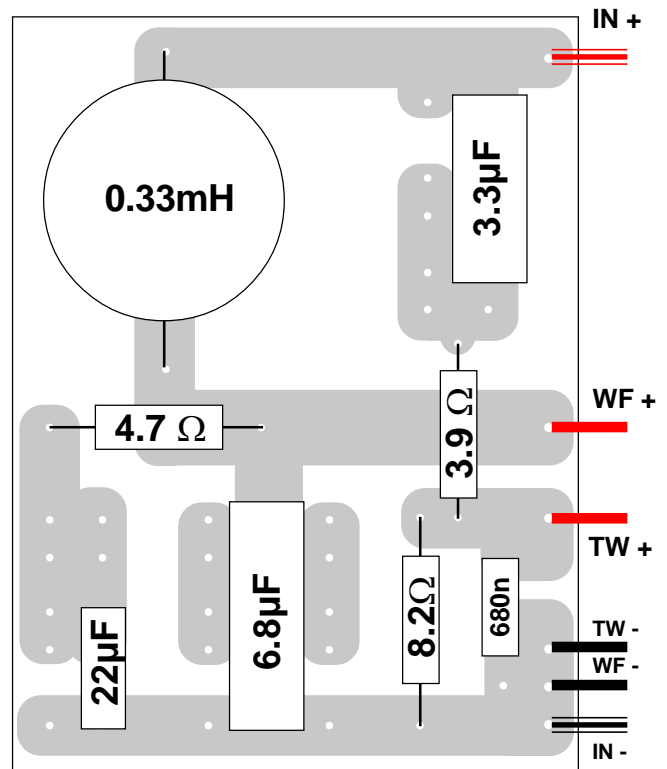
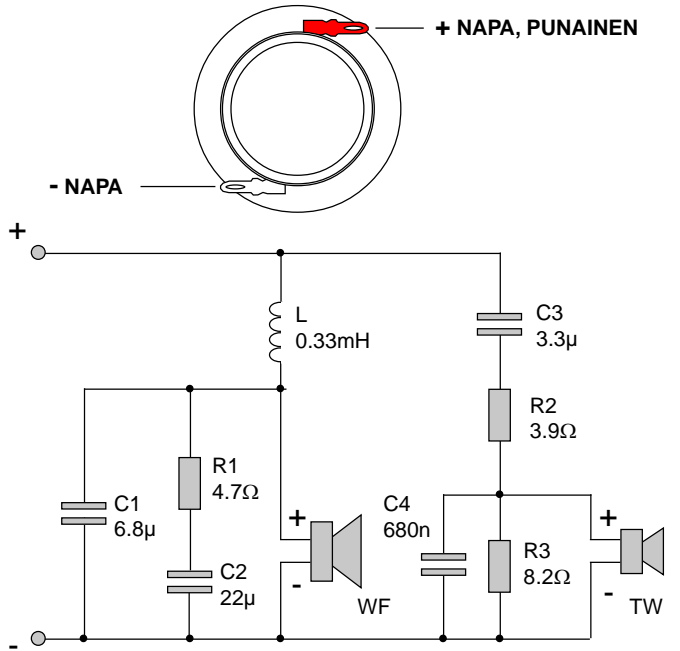
## Jakosuotimen komponenttien sijoittelupiirustus

Piirilevy on suunniteltu siten, että siihen sopivat lähes millä tahansa rasterilla olevat komponentit. Kaikkia reikiä ei siis tarvitse välttämättä porata. Erityisesti kondensaattoreiden kohdalla on varattu paikkoja useammalle rinnankytkettävälle kondensattorille, joilla voi joskus korvata isomman arvon ja se voi tulla jopa edullisemmaksi.

Alla on ratkaisu jossa on käytetty kahta 0,68mH smd-ferritikelaa rinnankytkennässä 0,33mH kelan sijasta. Keloja on laitettu kaksi rinnan virrankeston varmistamiseksi. Yksittäisen pienen kelan ferrittisydän kyllästyisi ja aiheuttaisi säröä. Allaoleva ratkaisu on kuitenkin edullisempi kuin vastaavan arvoinen yksittäinen ilmasydänkela. Piirilevylle on liimattu ensin vierekkäin kaksi kela kevyesti pohjastaan (väliä n. yhden kelan verran). Sitten kelojen rinnankytkentä on tehty kahdella paljaalla kytkentälangan pätkällä, joiden päät on ensin juotettu piirilevyreikiin. Lopuksi kelojen piirilevyltä pysyminen on varmistettu lisäämällä liimaa (kuumaliima).



## Diskantin napaisuus



### Sijoittelupiirustuksen merkinnät

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

### Liitin kaiutinjohdoille

Oheisissa kuvissa olevan kaiutinparin oli määrä tulla näkyville paikkaan, jossa niiden haluttiin olevan siistit myös takaa. Siksi liittimen paikaksi valittiin kaiuttimen pohja. Kaiutinjohdot kun eivät ole juuri koskaan kauniita roikkuessaan kaiuttimen takaa ulos. Kaiutinjohdon on tässä mallissa suunniteltu kulkevan kaiutintelineen sisällä piilotettuna ja tulevan ulos vasta lattiatasossa, omalla lattiatason liittimellä varustettuna.

Kuvassa alla kaiuttimesta puuttuivat vielä kumitassut. Niiden avulla johdolle saa tilaa kulkea ja kaiutin ei niin helposti liukastu alas jalustalta.

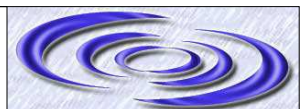


### Villat

Vaimennusmateriaalin on hyvä täyttää koko kaiutin kevyesti, ilman pakkaamista. Ainoa paikka jossa sitä pitäisi välttää on refleksikanavan pään eteen. Ohjeiden mukainen "sisään rakennettu" refleksikanavaratkaisu kotelon yläosassa on aika varma ehkäisemään sitä, että villat joutuisivat myöhemminkään refleksikanavan tielle. Saman ratkaisun ansiosta voidaan käyttää jopa lasivillaa, kun sen ehjä ns. comfort-pinta laitetaan refleksi-aukon puolelle. Ainoa oikea vaimennusaine bassorefleksikoteloon on kuitenkin polyesterivanu. Lasivillasta saattaa lähteä pieniä ikäviä lasitikkuja irti, jotka pölyävät ajan myötä myös putkesta ulos ja villaa käsiteltäessä sitä ainakin pölyää.

Peittomaista polyesterivanua kannattaa kääriä kevyeksi rullaksi ja sitten sijoittaa kaiuttimeen. Näitä rullia on kompaktiin hyvä tehdä kaksi n. kaiuttimen levyistä. Jos kaiuttimessa on päädytty putken käyttöön, on rullaus aika ehdoton menetelmä. Näin vanu ei voi juurikaan valua haittaamaan putken virtauksia. Sitten kaistaletta lisätään hieman myös putken alle eli kaiuttimen pohjalle ja jakosuotimen ympärille.

**Ideaport - 19.8.2020**  
[www.ideaport.edu.hel.fi](http://www.ideaport.edu.hel.fi)



Markku Kauppinen  
Piirilevyn valotusmaski pdf-muodossa:  
[www.welcome.to/ideaport](http://www.welcome.to/ideaport)  
Kuvien protokoteloitten teosta kiitokset Valteri Välimäelle  
ja Veikko Pöyhöselle