[B] (11) **KUULUTUSJULKAISU**
**UTLÄGGNINGSSKRIFT** 78954

C (45) [illegible]

(51) Kv.lk.⁴/Int.Cl.⁴ E 04 B 1/84

**SUOMI-FINLAND**

**(FI)**

**Patentti- ja rekisterihallitus**
**Patent- och registerstyrelsen**

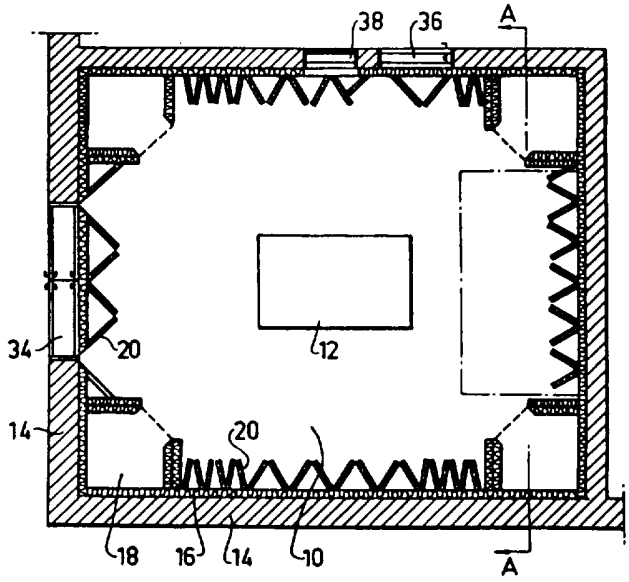
(21) Patenttihakemus – Patentansökning 852565
(22) Hakemispäivä – Ansökningsdag 28.06.85
(24) Alkupäivä – Giltighetsdag 30.10.84
(41) Tullut julkiseksi – Blivit offentlig 28.06.85
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. – Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad 30.06.89
(86) Kv. hakemus – Int. ansökan PCT/SE84/00365
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus – Begärd prioritet 31.10.83
Ruotsi-Sverige(SE) 8305972-5

(71) Ecophon Aktiebolag, Box 500, Hyllinge, Ruotsi-Sverige(SE)
(72) Lennart Karlen, Stockholm, Ruotsi-Sverige(SE)
(74) Berggren Oy Ab

(54) Laite ääniaaltojen absorboimiseksi - Anordning för absorption av ljudvågor

(57) Tiivistelmä

Laite jolla on korkea äänen absorptiokyky, ja joka on tarkoitettu käytettäväksi verhouksena lattiassa, seinässä ja/tai katossa nk. kaiuttomissa huoneissa (10), s.o. akustisissa mittaushuoneissa, jotka on muodostettu kansainvälisen standardin, ISO 3745 mukaisesti kuva- ja ääniateljeissa, äänilaboratorioissa jne. joissa äänen eteneminen halutaan muodostaa vapaan kentän muotoiseksi. Uusi laite perustuu levymäisiin ääniabsorbentteihin (16, 20), jotka muodostavat toisaalta alustan (16) ja toisaalta tästä vinosti ulkonevia yksiköitä (20), jotka on niin sijoitettu, että ne poikkileikkauksena ovat aaltomaiset. Alustasta (16) ulkonevien ääniabsorbenttien (20) koko ja keskinäinen kulma on valittu siten, että ainakin kaksinkertainen heijastus aina saadaan ennen kuin mittauskohteesta (12) tuleva ääniaalto suunnataan pois laitteesta. Äänen absorptiokykyä lisätään edelleen hyödyntämällä matalataajuista onton tilan resonanssia ulkonevien ääniabsorbenttien (20) alustan (16) välillä.



(57) Sammandrag

En anordning med hög ljudabsorptionsförmåga och avsedd för användning såsom golv, vägg- och/eller takbeklädnad i s.k. ekofria rum (10), dvs. i akustiska mätrum, utformade enligt Internationell standard, ISO-3745, i bild- och ljudateljeer, i ljudlaboratorier m.m., i vilka en ljudutbredning liknande fritt fält önskas. Den nya anordningen är baserad på skivformade ljudabsorbenter (16, 20), som bildar dels ett underlag (16) och dels från detta snett utskjutande enheter (20), vilka är så placerade, att de i tvärsektion uppvisar vågform. De från underlaget (16) utskjutande ljudabsorbenternas (20) storlek och inbördes vinkelförhållanden är valda, så att minst dubbelreflektion alltid erhålles innan en från ett mätobjekt (12) härrörande ljudvåg riktas från anordningen. Ljudabsorptionsförmågan ökas ytterligare genom utnyttjande av lågfrekvent hålrumsresonans mellan de utskjutande ljudabsorbenterna (20) och underlaget (16).

# Laite ääniaaltojen absorboimiseksi

Keksinnön kohteena on laite, joka absorboi ääniaaltoja, ja on tarkoitettu käytettäväksi sisäpuolisena verhouksena etenkin nk. kaiuttomissa huoneissa, joka laite käsittää alustan (16), joka esim. muodostuu mineraalivillalevyistä, joita vasten levymäiset edulliseti mineraalivillaa olevat ääniabsorbentit (20) on sovitettu vinosti toisiaan vasten siten, että ne poikkileikkaukseltaan ovat aaltomaiset, ja joissa huoneissa äänen rekisteröinti ja mittaus tapahtuu herkkien mittauslaitteiden avulla.

Mainituntyyppiset laitteet soveltuvat käytettäväksi kaikissa huoneissa, joissa pyritään suureen heijastumattomuuteen, esim. mittaushuoneissa, jotka on muodostettu kansainvälisen standardin ISO 3745 mukaisesti, ääni- ja kuva-ateljeissa, kuvalaboratorioissa jne. Kaikissa näissä tiloissa pyritään äänikenttään, joka vastaa vapaata ääniaallon muodostumista, jolloin heijastuneen äänen voimakkuus rajapinnoissa on hyvin pieni. ISO-standardin mukaisesti vaaditaan 99,9 % äänen absorptiokyky kyseessä olevalla äänitaajuusalueella, mutta joissakin tapauksissa riittää 99,0 % äänen absorptiokyky keskikorkealla äänitaajuusalueella, esim. 200 Hz ylöspäin.

Kyseistä tyyppiä olevan laitteen on sovelluttava hyvin seinien, katon ja lattian verhoukseen.

Aikaisemmin tunnetut rakenteet ääniaaltojen absorboimiseksi kaiuttomissa huoneissa käsittävät ensikädessä kiilojen tai palikoiden muotoisia verhouksia sekä lankoihin seinien, kattojen ja lattioiden läheisyyteen ripustettuja kappaleita tai kuutioita, jotka ovat ääntä absorboivaa ainetta. Käytettyjen rakenteiden tarkoituksena on aikaansaada etenemisväliaineen, eli ilman, impedanssin sovitus kyseisessä tilassa, jotta täten rajoitettaisiin ääniaaltojen etenemisen rajat.

Tunnetuissa ratkaisuissa on monta haittaa. Siten ne vaativat erillisiä tietyn muotoisia rakenne-elementtejä, jotka ovat kalliita valmistaa. Nämä elementit ovat usein vaikeita asentaa, erityisesti katon ja lattian yhteydessä, vaativat siksi aikaa vievää työtä. Edelleen ne ovat vaikeita, ja joissakin tapauksissa myös mahdottomia puhdistaa. On myös vaikeata korvata tämäntyyppisiä vahingoittuneita rakenne-elementtejä. Koska rakenne-elementit käsittävät suojaamatonta mineraalikuituainetta, on näissä myös se riski, että kuidut irtoavat, jolloin ympäristö kärsii tästä.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on aikaansaada laite ääniaaltojen absorboimiseksi, jolla ei ole tunnettujen ratkaisujen haittoja, ja jolloin pääpaino on yksinkertaisten rakenne-elementtien hyödyntämisessä, jotka elementit ovat helppoja asentaa, ja jotka antavat hyvin korkean äänen absorptiokyvyn.

Tämä aikaansaadaan absorptiolaitteella, jolle on tunnusomaista se, että kahden ääniabsorbentin välinen kulma, jotka absorbentit sijaitsevat siten, että niiden reunat sijaitsevat vierekkäin alustalla, on valittu siten, että äänilähteestä tulevat ääniaallot heijastuvat aina vähintään kaksi kertaa ääniabsorbenteista ennen kuin ne poistuvat laitteesta. Laitteen äänen absorptiokyvyn parantamiseksi edelleen tarkoitetun taajuusalueen alaosassa on tärkeätä, että alusta yhdessä kahden siihen rajoittuvan ääniabsorbentin kanssa, jotka sijaitsevat alustalla siten että niiden reunat ovat etäisyydellä toisistaan, lisäksi rajoittavat onton tilan, jolla on ääniabsorbenttien ja/tai ääniabsorbentin ja alustan välissä raon muotoinen aukko, joka on sovitettu siten, että aikaansaadaan onton tilan resonanssi ennalta määrätyllä matalalla taajuusalueella.

Yllä mainitulla tavalla rakennettu laite äänen absorboimiseksi voi hyödyntää tavallisia suorakaiteen muotoisia tasomaisia vakiomittaisia mineraalivillalevyjä ääniabsorbentteina. Levyn leveys valitaan riippuen toivotusta ääniabsorbenttien alarajataajuudesta.

Keksintöä selostetaan seuraavassa lähemmin viittaamalla oheisiin kuvioihin, joissa

kuvio 1 esittää ylhäältäpäin tasokuvantona leikkausta kaiuttomasta huoneesta, joka käsittää keksinnön mukaisen laitteen äänen absorboimiseksi,
kuviot 2A ja 2B esittävät osaa suurennetussa mittakaavassa kuviossa 1 esitetystä laitteesta äänen absorboimiseksi,
kuviot 3A ja 3B esittävät diagrammamuodossa mittaustuloksia huoneessa keskeisesti sijaitsevasta mittauskohteesta kansainvälisen standardin ISO 3745 mukaisesti suoritetuilla koemittauksilla,
kuvio 4 esittää tulosdiagramman muotoa, jota käytettiin mittausdiagrammojen, jotka on esitetty liitteissä 1-4, mukaisesti suoritettujen mittausten tulosten arvioimiseksi tietokoneen avulla.

Kuviossa 1 esitetty kaiuton huone 10 on erityisesti tarkoitettu auton moottorien melumittauksia varten, jolloin mittauskohteen 12 asento parhaan mittaustuloksen aikaansaamiseksi on rajoitettu huoneen 10 keskeiseen osaan. Piirustuksessa esitetään ääntä absorboivat laitteet ainoastaan huoneen 10 seinien 14 yhteydessä, mutta vastaavat laitteet sijaitsevat tietysti myös huoneen 10 katossa, ja mahdollisesti myös sen alaosan yhteydessä. Viimeksi mainitussa tapauksessa on kantava lattiapinta-ala ritilän muotoinen, ja sovitettu alaosasta ulkonevien ääniabsorbenttien yli.

Kuvioissa 3A ja 3B esitetyt kahdeksan linjaa osoittavat äänenmittauslinjoja, joita pitkin äänitysmikrofoneja liikutetaan kyseisessä huoneessa. Mittauslinjat lähtevät huoneen keskipisteestä $\Theta$, jolloin kuvio 3A esittää mikrofonien siirtosuuntia ylhäältä päin katsottuna ja kuvio 3B vastaavia suuntia sivulta päin. Mittauslinjat on siten tässä tapauksessa valittu siten (vrt. kuvio 3B), että ne päättyvät neljälle täysin eri tasolle mittauskohteen yläpuolella. Neljä linjaa ulottuu mittaushuoneen kulmiin ja neljä muuta linjaa mielivaltaisiin pisteisiin mittaushuoneen seinillä, ts. kansainvälisen standardin ISO 3745 mukaisesti. Kuviossa 3B sen yläreunassa olevalla kaksoisviivalla on esitetty todellisessa mittaushuoneesssa olevan siltanosturin kulkurata.

Äänenvoimakkuus pienenee etäännyttäessä keskipisteestä ja pitkin mainittuja mittauslinjoja, jolloin pienenemisen tulee olla 6 dB aina etäisyyden kaksinkertaistumista kohden. Keskipistettä kutsutaan referenssipisteeksi ja muodostaa referenssiasennon itse mittaukselle. Jos äänilähde olisi äärettömän pieni olisi keskipiste saatavissa äänilähteeseen.

Kuvio 4 esittää mallia mittausten arvioimiseksi. Se ei sisällä merkittyjä mittausarvoja, mutta siitä ilmenee rajat, joiden sisälle mittausarvojen on osuttava. Liitteissä 1-4 on esitetty esimerkkejä mittaustuloksista, joita saavutetaan keksinnön periaatteiden mukaan tehdyssä kaiuttomassa huoneessa, kun mittaussuunnat ovat edellä kuvatut. Mittaus on aloitettu metrin etäisyydellä äänilähteestä ja tästä pisteestä - referenssipisteestä - aina seuraavaan pisteeseen tulisi äänen vähetä 6 dB etäisyyden kaksinkertaistumista kohden. Mittausvälit ovat 0,5 metriä.

Kuten nähdään piirustuksesta, erityisesti kuviosta 1, on huone 10 sisältäpäin verhottu alustalla 16, joka on ääntä absorboivaa ainetta. Tämä muodostuu edullisesti mineraalivillalevyistä, jotka on sovitettu vastaavaa seinää 14 vasten sinänsä tunnetulla tavalla, esim. pyöreiden, läpimenevien metallilankojen (ei-esitetty) avulla. Huoneen 10 neljässä nurkassa on erityiset ilmarummut 18, joiden kautta tuodaan raitista ilmaa huoneeseen. Vastaavat ei-esitetyt sovitelmat on sovitettu myös katon yhteyteen ilman poistamiseksi. Kaikki äänirummut on verhottu alustalla 16, joka on samantyyppistä ääntä absorboivaa ainetta, kuin mitä käytettiin seinien 14 yhteydessä.

Seinistä 14 ulkonee levymäiset ääniabsorbentit 20. Nämä ovat sovitetut vinosti kaksi ja kaksi toistensa viereen alustaan 16 siten, että näiden välille muodostuu tietty kulma. Ääniabsorbentit 20 ulottuvat lattiasta kattoon, joka todellisuudessa merkitsee sitä, että useat ääniabsorbentit 20 sijaitsevat toistensa päällä reuna reunaa vasten. Esitetyssä sovitelmassa ovat ääniabsorbentit 20 pystysuorasti sovitetut, mutta tämä ei ole välttämätöntä. Ää-

niabsorbentit 20 kussakin parissa sijaitsevat kiinnityksen yhteydessä alustaan 16 siten, että rajoittuvat reunat sijaitsevat toistensa lähellä. Vastakkaiset ääniabsorbenttien reunat vierekkäisissä ääniabsorbenttipareissa sijaitsevat keskenään etäisyydellä toisistaan, kuten erityisesti selviää kuviosta 2A.

Ääniabsorbenttien 20 välinen kulma kussakin ääniabsorbenttiparissa on valittu siten, että mittauskohteesta 12 tulevat ääniaallot aina heijastuvat ainakin kaksi kertaa ääniabsorbentteihin 20 ennen kuin ne suuntautuvat takaisin huoneeseen 10. Täten aikaansaadaan vähintään 99 % ääniabsorptio, koska mainittujen ääniabsorbenttien 20, jotka ovat vakiotyyppisiä mineraalivillalevyjä, ääniabsorptiokyky on noin 90 - 95 %. Ääniabsorbenttien 20 sovittamiseksi keskenään, sekä niiden asentamiseksi alustaan 20 käytetään rei'itettyjä metallinauhoja tai sinänsä tunnettuja venytettäviä venytysmetallinauhoja 22, 24 (kts. kuvio 2A), jotka kulkevat pitkin ääniabsorbenttien 20 toisiaan vastaan käännettyjä reunoja, ja näiden yli, eivätkä mainittavasti estä ääniaaltojen kulkua.

Mainittujen venytysmetallinauhojen 22, 24 lisäksi käytetään ääniabsorbenttien 20 sovittamiseksi myös pyöreitä sinkkilankoja 26, 28, jotka kulkevat nauhojen 22, 24 ja ääniabsorbenttien 20 läpi, kuten erityisesti selviää kuviosta 2. Nämä sovituslangat 26, 28 ovat samaa tyyppiä kuin langat, jotka kiinnittävät ääniabsorbentit 20 alustaan 16.

Ääniabsorbenttien 20 alustasta 16 poispäin oleville reunoille varmistetaan säädettävä toivottu raon leveys raossa 30 venytysmetallinauhan 22 vastaavalla taivutuksella. Kaksi vierekkäistä ääni absorbenttia 20, jotka on sovitettu alustaa 16 vasten siten, että niiden reunat ovat etäisyydellä toisistaan, rajoittavat yhdessä alustan 16 kanssa poikkileikkauksena kolmion muotoisen onton tilan 32. Uran muotoisen raon 30 leveys on valittu siten suhteessa onton tilan 32 tilavuuteen, että aikaansaadaan matalataajuinen onton tilan resonanssi aivan valitun alarajataajuuden, esim. 200 Hz, alapuolella.

Jokainen äänniabsorbentti 20 on, vaikkakin tämä ei selviä piirustuksesta, sovitettu venytyspussiin tai -sukkaan, joka voi olla nylonia. Tällä ehkäistään mineraalivillakuitujen irtoaminen ääniabsorbenteista 20 mikäli niihin kohdistuu iskuja tai vastaavia. Venytyssukka pitää siten kuidut paikallaan samalla kun se muodostaa ulkopuolisen suojan, joka on helppo puhdistaa. Tämä ulkoinen kuori voidaan lisäksi värjätä toivomuksen mukaisesti, jolloin kaiuton huone 10 voidaan tehdä esteettisesti siistiksi.

Kuviossa on esitetty myös pari ovea, ensimmäinen 34, jonka läpi mittauskohde tuodaan sisään ja ulos, ja toinen 36, joka johtaa ulkoiseen tarkkailutilaan. Viimeksi mainittu on myös varustettu ikkunalla 38, jonka läpi mittauskohdetta 12 voidaan tarkkailla. Ääntä absorboivat laitteet sovitetaan niin lähelle ovia ja ikkunoita kuin mahdollista ja lisäksi kunkin oven sisäpuolelle.

Voidaan tietysti modifioida selostettua rakennetta keksinnön puitteissa. Sen sijasta, että sovitetaan kuvion 2A mukaisesti rako 30 ääniabsorbenttien 20 väliin, voidaan sovittaa vastaava rako 30' ääniabsorbentin 20' ja alustan 16' väliin, kuten esitetään kuviossa 2B.

On myös mahdollista aikaansaada hienojakeisen ilman puhallus huoneeseen mainituista ontoista tiloista 32, 32' vastaavien rakojen 30 ja vastaavasti 30' kautta.

Keksinnön mukaisesti aikaansaatujen mittausten kaiuttomassa huoneessa mittaustulokset on esitetty liitteiden 1-4 diagrammoissa. Etäisyysvaimennus on laskettu referenssipisteestä joka sijaitsee metrin päässä keskipisteestä ja mitattu 0,5 m askelein.

Patenttivaatimukset

1. Laite, joka on tarkoitettu ääniaaltojen absorboimiseksi ja käytettäväksi sisäpuolisena verhouksena etenkin nk. kaiuttomissa huoneissa (10), joka laite käsittää alustan (16), joka esim. muodostuu mineraalivillalevyistä, joita vasten levymäiset edullisesti mineraalivillaa olevat ääniabsorbentit (20) on sovitettu vinosti toisiaan vasten siten, että ne poikkileikkaukseltaan ovat aaltomaiset, t u n n e t t u siitä, että kahden ääniabsorbentin (20) välinen kulma, jotka absorbentit sijaitsevat siten että niiden reunat sijaitsevat vierekkäin alustalla (16), on valittu siten, että mittauskohteesta (12) tulevat ääniaallot aina heijastuvat ainakin kaksi kertaa ennen kuin ne poistuvat laitteesta.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että alusta (16) yhdessä siihen rajoittuvien ääniabsorbenttien (20) kanssa, jotka sijaitsevat alustalla (16) siten, että niiden reunat ovat etäisyydellä toisistaan, rajoittavat onton tilan (32) siten, että ääniabsorbenttien (20) ja/tai ääniabsorbentin (20) ja alustan (16) välillä on rako (30), joka on sovitettu siten, että aikaansaadaan onton tilan resonanssi ennalta määrätyllä matalalla taajuusalueella.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että ääniabsorbenttien leveys on valittu riippuen toivotusta alemmasta rajataajuudesta ääniabsorbentin (20) vaikutusalueella.

4. Jonkin patenttivaatimuksista 1-3 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että kukin ääniabsorbentti (20) on suljettu venytyspussiin tai -sukkaan, joka on nylonia tai vastaavaa.

1. För absorption av ljudvågor och för användning såsom invändig beklädnad, främst i s.k. ekofria rum (10), avsedd anordning, vilken innefattar ett underlag (16), som exempelvis utgöres av mineralullsskivor, mot vilka skivformade ljudabsorbenter (20), företrädesvis av mineralull, är snedställda mot varandra på sådant sätt, att de i tvärsektion uppvisar vågform, k ä n n e t e c k n a d därav, att vinkeln mellan två ljudabsorbenter (20), som är placerade med kanterna intill varandra på underlaget (16), är så vald, att de från ett mätobjekt (12) härrörande ljudvågorna alltid reflekteras minst två gånger innan de avlägsnar sig från anordningen.

2. Anordning enligt kravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att underlaget (16) jämte två angränsande ljudabsorbenter (20), som är placerade på underlaget (16) med sina kanter på avstånd från varandra, avgränsar ett hålrum (32) med en mellan ljudabsorbenterna (20) och/eller mellan ljudabsorbent (20) och underlag (16) befintlig spalt (30), vilken är så avpassad, att hålrumsresonans erhålles vid ett förutbestämt undre frekvensområde.

3. Anordning enligt något av kraven 1 och 2, k ä n n e t e c k n a d därav, att ljudabsorbentbredden är vald i beroende av önskad undre gränsfrekvens för ljudabsorbentens (20) arbetsområde.

4. Anordning enligt något av kraven 1-3, k ä n n e t e c k n a d därav, att varje ljudabsorbent (20) är innesluten i en stretchpåse eller -strumpa av nylonväv eller liknande.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

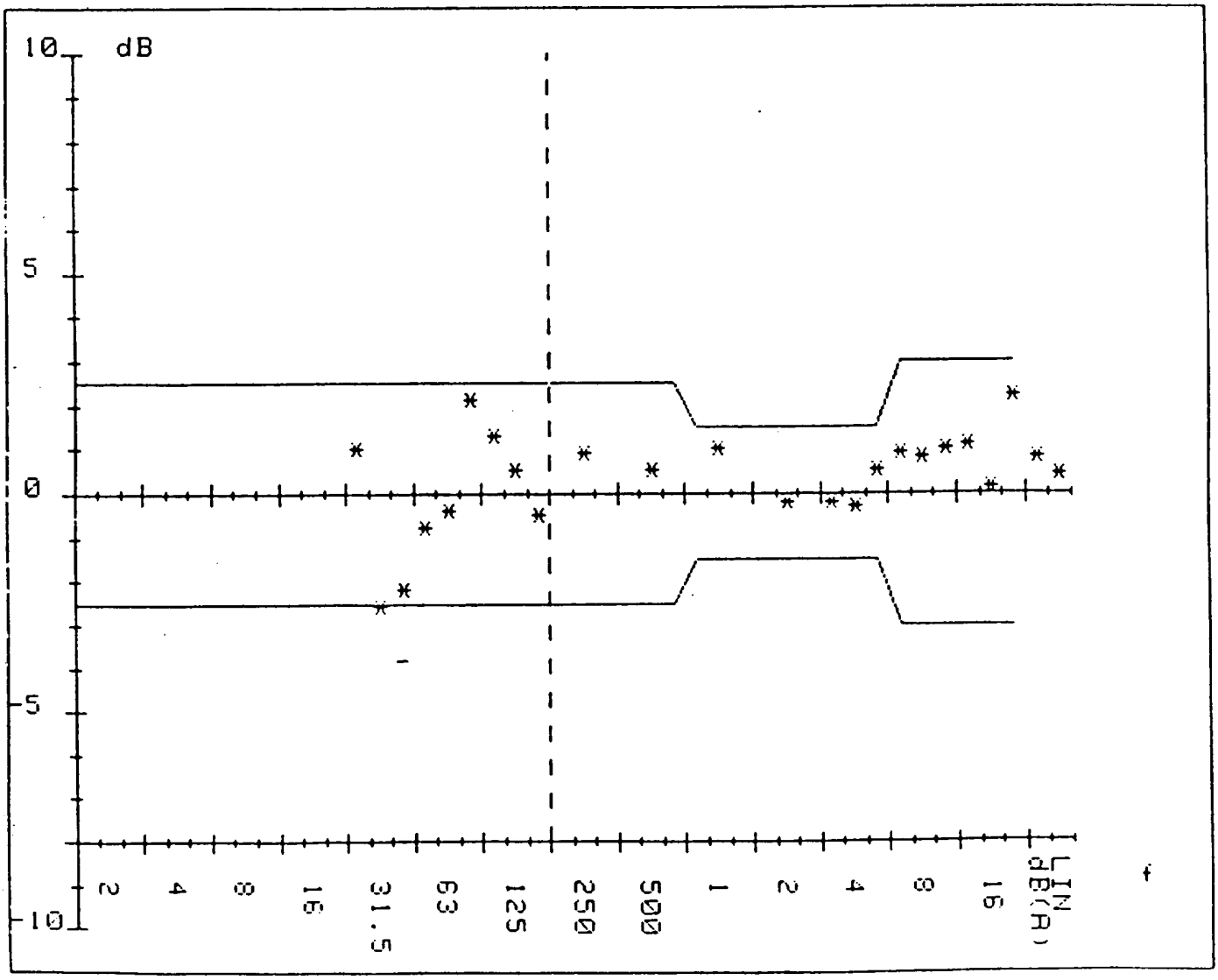
–

78954

Liite 1.

Laskettujen ja mitattujen arvojen poikkeama

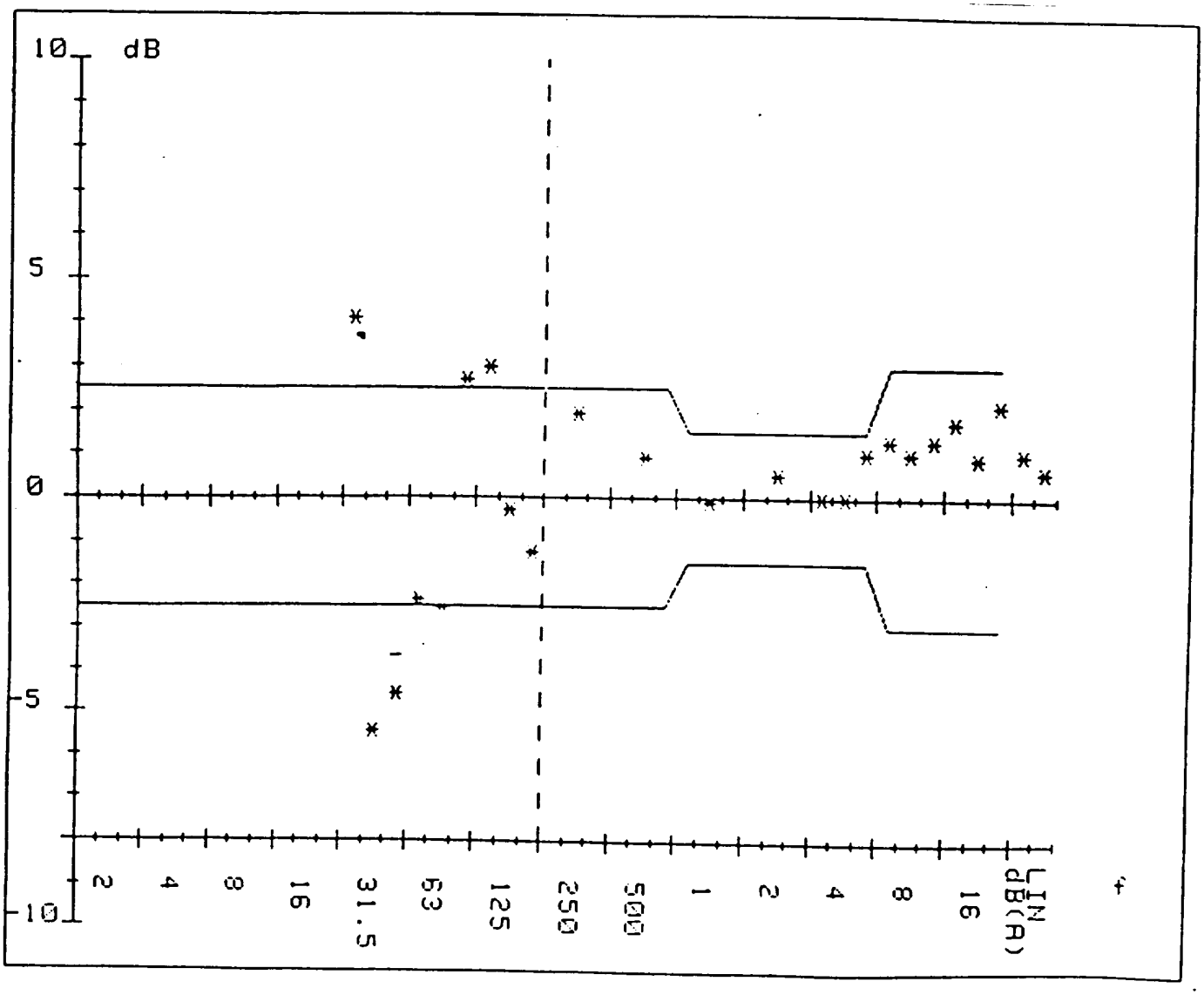
Mittaussuunta: 1
Referenssiasento: 1 m äänilähteestä
Etäisyys äänilähteestä: 1,5 m



Liite 2.

Laskettujen ja mitattujen arvojen poikkeama

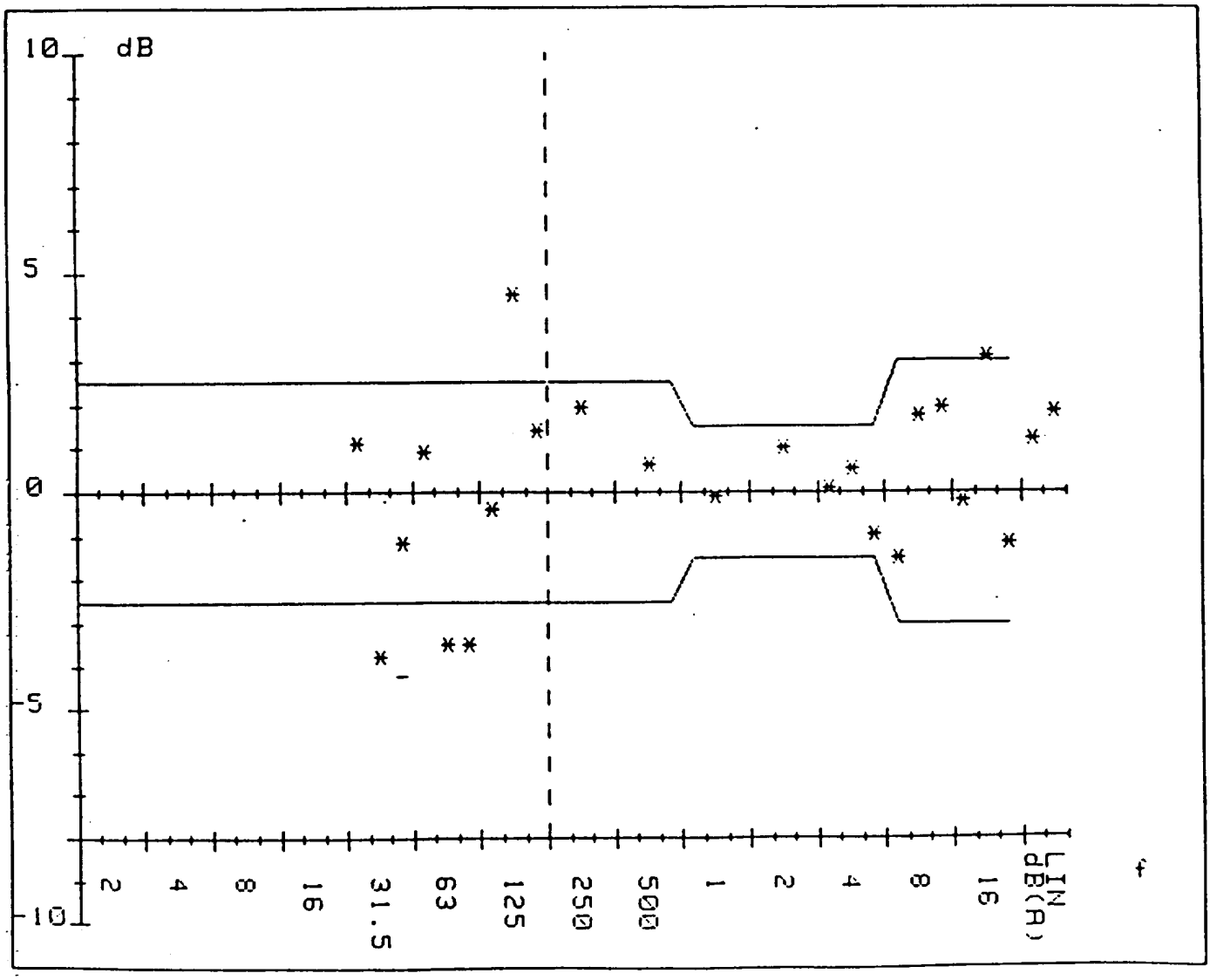
Mittaussuunta:1
Referenssiasento: 1 m äänilähteestä
Etäisyys äänilähteestä: 2 m



Liite 3.

Laskettujen ja mitattujen arvojen poikkeama

Mittaussuunta: 2
Referenssiasento: 1 m äänilähteestä
Etäisyys äänilähteestä: 2 m



78954

Liite 4.

Laskettujen ja mitattujen arvojen poikkeama

Mittaussuunta: 6

Referenssiasento: 1 m äänilähteestä

Etäisyys äänilähteestä: 1,5 m

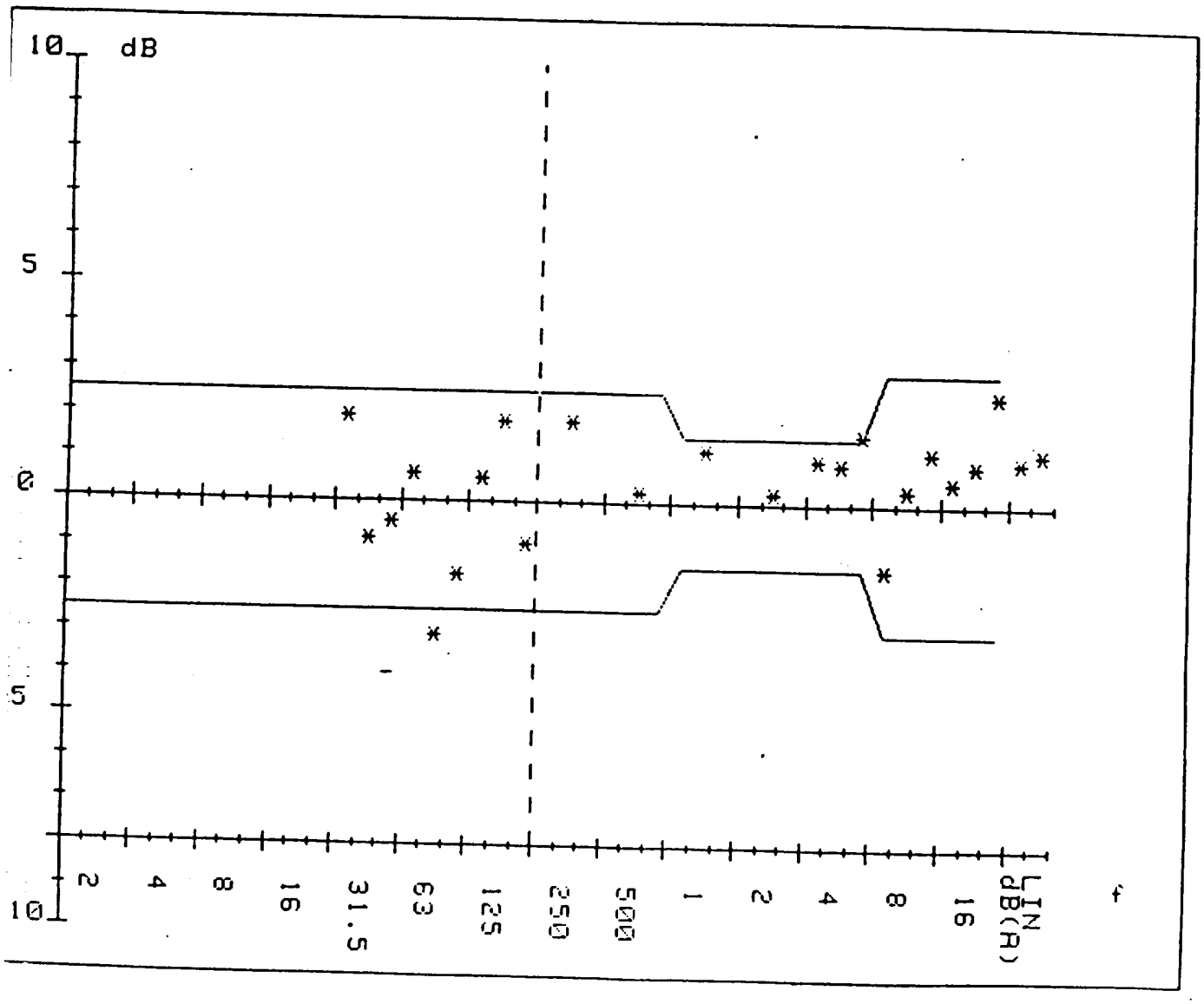


FIG.1

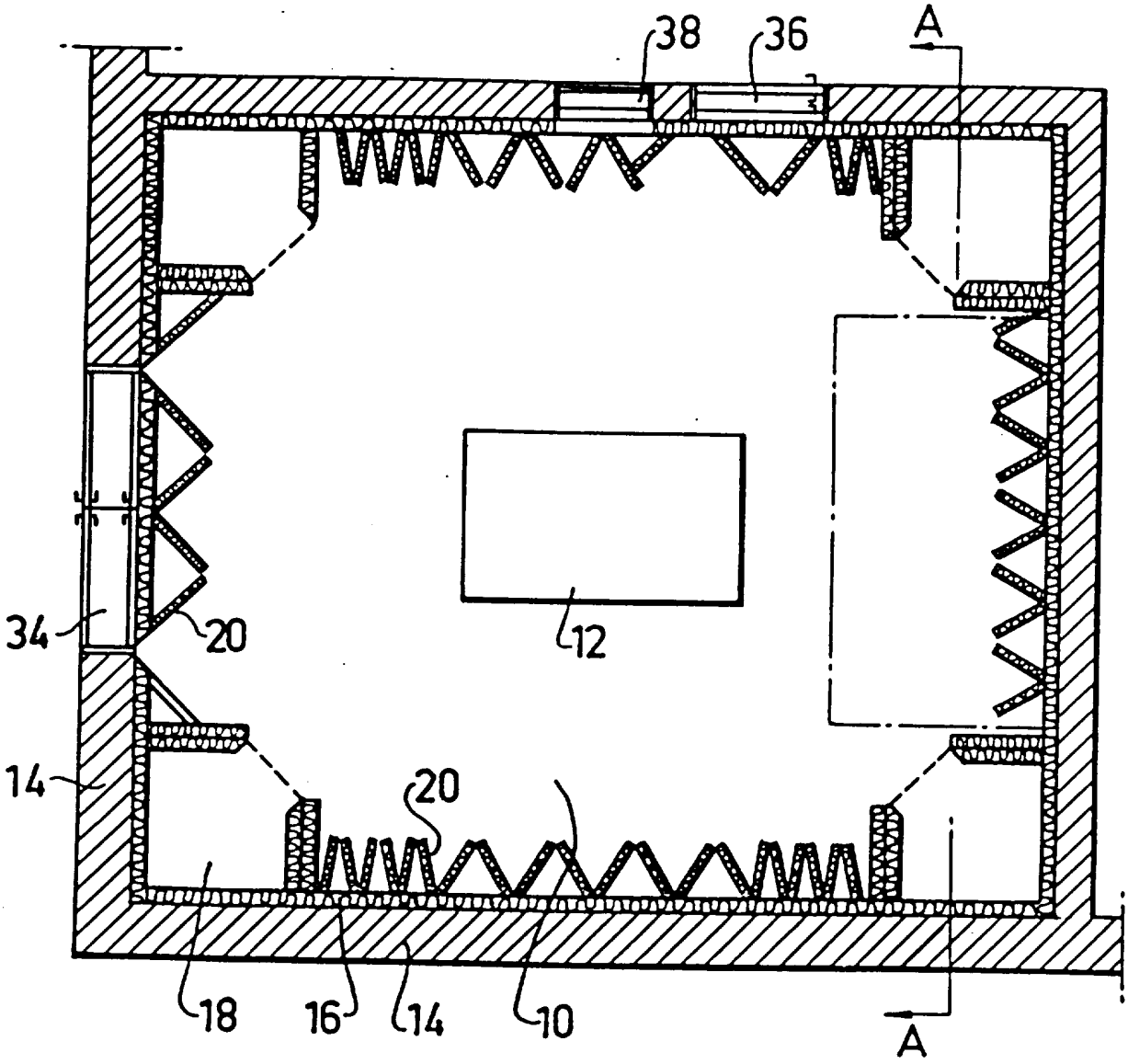
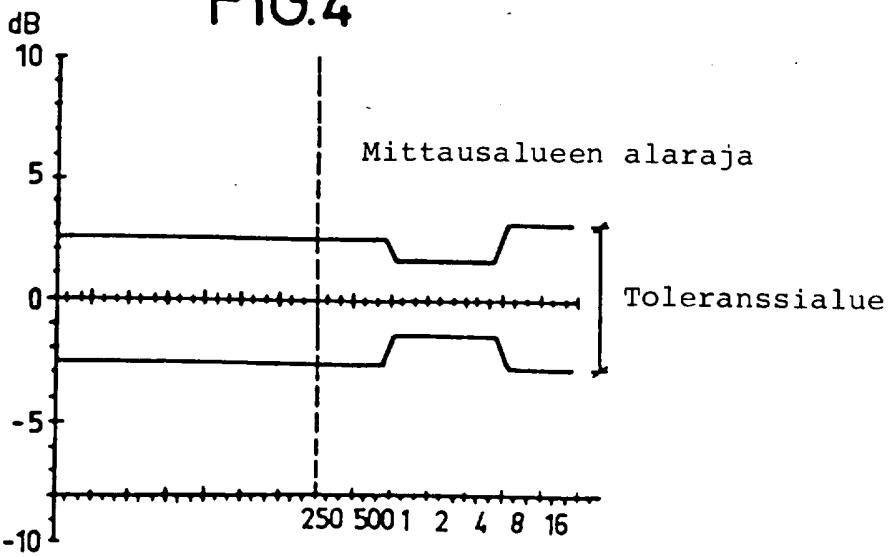


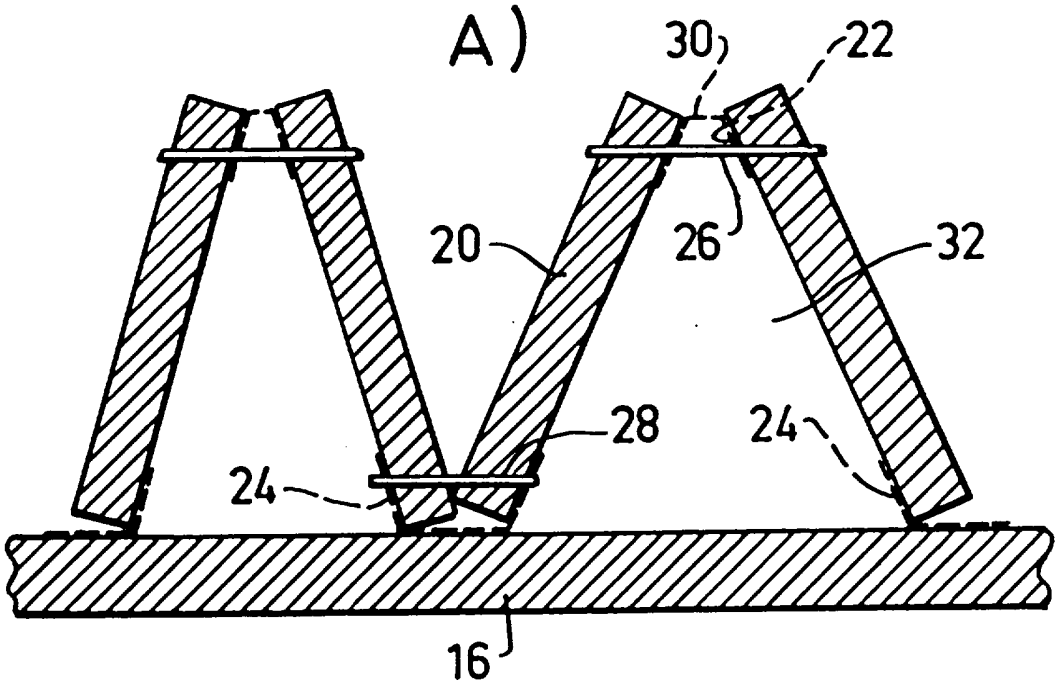

FIG.4




Raportti/oktaavi-taajuusalue/kolmas taajuusalue

FIG.2

A)




B)

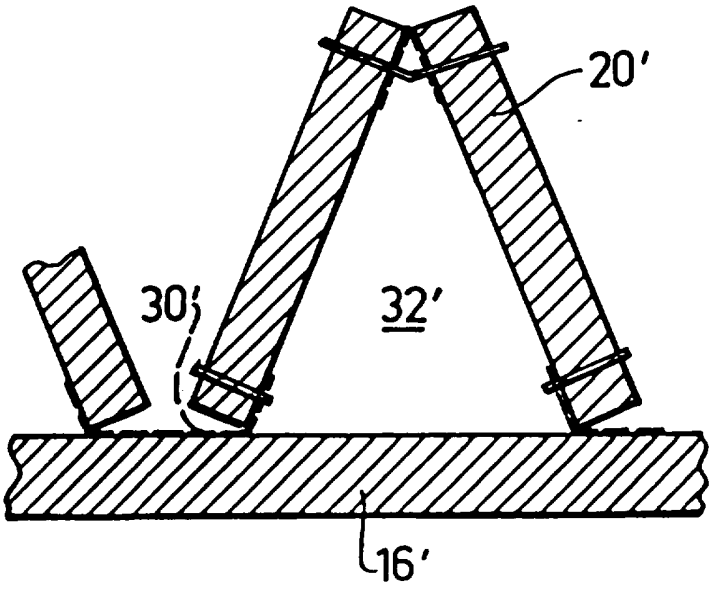


FIG.3A

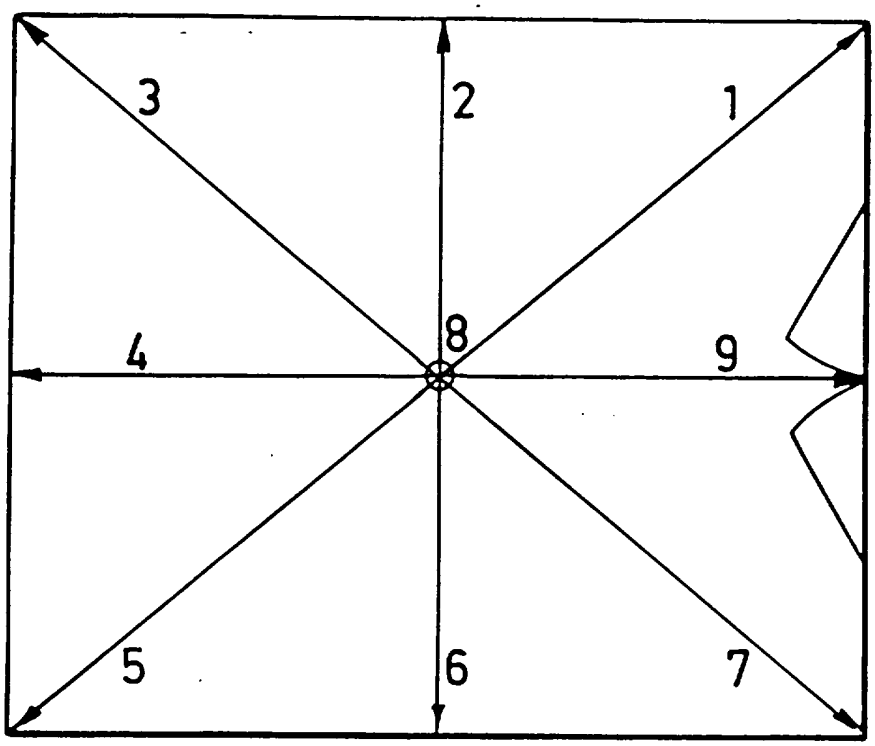



FIG.3B

