



# Nya LTS-högtalaren är på G!

Även om det är en hel del jobb kvar innan de nya trevägs LTS-högtalarna står färdiga är en av de besvärligare etapperna i trevägarens tillblivelse nu avklarad – alla systemets högtalarelement är färdiga!

## Hur en högtalare blir till

När en högtalare skall bli till finns det många olika tillvägagångssätt. En konstruktion kommer alltid till såsom en kombination av någons (inte nödvändigtvis konstruktörens) vision av den färdiga högtalare samt vilka högtalarelement som finns tillgängliga på marknaden. När ingenjörer är projektledare begränsas konstruktionen ofta av att det är tillgängliga element som inspirerar till visionen. Om icke-ingenjörer är projektledare är visionen inte nödvändigtvis realiserbar alls.

I många fall (alltid om konstruktören är en entusiast utan resurserna från ett miljonföretag i ryggen) är tillgängliga element en starkt begränsande faktor. Det finns helt enkelt ett oändligt antal konstruktioner som inte går att göra eftersom de högtalarelementen som behövs inte existerar. Man är tvungen att göra konstruktioner inom de ramar som tillgängliga element tillåter.

Det finns förvisso konstruktioner (även från de stora tillverkarna) som konstruerats bara efter en estetisk mall, en idé om hur högtalaren skall se ut. Förverkligade så gott det går efter förutsättningarna (som kan vara begränsade av både högtalarelement och konstruktörens kompetens).

I själva verket kommer de flesta högtalare till på detta sätt. Man startar från någons vision om hur högtalaren skall se ut, en form. Därefter får konstruktionsavdelningen uppdraget att göra formen till en fungerande högtalare – även om det ibland kan vara en form som är olämplig och nästan omöjlig att få att fungera bra akustiskt. Speciellt tydligt är detta arbetssätt om man tittar på högtalare från till exempel Bose eller Bang & Olufsen.

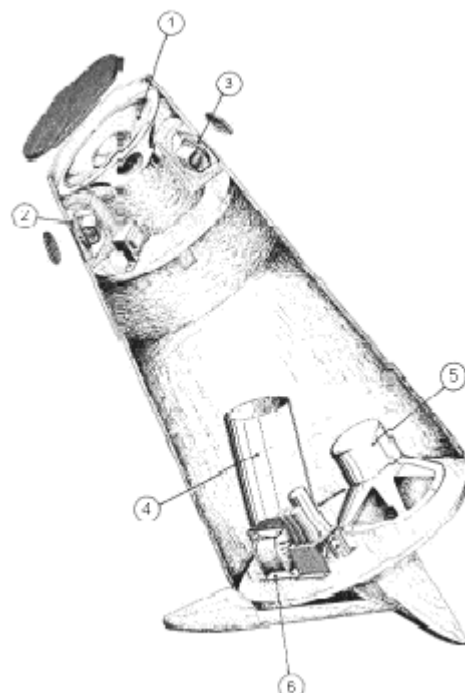
## Visionen för LTS-trevägaren

När LTS-trevägaren skulle tas fram bestämdes det mycket tidigt dels att grundkonstruktionen skulle göras ur ett strikt funktionsperspektiv, funktionen får styra formen. Högtalarelementen skulle inte skulle få komma att bli en väsentligt begränsande faktor – om det behövs tar vi fram specialelement i alla tre register!

Visionen såg ut som följer:

1. Högtalaren skall vara av trevägstyp för att tillåta varje element att arbeta inom ett så litet våglängdsområde att kraven på element inom våglängdsområdet inte blir motstridiga.
2. Högtalarelementens placering skall optimeras för att ge så interferensfria utstrålningsgen-

skaper som möjligt. Detta betyder att basområdet skall genereras i fas med golv och bakvägg, medan mellanregisterområdet skall utstrålas från en punkt tillräckligt långt ifrån golv och bakvägg för att inte väsentligt störa högtalaren. I just detta avseende inte helt olik Stig Carlssons kolbox från 50-talet.



Lund OA1001 "Kolboxen" (1958)

3. Högtalarens storlek skall inte upplevas som väsentligt mera skrymmande än nuvarande LTS-F1, men den kan tillåtas bli djupare om det behövs för att erhålla tillräcklig volym.
4. Baselementet skall ha god luftpumpningsförmåga slaglängd, mycket starkt motorsystem och ett membran som arbetar perfekt kolvformigt inom hela sitt frekvensområde.
5. Gränsen där dynamiska effekter / kraftigt ökad distorsion inträffar skall jämfört med nuvarande LTS-F1 förbättras minst 6 dB (4 ggr större akustisk uteffekt). Detta i trevägarens standardutförande med bara ett baselement.
6. Det skall finnas möjlighet att i efterhand, genom ett konstruktionsmässigt knep, gradera upp högtalaren så att dynamikområde i basregistret ökar med ytterligare 6 dB (ytterligare 4 ggr högre ljudeffekt)!
7. Mellanregisterhögtalaren skall utgöras av ett litet bas/mellanregisterelement (så att det även kan användas i en mindre basreflexlåda

eller i en kvalificerad centerhögtalare). Därmed tillåts låg delningsfrekvens till bashögtalaren, effekttåligheten blir mycket god och membranrörelserna blir små jämfört med om ett mindre mellanregisterelement använts. Elementet skall vara magnetisk skärmat så att det kan användas även i närheten av bildskärmar. Känsligheten skall i det baffelstödda frekvensområdet med goda marginaler överstiga 90 dB/2,83 volt. Kraven på mellanregistrets tonkurva har ställts mycket högt – inga abrupta ojämnheter överhuvudtaget får förekomma under 8 kHz. Det är ju annars inom detta känsliga register som de flesta högtalare har sina mest hörbara färgningar. Spridningen skall vara god och jämn upp till minst 3 kHz.

8. Diskantelementet skall vara så likt det från LTS-F1 som möjligt, men vara försett med magnetisk skärmning och vara färdigmodifierat redan vid leverans med avseende på det lilla gallret framför membranet.
9. Högtalaren skall redan från start kunna köpas såsom komplett byggsats – inklusive färdigsågade delar till lådan. Maximalt till det dubbla priset av LTS-F1.

Efter lite beräkningsarbete var de önskade parametrar för de tre högtalarelementen framtagna, och det visade sig att alla tre element var tvungna att specialbyggas. Ingenting som tillverkas och säljs på marknaden uppfyller kraven. Antingen är elementen alldeles för dåliga kvalitetsmässigt, eller också har de fel småsignalparametrar.

## Baselementet:



*CX21-LTS, det kompromisslösa baselementet*

Baselementet har varit det klart besvärligaste av de tre att utveckla. Det som behövs för vår trevägskonstruktion måste vara åtskilligt motorstarkare än normala baselement. Dessutom ville vi ju hålla distorsionen ultralåg med perfekt kolvformigt arbetande membran inom hela elementets

frekvensområde (20 – 500 Hz). För att inte distorsionen skall förfelas av andra orsaker krävdes även långtgående förfiningar av motorsystemet med bl a en mycket kraftig stationär (fäst i motorsystemet och inte i talspolen) kortslutningsring i koppar. Slingresistansen i kortslutningsringen är lägre än fyrtio miljondels ohm! Ganska lågohmigt.

Elementet behöver egentligen inte ha någon jättelik slaglängd eftersom det kommer att arbeta nära golv och bakvägg, vilket ger mycket god akustisk belastning och i förhållande till ljudtrycket små membranrörelser. Men för att hålla marginalerna stora har slaglängden, trots en helt nyutvecklad talspole, ändå behållits oförändrad från F1 (d v s över en cm linjär slaglängd).

Det starka motorsystemet som ger en enastående membrankontroll och har visat sig arbeta bäst utan DD, vilket faktiskt ökat den praktiskt användbara slaglängden. Som en extra säkerhet har dock elementet försetts med ett mekaniskt "överstyrningsskydd" – en filtrering fångar upp det rörliga systemet nära koninfästningen när slaget överstiger drygt 2 cm. Sålunda förhindras hårda islag och elementet blir nästan oförstörbart.

Den termiska effekttåligheten är också väsentligt ökad jämfört med P21-LTS (baselementet i LTS-F1). Dels får elementet betydligt bättre kylning från det jättelika magnetsystemet (magnetens diameter är nästen lika stor som membranets!), dels är talspolesystemet betydligt värmetåligare än tidigare genom att värmeöverföringen till polypropylenmembranet nu är eliminerat.

Elementet har försetts med ett mycket kraftigt mörkgrått (vackert...) pappmembran som rör sig helt kolvformigt (hela membranet i fas) upp till över 600 Hz. Första uppbrytning synlig i tonkurvan sker först vid 1,2 kHz.

Elementets mittdome är i svart PVC medan yttre upphängningen är i ett extremt åldersbeständigt svart (svagt petroleumglänsande) gummimaterial. Upphängningen har tagits fram speciellt för att klara stora tryckförändringar inuti högtalarlådan utan att kollapsa. Detta element skall inte vid någon frekvens överstyras mekaniskt så länge det arbetar innanför sin linjära slaglängd.

## Hornbas?

Man skulle kunna säga att baselementet (inklusive porten!) på sätt och vis kommer att sitta i ett förhållandevis öppet "constant directivity-horn" med rymdvinkeln  $\pi$  eller  $\pi/2$  steradianer (Beroende på möblering) i det egentliga basområdet.

Som ett kuriosum kan nämnas att baselementets parametrar därför, trots att de helt och hållet tagits fram till den tänkta basreflexiga trevägsapplikationen, är superb välanpassade även för användning i ett kvalificerat bas-/mellanregisterhorn! Ett bättre element för en sådan applikation får man leta efter, länge.

Den synnerligen starka motorn och det mycket styva men ändå förhållandevis lätta membranet är

precis vad som behövs för att kunna återge rimligt höga frekvenser och samtidigt motstå den akustiska belastningen utan svårartad membran-distorsion då elementet placeras i ett horn.

En intressant bieffekt är att uppbrytningarna i frekvensområdet över 2 kHz minskar när elementet placeras i horn. Membranet är ju trots sin styvhet förhållandevis lätt (totala rörliga massan inklusive talspole, upphängning och medsvängande luft är endast ca 25 gram!) så luftens belastning via hornet ger en bra dämpning av membranets resonanser. Elementet har mycket låg distorsion även i den övre delen av sitt frekvensområde och kan alltså med behållning användas även som mellanregister om det sitter i ett horn!

Man kan tänka sig antingen bakladdat bashorn (direktstrålande mellanregister på bred baffel) eller bakladdat bashorn och kort frontladdat horn för mellanregisterområdet.

Det är inte otänkbart att en även högtalare som använder detta baselement arbetande i horn och med ett diskantelement i ett svarvat tractrix-horn (eller någon ännu intressantare hornkurvatur?) någon gång inom en inte alltför avlägsen framtid kommer att tas fram som byggsats.

LTS-medlemmen och uppfinnaren av den revolutionerande SD-foten, Per-Arne Almflo har kommit fram med idén och diskuterat den lite luftigt med tekniksektionen. Vi hoppas självklart att han ger sig på projektet.

## Mellanregisterelementet:



*PX17-LTS, det gudomliga mellanregistret*

För mellanregistret ställdes mycket strikta krav i denna vår trevägskonstruktion. Elementet (utan delningsfilter) skulle ha en perfekt tonkurva av minimumfastyp helt utan väsentliga ojämnheter i hela registret 80 – 8000 Hz och med goda spridningsegenskaper +/- 40 grader upp till gärna 3-4 kHz (delningsfrekvensen skall ju läggas vid 2,5 – 3 kHz siktar vi på). Ett annat krav på elementet var en väsentligt högre känslighet än normalt, eftersom det måste kunna hänga med högtalarens baselement som med sin placering och naturligt höga känslighet blir mycket lätt-drivet.

Ganska extrema krav kan tyckas, men icke desto mindre visade de sig vara fullt möjliga att uppnå. För att elementet skulle fungera helt utan utfasningsområden (såsom exempelvis det vid 500 Hz på P21-LTS) fordrades följande:

1. Ett membran med harmonisk kurvatur och linjär egenfjädring.
2. En synnerligen låg rörlig massa.
3. Extremt hög dämpning i membranets ytterkant (ingen energi får reflekteras tillbaka mot talspolen).

Elementet använder ett mycket tunt precisionsformat polypropylenmembran som faktiskt väger mindre än 4 gram! Genom användning av en hög-effektstalspole med så lite som 25 mm diameter har den totala rörliga massan kunnat hållas under 12 gram, vilket i sin tur betyder att ljudvågen som föras längs membranet från talspolen med lätthet absorberas i den extremt högdämpande upphängningen. Inga som helst ojämnheter går att se där den reflekterade vågen hade givit interferens (ca 600 Hz) om den varit dämpad av en upphängning av normalt gummimaterial.

Att absorptionen av ljudvågen är total ser man även i impedanskurvan som är fullständigt fri från krusiduller. Även centerdomens funktion har anpassats för maximalt harmoni mellan elementets ingående delar. Valet föll på ett mycket märkligt halvstyvt PVC-material med ohyggligt hög intern dämpning. Om man med fingret trycker in en buckla i centerdomen tar det flera sekunder innan formen återställts. Dämpningen är dock så hög att det är omöjligt att få domen att deformeras genom att spela på elementet. Domen beter sig som om den vore stenhård vid höga frekvenser!

Elementet har som nämnts även försetts med en mycket effektiv magnetisk skärmning så att högtalarens övre del innehållande mellanregister- och diskantelement (eller en mindre tvåvägsvariant av högtalaren baserad på de trevägarens båda övre element) kan placeras nära en TV.

## Dämpning – absolut respektive relativ

Trots att motorsystemet på PX17-LTS inte är våldsamt stort är det effektivt. Tillsammans med det sällsynt lätta rörliga systemet och den högdämpande membranupphängningen är membranrörelserna enastående väldämpade.

Dämpning (som är en mycket viktig kontrollfaktor, helt avgörande för membranets rörelser) anges hos högtalare i enheten Ns/m och både membranupphängning och motorsystem bidrar med dämpning.

Varje resonans kontrolleras av dämpning och i praktiken är man oftast mindre betjänt av att veta vilket dämpning man har i absoluta tal, än att veta vilken relativ dämpning man har.

Finns ingen dämpning pågår resonanser för evigt, och återgivning av musik är inte att tänka på. Hur snabbt en resonans vid en given frekvens

dör ut bestäms av dess *relativa* dämpning, d v s förhållandet mellan dämpningen och resonansfaktorerna (massa och fjädringsstyvhet).

Man kan ange relativa dämpningen i sin rena form och då för det används det grekiska tecknet  $\zeta$  (lilla zäta, men tecknet brukar p g a sitt utseende kallas 'skräpa'). Man kan också beskriva den relativa dämpningen genom att ange systemets resonansvillighet, d v s Q-värdet. Förhållanden mellan Q och  $\zeta$  följer sambandet:  $\zeta = 1/(2Q)$ .

I reglertekniska sammanhang är 'skräpa' den vanligast använda enheten, medan man i audio-sammanhang oftast talar om Q-värden.

När  $\zeta > 1$  eller  $Q < 0,5$  är systemet aperiodiskt dämpat, vilket betyder att det inte längre finns någon resonans alls! Bortsett ifrån att man av tonkurveskäl ibland behöver ha högre Q-värden är 0,5 ett bra värde att hålla sig under.

Det aktuella mellanregistrelementet har genom sitt lätta rörliga system, sin högabsorberande upphängning och sitt starka motorsystem ett Q-värde för basresonansen på extremlåga 0,19. I praktiken betyder det att elementet inte beter sig resonant ens då det placeras i en låda på bara några liter och spelas tills talspolen går att steka ägg på!

## Diskantelementet:



*AX2,5-LTS, den evolutionära diskanten*

Om detta tredje och sista element till trevägaren finns inte mycket mer än det redan sagda att nämna. Det är som antytts närbesläktat med det standardelement som användes i LTS-F1 och övriga första generationens LTS-högtalare (*elementet används också av bl a NHT i deras exklusivaste modeller, inklusive den pampiga prestigemastodonten 3.3. Det är verkligen ett mycket fint diskantelement*). För LTS-högtalaren modifierades elementet såtillvida att den otrevliga plastknoppen framför mitten av membranet knipsades bort.

Det nu framtagna nya specialgjorda elementet skiljer sig från originalversionen (som heter H25TAF/D eller H534) på följande vis:

1. Motorsystemet är magnetiskt skärmat.
2. En diffusorring utan ackompanjerande mittplupp monteras nu redan från fabrik i Norge. Risker att skada elementet vid modifiering är sålunda eliminerad. (Diffusor är egentligen ett olämpligt namn eftersom den inte

gör elementets återgivning diffus, utan snarare högupplöst högspridande och harmonisk.)

3. Resonansfrekvensen är något högre p g a en styvare akustisk fjädring.
4. Något minskade mekaniska förluster.
5. Något svagare motorsystem, vilket minskat känsligheten till mellan 90 och 91 dB/2,83 volt över 4 kHz (jämfört med ungefär 92 dB för gamla diskantelementet).

Förhoppningsvis är fördelarna med de två översta punkterna uppenbara och självklara, men syftet med punkterna 3 - 5 kanske bör förklaras.

Genom att flytta upp resonansfrekvensen en smula kommer dess polpar att harmonisera bättre med delningsfiltret, vilket i slutändan resulterar i bättre vertikala spridningsegenskaper och att ett enklare, och eventuellt därför mera välljudande delningsfilter, kan användas. Eftersom den mekaniska dämpningen minskats och motorsystemet gjorts en aning svagare minskar som nämnts känsligheten i det linjära området något (ca 1,5 dB) men i gengäld ökar elementets känslighet ner mot elementets resonansfrekvens, där effekten in till högtalaren i regel är större. Detta betyder att en både brantare och tidigare avrullning i delningsfiltret kan användas, vilket faktiskt totalt sätt kan komma att öka systemets effekttålighet och ljudtryckskapacitet något. Isåfall minskar också den termiska kompressionen – trots den något lägre känsligheten för elementet som enskildhet.

Hur stor skillnad i effekttålighet som uppstår beror på vilket programmaterial som spelas. Störst vinst blir det om man spelar klassisk musik med fallande övertoner. Om man spelar musik med extrem nivå i det allra högsta registret blir effekten den motsatta. Några stora skillnader mot gamla diskanten handlar det inte om dock.

## En första måttitt på elementen

På nästa sida syns några basala mätningar på de tre elementen (många, många fler mätningar har naturligtvis gjorts, men elementen kommer att presenteras utförligare i samband med de egentliga högtalarbyggartiklarna).

Dessa första mätningar är inte gjorda för att visa hur elementen kommer att mäta i den färdiga högtalaren. De visar i princip bara de huvudsakliga tonkurvekvaliteterna i respektive elements passband, deras inbördes känslighetsförhållande och helt parentetiskt även hur stor inverkan ett tämligen odämpat rum kan ha på mätkurvorna om man flyttar mätmikrofonen från 10 cm till 40 cm från högtalaren.

Tilläggas bör att de kurvor som tagits på 40 centimeters avstånd blir 12 dB svagare i nivå än de som tagits på 10 cm avstånd (vid låga frekvenser där respektive element är rundstrålade). De har dock flyttats upp 20 dB på pappret så att 40-centimeterskurvan istället ligger 8 dB över 10-centimeterskurvan.

Vid högre frekvenser börjar respektive element (tillsammans med respektive baffel) bli lite riktat. Därför går bara ca 10 dB amplitud förlorad då man går från 10 till 40 centimeters mätavstånd. Vid högre frekvenser skiljer sig kurvorna alltså ca 10 dB åt efter att 40-centimeterskurvorna flyttats uppåt 20 dB på pappret.

## Mätningarna

**Översta pappret visar** mätningen på det nya diskantelementet (AX2,5-LTS). Som synes är tonkurvan i nollgradersriktningen 3 – 18 kHz extremt linjär. Avsevärt bättre än +/- 1dB, faktiskt ungefär +/-0,5 dB! Det skall dock tilläggas att för denna mätning var baffeln och yttre kanten av diskantens egen frontplatta täckt med en några mm tjock filt. Utan filt på baffeln tangerar tonkurvan, med den slarviga försänkning av diskanten som jag lyckades åstadkomma, snarare +/- 1 dB.

En annan ovanlig egenskap hos diskanten är att tonkurvan, förvisso lite ojämnare, även sträcker sig upp genom ultraljudsområdet till 40 kHz utan att mattas nämnvärt.

**Papper nummer två** visar tonkurvan för PX17-LTS, det nya skärmade (bas-)mellanregistrelementet. Nästan överkligt jämn och fin sedd från 10 cm.

När vi ökar mätavståndet från 10 till 40 centimeter kan vi dock se, frånsett de ökande rumsinterferenserna och baffelverkan vid lägre frekvenser, att inverkan från baffeln (tillsammans med att olika mätavstånd även ger olika akustiska projektioner av membranets rörelser) kan anas även vid högre frekvenser. Känsligheten minskar under det baffelstödda området (under 400 Hz) och tonkurvan får en liten dipp vid ca 3,5 kHz.

Dessa egenskaper ger dock inga problem. Baffelstödet är lätt att kompensera i delningsfiltret och den pyttelilla dippen vid 3,5 kHz beror inte på någon resonans och ligger dessutom över delningsfrekvensen. Förresten kommer inte baffelpåverkan att se likadan ut i den slutliga LTS-lådan, eftersom den inte kommer att ha samma mått. Hur som helst mäter elementet fantastiskt snyggt.

Chanserna att med delningsfiltret kunna uppnå en tonkurva bättre än +/- 1 dB ser mycket goda ut. Åtminstone i nollgradersriktningen.

Mätningarna på baselementet CX21-LTS äro tvenne, men ingen av dem visar baselementets verkliga djupbaskapacitet. Den översta är nämligen gjord i en slutna låda på bara lite över 10

liters volym, medan understa mätpappret visar elementet avlyssnat på nära håll, helt utan låda.

**På det näst understa pappret** (baselementet i en mycket liten slutna låda) kan man se att känsligheten utan delningsfilter är mycket hög (ca 94 dB @ 2,83 volt) och att tonkurvan är fri från andra krusiduller än de som mättrummet ställer till med upp till 1200 Hz. Däröver ser vi ett antal små ojämnheter i tonkurvan som beror på att det mycket styva membranet börjar bryta upp.

När man mäter på högtalarelementet blir man fascinerad över hur rent det låter – även i frekvensområdet där membranet faktiskt bryter upp. Vi är då långt över det tilltänkta frekvensområdet skall påpekas, dessutom skall ju baselementet sitta på lådans baksida. Det spelar förstås för vår applikation inte någon större roll hur det låter i uppbrytningsområdet, men det är ändå intressant att notera att elementet låter fantastiskt fint upp genom hela frekvensområdet.

**Det understa mätpapprets** övre kurva visar baselementet fritt placerat (ingen låda) mätt mycket nära mitt framför. Som synes sammanträffar den första uppbrytningen nästan med den frekvens (ca 1300 Hz) där tonkurvan får en svacka eftersom det är precis en våglängd "runt hörnet" på elementet. Vid ungefär 800 Hz registrerar mätmiken ca 5 dB extra nivå, eftersom det är en halv våglängd mellan elementets fram- och baksida. Orsaken till att det inte är exakt en faktor två mellan frekvensen där förstärkning respektive utsläckning sker är att både baffelverkan och våghastigheten vid så här krökta vågor, är starkt frekvensberoende. Den undre kurvan på samma mätpapper visar exakt samma sak som den övre, men med mätmikrofonen utflyttad ca 1/3 från membranets mitt. Utsläckningen vid ca 1300 Hz blir då lite mildare, eftersom avståndet "runt hörnet" till membranets baksida nu är olika beroende på vilket väg ljudet har gått.

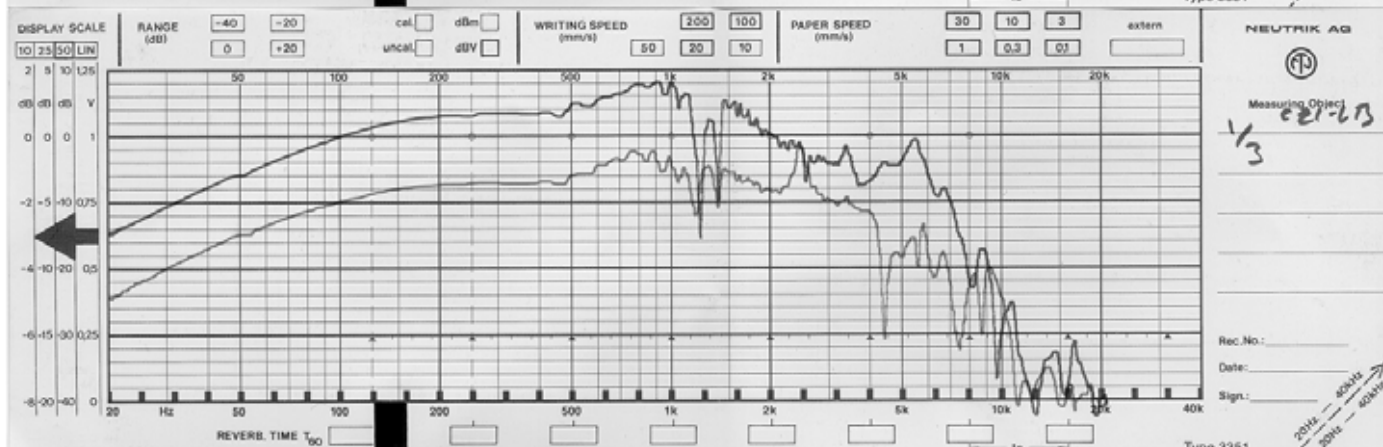
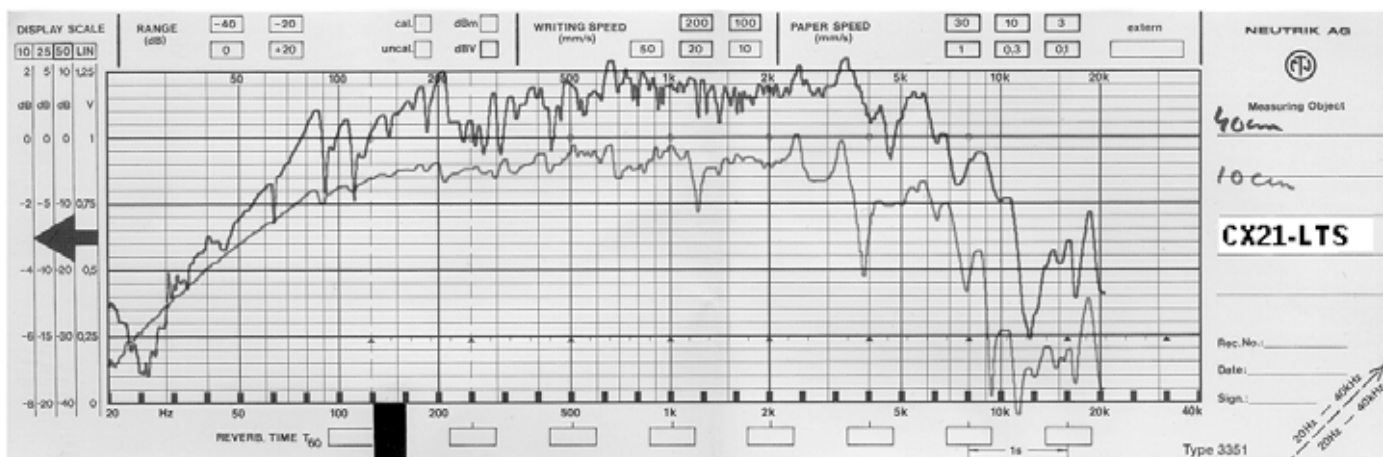
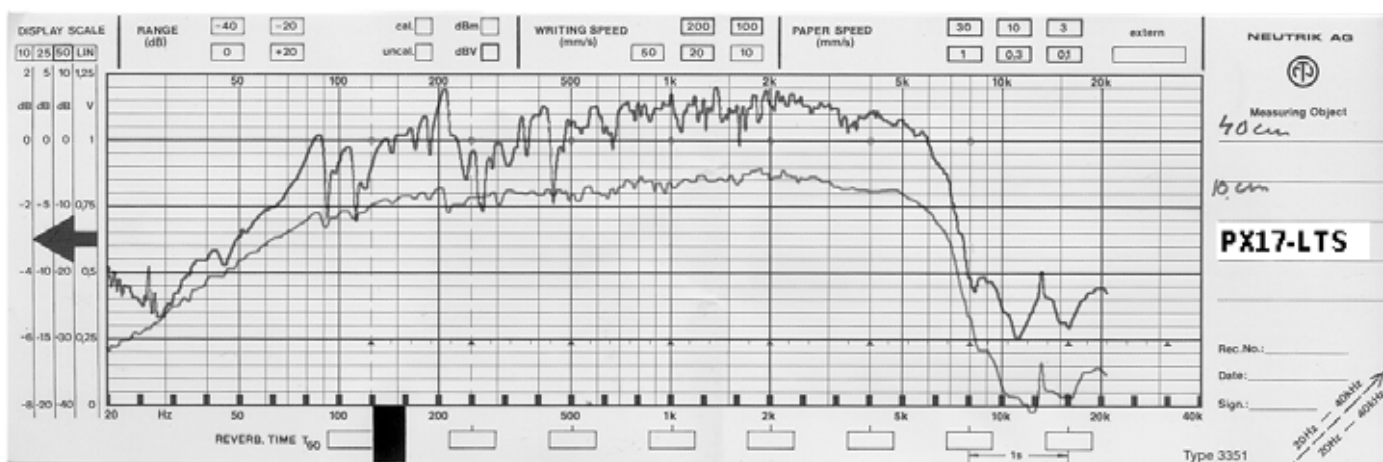
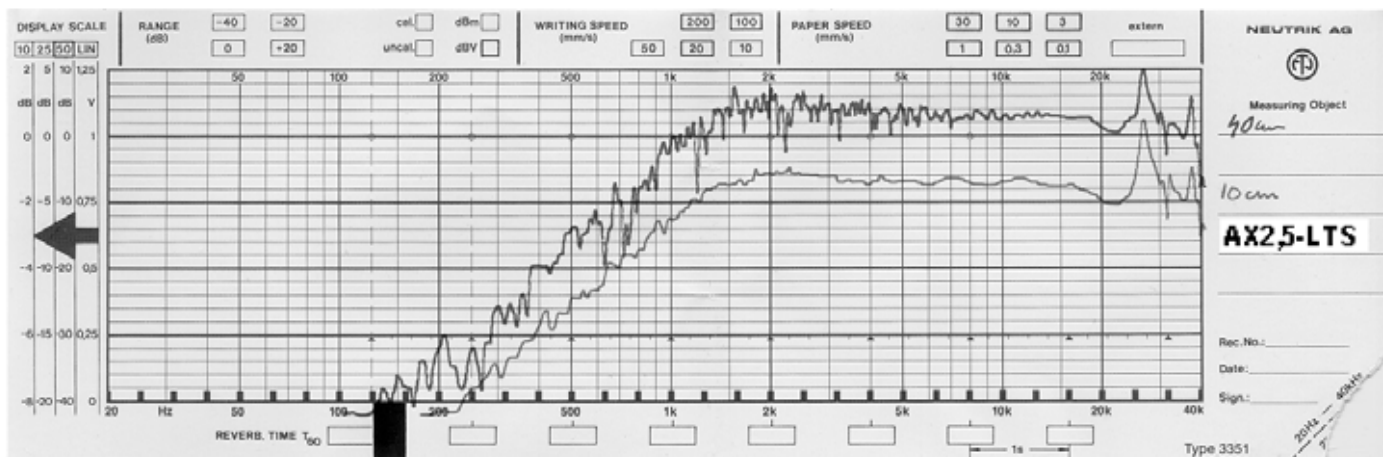
## Halva jobbet, med lite tur, är gjort...

Detta om nuvarande status för den trevägiga LTS-högtalaren. Elementen är nu färdiga och det skall inte behöva dröja många prototyper innan hela högtalaren är färdigkonstruerad. Eventuellt kommer det ännu en rapport till om konstruktionsarbetets fortskridande innan den riktigt byggartikeln är klar. Men annars hörs vi om trevägaren i själva byggartikeln.

Tills dess kan ni sukta! ☺

Ing. Öhman





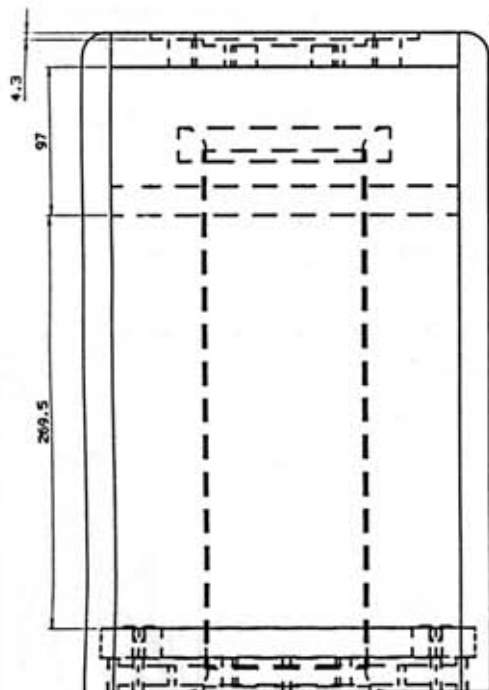




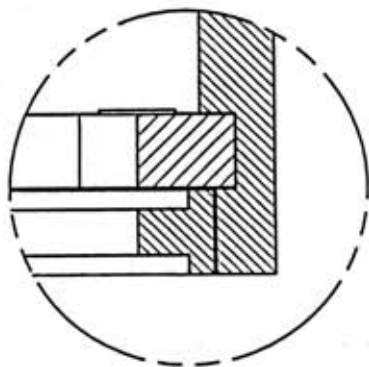
Nästa bild visar högtalaren sedd rakt bakifrån med förhållandevis komplett måttsättning. ►

Här ser man även tydligt att de lösa delarna på baksidan fästs med inslagsmuttrar och maskinskruv.

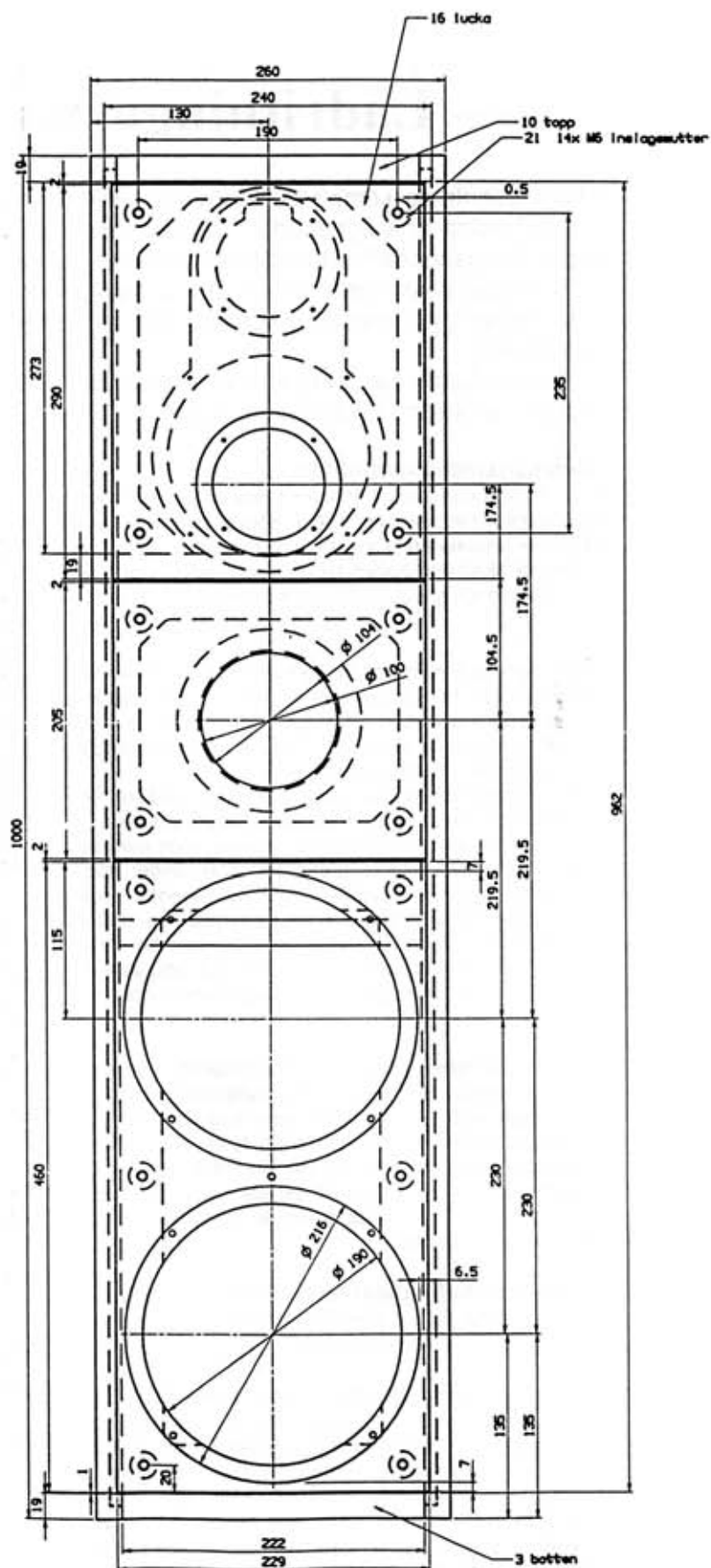
Nästa bild visar högtalaren sedd från ovan i genomskärning. ▼



Och här kommer en detalj på sammanfogning mellan basbaffeln, den fasta delen i bakstycket samt en sidovägg. ▼



Notera att även inslagsmuttern kan skådas.

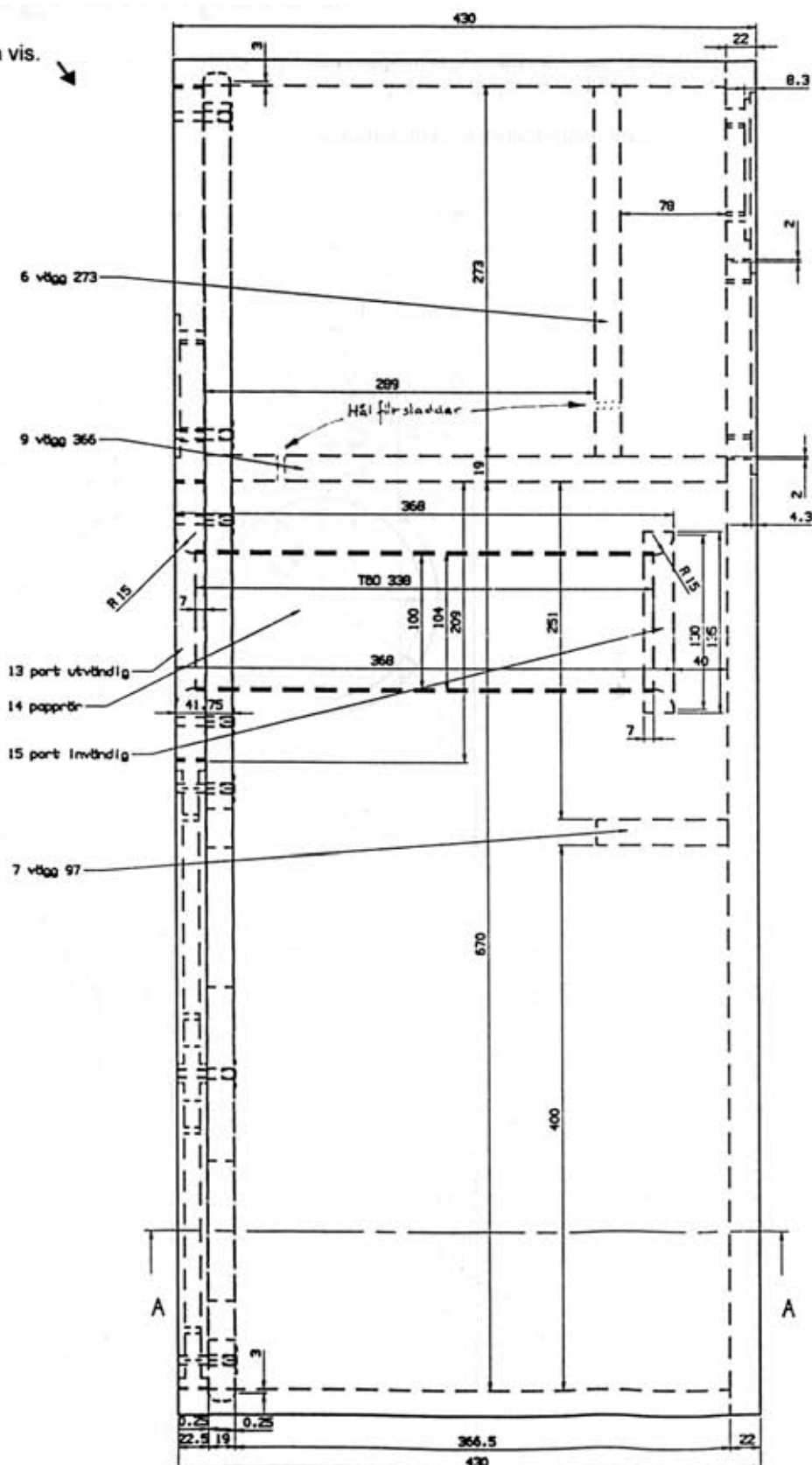






Vad som bör observeras här är att den angivna längden för porten inte är verifierad och alltså med största sannolikhet är inkorrekt. Troligen kommer den att få en helt annan längd.

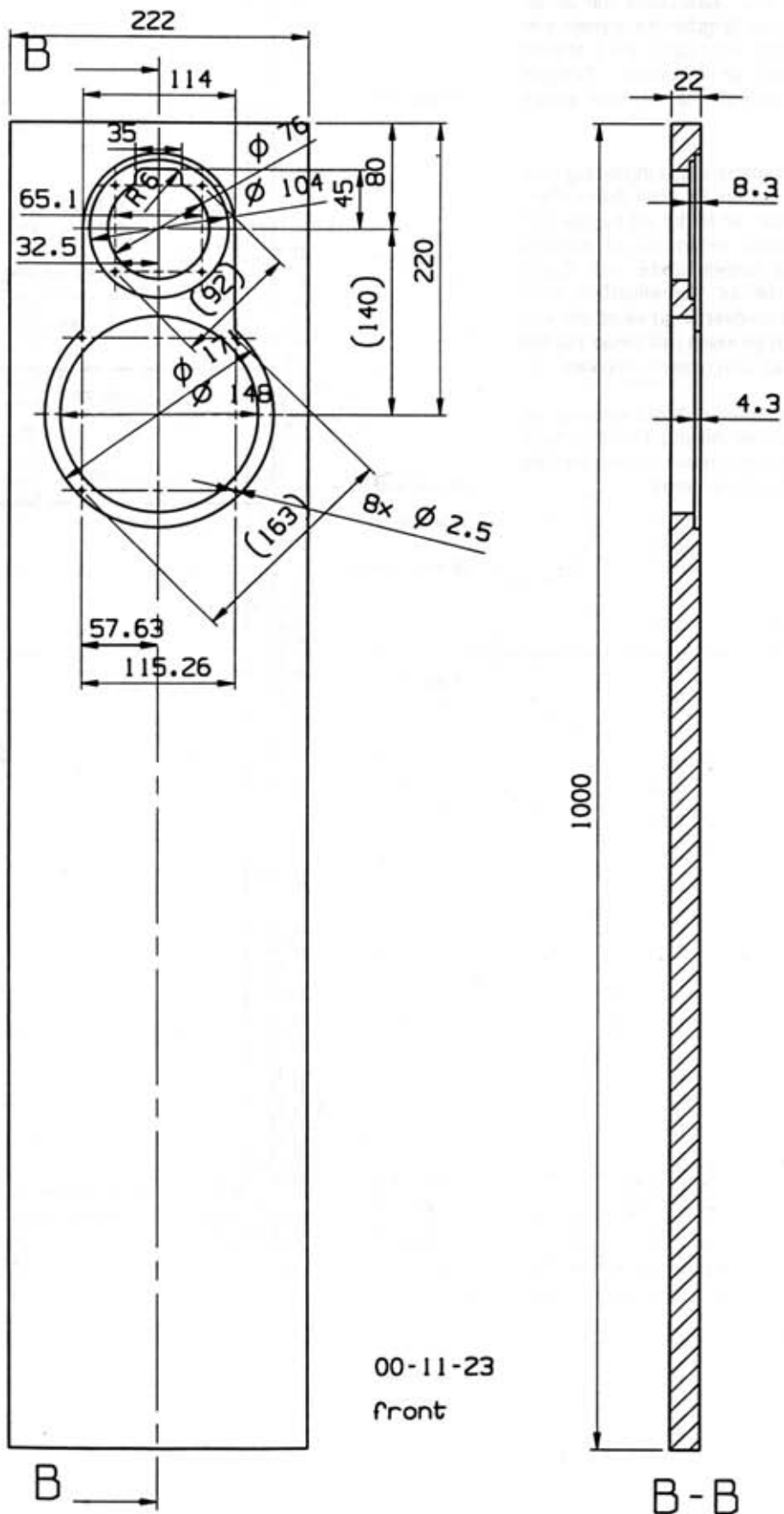
I nästa nummer av MoLt kommer allting, inklusive delningsfilterdimensioneringen och portavstämning att vara färdigt och presenteras.

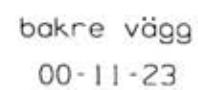


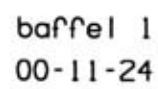
## — Detaljritningar —

Därmed är sammanställningsritningarna färdiga och detaljritningarna följer. Alla detaljritningar är i samma skala, så att man så enkelt som möjligt skall kunna se vad som är vad.

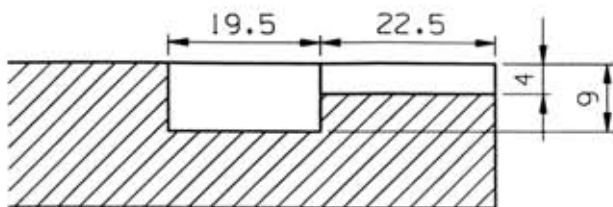
Vi börjar med den främre elementbaffeln:





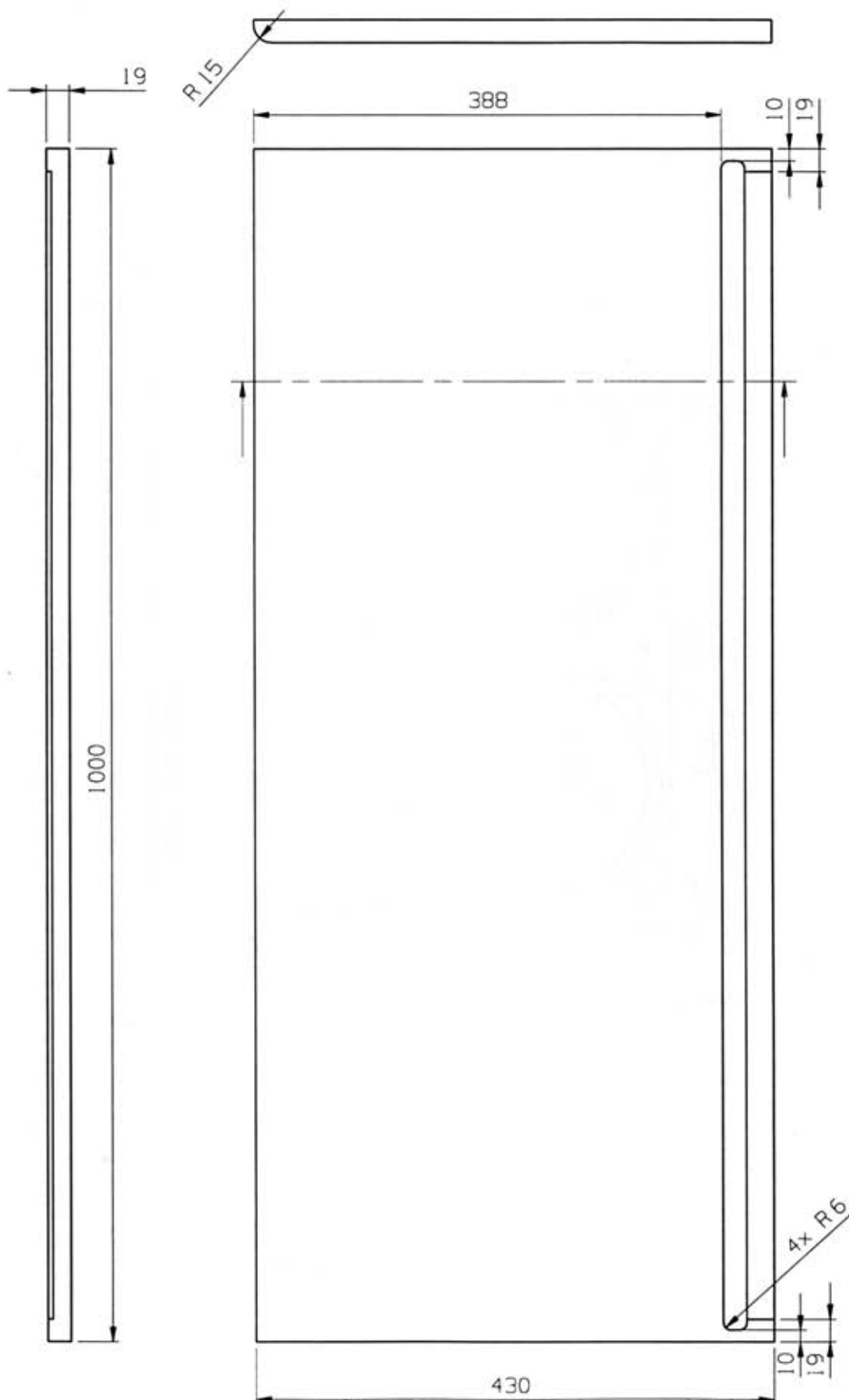




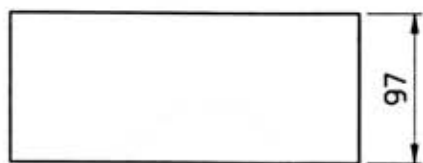
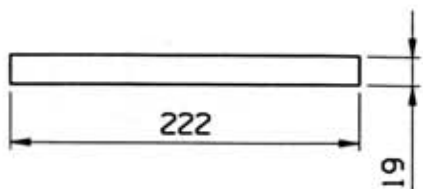


00-11-23

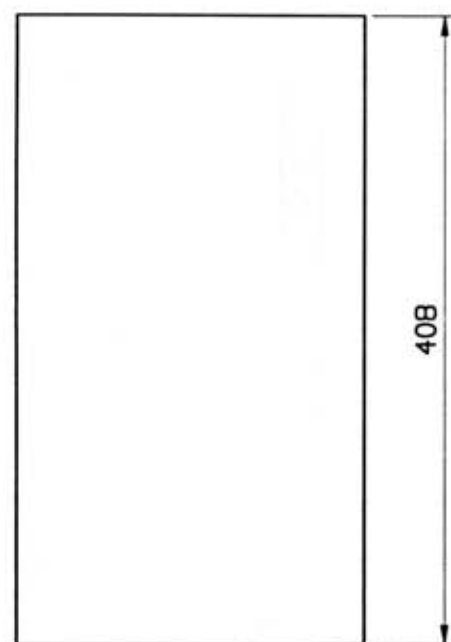
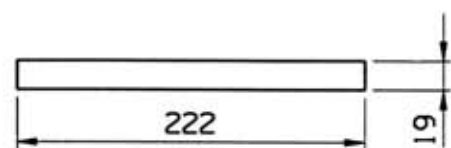
sida



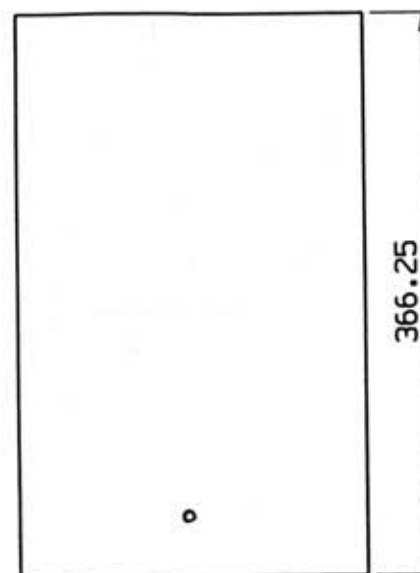
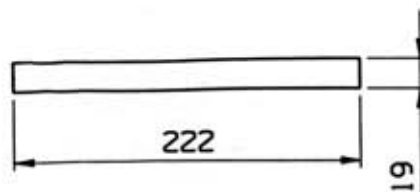




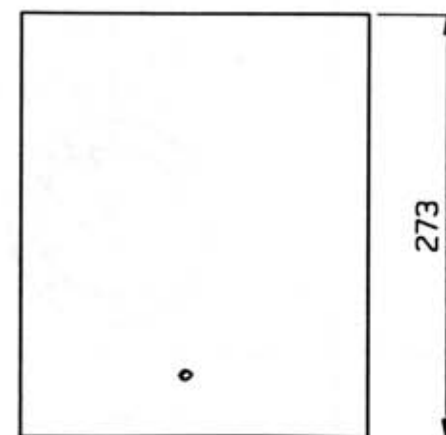
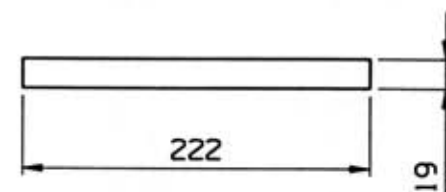
vägg 97  
00-11-24



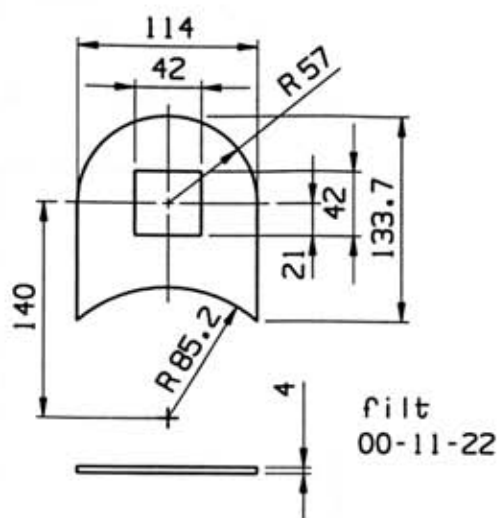
top och botten  
00-11-24



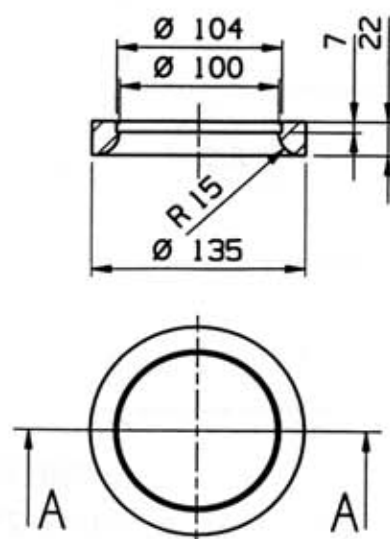
vägg 366  
00-11-24



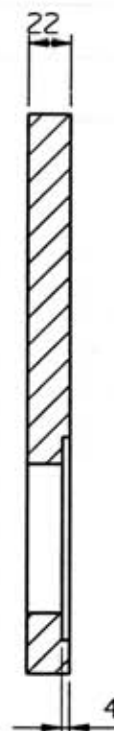
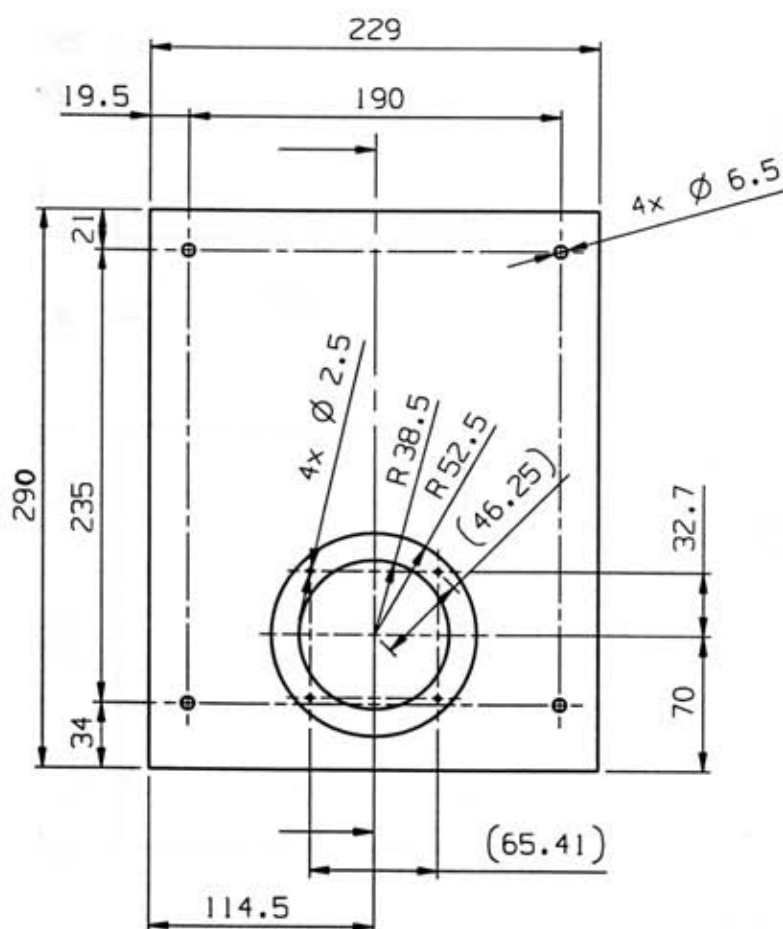
vägg 273  
00-11-24



A - A

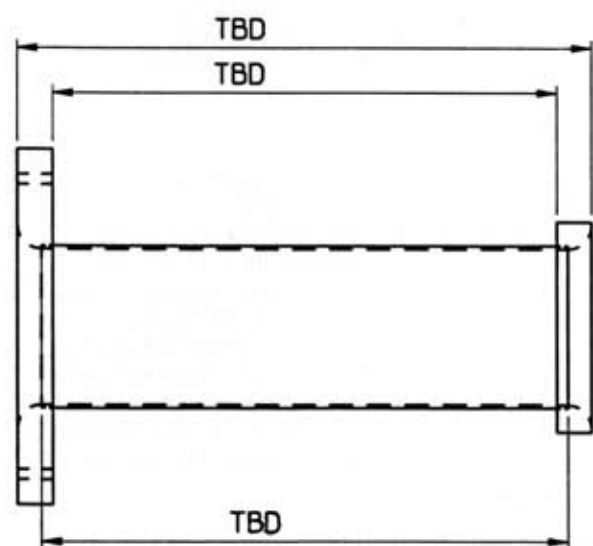
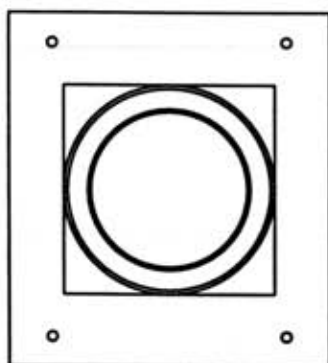
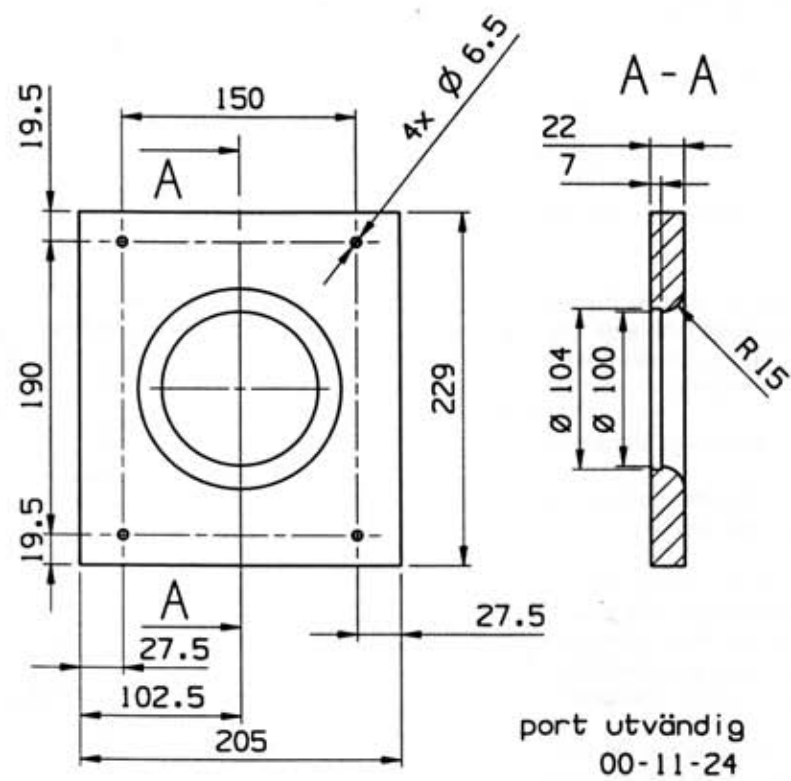


port invändig  
00-11-24



lucka

00-09-29



port smst  
00-11-24

## Och det var alla ritningar!

### Några monteringsråd

Oavsett om du själv sågar och fräser delarna till högtalaren eller köper dem färdigkapade och färdigfrästa på HiFi-kit så är vi nu framme vid själva ihopmonteringen.

När högtalarlådan skall monteras ihop är det bra att tänka på följande:

1. Använd rikligt med lim. Det är mycket värre om det blir luftspalter mellan delarna så det läcker eller distorderar i lådan när det spelas starkt, än att det rinner lite. Rinnande lim kan man ju enkelt torka av.  
PVA-lim (vitlim) är lämpligt. Vanligt trälim alltså.
2. Kolla nogsamt att alla bitar passar ihop med varandra – innan du börjar limma.
3. Börja med att limma samman topp, frontbaffel, botten och mellandelarna mot ena sidoväggen. Fortsätt sen med den fasta bakstycksdelen och lägg till sist den andra sidoväggen på plats. Spänn ihop försiktigt under torkningen (ett dygn).
4. Försök limma ihop hela lådan vid ett och samma tillfälle. Helst under mindre än en halvtimmes tid. Annars kan delarna hamna snett eller inte vara ordentligt ihopslagna, så att resten av ihopmonteringen blir omöjlig.  
Gummiklubba är för övrigt ett bra redskap att ha till hands.
5. Om du köper delarna färdiga från HiFi-kit är de förborrade och levereras tillsammans med tappar så att delarna styr nogsamt mot varandra.  
Om man snickrar själv så kan man antingen fräsa spår och kexa ihop lådan, eller också försiktigt (halvvägs) spika in smala spikar som styrning under torkningen. Sedan bör delarna hållas på plats med rikligt med tvingar. Spikarna dras ut efter att limmet torkar (t ex dagen efter) och hålen spacklas igen.

När lådan är ihopmonterad är det dags för ytbehandling. Denna kan utföras på en mängd olika sätt så det är ingen vits att jag säger något specifikt om detta.

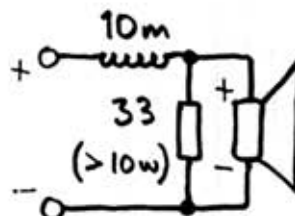
Det enda tips jag vill komma med är ett allmänt, nämligen att undvika att det kommer en massa färg i fräsningarna för högtalarelementen på fronten. Fräsningarna är ju gjorda med små toleranser och kommer det färg emellan kan det bli för ticht. Man kan dock lämna högtalaren obehandlad på den nedfrästa ytan där diskanten skall monteras, eftersom den kommer att täcka av filt när högtalaren är färdig. Mer om detta i nästa nummer.

### Provisorium

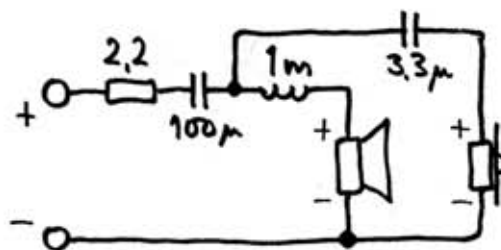
För alla dom som redan sålt eller på annat sätt gjort sig av med sina gamla högtalare, och har snickrat ihop lådorna och har alla i trevågshögtalaren ingående

högtalarelement liggande, kommer här ett förslag på ett provisoriskt delningsfilter. Alltså att använda i väntan på det riktiga. Det provisoriska tjänar egentligen bara syftet att göra högtalaren möjlig att alls spela på, utan att något går sönder: Inga välljudsgarantier ingår! ☺

Det provisoriska filtret använder ett baselement. Så här kan det se ut:



Basens filter ▲



Filtret för mellanregister och diskant ▲

**Och därmed är vi färdiga** med trädelarna, det vill säga färdiga för denna omgång. Fortsättning följer i nästa nummer då förhoppningsvis allting skall vara färdigkonstruerat.

Ing. Öhman



*Argt: –Om du dricker absint ditt kasso,  
så blir du ju dum i huv'et!*

*Glatt: –Det gör inget i mitt fall!*

## — Snickarhjälp för trevägaren —

Nu är ju trevägaren på gång på riktigt. Beställningar på element har kommit in i mycket stora antal. Det enda som återstår av utvecklingsarbetet är finputsning på dimensioneringen av delningsfiltret.

Redan i detta nummer presenteras ritningarna för den som vill åstadkomma snickeriet helt själv, inklusive tillsågning av alla delar.

Färdigsågade satser med alla trädelar till lådorna finns även färdiga, men vi har också fått ett och annat telefonsamtal från bekymrade medlemmar som säger sig sakna resurser att snickra ihop låddelarna och/eller ytbehandla.

Misströsta inte! Hjälpen är nära.

**Vi har resonerat som så** att det vore synd om någon tvingas avstå bara för att förmåga, verktyg eller kanske lämpliga lokaler saknas. Frågan kom upp på ett styrelsemöte och olika möjligheter diskuterades.

Lösningen blev följande: Styrelsemedlemmen Peter Pettersson, som även är en förstklassig snickare, ställer efter viss övertalning upp med ihopsnickningshjälp för behövande.

**Ihopsnickring av lådorna** utan ytbehandling kommer att kosta 1 500:- plus priset för trädelarna. Den som vill ha hjälp även med montering av filter och element kan få det för ytterligare 1 500:- per högtalarpar.

Eventuellt kan Peter även hjälpa till med olika ytbehandlingar men priset för dyligt är svårare att bestämma i förhand eftersom det finns så många olika sätt att ytbehandla en högtalarlåda på.

Det kan röra sig om allt mellan 1 500 kronor (exempelvis mahognybets + olja på MDF) och kanske uppåt 10 000:- (för något specialfanér kanske med 200 lager shellack och franspolering...). Ja det kan antagligen

bli ännu dyrare om till exempel någon skulle vilja ha sina lådor förgyllda...

- Om du vill ha färdigsnickrade lådor, med eller utan ytbehandling, behöver du inte köpa delarna till lådorna själv utan du behöver bara skaffa de elektroakustiska delarna till högtalarna.

- Vill du ha hjälp även med monteringen av högtalarna behöver du inte inhandla några delar alls, utan du kan då hämta allting färdigmonterat av Pettersson, i den finish ni har kommit överens om.

Du kan alltså i praktiken köpa helt färdiga trevägare!

Den som är intresserad kan höra av sig till Peter Pettersson, tel.nr: 08 – 88 35 88.

/Ing. Öhman



---

*Person som sitter och ser ledsen ut bland  
en massa skrattande människor:*

*–Jag vill också ha humor!*

# Trevägaren är helfärdig!



Nu är trevägaren äntligen färdig! I detta nummer kommer allt som behövs för att kunna bygga högtalaren att redovisas. Av tidsskäl kommer den omfattande beskrivningen av högtalaren och tankarna bakom dess tillblivelse dock att vänta något nummer.

Här kommer kompletta uppgifter om komponenter och bygge. Vi börjar dock med en liten repris från den första artikel om trevägaren.

## Hur en högtalare blir till

När en högtalare skall bli till finns det många olika möjliga tillvägagångssätt. En konstruktion kommer dock alltid till såsom en kombination av någons (inte nödvändigtvis konstruktörens) vision av den färdiga högtalare, samt vilka högtalarelement (och andra kritiska delar) som finns tillgängliga för konstruktionen.

När ingenjörer är projektledare begränsas konstruktionen ofta av att det är tillgängliga element som inspirerar till visionen. Om icke-ingenjörer är projektledare saknas sådana mentala begränsningar, men det är å andra sidan inte alls säkert att visionen blir realiserbar.

En icke-ingenjör kan ju till exempel ha visionen av en högtalare som är bara 0,5 liter stor men som kan spela 100 dB vid 20 Hz (=pumpa 1 liter luft i basområdet). En väl så inspirerande tanke, men ingenting att slösa tid på. En ingenjör tenderar kanske att intressera sig mera för realiserbara saker. ☺

## Högtalarelementen en begränsande faktor

I många fall (nästan alltid om konstruktören bara är en glad entusiast utan resurserna från ett miljonföretag i ryggen) är de på marknaden tillgängliga elementen en starkt begränsande faktor.

Det finns helt enkelt ett oändligt antal olika konstruktioner som inte går att göra eftersom de högtalarelementen som behövs inte existerar! Man är alltså tvungen att göra konstruktioner inom de ramar som tillgängliga element tillåter.

## Design-produkter

Det finns förvisso konstruktioner (även från de stora tillverkarna) som konstruerats bara efter en estetisk mall, en idé om hur högtalaren skall se ut. De förverkligas så gott det går efter förutsättningarna, som kan vara tillgängliga högtalarelement, tillåten budget och konstruktörens kompetens. I de flesta fall är designprodukter ändå begränsade av att de ser ut på ett sätt som omöjliggör uppnåendet av en riktigt god högtalare.

I själva verket kommer de allra flesta högtalare på marknaden till på detta sätt, alltså även om de inte marknadsförs som designprodukter. Man startar från någons vision om hur högtalaren skall se ut, en form. Därefter får konstruktionsavdelningen uppdraget att göra formen till en fungerande högtalare – även om det ibland kan vara en form som är synnerligen olämplig och nästan omöjlig att få att fungera bra akustiskt.

Speciellt tydligt är detta arbetssätt om man tittar på högtalare från "riktiga designhögtalartillverkare", till exempel Bose eller Bang & Olufsen.

## Visionen för LTS-trevägaren

När LTS-trevägaren skulle tas fram bestämdes det mycket tidigt dels att grundkonstruktionen skulle göras ur ett strikt funktionsperspektiv, funktionen får diktera formen. Vi man göra högtalaren "fin" får det ske med insatser å ytbehandlingen.

Det bestämdes även att högtalarelementen inte skulle få komma att bli en väsentligt begränsande faktor – om det behövs tar vi fram specialelement i alla tre register!

## Visionen såg ut som följer:

1. Högtalaren skall vara av trevägstyp för att tillåta varje element att arbeta inom ett så litet våglängdsområde att kraven på elementet inom våglängdsområdet inte blir motstridiga.
2. Högtalarelementens placering skall optimeras för att ge så interferensfria utstrålningsegenskaper som möjligt. Detta betyder att basområdet skall genereras i fas med golv och bakvägg, medan mellanregisterområdet skall utstrålas från en punkt tillräckligt långt ifrån golv och bakvägg för att inte väsentligt störa högtalaren. I just detta avseende inte helt olikt Stig Carlssons kolbox från 50-talet.
3. Högtalarens storlek skall inte upplevas som väsentligt mera skrymmande än nuvarande LTS-F1, men den kan tillåtas bli djupare om det behövs för att erhålla tillräcklig volym.
4. Baselementet skall ha god luftpumpningsförmåga slaglängd, mycket starkt motorsystem och ett membran som arbetar perfekt kolvformigt inom hela sitt frekvensområde.
5. Gränsen där dynamiska effekter / kraftigt ökad distorsion inträffar skall jämfört med nuvarande LTS-F1 förbättras minst 6 dB (4 ggr större akustisk uteffekt). Detta i trevägarens standardutförande med bara ett baselement.
6. Det skall finnas möjlighet att i efterhand, genom ett konstruktionsmässigt knep, gradera upp högtalaren så att dynamikområdet i basregistret ökar med ytterligare 6 dB (ytterligare 4 ggr högre ljudeffekt)!
7. Mellanregisterhögtalaren skall utgöras av ett litet bas/mellanregisterelement (så att det även kan användas i en mindre basreflexlåda eller i en kvalificerad centerhögtalare). Därmed tillåts låg delningsfrekvens till bashögtalaren, effektiviteten blir mycket god och membranrörelserna blir små jämfört med om ett mindre mellanregisterelement används. Elementet skall vara magnetisk skärmat så att det kan användas även i närheten av bildskärmar. Känsligheten skall i det baffelstödda frekvensområdet med goda marginaler överstiga 90 dB/2,83 volt. Kraven på mellanregistrets tonkurva har ställts mycket högt – inga abrupta ojämnheter överhuvudtaget får förekomma under 8 kHz. Det är ju annars inom detta känsliga register som de flesta högtalare har sina mest hörbara färgningar.



Spridningen skall vara god och jämn upp till minst 3 kHz.

8. Diskantelementet skall vara så likt det från LTS-F1 som möjligt, men vara försett med magnetisk skärmning och vara färdigmodifierat redan vid leverans med avseende på det lilla gallret framför membranet.
9. Högtalaren skall redan från start kunna köpas såsom komplett byggsats – inklusive färdigsågade delar till lådan. Maximalt till det dubbla priset av LTS-F1.

**Nu när allt är klart** återstår bara redovisning av delningsfiltret och dämpmaterial för att alla skall kunna börja bygga. I nästa MoLt kommer den noggranna redovisningen av högtalaren, med omfattande mätningar och allt, men redan här, strax, kommer ritningen på filtret.

Filtret kommer även att kunna köpas färdigt på kretskort på HiFi-kit före mars månads utgång.

**Dämpmaterialet i trevägaren** är av två olika typer. Dämpningen i baslådan är av typ "täckjacksfoder", det vill säga ett dämpmaterial som egentligen inte dämpar ljud speciellt effektivt. Eftersom baslådans arbetsregister är begränsat behöver man inte bekymra sig för ståendevågor i baslådan dock. De uppstår bara utanför arbetsområdet. Det har därför prioriterats att ge lådan så låga förluster som möjligt, och maximal ökning av den adiabatiska lådvolumen. För detta önskemål är det usla täckjacksfodret faktiskt optimalt!

Mellanregisterlådan är en helt annan sak. Där är kraven på dämpning av reflexioner och ståendevågor maximalt höga. Elementet arbetar ju i hela de register där alla väsentliga ståendevågor i lådan hamnar. Vi rekommenderar att man använder glasull i denna kavititet. Fyll så det blir helt fullt utan att packaullen.

Det går också utmärkt att använda fårull för den som vill stajla. Fårull är ett utmärkt dämpmaterial.

### Matematiskt "ren" delningsfunktion mellan bas- och mellanregister

Delningsfiltret har givits några speciella egenskaper som man inte brukar ta hänsyn till i högtalare. Filtret har nämligen tagits fram med en liten baktanke, nämligen att den som önskar skall kunna bygga ett elektroniskt delningsfilter för delningen mellan bas och mellanregister och driva högtalare med dubbla förstärkare!

Denna delning har därför formats som en förhållandevis väldefinierbar matematisk funktion, så att den skall bli så realiserbart som möjligt i den aktiva delningsfiltervärlden.

Ett aktivt filter för just detta ändamål kommer att tas fram för självbyggare under året.

### Resistiv impedans, för den som önskar

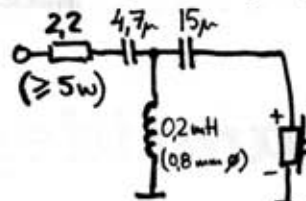
En annan sak som jag har ansträngt mig lite extra med är att ge högtalaren en så resistiv impedans som möjligt. Högtalaren skall låta maximalt bra med alla tänkbara typer av förstärkare. Vi vet att LTS-medlemmarna använder många olika typer av förstärkare.

Jag har därför ansträngt mig för att konstruera en högtalare med linjär impedans. Delningsfiltret är i själva verket naturligt "nästan resistiv" i huvuddelen av frekvensområdet. Bara i delningen mellan mellanregister och diskant ökar impedansen markant, samt även i ultraljudsområdet.

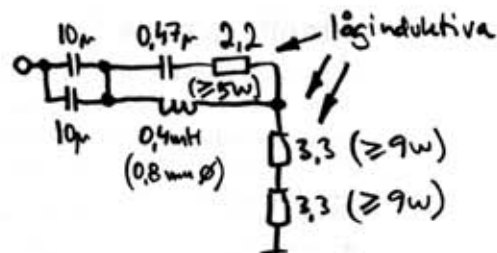
Sistnämnda kan vara särskilt trevligt att göra något åt för den som vill kunna använda den extremt låginduktiva LTS-kabeln (kan beställas på vår hemsida). En konjugatlänk har således tagit fram till trevägaren. Den är en del av filtret som placeras i högtalaren. Med konjugatlänken på plats i högtalaren kan LTS-kabeln användas utan att sistnämnda förses med konjugatlänk. Det gör kabeln båda billigare och normalare till utseendet.

Delningsfiltret till LTS 3-vägare ser ut på följande vis:

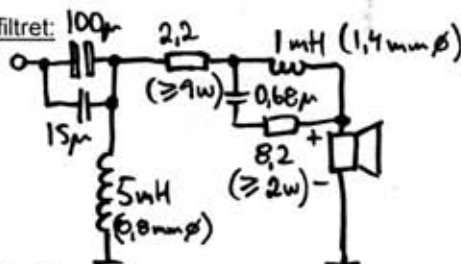
Diskantfiltret:



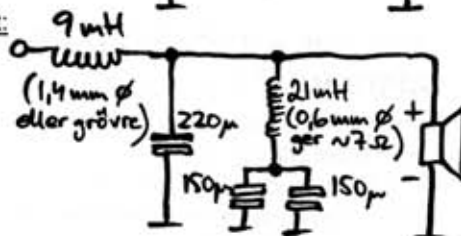
Konjugatlänken:



Mellanregisterfiltret:



Basfiltret:



Och därmed är vi färdiga för idag! Väl mött i nästa MoLt – nummer 1 år 2001.

/Ing. Öhman



PS. Det kan redan nu avslöjas att alla mätkurvor ser mycket tillfredsställande ut!

Trots att utvecklingen av trevägaren har krävt en hel del experimenterande och framtagning av flera delprototyper innan jag fick stil på allting – den har inte alls varit lika "lyckträffbetonad" som LTS-F1 var – så måste man säga att det gått väldigt enkelt och smärtfritt. Det är ju så med trevägssystem:

Det är alltid mycket enklare att konstruera trevägshögtalare än tvåvägare. Allting är så lätt att manipulera och vrida till så att ekvationerna går ihop. Högtalarens beteende är gripbart inom ramen för några få ekvationer. Det är därför även inspirerande att konstruera trevägssystem.

När man konstruerar tvåvägare är det precis tvärtom: De fordrar ett enormt förarbete. Alla ombalanseringar är mycket mera komplicerade att åstadkomma, varenda justering man vill göra riskerar att involvera varenda komponent i högtalaren...

# Trevägaren är helfärdig!



Nu är trevägaren äntligen färdig! I detta nummer kommer "den omfattande beskrivningen som utlovats tidigare. Eftersom så mycket redan är sagt kommer den omfattande beskrivningen inte att bli så förfärligt omfattande dock. I princip redovisas i det kommande hur allting är tänkt – samt hur det blev! Vi börjar ånyo med en liten repris från den första artikel om trevägaren.

## Hur en högtalare blir till

När en högtalare skall bli till finns det många olika möjliga tillvägagångssätt. En konstruktion kommer dock alltid till såsom en kombination av någons (inte nödvändigtvis konstruktörens) vision av den färdiga högtalare, samt vilka högtalarelement (och andra kritiska delar) som finns tillgängliga för konstruktionen.

När ingenjörer är projektledare begränsas konstruktionen ofta av att det är tillgängliga element, eller åtminstone vilka element som är möjliga att tillverka, som inspirerar till visionen. Även fysikens lagar kommer förstås in och påverkar hur man föreställer sig produkten. Om icke-ingenjörer är projektledare saknas sådana mentala begränsningar, men det är å andra sidan inte alls säkert att visionen blir realiserbar.

**Visionen i detta fall** var att göra en högtalare utan nämnvärda spektrala eller dynamiska begränsningar. Ett mycket specifikt del av visionen var att det skulle vara ett trevägssystem! De krav det ställer på högtalarelement har funnits redovisat i tidigare artiklar, men en av delarna har knappt nämnts alls, nämligen delningsfiltret.

Det är dags att göra det nu! Vi börjar med...

## Basregistret

För att få ett högtalarsystem att fungera fint med bas-elementet på högtalarens baksida kan inte alltför hög delningsfrekvens eller flacka delningsfilter användas. Då kommer nämligen ljud i mellanregisterområdet att börja låta som om de kommer från föremål som verkligen står bakom högtalaren och är skydda, och det vill vi ju inte. Situationen påminner lite om den man har om man använder separat sub woofer, men riktigt lika branta filter behöver man inte eftersom basdelarna i detta fall finns i precis rätt riktningar. De är ju ihopbyggda med sidosystemen!

I denna konstruktion bedömdes att det behövdes en avskärning om åtminstone 10 dB per oktav, mätt bakifrån högtalaren förutsatt att delningen kan läggas lägre än 200 Hz. 10 dB per oktav brukar betyda att man måste tillgripa ett 12 dB/oktav-filter, så det gjorde jag!

Det är filterbrantheten såsom den ser ut mätt bakifrån vi behöver bekymra oss om, eftersom brantheten är lägst sedd därifrån. Mäter man framifrån kommer lådans "ivägenvarande" att öka avrullningen något ytterligare, vilket kan ses som en bonus.

**I själva verket kan man säga** att val av delningsfrekvensen är en balansgång mellan rumskänslighet och dynamisk förmåga.

Vill man göra konstruktionen okänslig för placering så är det lämpligt att dela mycket lågt, nedåt 100 Hz, men då utsätter man å andra sidan mellanregisterelementet för mycket större effekt och det kommer att dominera de dynamiska felen från högtalaren.

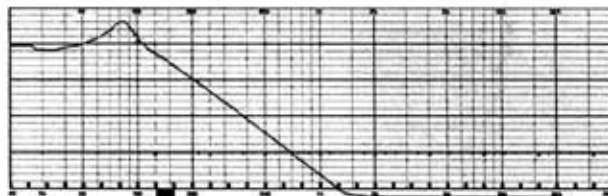
Vill man maximera den dynamiska förmågan på bekostnad av blaceringokänsligheten så delar man högt. Uppåt 600 Hz kan vara lämpligt eftersom baselementet

spelar med lägre distorsion än mellanregistret ungefär så högt, men då blir det knappast möjligt att få lådan att fungera tillfyllest annat än utomhus.

Lämplig delningsfrekvens bedömdes vara 160 Hz. Den frekvensen ger utomordentlig dynamisk förmåga samtidigt som en viss placeringskänslighet råder. Sistnämnda behöver inte vara entydigt negativt, eftersom placeringskänslighet även betyder att högtalaren kan optimeras i rummet.

Och då kommer vi till nästa besvärighet: Om man implementerar ett normalt delningsfilter vid 160 Hz blir man varse att tonkurvan inte kommer att ha stora likheter med den för ett teoretiskt filter. Högtalarelementets impedans är nämligen nästan så långt ifrån en ren resistans man kan komma, speciellt ifrån ett högtalarelement med en så stark motor som detta.

Filtertonkurvan blir ungefär såhär:

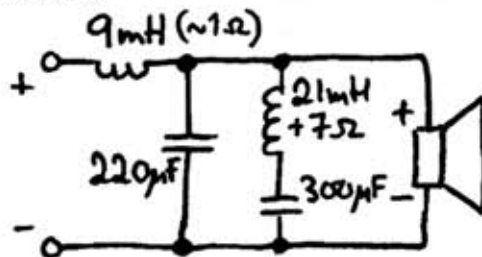


Vilket låter förskräckligt!

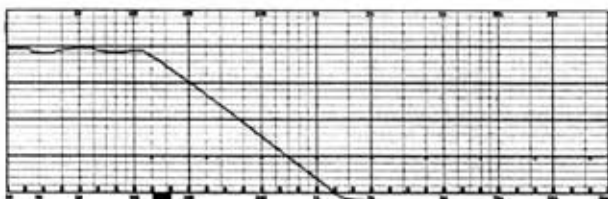
Nåväl om inte det fungerar, hur gör man då? Jo: Man måste addera en konjugatlink!

Denna kan utformas på många olika sätt, men med en utformning får man en egenskap på köpet som kan vara ganska trevlig, för förstärkaren, nämligen att impedansen blir förhållandevis resistiv även före filtret.

Så här blev filtret:



Och såhär mäter det elektriskt:



Tjusigt värre. Den lilla vågigheten på tonkurvan ligger inom +/- 0,7 dB och filterförlusterna är mindre än 1,5 dB som värst (vid 32 och 80 Hz). Baselementet täcker området upp till 160 Hz som är dess -6 dB-punkt, elektriskt.

Här finns en liten osäkerhet kan påpekas, nämligen hur stor nivå elementet skall ha mellan 80-150 Hz. Det beror ju till stor del på rummet högtalaren placeras i. I de gamla Sonab-högtalarna (som lider av samma placeringskänslighet) löstes problemet med några omkopplarbryglar som kunde flyttas för "angenämast" klang. Kanske skulle samma lösning kunnat ha valts här, men jag ville i möjligaste mån undvika galvaniska övergångar.

Den som upplever att registret är för kraftigt kan istället justera dimensioneringen i detta register med några enkla komponentvärdesändringar. Förslag på sådana kommer att publiceras före årets slut.

Ambitionen med dimensioneringen är att den skall ge tillräckligt mycket bas/lågmellanregister (80 – 400 Hz) i alla tänkbara rum – man kan ju alltid ta bort, men att lägga till utöver vad elementen kan prestera är omöjligt.

Originaldimensioneringen kan möjligen tyckas vara lite... generös. Men bedöm själv!

Alla synpunkter på detta tas emot med glädje. E-maila på: [Its.teknik@spray.se](mailto:Its.teknik@spray.se)

Nåväl, vidare till:

## Mellanregistret

Mellanregistrets delningsfilter måste dimensioneras med utgångspunkt från basfiltret. De skall ju arbeta tillsammans. För att få lämplig fasgång (rätt fasvridning och rätt fashastighet) behövs en delning i HP-delen som håller ungefär 22 dB per oktav.

22 dB per oktav är ganska brant, nästan en fjärde ordningens delning. Men genom mellanregistrets placering i en förhållandevis liten sluten låda kommer den att falla av med 12 dB per oktav akustiskt, alldeles av sig själv. Vad som ytterligare behövs är ett andra ordningens (12 dB per oktav) filter alltså, med lagoma förluster så att brantheten sjunker till 10 dB per oktav. I själva verket skall delningsfiltret skära brant omedelbart under delningen för att under elementets resonansfrekvens i lådan (cirka 100 Hz inspelat) falla flackare.

Här har vi dock samma dilemma som för basregistret, nämligen att mellanregisterelementet är mycket reaktivt i närheten av delningsområdet.

Om man kan acceptera att impedansen sjunker en smula finns det en mycket fiffig lösning på problemet, nämligen att man adderar en serieresistans som dämpar interagerandet mellan delningsfiltrets reaktanser och elementets. Det brukar gå att finna en dimensionering som fungerar med denna metod. Eftersom impedansen i basregistret (redovisad senare i denna artikel) går ned till ungefär fem ohm kändes det rimligt att tillåta en minimumimpedans från mellanregisterområdet i samma storleksordning, säg +/- 10%.

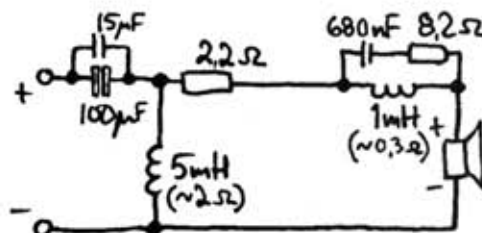
Det gick med nöd och näppe att åstadkomma! Minimumimpedansen hamnade på 4,5 ohm, men då skall man också minnas att originaljusteringen är generös i registret 80 – 400 Hz. Impedansen kommer att stiga om man gör de mindre nedjusteringar i frekvensområdet 80 – 400 Hz, som eventuellt kan komma att bli av före årets slut (vi får väl se vilka reaktionerna blir...).

Delningsfiltret för mellanregistret skall ju ha en lågpasfunktion också, som skär av diskantområdet så det kan hanteras av diskantelementet utan störningar. Genom analys av amplitud- och faskarakteristiken för mellanregisterelementet visar det sig att det fasvrider för mycket för att passa ihop med diskanten. Det har helt enkelt lite för hög grupplöptid. För att råda bot på detta har elementet försetts med ett mycket speciellt grupplöptidsminskande (tidsreducerande) filter!

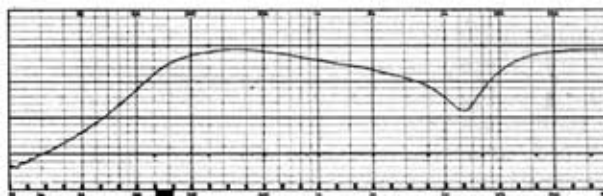
Ett sådant kan arbeta på många olika sätt, men huvudsyftet är att se till så att musiksignalen passerar filterelement så fort som möjligt. Det får alltså inte ha någon ytterligare fördröjning såsom alla normala delningsfilter av lågpasstyp har. Tvärtom skall filtret nästan mata elementet "i förväg"!

Lösningen blev att minimera totalfördröjningen genom att manipulera elementets tonkurva i registret där det inte skall arbeta! Närmare bestämt över 6 kHz (delningen ligger vid knappa 3000 Hz). Med detta speciella mellanregisterelement låter det sig enkelt göras, eftersom det beter sig som det gör vid ultrahöga frekvenser, nämligen icke resonant och brant fallande (se mätningarna i MoLT nummer 1 2000).

Så här ser det kompletta filtret ut:



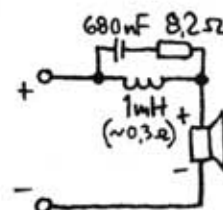
Och så här mäter det elektriskt:



Mätkurvan ser kanske lite konstig ut vid en första anblick, men vänta och se senare i artikeln då vi kommer till den akustiska tonkurvan, det vill säga den verkliga – som vi lyssnar till.

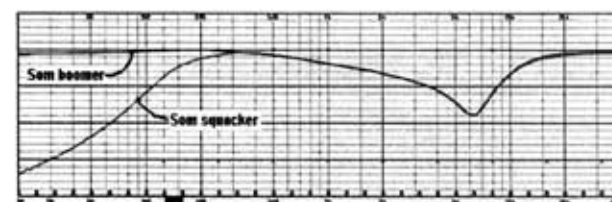
Mellanregisterelementets filter när det används som Boomer i den lilla tvåvägsvarianten ger i stort sätt identiska tonkurvor över 300 Hz. Däremot så skär förstås inte filtret för tvåvägaren av under 300 Hz, som det gör i tvåvägaren.

Så här ser filtret ut:



Notera att delningsfiltret är identiskt med det som används för mellanregisterfiltrering, men med de tre (fyra om man räknar kondensatorerna som två) första komponenterna borttagna.

Och så här mäter det (kurva för mellanregisterfiltret inlagt för jämförelsens skull):



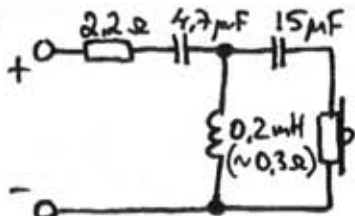
Som synes är kurvorna identiska över 300 Hz.



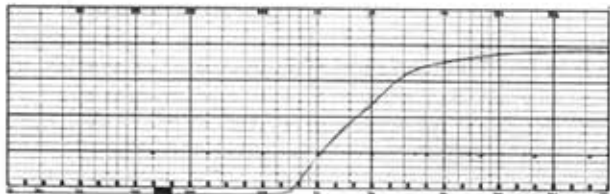
## Diskantregistret

För diskanten är delningen mycket okomplicerad. Själva elementet beter sig exemplariskt. Det enda man behöver åstadkomma är en snygg avskärning med brantheten 24 dB per oktav, akustiskt. Skall man vara noga skall avskärningen vara brantare under 1500 Hz och flackare mellan 1500 och 3000 Hz, för att elementet skall ligga rätt i tiden tillsammans med mellanregistret.

Förutsättningarna är perfekta. Den ökade brantheten under 1500 Hz finns redan inbyggd i elementet akustiskt. Allt som behövs är därför ett filter som modellerar ihop allting. Det blir ett mycket enkelt filter som ser ut såhär:



Och mäter på detta vis:



Den lilla "uppförsbacken" från 4000 till 10 000 Hz är avpassad med hjälp av lyssning för att ge en bra klangbalans med såväl baffelstött (bashöjande) direktljud som efterklangsljud inräknat.

Man kan säga att backen är en konsekvens av elementets goda känslighet vid lägre frekvenser, vilket för med sig att effekttåligheten ökar. Ineffektnivån i elementet, alltså efter filtret, ligger ju vid 4 kHz på -6 dB, det vill säga; trots att 4 kHz ligger långt över delningsfrekvensen är ineffekten till diskanten fortfarande bara 1/4 av effekten ut från effektförstärkaren!

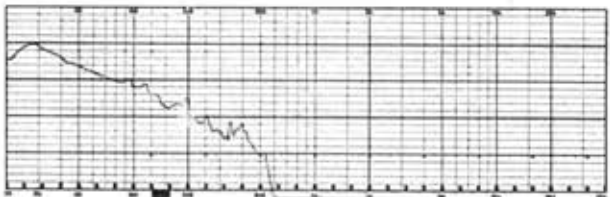
Detta minskar väsentligen uppvärmningen av den lilla diskantens talspole och det både ökar effekttåligheten för systemet och reducerar värmekompressionen.

## De akustiska tonkurvorna

Men man lyssnar ju inte på högtalarna genom elektrisk inkoppling till delningsfiltret, utan man lyssnar till de akustiska ljud högtalaren ger ifrån sig. Hur ser då dessa ut? Vi börjar med...

### Basporten

Vi börjar allra längst ned i frekvens. Där arbetar basreflexporten:



Som synes ger den sitt största bidrag vid 28 Hz och faller över 35 Hz (-3 dB) med ungefär 6 dB per oktav

upp till 400 Hz. Det ser kanske snyggt ut, men skall man vara petig borde den falla med 24 per oktav över 125 Hz, eftersom baselementets filter börjar skära däröver. Tänker man lite på detta kan man konstatera att porten i verkligheten faktiskt inte faller av alls akustiskt över 125 Hz!

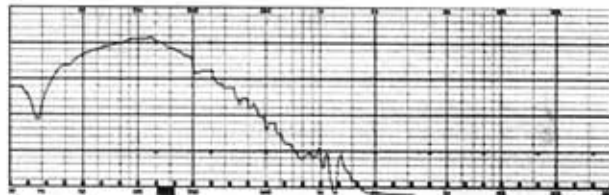
En sådan här portdimensionering är med andra ord helt olämplig för en tvåvägs högtalare! Dimensioneringen av porten *kräver* att det finns ett effektivt lågpasfilter för baselementet. Och det gör det ju här.

Fördelarna med den portdimensioneringen jag valt är att den kan pumpa väldigt mycket luft utan att komprimera. Det är ju en tämligen rejäl port. Pumpkapaciteten kan rent av verka onödig, men den är nödvändig eftersom porten skall kunna serva högtalaren även då den förses med fyra baselement. Det kräver att porten klarar dubbelt så stora luftflöden.

Vi går vidare till själva baselementet:

### Baselementet

När man mäter på baselementet akustiskt måste man vara på det klara med i vilken situation, och framför allt i vilken riktning man mäter. Värsta fallet (mest oönskade mellanregisterljud) har man mätt rakt bakifrån, så just på det viset har jag mätt:



Som synes börjar tonkurvan vid låga frekvenser med en dipp vid 28,5 Hz, som beror på portavstämningen. Vid denna frekvens kommer i stort sätt allt ljud från basporten.

Går man högre i frekvens ser man att nivån ökar upp till ungefär 90 Hz där nivån planar ut, för att börja falla över 125 Hz igen.

Nivån ligger sedan -3 dB vid ungefärligen 160 Hz där mellanregistret skall ta över. Man kan kanske tycka att nivån borde ligga på -6 dB istället, eftersom bas- och mellanregistrelement arbetar i fas med varandra vid denna frekvens, men jag har resonerat på följande vis:

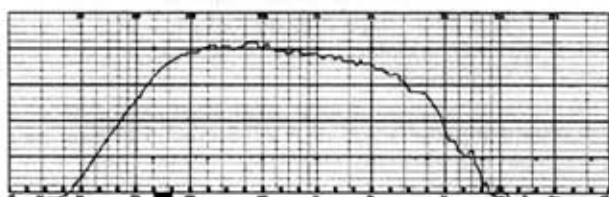
1. Högtalarens direktljud kommer i detta frekvensregister i de allra flesta rum att ha en icke-dominerande roll gentemot rummets reflekterade ljud (de flesta rum med sina reflektioner dominerar över högtalaren direktljud under 300 Hz, eftersom förlusterna i rummet brukar vara ytterst små vid så låga frekvenser). Därför är det rimligt att se på högtalaren som en effektutstrålare, och inte som en ljudtrycksutstrålare. Ljudet som kommer ut från högtalaren och till sist når lyssnaren har strålat ut i alla dimensioner och därför kommer delningsområdet att få en svacka om inte elementen är extremt nära varandra vid delningsfrekvensen, i relation till våglängden givetvis. Det är de inte. Våglängden vid 160 Hz är ungefär 2 meter medan elementen sitter nästan en meter ifrån varandra. Mer än en kvarts våglängd med andra ord.
2. Delningsfrekvensen ligger i ungefär det register där många rum har sina väggresonanser, som ju kan absorbera en hel del ljud. Det är inte alldeles entydigt att man skall hantera detta psykoskustiskt medelst en nivåökning av motsvarande styrka från

högtalaren, eftersom rummet inte bara ger en energisvacka, utan även en hel del resonanser i detta område. Men, eftersom jag avsett ge högtalaren en grunddimensionering som är nivågenerös i detta avseende (det är fortfarande lättare att ta bort än att lägga till...) är delningen utförd på ett sådant sätt att nog ingen kommer att sakna energi i registret. Det är som redan antytts i detta register högtalaren i vissa rum säkert kan ge lite för kraftig nivå. Vi får se vilka reaktioner dimensioneringen får...

Sålunda ser i varje fall basens akustiska tonkurva ut just nu. Därmed är vi framme vid det färdigfilterade mellanregisterelementets akustiska beteende:

## Mellanregistret

Mellanregisterelementet har, som alla säkert kan lista ut, liksom basen dimensionerats så att det ger en akustisk nivå om  $-3$  dB vid delningen. Därefter är tonkurvan jämn och fin upp till ungefär 550 Hz, varefter den börjar falla mjukt. Så här ser tonkurvan ut:



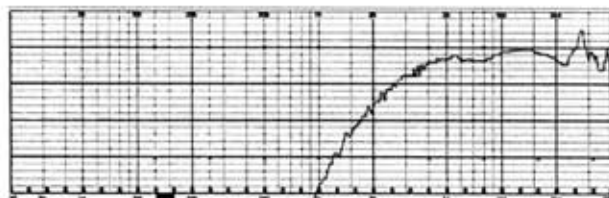
Den fallande nivån över 550 Hz är givetvis för att kompensera för det ökande baffelstödet mot stigande frekvens (mätningen är alltså gjord i närfältet där inte bafleffekten märks).

Mot högre frekvenser faller nivån till sist av så att en delning mot diskanten bildas.  $-6$  dB hittar vi vid ungefär 2900 Hz på det valda mätavståndet. Därefter faller nivån av snyggt och utan större krumbukter nedåt tills vi når 10 kHz, efter vilket nivån är så låg att de inte går att se på mätappret.

Observera att den konstiga tonkurva som gick att observera elektriskt inte alls har någon motsvarighet i den akustiska verkligheten!

## Diskanten

Diskanten slutligen erbjuder väl just inga överraskningar. Tonkurvan är jämn och fin upp till 22 kHz, varefter den lilla aluminiumdomen bryter upp och ger lite krusningar i tonkurvan. Nivån är dock bra upp till över 50 kHz kan jag berätta (mätkurvan går bara upp till 40 kHz).



Som synes faller tonkurvan akustiskt precis som den skall. De små ojämnheter på  $\pm$  någon dB beror förresten på diffraktion från de yttre filtkanterna!

Filten på baffeln gör i själva verket inte speciellt mycket nytta annat än att den ser till så att diskanten kunnat försänkas utan att drabbas av förvärrad diffraktion, samt ser till så att utseendet håller klass! Båda egenskaperna är av betydelse, men egentligen går det att göra lika fina högtalare utan att tillgripa filt. Bara man utformar baffeln på ett bra sätt, vilket dock kan bli dyrare.

Man kan förstås diskutera vad tonkurvas utsträckning långt upp i ultraljudsområdet skall vara bra för. De flesta hör ju bara upp till 15-18 kHz. Är det meningsfullt att återge högre frekvenser?

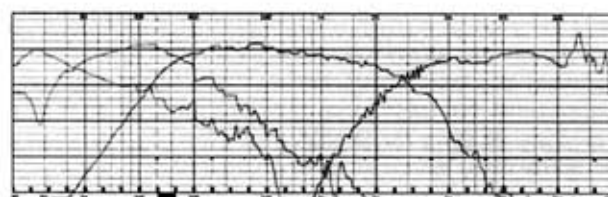
Vi kan höra nedblandade effekter från registret över 20 kHz, men frågan ändå relevant. Musikkjud (ljud från musikinstrument) innehåller nämligen nästan ingenting som ger hörbara blandningsprodukter från ultraljudsregistret.

Saken är i själva verket den att ultraljudkapaciteten egentligen bara får till följd att man måste välja sin elektronik extra noga! Det finns nämligen gott om exempel på elektronik som genererar ultraljudssmuts som kan få även de bästa metalldomar att låta illa. Värst brukar dåliga AD-DA-omvandlare vara, men även effektförstärkare med switchade utgångssteg eller förstärkare med switchade nätdelar kan generera ultraljudsskräp som inte blir trevliga från en metalldome.

Så vitt jag vet finns idag på marknaden inga mjukdomar till överkomligt pris som ger lika låg distorsion som denna metalldome. Däremot ger många metalldomar andra distorsionsfenomen som inte syns i en THD-mätning. Denna metalldomesdiskant har givits en utformning som gör att dylika "egna fel" undertrycks kraftigt. Det minskar inte kraven på val av slutsteg dock.

Att man måste vara noggrann när man väljer elektronik beror alltså på högtalarens exceptionellt höga upplösning i ultraljudsområdet, så det kan lika gärna se som en bonus! ☺

**Då har vi tittat på alla element** som enskildheter och tar så till sist en titt på alla element tillsammans, det vill säga ritade på ett och samma papper:



Det ser väl snyggt ut! Men som sagt. Man skulle kunna tänka sig att ge registret 80 – 400 Hz en något lägre nivå i vissa rum. Mer om detta senare under året.

**Med detta är vi framme** vid den sista betraktningssvinkeln för denna artikel – högtalarens impedans.

## Impedansen

Vi fortsätter enligt samma tradition och redovisar både enskildheter och summan. Vi börjar fortfarande underifrån i frekvens.

## Basen

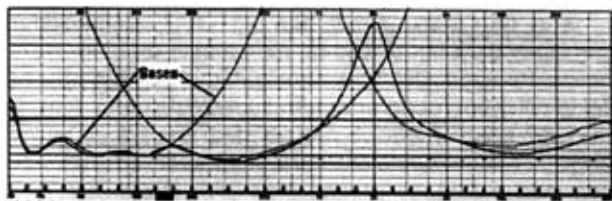
Baselementet är som nämnts ett element med en synnerligen ojämn impedanskurva. Det är en egenskap elementet delar med alla andra mycket motorstarka element. Det är i sig ingen dålig egenskap, men det gör filterkonstruerandet till en utmaning.

Med det använda baselementets talpoleresistans om cirka 5 ohm finns det ytterligare saker att ta hänsyn till vid filterdimensioneringen. Det är viktigt att serieförslutningarna hålls tillräckligt låga (därav den extremt kraftiga seriespolen) och det är viktigt att hålla styr på alla resonanser i impedanskurvan, eftersom dessa kan smitta av

sig i besvärliga impedanser att driva för förstärkaren, vilket i förlängningen kan resultera i brist på välljud.

För att göra högtalaren så lätt att driva som möjligt för förstärkaren, även sådana med begränsad dämpfaktor, har jag försökt ge högtalaren en så rent resistiv impedans som möjligt.

Så här ser impedansen ut för baselementet plus filter (den markerade vänstraste kurvan på pappret):



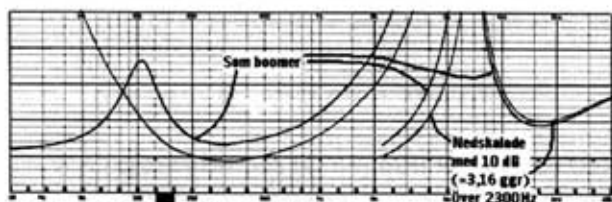
Som synes utgör basen en i stort sett resistiv impedanskurva mellan 23 och 160 Hz med ett medelvärde på ungefär 6 ohm och avvikelser på någon dryg ohm.

## Mellanregistret

Går vi vidare till mellanregisterområdet får vi ånyo titta på två olika impedanskurvor, eftersom elementet skall kunna användas som bas i ett litet tvåvägssystem också. Då skall tonkurvan vara så nära identisk med trevägaren som det bara går, således att systemen kan fungera optimalt klangligt tillsammans. Impedansen behöver dock inte alls se likadan ut i de två fallen. Den får till exempel gärna vara lättare i tvåvägaren.

Lyckligtvis är uppgiften att göra ett filter för detta element mindre komplicerat i tvåvägsfallet eftersom man slipper ifrån den knepiga HP-funktionen. Detta får till följd att verkningsgraden (uteffekt per ineffekt) i filtret kan ökas för tvåvägaren, och eftersom tvåvägsversionen och trevägaren har exakt samma känslighet (uteffekt (eller ljudtryck) per inspänning) kommer den högre filterverkningsgraden för tvåvägaren tillbaka i form av en högre impedans att driva för förstärkaren. Den lilla tvåvägaren blir därför ännu lättare att driva än trevägaren.

Så här ser mellanregistrets impedanskurva ut när den arbetar som Boomer (bas-mellanregister) i tvåvägsvarianten, respektive Squacker (mellanregister) i trevägaren:



Som synes ligger impedansen hos tvåvägaren högre än i trevägsfallet vid alla frekvenser mellan 83 Hz och 7 kHz. Därunder ligger förstås tvåvägaren lägre eftersom den ju återger basområdet.

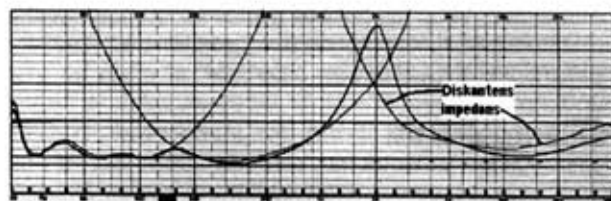
Det skall dock påpekas att mätningen på mellanregisterelementet med boomer-filtret ovan inte har gjorts i en verklig liten tvåvägare, utan med elementet på plats som mellanregisterelement i trevägaren. Det har emellertid inte nämnvärd påverkan av filterfunktionen, men får till konsekvens att den verkliga tvåvägaren kommer att (istället för denna mättings dromedarpuckel vid drygt 100 Hz) uppvisa två kamelpucklar vid kanske knappt 30 Hz och 85 Hz om jag får gissa lite.

Vi får se exakt var impedanspucklarna hamnar när tvåvägaren är färdig...

**diskantregistret** uppvisar inga märkligheter. Den svarar exakt till vad man kan vänta sig med tanke på tonkurvan.

Däremot kan man se att högtalarens kompletta impedans i diskantområdet ligger lägre än för diskanten ensam över 5,5 kHz. Det beror på att mellanregisterelementet med sitt speciella filter drar lite ström i diskantregistret.

Här visas impedansen för varje element + filter som enskildheter med diskantens impedans markerad:

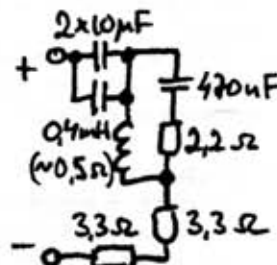


Diskanten + filter ensamma har en minimumimpedans om ungefär 6,5 ohm vid 10 kHz, men med bidraget från mellanregisterelementet inräknat hamnar man på 5,4 ohm vid 12,5 kHz. Ingenting att bekymra sig för med andra ord och ungefär i samma storleksordning som resten av högtalaren.

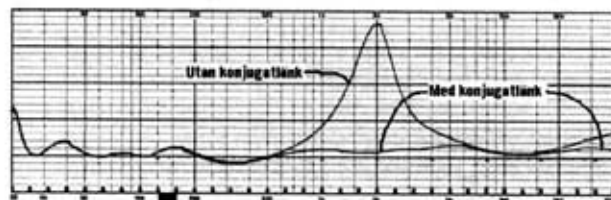
På impedanskurvan kunde man ånyo se, inte bara diskantens impedans och de tre bidragen från bas, mellanregister och diskant, men även högtalarens totala impedans (lite kraftigare). Denna totalimpedans är ju som synes väldigt jämn = synnerligen resistiv i hela frekvensområdet med endast små avvikelser från en linjär impedanskurva, med ett undantag – en stor impedansstopp vid 2 kHz!

För att råda bot på den krokiga (reaktiva) impedanskurvan runt 2 kHz har delningsfiltret även försetts med en parallell konjugatlänk. Den har alltså ingen funktion i delningsfiltrets överföringsfunktioner, men den hjälper den drivande förstärkaren till en belastning med mera lätt-drivna fasvinklar.

Schemat på konjugatlänken ser ut så här:



Och impedanskurvan påverkas på detta vis när den adderas till filtret:



Snyggt va! Med konjugatlänken på plats håller sig hela impedanskurvan på 5,5 ohm +/- 1,5 ohm mellan 23 Hz och >40 kHz!

Om några små filterjusteringar kommer att göras fram emot slutet av året, så kommer det resultera i att impedansen kommer att öka något i det området där den just nu är som lägst – mellan 70 – 600 Hz. Bara trevligt.

Ing. Öhman





# ✂ Monteringstekniska frågor ✂

Nu över till det praktiska! Själva beskrivningen av konstruktionens parametriska egenskaper är färdig för idag. Återstår gör bara att besvara de små frågor som så många ställt sig själv, ställt till HiFi-kit, och inte minst ställt till mig.

Själva arbetet med trevägaren har ju pågått i ungefär ett år nu. Många har börjat bygga högtalarna lite i förväg. Det har ju varit diverse förseningar, framförallt för att projektet har varit stillastående under perioder, beroende på sådant som; väntan på bättre mätväder (mittivintern är det inge kul å mäta utomhus!), tidsbrist, synkronisering till tidningen och parallelljobb med syskonmodellerna (center, surround och lilla tvåvägaren).

Eftersom många trevägshögtalare har byggts innan modellen egentligen varit färdig och blivit slutligt presenterad i MoLt (i detta nummer) har många frågor ställt. Bland annat de följande:

1. Vilka dämpmaterial skall användas?
2. Hur skall dämpmaterialet placeras i baslåda och mellanregisterlåda?
3. Hur skall delningsfiltret placeras i sin låda?
4. Kan man / bör man bi-wira högtalaren?
5. Hur skall baselementen kopplas om man använder fyra stycken?
6. Hur långt skall basreflexröret vara?
7. Hur nära bakväggen skall högtalaren placeras i lyssningsrummet?

**Ett antal synnerligen motiverade** frågor kan man säga. Vi tar väl och avverkar dem i tur och ordning:

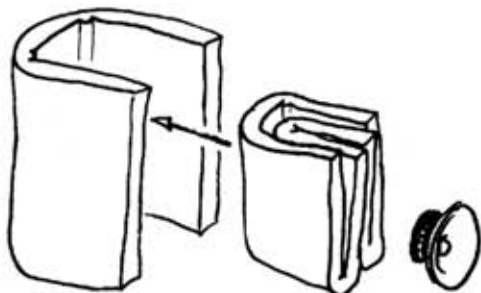
## Dämpmaterial

Dämpmaterialet skall vara av täckjacksfodertyp för baslådan, medan man bör använda glasull (cirka 15 kg/m<sup>3</sup>) i mellanregisterlådan. Täckjacksfodret finns att köpa på HiFi-kit, och jag tror att de har lämplig glasull också.

## Hur utföra dämpningen?

Täckjacksfodret skärs ur ett "flak" som original är ungefär höjd = 45 \* bredd = 200 \* tjocklek = 5 cm stor.

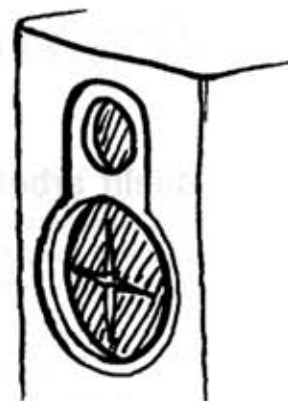
Denna skall skäras i tre delar för baslådan. Den första skall vara 92 centimeter bred, den andra 80 cm bred och den tredje är det som blir över. Första biten skall ligga utmed sidorna och framkanten i baslådan. Den andra biten skall vikas två gånger och läggas inuti den första:



Den tredje delen (som blir ungefär 45 \* 28 cm) kan man placera i filterlådan för att den inte skall resonera i onödan.

Slutligen fyller man mellanregisterlådan med dämpmaterial i form av glasull / gulfiber. Lådan skall vara helt full men inte packad.

Man kan skära ett kors i dämpmaterialet mitt bakom mellanregisterelementet så att man får dit magnetsystemet utan att platta till all glasull:



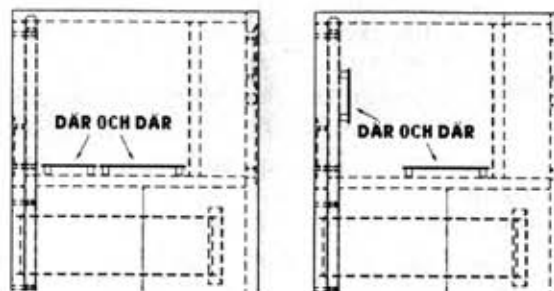
## Delningsfiltrets placering

Egentligen är det inte så kritiskt hur delningsfiltret placeras, så länge man inte lägger de två halvorna på varandra.

Den ursprungliga tanken var att båda filterhalvorna skulle få plats på botten i filterlådan. Basdelen närmast locket på baksidan och filtret för mellanregister, konjugatlänk och diskant placeras närmast mellanregisterlådan. Man vrider filtren så att ingången på respektive filter hamnar närmast locket på högtalarens baksida.

Å andra sidan har någon trevägsbyggare rapporterat att det blir lite trångt att placera filtrena på detta vis, så han har istället valt att placera filtret för basen på själva locket, ovanför anslutningspanelen.

Båda varianterna fungerar utmärkt:



Personligen tycker jag inte att det blir speciellt trångt att montera båda filterkorten i lådans botten, men det går alldeles utmärkt att sätta bashalvan på locket om man föredrar det. Men se till att det är åtminstone några centimeter (>6) mellan spolarna som hamnar närmast varandra. Gåma mer.

Det är viktigt med lite avstånd mellan spolarna om de är orienterade på samma ledd. För att undvika problem på respektive kort har jag lagt de spolar ned som behöver ligga för att slippa korsinduktion.

## Bi-wire?

Jag är lika förvånad som glad att denna fråga kommit upp. Jag trodde ju att alla visste att jag ogillar bi-wire förhållandevis jättemycket. Men frågan är faktiskt synnerligen berättigad!

Bi wire påverkar nämligen inte samma sak i olika sammanhang. I detta fall är det bi-wire mellan basen och resten som aktuellt, och en sådan koppling är praktiskt taget fri från de fel som bi-wire vid högre frekvenser ställer till med (läs den första artikeln i ämnet i MoLT nummer 3 1990).

Små fasmodulationer blir inte märkbara i spridningsmönstret vid en så låg frekvens som 160 Hz. Tjugo gånger mindre än om det används på en delning vid 3200 Hz, men hörbart är skillnaden ännu större eftersom man av såväl audiologiska och akustiska som av psykoakustiska skäl är mycket känsligare för ljudets ankomstvinkel vid 3200 Hz än vid 160 Hz.

Det går alltså utmärkt att bi-wira trevägaren förutsatt att man gör det mellan bas- och mellanregister. Man skall absolut inte göra det mellan mellanregister och diskant! Sådana tilltag har jag sett till att försvåra genom att lägga mellanregistrets och diskantens filterkomponenter på samma filterkort med gemensamt jordsystem.

Nåväl, väljer man att bi-wira mellan bas och mellanregister så måste man göra en ny lucka (eller kanske HiFi-kit har lust att ta fram sådana?) med fräsning för dubbel anslutning. Resultatet kommer inte att innehålla några nackdelar, men jag vågar heller inte lova några påtagliga hörbara fördelar heller. Jag har ännu inte testat själv skall påpekas.

## Elektronisk delning

Någon gång, troligen i slutet av året, kommer det att presenteras ett elektroniskt delningsfilter så man kan köra trevägssystemet "äkta" bi-ampat. Alltså inte bara två förstärkare som arbetar parallellt, utan de behöver då bara hantera sitt respektive frekvensområde.

Det elektroniska delningsfiltret tar över delningen mellan bas- och mellanregisterelement. Man kan lämpligen använda en stereoförstärkare för varje kanal (som liksom monoblock då kan placeras nära respektive högtalare). Eller om man vill använda olika typer av förstärkare för frekvensområdet över respektive undre 160 Hz så går det också bra.

Det elektroniska filtret kommer att innehålla reglage så man kan fintrimma responsen i delningsområdet.

I den elektroniskt delade konfigurationen behöver man definitivt dubbla anslutningskontakter på lådan, så om man har för avsikt att såsmåningom köra elektroniskt delat så kan man lika gärna byta till dubbelkontakter redan nu, och köra bi-wirat så länge.

När man sen byter till elektronisk delning tar man helt framt bort det passiva delningsfiltret till basen och kopplar över de tre första komponenterna i mellanregistrets filter, så att filtret ser ut precis som i den lilla tvåvägaren.

Huruvida man även vill ta bort konjugatlänken får man bedöma själv. Den är helt klart inte längre nödvändig eftersom den generella impedansen stiger när man går förbi det förefintliga HP-filtret för mellanregisterelementet. I elektroniskt delad form är högtalaren inte svår att driva.

## Baselementen koppling i fyrtal

Om man jämför systemet med bara en bas med samma högtalare bestyckad med fyra baselement är det inte meningen att systemets tonkurva skall påverkas.

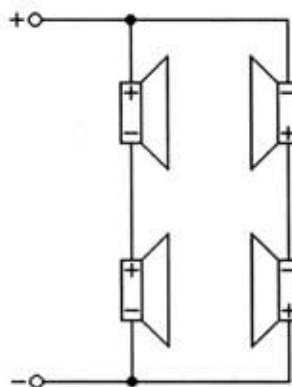
Det går att åstadkomma mycket nära identiska prestanda med en finurlig koppling. Kopplingen gör att systemets akustiska effektpotential ökar med 6 dB, det vill säga fyra gånger. En trevlig bieffekt är att systemets distorsion sjunker kraftigt.

Dels ger de push-pull-kopplade elementen i sig en reduktion av distorsionen, men dessutom minskar membranrörelserna med 50%. Totalt ger det en distorsionsminskning med ungefär 10 dB, det vill säga till ungefär en tiondel!

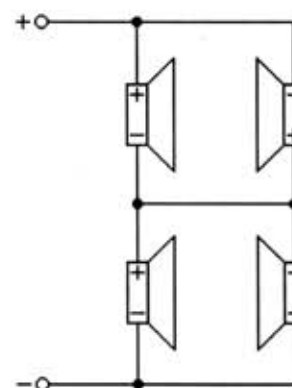
I alla nedanstående kopplingar är de två vänstra elementen de som sitter inuti lådan, medan de två högra är de som sitter på utsidan, med magneterna utåt.

Konceptet är dock förrädisk eftersom det finns åtminstone fem olika sätt att koppla elementen elektriskt, som allihopa ger samma tonkurva. Men den enklaste kopplingen (den som visas först) som ter sig mest logisk, är faktiskt den sämsta!

Koppla inte såhär:



Eller såhär:



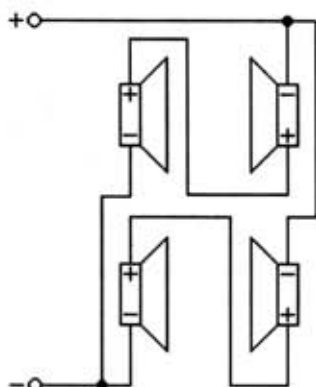
Både dessa "lättritade" kopplingar ger samma problem, nämligen att de två övre basarna inte har någon direkt EMK-koppling till de båda inre. Ingenting tvingar dem därför att följa samma rörelsemönster.

Det måste de göra. Eftersom de två punkterna i lådans inre där respektive elementpar sitter inte kommer att vara identiskt likadana kommer de utan rätt elektrisk koppling – läs med de visade kopplingarna – därför att röra sig i otakt med varandra. Inte bra.

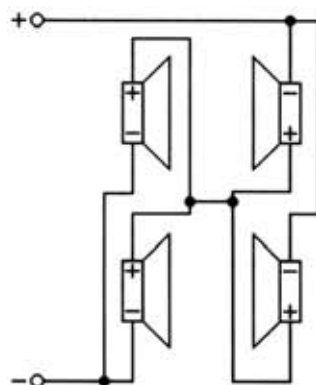
Den övre kopplingen är värre än den undre, men skillnaden är inte så stor eftersom de två övre elementen är akustiskt ihopkopplade även om den inte är EMK-ihopkopplade.

Om man tar samma kopplingar som de visade men vrider ihopkopplingsschemat 90 grader får man två nya enkla sätt att koppla ihop de fyra baselementen. Inte heller dessa sätt är att rekommendera.

Koppla alltså inte heller såhär:

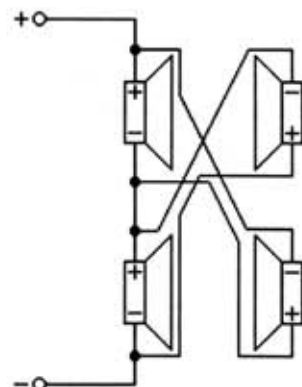


Eller såhär:



Problemen med dessa kopplingar är inte längre rörelsemönsterbetingade utan handlar om impedansinducerad distorsion.

**Korrekt koppling skall göras såhär:**



Här är det övre inre elementet parallellkopplat med det nedre yttre elementet. Och det nedre inre är parallellkopplat med det yttre övre. Med den kopplingen rör sig

allting i takt och med lägsta tänkbara distorsion! Kopplingen är heller inte svår att göra.

Börja bara med att seriekoppla de båda inre elementen. Dra sedan en kabel från det inre övre till det yttre nedre och en kabel från det inre nedre till det yttre övre. Lätt som en plätt! Två kablar (fyra kardeler) går alltså genom basbaffeln.

Var noga med att koppla i rätt fas så att inte elementen försöker motarbeta varandra. De yttre elementen är ju mekaniskt bakåframvända, så den pol som är märkt med minus är i själva verket pluspol. Fasar man fel blir det inte mycket ljud.

De visade kopplingarna utgår ifrån hur elementen är märkta. Minus är vit, svart eller märkt med -, plus är röd, blå eller märkt med +.

Var noga med att få kabelgenomföringen i basbaffeln helt tät. Silikon kan användas. Tätar man från insidan blir det snyggast.

**Alla de visade kopplingarna** är en kombination av parallellkoppling och seriekoppling. I en teoretisk, förenklad, helt linjär värld hade de allihopa varit likvärda, men vi lever i den verkliga världen där olinjäriteter frodas och där hänsyn till detta måste tas om man vill uppnå maximalt resultat.

Den sist visade kopplingen ger massor av fördelar. En av de viktigaste är att de två seriekopplade delarna var för sig är symmetriska. Det gör att distorsionen hålls låg högt upp i frekvens och inte bara vid så låga frekvenser att de två synliga elementen är nära varandra.

En annan fördel är att de delar som är elektriskt seriekopplade är akustiskt seriekopplade i motfas! Det leder till att de negativa effekterna av seriekopplingen (nämligen att den elektriska dämpfaktorn för asymmetriska störningar in på ett element sjunker från ungefär 80 gånger till bara 3 ggr) nästan fullständigt elimineras. En rörelsestörning hos ett element kommer att resultera i att det elementet det sitter monterat tillsammans med kommer att vilja röra sig åt andra hållet och motverkar felet. Felet kommer även att vilja sprida sig till de två resterande elementen, men det får dem att vilja röra sig mot varandra, vilket de inte kan eftersom det är mekaniskt parallellkopplade! Dämpningen av distorsionsrörelser blir extremt hög.

Allting sammantaget leder till att distorsionen med fyra baselement är dramatiskt mycket lägre än med bara ett element. Vi låga ljudnivåer har det inte så stor betydelse, men ju starkare man spelar desto större skillnad gör det...

### Basreflexrörets längd

Själva röret till basreflexporten, alltså oräknat portändarna av trä (MDF) skall vara 32 cm. Det betyder att längden med portändarna inräknade blir 35 cm. Varje portända består ju av en rundning med radien 15 mm, vilket tillsammans ger 3 cm extralängd.

Jag tror den ursprungliga ritningen hade en rörlängd som angavs: "TBD 338", där TBD betyder "to be determined", alltså ett mått som inte ännu var beslutat.

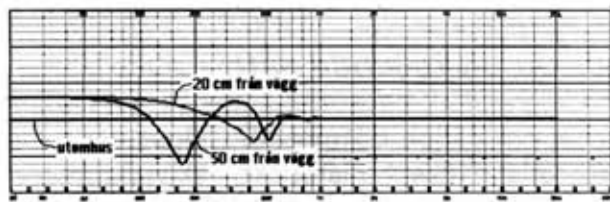
Jag tog i lite i överkant med 33,8 cm eftersom jag inte ville riskera att någon som var kvick till överdrift i snickarboden skulle kapa av för mycket. Det är ju lättare att kapa av mer än att skarva på...

### Avstånd till väggen bakom högtalaren

Sista frågan är ju av möbleringsteknisk art, och är inte helt enkel att svara på eftersom olika rum betar sig

olika, men en sak kan sägas helt oreserverat: Högtalaren skall stå på golvet!

När det gäller väggen bakom högtalaren påverkar den högtalarens tonkurva på ungefär följande vis:



Som synes kommer tonkurvan att se lite olika ut på olika avstånd från bakväggen, och beroende på rummets övriga egenskaper kan olika avstånd till bakre väggen vara optimala i olika rum. Observera att kurvan bara visar hur väggavståndet påverkar direktljudet från högtalaren.

Jag tror att en bra grundplacering är med högtalaren på ett avstånd av mellan 20 och 50 cm från bakväggen. Man kan speciellt lyssna efter förändringar i det lägsta röstregistret (100 – 200 Hz).

I stora rum påverkas direktljudet på precis samma sätt som i mindre rum, alltså precis såsom anges av kurvan ovan, men eftersom direktljudet utgör allt mindre del av det som når lyssnaren ju större rummet är, kan

större avstånd från bakväggen mycket väl användas i större rum, förutsatt att man upplever att det fungerar klangligt.

**En variabel ytterligare** finns att leka med om man bara använder ett baselement per låda. Man kan nämligen montera basbaffeln på två olika sätt – med basen nedåt (normalt) eller med basen uppåt (uppåner)!

I de allra flesta fall är det nog fördelaktigt att sätta basen nedåt, men om man upplever att övre basregistret blir lite bullrigt så kan det vara en god idé att testa att vända uppåner på basbaffeln. I uppånedvänt skick sätter baselementet nämligen i många fall lite mindre fart på några av rummets ståendevågor.

Med dubbla basar är högtalaren allra bäst ur detta avseende, eftersom den då börjar bli lite direktiv i höjled uppåt 170 Hz. Med golvreflexen inräknad verkar den ju som en nästan en meter lång linjekälla.

Och därmed är vi färdiga för idag! Väl mött redan om några veckor i nästa MoL – nummer 2 år 2001.

/Ing. Öhman



## Tagline till Monty Pythons film 'the Holy Grail':

*—And now! At Last! Another film completely different from some of the other films which aren't quite the same as this one is.*



## Tips på bra kommentar om man blir stoppad för fortkörning och råkar vara präst:

*—Men snälla Polisen DET VAR INTE MITT FEL! Tro mig, en ängel satt sig på min motorhuv och sade: —Kör fort som f-n!*



## Uppsnappat i musikaffären:

*—Har du tänkt på en sak? En elgitarr är egentligen bara ett halvt instrument.*

*—Ja... Åtminstone om man talar om Jimmy Hendrix!*



# Namnfrågan avgjord!

Den nya trevägiga LTS-högtalaren glunkades om under något år, varefter den började bli verklighet, och sen blev den verkligen verklighet! Men något väldefinierat namn hade den inte. ”Trevägaren” hette den bara. För en tid sedan uppkom en diskussion som sedermera ledde till att namnförslag samlades in, och nu är namnet bestämt. Det blev ingenting upphetsande, men det kan ju ändå vara bra att veta vad de olika varianterna heter.

Låt mig börja med att påpeka att denna artikel är en av de sista som skrevs till detta nummer av MoLt, vilket gör att det kan förekomma felaktiga beteckningar på de nya LTS-högtalarna på andra platser i detta nummer!

I kommande nummer skall dock bara korrekta beteckningar användas.

## **Två nya trevägare och fem tvåvägare...**

Ett av kraven på det nya namnsystemet var att det skulle vara applicerbart med rimlig logik på alla de nya högtalarna.

En annan ambition var att det inte skulle bryta alltför mycket med den namnlogik som användes på tvåvägarna i förra generationen. Det betyder att det hellre får komplettera det gamla beteckningssystemet, än vara helt nytt.

### Liten repetition, för dem som har glömt:

LTS-B1 = Basmodul med ett baselement

LTS-B1h = Basmodul som är hög, med ett baselement

LTS-B2 = Basmodul med två baselement

LTS-F1 = Fullregistersystem med ett baselement.

LTS-S1 = Sidosystem med ett baselement.

LTS-S2 = Sidosystem med två baselement.

LTS-S2mus = som ovan, men speciellt anpassad för musikspelning.

O s v...

## **Nya namnsystemet**

En möjlighet, och faktiskt det vanligaste förslaget, hade ju varit att låta trevägssystemet heta LTS-F3, men det kändes inte logiskt eftersom det inte är ett fullregistersystem med tre baselement.

En annan idé var att kalla det för LTS-111, vilket skulle betyda en bas, ett mellanregistrelement och ett diskantelement, vilket hade lett till att varianten med fyra baselement skulle hetat LTS-411, eller möjligen LTS-114.

Det som talar emot detta beteckningssystem är att det inte är alls kompatibelt med de gamla beteckningarna. Det innehåller inte heller något utrymme för att skilja de små tvåvägsderivaten från centerhögtalaren, båda med ett bas/mellanregistrelement och en diskant.

Det verkade som om en mera detaljerad beteckning behövs, som anger vilken funktion högtalaren skall ha, och inte bara bestyckningen.

Valet föll på ett system som ser ut som det gamla, men som men den ny inskjuten beteckningsdel berättar om det är ett trevägssystem eller ett tvåvägssystem. Sist en ytterligare beteckningsdel som berättar vad högtalaren skall användas till och vad för bestyckning (många baselement som används) högtalaren har, om det behövs för att skilja olika varianter från varandra. Det

som indikerar att det handlar om nya generationen är alltså den inskjutna 2v- eller 3v-beteckningen

### Så här blev de nya beteckningarna:

LTS-3v-f1 = Trevägssystem med ett baselement

LTS-3v-f4 = Trevägssystem med fyra baselement

LTS-2v-f1 = Tvåvägssystem med ett baselement

LTS-2v-m1 = Tvåvägssystem för mittkanal, en bas

LTS-2v-m2 = Tvåvägssystem för mittkanal, två basar

LTS-2v-s1 = Tvåvägssystem för sidosystembruk, en bas

LTS-2v-v1 = Tvåvägssystem för väggmontering, kan användas som surroundhögtalare, men även som väggmonterat sidosystem.

Logiskt och enkelt!

Man skulle kunna anföra en invändning, nämligen att den gamla LTS-F1 med det nya systemet heter LTS-2v-f1, det vill säga samma som det nya lilla tvåvägssystemet. Men det löser man enkelt genom att helt enkelt inte använda de nya beteckningarna till de gamla LTS-högtalarna! ☺

**Eventuellt kommer även** ett nytt bassystem med namnet LTS-1v-b4 att presenteras. Ett litet men mycket luftflyttningskapabelt basystem med elektronisk kompenisering.

En ensam LTS-1v-b4 kommer att kunna flytta lika mycket luft som ett par (två stycken) LTS-3v-f4. Man bör dock använda två. Två stycken LTS-1v-b4 kommer att kunna flytta så mycket luft så uj, uj, uj...

Det mest speciella med LTS-1v-b4 kommer att vara dess riktverkan, som gör att det skall kunna användas även tillsammans med mycket riktade högtalarsystem för de övre registren, typ horns system och elektrostater. Till skillnad från vanliga subwoofrar kommer LTS-1v-b4 att dimensioneras för friplacering, exempelvis under sidosystemen.

Ing. Öhman



### Hört på Englandsresa:

*Sten: –Jag måste säga det, att när jag sitter hemma och har tagit mig en whisky, så kan jag njuta av musik även när det låter riktigt dåligt.*

*Mikael: –Så du måste ha sprit för att kunna lyssna på dina infinityhögtalare?*



## Välkommen till årets allra första MoL-teknik-sidor!

**I detta nummer** skulle det ha varit en artikel om LTS-högtalaren LTS-2v-f1, men arbetsbelastningen har inte varit hygglig. Det har med nöd och näppe gått att få klart artiklarna som finns i detta nummer. Fyra nummer på ett drygt halvår förra året tog också på krafterna. Att ha både ett 8-h jobb och en firma att driva plus en massa extraprojekt vid sidan om, gör inte att man får mer tid över...

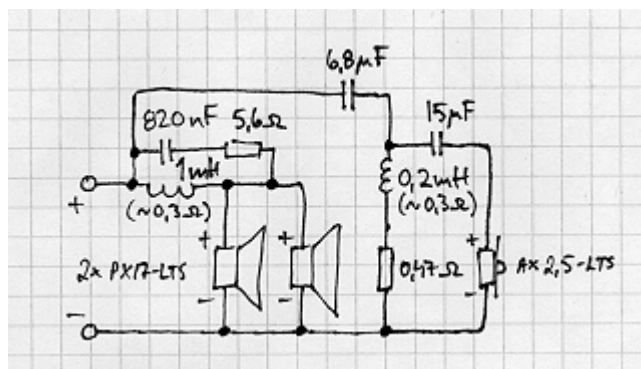
Dock kan jag glädja alla som väntat, med att berätta att nu när detta skrivs så har alla delningsfilterdimensioneringar precis hunnit blivit färdiga för länge sedan. Och inte bara till:

LTS-2v-f1 = Tvåvägssystem med ett baselement  
LTS-2v-s1 = Tvåvägssystem för sidosystembruk, en bas  
LTS-2v-v1 = Tvåvägssystem för väggmontering,  
LTS-2v-m1 = Tvåvägssystem för mittkanal, en bas

Utan också till det annorlunda systemet:

LTS-2v-m2 = Tvåvägssystem med extra ljudtryckspotential för mittkanal, två basar

De fyra översta har allihopa identiska delningsfilter, medan den senare ensam har ett annat delningsfilter, för att kunna arbeta korrekt med två baselement. Den som vill tjuvstarta kan kolla på denna förvisning – delningsfiltret för LTS-2v-m2 ↓



**I nästa nummer** kommer alltså alla tvåvägssystem i ”trevägsserien”, inklusive lådritningar, att presenteras.

Undantaget är den nya superbasmodulen med eget förstärkeri, som ensam kommer att kunna spela ikapp med ett par av den fullbestyckade (4 basar) trevägaren. Fast vi rekommenderar förstås ändå, av ljudkvalitetsskäl, att man använder minst två moduler. Basmodulen kommer att ha stora likheter med trevägaren, men erbjuda ännu lägre distorsion, fyra gånger högre maxi-

mal ljudeffekt och dessutom en uppbyggnad som effektivt eliminerar alla vibrationer!

**Planerna för någon månad sedan** var annars att detta nummer skulle innehålla en (ett nummer försenad) tjugisig artikel om ståendevågor i rum, men tiden går och man hinner inte allt man skulle önska. Själva rättelsen som är upphovet till denna artikel innehölls dock i förra numret, men den noggranna förklaringen till ”hur det är” dröjer till nästa nummer.

Så i nästa nummer kommer en utförligare artikel i ämnet, baserad på mitt gamla ståendevågssimuleringsprogram från början av 80-talet. Jag kommer att försöka redovisa hur det fungerar, varför det fungerar så och härleda matematiken bakom varför det är just *inverterade* pythagoras sats och inte den vanliga varianten som gäller här! Vi får se om jag lyckas. Men, detta blir som sagt i nästa nummer.

Till dess önskar jag alla en riktigt trevlig sommar år 2002, och låt er inte luras av den eventuella solen, man kan spisa musik och film nere i källaren även om sommaren! Fast blir vädret så dåligt som oraklen lovat behöver man ju inte tveka ens...

Ing. Öhman (bara ordförande, tekniksektionschef och teknikredaktör)





# Mer om Trevägaren!

*Nu när trevägaren äntligen är färdig har det visat sig att många har tyckt att högtalarelementen som används i trevägaren är av stort intresse även för helt egna konstruktioner. Och det vill vi förstås uppmuntra! För att få en så komplett redovisning som möjligt innehålls även småsignalparametrarna för det gamla elementet P21-LTS från LTS-F1 och -S1.*

För att man skall kunna göra sig något vettigt med ett högtalarelement är det i regel viktigt att man kan göra de nödvändiga konstruktionsberäkningarna, och då behöver man elementens småsignalparametrar.

Här kommer därför alla småsignalparametrarna för alla de använda bas- och mellanregisterelementen, samt lite tips om hur man kan använda elementen, och kommentarer till varför deras dimensionering ser ut som den gör. Åtminstone två av dem är ju ganska okonventionellt dimensionerade.

## Baselementet från LTS-3v-F1 / LTS-3v-F4

När en högtalare skall bli till finns det många olika möjliga tillvägagångssätt. En konstruktion kommer dock alltid till såsom ett resultat av någon typ av analys av vad man vill ha. Högtalarelementen i sin tur kommer då till som en konsekvens av vad man behöver för att få det man vill ha i slutresultat.

**I många fall** är man tvungen att kompromissa för att med en rimlig arbetsinsats och kostnad ändå med tillräcklig precision nå det resultat man vill ha. LTS-högtalarna är ett sådant fall.

Ett exempel på risk för dåliga kompromisser är hur man hanterar låg distorsion kontra jämn tonkurva i boomer elementet. Låg distorsion kräver linjärt fjädrande membran, vilket är lättast att uppnå genom att välja ett styvt membranmaterial. Ett sådant bryter dock upp elakartat, och ger således en ful tonkurva i övre mellanregistret. Man väljer därför gärna ett mera kontrollerbart och lite mjukare membranmaterial, vilket i regel leder till lite högre distorsion om man inte kan lägga flera år på att optimera allting.

**I en trevägare** är allting mycket lättare, eftersom man har ett mycket mindre frekvensregister per element. I trevägaren är därför baselementet CX21-LTS försett med ett mycket styvt membran, medan boomern PX17-LTS har försetts med ett mycket lätt halvmjukt membran som dock har en extremt dämpad infästning i periferin och ett mycket starkt motorsystem som driver en mycket liten talspole.

Sistnämnda två egenskaper gör att det inte blir något vidare baselement om man vill komma långt ned i frekvens, det blir alldeles överdämpat, men mellanregistret blir i gengäld klanderfritt och verkligen extremt tonkurvejämmt.

**En sak som de flesta "högtalarkunniga"** har reagerat på är att jag valt att ge baselementet CX21-LTS en osedvanligt styv upphängning (liten Vas). Simulering i alla existerande dataprogram säger alltid att elementet är icke-optimalt, men sådant skall man absolut inte bry sig om!

Jag brukar säga att det är alltid bättre att musikåtergivningssystem är lite grova men konsekventa, än att de är förfinade, men inkonsekventa. Musik kräver konsekvens! De inkonsekventa beteendena stör lyssnaren.

Att CX21-LTS har givits så märkliga småsignalparametrar (fast så märkliga är de egentligen inte) har alltså att göra med att det är förhållandevis ointressant om det

går att putsa några tiondels decibel på tonkurvan och några millisekunder på grupplöptiden, om det leder till att högtalaren bara betar sig konsekvent upp till ett par watts ineffekt!

Tyvärr är det väldigt vanligt att kommersiellt tillgängliga högtalare betar sig så pass olinjärt.

Själva poängen med dimensioneringen av baselementet CX21-LTS är alltså att det skall hantera en transient om 25 volt likadant som en om 25 mV, bara 1000 ggr större. På så vis får man en ständigt obesvårad högtalare som låter befriad från vanlig dynamikstress. En högtalare som gör att det är musiken och inte högtalaren man tänker på när man spelar.

**Om elementen fått kosta** flera års utvecklingstid och fått rendera ett slutpris om många tusen kronor styck hade man naturligtvis kunna slipa fram egenskaper som gör att alla tänkbara optimeringar satisfieras, men under rådande förutsättning tycker jag att resultatet blivit särdeles lyckat.

De flesta tycks överens om att trevägaren, speciellt i version LTS-3v-F4, står sig väl mot nästan alla högtalarsystem på marknaden, när det gäller bandbredd, artikulation och renhet, likväl som vad avser dynamisk förmåga. Det får duga.

**Dessa är CX21-LTS-elementets** småsignalparametrar. Och de är alltså genom dimensioneringen förhållandevis sanna även vid ganska rikliga insignaler:

### CX21-LTS

Q <sub>ms</sub>	= 2,4
Q <sub>es</sub>	= 0,37
Q <sub>t</sub>	= 0,32
B <sub>l</sub>	= 9,1 Tm
R <sub>e</sub>	= 5,1 Ω
V <sub>as</sub>	= 0,046 m <sup>3</sup>
F <sub>s</sub>	= 43 Hz
S <sub>d</sub>	= 230 cm <sup>2</sup>
M <sub>m</sub>	= 22 gram (inkl luft)

**Elementet fungerar bäst** i en basreflexlåda på cirka 55 liter, avstånd till knappa 30 Hz. Ger -3 dB lägre i frekvens än avstämningssfrekvensen. Till följd av den starka motorn kommer basgenereringen domineras av output från själva porten. Det är därför viktigt att den inte är för snålt dimensionerad (10 cm diameter räcker).

Det lätta membranet gör också att känsligheten i högre register blir mycket hög, och baselementet är i behov av ett ganska starkt ingripande delningsfilter för att prestera sitt yttersta i registret 20 - 120 Hz. Baselementet skulle dock kunna användas i en mycket speciell roll, med förträffligt resultat, såsom mellanbas (100 - 500 Hz) i ett fyrväggssystem!

Då kan man dessutom få ut en mycket större känslighet än som rent baselement. Lämplig lådvolym är 8 - 15 liter och känslighet uppåt 94 dB kan utvinna... Elementet får mycket låg distorsion och dessutom är det i kraft av sin robusta gummiupphängning förträffligt kapabelt att klara extrema ljudtryck (små lådor) utan att storkna vid höga volymer. Lämplig djupbasmatch kan vara något rejält JBL-15" element.

**Den mer friplacerade** basen hos tvåvägaren LTS-F1 gör att det inte var rimligt att ge den lika styva egenskaper motorsystemmässigt. Den kommer ju inte att tillgodogöra sig en lika hård akustisk belastning som trevägarens golvnära placerade baselement. Den har inte heller såsom trevägaren någon möjlighet att tillgodogöra sig några eq-effekter från delningsfiltret i basområdet, eftersom det är mycket långt upp till delningsfrekvensen. Elementet måste alltså ha en vettig tonkurva "av sig själv" i basområdet.

Jag har givit elementet följande småsignalparametrar:

#### P21-LTS

Qms = 2,4  
Qes = 0,52  
Qt = 0,43  
Bl = 7,9 Tm  
Re = 6,0 Ω  
Vas = 0,069 m³  
Fs = 31 Hz  
Sd = 226 cm²  
Mm = 28 gram (inkl luft)

**Elementet fungerar bäst** i en basreflexlåda om cirka 50 liter, avstämd till knappa 30 Hz (ger -3 dB lite högre upp i frekvens), eller i en sluten låda om knappt 20 liter.

Då detta element till skillnad från CX21-LTS arbetar mest i sitt "impedanstoppsregister", alltså lite likartat en sluten låda, så är det inte lämpligt att använda det i för små slutna lådor eftersom det börjar låta resonant då. Det är heller inte lämpligt att låta det arbeta på extremt höga medeleffektnivåer, eftersom talspoleuppvärmningen ökar Q-värdet på den dominerande polen och elementet kan börja spela lite oartikulerat.

Eftersom det är avsett som en boomer (*bas och mellanregisterelement i ett (20 – 3000 Hz användbart frekvensomfång)*) skall man även minnas att det, jämfört med basen i LTS-3v-F1 (trevägaren med en bas) får en betydligt högre medeleffekt in på sin talspole vid en given total-effekt in till högtalaren. Jämför man med LTS-3v-F4 blir skillnaden enorm. Den termiska kompressionen i sistnämnda fallet är bara en tiondel vid ett givet ljudtryck.

Kanske är det så att P21-LTS är så specialiserat för LTS-F1 att det är svårt att hitta några andra vettiga applikationer för det? Ett element som CX21-LTS eller PX17-LTS, konstruerade för ett trevägssystem blir mera som kompromisslösa komponent i ett modulsystem, och de blir lättare användbara i många olika tänkbara sammanhang.

Detta leder oss osökt in på just PX17-LTS.

**Det 6,5" stora**, eller lilla, bas/mellanregistret från trevägaren slutligen har av naturliga själ optimerats för mellanregisteråtergivning.

Det betyder att det försetts med ett synnerligen lätt membran, en liten talspole, en synnerligen stark motor, en extremt dämpande surround (som dessutom är inverterad för att inte interferera med varken ljudvågor eller eventuella fronter användarna kan tänkas täcka dem med... Elementet är också försett med en extremt dämpad mittdome (kallas ibland för dammskydd) som inte kan komma i resonans, och det är magnetiskt skärmat för att klara alla applikationer utan att ställa till med elände för sin omvärld.

Småsignalparametrarna är som följer:

#### PX17-LTS

Qms = 1,1  
Qes = 0,23  
Qt = 0,19

Bl = 7,9 Tm  
Re = 5,7 Ω  
Vas = 0,042 m³  
Fs = 35 Hz  
Sd = 130 cm²  
Mm = 11,8 gram (inkl luft)

**Elementet fungerar förstås bäst** som mellanregister (i en hårt dämpad låda på ett 4 - 10 liter) eller i en basreflexlåda på ungefär 14 liter, avstämd till knappt 50 Hz. Sistnämnda system blir av naturliga skäl inget basmonster, men spelar snyggt och artikulerat ned till mellanbasområdet i varje fall.

En konsekvens av det extremt låga Q-värdet är att elementet även kan användas också i mycket små lådor utan att bete sig resonant. Tre liters lådvolum fungerar fin-fint! Undre gränshfrekvensen, det vill säga -3 dB, får man då vid ungefär 130 Hz. Kan fungera hyfsat för en liten lättmöblerad väggplacerad surround-högtalare.

Om man förser elementet med en seriekondensator av lämplig storlek (220 uF) så kan man till och med tänka sig en lådvolum på 1,5 liter, men då går dom inte så väldigt djupt i basen förstås. Undre gränshfrekvensen i ett sådant system (tredje ordningens kondensator-boostat system) blir förvisso lägre än resonansfrekvensen (!) som hamnar på cirka 185 Hz.

Ned till ungefär 150 Hz (-3 dB) kan man räkna med att få användbart ljud. Kan faktiskt också fungera anständigt som surround i många sammanhang. Formatet blir ju formidabelt om man har synpunkter från högre ort att tampas med...

**För övrigt** vill jag hänvisa till tidigare redovisade mätningar på högtalarelementen. Årgångarna -97, -00 och -01 innehåller allt. Där kan man även bilda sig en uppfattning om den skärmade diskanten AX2,5-LTS. En riktig liten godbit för den som inte räds att återge ultraljudsregistret...

Förvisso kan det komma att ha sina svagheter i den nära framtiden då en massa nya system med påstådd ultraljudskapacitet introduceras. Hittills har det inte varit några entydigt positiva upplevelser.

DVD-A kan förvisso återge ett i det närmaste perfekt ultraljudsregister upp till 48 eller 96 kHz, men inspelningstekniker har ingen koll på vad de gör, så det kan finnas vad som helst i ultraljudsregistret.

SA-CD är ännu värre, för där genererar själva systemet själv olidliga mängder ultraljudsskräp! Häpnadsväckande. Kanske får vi ta fram ett LP-filter, eller en alternativ diskant i framtiden.

**Nåväl, hoppas denna** lilla redovisning kan vara till inspiration och nytta för alla hågade högtalarbyggare! Vi ser med spänning fram emot hembyggen av alla tänkbara slag, användande LTS-element, helt eller delvis.

Ing. Öhman



*Robert: –Jag är inte gnällig.*

*Meningheten: –Inte? Nähä.*

*Robert: –Okej jag är väl gnällig då, men inte kinkig!*

# —”Resterande LTS-högtalare”—



*Lite försenat, men äntligen, kommer här byggbeskrivningarna på de resterade LTS-högtalarna, avsedda för att kunna arbeta tillsammans med trevägssystemet, eller för sig själv. Det är fem olika tvåvägsmodeller det handlar om:*

*Det lilla fullregistriga (om man inte har alltför stora krav på djupbas) tvåvägs-systemet LTS-2v-f1, den mindre sidosystemvarianten -s1, vägghögtalarvarianten -v1 och de två mitthögtalarvarianterna -m1 och -m2. Vi tar dem i tur och ordning:*

**LTS-2v-f1 – den lilla högtalaren för allmänt bruk**  
Detta är alltså en högtalare som är avsedd att kunna arbeta helt fristående som en trevlig liten högtalare med god ljudkvalitet och hanterbart format.

Dessutom är den utformad på så vis att den samarbetar med trevägaren (LTS-3v-f1 eller LTS-3v-f4) på ett förträffligt harmoniskt sätt.

Man kan även tänka sig att använda den tillsammans med en basmodul, och då kan man dessutom prova att proppa igen basreflexhålet, eftersom högtalaren annars kommer att uppvisa ett faskast strax under basmoduldelningen som kan ställa till samarbetet. Ibland kommer dock en öppen port att vara att föredra, så prova båda alternativen bör man.

Se ritningen på lådan!

## LTS-2v-s1 – det lilla sidosystemet

Den lilla -s1 är i princip en högtalare identisk med -f1, med den enda skillnaden att den givits en volym som från början optimerat baselementet för arbete i sluten låda.

Tre saker skiljer högtalaren från -f1:

1. Ingen port.
2. Mindre låda.
3. Dämpmaterialet anpassat till den mindre lådan.

Med andra ord: Se ritningen på lådan!

## LTS-2v-v1 – platt och sned vägghögtalare

Denna högtalare är på sätt och vis min personliga favorit. Inte för att den är ”bättre” än någon annan, utan för att den är så annorlunda allt annat. Knepig att bygga är de dock.

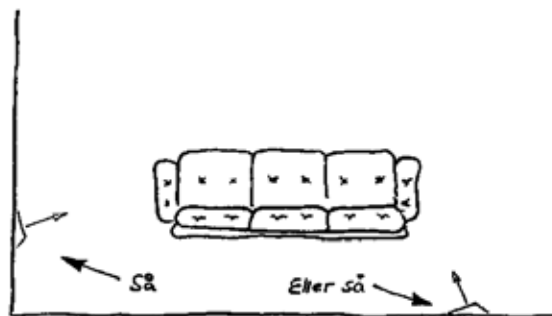
Den är i princip identisk med -s1, men är avsedd för att placeras mot en vägg. För att den inte skall drabbas av de brister som de allra flesta ”vägghögtalare” har, har den utformats på ett mycket speciellt sätt.

Den har:

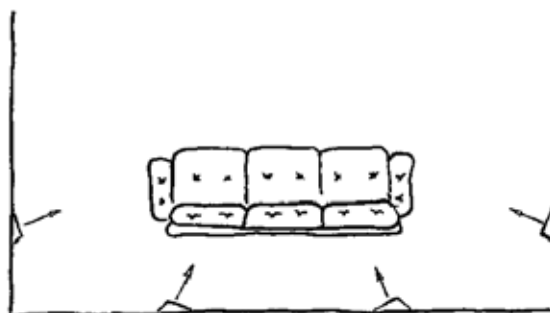
1. En så platt form som möjligt i kombination med en maximerad baffelstorlek. Detta gör att reflexen från väggen bakom den blir så liten som det går med en högtalare i detta format.
2. En lutande baffel, vilket gör att man för framkanalsbruk får lagomt invinklade högtalare, och för bakkanalsbruk kan uppnå halvcirkellänkande placering, trots att rummets form vanligtvis snarast är rektangulär.
3. Givits små klangjusteringar i filtret för att optimalt fungera som vägghögtalare.

I övrigt: Se ritningen på lådan!

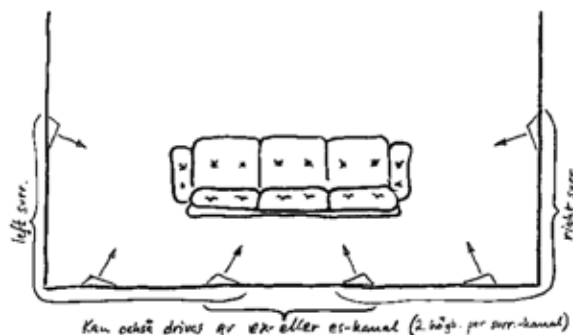
Den speciella formen på LTS-2v-v1 gör att den kan placeras på både sidoväggar och bakväggar och ändå fungera alldeles utmärkt som surroundhögtalare. Här visas två möjliga placeringar:



Den som verkligen vill ha en hemmabio som fungerar för många personer samtidigt kan dessutom använda fler än två högtalare för surroundljudet, t ex två per sida:



Eller tre per sida (som då även kan drivas med tre kanaler om man har en sådan dekoder):

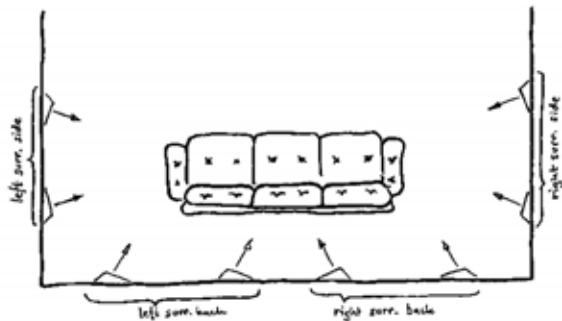


Om man använder en dekoder med mittkanal bak och dessutom en förstärkare som hanterar detta med fyra separata effektförstärkare för surround-kanalerna kan det till och med vara förnuftigt att använda upp till åtta högtalare för den bakre sfären.

Vissa förstärkare med ex- eller es-bakkanal (mitt bak) har tre effektförstärkare, vissa har fyra (den bakre uppdelad i två för att man skall kunna använda alla bakhögtalare även då man

kör tvåkanaligt för bakljudsfältet, se test av Denon 3802 i MoLt nummer 1 -02).

Med fyrkanalig (alltså fyra effektförstärkare) bakkanalsdrivning (där de två mittbak-kanalerna återger centerbakkanalen om sådan finns, medan de återger varsin av bakkanalerna om bara två finns) är alltså en lämplig högtalarplacering denna:



#### LTS-2v-m1 – liten dialoghögtalare

Denna högtalare är helt identisk med -f1 vad avser elektriska och elektromekaniska komponenter, men den har givits en form som gör att den passar bättre att placera på en TV.

Se ritningen på lådan!

#### LTS-2v-m2 – den stora dialoghögtalaren

LTS-2v-m2 är i princip en storversion av -m1, som skiljer sig på dessa tre sätt:

1. Den är försedd med dubbla baselement (och därmed förmåga att spela fyra gånger så stor akustisk uteffekt (överträffar till och med LTS-3v-f1/-f4, dock inte under 100 Hz).
2. Den har en låda med dubbla volymen som alltså passar till de dubbla baselementen.
3. Den har ett delningsfilter som gör att känsligheten vid alla frekvenser hamnar 6 dB högre i nivå än för LTS-2v-m1.

Se alltså ritningen både på lådan och på delningsfiltret!

#### Montering

Eftersom dessa fem modeller (-f1, -s1, -m1, -m2, -v1) sinsemellan har så stora likheter är även monteringsinstruktionerna ganska lika varandra. Det enda riktigt signifikanta skillnaden mellan modellerna är hur dämpmaterial skall placeras. Det finns en signifikant skillnad mellan hur de slutna lådorna (-s1 och -v1) och hur basreflexlådorna (-f1, -m1, -m2) skall dämpas.

##### Slutna lådor först:

Fyll hela lådan, var gärna extra noga och skär ut plats för baselementets magnet i dämpmaterialet. Normalt behöver man inte vara noga med sådana detaljer, men i detta fall rör det sig ju och mycket små volymer och det gäller att utnyttja dem optimalt. Välj en packningstäthet som överensstämmer med specifikationen på dämpmaterialet. Om du använder 7 cm tjock skiva skall den alltså var ungefär 7 cm tjock även på plats i lådan.

##### Och basreflexlådorna:

För basreflexlådor gäller att flertalet väggytor utom baffeln och en annan yta (i regel den som är närmast

basreflexröret) skall vara försedda med dämpning. I dessa konstruktioner har jag valt ett skikt som är ungefär 3 cm tjockt. Välj 3 cm eller dra isär en 7 cm tjock skiva. Denna skall alltså ligga på sidovägg, topp, andra sidovägg (-f1) respektive sidovägg, botten, andra sidovägg (-m1 och -m2).

Därefter fyller man övre halvan av lådan (-f1) respektive undre halvan av lådan (-m1 och -m2) tills ungefär 70% av lådans volym är fylld med dämpmaterial.

Exempel: LTS-2v-f1 har en volym på ungefär 13 liter. Den förses med dämpmaterial med 3 cm tjocklek på sidovägg och topp. Volymen (djup gånger längd gånger tjocklek) på detta material blir  $2,25 \text{ dm} * (3,68 + 1,78 + 3,68 - 0,6) * 0,3 = 5,7645 \text{ liter}$ . Eftersom 70% av 13 liter är 9,1 liter fattas ungefär  $9,1 - 5,8 = 3,3 \text{ liter}$ .

Tillför alltså ungefär ytterligare 3,3 liter dämpmaterial bakom bas- och diskantelementet. Exempelvis kan detta ske i form av en klots med måtten ( $B * H * D$ )  $1,18 * 2,5 * 1,18 \text{ dm}$  att placera bakom högtalarelementen, i lådans övre halva. Således uppstår en lite luftigare halva i lådan undre del, så att luftströmningarna från basreflexporten inte hindras.

Precis samma tillvägagångssätt använder man till -m1 och -m2. Den lite luftigare volymen skall dock i dessa fall förstås finnas i lådans övre halva eftersom portarna sitter där i mitthögtalarna.

Nåväl, nu när dämpningen är avklarad kommer här en komprimerad byggbeskrivning som gäller för alla seriens högtalare. Följande gäller:

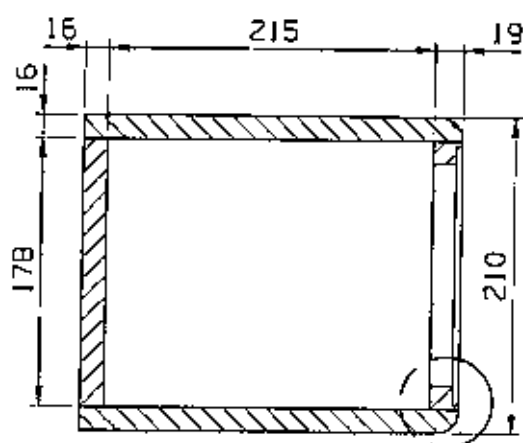
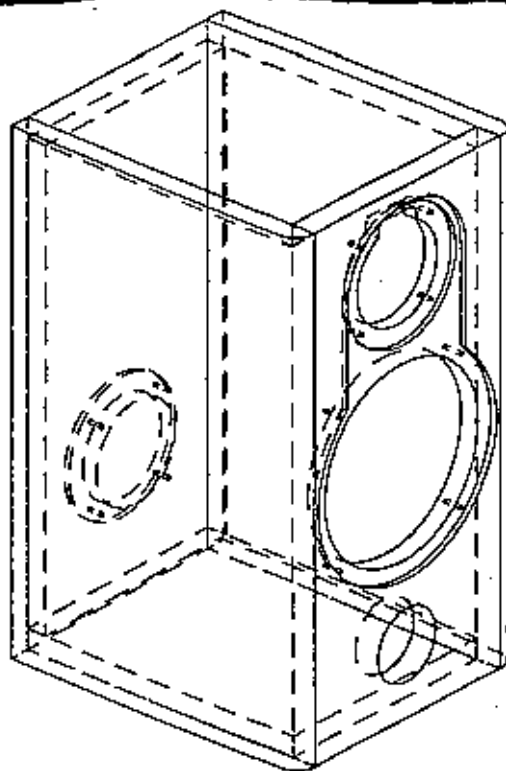
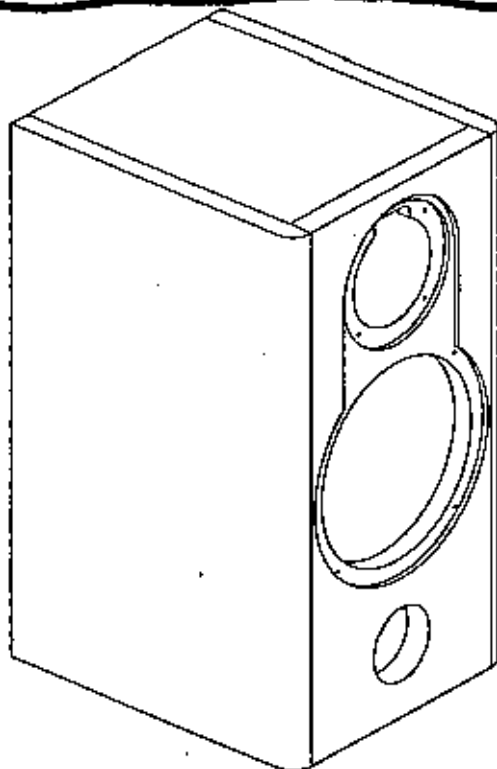
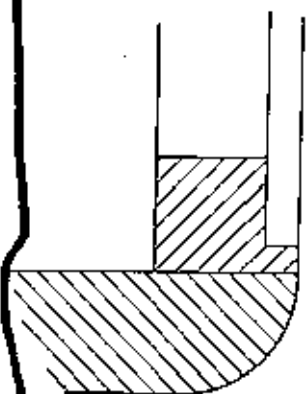
1. Bygg lådan (i förekommande fall finns trädelssats i MDF att köpa hos HiFi-kit).
2. Ytbehandla lådan (efter eget huvud).
3. Montera eventuell basreflexport på plats (limmas).
4. Montera ihop delningsfiltret (i förekommande fall finns delningsfiltret färdigmonterat att köpa hos HiFi-kit).
5. Placera in delningsfiltret i lådan.
6. Placera in dämpmaterialet i lådan, använd en fluffig glas- eller annan mineralull. Lämplig volymvikt är 15-20 kg/m<sup>3</sup>.
7. Sätt tätlist på högtalarelement och anslutningspanel. Tätlisten skall placeras innanför skruvhålen.
8. Löd in elementen till delningsfiltret och skruva in dem i lådan.
9. Högtalaren är färdig!

Lycka till! /Ing. Öhman

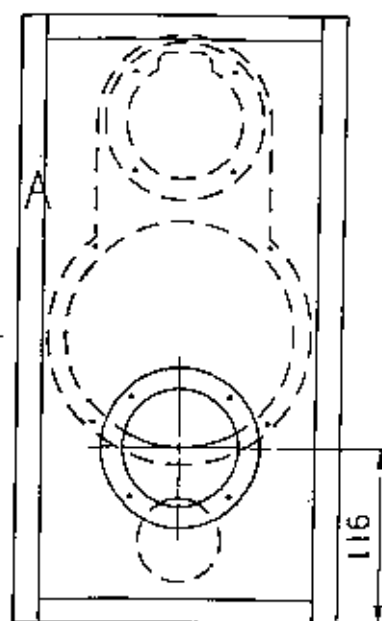
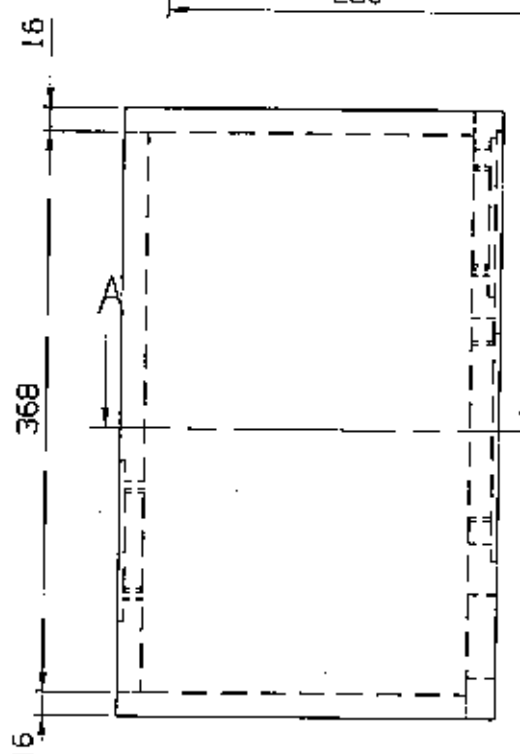
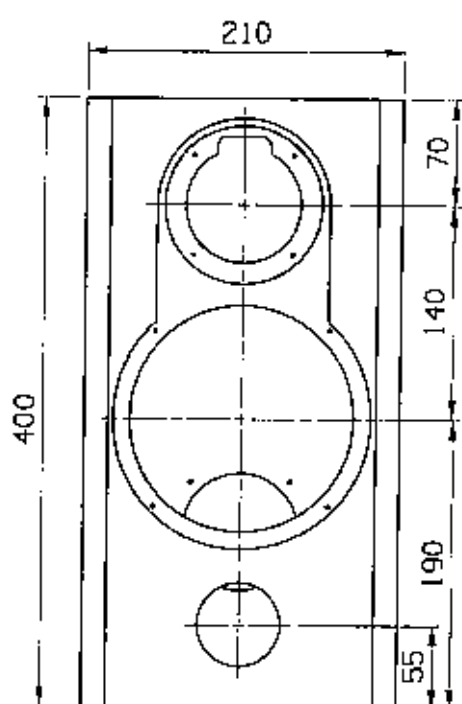
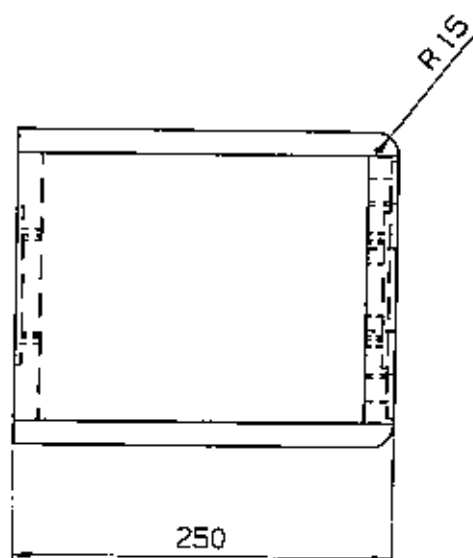
**Ritningar på alla de fina högtalarlådorna (förmålligt hopritade av LTS-medlemmen Bo Fahlström) följer härnäst**

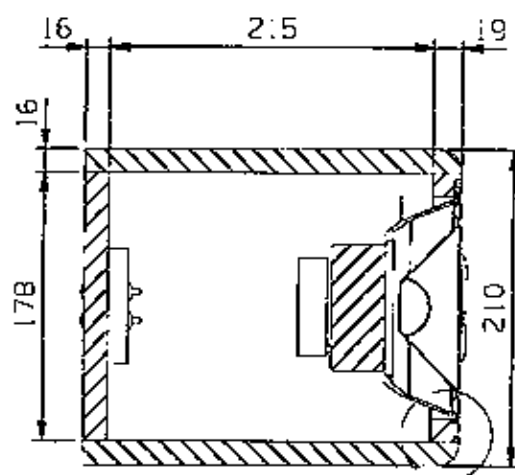
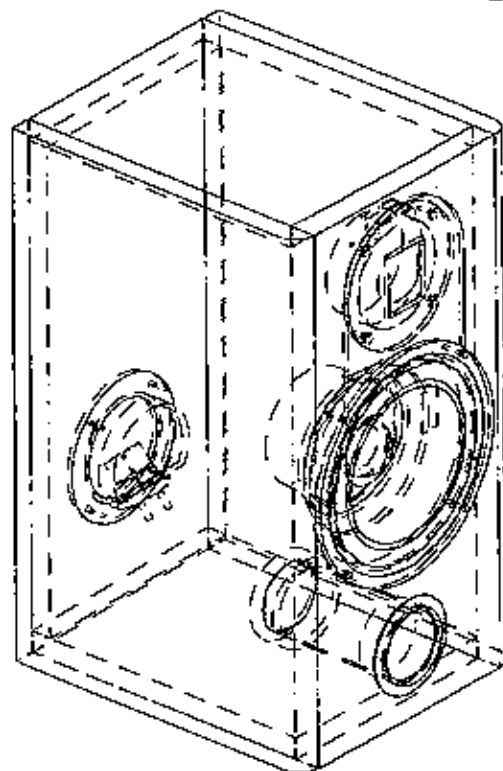
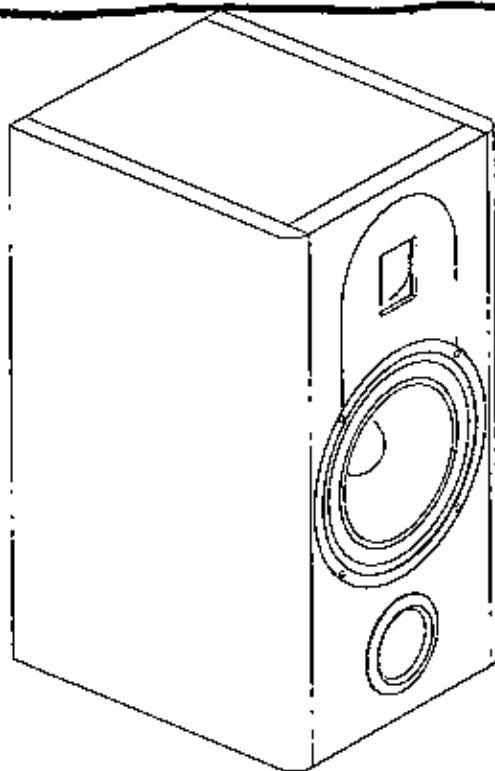
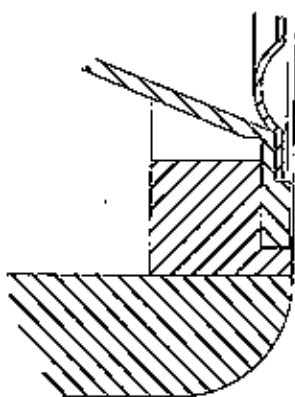


LTS-2v-f1

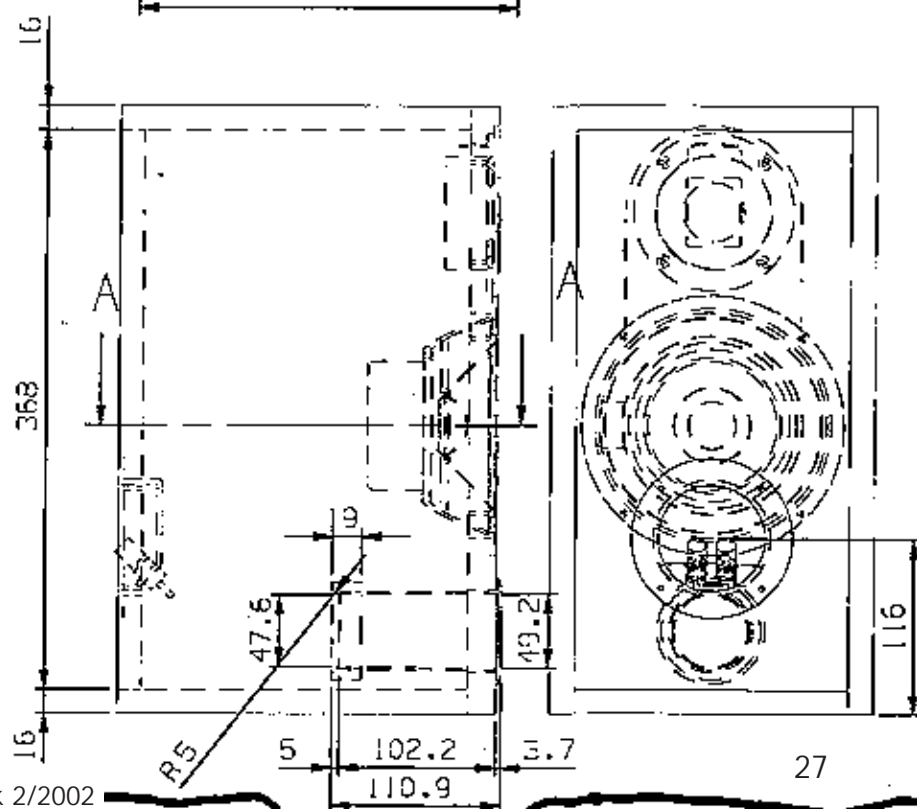
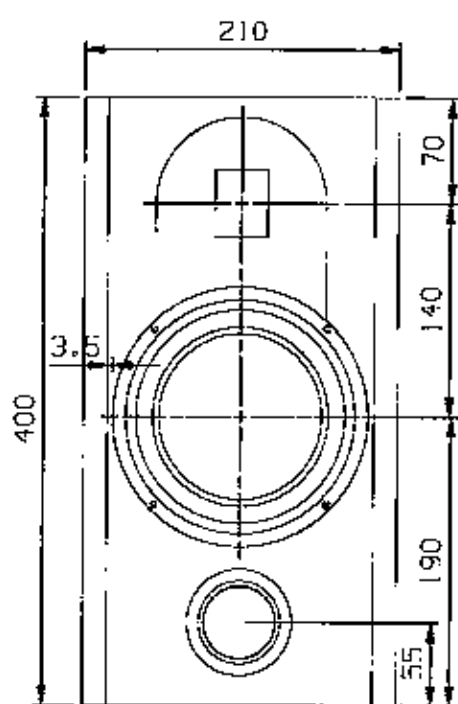
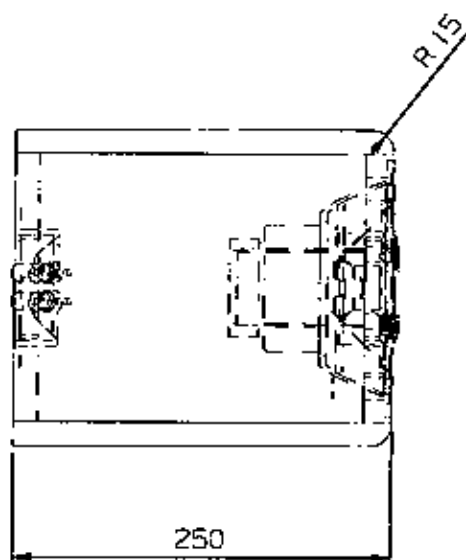


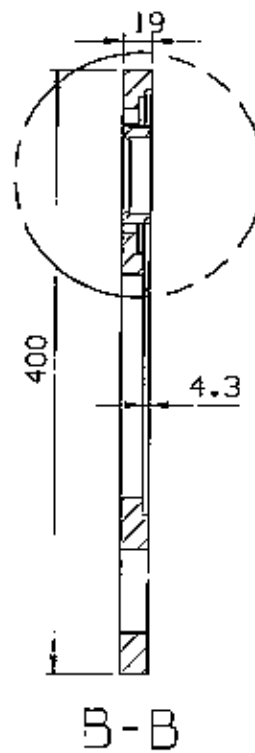
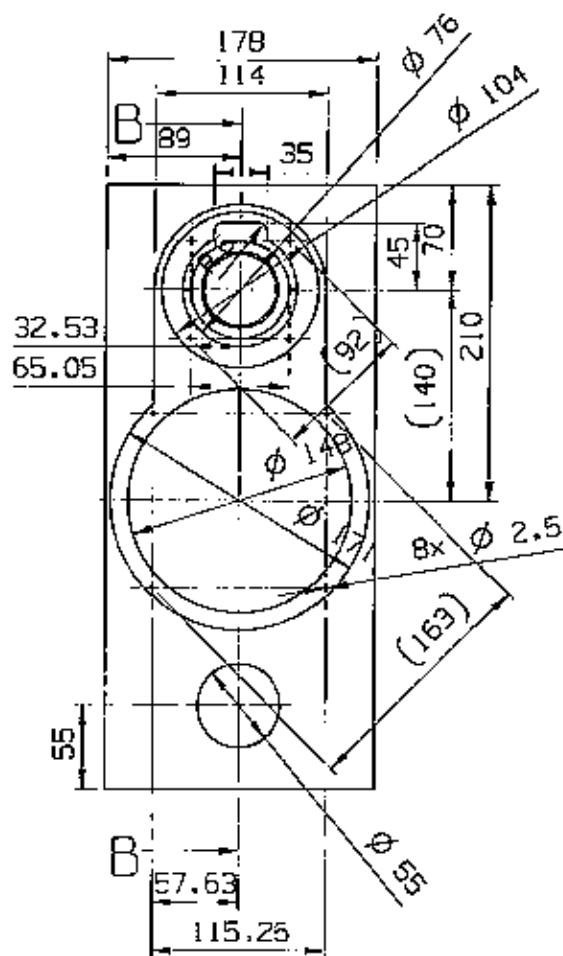
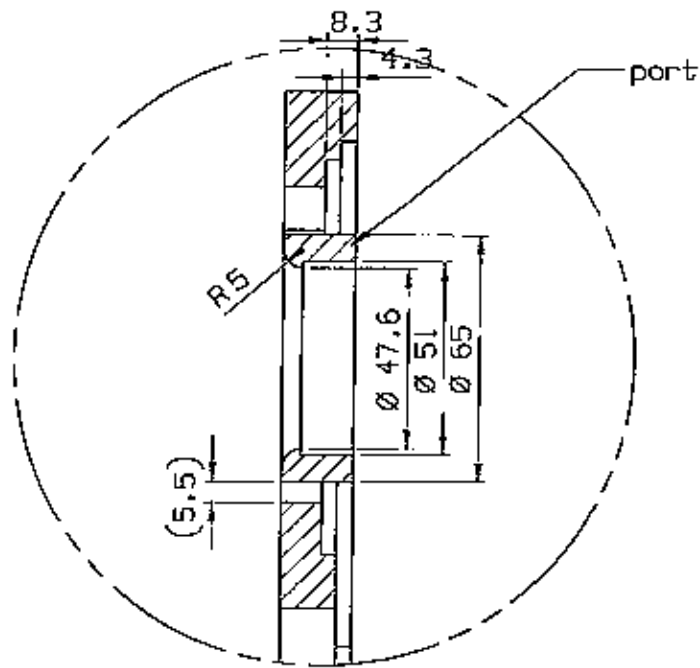
A - A



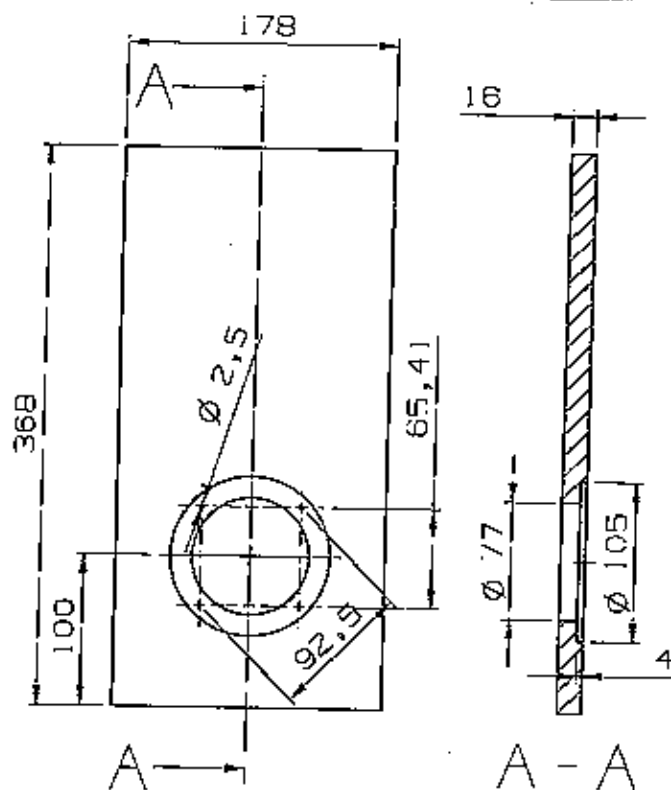


SNITT/SECTION A - A

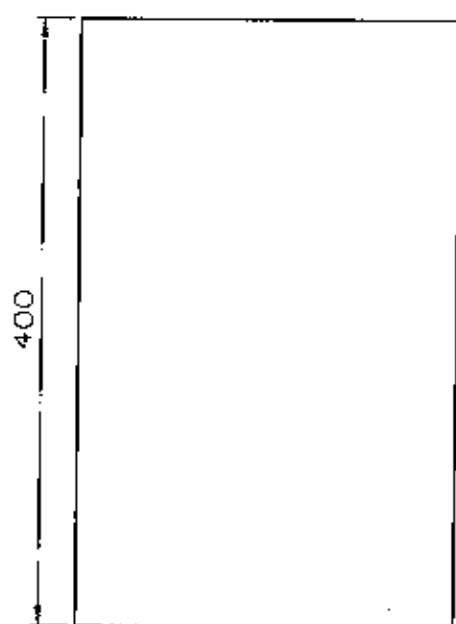
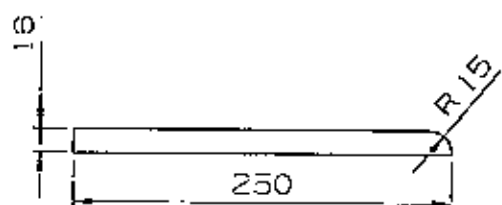




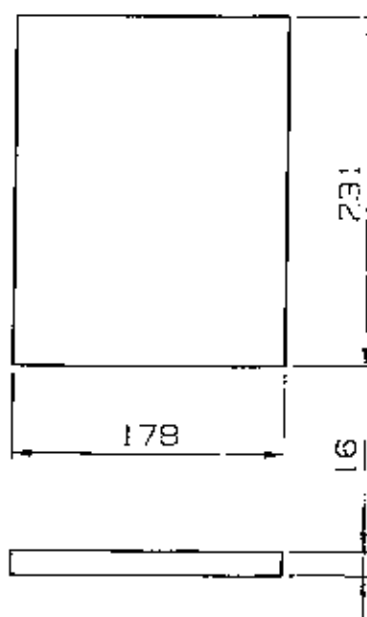
front med port  
B-B



6689

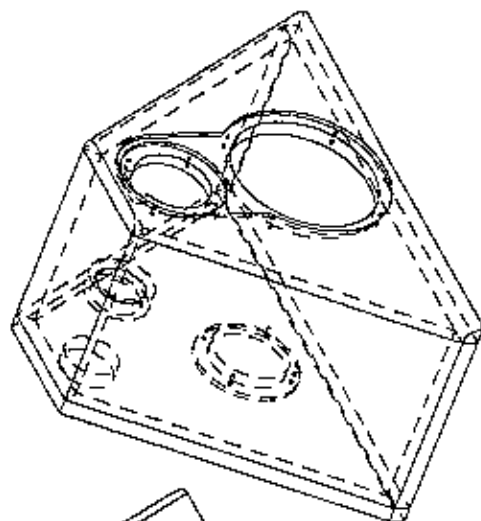
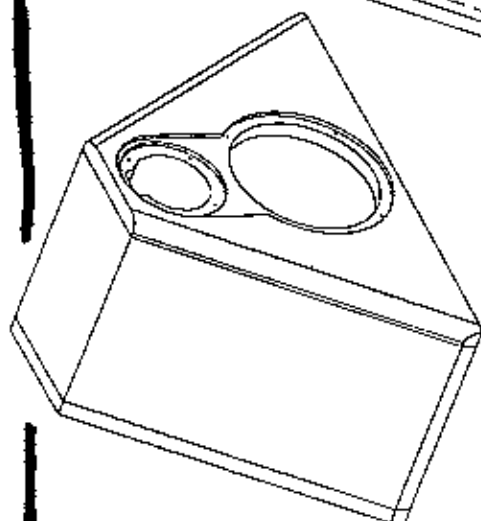


sida



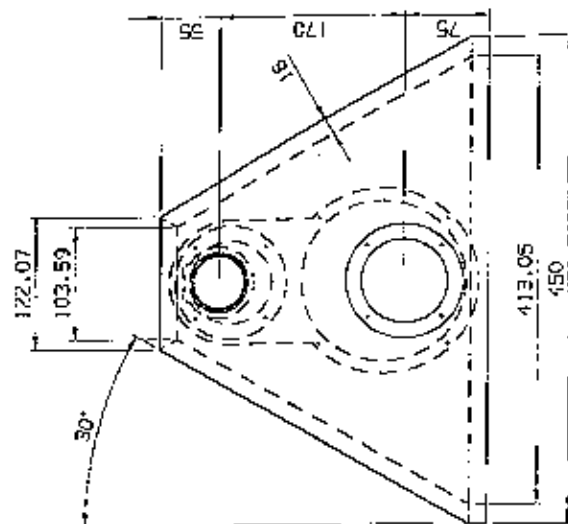
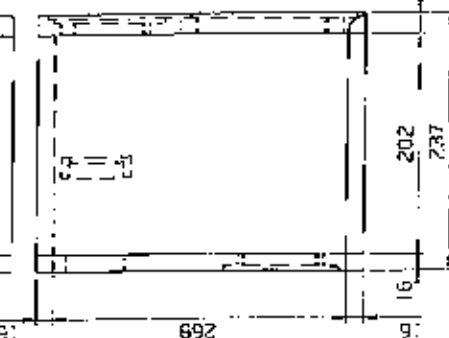
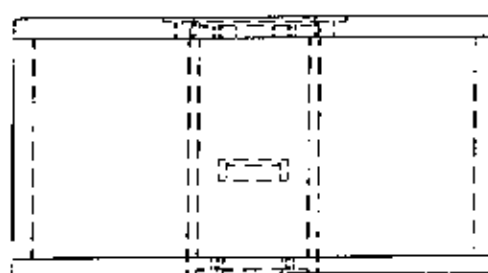
botten\_topp



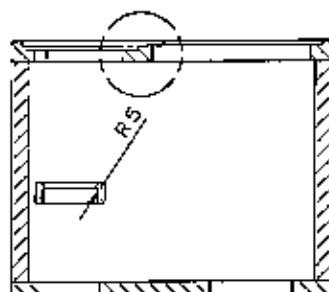


$$11.036 \pm 4.131 / 2 + 2.68 = 6.923 \text{ dm}^3$$

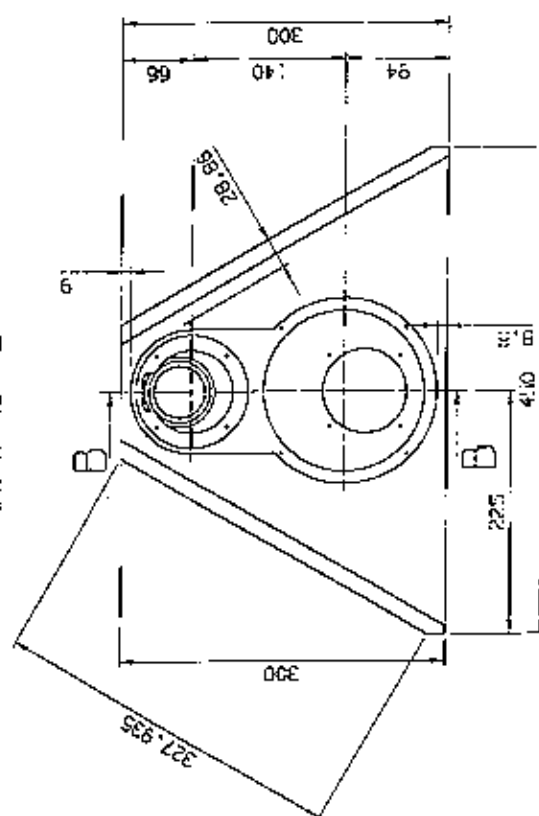
$$[4 / (11.036 \pm 4.131) / 2 + 2.68] = 2.022 \text{ dm}$$

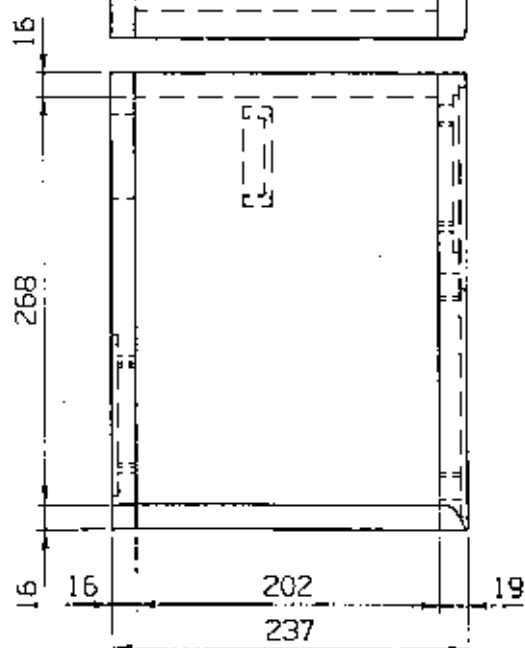
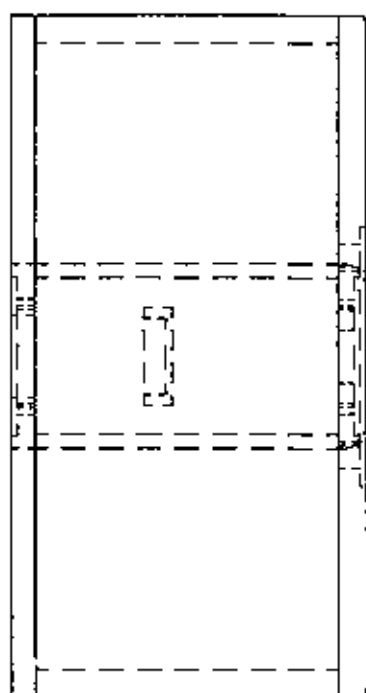
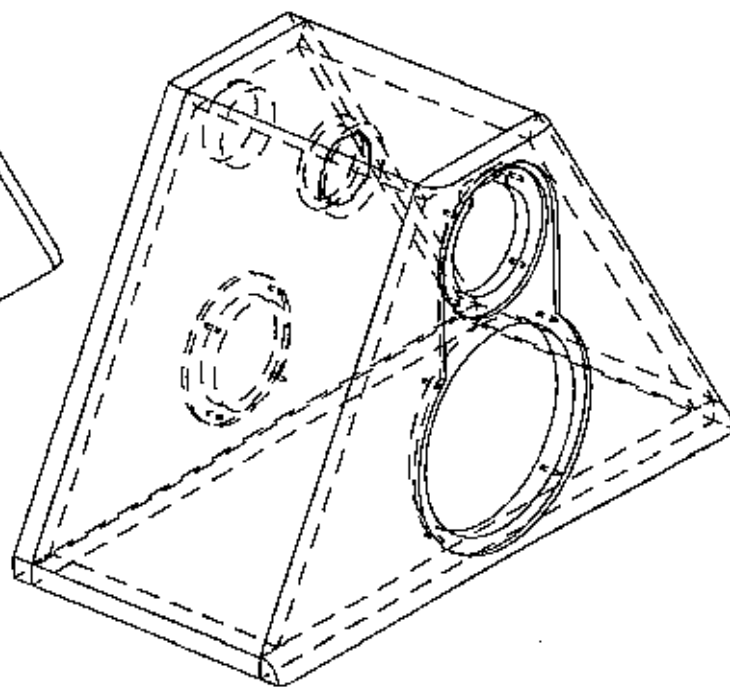
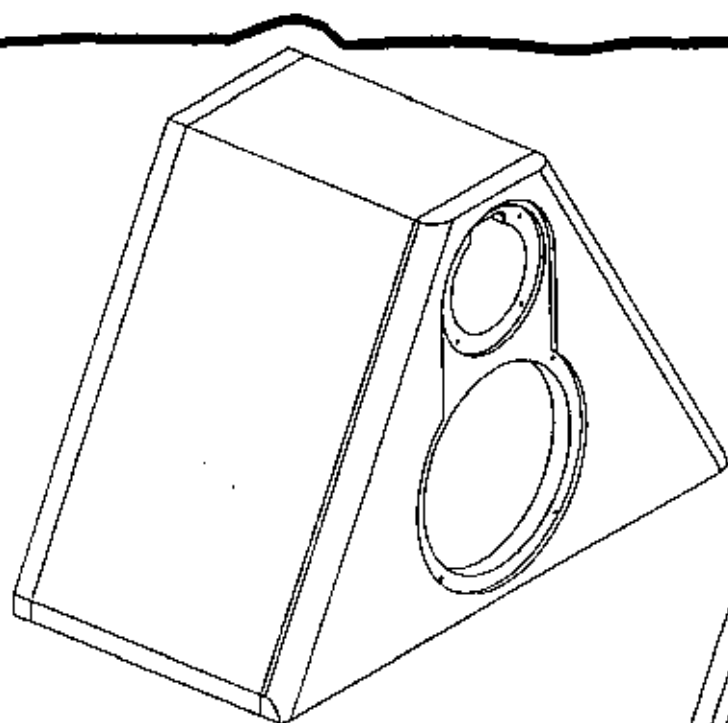


LTS-2v-m1



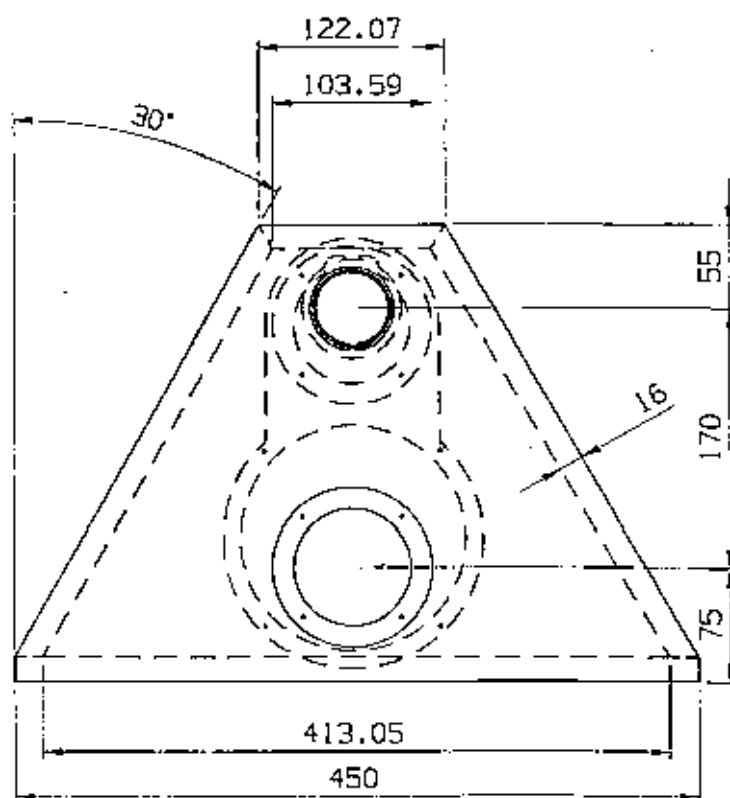
SECTION B-B



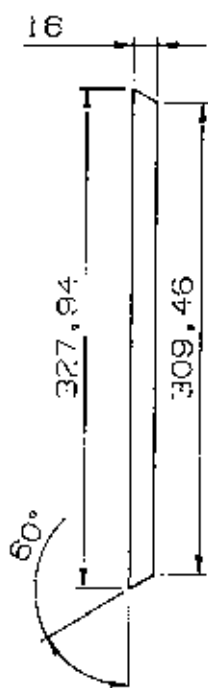
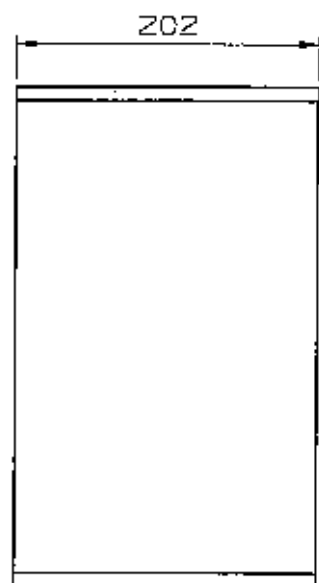
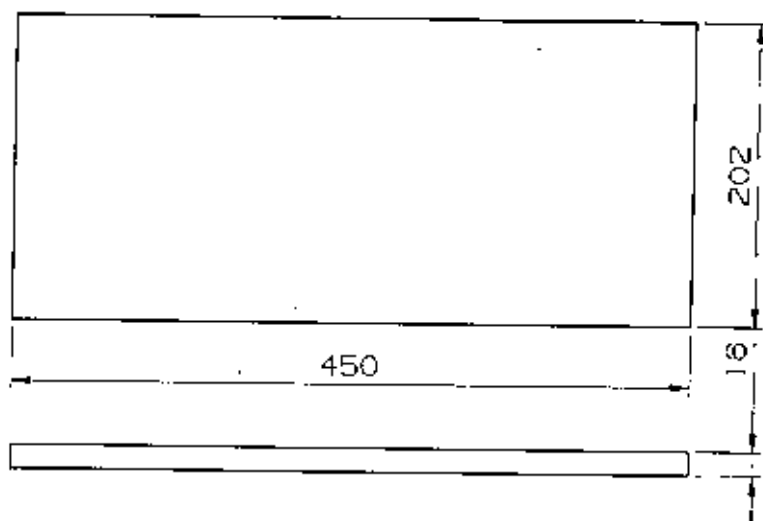
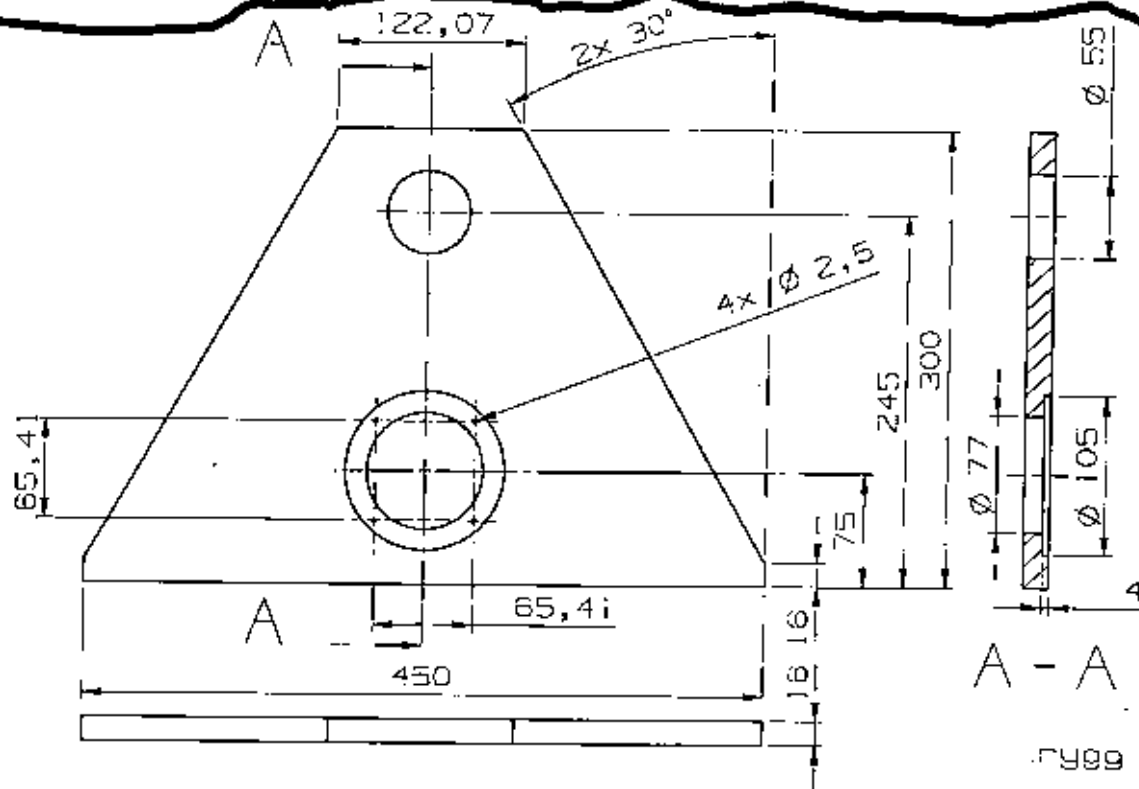


$$(1.036 + 4.131) / 2 * 2.68 = 6.923 \text{ dm}^2$$

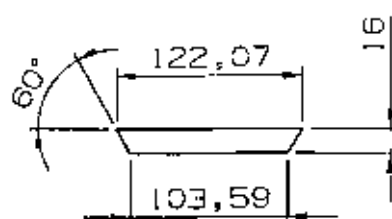
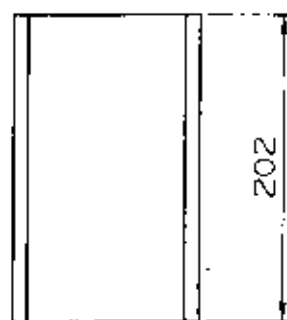
$$14 / ((1.036 + 4.131) / 2 * 2.68) = 2.022 \text{ dm}$$





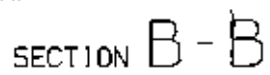


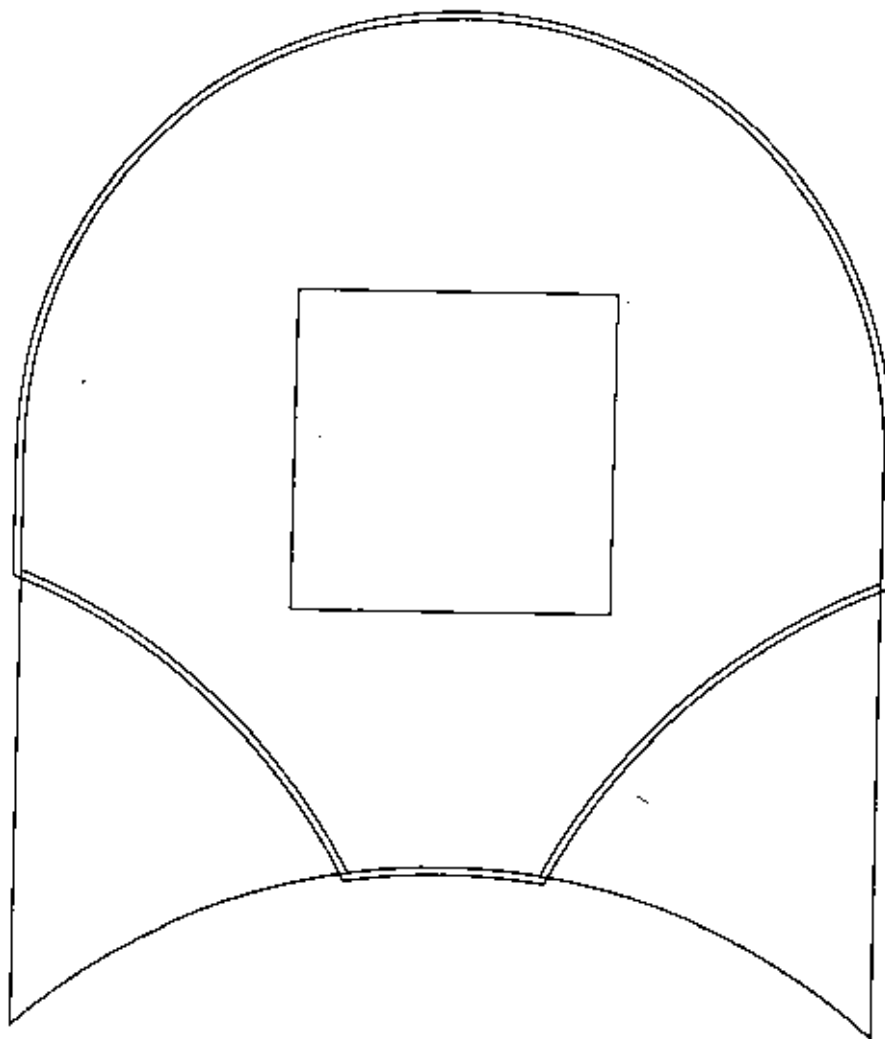
cll\_botten  
00-12-08



slida

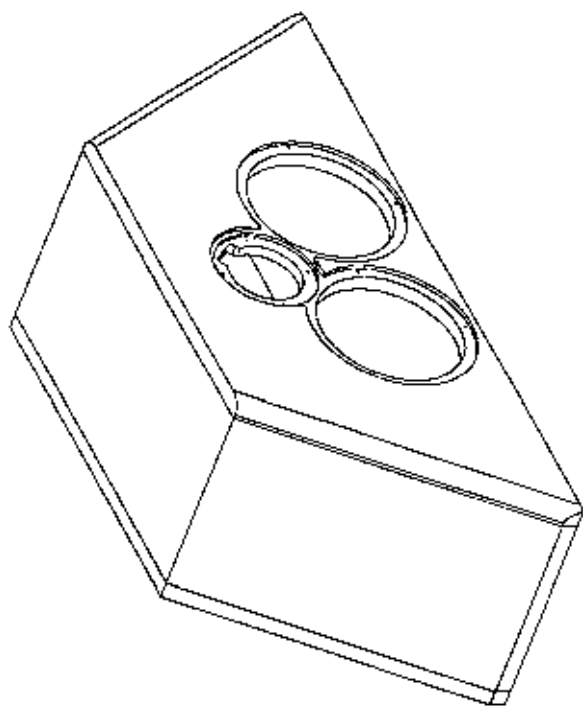
top



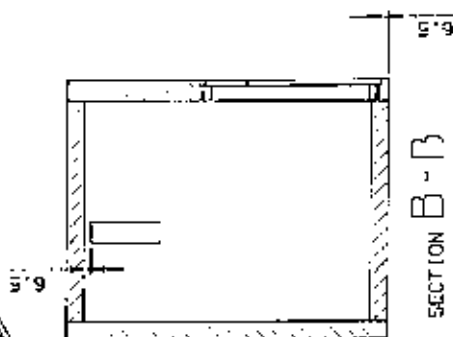
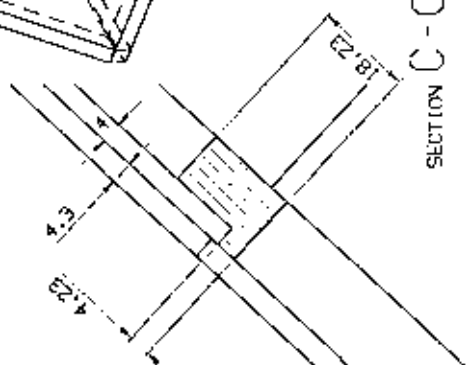
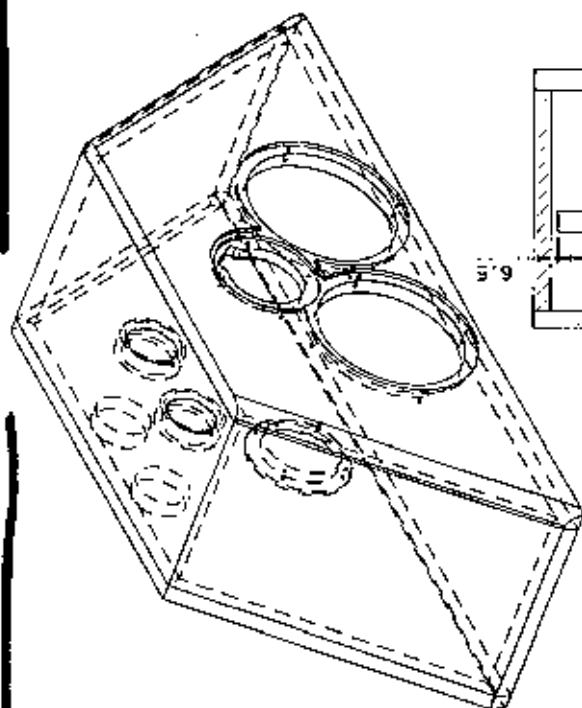


Skärmall för filter  
till LTS-2v-m2

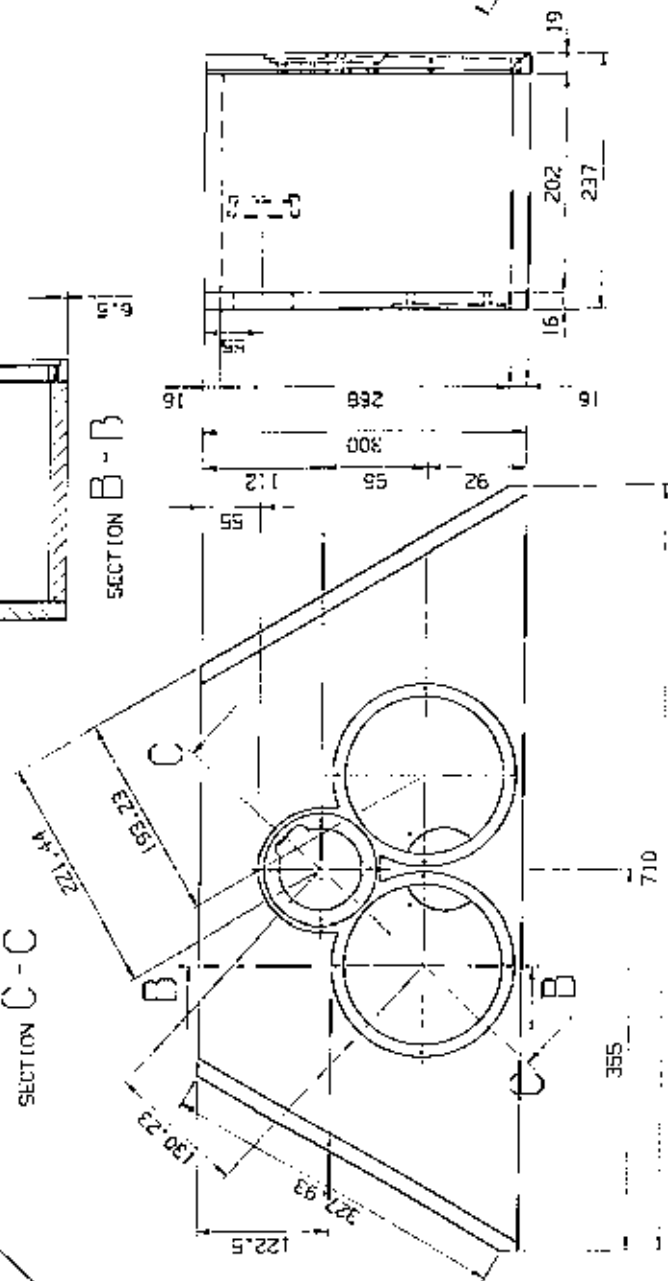
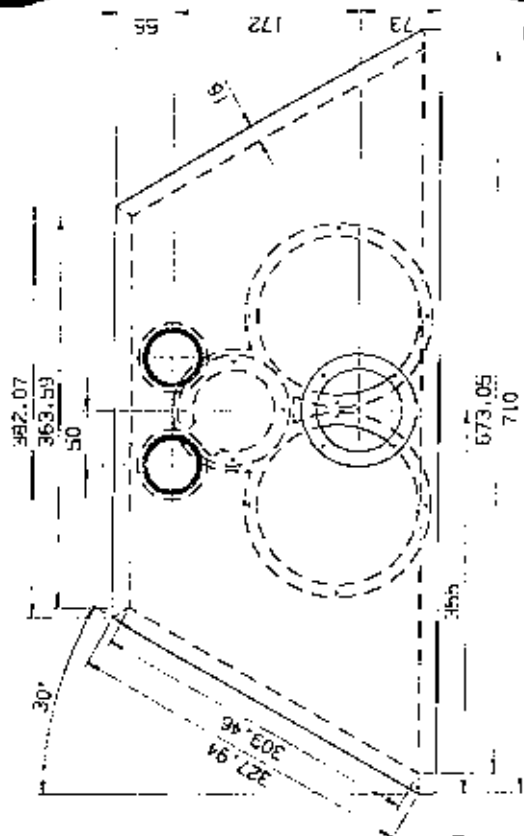
+

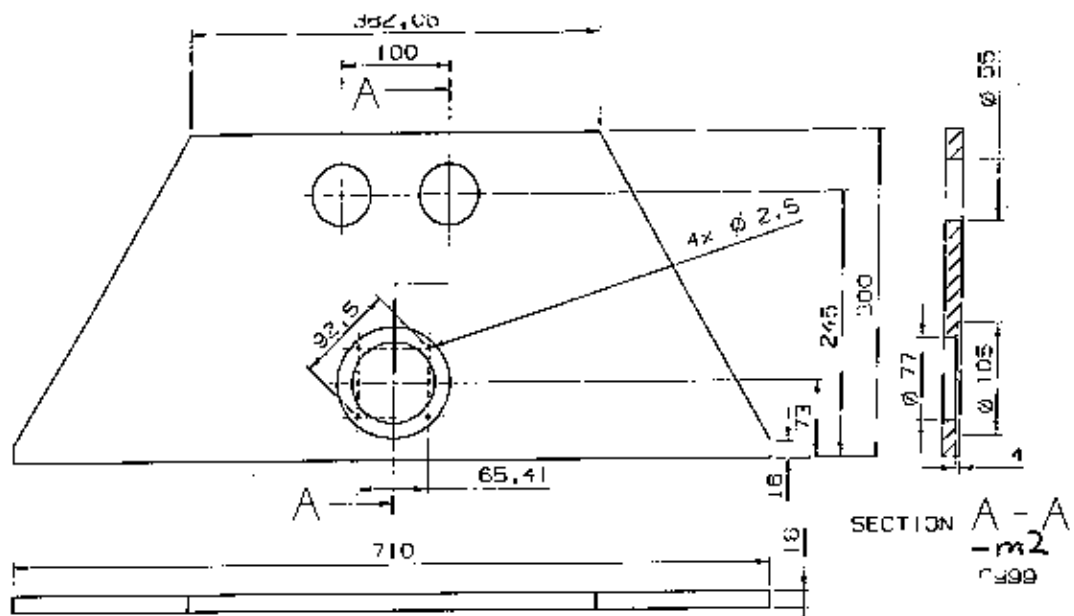
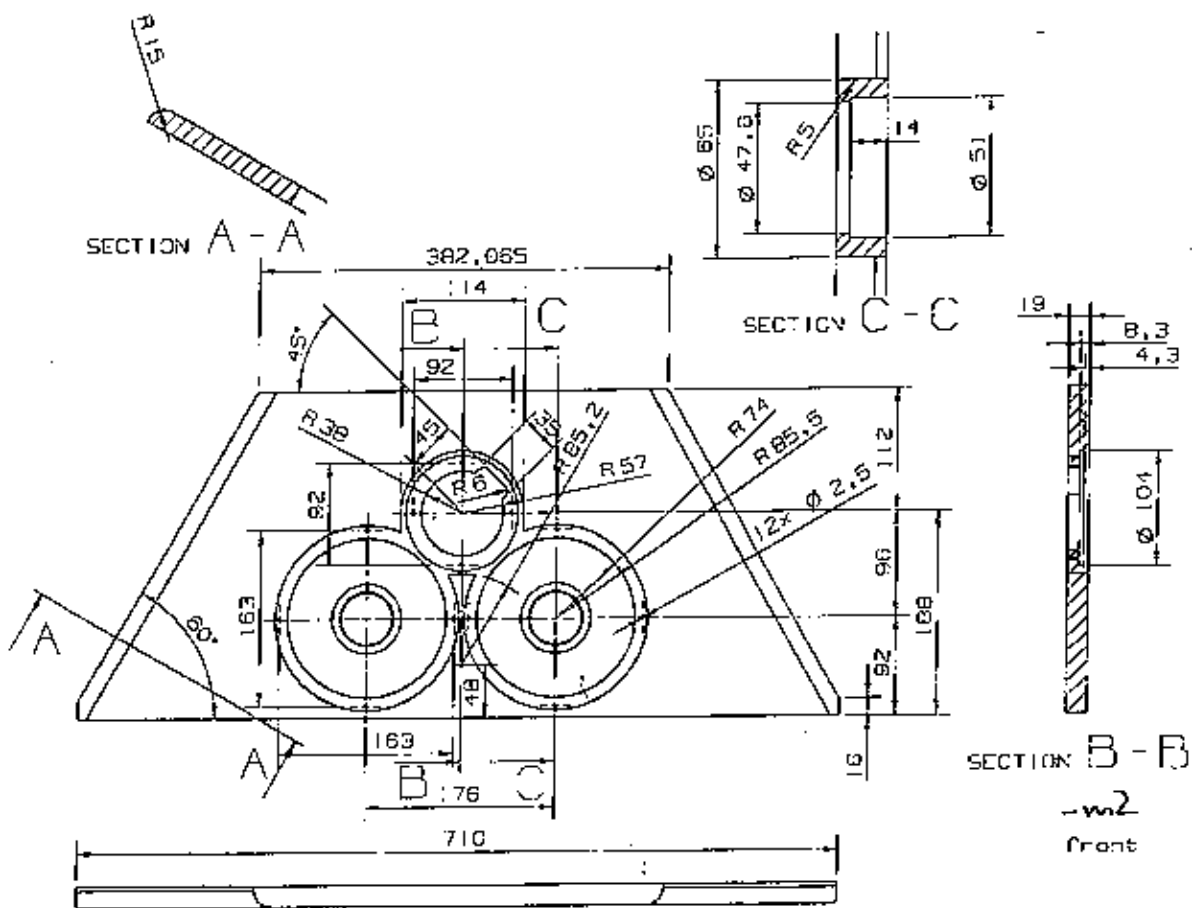


**LTS-2v-m2**

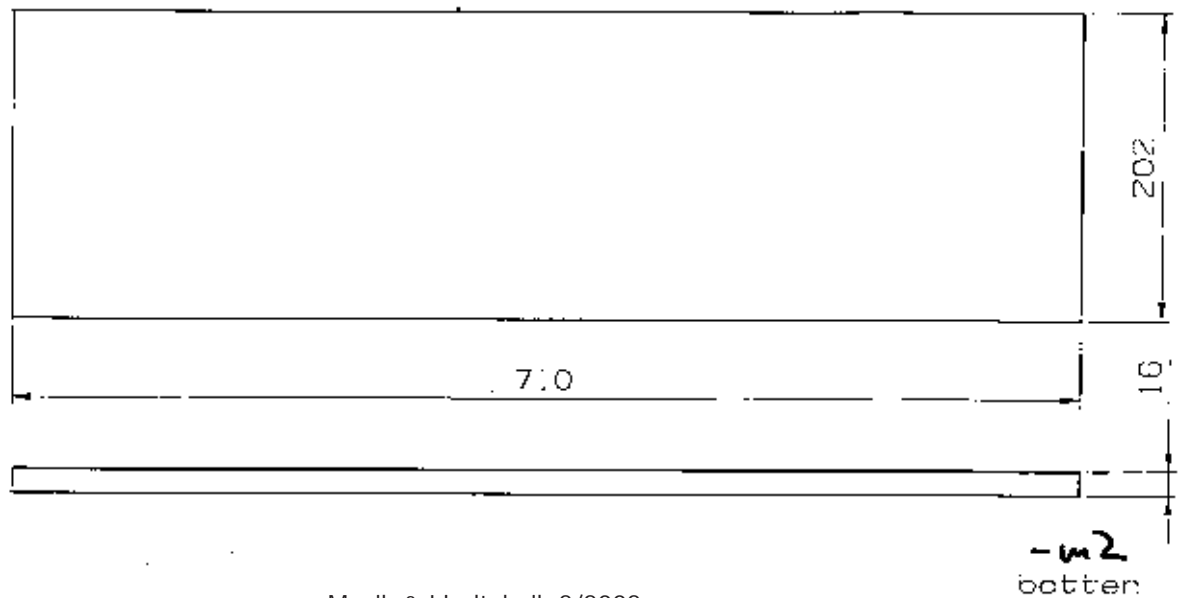
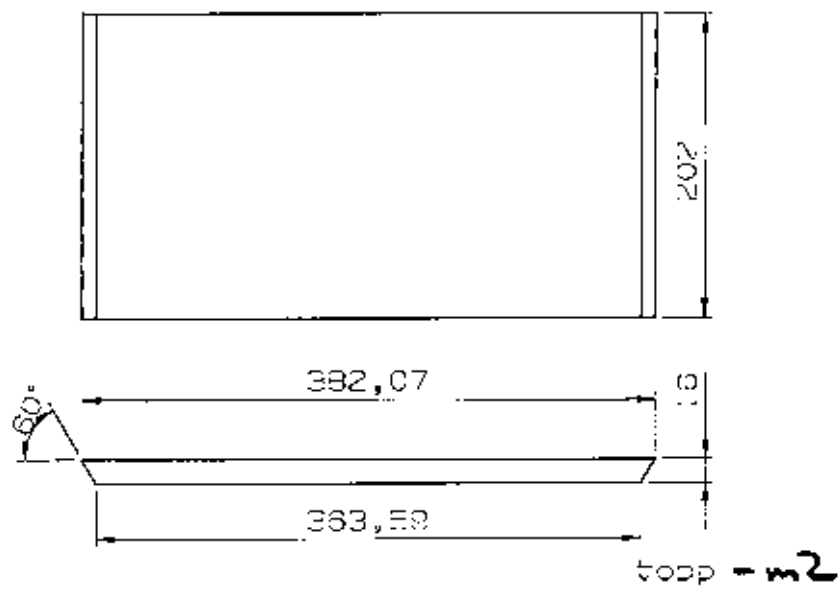
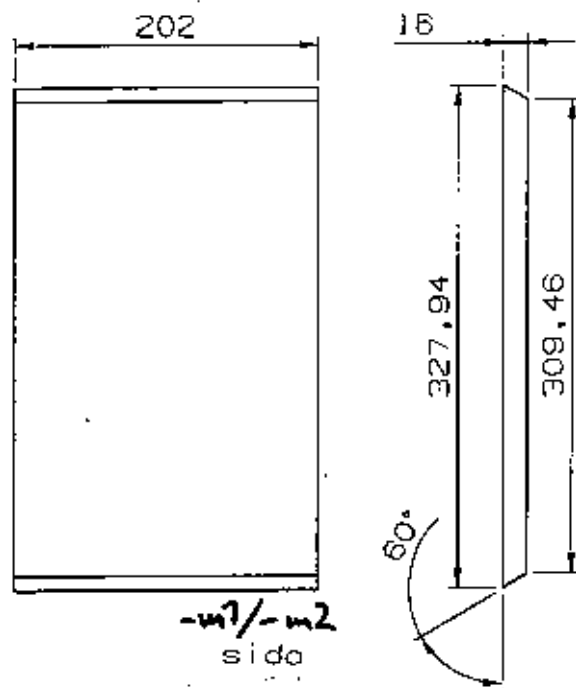


16.73+3.636/2+2.68+2.02+28.06 mm

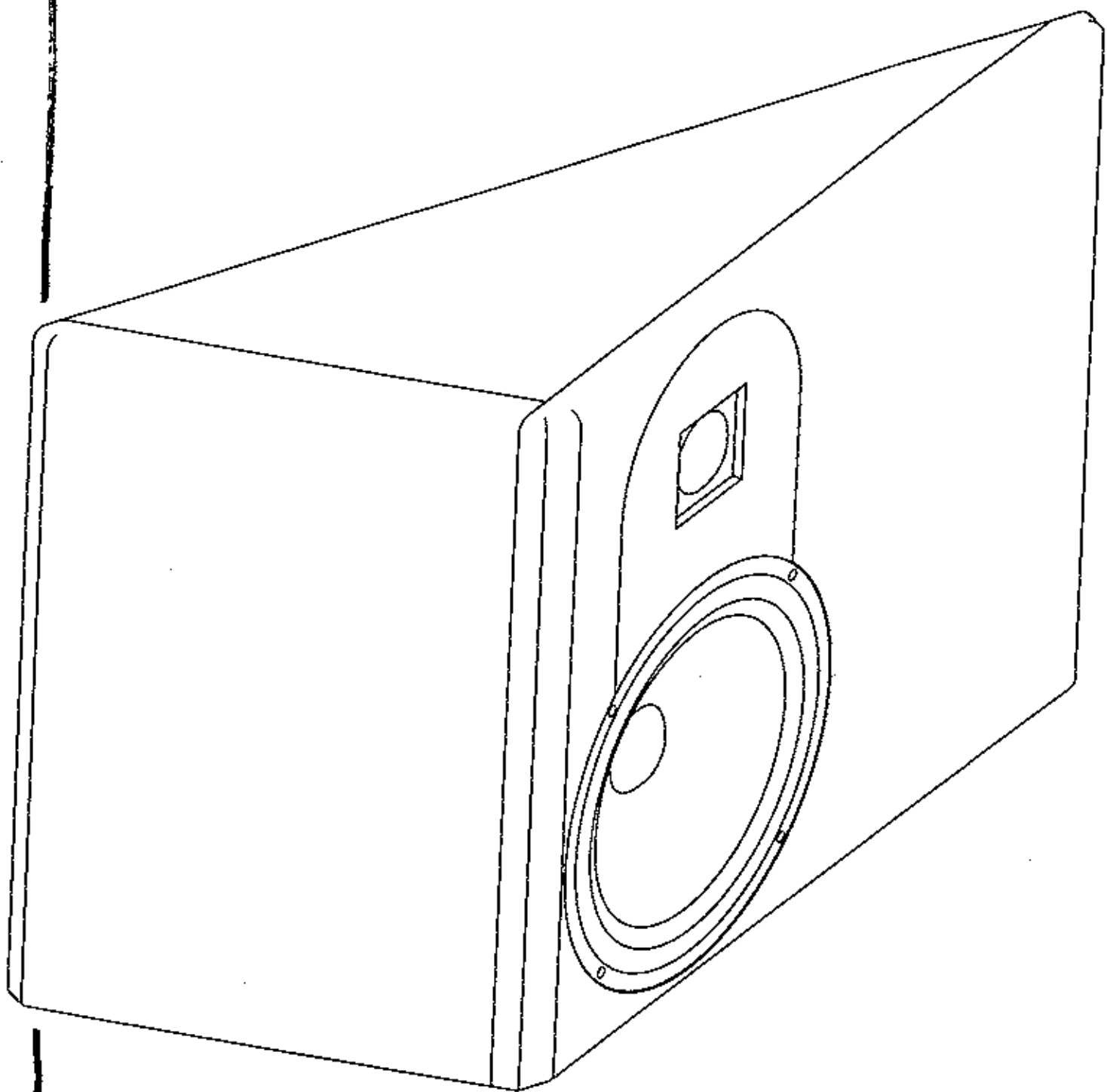


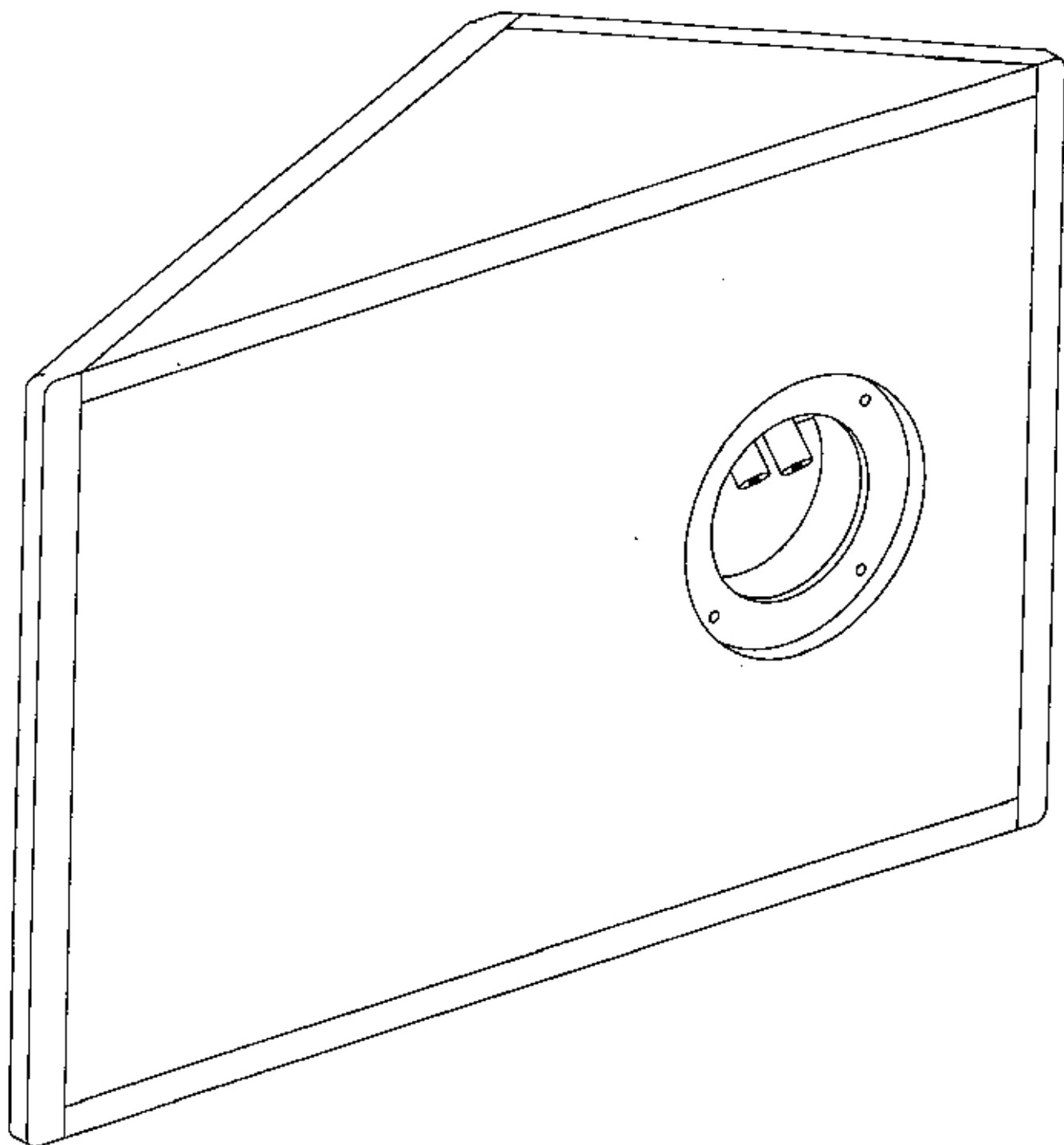


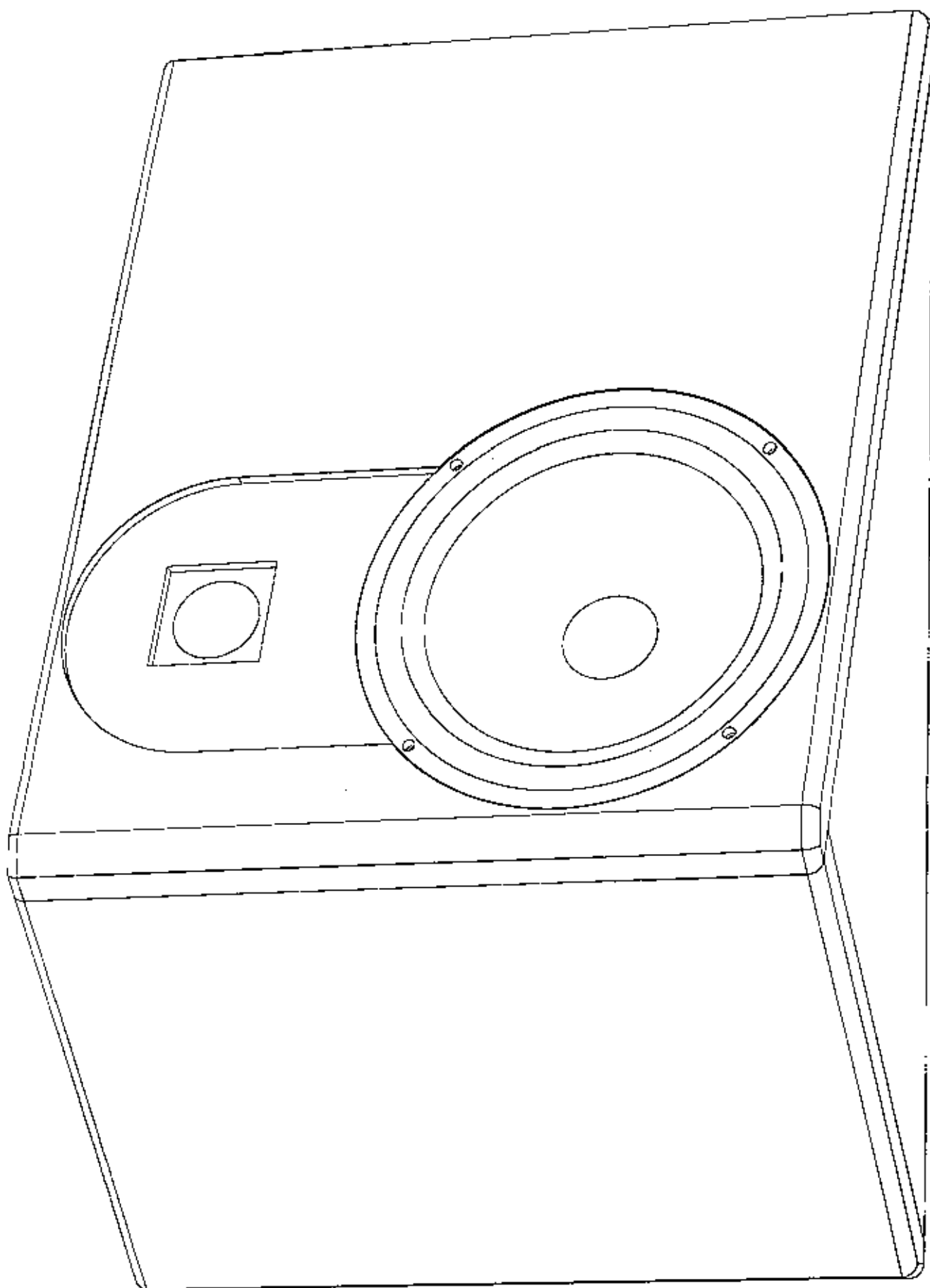




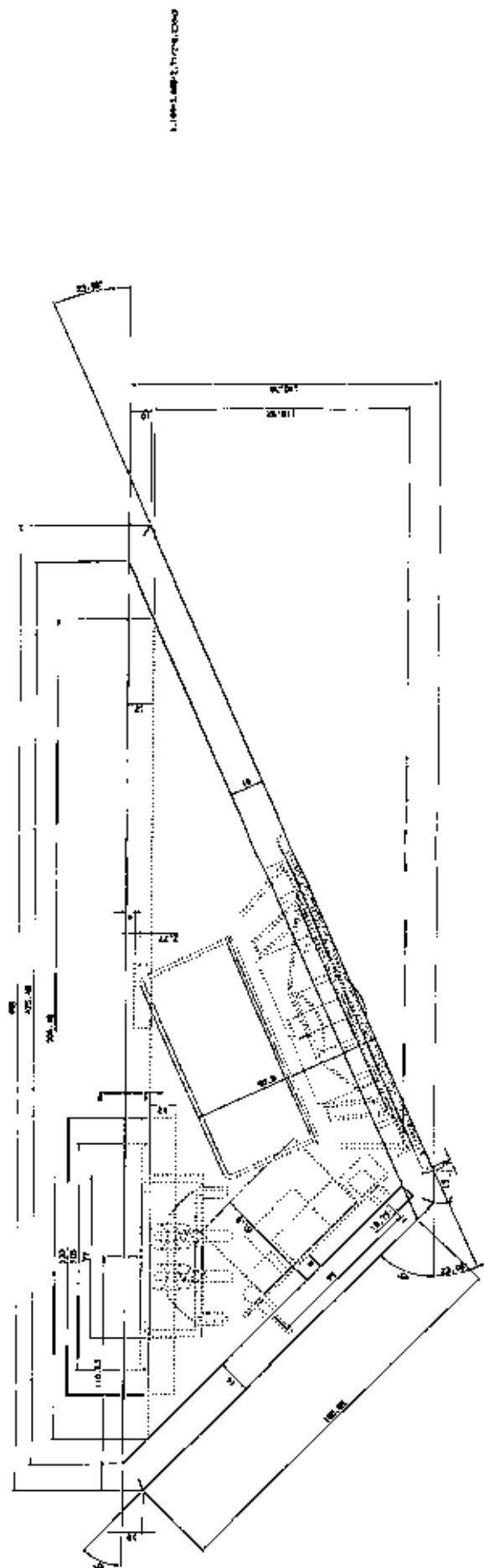
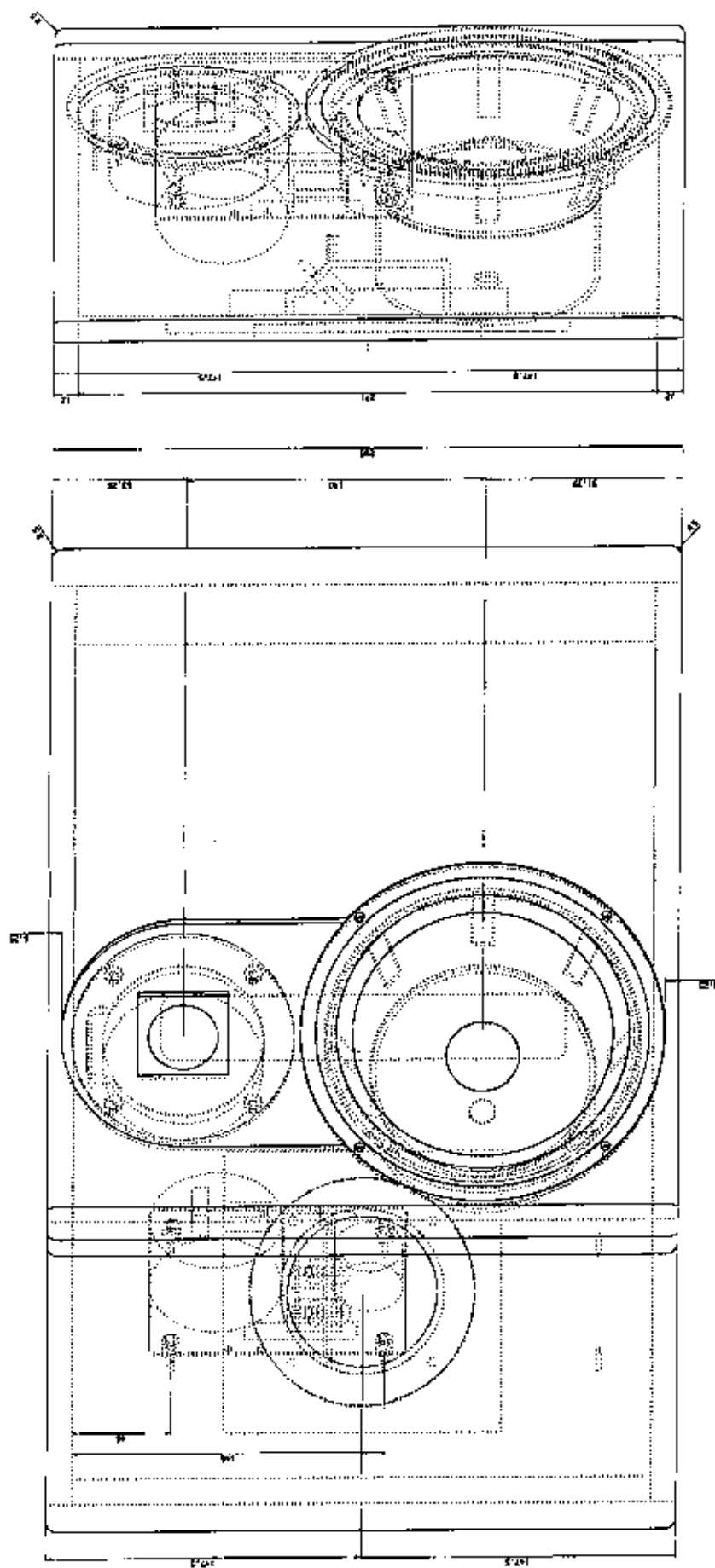
LTS-2v-v1



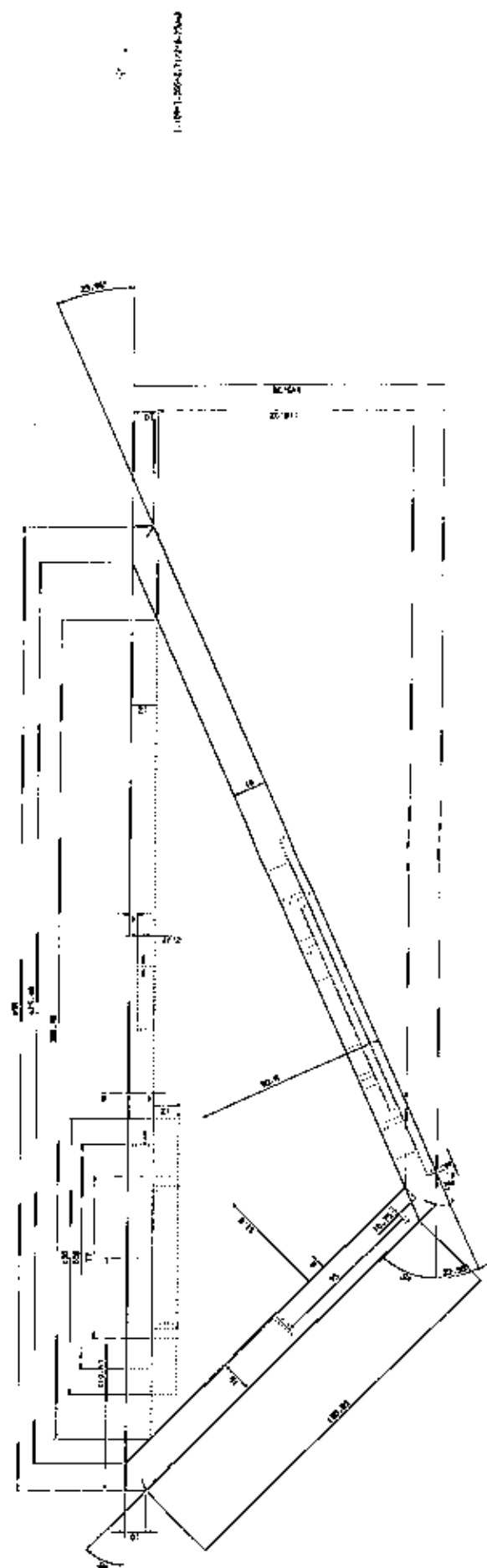
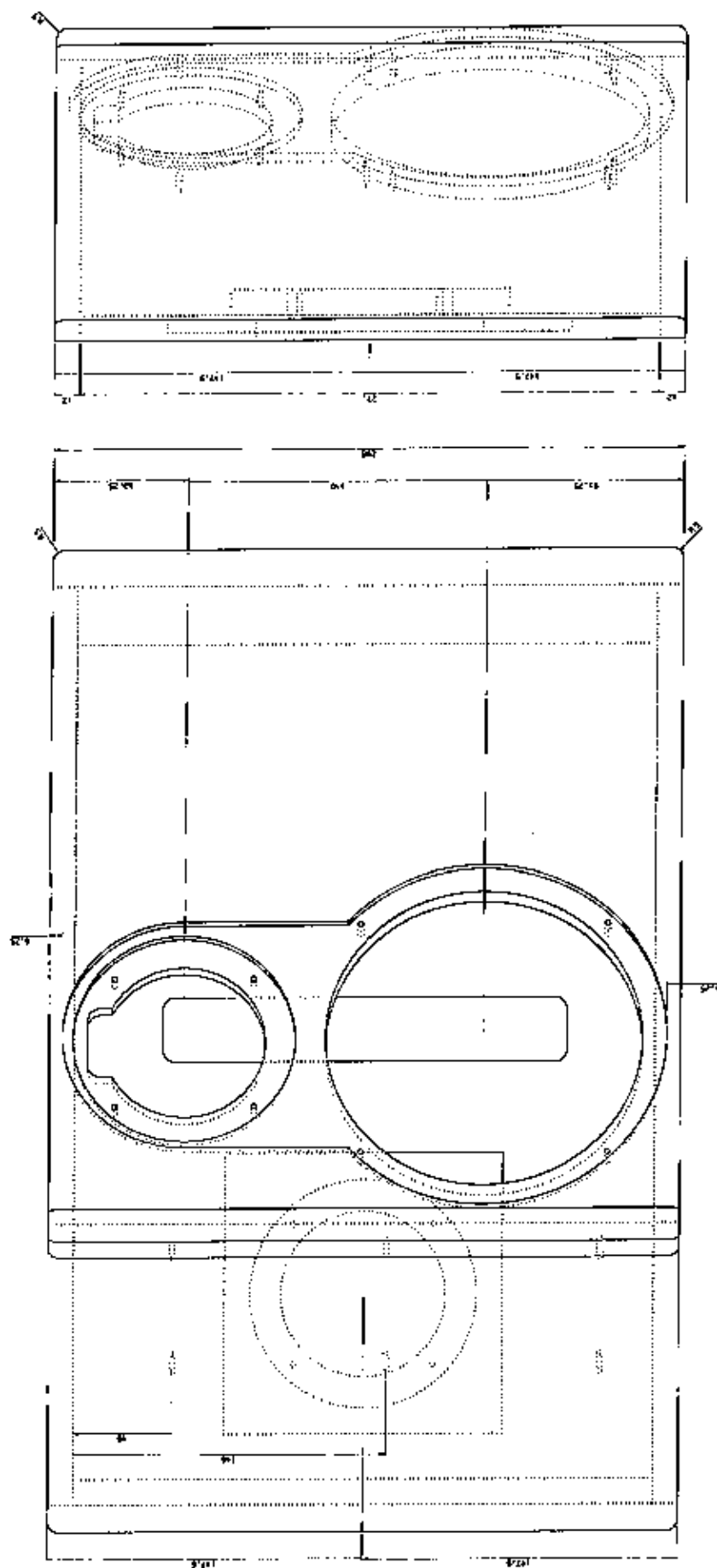


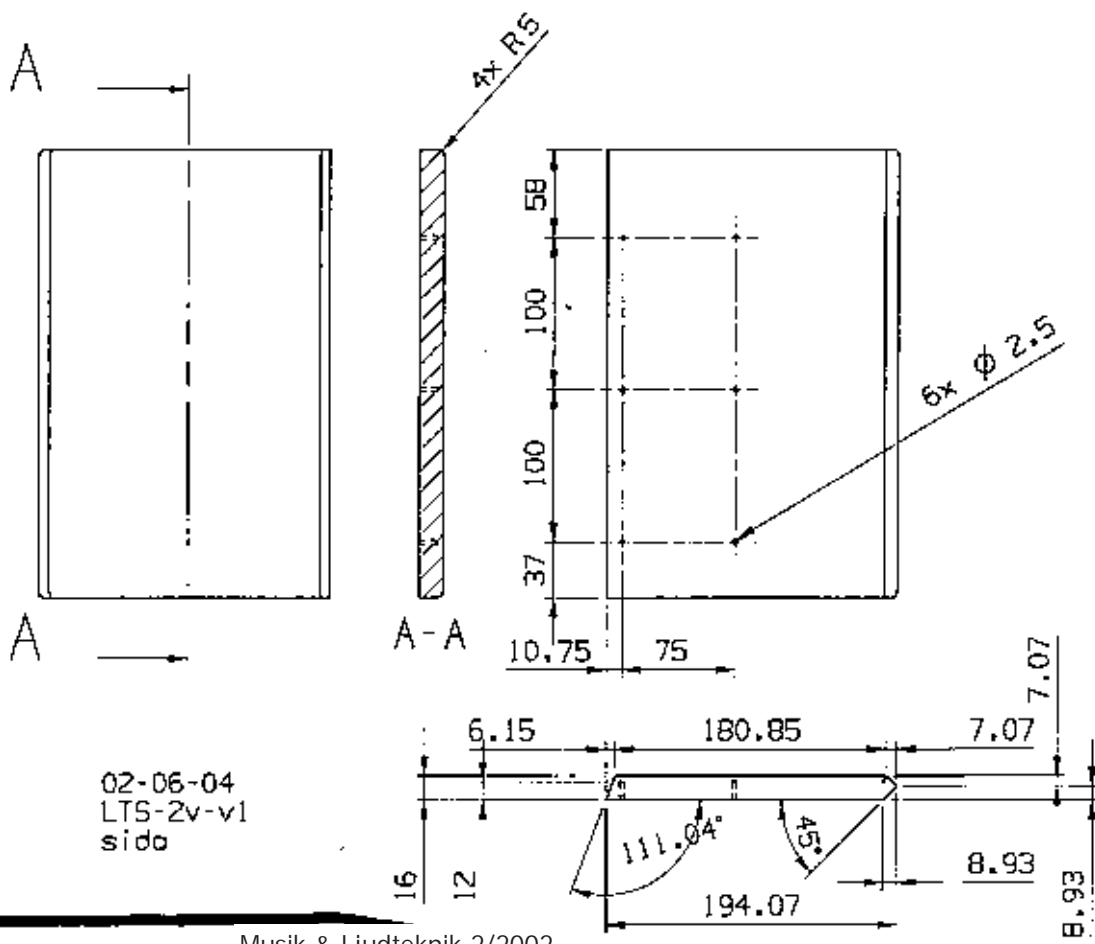


*Söndra snett nedifrån*



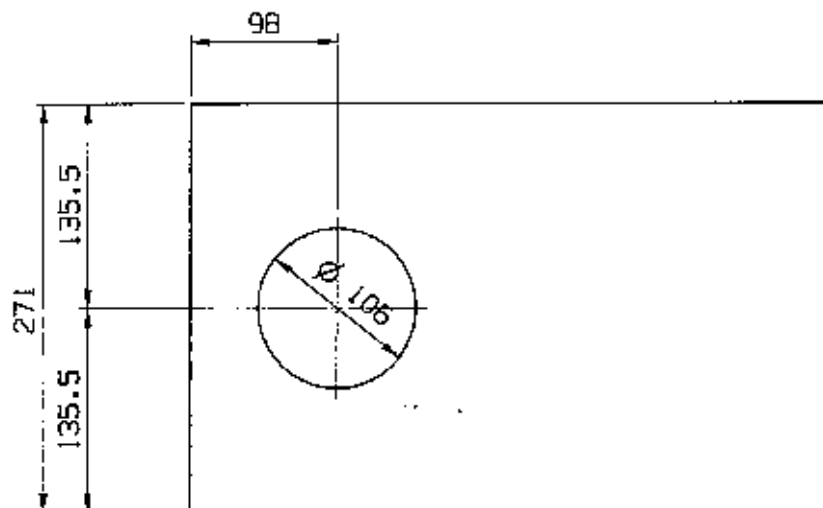
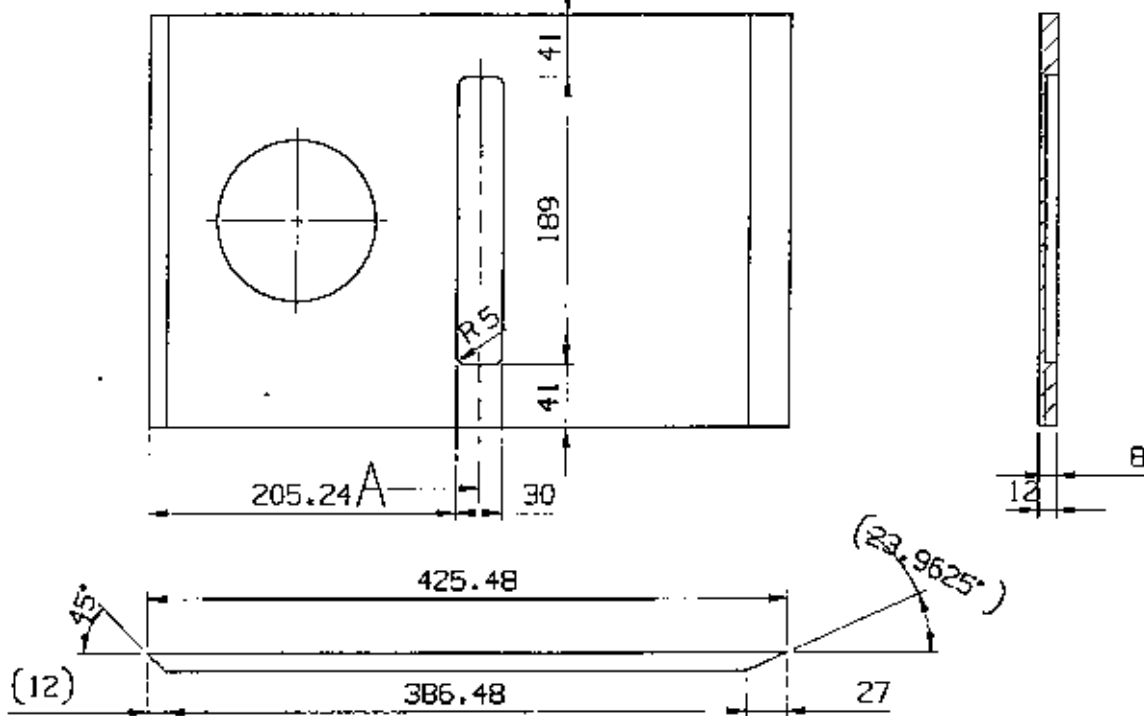
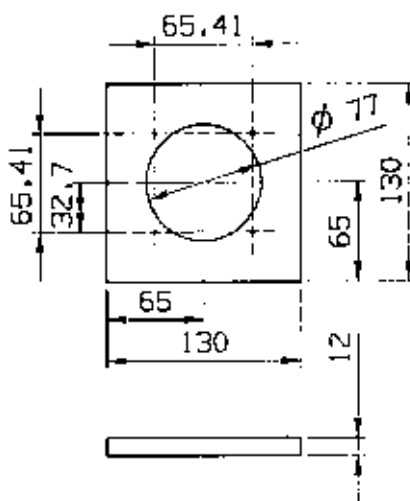
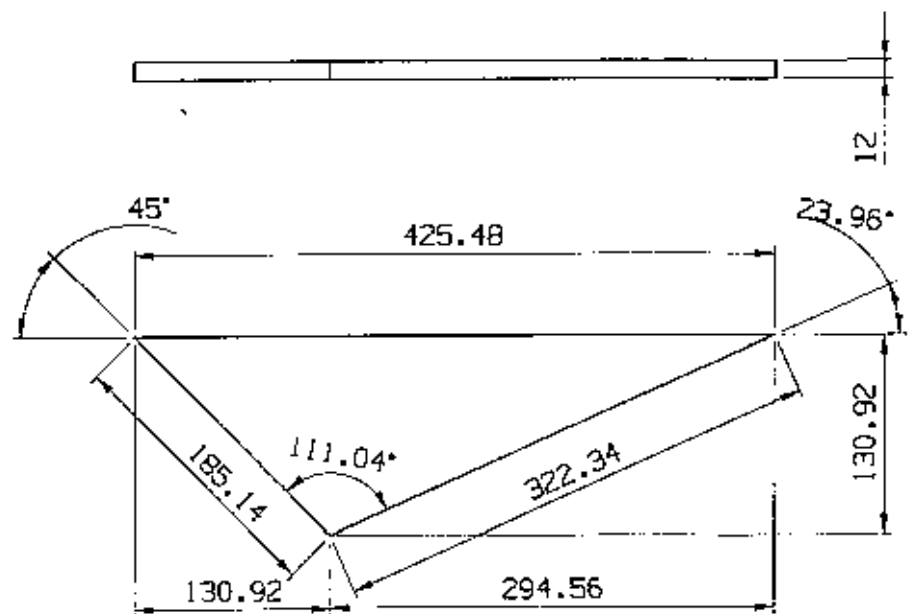




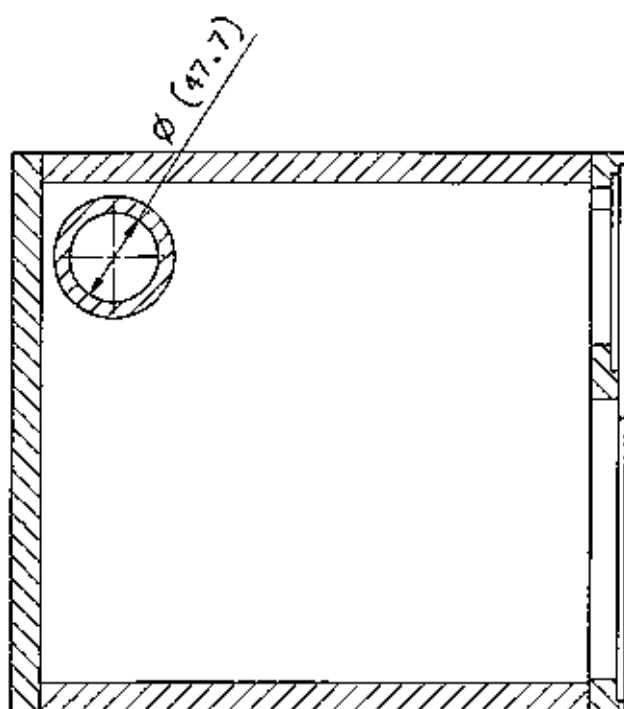
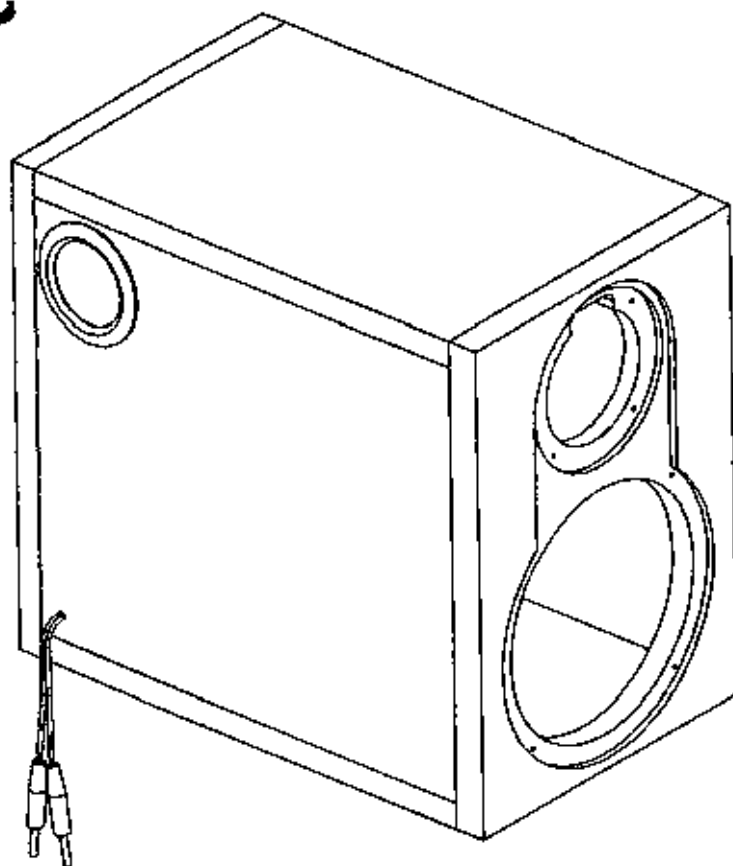


A

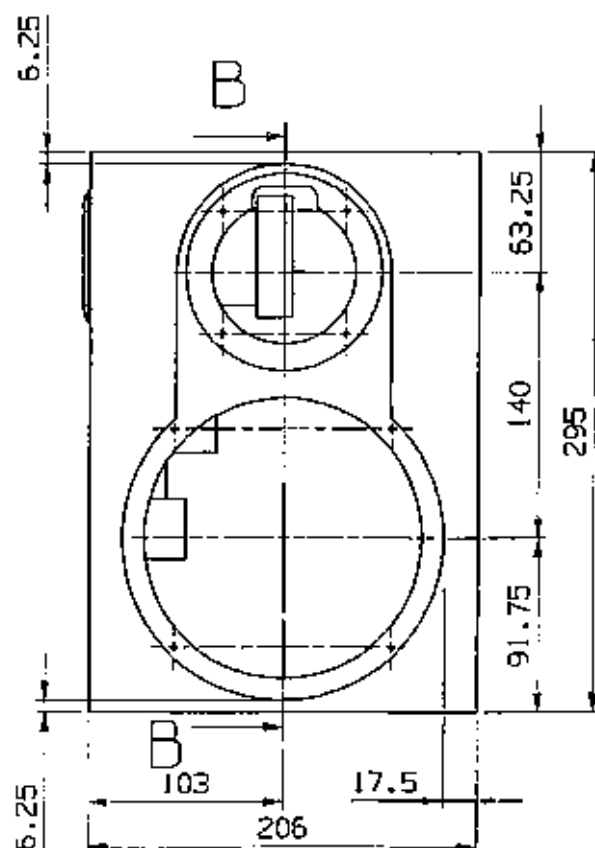
SECTION A-A

LTS-2v-v1  
ryggLTS-2v-v1  
brunnplattaLTS-2v-v1  
topp

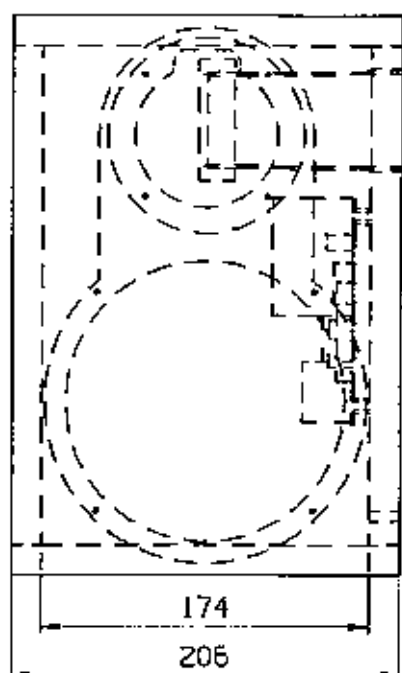
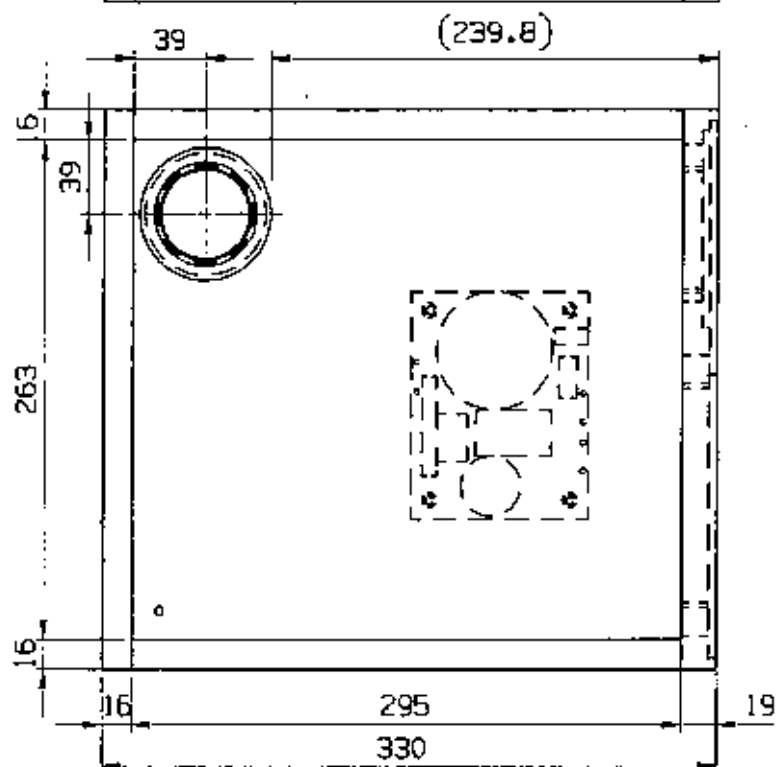
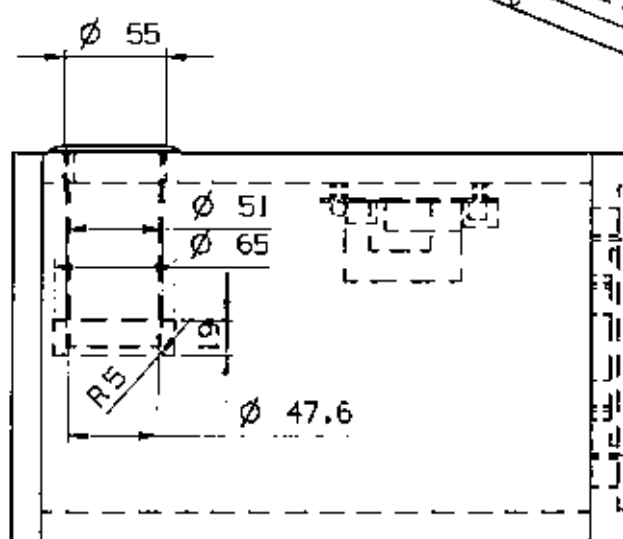
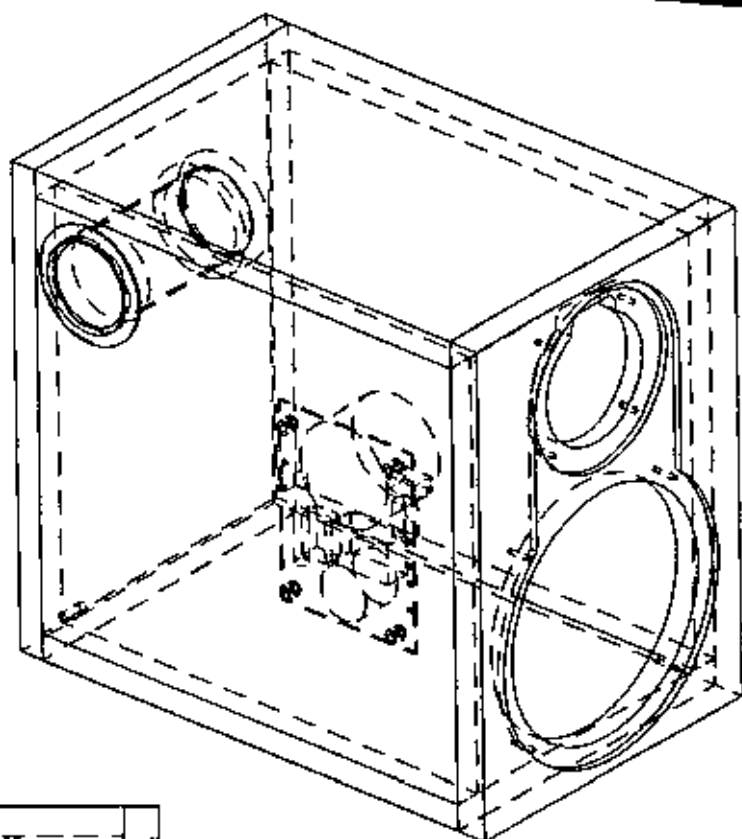
# Möjlig variant av LTS-2v-m1 optimerad



SECTION B



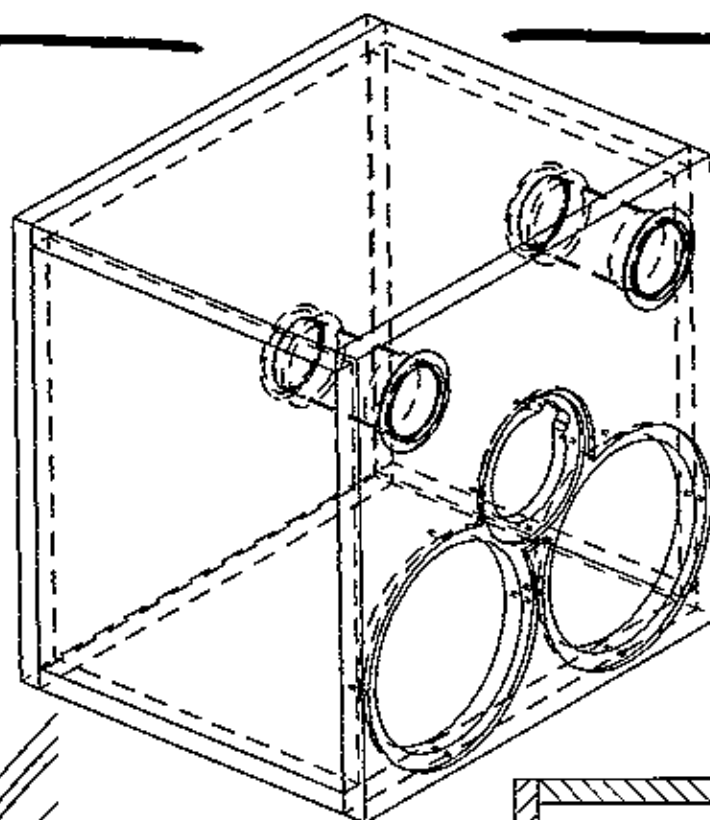
för bokhylla



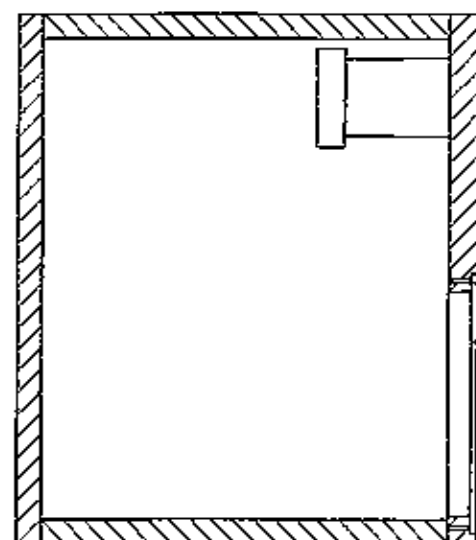
m1- bok , 02-06-17



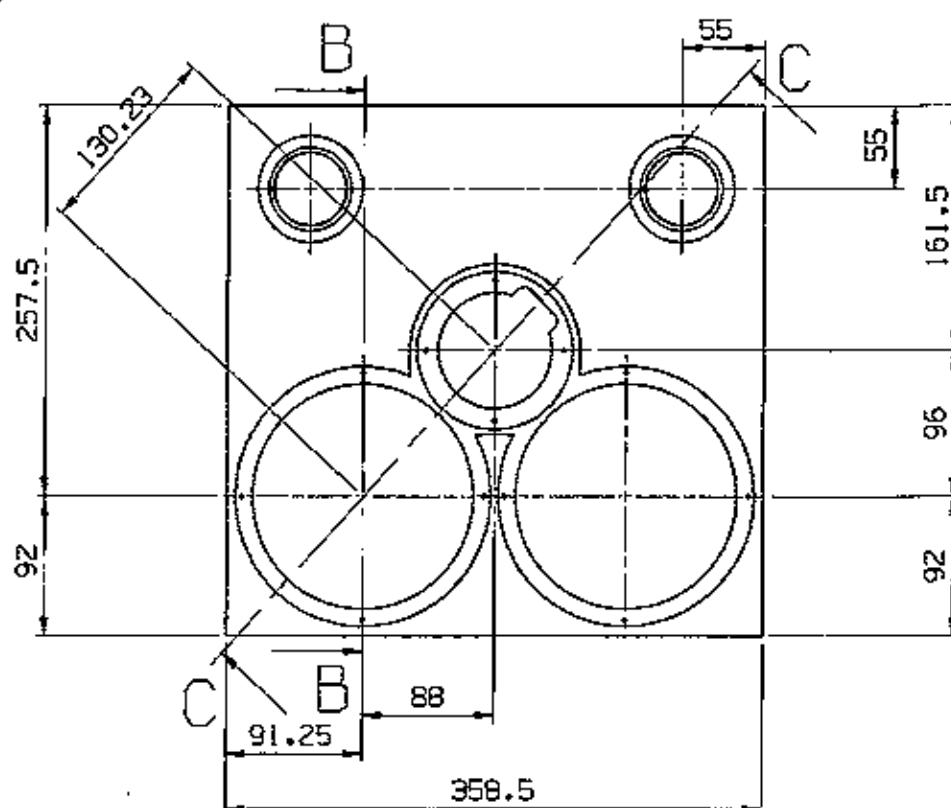
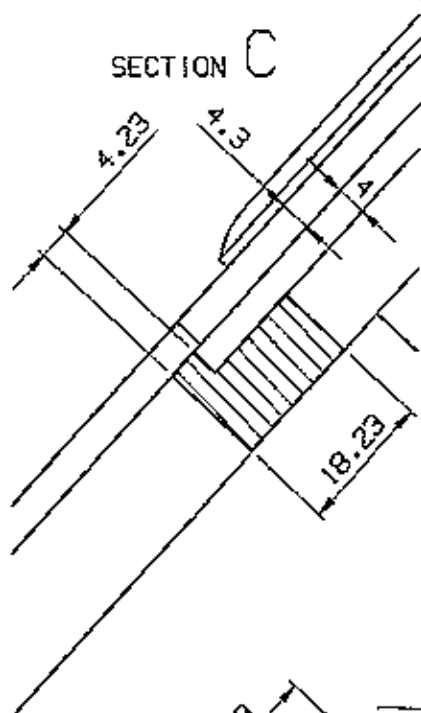
Dito  
LTS -



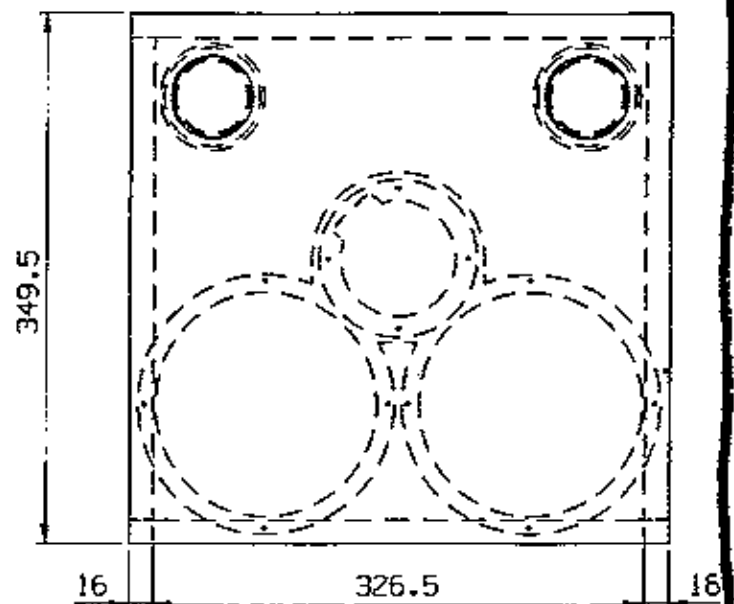
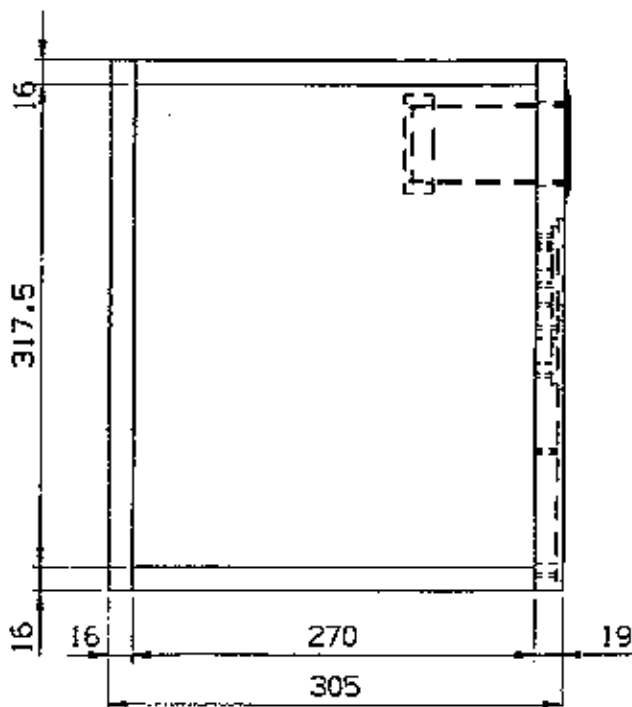
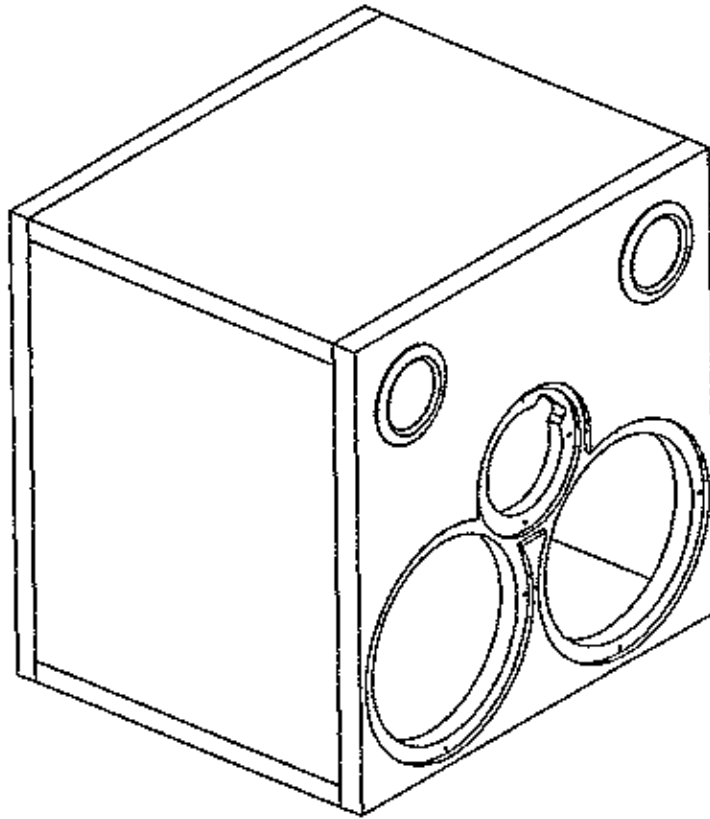
SECTION B



SECTION C



variant av  
2v - m2



$$3.265 \times 2.70 \times 3.175 = 27.99 \text{ dm}^3$$

# Det var alltså alla ritningarna på de nya LTS-högtalarna!

**Alla lådor är avsedda** att byggas i MDF-spånskiva och materialtjocklekarna framgår av ritningarna. Den som vill kan dock med gott resultat bygga i vanlig spånskiva.

**Vanlig spånskiva har sina fördelar** således att den med lätthet kan sammanfogas med hjälp av lim och spik. MDF är lite knepigare såtillvida att det tenderar att spricka när man spikar i det. Professionell sammanfogning av MDF-bitar sker därför i regel medelst pluggning eller kexning.

**De låddelar som HiFi-kit säljer** är förborrade och sätts ihop med pluggar. **OBS:** Använd alltid rikligt med lim vid limning av högtalarlådor!

Detta sagt för den som vill montera sin låda från färdigkapade och frästa delar.

**Den som vill bygga** sin låda helt själv emellertid, bör tänka på följande:

Verktyg som behövs för att gå iland med snickrandet är såg, överhandfräs, bormaskin och tving. Det skadar inte om man har en slipmaskin också. Har man tillgång till alla dessa verktyg är det en enkel sak att få ihop lådorna, förutsatt att man dessutom är begåvad med tillräckligt noggrannhet förstås.

Möjligen kan man klara sig med bara såg och rasp (gärna både klingsåg och sticksåg dock, men man kan ju skapa hål genom att borra många gånger istället...). Man får då åstadkomma försänkningar genom att på alla högtalarfronter lägga två extraskivor med större hål (passande ytterdiametrarna på högtalarelementfronterna samt frontfilten).

Gör man så får man välja tunnare material i fronterna motsvarande de två "extraskikten" (försänkningen måste ju ske i två steg, ett för filtfronten + baselement och ett för diskantelementet). Man kan använda till exempel masonite eller mycket tunn MDF för detta. Det är bra om man träffar ganska nära de anmodade måtten (4,0 mm respektive 4,3 mm). 4 + 4 mm, 4 + 4,5 mm eller 4,5 + 4,5 mm tjocka skivor blir bra.

Var extremt noga med alla mått! Tonkurvan påverkas mycket lätt av även ganska små avvikelser, speciellt frontens försänkningar. Dock är denna konstruktion, tack vara filtfronten, ovanligt robust och okänslig.

**Vill avsluta denna monteringsbeskrivning** med att be att få framföra styrelsens stora tack till både Bo Fahlström som gjort alla de tjusiga ritningarna (i snyggare stil än undertecknades handritade på servett...) och till HiFi-kit som gjort högtalarna köpbara.

Utan er hade projektet varit nästan omöjligt att genomföra! Eller i varje fall ganska meningslöst. ☺

Ing. Öhman



*PS. I nästa nummer, eller näst-nästa, eller... kommer den allra sista delen i denna långdragna LTS-högtalar-saga, nämligen den elektroniskt korrigerade basmodulen!*

*Artikeln (artiklarna) kommer att behandla både basmodulen själv och hur korrektionselektroniken byggs. Dock får man själv välja effektförstärkare, men kanske kommer vi med ett självbyggförslag även där.*

# Filterkopplingarna till alla nya tvåvägsvarianter



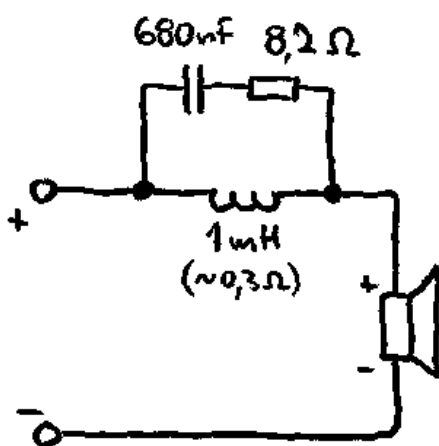
Man kan kanske tro att det måste finnas en himla massa olika filter, lika många olika som det finns varianter av tvåvägsderivaten, men så är icke fallet. Det finns i själva verket i princip bara två varianter av filtret. Alla modeller med samma bestyckning har ju samma filter, enda undantaget är alltså LTS-2v-m2 – mittkanalshögtalaren med dubbla 6,5" basar.

## Enkla filter

De delningsfilter vi valt är föredömligt enkla, men inte så minimalistiska att de inte gör sin sak utan slarvar med det.

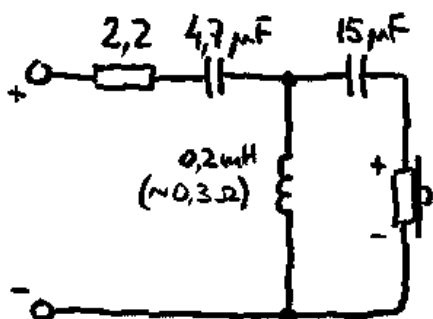
Den resulterande tonkurvan finns redovisad i den ursprungliga artikeln om tvåvägaren. Även filtret fanns förvisso redovisat där, men en liten repris skadar inte.

Så här ser basfiltret ut:



Alltså precis samma som sitter i tvåvägarens mellanregisterdel, sånär som på att HP-filterdelen utelämnats här, när högtalaren skall arbeta även i basregistret.

Så här ser diskantdelen ut:



Detta är som synes helt identiskt med filtret i tvåvägaren. Det betyder att högtalarna, 3-vägaren kontra 2-vägarna, är kompatibla med varandra inte bara med avseende på klang och fasgång, utan även med avseende på känslighet. Inte för att det är någon viktig egenskap, men det går faktiskt att med förvånande gott

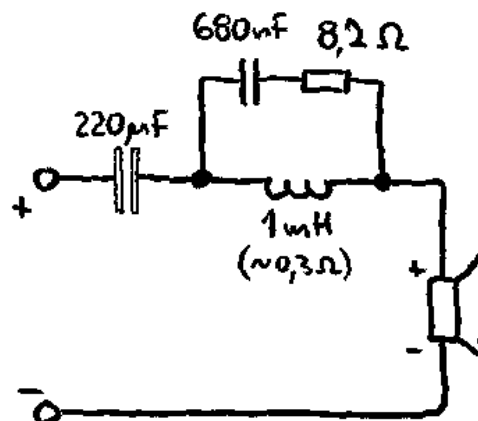
resultat använda en LTS-3v-f4 i ena kanalen och en LTS-2v-f1 i den andra.

## Många som använder i princip samma filter

De visade filtren skall alltså användas i samtliga följande modeller:

- LTS-2v-m1 (den lilla "fullregistriga" mitthögtalaren)
- LTS-2v-f1 (det lilla "fullregistriga" tvåvägssystemet)
- LTS-2v-s1 (det ännu mindre sidosystemet, som kräver basmodul)
- LTS-2v-v1 (den ytterligare mindre vägghögtalaren för bakkanals surroundbruk)

Alla dessa högtalare använder alltså samma delningsfilter, men väggvarianten skall dessutom seriekopplas med en kondensator om 220 µF. Så här blir då basdelen:



Emellertid: Om man av möbleringsskäl inte har en ordentlig vägg bakom en av bakhögtalarna skall man däremot låta seriekondensatorn utgå.

## LTS-2v-m2 – den stora mittkanalshögtalaren

Så är vi då framme vid den verkligt avvikande modellen, LTS-2v-m2, med dubbla basar och 4 dB högre känslighet.

Denna högtalare är avsedd för dom som är väldigt inriktade på hemmabiobruk, och som istället för fantomcenter använder mittkanalen rikligt.

Högtalaren har dimensionerats så att den i röstområdet skall ha till och med en större dynamisk kapacitet än LTS-3v-f4. Det är ju primärt dialogen som ligger i centerkanalen. Vid lägre frekvenser än 80 Hz är fortfarande en tvåvägare kapablare det gäller även den snällbestyckade varianten LTS-3v-f1). Jag rekommenderar

alltså att man trots den stora kapaciteten hos m2, väljer att ställa in sin hemmabioförstärkare i läge small för centerhögtalaren (och surroundhögtalarna). Det låter ju nästan alltid bäst om inte basen hoppar runt mellan olika högtalare utan hanteras av framhögtalarna endast.

### Mer djupbas eller fyligare klang – valet är ditt

När m2 dimensionerades tänkte jag länge och väl på vilka egenskaper jag skulle ge högtalaren, och kom till sist fram till att den skulle ges möjligheten att anpassas till flera olika akustiska stödsituationer. Känsligheten blir ju så hög att det räcker och blir över ändå.

Därför har jag valt att ge den en känslighet som är 2 dB lägre än vad som är teoretiskt möjligt om den varit en så noggrann kopia som möjligt av m1 (och f1).

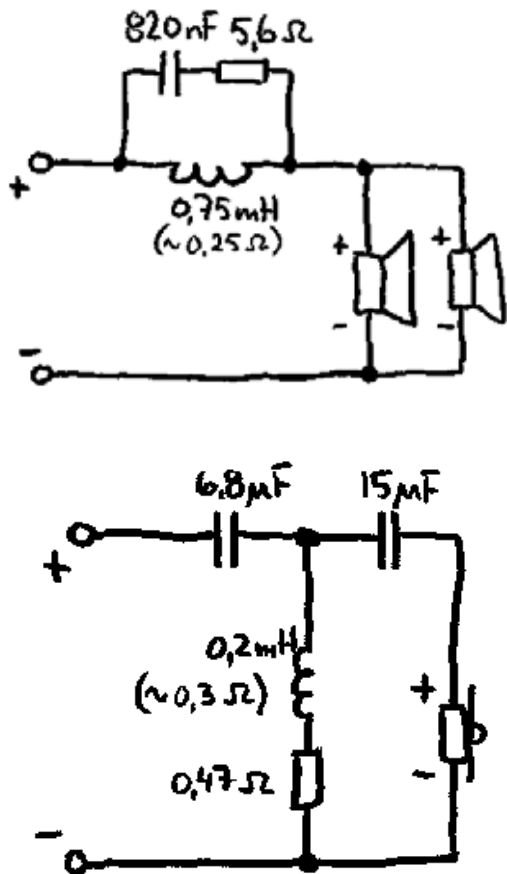
Känsligheten har alltså lagts bara 4 dB över m1 och f1, vilket leder till att man kan välja att antingen låta klangen vara 2 dB "extrafylig" i mellanbasen.

Detta kan vara en vettig dimensionering om högtalaren står mindre fritt än huvudhögtalarna, och därför drabbas av utsläckning från bakre väggens motfasreflexion i 100 Hz-området.

(Vid lägre frekvenser kommer givetvis reflexen från bakre väggen att förstärka, men där har ju redan ljudet börjat ledas över till huvudhögtalarna.)

Eller också kanske man inte behöver den 2 dB extra nivån. Isåfall kan man sätta igen den ena basreflexporten. Då sjunker avstämningfrekvensen och högtalaren går djupare i basen. Lyssna och välj!

Oavsett hur man väljer att göra med basreflexportarna så ser filtret likadant ut. Såhär ser bas- respektive diskantfilter ut:



Som synes är konfigurationen med ett undantag identisk med den som de andra tvåvägarna uppvisar. Undantaget är ett litet seriemotstånd till spolen i diskantfiltret. Det sitter där för att dämpmotståndet utgått i filtret, och därmed behöver ny resonansdämpning mellan filtrets reaktiva komponenter introduceras.

Det kan vara på sin plats att här varna för att byta ut spolarna i alla dessa filter till spolar med mycket grövre tråd. Gör man det så rubbar man de nogsamt avvägda balanserna mellan de reaktiva komponenterna, och ljudet kommer att bli resonant och obehagligt.

### Kvar att berätta om i nya LTS-högtalarserien

I kommande nummer av MoLt kommer som säkert alla vet en basmodul att presenteras, men ambitionen är också att gå igenom en massa enskilda konstruktionsdetaljer. Som roliga och intressanta små "läroboksartiklar".

Första projektet har jag planerat bli mätning på, och analys av, distorsionen i basdelen av tvåvägaren, försedd med ett baselement respektive med fyra.

Vi får se om jag hinner med...

Ing. Öhman



## Flexibel hörsel:

–Vad tycker du?

–Njaäää, du vet, jag tycker ju inte om det där flerbitsljudet. Det låter kallt och hårt. Jag gillar det inte helt enkelt.

–Vaddå, jag har ju kopplat in din nya SACD-spelare ju! Vi spelar en skiva inspelad med DSD, ju.

–Ehh... jaha! Men... då får jag kanske lyssna lite till då... eh, jo det hörs verkligen, det låter ju verkligen skitbra!

## Ringside:

Boxningskommentator:

–Oj, oj, oj vad han blöder, det är ett riktigt cut han har fått!

Person i publiken:

–Har han fått katt?

# – Trevägaren, nu *mer* än helfärdig! –



För snart sju år sedan fanns en artikel i MoLt med rubriken 'Trevägaren är helfärdig'. Enda sättet att bli färdigare än helfärdig blir en semantisk övning: Nu är den *mer* än helfärdig. ☺

I denna artikel redovisas hur man kan utveckla sina trevägare lite, ja rent av en hel del, ytterligare, med hjälp av en sticksåg, lite dämpmaterial, samt nya baselement och dito delningsfilter (endast filtret för baselementet behöver bytas/ändras). När allt är färdigt är högtalare försedd med två högtalarelement som dock förmår spela både djupare, renare och starkare än vad den gamla versionen med fyra baselement förmådde.

Vi börjar med lite repetition!

## Hur en högtalare blir till

När en högtalare skall bli till finns det många olika möjliga tillvägagångssätt. En konstruktion kommer dock alltid till såsom en kombination av någons (inte nödvändigtvis konstruktörens) vision av den färdiga högtalare, samt vilka högtalarelement (och andra kritiska delar) som finns tillgängliga för konstruktionen.

När ingenjörer är projektledare begränsas konstruktionen ofta av att det är tillgängliga element som inspirerar till visionen. Om icke-ingenjörer är projektledare saknas sådana mentala begränsningar, men det är å andra sidan inte alls säkert att visionen blir realiserbar.

En icke-ingenjör kan ju till exempel ha visionen av en högtalare som är bara 0,5 liter stor men som kan spela 100 dB vid 20 Hz (=pumpa 1 liter luft i basområdet). En väl så inspirerande tanke, men ingenting att slösa tid på. En ingenjör tenderar kanske att intressera sig mera för realiserbara saker. ☺

## Högtalarelementen – en begränsande faktor

I många fall (nästan alltid om konstruktören bara är en glad entusiast utan resurserna från ett miljonföretag i ryggen) är de på marknaden tillgängliga elementen en starkt begränsande faktor.

Det finns helt enkelt ett oändligt antal olika konstruktioner som inte går att göra eftersom de högtalarelementen som behövs inte existerar! Man är alltså tvungen att göra konstruktioner inom de ramar som tillgängliga element tillåter.

## Design-produkter

Det finns förvisso konstruktioner (även från de stora tillverkarna) som konstruerats bara efter en estetisk mall, en idé om hur högtalaren skall se ut. De förverkligas så gott det går efter förutsättningarna, som kan vara tillgängliga högtalarelement, tillåten budget och konstruktörens kompetens. I de flesta fall är designprodukter ändå begränsade av att de ser ut på ett sätt som omöjliggör uppnåendet av en riktigt god högtalare.

I själva verket kommer de allra flesta högtalare på marknaden till på detta sätt, alltså även om de inte marknadsförs som designprodukter. Man startar från någons vision om hur högtalaren skall se ut, en form. Därefter får konstruktionsavdelningen uppdraget att göra formen till en fungerande högtalare – även om det

ibland kan vara en form som är synnerligen olämplig och nästan omöjlig att få att fungera bra akustiskt.

Speciellt tydligt är detta arbetssätt om man tittar på högtalare från "riktiga designhögtalartillverkare", till exempel Bose eller Bang & Olufsen.

## Visionen för LTS-trevägaren

När LTS-trevägaren skulle tas fram bestämdes det mycket tidigt dels att grundkonstruktionen skulle göras ur ett strikt funktionsperspektiv, funktionen får diktera formen. Vi man göra högtalaren "fin" får det ske med insatser å ytbehandlingen.

Det bestämdes även att högtalarelementen inte skulle få komma att bli en väsentligt begränsande faktor – om det behövs tar vi fram specialelement i alla tre register!

## Visionen såg ut som följer:

1. Högtalaren skall vara av trevägstyp för att tillåta varje element att arbeta inom ett så litet våglängdsområde att kraven på elementet inom våglängdsområdet inte blir motstridiga.
2. Högtalarelementens placering skall optimeras för att ge så interferensfria utstrålningsegenskaper som möjligt. Detta betyder att basområdets ljudutstrålning skall genereras i fas med golv och bakvägg, medan mellanregisterområdet skall utstrålas från en punkt tillräckligt långt ifrån golv och bakvägg för att inte väsentligt störa högtalaren. I just detta avseende inte helt olikt Stig Carlssons kolbox från 50-talet.
3. Högtalarens storlek skall inte upplevas som väsentligt mera skrymmande än nuvarande LTS-F1, men den kan tillåtas bli djupare om det behövs för att erhålla tillräcklig volym.
4. Baselementet skall ha god luftpumpningsförmåga slaglängd, mycket starkt motorsystem och ett membran som arbetar perfekt kolvformigt inom hela sitt frekvensområde.
5. Gränsen där dynamiska effekter / kraftigt ökad distorsion inträffar skall jämfört med nuvarande



6. Det skall finnas möjlighet att i efterhand, genom ett konstruktionsmässigt knep, gradera upp högtalaren så att dynamikområdet i basregistret ökar med ytterligare 6 dB (ytterligare 4 ggr högre ljudeffekt)!
7. Mellanregisterhögtalaren skall utgöras av ett litet bas/mellanregisterelement (så att det även kan användas i en mindre basreflexlåda eller i en kvalificerad centerhögtalare). Därmed tillåts låg delningsfrekvens till bashögtalaren, effektiviteten blir mycket god och membranrörelserna blir små jämfört med om ett mindre mellanregisterelement används. Elementet skall vara magnetisk skärmat så att det kan användas även i närheten av bildskärmar. Känsligheten skall i det baffelstödda frekvensområdet med goda marginaler överstiga 90 dB/2,83 volt. Kraven på mellanregistrets tonkurva har ställts mycket högt – inga abrupta ojämnheter överhuvudtaget får förekomma under 8 kHz. Det är ju annars inom detta känsliga register som de flesta högtalare har sina mest hörbara färgningar. Spridningen skall vara god och jämn upp till minst 3 kHz.
8. Diskantelementet skall vara så likt det från LTS-F1 som möjligt, men vara försett med magnetisk skärmning och vara färdigmodifierat redan vid leverans med avseende på det lilla gallret framför membranet.
9. Högtalaren skall redan från start kunna köpas såsom komplett byggsats – inklusive färdigsågade delar till lådan. Maximalt till det dubbla priset av LTS-F1.

Därutöver som är det många som valt att placera något av delningsfiltren i filterkammarens botten, och i så fall måste man flytta dem så att det går att ta hål där. Man kan till exempel skruva filtren mot filterkammarens sidoväggar.

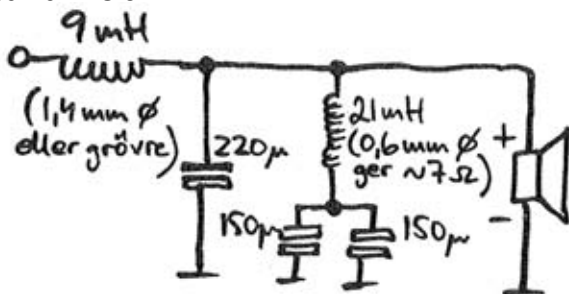
Hålet mellan baskammaren och filterkammaren kan vara rektangulärt, eller om man föredrar någon annan form. Så stort som möjligt och gärna centrerat i båda ledder bör det vara ur som helst. Men för fullgod funktion räcker faktiskt att hålet är  $2,5 \text{ dm}^2$  stort, och det är inte heller jätteviktigt var någonstans i hålet mellan baskammaren och filterkammaren det hamnar. Den som vill vara på den säkra sidan tar upp ett så stort hål som det är rimligt lätt att åstadkomma, och ser till så att det under alla förutsättningar blir större än nämnda  $2,5 \text{ dm}^2$ . Den som föredrar två eller flera hål kan förstås göra så också. Bara de tillsammans blir  $>2,5 \text{ dm}^2$ .

Själva filterkammaren skall sedan fyllas fluffigt med ett dämpmaterial av typen "täckjacksfoder" (såsom baskammaren ju redan är). Det vill säga ett dämpmaterial som egentligen inte dämpar ljud speciellt effektivt, men som är utomordentligt isothermiserande.

Eftersom baslådans arbetsregister är begränsat behöver man inte bekymra sig för ståendevågor i baslådorna, de uppstår ju bara utanför arbetsområdet. Det har därför prioriterats att ge lådan så låga förluster som möjligt, och maximal ökning av den adiabatiska lådvolymer. För detta önskemål är det "usla" täckjacksfodret faktiskt optimalt!

Det kan kallas många olika saker beroende på tillverkare, men exempel på namn är acousto-q, dacronfiber eller polyesterervadd. HiFi-kit har det lämpliga dämpmaterialet hur som helst.

Slutligen skall man alltså byta delningsfilter till ett som är optimalt anpassat till de nya baselementen. Så här såg det ursprungliga filtret ut, alltså det för LTS-3v-f1 och för LTS-3v-f4:



Från det ovanstående skall tre av komponentvärdena ändras, utöver då förstås att det nu ALLTID är två parallellkopplade baselement som används.

Ändringarna består av att den ursprungliga 9 mH-spolen är minskad till 7 mH, vilket i praktiken betyder att 45 varv lindas av spolen – om man modifierar en högtalare som man redan har alltså. Köper man en ny är förstås rätt värde på plats redan från början.

Den andra ändringen är att den shuntande kondensatorn om  $220 \mu\text{F}$  parallellkopplas med  $100 \mu\text{F}$  så att det blir totalt  $320 \mu\text{F}$ .

Den tredje och sista förändringen är att den "stora" spolen på 21 mH (som är den fysiskt mindre på kortet) är ökad till 34 mH, vilket man åstadkommer genom att förse den med en för ändamålet framtagna ferritkärna. Även den kan man köpa på HiFi-kit, och de kan instruera om hur den fästs i spolen också. Fast jag kan jag ju

förstås göra här också – limma den i botten av spolen med en klutt PL400!

## Matematiskt "ren" delningsfunktion mellan bas- och mellanregister

Liksom tidigare har delningsfiltret givits några speciella egenskaper som man inte brukar ta hänsyn till i högtalare. Filtret har nämligen tagits fram med en liten baktanke, nämligen att den som önskar skall kunna bygga ett elektroniskt delningsfilter för delningen mellan bas- och mellanregister och driva högtalare med dubbla förstärkare!

Delningen har av helt andra skäl formats så att en förhållandevis väldefinierbar matematisk funktion uppstår, och som bonuskonsekvens av det är den enkelt realiserbar även i den aktiva delningsfiltervärlden!

Detta kommer det en liten extra artikel om, i nästa MoLt-nummer, med schema på aktivt filter för delningen mellan bas- och mellanregistret på trevägaren, för den som vill bygga själv! Jag kan nämna redan nu att det faktiskt finns fördelar med att använda aktiva delningar i det aktuella frekvensområdet. Även dessa kommer att beskrivas i nästa nummer.

## Resistiv impedans, för den som önskar

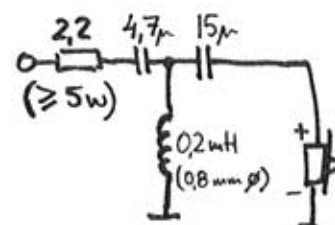
En annan sak som jag har ansträngt mig lite extra med är att se till så att högtalaren fortvarigt har en så resistiv impedans som möjligt. Högtalaren skall ju låta maximalt bra med alla tänkbara typer av förstärkare. Vi vet ju att LTS' medlemmar använder många olika typer av förstärkare.

Baselementets traditionella kamelpucklar är i LTS-trevägaren omvandlade till en diskret dromedarpuckel (genom åtgärder i själva basfiltret) som ligger under 20 Hz, men bortsett från det är delningsfiltret i själva verket naturligt "nästan resistiv" i huvuddelen av frekvensområdet, men det finns ett undantag – i delningen mellan mellanregister och diskant ökar impedansen markant, samt även i ultraljudsområdet.

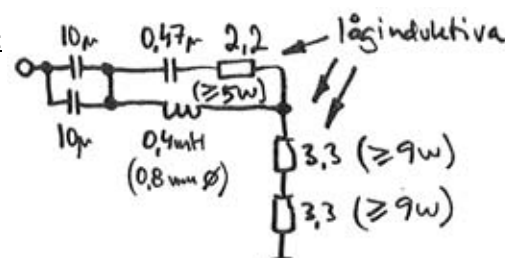
Därför består konjugatlänken oförändrad från förra versionen. Det enda som ändras till den nya versionen av LTS-trevägaren med dubbla baselement, är alltså "halva" basfiltret, det vill säga det LP-filter som sitter i signalvägen på väg till baselementen.

## Delningsfiltret till LTS 3-vägare i nya versionen ser i sin helhet ut på följande vis:

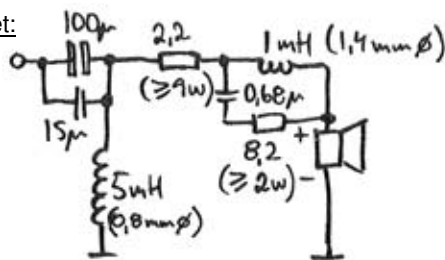
Diskantfiltret:



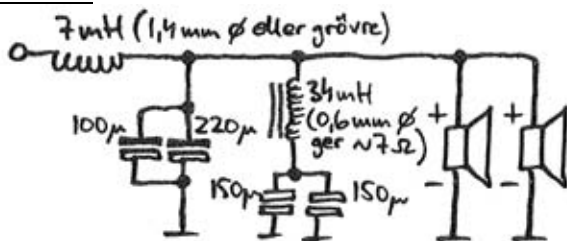
Konjugatlänken:



Mellanregisterfiltret:



Basfiltret:



Och därmed är vi färdiga för idag!  
Eller förresten...

### Hur gör man då?

Om man skulle vilja uppgradera sin trevägare till den nya versionen (gäller både om man har en och fyra basar idag) så är det enkelt!

#### Så här går man tillväga:

1. Man köper två nya bafflar, fyra nya baselement, lite ny tätlist, två spolkärnor, två 100 µF kondensatorer, lite ny kopplingsstråd och lite dämpfluff till filterkaviten. Allt detta kan man köpa i form av ett kit, från HiFi-kit (vi kallar det "Komplett uppgraderingssats för trevägaren").
2. Man tar sedan upp ett, eller flera, tillräckligt stora (>2,5 dm<sup>2</sup> tillsammans) hål mellan basvolymen och delningsfiltervolymen i lådan.
3. Sen lindar man av 45 varv på basfiltrets 9 mH-spole (den stora spolen av de två) således att dess induktans sjunker till 7 mH\*, och man limmar in kärnan i spolen på 21 mH (den fysiskt lilla spolen) sålunda att den blir på ungefär 34 mH. Kärnan skall limmas i botten av spolens centrum, hyggligt centrerad (fast centrereringen spelar faktiskt knappt någon roll för värdet).

\*Håll kontroll på koppartråden när du lindar av den. Det är annars lätt hänt att den vill "linda av sig själv" i ett oväntat och hastigt rassel.

Händer det är det inte hela världen dock. Man stoppar det hela så snabbt som möjligt bara, och lindar på tråden igen så att den spänner, och sedan börjar man från början igen med avlindningen.

4. Basfiltrets 220 µF-kondensator (den som sitter ensam) parallellkopplar man med den nyinköpta kondensatorn på 100 µF,
5. Sen är det bara att montera ihop alltihopa och börja provspela!

Räkna med en inspelningstid om cirka 40 timmar, men sätt inte på radion och gå hemifrån för att "snabba upp" inspelningen, och spela INTE några speciella "högtalarinspelningsfonogram" på dem! Det är i båda fallen bra sätt att förstöra en ny högtalare.

### Varning för "inspelning"

Jag brukar säga att de som sköter inspelningen av högtalarna bäst alltid är alla de som inte har en aning om att fenomenet ens finns – det vill säga de som använder högtalaren som vanligt bara.

Om man har avverkat de första 40 timmarnas spelning på någonstans mellan en vecka och några månader så är det utmärkt. Snabbare än en vecka så bör det inte gå.

I det här specifika fallet tror jag nog hur som helst att alla kommer att uppfatta högtalarens basregister som påtagligt förbättrat – redan från det allra första ögonblicket som den nya versionen kopplas in, utan någon som helst inspelning.

Och sedan blir det ju bara bättre...

Om allt går som det skall så är de nya baselementen liksom de nya bafflarna och de nya delningsfiltrena, köpbare på HiFi-kit redan innan detta nummer av MoLt hunnit ut till medlemmarna.

### Kompleta nya högtalare

Högtalaren kommer förstås även att vara köpbar som en komplett byggsats igen, inom en snar framtid!

Då förstås med de nya baselementen, men lådan blir faktiskt en smula förenklad dessutom, eftersom möjligheten med utbytbara bafflar (1 eller 4 baselement) nu inte längre behöver finnas. De har ju alltid bara två basar per kabinett nu, i det nya utförandet.

Nu är jag färdig!

/Ing. Öhman



P.S. Det nya baselementet kostar 1750:-, den lilla kärnan som gör 21 mH till 34 mH kostar 50:- och den nya basbaffeln kostar 225:- (alla priser per styck). LTS-medlemmar har dock 10% rabatt på baselementet och baffeln. Bara att ange sitt medlemsnummer och legitimera sig. D.S.

### Några ganska viktiga frågor:

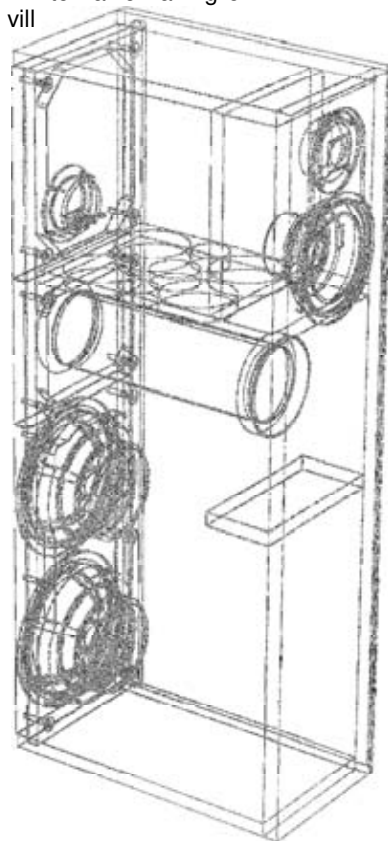
-Varför målar kvinnor sina ögon med munnen öppen?

-Varför är inte ordet förkortning kortare?

-Varför trycker vi på start när vi vill stänga av datorn?

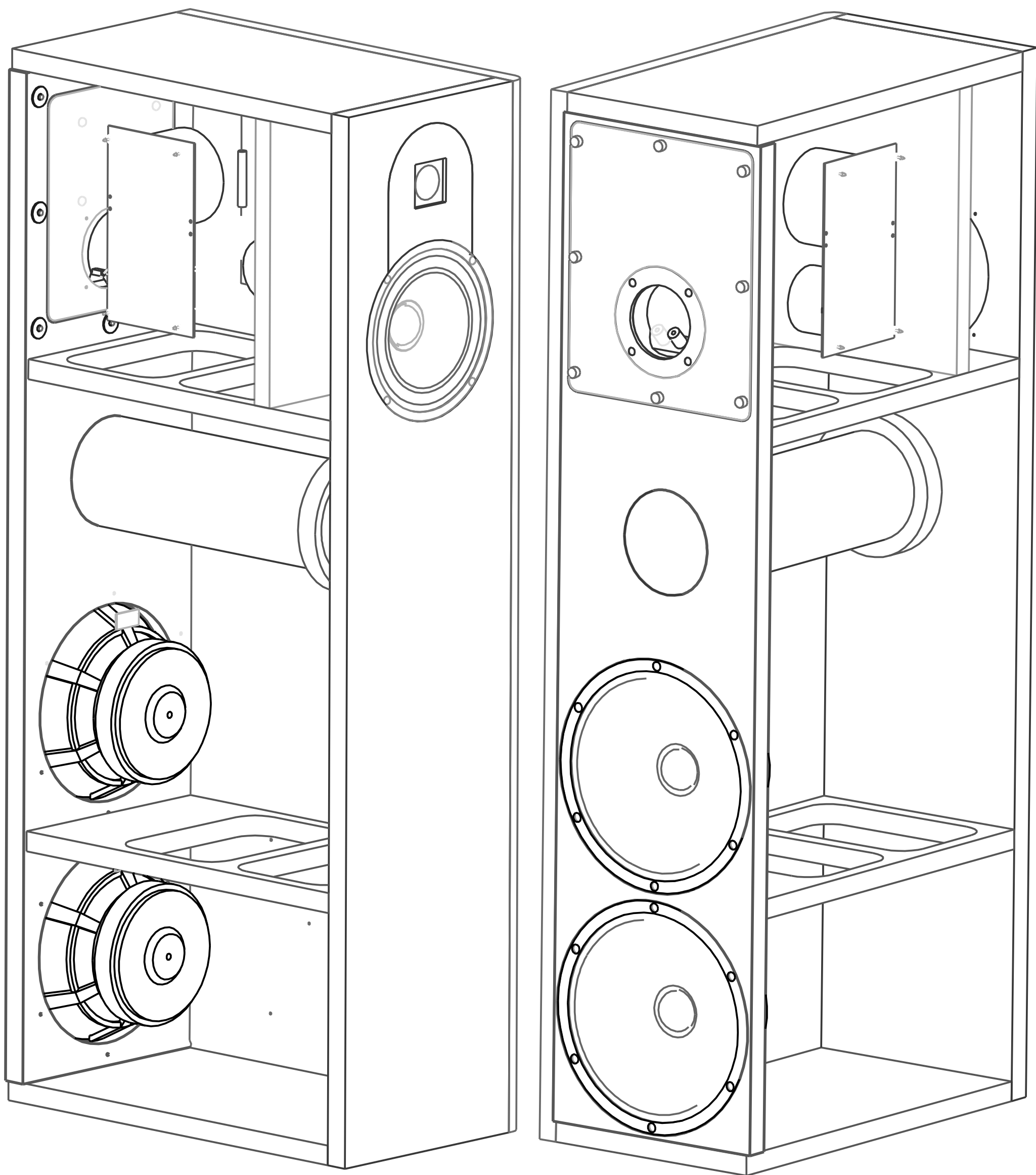
-Varför finns det inte kattmat som smakar mus?

-Hur kom skylten "gå inte på gräsmattan", ut till gräsmattans mitt?









3v-12 assembly pa2

08-08-07

