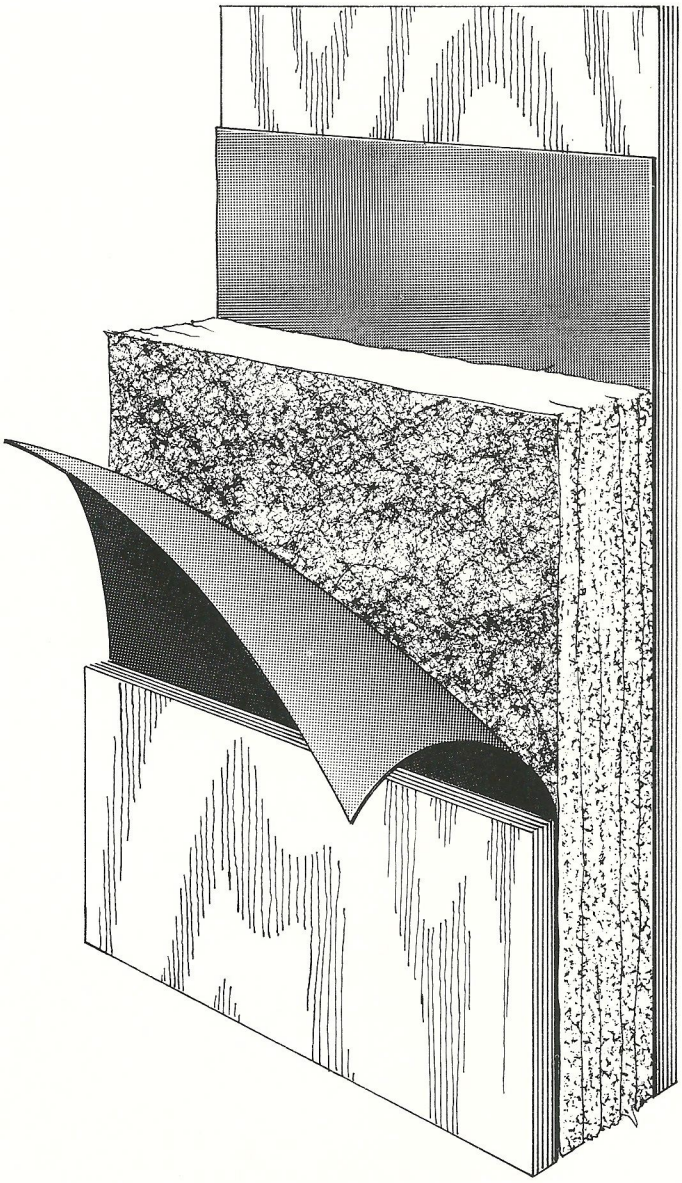
LOOD

Stichting
Informatiecentrum
Bewerkt Lood

BLADLOOD VOOR GELUIDISOLATIE



De toepassing en de verwerking van bladlood in geluidisolerende konstrukties

Uitgave februari 1983

LOOD

Bladlood voor geluidisolatie

De toepassing en de verwerking van bladlood
in geluidisolerende konstrukties

Uitgever en copyright:
Stichting Informatiecentrum Bewerkt Lood (SIBL)
tot 1 april 1983:
Plantage Middenlaan 58 - 1018 DH Amsterdam - Tel.: 020-234717
vanaf 1 april 1983:
Postbus 190 - 2700 AD Zoetermeer - Tel.: 079-219221

Samensteller:
RIBKO B.V. raadgevend ingenieursburo voor bijzondere konstrukties
Bloempotsteeg 2 - 4201 JT Gorinchem - Tel. 01830-35970

Met medewerking van:
de Nederlandse loodindustrie, in het bijzonder Uzimet B.V.
Delftweg 62 - 2289 BA Rijswijk

Inhoudsopgave blz.

Inleiding 3

Praktijkgerichte gegevens

Hoofdstuk 1: Het toepassingsgebied van bladlood 4
1.1. de bouwsektor 4
1.2. de industriële sektor 6

Hoofdstuk 2: Eisen, normen en aanbevelingen 8
2.1. eisen en normen 8
2.2. aanbevelingen 9

Hoofdstuk 3: De verwerking van bladlood 11
3.1. bladlood aanbrengen op een houten stijl- en regelwerk 11
3.2. bladlood plakken op plaatmateriaal 12
3.3. het omkleden van leidingen en kanalen 13
3.4. doorvoeren van leidingen door bladlood 13

Hoofdstuk 4: Het akoestisch gedrag van konstrukties met bladlood 15
4.1. wandkonstrukties 16
4.2. plafondkonstrukties/vloerkonstrukties 20

Hoofdstuk 5: De produkteigenschappen van bladlood en het leverings-programma 23
5.1. produkteigenschappen 23
5.2. leveringsprogramma 23

Theoretische achtergronden

Hoofdstuk 6: De akoestische eigenschappen van bladlood 24
6.1. inleiding 24
6.2. het akoestische gedrag van bladlood 24

Hoofdstuk 7: Het voorspellen van het akoestisch gedrag van plaatmaterialen waarop bladlood is aangebracht 29
7.1. inleiding 29
7.2. enkelvoudige wandelementen 29
7.3. dubbelwandige elementen 34

Samenvatting 36

Inleiding

In andere landen zoals de Verenigde Staten van Amerika, Canada, Duitsland, Australië, Engeland en Frankrijk wordt bladlood vaak toegepast in geluid-isolerende konstrukties.
In deze landen is een grote kennis aanwezig op het gebied van de goede geluid-isolerende eigenschappen van konstrukties waarin bladlood is verwerkt.

Deze brochure heeft tot doel in Nederland meer bekendheid te geven aan de geluidisolerende eigenschappen van bladlood en de reeds jarenlange ervaring met het toepassen van dit materiaal in deze landen.

Deze toepassing van bladlood in geluidisolerende konstrukties, waarbij het de luchtgeluidisolatie betreft, is vrijwel onbeperkt.
Het betreft konstrukties in de bouwsektor, zoals scheidingswanden, plafond- en gevelkonstrukties en konstrukties in de industriële sektor.
In de industriële sektor wordt bladlood verwerkt in bijvoorbeeld omkastingen van machines, ommanteling van pijpleidingen en geluidisolerende ruimten.

In bovengenoemde sektoren kan bladlood vrijhangend worden gebruikt, of als een aparte laag worden verwerkt in gelamineerde platen welke opgebouwd worden uit verschillende materialen.
In deze brochure zijn een groot aantal akoestische meetgegevens opgenomen van diverse konstrukties waarin bladlood is toegepast.
Uiteraard heeft de Stichting Informatiecentrum Bewerkt Lood hierbij niet het oogmerk om op het terrein van de verantwoordelijkheid van architekten, bouwers en adviseurs te komen, maar uitsluitend om de kennis omtrent een voor Nederland nieuw toepassingsgebied van bladlood over te dragen om aldus konstruktieve oplossingen te bereiken voor geluidisolatieproblemen die zich hiervoor lenen.

Het hiervoor benodigde bladlood wordt vervaardigd door middel van walsen of door kontinu gieten. Het kontinu gietprocedé, levert een kwaliteit bladlood op, dat - voor deze toepassing o.a. bekend als Akoestilood® van Uzimet B.V. - vetvrij is (en dus gemakkelijk te verlijmen), een acceptabele prijs heeft en als enige de mogelijkheid kent van versterkingsdraden **in** het bladlood (zie daarvoor o.a. bladzijde 21).

Hoofdstuk 1.
Het toepassingsgebied van bladlood

In dit hoofdstuk worden verschillende voorbeelden gegeven van de toepassingsmogelijkheden van bladlood in geluidisolerende konstrukties in de bouw- en de industriële sektor.

De hierna te noemen voorbeelden zijn slechts een greep uit de in deze landen aanwezige jarenlange praktijkervaring.

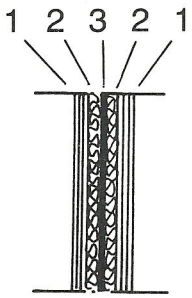
1.1. De bouwsektor.

Het is vaak moeilijk om bij vooral lichte konstrukties goede geluidisolerende resultaten te behalen.
Hierbij kan worden gesteld, dat konstrukties met een spouwruimte in het algemeen beter resultaat geven dan enkelvoudige konstrukties.
Dit geldt bijvoorbeeld voor lichte scheidingswanden in woningen en kantoorruimten en voor houten vloeren. Als een scheidingswand niet verder doorloopt dan een verlaagd plafond is de geluidisolatie vaak laag.
Ook bij renovatie van oude panden is het meestal een hele opgave om aan de huidige normen voor de geluidisolatie te kunnen voldoen.
In deze situaties kan bladlood een belangrijke bijdrage leveren aan verbetering van de geluidisolatie van de verschillende konstrukties, vooral indien een voorzetwand of een vrijhangend plafond met bladlood wordt toegepast.
Bijzondere aandacht dient hierbij te worden besteed aan geluidlekken.

Op afbeelding 2 is het aanbrengen van bladlood op multiplex weergegeven ten behoeve van de scheidingswanden tussen de badkamers in het Meadowlands Hilton Hotel in Secaucus.

De scheidingswanden tussen de badkamers zijn hier opgebouwd volgens afbeelding 1:

1. multiplex
2. gipsplaat
3. bladlood (4,5 kg/m^2)



Afbeelding 1: konstruktie-opbouw

In dit gebouw is ca. 1.700 m^2 bladlood verwerkt en met een normaal nietpistool vastgezet.

De doorvoeren van leidingen door de wanden zijn met bladlood geluiddicht afgewerkt.

De wand voldoet aan de Sound Transmission Class 54 dB.
(Dit is een klasse-indeling voor konstrukties die in Amerika wordt gehanteerd).

Afbeelding 2: het aanbrengen van bladlood.

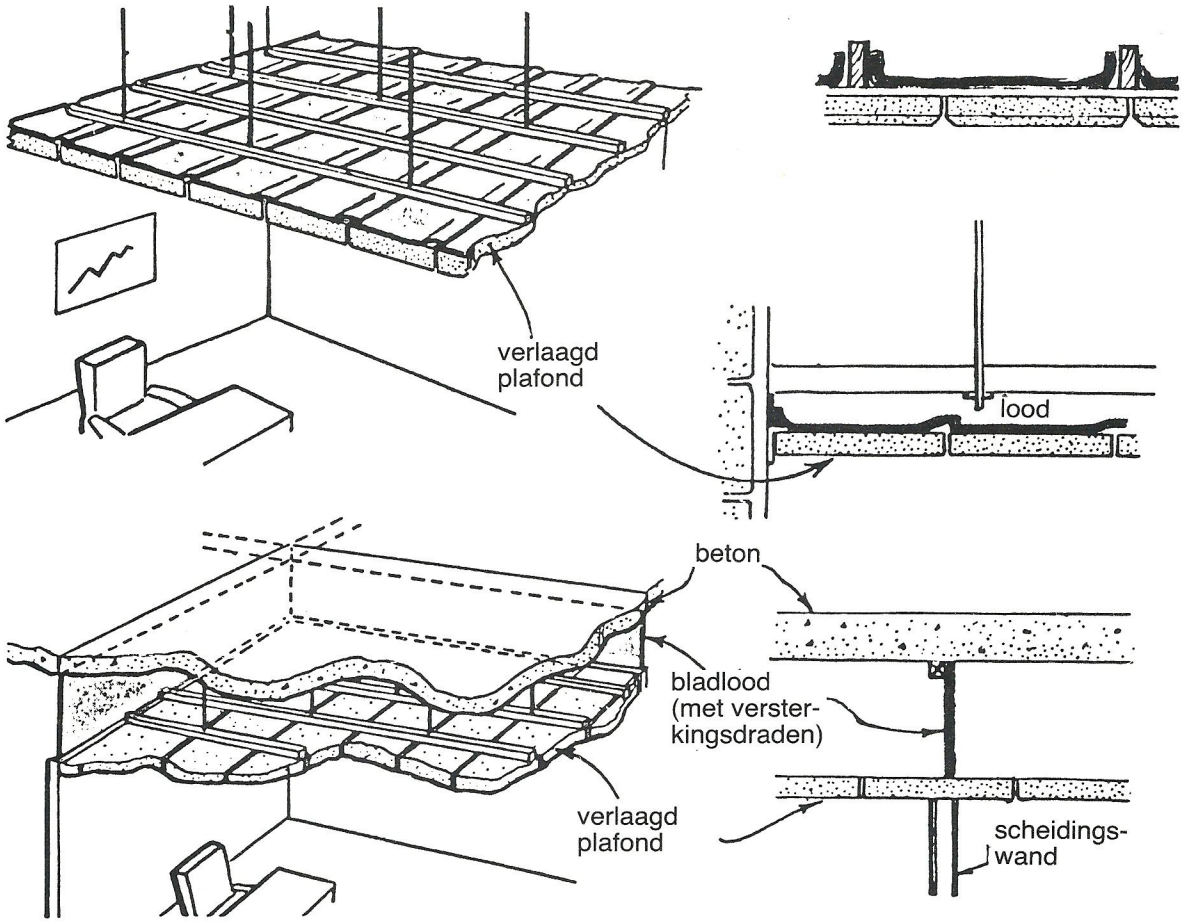
In plafondkonstrukties kan bladlood op verschillende wijze worden toegepast om te voorkomen dat geluid via het plafond van de ene naar de andere ruimte gaat.

Afbeelding 3 geeft hiervan een overzicht.

Het bladlood is hierbij op de plafondplaten gelegd.
Bij de aansluiting op de wanden wordt het bladlood enkele centimeters opgezet, terwijl tussen de bladloodbanen een overlap van circa 25 mm aanwezig is.

Ter plaatse van een scheidingswand die niet boven het verlaagde plafond is doorgetrokken kan bladlood vertikaal worden aangebracht (zie afb. 3).

Uiteraard dient bij al deze toepassingen rekening te worden gehouden met gewichtsvermeerdering van de konstruktie door het aanbrengen van bladlood.

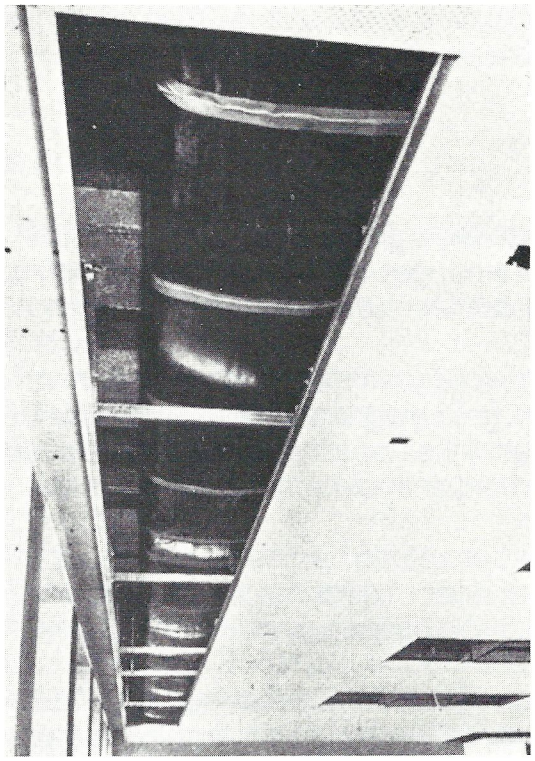


Afbeelding 3: bladlood toegepast in plafondkonstrukties.

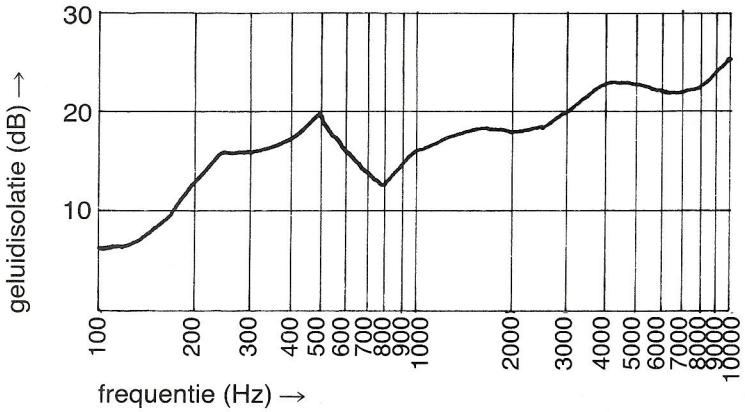
1.2. De industriële sektor.

In de industriële sektor komen geluidsproblemen in vele variaties voor, welke specifieke oplossingen verlangen.
Het bestrijden van het geluid bij de bron is bijna altijd de meest effektieve methode. Dit gebeurt dan hoofdzakelijk door het aanbrengen van omkastingen of ommantelingen.

Afbeelding 4 toont een metalen koker welke is omwikkeld met glaswol, dik 50 mm en een ommanteling van 0,9 mm bladlood.
De geluidreductiegrafiek is in afbeelding 5 weergegeven.



Afbeelding 4: ommanteling van leidingen



Afbeelding 5:
geluidisolatiekurve van de in afbeelding 4 weergegeven ommanteling

In het algemeen zijn leidingen en kanalen moeilijk te isoleren geluidsbronnen. Dit komt omdat niet alleen geluidproduktie in de pijpen of kanalen ontstaat door bijvoorbeeld stromende vloeistoffen of gassen, maar ook door trillingen van de pijpen zelf, welk geluid zich via de bevestigingen door een gebouw kan voortplanten.

Een gemiddelde geluidsreduktie van circa 15 dB, zoals bereikt bij de op afbeelding 4 toegepaste ommanteling, kan een goed resultaat genoemd worden.

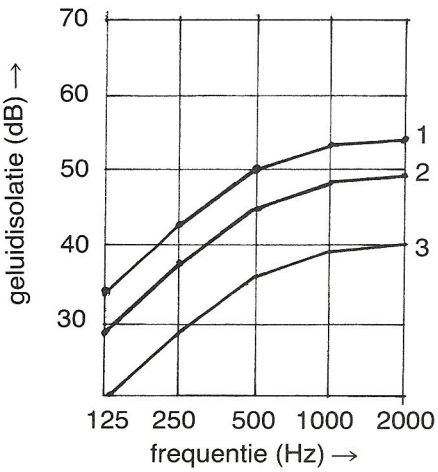
Hoofdstuk 2.
Eisen, normen en aanbevelingen

2.1 Eisen en normen.

Voor de woningbouw zijn de geluidisolatie-eisen weergegeven in de norm NEN 1070 uitgave september 1976 'Geluidwering in woongebouwen' en de NPR 5070, uitgave februari 1977 'Geluidwering in woongebouwen. Voorbeelden van wand- en vloerkonstrukties afgestemd op NEN 1070'.
De in deze norm vermelde eisen zijn dwingend voorgeschreven als de norm van kracht is verklaard, zoals het geval is in 'Besluit geluidwering gebouwen'. Voor de industriële sektor echter gelden vrijwel geen wettelijke bepalingen ten aanzien van de geluidisolatie. Hier worden vaak door de arbeidsinspektie aanbevolen maximaal toelaatbare geluidnivo's gehanteerd.
Het is niet de bedoeling hier een uitgebreide uiteenzetting van de normen en aanbevelingen op akoestisch gebied te geven, maar door middel van enkele grafieken en tabellen aan te tonen dat een goede geluidisolatie bij bouwkonstrukties zinvol is.

Voor de genormeerde luchtgeluidisolatie tussen ruimten vermeldt de norm NEN 1070 voor een aantal frekwenties een normwaarde, waarmee uit meetresultaten de zogenaamde luchtgeluidisolatie-indices (I_{lu}) kan worden bepaald.
Tussen de verschillende ruimten worden eisen gesteld aan deze indices.
Tussen de normwaarden en de isolatie-indices is een direkte relatie aanwezig, hierbij kan echter een konstruktie onderdeel niet los worden gezien van de ruimte waarvan het deel uitmaakt.
In het algemeen kan gesteld worden dat kamerscheidende wanden moeten voldoen aan de isolatie-index van −15 dB, onbewoonde zolders −5 dB, bewoonde zolders en woningscheidende wanden 0 dB. Deze eisen zijn minimale waarden. De voorkeur gaat uit naar isolatie-indices die ca. 5 dB hoger liggen.

Om een globaal inzicht te krijgen wat dit voor de geluidisolatie betekent zijn in onderstaande grafiek de normwaarden getekend en tevens aangegeven bij welke isolatiewaarden de verschillende isolatie-indices **bij benadering** worden bereikt. In hoofdstuk 3 wordt hier nader op ingegaan.



1. normkurve NEN 1070 (I_{lu} = 0dB)
2. I_{lu} = − 5 dB
3. I_{lu} = −15 dB

Afbeelding 6: isolatie-indexkurven

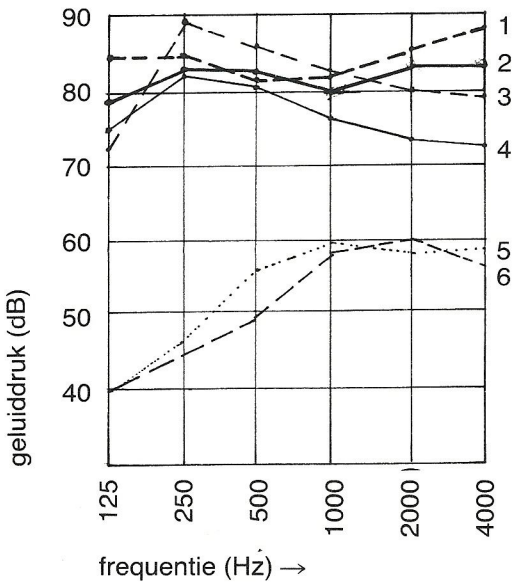
Bij de keuze bepaling van konstrukties kan in eerste instantie van de volgens deze kurven vereiste geluidisolatiewaarden worden uitgegaan.

2.2. Aanbevelingen.

Voor de industriële sektor worden voor diverse ruimten maximaal toelaatbare geluidnivo's gehanteerd.
Er moet naar worden gestreefd dat onderstaande nivo's niet worden overschreden

Privé kantoren	35 tot 45 dB (A)
Kleine konferentiekamers	35 tot 45 dB (A)
Grote konferentiekamers	30 tot 40 dB (A)
Grote kantoorlokalen	40 tot 50 dB (A)
Kantoortuinen	40 tot 50 dB (A)
Laboratoria	40 tot 50 dB (A)
Kantines	40 tot 45 dB (A)
Tekenkamers, tekenzalen	40 tot 50 dB (A)
Ruimte voor computerapparatuur	55 tot 65 dB (A)
Werkplaatsen voor licht onderhoud	50 tot 60 dB (A)
Meet- en regelkamers in de proces-industrie	55 tot 65 dB (A)
Andere werkplaatsen, fabriekshallen en dergelijke	tot 80 dB (A)

Bovenstaande waarden zijn volgens publikatieblad P no. 30 van het Directoraat van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken.
De vereiste geluidisolerende maatregelen worden bepaald door het geluidspektrum van het geproduceerde geluid, de plaats en de aard van de geluidbron en het aanbevolen maximaal toelaatbare geluidnivo in de ruimte of aangrenzende ruimten. In onderstaande grafiek zijn enkele in de praktijk gemeten geluidspektra van industriegeluiden weergegeven.



1. luchtstroom met plastic deeltjes 98 dB (A)
2. houtbewerkingsruimte 92 dB (A)
3. ponsmachine (5 m afstand) 90 dB (A)
4. elektrisch lassen (5 m afstand) 82 dB (A)
5. telexkamer 62 dB (A)
6. kantoorruimte 63 dB (A)

Afbeelding 7:
geluiddruk afhankelijk van de frequentie in enkele ruimten.

Teneinde het aanbevolen maximaal toelaatbare geluidnivo in omliggende ruimten of op enige afstand van een machine niet te overschrijden, moeten geluidisolerende voorzieningen worden getroffen in de vorm van scheidingswanden, geluidschermen of omkastingen. Voor een juiste keuze van de te nemen maatregelen is het belangrijk het geluidspektrum van het geproduceerde geluid te kennen.
Het moge echter duidelijk zijn dat goede geluidisolerende maatregelen belangrijk zijn.

Op Rijnvaartschepen met certifikaat, door de Rijnkommissie afgegeven, worden maximale geluidnivo's voorgeschreven in diverse ruimten van het schip.

De eisen zijn:

- woonruimte	70 dB (A)
- motorruimte	110 dB (A)
- stuurhut	70 dB (A)
- slaapruimte bij continuvaart	60 dB (A)

Voor schepen die op de Rijn varen wordt geëist dat het afgestraalde geluidnivo op een afstand van 25 m van het schip niet meer dan 75 dB (A) mag bedragen.

Om na te gaan hoe een **verandering in geluidnivo** wordt ervaren kunnen de volgende vuistregels worden gehanteerd:

1 dB: een verandering die nauwelijks merkbaar is
3 dB: een verandering die waarneembaar is (verandering van de gehoorindruk van ongeveer 20 %).
6 dB: een verandering die duidelijk waarneembaar is (verandering van de gehoorindruk van ongeveer 35 %)
10 dB: voor het gehoor is dit een halvering van de sterkte van het geluid

Bladlood kan zorgen voor een **gemiddelde geluidisolatieverbetering** van circa 10 dB zoals uit onderstaande tabel blijkt.

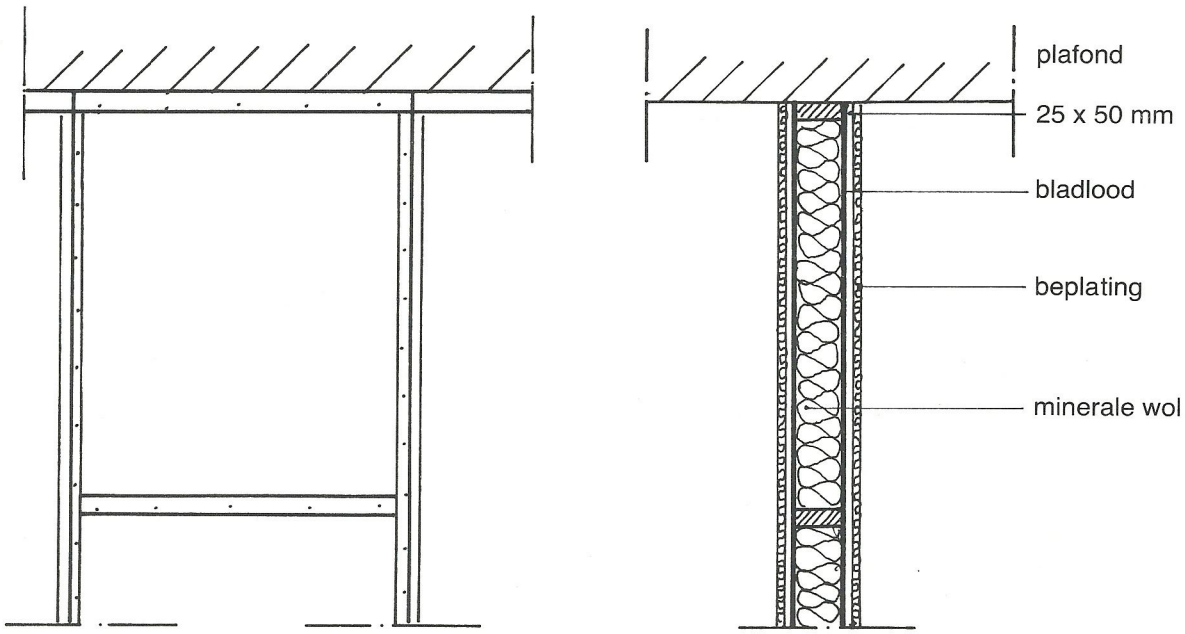
Konstruktie	Omschrijving	Verbetering geluidisolatie (dB)
Afb. 10	dubbelwandig wandelelement met 5 mm hardboard en niet gevulde luchtspouw	8
Afb. 14	dubbelwandig wandelelement met 9 mm multiplex en minerale wol	8
Afb. 23	minerale wol plafondtegel	5
Afb. 28	kombinatie multiplex- gipsplaat of multiplex-bladlood	10

Hoofdstuk 3.
De verwerking van bladlood.

In dit hoofdstuk worden een aantal verwerkingsmethoden van bladlood beschreven. Uit de vele mogelijkheden is een keuze gedaan, voor die welke het meest worden toegepast.

3.1. Bladlood aanbrengen op een houten stijl en regelwerk.

De h.o.h.-afstand van de stijlen bedraagt meestal ca. 600 mm in verband met de bevestiging van plaatmaterialen hierop. Om bladlood op het stijl- en regelwerk te kunnen bevestigen is het noodzakelijk dat het bladlood op maximale afstanden van 1.00 m horizontaal wordt ondersteund door het te bevestigen op houten regels. Het bladlood moet een lengte hebben die gelijk is aan de wandhoogte en wordt met behulp van asfaltnagels, h.o.h. 100 mm, op het stijl- en regelwerk gespijkerd.
Na het aanbrengen van het bladlood wordt hierover op het stijl- en regelwerk een lat (bijv. 50 x 25 mm) gespijkerd. Hierop wordt de wandafwerking aangebracht.



Afbeelding 8.

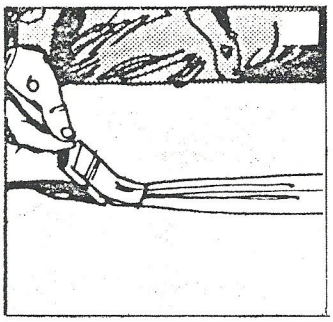
Het bladlood kan ook vooraf op de wandafwerking worden geplakt, waarna deze op het stijl- en regelwerk wordt bevestigd.

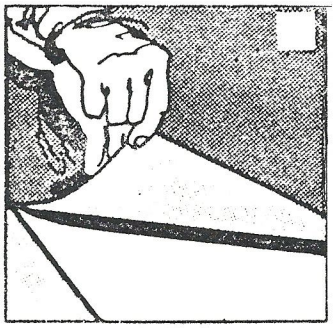
De minerale wol is aangebracht om resonantie van de luchtspouw sterk te beperken ten opzichte van een luchtspouw zonder vulling.

3.2. Bladlood plakken op plaatmateriaal.

Bladlood kan op andere materialen worden geplakt, zoals multiplex, hardboard, staalplaat, geperste minerale wol e.d.

Er is geen speciaal gereedschap of aparte techniek vereist.
Dit plakken is mogelijk indien de volgende richtlijnen worden gevolgd.





1. Poreuze materialen zoals bijv. geperste minerale wol moeten met een daartoe geschikte lijm worden voorgesmeerd.

2. Haal het bladlood van de rol en maak het plat. Het lood moet schoon en vetvrij zijn.

3. Breng een dunne laag lijm op het bladlood aan met behulp van een kwast of spuitapparaat.

4. Breng op poreuze materialen een tweede laag lijm aan.

5. Teneinde beschadiging van het bladlood te voorkomen en voor het gemakkelijk werken tijdens het lijmproces moet het bladlood op een vlakke ondergrond worden gelegd.

6. Het plaatmateriaal wordt voorzichtig op het bladlood gelegd.

7. Het laminaat moet worden omgekeerd, zodat het bladlood met behulp van een roller kan worden aangedrukt.

8. Als een tweede laag plaatmateriaal moet worden aangebracht, dan kan dit direkt hierna op dezelfde wijze geschieden.

9. De panelen moeten gedurende 24 uur platliggend opgeslagen worden teneinde een goede hechting van de lijm te verkrijgen.

10. De panelen kunnen met normaal timmermansgereedschap op maat worden gemaakt.

11. Het lijmtype is afhankelijk van het gebruiksdoel van het laminaat en de ondergrond waarop het bladlood moet worden gelijmd.
    Indien de gelijmde kombinatie enige tijd onder druk gehouden kan worden zijn kontaktlijmen geschikt.
    In alle andere gevallen twee komponentenlijmen toepassen.

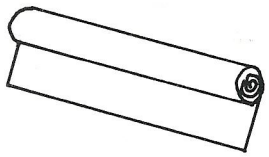
    In Nederland zijn er bedrijven die veel ervaring hebben op dit gebied.

3.3. Het omkleden van leidingen en kanalen.

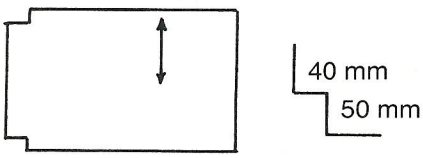
Bladlood kan worden toegepast als ommanteling, in kombinatie met reeds aangebrachte minerale wol, rond pijpen en kanalen.

Werkwijze:

1. Het bladlood kan het eenvoudigst van de rol gesneden worden op een lengte die gelijk is aan de omtrek van het kanaal met minerale wol plus 100 à 150 mm.



2. Snij aan één zijde de hoeken volgens nevenstaande tekening uit het bladlood en leg een reep hardboard met een breedte van 25 mm op het bladlood teneinde een felsnaad te kunnen maken.



3. Leg het bladlood over de leiding en maak een felsnaad in de lengte van de leiding volgens nevenstaande tekening.

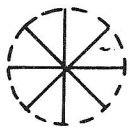
4. De overlappen in de breedte van de leiding worden met tape luchtdicht afgeplakt.

3.4. Doorvoeren van leidingen door bladlood.

Doorvoeren van leidingen door geluidisolerende konstrukties zijn geluidlekken indien ze niet luchtdicht worden afgewerkt.

Bladlood is zo flexibel dat doorvoeren gemakkelijk luchtdicht kunnen worden afgesloten.

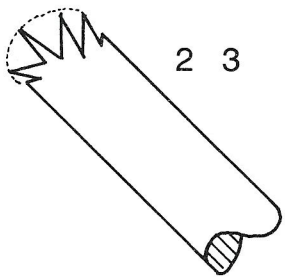
Leidingen.



1

1. Teken de sparing af op het bladlood en snij de sparing stervormig in.

2. Vouw de segmenten om en steek de leiding door de opening.

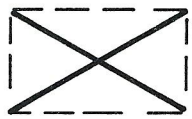


2 3

3. Buig de segmenten terug en omwikkel de aansluiting met tape.

Kanalen.

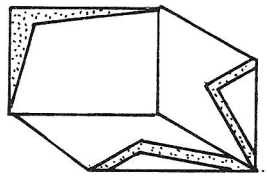
1. Teken de sparing af op het bladlood en snij de sparing diagonaal-gewijs in.



1

2. Vouw de segmenten om en steek het kanaal in de sparing.

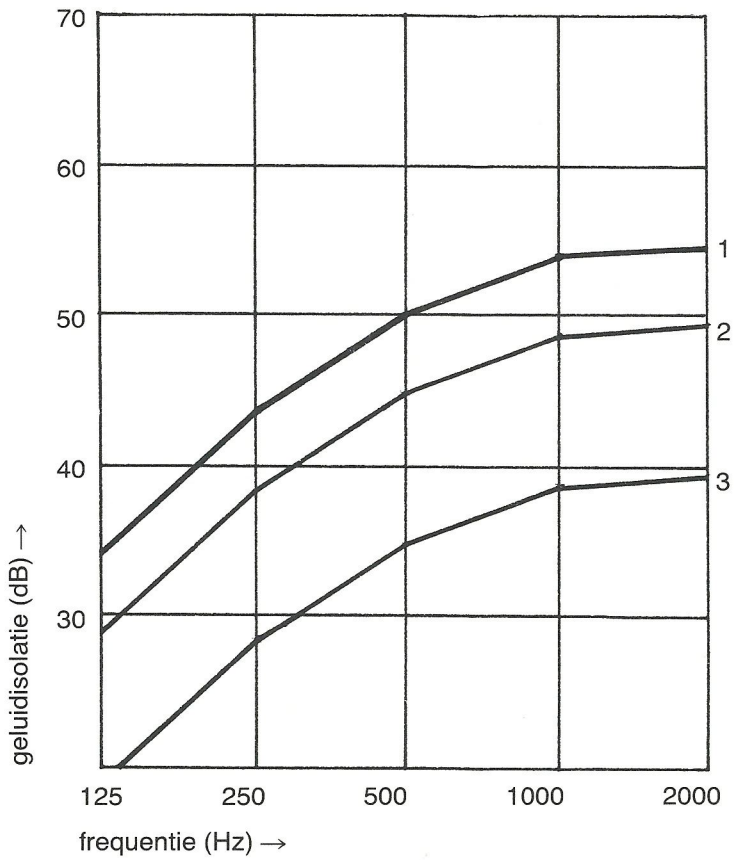
3. Vouw de segmenten terug en plak het bladlood met tape vast aan het kanaal.



2 3

Hoofdstuk 4.
Het akoestisch gedrag van konstrukties met bladlood.

In dit hoofdstuk zijn laboratorium-meetgegevens weergegeven van diverse konstrukties waarin bladlood is toegepast. Teneinde aan te tonen dat bladlood een effektieve bijdrage levert aan de verbetering van de geluidisolatie is voor iedere konstruktie in één grafiek de isolatiewaarde weergegeven zonder toepassing van bladlood en met bladlood in de konstruktie verwerkt.
In dit hoofdstuk wordt geen specifiek onderscheid gemaakt tussen de bouw- en de industriële sektor, omdat de konstrukties in beide sektoren toepasbaar zijn.
Men dient er rekening mee te houden dat in de praktijk lagere indices worden gemeten dan in het laboratorium vanwege isolatieverlies door omloopgeluid, kieren e.d.



Afbeelding 9.

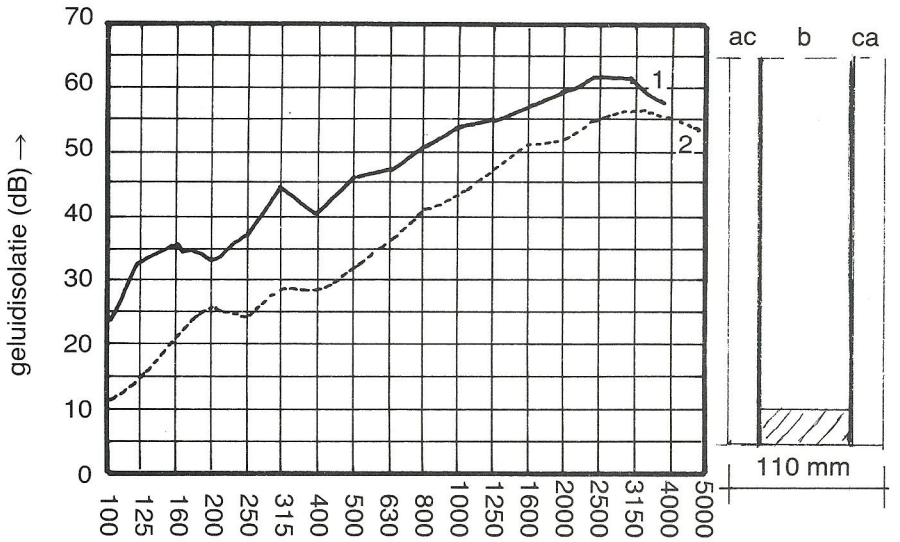
1 : normkurve NEN 1070
2 : I_{lu} = − 5 dB
3 : I_{lu} = −15 dB

Als een geluidisolatiekurve van een konstruktie, zoals afgebeeld op de volgende pagina's in bovenstaande afbeelding wordt ingetekend, is de te verwachten geluidisolatie-index te schatten door de geluidisolatie-kurve te vergelijken met de grafieken 1, 2 of 3.
De luchtgeluidisolatie-index van de konstruktie is die index, waarvan de kurve het meest overeenkomt met de geluidisolatiekurve van de konstruktie.

Deze methode geeft een indikatieve waarde, doch voor een exakte berekening van de luchtgeluidisolatie-indices wordt verwezen naar de norm NEN 1070, uitgave 1976.

4.1 Wandkonstrukties.

Teneinde geen meetresultaten van tussenliggende waarden ten opzichte van genormaliseerde meetmethoden verloren te laten gaan, zijn de oorspronkelijke grafieken afgebeeld.

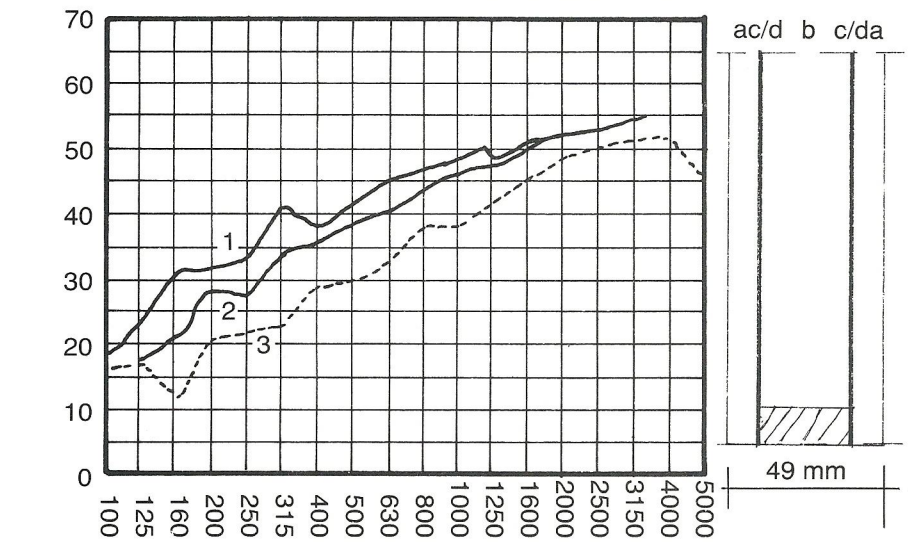


Afbeelding 10.

a = 5 mm hardboard
b = luchtspouw
c = bladlood 10 kg/m²

stijlen h.o.h. 457 mm.

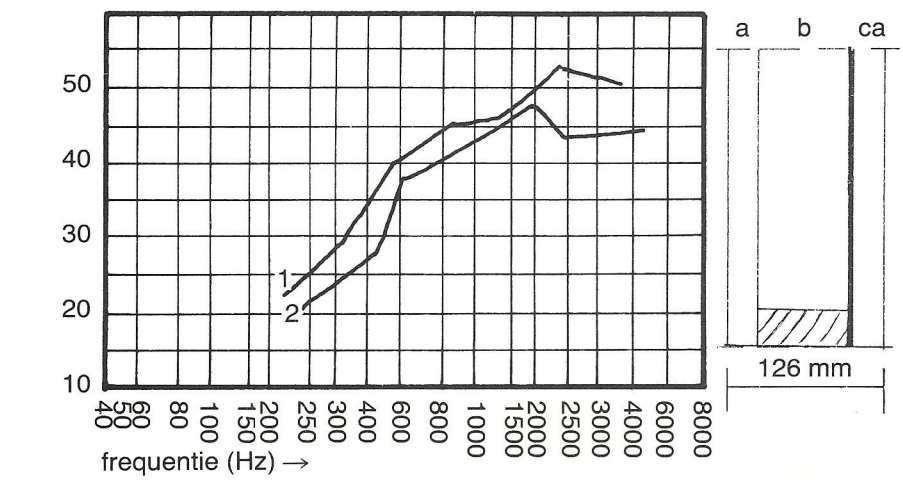
1 = a-c-b-c-a
2 = a-b-a



Afbeelding 11.

a = 5,5 mm hardboard
b = luchtspouw
c = bladlood 5 kg/m²
d = bladlood 10 kg/m²

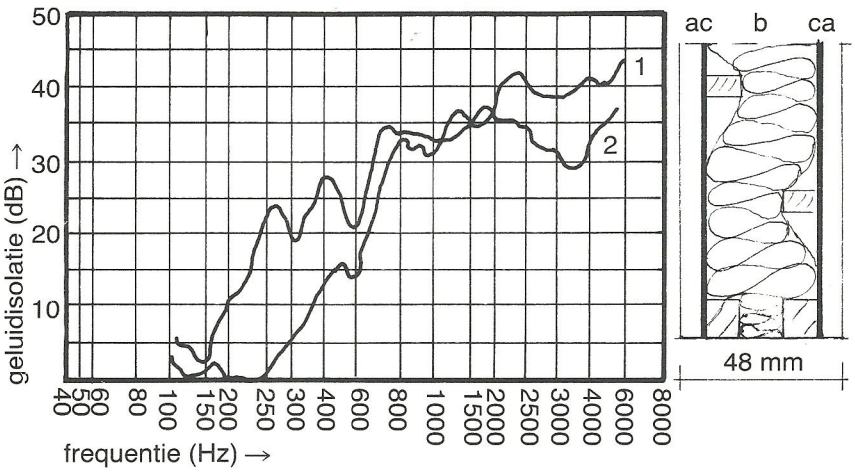
1 = a-d-b-d-a
2 = a-c-b-c-a
3 = a-b-a



Afbeelding 12.

a = 13 mm gipsplaat
b = luchtspouw
c = bladlood 10 kg/m²

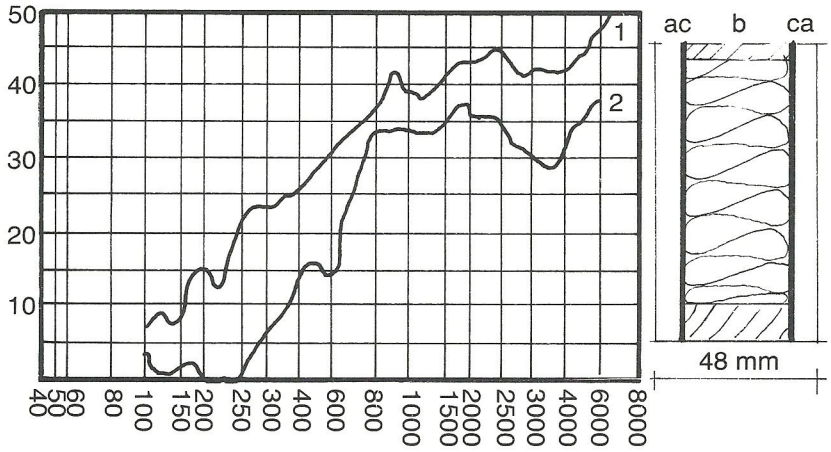
1 = a-b-c-a
2 = a-b-a



Afbeelding 13.

a = 4 mm multiplex
b = minerale wol
c = bladlood 8 kg/m²

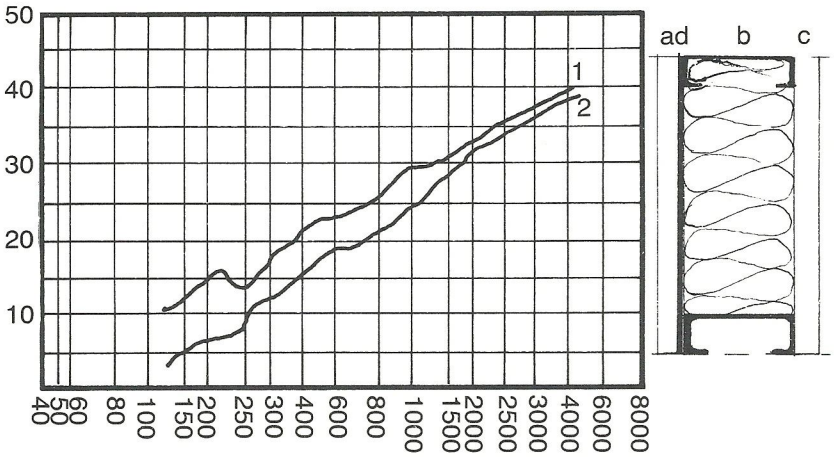
1 = a-c-b-c.a
2 = a-b-a



Afbeelding 14.

a = 9 mm multiplex
b = minerale wol
c = bladlood 10 kg/m²

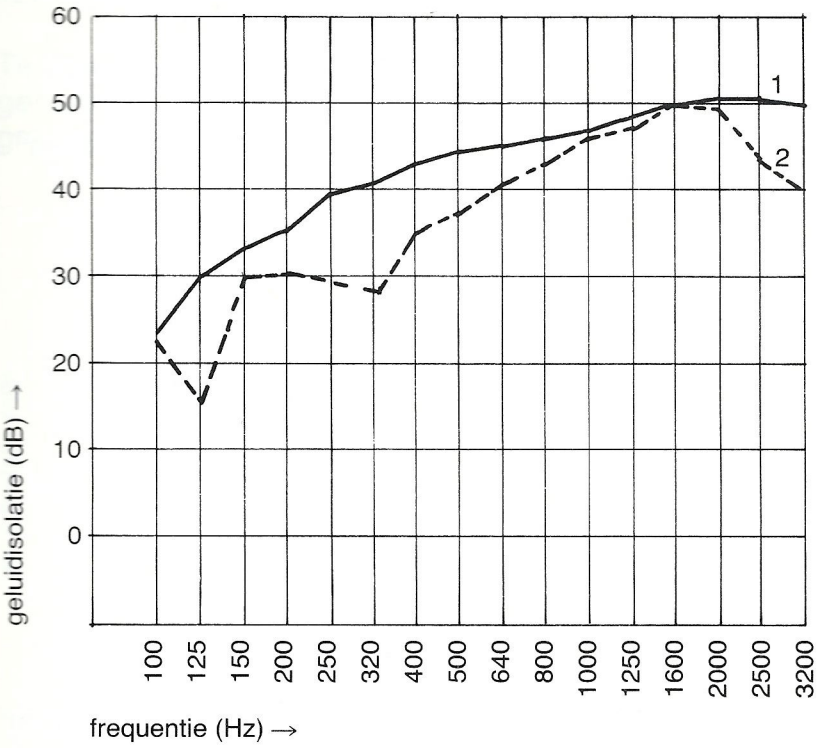
1 = a-c-b-c-a
2 = a-b-a



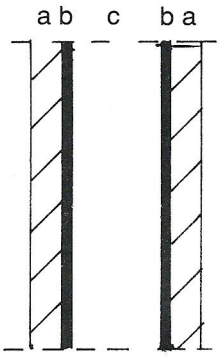
Afbeelding 15.

a = staalplaat
b = minerale wol
c = geperforeerde staalplaat
d = bladlood 10 kg/m²

1. = a-d-b-c
2 = a-b-c

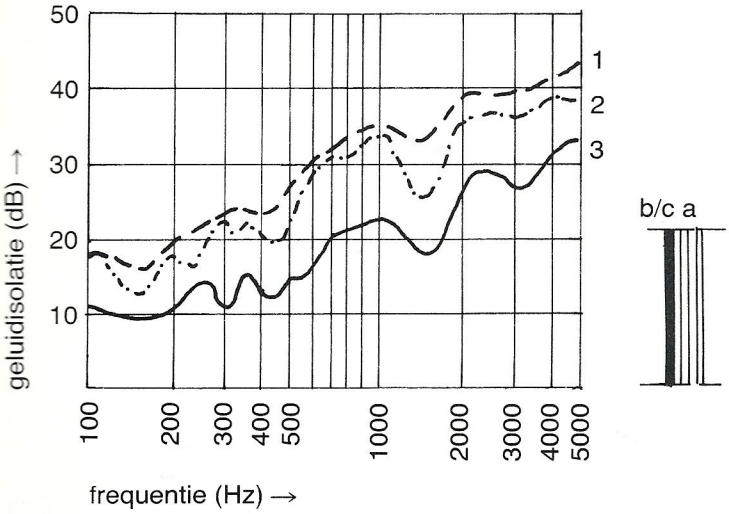


Afbeelding 16.



a = gipsplaat (12,5 mm)
b = bladlood (10 kg/m²)
c = luchtspouw (57 mm)

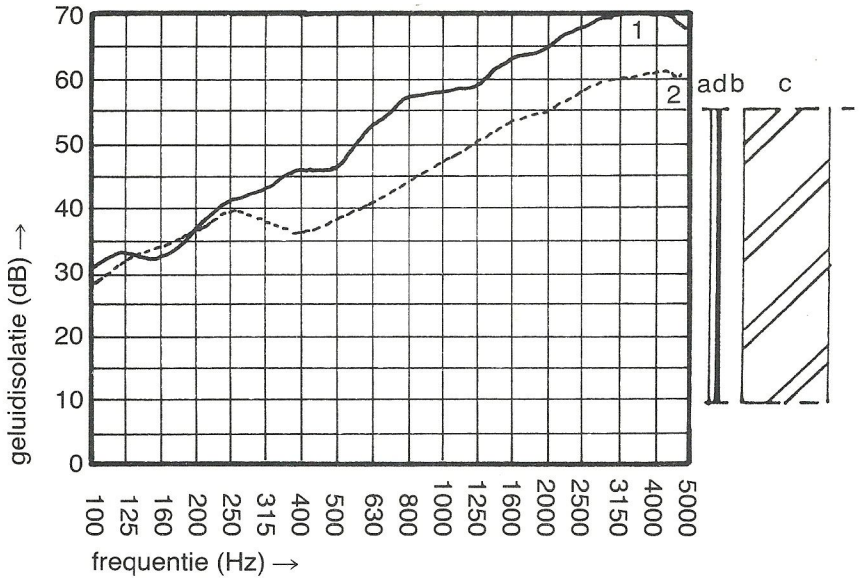
1 = a-b-c-b-a
2 = a-c-a



Afbeelding 17.

a. = multiplex 4 mm
b = bladlood 8 kg/m²
c = bladlood 10 kg/m²

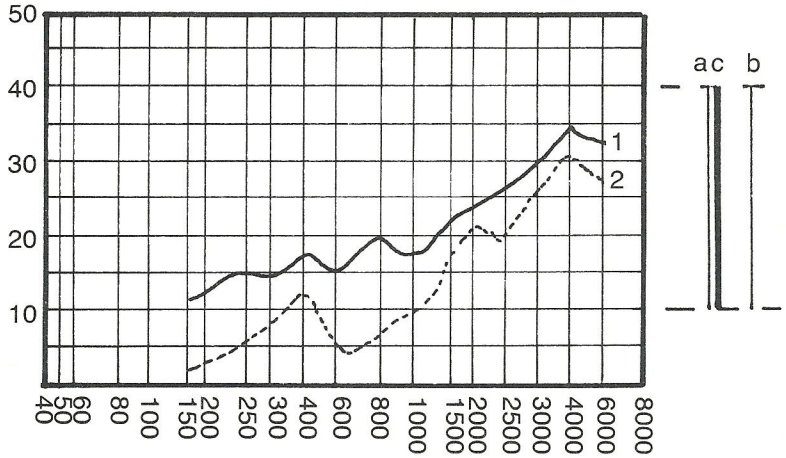
1 = a-c
2 = a-b
3 = a



Afbeelding 18.

a = 5 mm hardboard
b = regels dik 25 mm
c = halfsteensmuur
d = bladlood 10 kg/m²

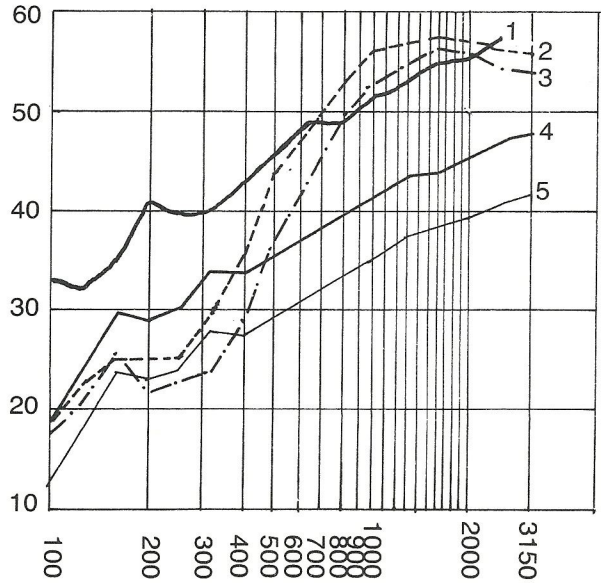
1 = a-b-d-c
2 = c



Afbeelding 19.

a = multiplex 5 mm
b = deur met goede kierdichting
c = bladlood 10 kg/m²

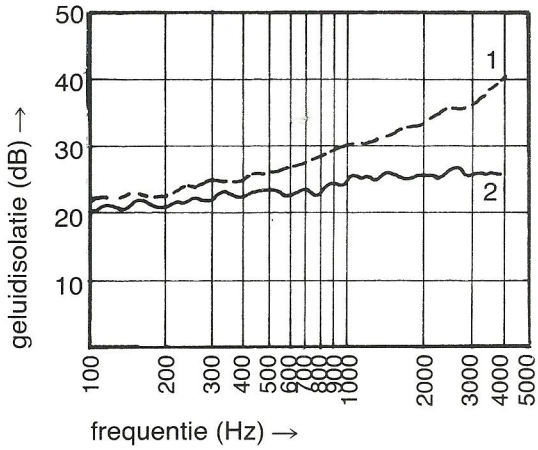
1 = a-c-b
2 = a



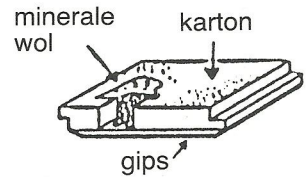
Afbeelding 20.

1 = 1-steensmuur
2 = staalplaat (1,2 mm) + PUR-schuim (12 mm) + bladlood (10 kg/m²)
3 = staalplaat (1,2 mm) + PUR-schuim (12 mm) + bladlood (5 kg/m²)
4 = staalplaat (1,2 mm) + bladlood (10 kg/m²)
5 = staalplaat (1,2 mm)

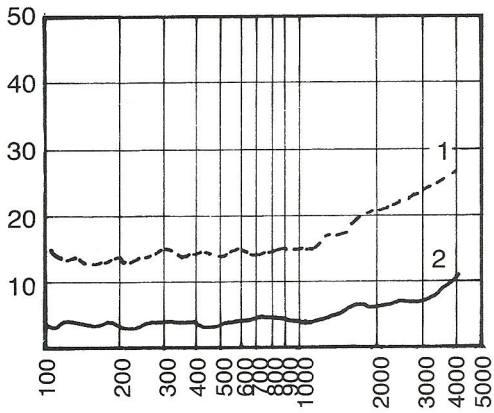
4.2. Plafondkonstrukties/vloerkonstrukties



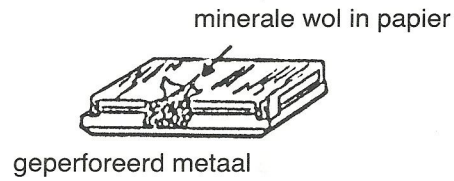
Afbeelding 21.



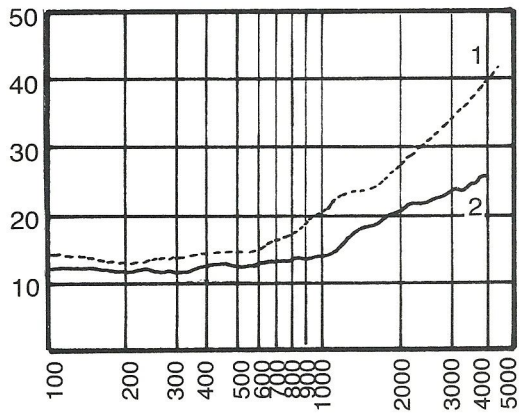
1 = met bladlood, 5 kg/m^2, los op het plafond gelegd.
2 = plafondtegels normaal aangebracht



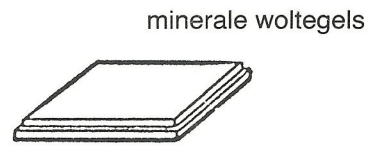
Afbeelding 22.



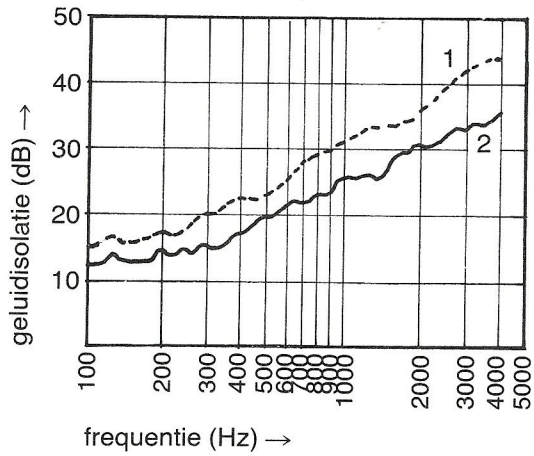
1 = met bladlood, 5 kg/m^2, los op het plafond gelegd.
2 = plafondtegels normaal aangebracht



Afbeelding 23.

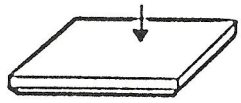


1 = met bladlood, 5 kg/m^2, los op het plafond gelegd.
2 = plafondtegels normaal aangebracht



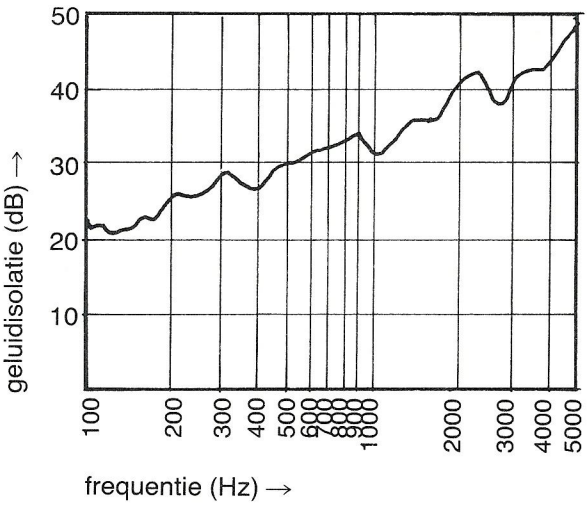
Afbeelding 24.

geperforeerd zachtboard



1 = met bladlood 5 kg/m^2 los op het plafond gelegd.
2 = plafondtegels normaal aangebracht

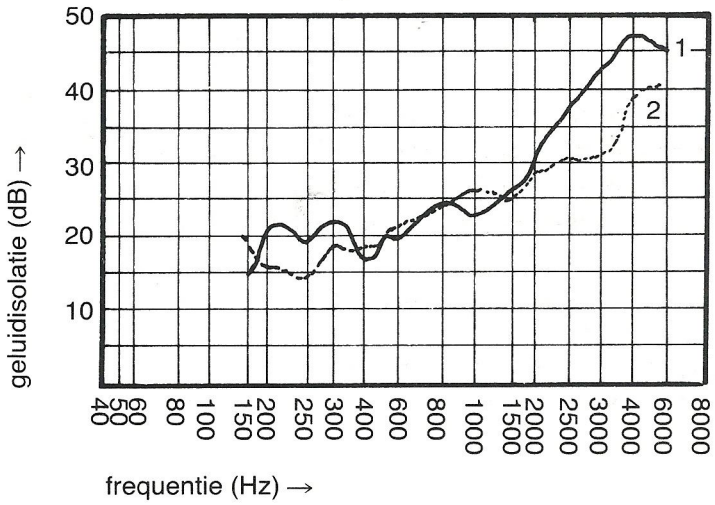
N.B. Voor de minerale wol is een lichte persing verondersteld (glaswol ca. 16 kg/m^3, steenwol ca. 30 kg/m^3).



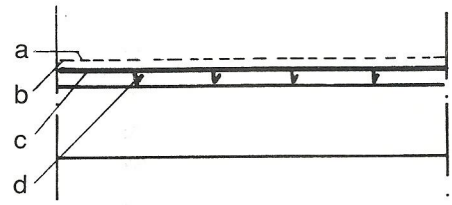
Afbeelding 25.

vrijhangend bladlood 10 kg/m^2

N.B. Indien bladlood met een hoogte van meer dan 1.00 m vrijhangend wordt toegepast dient kontinu gegoten bladlood met versterkingsdraden te worden gebruikt.



Afbeelding 26



a = tapijt
b = bladlood (10 kg/m^2)
c = vloerdelen 25 mm
d = balklaag

1 = a-b-c-d
2 = a-c-d

Hoofdstuk 5.
De produkteigenschappen van bladlood en het leverings-programma

5.1 Produkteigenschappen

ρ = gewicht 11340 kg/m^3 (bij 20 °C)
α = lineaire uitzettingskoëfficient : 29.7 x 10^{-6} m/m.K
λ = warmtegeleidingskoëfficient : 34,76 W/mK (bij 20 °C)
smeltpunt : 327,4 °C.
E = dynamische elasticiteitsmodulus : 15 x 10^3 N/mm^2

$\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ = snelheid van het geluid in bladlood : 1250 m/s

Grensfrequentie (f_g) x gewicht bladlood per m^2 = 600.000 Hz.kg/m^2

5.2. Leveringsprogramma.

Bladlood wordt geleverd op rollen met een standaard-breedte van 1,0 m en op standaardlengten, al naar gelang de dikte, zoals aangegeven in onderstaande tabel. Afwijkende lengten en breedten zijn op aanvraag leverbaar.
Onderstaand de gegevens van het in de handel verkrijgbare bladlood op breedten van 1 m.

Type	NHL 12	NHL 15	NHL 18	NHL 20	NHL 25	NHL 30	NHL 35
gewicht per m^2	12 kg	15 kg	18 kg	20 kg	25 kg	30 kg	35 kg
lengte standaardrol	5 m	4 m	4 m	5 m	4 m	3,3 m	2,8 m
gewicht per rol ±	60 kg	60 kg	72 kg	100 kg	100 kg	100 kg	100 kg
theor. dikte (bij SM = 11,34)	1,06 mm	1,32 mm	1,59 mm	1,76 mm	2,20 mm	2,64 mm	3,03 mm
minimum walsdikte	1,00 mm	1,26 mm	1,51 mm	1,67 mm	2,09 mm	2,50 mm	2,93 mm

Bladlood met een afwijkende diktemaat kan op aanvraag worden geleverd.

Hoofdstuk 6.
De akoestische eigenschappen van bladlood.

6.1. Inleiding.

De geluidisolatiewaarde van een konstruktie wordt in hoge mate bepaald door de massa en de stijfheid van de konstruktie. De subjektieve waardering van de geluidisolatie is afhankelijk van het spektrum van het geproduceerde geluid. Voor ieder materiaal bestaat een bepaalde frequentie, waarbij de geluidisolatie relatief slecht is.

Dan treedt namelijk het zogenaamde coïncidentie-effekt op. Dit effekt treedt zowel op bij konstrukties opgebouwd uit één en hetzelfde materiaal, als ook in samengestelde konstrukties.
Dit coïncidentie-effekt is afhankelijk van de buigstijfheid van de toegepaste materialen en van de massa. Het optreden van dit coïncidentie-effekt, dat wordt gekenmerkt door een sterke daling van de geluidisolatie-kurve ter plaatse van de zogenaamde grensfrequentie, kan bestreden worden door de massa en de buigstijfheid van de toegepaste materialen te veranderen.
Als de coïncidentie-frequentie van een konstruktie boven 3000 Herz ligt, dan kan gezegd worden, dat dit effekt in het algemeen niet hinderlijk is.
Indien dit effekt echter bij lagere frequenties optreedt zal een duidelijk merkbare vermindering van de geluidisolatie van de konstruktie optreden.

6.2. Het akoestisch gedrag van bladlood.

Bladlood is een materiaal dat een hoge volumieke massa en een geringe buigstijfheid heeft.
Ten gevolge van deze twee eigenschappen ligt de grensfrequentie van lood in vergelijking met andere bouwmaterialen erg hoog.
De grensfrequentie wordt berekend met de formule:

$$f_g = \frac{6{,}25 \times 10^4}{d\sqrt{E/\rho}} \text{ (Hz)}$$

d = dikte van het materiaal in m
E = dynamische elasticiteitsmodulus in N/mm^2
ρ = soortelijke massa van het materiaal in kg/m^3

De grensfrequentie voor 1 mm dik lood ligt bij 50.000 Herz, zodat hierbij pas het coïncidentie-effekt optreedt. Dit wil zeggen, dat bij deze dikte lood beneden 52.000 Herz geen vermindering optreedt van de geluidisolatiewaarde door het coïncidentie-effekt.

In de hierna volgende grafieken zijn meetgegevens weergegeven van konstrukties uitgevoerd zonder bladlood en dezelfde konstrukties uitgevoerd met bladlood.

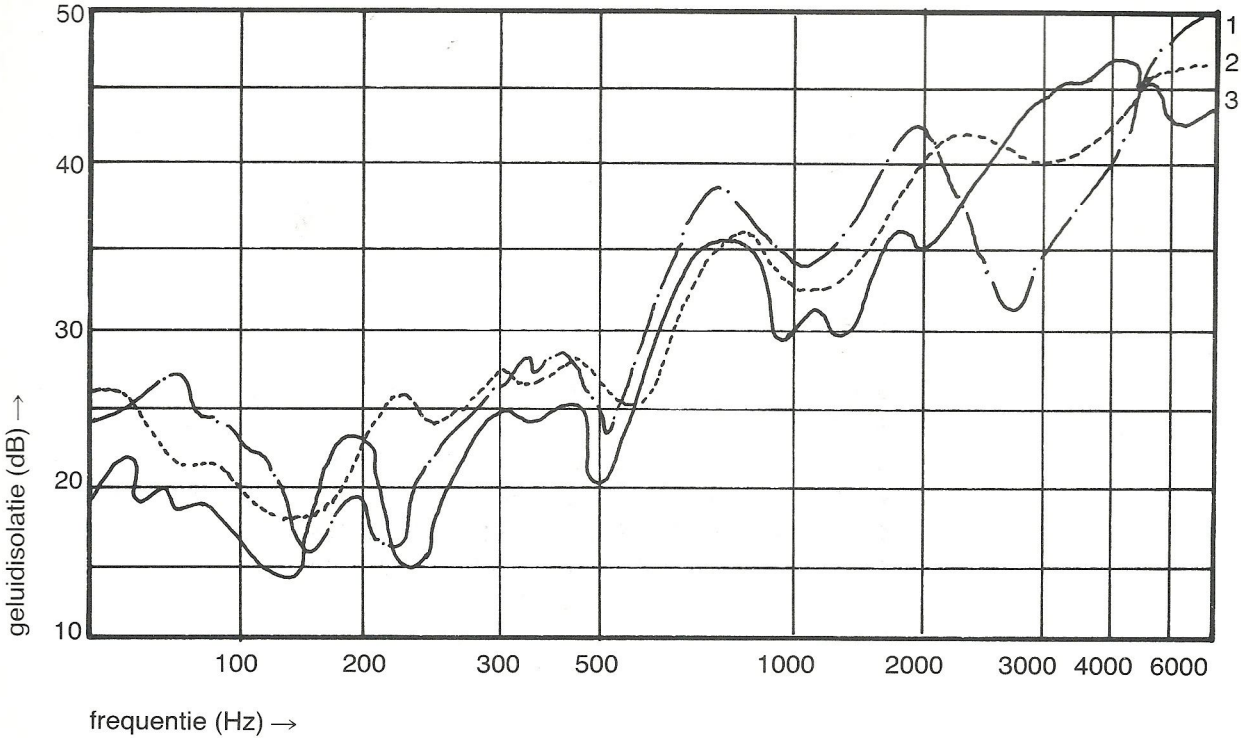
Uit deze grafieken blijkt duidelijk de gunstige invloed op de geluidisolatiewaarde over het gehele frequentiegebied van bladlood in een konstruktie.

Bij konstrukties met een luchtspouw zijn nog andere effekten mogelijk die een nadeel op de geluidisolatiewaarde van de konstruktie hebben.

Deze effekten zijn onder andere:
- versterking van het geluid in de luchtspouw van de konstruktie.
- resonantie van de spouwbladen.

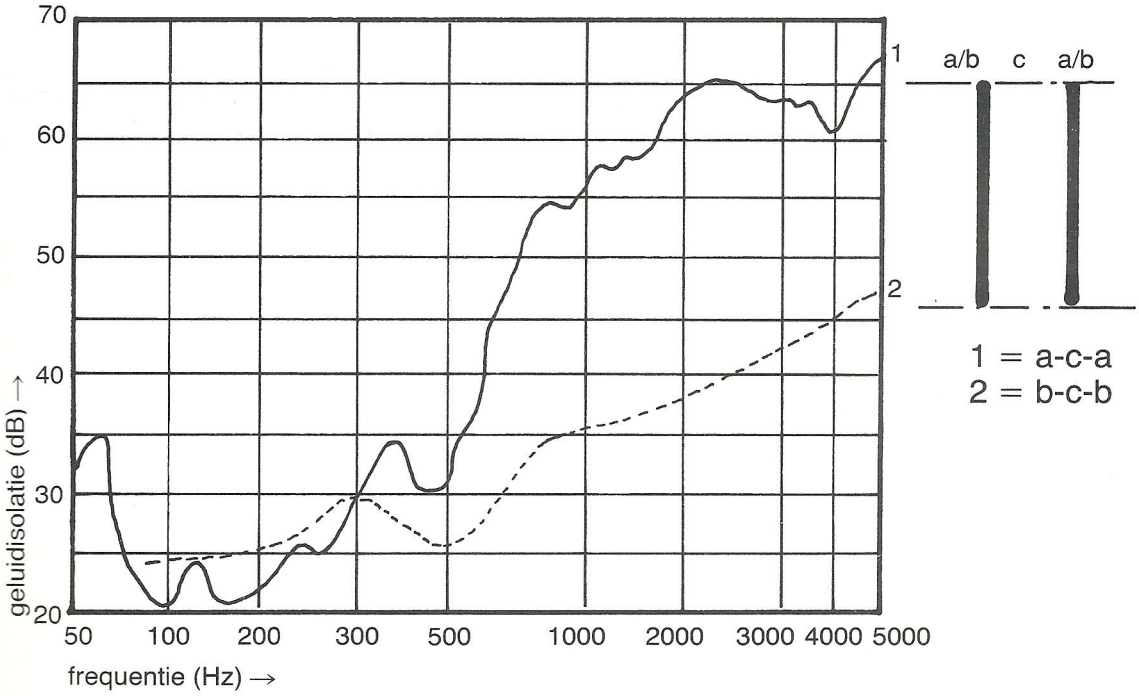
Versterking van het geluid in de luchtspouw kan worden voorkomen door het toepassen van geluidabsorberend materiaal in de luchtspouw. Door resonantie van een konstruktie ontstaat ook een van de frequentie afhankelijke sterke vermindering van de geluidisolatiewaarde.
Deze resonantie-frequentie moet zo laag mogelijk zijn, ca. 80 Herz, teneinde geen merkbare nadelige invloed op de geluidisolatiewaarde van de konstruktie te ondervinden.
De zogenaamde resonantie-frequentie kan onder andere verlaagd worden door de massa van de konstruktie te verhogen en door de luchtspouw te verbreden.
Daar het vergroten van de luchtspouw meestal als gevolg heeft dat grote konstruktiebreedten ontstaan, is het beter het gewicht van de konstruktie te verhogen.
Dit is effektief mogelijk door middel van het aanbrengen van bladlood in de luchtspouw.

Onderstaande meetgegevens geven enkele voorbeelden van dubbelwandige konstrukties waarin bladlood is toegepast. Duidelijk is de toename van de geluidisolatie van de konstruktie te zien als bladlood in de konstruktie wordt verwerkt.



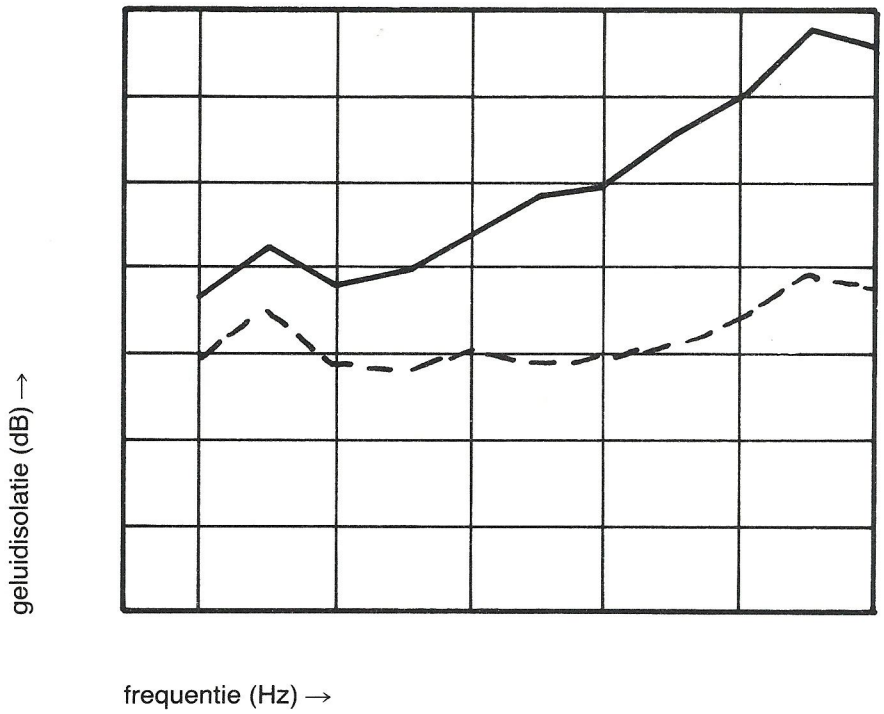
Afbeelding 27:
geluidisolatie van enkelvoudige platen met ongeveer gelijke massa.

1 = gipsplaat (12,5 mm)
2 = bladlood (0,9 mm)
3 = staalplaat (1,2 mm)

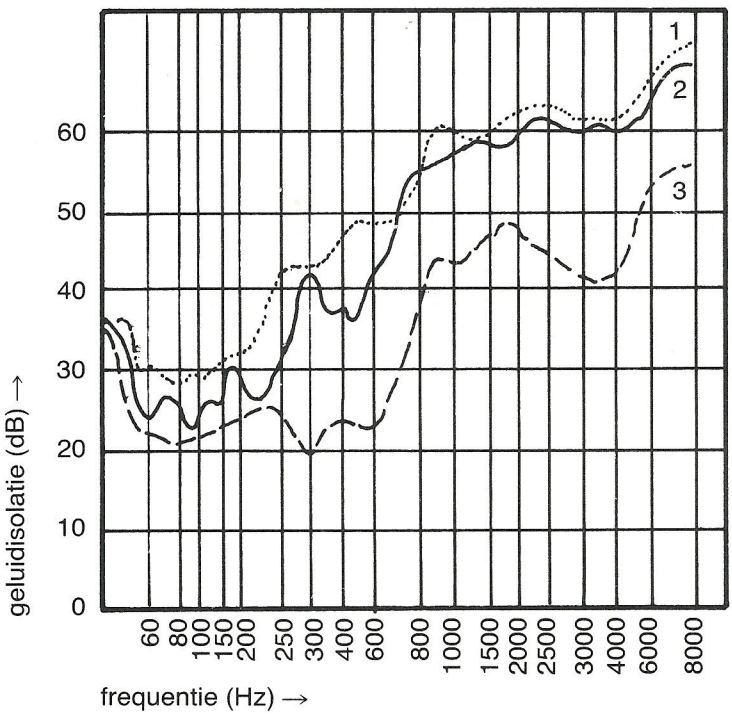


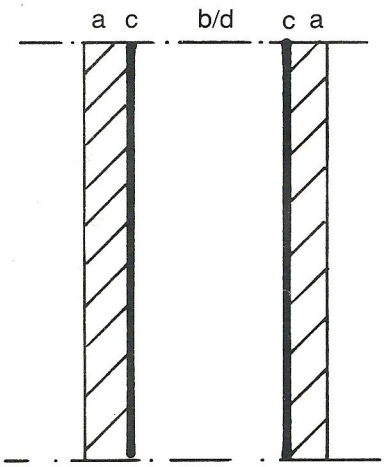
Afbeelding 28:
geluidisolatie van kombinatieplaten

a = multiplex (4,5 mm) + bladlood (10 kg/m^2)
b = multiplex (4,5 mm) + gipsplaat (12,5 mm)
c = luchtspouw



Afbeelding 29:
geluidisolatie van een plafondplaat met en zonder bladlood.





1 = a-c-d-c-a
2 = a-c-b-c-a
3 = a-b-a

a = 9 mm multiplex
b = 40 mm luchtspouw
c = bladlood 10 kg/m^2
d = glaswol

Afbeelding 30:
verbetering geluidisolatie door toepassing van bladlood.

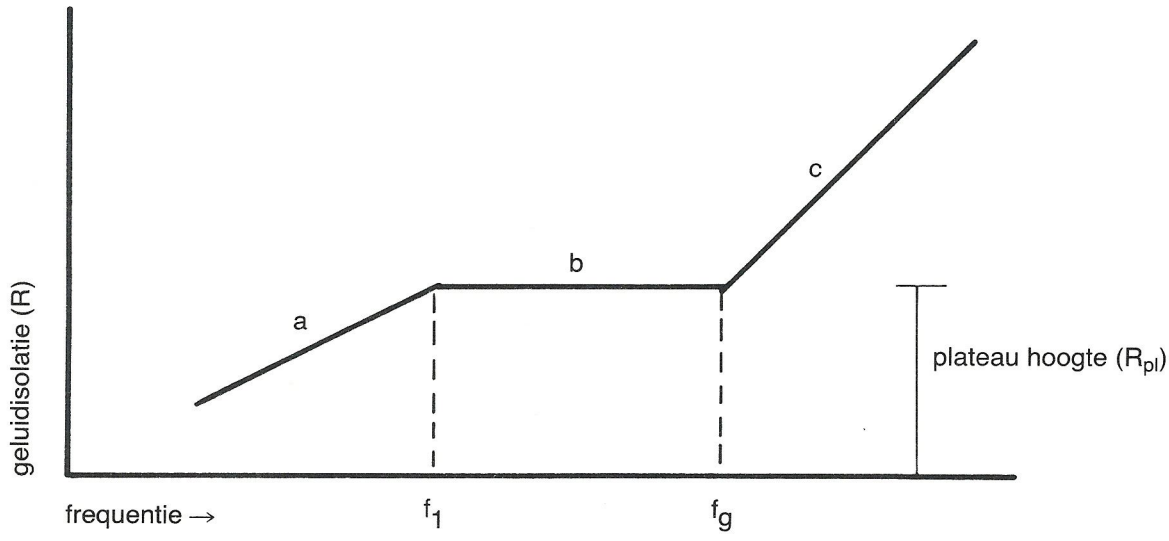
Hoofdstuk 7.
Het voorspellen van het akoestisch gedrag van plaatmaterialen waarop bladlood is aangebracht.

7.1. Inleiding

Bladlood heeft een geringe buigstijfheid door een zeer lage interne hysteresis, waardoor de energie van het geluid goed geabsorbeerd wordt.
Door een lage kruip- en rekgrens moet het altijd op een dragende ondergrond worden aangebracht. Dit hoofdstuk geeft een berekeningsmethode om het gedrag van panelen waarop bladlood is aangebracht te voorspellen.

7.2. Enkelvoudige wandelementen.

De geluidisolatiekurve van een plaatmateriaal zonder bladloodbekleding kan met behulp van een berekeningsmethode worden voorspeld.
In onderstaande grafiek is schematisch de geluidisolatiekurve van een plaatmateriaal weergegeven. De voor dit materiaal kenmerkende lijnstukken uit deze grafiek moeten worden berekend.
Hierbij is de ligging van lijnstuk b bepalend voor een goede geluidisolatie.



Afbeelding 31:
theoretische geluidisolatiekurve van een enkelvoudig wandelement.

Voor de verschillende lijnstukken geldt:

lijnstuk a : $R = 20 \log m_1 + 20 \log \frac{f}{250}$

lijnstuk b : $R_{plateau} = 20 \log (m_1.f_g) + 10 \log \eta - 42$

lijnstuk c : $R = R_{plateau} + 25 \log \frac{f}{f_g}$

$f_1 = 2.f_g.\sqrt{\eta}$

$f_g = 6{,}25 \times 10^4/d \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

f = de frequentie die beschouwd wordt.

Heeft men voor een bepaald materiaal eenmaal de grensfrequentie (f_g) uitgerekend bij een bepaalde dikte (in meters uitgedrukt), dan is voor iedere materiaaldikte de grensfrequentie te bepalen, omdat $f_g.d$ een materiaal-konstante is.

De verschillende variabelen van de bovenstaande berekening zijn:

m_1 = d x ρ (kg/m²)

ρ = massa (kg/m³)

η = verliesfaktor voor het materiaal

d = de dikte (m)

$\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ = materiaal konstante (m/s)

In onderstaande tabel zijn enkele van deze waarden weergegeven voor verschillende materialen.

materiaal	ρ (kg/m³	$\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ (m/s)	$f_g.d$ (Hz.m)	η (-)	R_{pl} (dB)
aluminium	2700	5100	12,5	10^{-4}	28 (13)
staal	7800	5050	12,8	$1\text{-}2.10^{-4}$	38 (18-21)
glas	2500	5000	12,8	4.10^{-3}	27 (24)
beton	2400	3700	17,3	7.10^{-3}	27
kalkz.st.	1900	3000	21,4	10^{-2}	30
Poriso	1200	2500	26	10^{-2}	27
multipl/spaanpl.	700-1000	2500	25	10^{-2}	24
lichtbeton	900	2000	32	10^{-2}	28
gips	1200	1800	35,5	5.10^{-3}	27
gipskarton	1200	1800	35,5	3.10^{-2}	35
gasbeton	650	1700	38	10^{-2}	27
lood	11340	1250	50	2.10^{-2}	56

Zoals u ziet heeft bladlood de kleinste longitudinale voortplantingssnelheid ($\sqrt{\frac{E}{\rho}}$) van voornoemde materialen, omdat bladlood de geringste buigstijfheid van de genoemde bouwmaterialen heeft.
Hoe lager de buigstijfheid, hoe beter de geluidisolerende eigenschappen van het betreffende materiaal.

Door het aanbrengen van bladlood op plaatmateriaal door middel van lijmen of nieten verandert het oppervlaktegewicht (m_1) en de stijfheid van de plaat en wel als volgt voor de verschillende lijnstukken:

- lijnstuk a:
Voor het gebied a uit afbeelding 31 gelden dezelfde formules als voor het plaatmateriaal zonder bladlood, echter nu met een hoger oppervlaktegewicht.

- lijnstuk b:
Wordt bepaald door de stijfheid en het gewicht van de plaat + loodbekleding. Met behulp van afbeeldingen 32 en 33 kan de nieuwe plateauhoogte worden bepaald. Met moet als volgt te werk gaan:

1. De verhouding van de oorspronkelijke plaatdikte en de nieuwe dikte van de gelamineerde uitvoering berekenen:
$$\frac{\text{oorspronkelijke plaatdikte}}{\text{dikte van de gelamineerde plaat}} = \frac{H_1}{H_T}$$

2. De verhouding van de elasticiteitsmoduli tussen het lood en de oorspronkelijke plaat bepalen:
$$\frac{\text{E lood}}{\text{E oorspronkelijke plaat}} = \frac{E_2}{E_1}$$

3. Door invullen van de bij 1 en 2 gevonden waarden in afbeelding 32 wordt alleen een verhoging of verlaging van de oorspronkelijke plateauhoogte ten gevolge van de stijfheid gevonden.

   De verandering van de plateauhoogte onder invloed van de toename van het oppervlaktegewicht wordt als volgt gevonden:

4. De verhouding van de massa (kg/m^3) tussen het lood en de oorspronkelijke plaat bepalen:
$$\frac{\text{massa lood (kg/m}^3)}{\text{massa plaat (kg/m}^3)} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

5. Door invullen van de bij 1 en 4 gevonden waarden in afbeelding 33 wordt alleen de verandering van de plateauhoogte ten opzichte van de oorspronkelijke plateauhoogte ten gevolge van de toename van het oppervlaktegewicht gevonden.

6. De verandering van de plateauhoogte is het netto-resultaat van de bij 3 en 5 gevonden waarden.
   Voor de grensfrequentie geldt

   $$f_g = 6{,}25 \times 10^4 / H_T \sqrt{\frac{E_1}{\rho_T}}$$

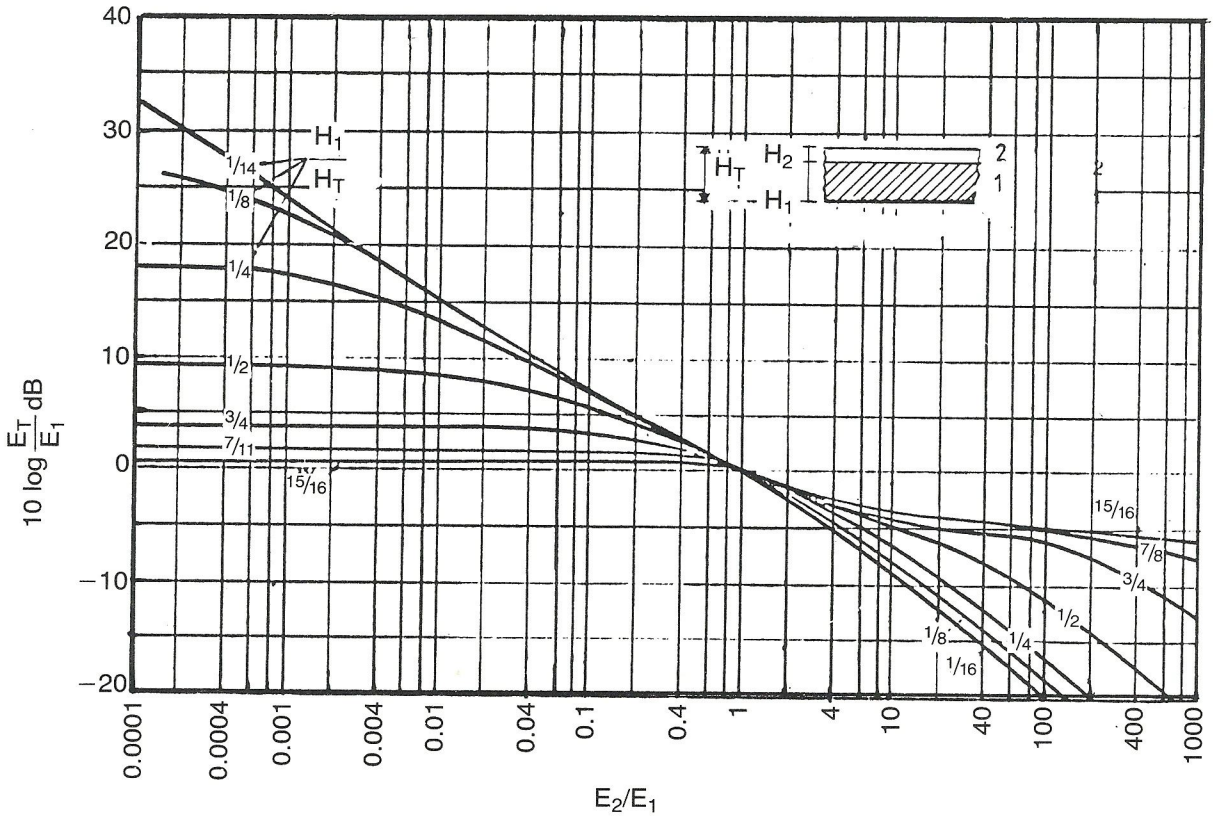
   Hierin is
   H_T = de totale dikte van de gelamineerde plaat (m)
   E_1 = de elasticiteitsmodulus van de oorspronkelijke plaat
   ρ_T = de volumieke massa van de gelamineerde plaat

   $$\rho_T = \frac{\rho_1 H_1 + \rho_2 H_2}{H_T}$$

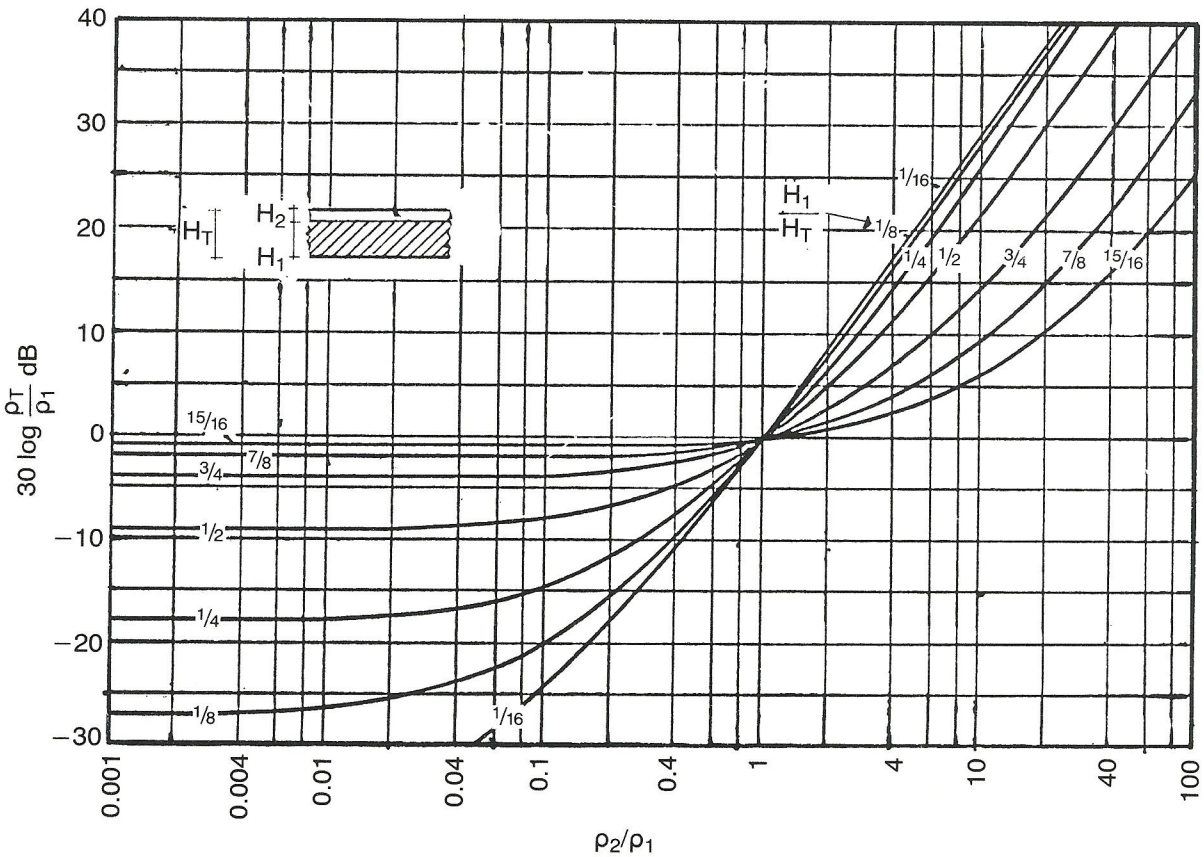
- lijnstuk c:
Voor lijnstuk c geldt:

$$R = R_{plateau} + 25 \log \frac{f}{f_g}$$

De theoretische geluidisolatie-grafiek van de samengestelde plaat is nu bepaald.



Afbeelding 32.

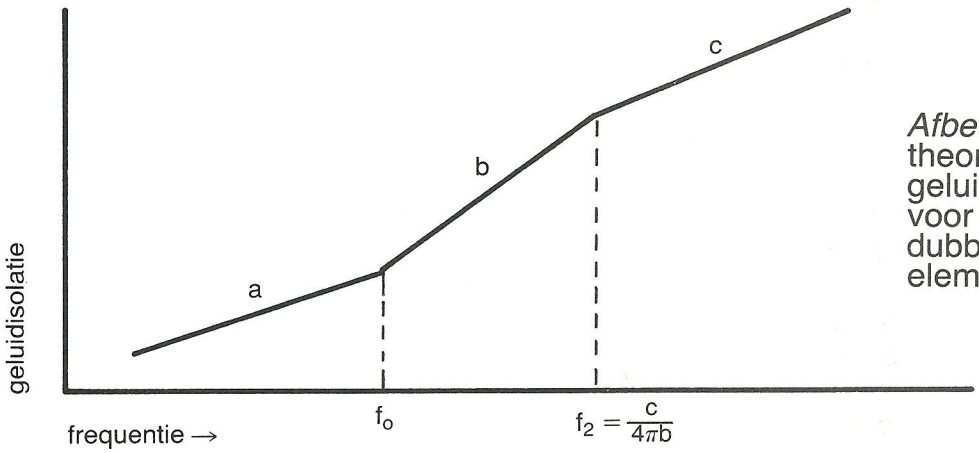


Afbeelding 33.

7.3. Dubbelwandige elementen.

Wanneer de luchtlaag van de spouw geen stijfheid zou bezitten, zou de geluidisolatie van een dubbele wand ongeveer de som van de geluidisolaties van beide spouwbladen zijn. Doordat de spouwlucht als trillingsveer werkt is dat niet zo.

Teneinde de geluidisolatie van dubbelwandige elementen met absorberend materiaal te voorspellen, kan van onderstaande grafiek worden uitgegaan, waarbij geen koppeling tussen de spouwbladen is verondersteld.



Afbeelding 34: theoretische geluidisolatie-kurve voor dubbelwandige elementen

f_o = de resonantie-frequentie; $f_o = 60 \sqrt{\frac{1}{b}\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right)}$

c = snelheid van het geluid in de lucht (340 m/sec.)
b = de afstand van de spouwbladen in m.
m_1 en m_2 = het gewicht per m^2 van de spouwbladen (kg/m^2).
f_2 = de frequentie waarboven de geluidisolatie met 12 dB per oktaaf toeneemt.
f = de frequentie die beschouwd wordt.

- lijnstuk a
Voor lijnstuk a geldt dat de geluidisolatie gelijk is aan:

$$R = 20 \log (m_1 + m_2) + 20 \log \frac{f}{250}$$

- lijnstuk b
Voor lijnstuk b geldt dat de geluidisolatie met 18 dB per oktaaf toeneemt.

- lijnstuk c
Voor lijnstuk c geldt, dat de geluidisolatie met 12 dB per oktaaf toeneemt.

De ontwerpkriteria voor dubbelwandige elementen zijn:

1 $f_o < 100$ Hz
2 f_g (de grensfrequentie) van de spouwbladen afzonderlijk groter dan 2000 Hz en verschillend van elkaar.

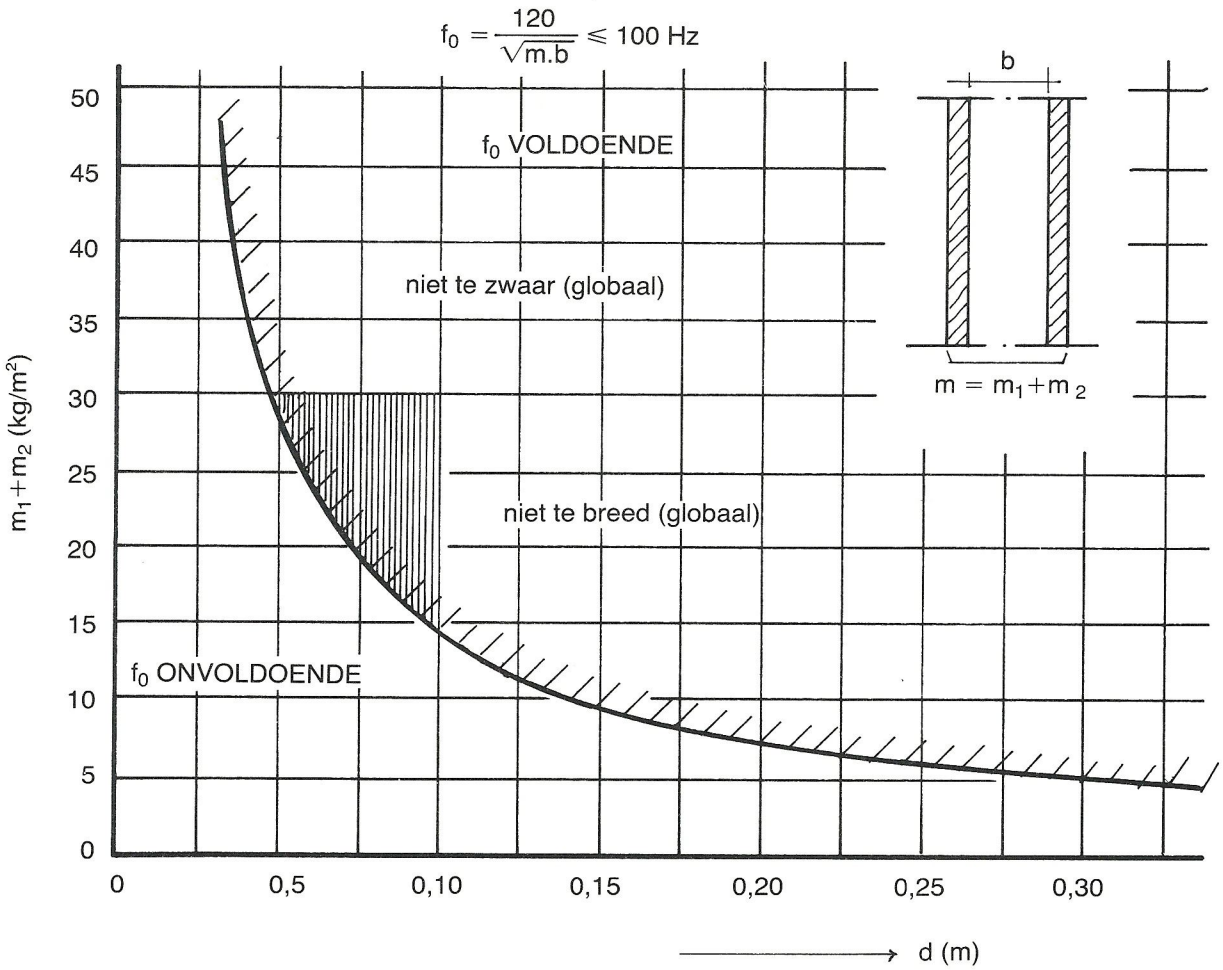
$$(f_g. = 6{,}25 \times 10^4/b \sqrt{\frac{E}{\rho}})$$

3 Spouwresonanties voorkomen door het toepassen van absorberend materiaal in de spouw.

Uit afbeelding 34 blijkt dat een lage resonantie-frequentie noodzakelijk is om een goede geluidisolatie met een dubbelwandig element te verkrijgen.
De resonantiefrequentie moet < 100 Hz zijn. Onderstaande afbeelding 35 geeft aan bij welke kombinatie van spouwbreedte en gewicht per m^2 van de wand dit wordt bereikt. De figuur geldt alleen als $m_1 = m_2$.

Nu is het zo, dat bij zwaardere spouwbladen de dikte van een wand geringer kan zijn.

Door de toepassing van bladlood echter wordt het gewicht van de spouwbladen hoger, waardoor bij een geringe dikte van een wand toch een lage resonantie-frequentie wordt bereikt.



Afbeelding 35.

Samenvatting

Deze brochure bevat praktische en theoretische informatie waaruit blijkt, dat door de toepassing van bladlood de geluidisolatie van konstrukties zeer sterk kan worden verbeterd door de unieke eigenschappen van bladlood.
In een tijd waarin meer eisen aan het woon- en werkkomfort worden gesteld dient aan een goede geluidisolatie van de woon- en werkomgeving veel aandacht te worden besteed zoals de Wet Geluidhinder onder andere voorschrijft.

De Stichting Informatiecentrum Bewerkt Lood is er van overtuigd met deze brochure bij te dragen tot uitbreiding van de mogelijkheden om goed geluidisolerende konstrukties te ontwerpen.

Voor verdere informatie op dit gebied kunt u zich wenden tot bovengenoemde Stichting, welke steunt op de aanwezige kennis van de Nederlandse Bladloodindustrie.

Deze uitgave is in overleg met de Stichting Bouwlood (vh Stichting Informatiecentrum Bewerkt Lood) digitaal zeker gesteld en beschikbaar gesteld door:

LOOD.NU

Lood.nu - Voor alles wat van Lood is!
Pieter Zeemanweg 121
3316 GZ DORDRECHT
Tel: 078-6176833
Fax: 078-6184548

www.lood.nu