

Mineralull- akustiske egenskaper

I de fleste bygninger som oppføres i dag inngår mineralull som et meget viktig byggemateriale til termisk isolering av yttervegger, golv og tak, men i vesentlig grad også til akustisk avdempning i rom. Dette gjelder undervisningslokaler, kontorer, konsertsaler, verksteder o.s.v. I lyd-isolerende konstruksjoner inngår mineralullen som en viktig bestanddel; dette gjelder spesielt lette, delte konstruksjoner, hvor mineralullen kan bidra med 10–15dB forbedring uten å øke konstruksjonens tykkelse forøvrig. I praktisk hensende synes det imidlertid ofte å råde tvil om hvilke typer og hvorledes mineralullen skal brukes. Man ser ofte når det gjelder lydisolierende konstruksjoner at det benyttes tunge og kostbare matter hvor man ville oppnå samme resultat med en lett og langt rimeligere matte. Man ser også at det benyttes mineralull til tetting av sprekker og hull i den tro at det oppnås god tetting. Uten en forsegling av hullet vil resultatet som regel bli dårlig. I slike tilfeller vil f.eks. plastisk fuge-masse funksjonsmessig være et langt bedre materiale å bruke, aller helst en kombinasjon av både dytting og forsegling. Et eksempel på dette gjelder fuge mellom karm og vegg ved innsetting av lydisolierende vinduer og dører.

Mineralull

Det er her snakk om to hovedtyper mineralull, glassull (Glava) som lages med hovedbestanddel av glass, og steinull (Rockwool) med hovedbestanddel av stein. Ullen lages ved at glass eller stein i smeltet form slynges ut gjennom fine dyser og på denne måten danner tynne fibre, se fig. 1 og 2.

Ved tilsetning av bindemiddel og med varierende sammenpressing under bestemt herdingsprosess kan oppnås forskjellige tykkelser og kvalitet etter behov.

Som lydabsorbent og lydisolierende sjikt kan mineralullmatten karakteriseres



Fig. 1. Glassull forstørret 25 ganger.

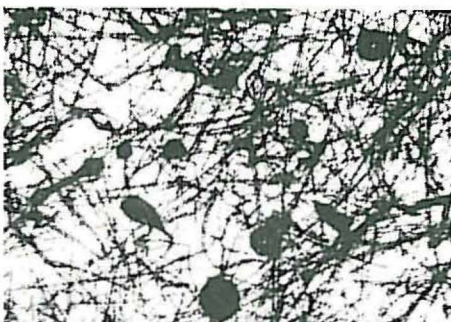


Fig. 2. Steinull forstørret 25 ganger.

ved strømningsmotstand, som avhenger av fibrenes overflate, fiberorientering og tetthet i materialet. Dette måles ved å blåse en konstant og jevnt fordelt luftstrøm gjennom matten og måle trykkfallet. Da strømningsmotstanden er proporsjonal med mattetykkelsen, kan spesifikk strømningsmotstand beregnes. Dette gis ved en empirisk formel.

$$R'_s = 3,18 \cdot 10^3 \cdot \frac{p^n}{d^2} \text{ (rayl/m)}$$

p = materialets tetthet (romvekt) i kg/m^3

d = fiberdiameter i m.

n = en empirisk bestemt faktor som for de aktuelle mineralulltyper ligger i området 1,3–2,0.

Spesifikk strømningsmotstand øker altså med økende romvekt, men vil som nevnt også være avhengig av andre fakto-

rer som fiberdiameteren og orientering av fibrene, slik at to materialer med samme romvekt kan ha ulik strømningsmotstand. Et tynnfibret materiale gir høyere spesifikk strømningsmotstand enn et tykkfibret.

Fig. 3 viser R'_s som funksjon av romvekt for standardprodukter fra A/S Glavaprodukter og Elkem-Rockwool. Spesifikk strømningsmotstand som funksjon av tetthet (romvekt) for de vanligste mineralulltyper på det norske marked, glassull (Glava) og steinull (Rockwool).

Eksperimentelle data for spesifikk strømningsmotstand som funksjon av romvekt for glassull og steinull viser at faktoren n er noe forskjellig for de to materialene, hvilket skyldes innflytelse fra andre faktorer enn fibertykkelsen.

De to viktigste akustiske parametre, svekningskoeffisienten som er et mål på demping av lydbølger i materialet, og spesifikk akustisk impedans kan gis som funksjonen av spesifikk strømningsmotstand og lydbølgens frekvens f . Vi skal her ikke komme nærmere inn på dette.

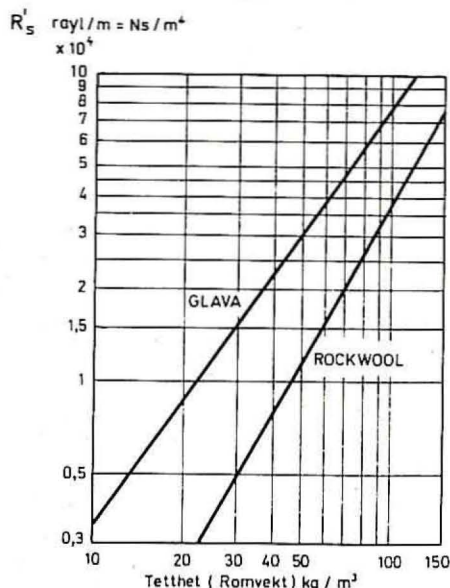


Fig. 3.

Lydabsorbent

Når utstrålt lyd treffer en flate, vil noe av lyden reflekteres, avhengig av overflatens porøsitet m.m., noe av lyden absorberes i materialet og går over til varme, resten overføres gjennom platen.

Refleksjon ved ytterflaten avhenger av platens karakteristiske impedans; når denne nærmer seg luftens karakteristiske impedans, vil refleksjonen nærme seg null. Med en meget tykk plate ($d \rightarrow \infty$) vil all lyd absorberes i platen og ingen lyd komme tilbake. Dette innebærer at ved bruk av meget tykk absorbent (i forhold til lydens bølgelengde, λ) bør man velge en mineralullplate med forholdsvis lav densitet. I praksis er man imidlertid henvist til bruk av mer begrensede tykkelser av absorbenten. Dette gjør at valg av plate-type for å oppnå størst mulig effekt blir mere komplisert.

Er strømningsmotstanden liten, kommer lyden lett inn i absorbenten. Men da blir lyd tapet inne i absorbenten lite, og en stor del av lyden reflekteres ut. Absorbisjonen blir dårlig.

Stor strømningsmotstand bevirker at innfallende lyd reflekteres ved grensflaten uten å komme inn i absorbenten. Selv om det som kommer inn i absorbenten absorberes sterkt, blir resultatet en dårlig absorbisjon.

Ved bruk av f.eks. mineralull av tykkelse 25 mm og 50 mm tett inn til en vegg, har man funnet at gunstigste romvekt for Glava bør være 70 henholdsvis 35 kg/m³ og for Rockwool 120 henholdsvis 70 kg/m³ for å oppnå den gjennomsnittlig høyeste absorbisjon. Ved å høyne eller minske strømningsmotstanden kan absorbisjonen forbedres noe ved lave henholdsvis høye frekvenser. Fig. 4 og 5 viser måleresultater av 50 mm og 100 mm mineralull av forskjellig merke

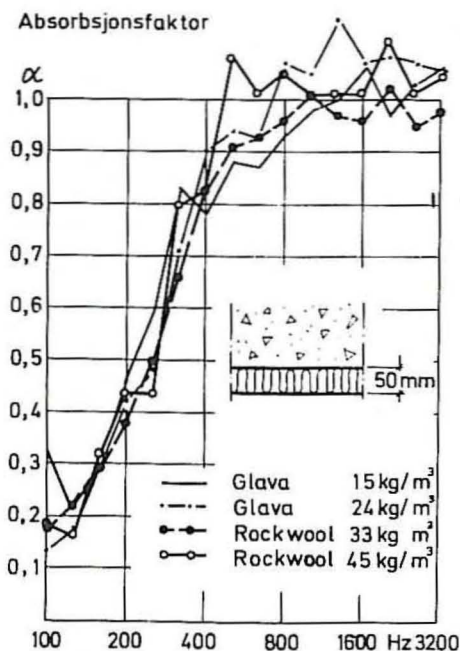


Fig. 4.

og densitet monteret mot en stiv vegg. Prismessig kan f.eks. Glava 15 kg/m³ og Rockwool 33 kg/m³ betraktes som likeverdige

Ved en hård veggflate hvor lyden reflekteres tilbake er partikkelhastigheten 0. Dette innebærer at strømningsmotstanden er mindre virksom i nærheten av en stiv vegg. En 25 mm tykk absorbent f.eks. har her en strømningsmotstand som er bare 1/3 av den optimalt mulige. For å kompensere for denne ulempen kan en tynn absorbent flyttes ut fra veggflaten. En tilnærmet likeverdig absorbisjon oppnås da for frekvenser:

$$f > \frac{C_0}{4\ell} = \frac{85}{\ell}$$

C_0 = lydens hastighet i luft 340 m/sek
 ℓ = avstand fra veggflaten i m.

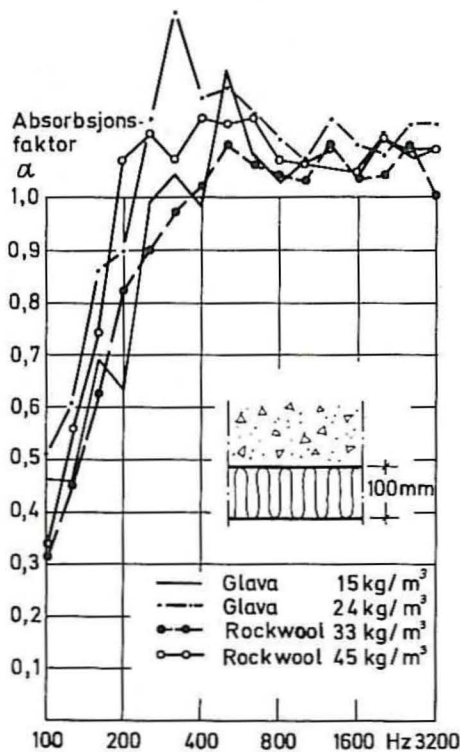


Fig. 5.

Absorbentens strømningsmotstand bør i dette tilfellet ligge i området mellom 1–2 ganger luftens karakteristiske impedans $\rho_0 \cdot C_0$, hvor ρ_0 = luftens densitet kg/m³ og C_0 = lyd hastighet i luft. Dette vil si at for 25 mm Glava bør romvekten være 33–55 kg/m³ og for Rockwool 65–95 kg/m³. Som oftest vil det lønne seg å øke tykkelsen på absorbenten fremfor en utlekking. Dette er imidlertid et prisspørsmål som må tas opp i hvert enkelt tilfelle.

For en fritthengende absorbent (baffel) vil under bestemte forutsetninger, som vi ikke skal komme nærmere inn på, 1/4 av energien reflekteres, 1/4 transmitteres gjennom absorbenten og 2/4 absorberes. Da en fritthengende absorbent

tillater lydinnfall fra to sider istedet for en som for en veggabsorbent, kan man imidlertid si at maksimalabsorbisjon blir 2·0,5, altså 1,0. Absorbentens strømningsmotstand bør da ligge mellom 2–4 ganger luftens karakteristiske impedans. For en 75–100 mm tykk absorbent vil dette si at glassull bør ha densitet mellom 20–33 kg/m³ og steinull 40–65 kg/m³.

Mineralullens betydning i lette, lydisolierende konstruksjoner.

Den lydreduksjon som oppnås, f.eks. gjennom en lett plateledd vegg, avhenger av flere faktorer. Dette gjelder selve plateledningens egenskaper, innbyrdes avstand mellom platene, i hvilken grad det er kontakt mellom disse og til sist selve hulrommet om dette er avdempet eller ikke. Selve plateledningen bør være tung, tynn og lite stiv, slik at dens såkalte koincidensfrekvens ligger utenfor det frekvensområdet vi ønsker å beskytte oss mot. I praksis gjelder dette stort sett gipsplater, sponplater eller harde trefiberplater som bør ha en tykkelse på 10–13 mm. Da stivheten øker raskere enn vekten ved økende platetykkelse, er det fordelaktig å bruke to eller flere lag plater mot hverandre. Når platene ikke limes sammen, økes flatevekten uten at stivheten økes i nevneverdig grad.

Direkte forbindelse mellom plateledningen på hver side gjennom et stivt stolpeverk, f.eks. trestendere, er ugunstig i forhold til f.eks. tynne stålplateprofiler eller når plateledningen er helt adskilt på separate stenderverk. Dette er av spesiell betydning for midlere og høye frekvenser som lett overføres fra den ene plateledningen til den andre via stolpeverket.

Når to lydisolierende sjikt monteres i nærheten av hverandre, vil total lydreduksjon ikke bli summen av de to sjiktene hver for seg. Dette skjer bare når det er flere meter avstand mellom dem. Når

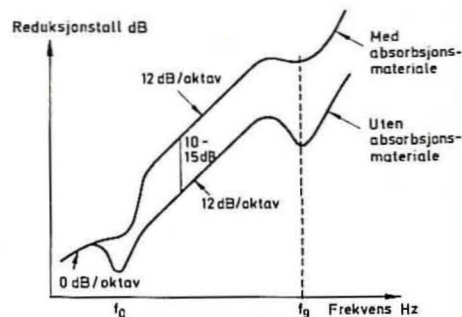


Fig. 6. Typiske forløp for reduksjonstallet i avhengighet av frekvens ved dobbelt platevegg med og uten absorbisjonsmateriale mellom platene. Dobbeltveggresonansen er angitt ved f_0 , koincidensfrekvensen (grensefrekvensen) ved f_g .

sjiktene nærmer seg hverandre, vil det oppstå resonans som vil avhenge av hulromsbredden og sjiktens egenskaper, stivhet og tyngde. Ved en bestemt frekvens, selve konstruksjonens egenfrekvens, kan man således oppnå at lydisoleringen blir dårligere når to sjikt står i nærheten av hverandre enn med bare ett av sjiktene alene. Denne egenskapen avhenger av kledningens vekt på hver side ($m + m$) kg/m^2 og den innbyrdes avstanden mellom sjiktene, d cm.

For lyder med lavere frekvens enn veggens egenfrekvens gir veggens samme luftlydisolering som en enkel vegg med samme flatevekt. Men for lydbølger med høyere frekvens enn veggens egenfrekvens isolerer dobbeltveggen bedre.

For å dempe resonansvirkninger i hulrommet i en slik vegg er det fordelaktig å fylle hulrommet med en lydabsorbent. Absorbentens funksjon er da først og fremst å redusere den akustiske kobling mellom platene og hindre at det bygger seg opp høye lydtrykk i hulrommet. Når absorbenten fyller hele luftspalten, bør

den ikke ha en stivhet som overskrider luftfjærens. Dette begrenser densiteten oppover til ca. 150 kg/m^3 .

Av mineralullens absorpsjonsfaktor fig. 4 og 5, ser man at denne øker i bestemte frekvensområder med økende tykkelse, men ikke nevneverdig med økende densitet.

Direkte lydreduksjon gjennom selve mineralullen bidrar lite til selve konstruksjonens lydreduksjon unntatt ved koinidens, ved lekkasje i platekledningen og ved unormalt stor avstand mellom platekledningene.

Dette kan forsåvidt sammenlignes med en kompakt betongvegg med utlekket lydstrålingsminskende platekledning på hver side og med mineralull i hulrommene. Betongveggen i midten kan i og for seg fjernes og erstattes med mineralull og man vil få omtrent samme lydredusjonstall for veggene.

Fig. 7-12 viser et utvalg av veggtyper med mineralull av varierende densitet og tykkelse hentet fra målinger i laborato-

rium. Variasjoner på 1 a 2 dB behøver ikke å skyldes absorbenten i hulrommet, man kan like gjerne skyldes innspenningsforhold ved montasje av veggene når dette er utført i forskjellige laboratorier av forskjellige personer. Av denne grunn er satt klave om måleresultater fra samme sted og som direkte kan sammenlignes. Resultatene bekrefter det som er nevnt foran, at mineralullens densitet har liten innflytelse på måleresultatet. Tykkelsen av mineralullen og om hulrommet er helt fylt, synes å ha større betydning. Dette gjelder spesielt dobbeltvegger med adskilt stenderverk og enkel platekledning på begge sider.

Ved valg av mineralull skulle det således ikke være nødvendig å velge ut fra densitet. Hulrommet i delte, lydisolerende lettvegger bør imidlertid fylles helt med mineralull for å oppnå full effekt av veggene. Ytterligere forbedring kan oppnås ved å bruke dobbel platekledning på en side av veggene, mens en ekstra plate også på andre siden, har ingen betydning for resultatet.

Fig. 7.

Uten masse i hulrom			Rm
Glava	50 mm	15 kg/m^3	34 dB
Glava	100 mm	15 kg/m^3	37 dB
Rockwool	100 mm	33 kg/m^3	41 dB
Rockwool	100 mm	70 kg/m^3	38 dB
Rockwool	100 mm	70 kg/m^3	40 dB

Fig. 8.

			Rm
Glava	100 mm	12 kg/m^3	52,5 dB
Glava	100 mm	15 kg/m^3	55 dB
Rockwool	2x50 mm	33 kg/m^3	48 dB
Rockwool	2x50 mm	45 kg/m^3	51 dB
Rockwool	2x30 mm	70 kg/m^3	54 dB

Fig. 9.

			Rm
Uten matte		Enkel platekl.	38 dB
Uten matte		Dobbel platekl.	43 dB
Glava	50 mm	Dobbel platekl.	50 dB
Glava	60 mm	Dobbel platekl.	48,5 dB
Rockwool	30 mm	Dobbel platekl.	48 dB

Fig. 10.

			Rm
Uten matte			43 dB
Glava	30 mm	15 kg/m^3	51 dB
Glava	60 mm	15 kg/m^3	51 dB
Glava	100 mm	15 kg/m^3	50 dB
Rockwool	30 mm	33 kg/m^3	321
Rockwool	50 mm	33 kg/m^3	321
Rockwool	90 mm	33 kg/m^3	321
Rockwool	90 mm	45 kg/m^3	A
			50,6 dB
			50,9 dB
			53,4 dB
			53 dB

Fig. 11.

			Rm
Glava	60 mm	15 kg/m^3	57 dB
Glava	100 mm	15 kg/m^3	58 dB
Rockwool	30 mm	33 kg/m^3	321
Rockwool	50 mm	33 kg/m^3	321
Rockwool	90 mm	33 kg/m^3	321
Rockwool	2x50 mm	45 kg/m^3	321
			53,1 dB
			55,1 dB
			56,5 dB
			57 dB

Fig. 12.

Uten mineralull i hulrom			Rm
Glava	20 mm	15 kg/m^3	42 dB
Glava	75 mm	15 kg/m^3	50 dB
Glava	175 mm	15 kg/m^3	53 dB
Glava			56 dB

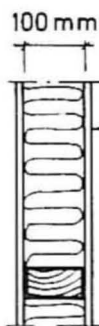


Fig. 7.

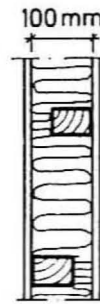


Fig. 8.

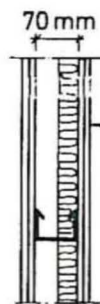


Fig. 9.

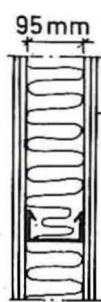


Fig. 10.



Fig. 11.

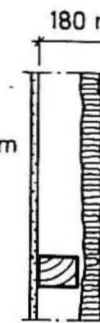


Fig. 12.