

# DELTA

Dipol bas

**F** Af Jan Nielsen

For de fleste er en højttaler en kasse med et par enheder og et filter. Nogle gange er kassen lukket, men for det meste er der et hul i. En helt anden måde at bygge en højttaler på kendes fra f.eks. elektrostatisk- eller båndhøjttalere. Her er der slet ingen kasse og lyden udstråles fra både for- og bagside af membraner - henholdsvis i fase og i modfase. En såkaldt dipol.

Det samme princip kan udnyttes med dynamiske enheder. En af de bedst kendte er nok finske Gradient, som slog navnet fast med den kendte subwoofer til Quad ESL-63 elektrostaterne. Her arbejder to stk. 12" basser i en åben baffel. Princippet er videreført med samme enheder i Gradient Revolution, hvor der opefter anvendes en coax-driver fra norske Seas.

På nettet kan man se flere selvbyg alternativer - men dem vender vi tilbage til. I denne samt en kommende artikel ser vi nærmere på bas dipolsystemet DELTA, som passende kan kombineres med et mindre to-vejs system eller indgå i et komplet tre-vejs system.

De to følgende artikler vil dog kun omhandle DELTA dipolsystemet samt forslag til den tilhørende basequalisering. Delefilterteknik og mellemtone/diskant løsningen overlader jeg tryk til læserne. I slutningen af serien vil jeg dog kort komme ind på en mulig komplet løsning.

## Dipol - hvorfor?

Hvis man kan klare sig uden kabinet og blot placere enhederne i en åben baffel, hvorfor så i det hele taget lave et kabinet? Problemstillingen er ikke så ligetil, for den åbne baffel har både fordele og ulemper - især en hel del af de sidste.

Primært er der mindst to fordele - eller måske nærmere KUN to fordele. Den største er afgjort nogle helt anderledes udstrålingsforhold og dermed en anden kobling til rummet. Lydtrykket ved lave frekvenser vil være størst lige foran og lige bag bafflen. Hele vejen rundt, altså over, under og i siderne vil lydtrykket være kraftigt reduceret. Hermed er der mindre energi i de lave frekvenser til at provokere stående bølger og resonanser i lytterummet, se fig. 1.



Jan Niensens foldede dipol bassystem, DELTA, fremstår i en flot finish.

## Dipole bassystemer har flere ulemper, men også nogle afgørende fordele. Jan Nielsen har prøvet kræfter med princippet

Den anden fordel får vi ved at bruge mange enheder og dermed opnå et stort membranareal. Med rette kunne man indvende, at det også kan lade sig gøre i et konventionelt kabinet. Blot er der den lille hage, at et sådant kabinet nødvendigvis må blive meget stort. Her har den åbne baffel mere overkommelige dimensioner og er en del nemmere at bygge.

Sidst men ikke mindst er der de rent subjektive lytteindtryk. Her kan jeg berette at en korrekt opstillet og indjusteret dipolbas leverer en ultrastram bas, der på mange måder minder om det man opnår med store horn. Altså en bas, der formår at flytte en masse luft og samtidig stoppe når det forlanges. Jeg vender tilbage til de lyttemæssige indtryk igen senere i artiklen, men kan slå fast, at det så absolut er besværet værd.

## Ulemper ved dipoler

For det første er der den akustiske kortslutning. Bevæger membranen sig fremad skabes et overtryk på forsiden. Samtidig sker det modsatte på bagsiden. Lufttrykket vil følgelig bevæge sig rundt om bafflen og "kortslutte" akustisk. Jo større afstand lyden skal tilbagelægge desto bedre. Vi kan beregne ved hvilken frekvens det sker, ud fra formelen  $1/2 \times \text{lydens hastighed}/\text{afstand}$ .

Hvis vi tager en 100 Hz tone (se fig. 2) vil en enkelt periode vare  $1/100$  af et sekund. En halvperiode følgelig  $1/200$  del af et sekund. Som det fremgår af figur 2 er den tidsmæssige afstand mellem den positive og den negative halvbølge følgelig  $1/200$  sekund. Lydens hastighed er ca. 340 m pr. sekund, så på  $1/200$  sekund bevæger lyden sig 1,7 meter. Da lyden bevæger sig på begge sider af bafflen, vil det sige at der det korteste sted skal være  $1/2 \times 1,7$  meter målt fra enheden og ud til kanten. Med en baffel på 0,85 meter (bredde 1,7 meter) er det således muligt at gengive ned til de ca. 100 Hz. Under denne frekvens vil lydtrykket aftage med 6 dB pr. oktav ned til enhedens egenresonans, hvorefter faldet vil være 18 dB pr. oktav.

Med mindre vi laver en meget stor baffel på flere meter og samtidig anvender en bas med passende lav egenresonans, får vi altså ikke meget bas ud af en åben baffel.

Der er dog andre parametre der spiller ind. Enhederne i sig selv har en afrulning nedefter bestemt af den samlede Q-værdi ( $Q_{ts} = Q$  for det samlede system). Med en  $Q_{ts}$  på 0,707 vil frekvensgangen i en optimal (uendelig) baffel være ret (-3 dB) ned til egenresonansfrekvensen ( $F_s$ ). Til en åben baffel skal enhedernes Q-værdi således

## Dipol udstråling - front/bag og op/ned.

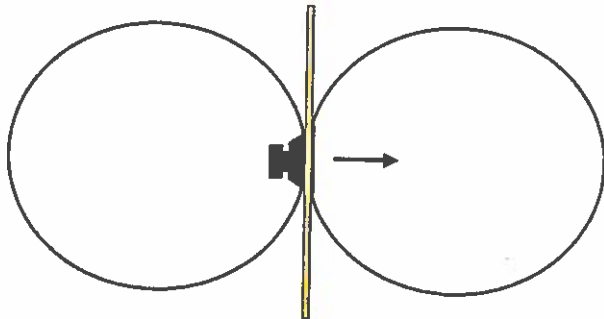


Fig. 1  
Udstrålingen fra en åben baffel set oppefra eller fra siden. Langs bafflens sider vil de to bølger være ude af fase og derfor udligne hinanden.

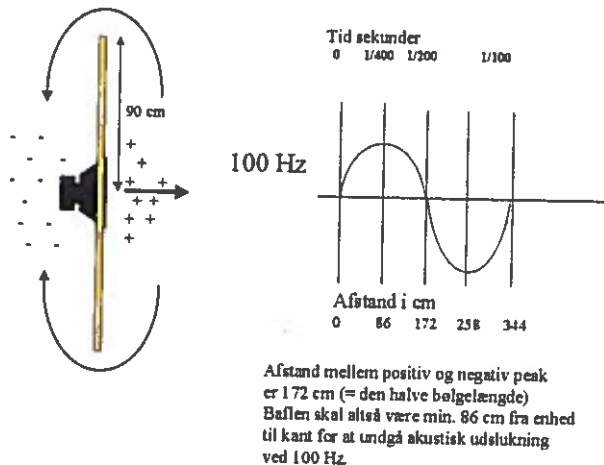


Fig. 2  
Hvor langt ned i frekvens bafflen er effektiv kan beregnes med udgangspunkt i dens bredde samt lydens hastighed.

ligge forholdsvis højt. Omkring 0,6 - 0,8 er passende. Bemærk her, at de fleste basenheder ligger omkring 0,3 - 0,4 og derfor har en tidligere afrulning. Magnetens størrelse har betydning for  $Q_t$ , så typiske basser til brug i en åben baffel har en forholdsvis lille magnet.

Det samlede system vil grundet seriekobling af enhederne samt den førnævnte akustiske kobling i bafflen ende op med en noget højere  $Q_t$ . Ønsker du endnu højere  $Q_t$ s, kan der sættes en mindre seriemodstand foran højttaleren. Herudover kan man eksperimentere med delvis til-dækning af højttalerenhederne med udspændt stof (akustisk modstand), der i højere eller mindre grad lukker af for luftcirkulationen.

Enhedernes egenresonans skal være lav, for under den får vi ikke meget output. Omkring 25-30 Hz vil være passende i de fleste tilfælde.

Til sidst skal det understreges, at som med alle andre højttalere er rummet og placeringen af den åbne baffel også vigtig. Det ville være smart, hvis den kunne placeres tæt ved bagvæggen, men den

går ikke. Tvært imod kan afstanden fra bagvæggen gøre forskellen mellem et nogenlunde resultat og det optimale.

Til sidst vil jeg opsummere, hvad der skal til for at få det optimale ud af en åben baffel:

1. Brug flere enheder (stort membranareal).
2. Anvend en stor, evt. en foldet baffel.
3. Vælg enheder med høj  $Q_t$ s og lav  $F_s$ .
4. Benyt equalisering.
5. Undgå placering tæt på væg og hjørner.

## Højttaleren til den åbne baffel

Grundet den akustiske kortslutning skal vi benytte enheder med et stort membranareal samt et rimeligt membranudsving. På nettet har jeg set løsninger med anvendelse af 18" eller 22" enheder. Der er da heller ikke noget i vejen for denne løsning. Som nævnt er der i Peerless' program en glimrende 12" bas, som finske Gradient anvender en variant af i deres højttalere. Monacors program omfatter også store enheder, der kan anvendes (men fald ikke for fristelsen og køb en af dem med store voldsomme magneter - de duer ikke her!). For de der skulle have lyst til at eksperimentere med andre højttalere eller andre formater er der således frit spillerum. Se evt. <http://www.euronet.nl/users/temagm/audio>. Målet for dette projekt var dog et egentligt bassystem, der rakte op til omkring 400 Hz og ikke en decideret subwoofer. Der blev derfor satset på flere mindre enheder.

Valget faldt på 8 stk. Peerless CSC 217H (850128) pr. kanal. Her bliver ønskerne opfyldt. De har en forholdsvis lav egenresonans omkring de 30 Hz og  $Q_t$ s er høj - ca. 0,6. Samtidig er prisen rimelig, hvilket så absolut må tages med i betragtning, når vi skal anvende flere enheder. Ved køb af et komplet sæt - altså 16 enheder, sælger Dansk Audio Teknik basserne til kr. 345 kr. pr. stk. Det giver 2.760 kr. pr. side. Umiddelbart mange penge, men læs lige videre og se hvad du får!

Hver højttaler har et membranareal på 235 cm<sup>2</sup>, hvilket giver 1.880 kvadratcentimeter pr. side. Pr. kanal svarer det til en typisk 22" (49 cm) eller 4 stk. 10" (25 cm). Vægten er ca. 1,8 kg pr. enhed altså ca. 14 kg pr. side for højttalerne alene.

Den 4-lags viklede svingspole er 33 mm i diameter og højden er 17 mm. For de 8 enheder tilsammen svarer det til en 26,4 cm svingspole! Magnetgab på 6 mm giver et max. lineært membranudsving på +/- 5,5 mm.

Prisen for en tilsvarende enkelt 22" enhed løber nemt op på det dobbelte og så er man altså ikke sikker på, at resultatet bliver lige så godt.

## Kompression og membranvandring

I en normal bas vil svingspolen ofte blive varm - meget varm. Over 100 grader er ikke usædvanligt. Når svingspolens temperatur stiger, stiger belastningsimpedansen dog også. Efter en kraftig transient på brøkdelen af et sekund er impedansen altså ikke længere 8 ohm, men højere. Det betyder i praksis, at den basimpuls, der kommer fra højttaleren bliver komprimeret og ikke helt så dynamisk som det var til-sigtet. Med 8 spoler til at dele effekten er der ingen af dem der når at blive rigtig varme. Med andre ord - ingen eller kun meget ringe kompression.

Med hensyn til membranvandring så vil du senere se, at der bliver brug for den. Det gælder dog primært hvis der skal spilles højt

ved lave frekvenser. Under normale forhold vil hver enkelt af de 8 basser kun bevæge sig 1 mm eller mindre. Selv med kraftig equalizing ved de laveste frekvenser er der ved almindelig musik og passende lydstyrke stadig kun tale om et begrænset membranudsving. Små membranudsving er lig med mindre forvrængning og dermed en renere bas. Hermed er vi nået frem til grunden til at bygge dipoler: Mindre forvrængning og en anderledes (bedre) kobling til rummet.

En indvendig til dette, kunne være, at man også kan anvende mange basser i mere konventionelle systemer og dermed opnå nogle af de samme fordele. Korrekt, men et mere konventionelt højttalersystem med 8 basser vil blive uforholdsmæssigt stort.



*Fra siden er det let at se, at det er princippet fra fig. 4, der her er realiseret.*

### Sammenkobling

En af ulemperne ved den åbne baffel burde være en lav følsomhed. Men er det nu også så galt? Da lydtrykket falder med 6 dB pr. oktav under baffelns afskæringsfrekvens, må der kompenseres og det koster følsomhed. På den anden side vil brugen af 8 enheder hjælpe en hel del på problemet. De 8 basser kan kobles på flere forskellige måder, afhængig af hvad forstærkeren kan klare. En kombination af serie- og parallelkobling (se fig.3) giver 4 ohm. Dette burde de fleste forstærkere kunne klare og rent effektmæssigt behøver vi heller ikke så meget.

Med 8 enheder pr. kanal hjælper det på (spændings)følsomheden. I en 4 ohms kobling er der ca. 9 dB ekstra grundet de mange enheder samt 3 dB ekstra grundet impedanshalveringen. Med de nominelt 87 dB følsomhed giver det omkring 99 dB. Denne følsomhed vil således være gældende over baffelns afskæringsfrekvens. Med et hæv på 10-12 dB omkring de 30 Hz vil følsomheden her altså ligge omkring 87-89 dB.

Effektmæssigt burde hver af de 8 basser kunne klare 150 watt - altså i alt 1.200 watt. Grundet den manglende akustiske belastning skal vi dog regne med væsentligt mindre. Den faktiske begrænsning ligger i det maximale membranudsving og det nås ved relativt få watt pr. enhed.

### Max. lydtryk

Lydtrykket hænger selvfølgelig sammen med enhederne og i høj grad med deres maksimale membranudsving. Her fandt jeg et smart regneark på Frits Linkwitz hjemmeside ([www.linkwitzlab.com/](http://www.linkwitzlab.com/)), som meget illustrativt viser, hvad der sker med enheder i en åben baffel. Peerless opgiver et lineært Xmax på +/- 5,5 mm (med svingspolen i magnetfeltet). Holder vi os til dette, vil det maksimale lydtryk være omkring 96 dB ved 30 Hz for én DELTA kanal. Med de to der er til stereo, er max lydtryk altså omkring 102 dB ved. 30 Hz, hvilket burde være mere end rigeligt til langt de fleste formål. Igen

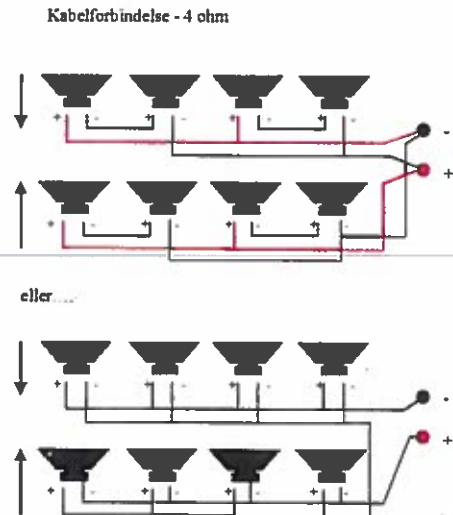
må det pointeres, at der IKKE er tale om en egentlig subwoofer.

Omregnet til effekt svarer det til omkring 8 watt pr. højttaler eller i alt 64 watt. En god 80-100 watt forstærker burde altså være rigelig til formålet.

Typisk bas vil ligge i området omkring 50-80 Hz og her kan der, hvis enhedernes presses, ydes lydtryk på 106 - 118 dB.

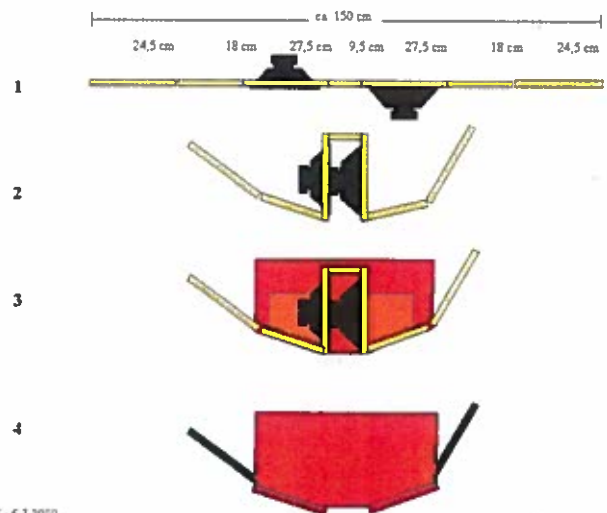
### Næste gang

Næste gang beskriver jeg hvordan du selv bygger DELTA bafflen - d.v.s. tegninger og mål. Indtil videre må du nøjes med billederne samt tegningen i fig. 4. I den sidste artikel vil der være en beskrivelse af den nødvendige equalizer i såvel en simpel passiv version samt en mere avanceret aktiv udgave. Sidst, men ikke mindst, kommer der nogle målinger på det færdige system. ■



**Fig. 3**

*En kombination af serie og parallelkobling giver en samlet impedans på 4 ohm.*



201-63 2000

**Fig. 4**

*Her ses princippet for DELTA bafflen. Der startes principielt med en 1,5 meter bred baffel, som efter foldningen er nede på ca. 55 cm.*