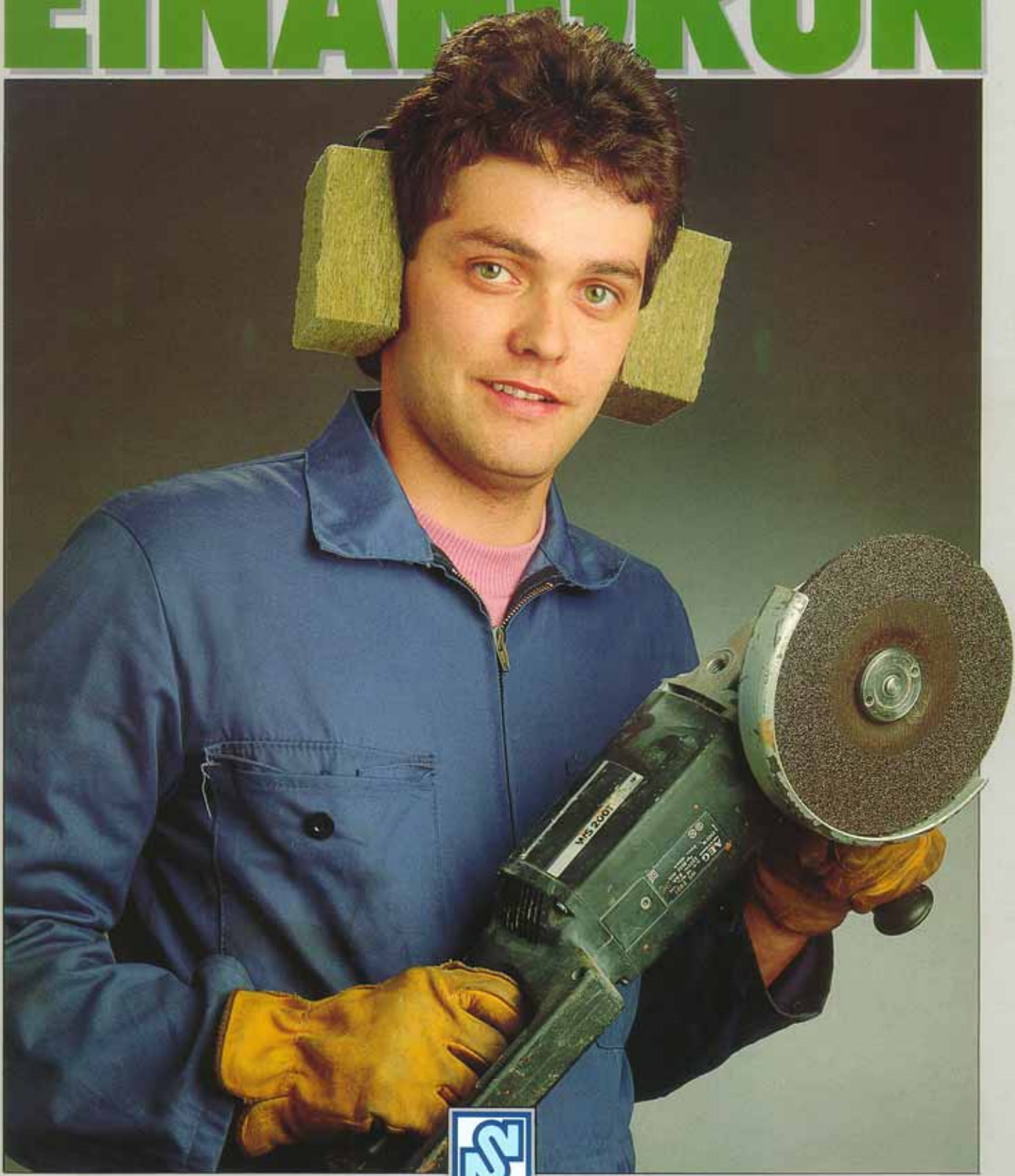


hljóð

EINANGRUN



STEINULLARVERKSMIÐJAN HF

HÁVAÐAVARNIR OG HLJÓÐEINANGRUN

LEYSIÐ VANDAMÁLIN MEÐ STEINULL.

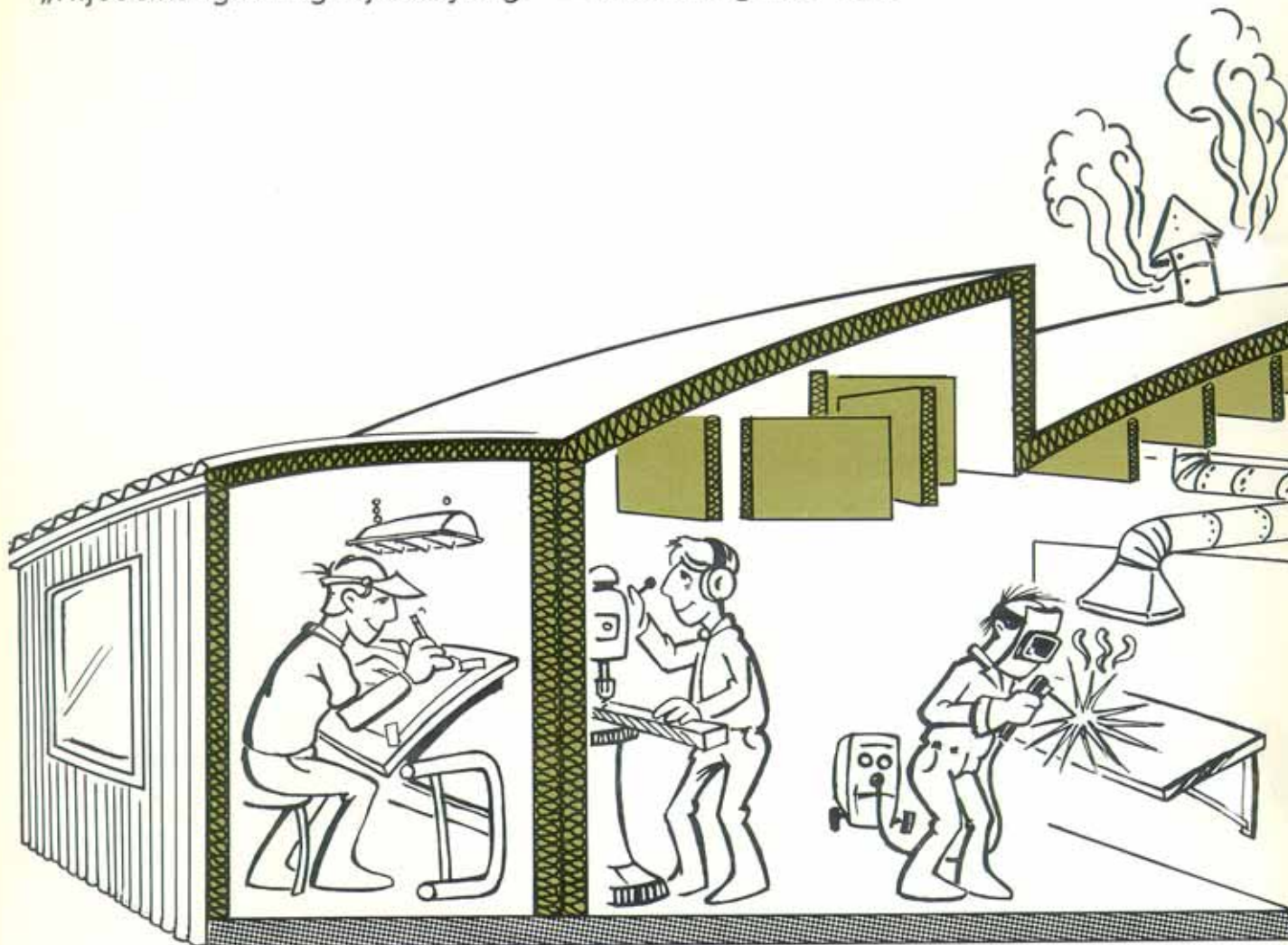
Lesefni á íslensku um hávaðavarnir og hljóðeinangrun:

„Hávaðavarnir. Lögmál og leiðbeiningar.“ – Vinnueftirlit ríkisins 1985.

„Hljóðtæknifræði.“ – Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins 1976.

„Rb-tækniblöð“ um hljóðeinangrun – Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins.

„Hljóðeinangrun og hljóðdeyfing.“ – Iðnskólaútgáfan 1980.



SKILVEGGIR

Hljóðeinangrandi veggir skipta vinnusal í rými þar sem hávaðinn er mismikill. Veggurinn nær þá frá gólfi og upp í loft. Gæta þarf vel að öllum þétt-
ingum og hindra hjáleidslu hljóðs fram hjá veggnum.

HLJÓÐÍSOG

Með því að koma steinull fyrir í lofti og á veggjum má draga úr hávaða við endurkast. Þetta leiðir til:

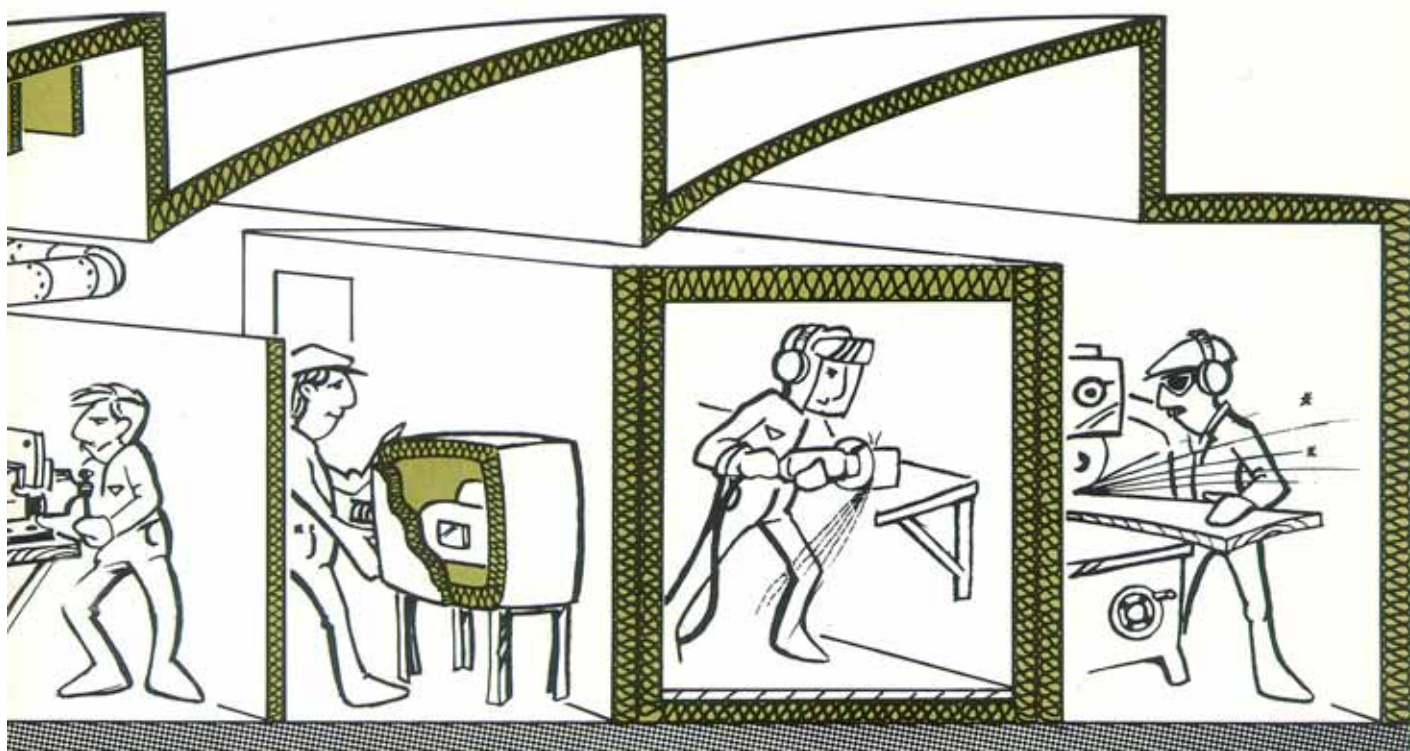
- Styttri ómtíma í salnum
- Lægra hljóðstigs
- Betri talgreinanleika

SKERMAR

Með skermum má draga úr hljóðdreifingu milli vinnu-
svæða. Hafa þarf í huga að:

- Skermur sé eins nálægt hávaðagjafa og unnt er.
- Skermhlið gegnt hávaðagjafa sé hljóðisogandi.
- Loft yfir skermum sé hljóðisogandi.

Kafli 1	HLJÓÐ OG HEYRN	bls.	2– 3
Kafli 2	HLJÓÐÍSOG	bls.	4– 6
Kafli 3	HLJÓMBURÐUR	bls.	7– 8
Kafli 4	HÁVAÐAVARNIR	bls.	9–11
Kafli 5	HLJÓÐDEYFING Í LOFTRÆSIKERFUM	bls.	12
Kafli 6	HLJÓÐEINANGRUN	bls.	13–20
Kafli 7	HLJÓÐKRÖFUR	bls.	21–25
Kafli 8	HÖNNUN OG VAL BYGGINGARHLUTA	bls.	26–28
Kafli 9	DÆMI UM SÉRFRÁGANG SKÝRINGAR Á TÁKNUM	bls.	29–32 33



HLJÓÐSKÁPAR

Ef ákveðinn hluti vélar gefur frá sér mestallt hljóðið, má stundum byggja skáp eða kassa utan um þann hluta, til þess að draga úr hávaða. Sömu athugasemdir gilda um hljóðskápa og hljóðbúr.

HLJÓÐRÚR

Ef ein vél eða fáeinir valda mestöllum hávaðanum getur hljóðbúr verið góð lausn. Einnig má snúa þessu við og byggja sérstaka stjórnklefa, verkstjórabúr o.s.frv. og loka hávaðann úti.

- Búrið verður að vera þétt, lokað og helst hljóðdeyft að innan.
- Ef op eru nauðsynleg, ættu þau að vera eins lítil og unnt er og helst með hljóðgildru.

FLJÓTANDI GÓLF

Í vissum tilvikum eru svokölluð fljótandi gólf nauðsynleg, einkum þar sem kröfur um hljóðeinangrun eru miklar eða ef hætta er á því að hávaði frá vélaundirstöðum berist í burðarvirki hússins og dreifist sem stofnhljóð.

1. HLJÓÐ OG HEYRN

Hljóð í lofti berst frá hljóðgjafa sem sveiflast og kemur af stað þrýstingsbylgju sem breiðist út sem bylgjuhreyfing. Þrýstingsbylgjurnar skella á hljóðhimnunnni og framkalla taugaþóð í innra eyranu, sem berast til heilans og gefa heyrnarskynjunina.

Eyrað skynjar bæði styrk hljóðsins og tíðni (tónhæð). Tíðnigreining eyrans er nokkurn veginn lógaritmísk (sbr. áttundir í tónlist) og er því jafnan notaður lógaritmískur tíðnikvarði fyrir hljóð.

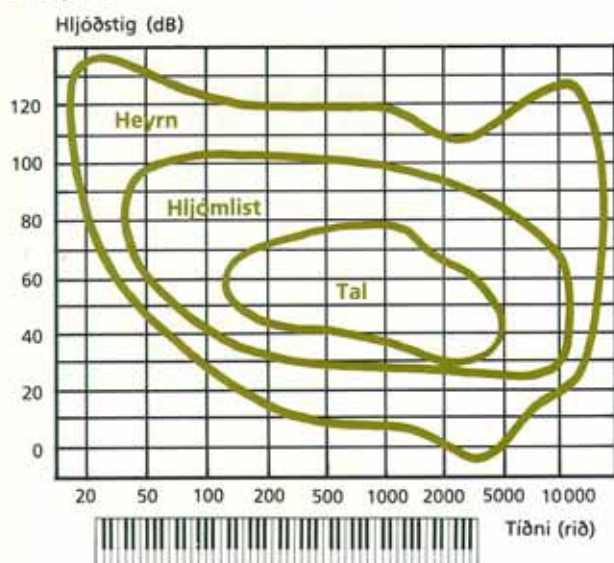
Tíðni er mæld í sveiflum á sekúndu sem einnig kallast *rið*. Ungt fólk heyrir að jafnaði hljóð á bilinu 20 – 20.000 rið, en efri mörkin lækka nokkuð með aldrinum.

Styrkleikagreining eyrans er virk á ótrúlega breiðu sviði. Þannig er munurinn á veikasta og sterkasta greinanlegu hljóði u.þ.b. 10^{12} miðað við hljóðaflíð (þ.e. billjón sinnum meira hljóðafl í því sterkasta en því veikasta).

Venjulegur línulegur kvarði er því augljóslega fremur óhentugur fyrir hljóðstyrk. Því er lógaritmískur kvarði einnig notaður fyrir styrk. Sérstök eining er skilgreind fyrir hljóðstyrk og nefnist hún *desibel* (dB). Þessi eining er valin þannig að 0 dB er u.þ.b. veikasta greinanlegt hljóð og 120 dB verða þá u.þ.b. það sterkasta.

Næmi eyrans er töluvert misjafnt við mismunandi tíðni, og á mynd 1 er heyrnarsvið eyrans sýnt (meðaltal margra manna). Eins og sjá má er næmi eyrans mest milli 1000 og 5000 riða en minnkar bæði við hærri og lægri tíðni.

Hljóð með lægri tíðni en 20 rið nefnist innhljóð en hljóð með hærri tíðni en 20000 rið úthljóð.

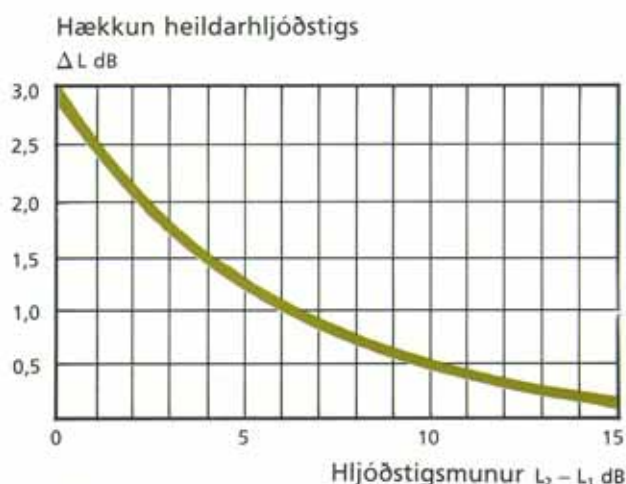


Mynd 1

Staðlað tíðnisvið í hljóðeinangrunarmælingum er 100 – 3150 rið og til frekari glöggvunar má nefna að tónsviðið á nótnaborði píanós er ca. 25 – 4000 rið.

Minnsta hljóðstigsbreyting sem eyrað getur numið er u.þ.b. 1 dB, en eyrað metur 10 dB breytingu sem u.þ.b. tvöföldun á hljóðstyrk.

Hins vegar er samanlagður hávaði frá tveimur jafnsterkum hávaðavöldum 3 dB meiri en hávaðinn frá hvorum þeirra fyrir sig. Sjá nánar á mynd 2.



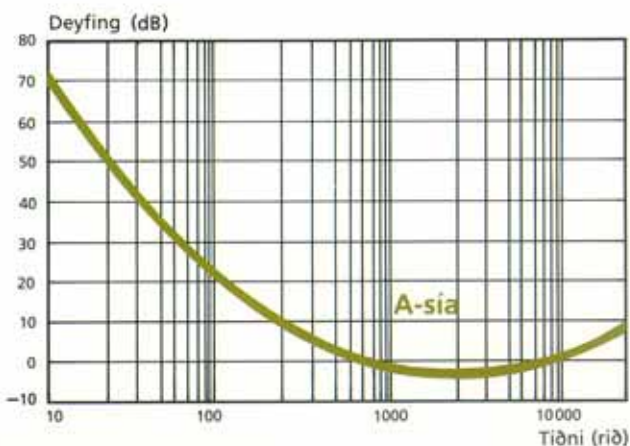
Samlagning hljóðstigs tveggja hávaðagjafa
Heildarhljóðstig = $L_2 + \Delta L$

Mynd 2

Til þess að eiginleikar einhvers ákveðins hljóðs séu vel þekktir, þarf að mæla styrk þess við mismunandi tíðni og fæst þá *róf* hljóðsins, sem sýna má á línuriti svipuðu mynd 1.

Þó er æskilegt að geta lýst hljóðinu á einfaldari hátt, helst með einni tölu. Þetta er reynt að gera með mælitækjum sem mæla hljóð með svonefndri A-síu og mælt hljóðstig er þá gefið upp í einingunni *dB (A)*.

Í stuttu máli virkar þessi sía þannig að hljóðið er deyft mismikið við misháa tíðni og þannig reynt að líkja eftir næmikúrfu eyrans. Deyfing A-síu er sýnd á mynd 3 og ef hún er borin saman við mynd 1, má sjá að hún líkist mjög kúrfunni sem sýnir neðri mörk heyrnarinnar.

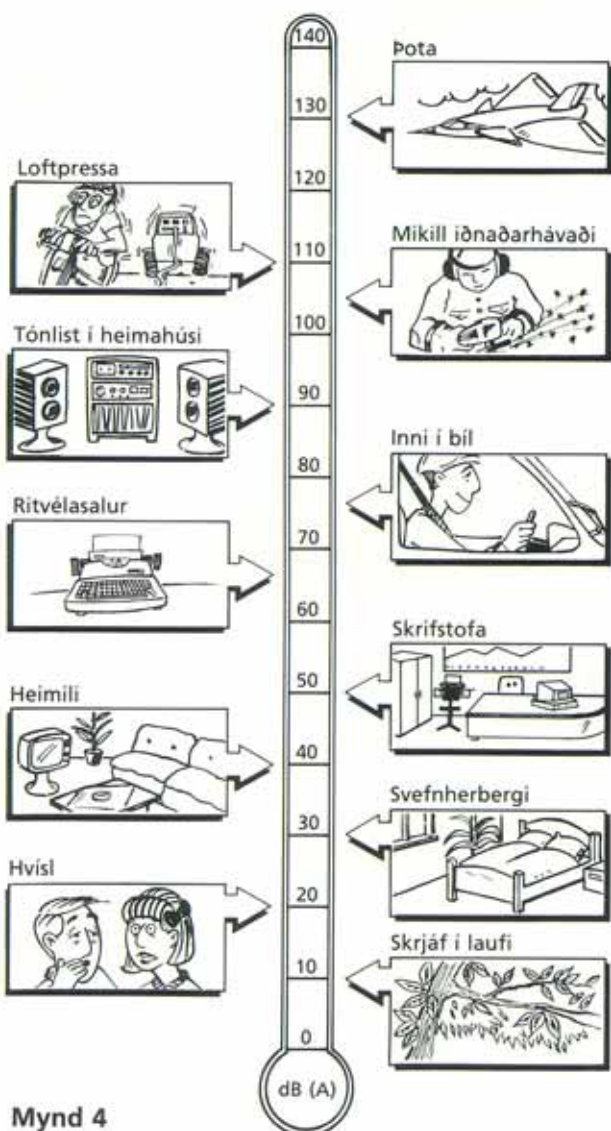


Mynd 3

Reynslan hefur sýnt að hljóðstig sem mælt er í dB (A) er unnt að nota sem mælikvarða á þá truflun sem menn telja sig verða fyrir af völdum hávaða. Reglur um truflandi hávaða eru því yfirleitt settar sem hávaðamörk í dB (A).

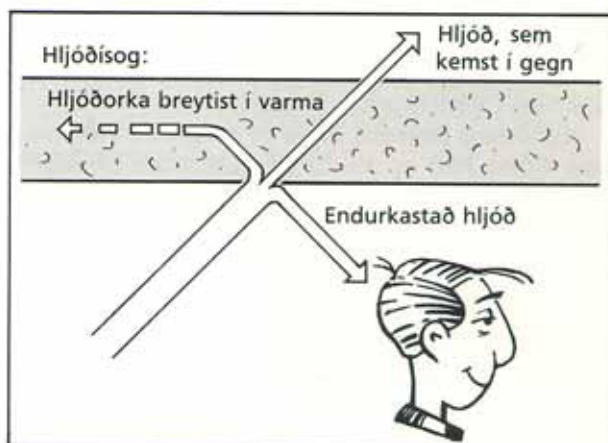
Hljóðstig í dB (A) hefur einnig reynst vera allgóður mælikvarði á hættu á heyrnarskemmdum af völdum hávaða. Þannig er talin ástæða til þess að óttast heyrnarskemmdir af völdum hávaða, ef hávaði á vinnustað er meiri en 85 dB (A).

Mynd 4 ætti að gefa nokkra hugmynd um það hvað einstakar hávaðatölur í dB (A) þýða í raun og veru.



Mynd 4

Hljóðbylgja sem breiðist út í herbergi lendir fyrr eða síðar á einhverjum fleti eins og lofti eða veggjum. Hluti hljóðorkunnar í bylgjunni endurkastast þá aftur inn í herbergið. Annar hluti breytist í varma sem flöturinn tekur upp og kallast þetta fyrirbæri *hljóðísog*. Það sem eftir er af hljóðorkunni fer hins vegar í gegn um flötinn yfir í næsta herbergi.



Mynd 5

Myndin hér að ofan lýsir vel muninum á *hljóðeinangrun* og *hljóðísogi*.

Gljúp efni eins og steinull eru góð hljóðísogsefni. Þau taka upp tiltölulega mikið af hljóðorkunni og breyta henni í varma og lítið endurkastast aftur inn í herbergið. Efnin eru hins vegar svo gljúp og opin að nokkuð af hljóðinu kemst í gegn. Þessi efni eru því ekki vel til þess fallin að byggja úr þeim einum sér t.d. hljóðeinangrandi vegg milli herbergja.

Til þess að stöðva hljóðið þannig að sem minnst fari yfir í næsta herbergi þarf þétt og þung efni. Steinsteypa er dæmi um slíkt efni. Steinsteypur veggur endurkastar tiltölulega stórum hluta hljóðorkunnar en hljóðísog er næstum ekkert og lítið berst yfir í næsta herbergi.

Ekki er nægjanlegt skilyrði fyrir góðum hljóðísogseiginleikum að efni hafi mikið af holrúmunum. Þessi holrúm verða að vera opin svo að hljóðið komist inn í þau. Einangrunarplast sem er með mikið af lokuðum holrúmunum er t.d. ekki gott hljóðísogsefni.

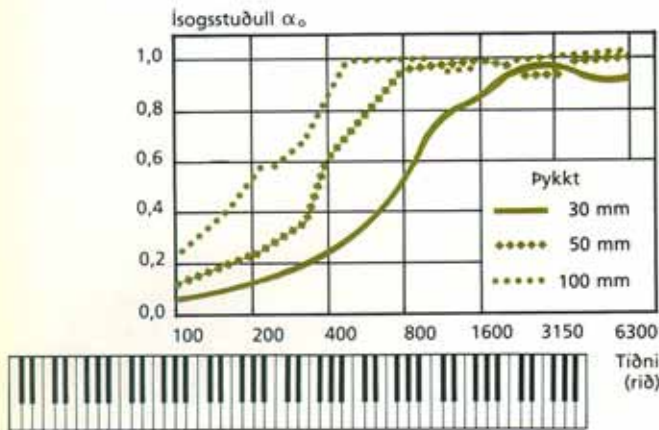
2. HLJÓÐÍSOG

Hljóðisogsefnum má skipta gróflega í tvo flokka, annars vegar gljúp ísogsefni og hins vegar efni sem gefa svo kallað samhljóms-ísog.

GLJÚP ÍSOGSEFNI

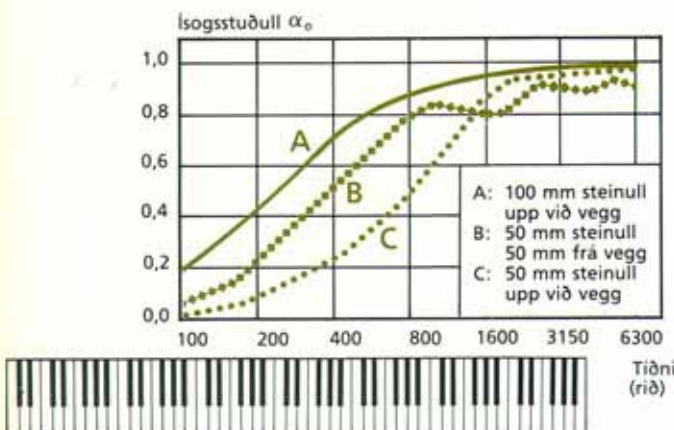
Gljúp ísogsefni eru með samhangandi eða opin holrúm. Hreyfing loftins í efninu takmarkast af þráðum efnisins og hljóðorkan breytist í varmaorku.

Hljóðisog þessara efna er misjafnt við mis-háa tíðni. Það er mikið við háa tíðni en síðan dregur úr því með lækkandi tíðni. Aðrir þættir koma þó einnig inn í myndina einkum þykkt efnisins, sbr. mynd 6.



Mynd 6

Myndin hér að ofan á við um ísogsefni upp við vegg eða annan harðan flöt. Svipuðum áhrifum eins og fást með því að þykkja ísogsefnið má ná með því að flytja það nokkrun spöl frá harða fletinum. Dæmi um þetta er sýnt á mynd 7.



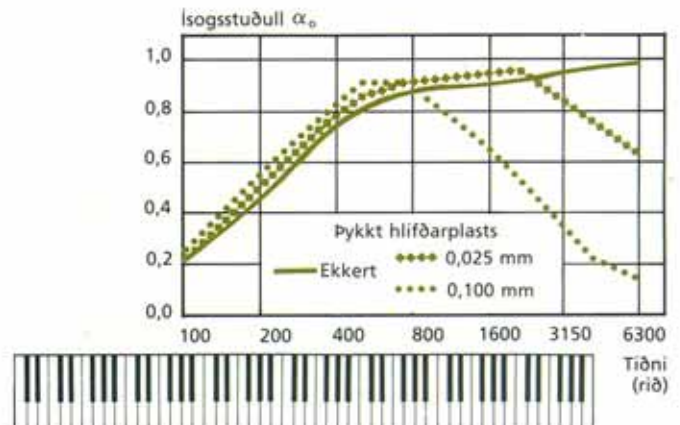
Mynd 7

Oft á tíðum er nauðsynlegt að sjá gljúpum ísogsefnum fyrir sérstöku yfirborði til hlífðar. Þetta má gera með því að mála yfirborðið eða með sérstökum dúk eða annarri hlífðarklæðningu.

Ef vissum skilyrðum er fullnægt má komast hjá því að breyta hljóðisogseiginleikum nema að litlu leyti. Plastdúkur hefur lítil áhrif ef hann er þynnri en ca 0.03 mm og sama má segja um álpappír þynnri en ca. 0,01 mm. Gataplötur hafa líka lítil áhrif ef flatarmál gatanna er meira en ca 20% af heildarflatarmáli.

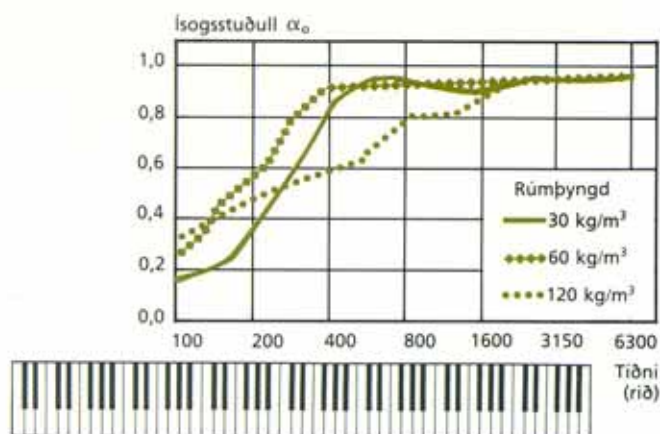
Þykkara eða þéttara yfirborð minnkar hljóðisogsetuna við háa tíðni en getur hins vegar aukið hana lítillega við lægri tíðni. Málningarlag hefur sömu áhrif og plastdúkur og lag af þykkri málningu sem borið er á með rúllu getur alveg eyðilagt ísogsetu gljúpra efna.

Erfitt er að nýta hljóðisogseiginleika steinullar sem notuð er sem hitaeinangrun t.d. í þaki, því öflugt rakavarnarlag þarf að koma innan á hitaeinangrunina og það eyðileggur hljóðisogsetuna við háa tíðni. Stundum er þó hægt að hafa ca. ¼ hitaeinangrunarinnar innan við rakavarnarlagið og nýta þann hluta bæði sem hljóðisogsefni og hitaeinangrun.

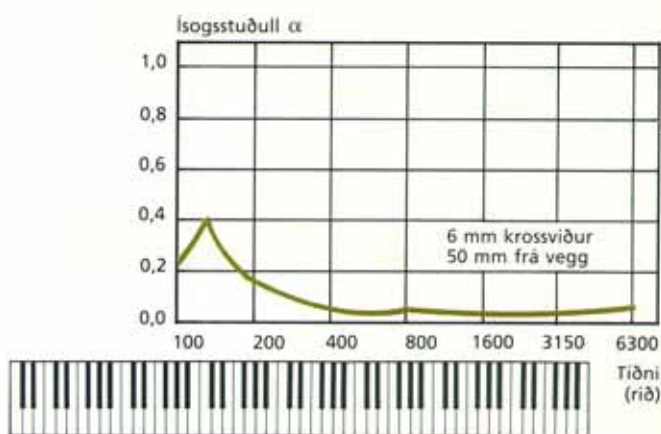


Mynd 8

Oft er spurt um áhrif mismunandi rúmþyngdar á hljóðdeyfieiginleika steinullar. Á mynd 8 eru sýndar niðurstöður samanburðarmælinga á þessum þætti. Sjá má að aukin rúmþyngd bætir bassaisogið en ef rúmþyngdin verður mjög mikil dregur hins vegar úr ísogsetunni við meðalháa tíðni. Hljóðisog við háa tíðni er í öllum tilvikum mjög mikið. Segja má að steinull með rúmþyngd nálægt 60 kg/m³ hafi einna bestu hljóðisogseiginleika en bæði léttari og þyngri ull sé þó vel nothæf.



Mynd 9

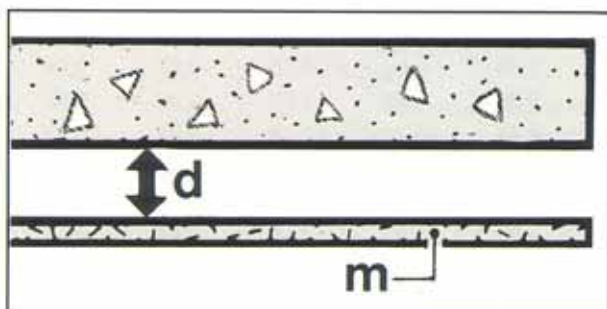


Mynd 11

SAMHLJÓMS-ÍSOG

Grundvallarmunur er á samhljóms-ísogi og ísogi gljúpra efna. Samhljóms-ísog fæst ekki með eiginlegum ísogsefnum heldur er alltaf um einhvers konar kerfi að ræða með **fjaðrandi massa**. Þetta kerfi sveiflast ýmist frjálst með sinni ákveðnu samhljómstíðni („resonans“) eða er þvingað til þess að sveiflast við aðra tíðni.

Ágætt dæmi um ísogskerfi af þessari gerð er þétt plata (spónaplata, gipsplata eða jafngilt) með ákveðnu lokuðu loftrými á bak við. Hér er það innilokaða loftið sem myndar fjöðrina (sbr. innilokað loft í hjólhestapumpu) en platan sjálf er massinn.



Mynd 10

Hljóðbylgjurnar sem skella á plötunni reyna að koma henni á hreyfingu og það er auðveldast við samhljómstíðni kerfisins. Hljóðorkan við þessa tíðni breytist þá í hreyfiorku í plötunni sem aftur breytist í varma, m.a. við núning á plötufestingum.

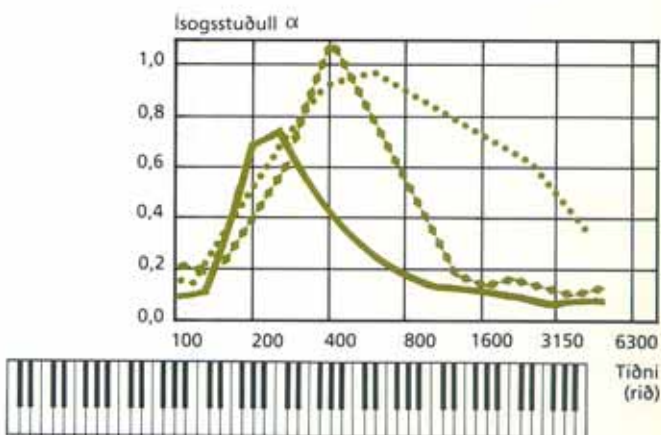
Platan hefur þannig mikla ísogsetu við þessa ákveðnu tíðni en litla við aðra tíðni. Dæmi um ísogsróf af þessu tagi er sýnt á mynd 11.

Samhljómstíðni kerfisins breytist ef massi plötunnar og/eða dýpt loftbilsins breytist. Ísogsgetan eykst ef steinull er látin í holrúmið á bak við plötuna. (Ísogstoppurinn breikkar). Dæmi um venjulega byggingarluta sem virka sem samhljóms-ísogskerfi eru plötuklæddir grindarveggir eða -gólf.

Aðrar gerðir ísogskerfa af þessu tagi eru t.d. gataplötur eða raufapanill með lokuðu loftrými á bak við. Þar er loftrýmið fjöðrin eins og áður en massi kerfisins er nú litli lofttappinn í hverju gati eða rauf. Þar sem massinn er hér miklu minni en massi heillar, þéttar plötu er samhljómstíðnin yfirleitt nokkru hærri.

Samhljómstíðnin breytist eins og áður ef dýpt loftbilsins breytist en stærð gatanna og bilið á milli þeirra hefur einnig áhrif. Hér skiptir mjög miklu máli hvort steinull er í holrúminu á bak við plötunna eða ekki.

Á mynd 12 eru sýnd dæmi um ísogsetu nokkurra samhljóms-ísogskerfa.



- Raufapanill með þröngum raufum
- Götuð masónitplata 60 mm frá vegg
- Sama masónitplata en steinull í holrúminu.

Mynd 12

DÆMI UM HLJÓÐÍSOGSSTUÐLA

Með aðstoð töflunnar hér að neðan má reikna út *hljóðísogsflöt* í ákveðnu rými. Mismunandi yfirborðsflötir S_j (m^2) hafa hver sinn hljóðísogsstuðul α_j , og hljóðísog hvers flatar er því $A_j = \alpha_j S_j$.

Í einstaka tilvikum er hentugra að gefa beint upp hljóðísog hvers hlutar A_j fremur en hljóðísog á flatareiningu α_j . Þetta á t.d. við um hljóðísog húsgagna og fólks sem skrifast þá $n_j A_j$, þar sem n_j er fjöldi hluta með ísog A_j .

Andrúmsloftið sjálft hefur einnig nokkra hljóðísogsgetu og kemur það einkum fram í stórum rýmum. Þetta hljóðísog er töluvert breytilegt eftir hlutfallslegum loftraka. Deyfing hljóðbylgjunnar á lengdarmetra er táknuð með m og jafngildur ísogsflötur skrifast sem $4 mV$, þar sem V er rúmmál herbergisins.

Þegar allt hljóðísog rýmisins er lagt saman, fæst heildar-hljóðísogsgetan, sem nefnd er *ísogsflötur* $A(m^2)$:

$$A = \sum \alpha_j S_j + \sum n_j A_j + 4mV$$

Stundum er bætt við eininguna og hún auðkennd sem A (m^2 Sabine) til aðgreiningar frá S (m^2).

Efni	Hljóðísogsstuðlar við tíðnina: (rið)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Slétt steinsteypa, ómáluð	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Slétt steinsteypa, máluð	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Parketgólf límt á stein	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Gólfúkur límdur á stein (vinyl, linoleum eða jafngilt)	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
Vatnsflötur	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Gluggi með venjulegu einangrunargleri	0,10	0,07	0,05	0,05	0,02	0,02
Venjuleg hurð	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
Venjulegur grindarveggur	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
13 mm gipsplata á 25 mm lektum með steinull	0,26	0,20	0,10	0,07	0,04	0,07
Lakkað trégólf á lektum	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Gataplata 7,6% Ø 5 mm á 25 mm lektum með steinull	0,06	0,22	0,52	0,87	0,61	0,32
Gataplata 15% Ø 5 mm á 25 mm lektum með steinull	0,14	0,16	0,40	0,75	0,81	0,50
Raufapanill 13x70 mm á 25 mm lektum með steinull						
og raufabreidd 0 mm	0,17	0,32	0,12	0,06	0,03	0,02
2 mm	0,09	0,67	0,49	0,21	0,09	0,07
8 mm	0,09	0,60	0,91	0,60	0,35	0,30
50 mm	0,06	0,41	0,83	0,93	0,73	0,55
25 mm steinull (60 kg/m ³) beint á stein	0,03	0,28	0,69	0,85	0,87	0,86
50 mm steinull (60 kg/m ³) beint á stein	0,15	0,56	0,88	1,00	1,00	0,95
25 mm steinull (60 kg/m ³) í grind 200 mm frá lofti	0,48	0,49	0,70	0,78	0,94	0,93
50 mm steinull (60 kg/m ³) í grind 200 mm frá lofti	0,49	0,63	0,83	0,97	1,00	0,96
16 mm pressuð steinull Fissured 20 mm frá lofti	0,09	0,40	0,56	0,59	0,70	0,69
16 mm pressuð steinull Fissured 200 mm frá lofti	0,38	0,28	0,39	0,59	0,64	0,65
25 mm hálmsementsplata beint á stein	0,06	0,09	0,17	0,35	0,52	0,56
50 mm hálmsementsplata beint á stein	0,10	0,15	0,25	0,51	0,47	0,63
50 mm hálmsementsplata á 50 mm lektum	0,12	0,20	0,40	0,65	0,50	0,65
25 mm hálmsementsplata með 50 mm steinull á bakvið	0,20	0,60	0,90	0,90	0,90	0,90
Þéttofin gluggatjöld 90 mm frá vegg	0,06	0,10	0,38	0,63	0,70	0,73
Þykkt gólfteppi með filtbotni	0,11	0,14	0,20	0,33	0,52	0,82
5 mm gólfteppi á steingólfi	0,03	0,04	0,07	0,19	0,40	0,47

Hlutir	Jafngildur ísogsflötur (m^2 Sabine) við tíðnina: (rið)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Tréstóll með harðri setu og baki	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05
Stóll með svampklæddri setu og baki	0,17	0,23	0,23	0,22	0,19	0,18
Maður á tréstól	0,15	0,30	0,44	0,45	0,46	0,46
Hljóðfæraleikari með hljóðfæri	0,40	0,85	1,15	1,40	1,30	1,20
Hljóðísog 1000 m ³ andrúmslofts (4 mV) við rh = 25%			2,0	5,2	14,0	46,0
Hljóðísog 1000 m ³ andrúmslofts (4 mV) við rh = 50%			1,6	4,0	9,6	24,4

3. HLJÓMBURÐUR

HVAÐA HLJÓÐ HEYRUM VIÐ?

Rýmdarskynjun okkar byggir að stórum hluta á heyrninni. Með hjálp heyrnarinnar fyllum við út í rýmdarímyndina, er við nemum hljóð frá þeirri starfsemi sem fram fer. Auk þess veitir hljóðið okkur upplýsingar um stærð rýmisins og lögun. Smám saman höfum við lært af reynslunni að tengja saman útlit og hljómburð í mismunandi gerðum herbergja eða rýma.

Geta okkar til að staðsetja með hjálp heyrnarinnar byggir á hæfileikum eyrans til þess að greina og aðgreina hljóðendurkast frá flötum í mismunandi fjarlægð. Einnig getum við greint stefnuna sem hljóðið kemur úr með sterióheyrninni.

Öllum hljóðferlum má í grundvallaratriðum skipta í þrjá hluta. Fyrsti hlutinn er hljóðmyndunin við hljóðgjafann. Annar hlutinn er hljóðburðurinn um herbergið. Þriðji hlutinn er síðan móttaka hljóðsins með eyrum hlustandans.

Flestir hljóðgjafar eru stefnuvirkandi, þ.e. missterkt hljóð er sent út í hinar ýmsu áttir. Auk þess hefur hljóðið ákveðna tíðnisamsetningu. Sem dæmi má taka ræðumann sem sendir hátíðnihljóðin („diskant“) í geisla beint fram fyrir sig en lágtíðnihljóðin („bassann“) í allar áttir. Loks má nefna að sumir hljóðgjafar laga sig að því rými sem þeir eru í og breyta t.d. um hljóðstyrk.

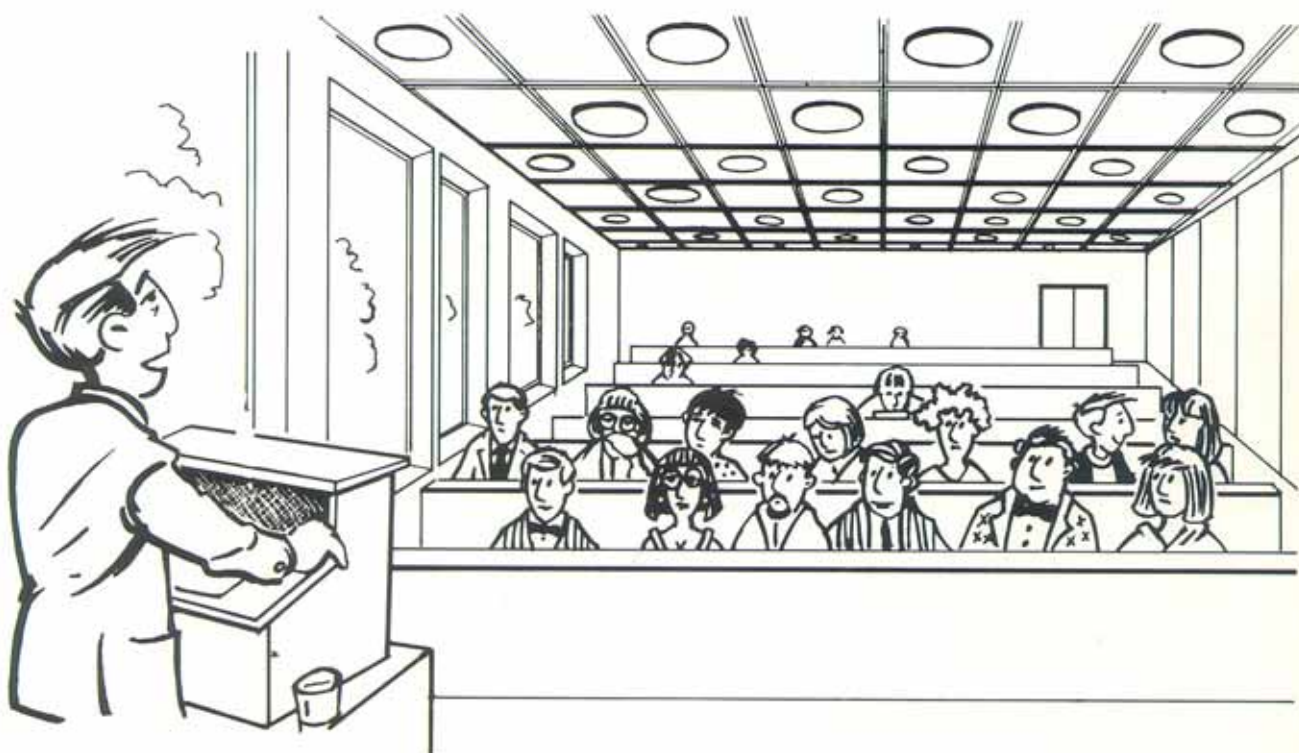
Hljóðburðurinn ræðst af eiginleikum herbergisins og hið útsenda hljóðmerki aflagast og breytist á leið sinni til móttakanda. Beina

hljóðið berst fyrst til móttakandans og síðan fylgir runa af endurvörpum.

Þessi endurvörp berast misjafnlega snemma og eru misjöfn að styrk og koma auk þess úr mismunandi áttum. Þeir þættir sem mest hafa að segja um hljóðburðinn eru staðsetning hljóðgjafans, stærð og lögun herbergisins, efnisgerð yfirborðsflata og einnig gerð og staðsetning innanstokksmuna.

Hlustendur eru mjög næmir á breytileik þessara þátta. Við getum greint með ótrúlegri nákvæmni hvaðan hljóð kemur með því að eyrun nema þann örlitla mun sem er á fasa eða styrk þeirra hljóðmerkja sem berast. Við erum einnig mjög næm á jafnvel örlítinn tímamun sem er á þeim hljóðmerkjum sem berast. Hljóðendurvörp sem berast með mjög lítilli seinkun miðað við beina hljóðið nemum við sem hluta þess, þ.e. við skynjum það sem aukinn styrk beina hljóðsins. Hljóðendurvörp sem berast síðar nemum við hins vegar sem truflanir eða bergmál.

Hér verður ekki fjallað um tónlistarhljómburð, þar sem leitast er við að fá fram ákveðna gerð og samsetningu hljóðendurvarpa bæði með mikilli og lítilli seinkun. Hljómburður og hljóðstýring fyrir talað mál er nokkru einfaldari og markmiðið augljósara. Stefnt er að því að hindra hljóðendurvörp sem berast með mikilli seinkun og teljast því truflandi. Hins vegar er reynt að halda óbreyttum eða jafnvel styrkja þau hljóðendurvörp sem berast svo fljótt á eftir beina hljóðinu að þau teljast gagnleg.



GÆÐAMAT Á HLJÓMBURÐI

Rúmmál herbergis, lögun, efnisval, innanstokksmunir o.s.frv. ákvarða hljómburðinn. Því er mikilvægt að hljómburðarathugun sé gerð snemma á hönnunarstigi. Algengt „gæðamat“ á hljómburði er ómtími en einnig er talað um *hljóðdreifð* og *skýrleika*.

Ómtími er mælikvarði á það hversu fljótt hljóð deyr út í ákveðnu herbergi. Ómtímanna er fremur einfalt að mæla og reikna út. Hann er því mikilvægt hjálpartæki í allri hljómburðarhönnun. Mikilvægt er hins vegar að gera sér grein fyrir því að ákveðinn ómtími er engin trygging fyrir tilteknum hljóðgæðum. Hins vegar má segja að sé ómtíminn rangur er vonlítið að ná viðunandi hljómburði. Réttur ómtími er sem sagt nauðsynlegt en ekki nægjanlegt skilyrði.

Hljóðdreifðareiginleikar herbergis eru mælikvarði á það hversu stór hluti hljóðsins berst beint til hlustanda og hversu stór hluti hljóðsins berst „úr öllum áttum“.

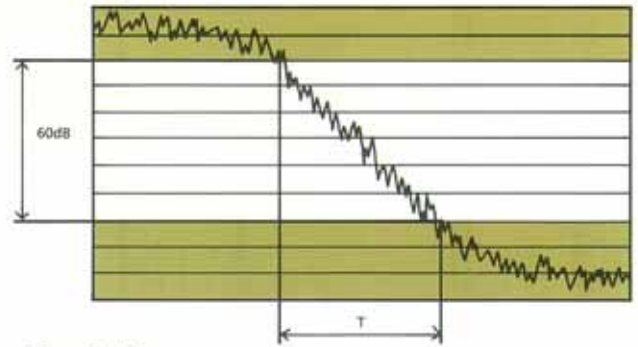
Skýrleikinn er hlutfall gagnlegrar hljóðorku og gagnslausrar eða truflandi hljóðorku sem berst til hlustanda. Gagnlega orkan berst eyranu á fyrstu 100 millisekúndunum frá því að beina hljóðið kemur. Hár skýrleiki gefur m.a. góðan talgreinanleika.

Þá má nefna að sérstakar aðferðir hafa verið þróaðar á síðustu árum sem gera kleift að mæla talgreinanleika með sérstökum mælitækjum.

Lögun loftsins og lofthæðin skipta miklu máli. Sem dæmi má nefna að hvelfd loft safna hljóðinu í „brennipunkt“ og valda þannig ójafnri dreifingu. Mjög mikil lofthæð getur valdið hljóðendurvarpi með mikilli seinkun. Harðir samsíða fletir geta valdið svonefndu „hljóðflökti“ eða standandi bylgjum. Ýmsa af þessum göllum má leysa með því að klæða fletina með hljóðisogandi efnum eins og steinull en best er auðvitað ef unnt er að sneiða hjá þessum göllum þegar á hönnunarstigi.

ÓMTÍMI

Ómtími er sá tími sem það tekur hljóðstigið í herberginu að lækka um 60 dB. Ómtíminn er fyrst og fremst háður rúmmáli herbergisins og magni hljóðisogsefna í herberginu. Ómtíminn er þannig mælikvarði á það hversu hljóðdeyft eða „dempað“ herbergið er miðað við stærð. Mæling á ómtíma getur t.d. farið fram á þann hátt sem sýndur er á mynd 13. Hátalari er frátengdur og hljóðstigið í herberginu lækkar niður í bakgrunnshljóðstigið (utanaðkomandi hávaðatruflanir). Á kúrfunni sést hversu langan tíma það tók hljóðið að falla um 60 dB.



Mynd 13

Ómtímanna (T) má reikna út með formúlu sem kennd er við Sabine:

$$T = 0.16 V/A$$

T: Ómtíminn í sek.

V: Rúmmál herbergisins í m³.

A: Samanlagður hljóðisogsflötur herbergisins í m², sem reiknast sérstaklega (sjá bls. 8).

Ómtíminn í ákveðnu herbergi er breytilegur við mismunandi tíðni. Stór flötur af þunnri steinull stytta t.d. ómtímanna við háa tíðni og mikið af plötuklæddum grindum stytta ómtímanna við lága tíðni svo dæmi séu tekin. Það tíðnisvið sem oft er skoðað við hljómburðarathuganir er 125 – 4000 rið en breiðara svið er stundum notað.

Stundum er reynt að hljóðdeyfa herbergi eingöngu til þess að draga úr glymjanda í þeim og þá er markmiðið að stytta ómtímanna niður fyrir einhver mörk. Oft er þá þægilegast að bæta við isogsefnum í loft og eru hljóðisogsplötur í hengilofti algeng lausn. Slíkar plötur eru af ýmsum gerðum en steinullarplötur með sérstöku yfirborðslagi eru oft notaðar með góðum árangri.

Í öðrum tilvikum svo sem í skólastofum skiptir staðsetning isogsefnanna einnig máli. Þar skiptir máli að hljóðisogsefni séu sett á þá fleti sem gefa óæskileg hljóðendurvörp en hinir séu hafðir harðir og sléttir sem gefa æskileg eða gagnleg hljóðendurvörp.

ÍSLENSK FRAMLEIÐSLA

Enn sem komið er framleiðir Steinullarverksmiðjan ekki loftplötur, sem ætlaðar eru beint til notkunar í skrifstofu- og verslunarhúsnæði o.s.frv. Strandar þar á nægilega „finni“ yfirborðsmeðhöndlun. Íslensku steinullina má þó nota með góðum árangri til hljóðdeyfingar á bak við yfirborð úr t.d. gataplötum, raufapanil o.s.frv. Einnig á bak við hálmsementsplötur til þess að auka við isogsgetu þeirra. Í öllum þessum tilvikum er rétt að mæla með því að notuð sé steinull með bundnu yfirborði. Annaðhvort er þá notaður trefjadúkur sem fá má í svörtum eða ljósum lit, eða þá að ullin er innpökkuð í poka úr örþunnu plasti.

4. HÁVAÐAVARNIR

HÁVAÐI – VINNUSTAÐAVANDAMÁL

Hávaði hefur alltaf neikvæð áhrif á okkur, jafnvel þótt hávaðastigið sé ekki svo hátt að hætta sé á heyrnartjóni. Í sumum tilvikum getur jafnvel verið um slíkan hávaða að ræða að við heyrum hann ekki (en hann hefur samt áhrif á innri starfsemi líkamans). Baráttan gegn hávaða ætti að hafa sem langtímamarkmið að lækka hávaðastigið verulega niður fyrir þau mörk sem almennt er talið að valdið geti heyrnartjóni.

Mikilvægast er auðvitað að stefna að lækkun hávaðans niður fyrir um 85 dB (A), svo að lítil hætta sé á óbætanlegu heyrnartjóni. Hins vegar má segja að jafnvel við hávaðastig um 75 dB (A), byrji líkamleg óþægindi að gera vart við sig og mistök í starfi verða algengari. Einnig er þá orðið erfitt að tala saman sem m.a. hefur áhrif á öryggi á vinnustað.

Með mælingum má gera sér mynd af ástandi hávaðamála á hverjum vinnustað, sem síðan er unnt að nota við ákvarðanatöku. Mikilvægt er að mæla eða fá upplýsingar um hávaða frá einstökum hávaðasömum vélum þegar á hönnunarstigi. Þá er auðveldast að gera ráð fyrir sérstökum varnaraðgerðum eða hugsanlega velja aðrar gerðir eða aðrar vinnuaðferðir.

Á seinni stigum verða aðgerðir fyrst og fremst að miðast við að hljóðdeyfa, setja upp skerma eða byggja búr utan um hávaðann. Til þess að afskermun komi að verulegu gagni verður loftið í salnum að vera vel hljóðisogandi. Til þess að búr utan um hávaðagjafann

komi að gagni verður það að vera klætt að innan með góðu hljóðisogsefni.

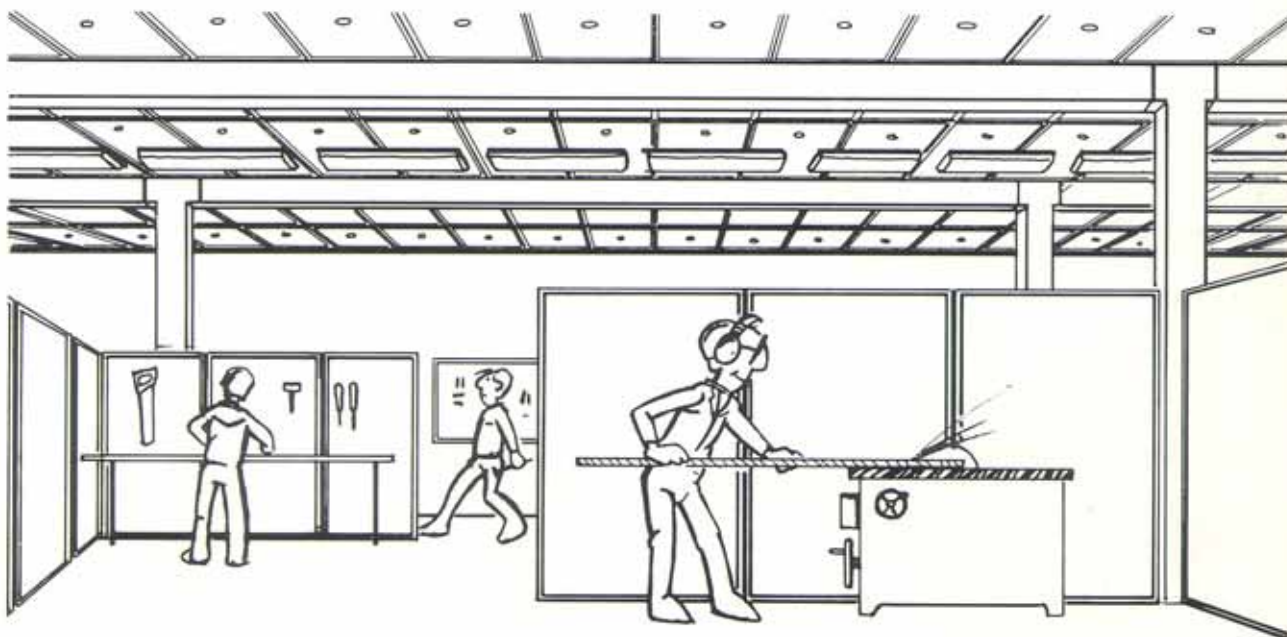
Steinull kemur því augljóslega að miklum og góðum notum í baráttunni við hávaða á vinnustöðum. Almenn notkun á heyrnarhlífum fyrir starfsfólk ætti alltaf að vera algert neyðarúrræði en notkun þeirra við einstaka hávaðasama verkþætti er hins vegar sjálfsgöð.

HÁVAÐADEFYFING MEÐ HLJÓÐÍSOGSLOFTI OG -VEGGJUM

Ef við hugsum okkur að hávaðagjafi sé fyrst staðsettur utanhúss en síðan fluttur inn breytist bæði hljóðstyrkurinn og eðli hávaðans. Þessu veldur salurinn þar sem hljóðið endurvarpast af flötum hans. Breytingin er tvenns konar: Í fyrsta lagi verður hreinlega breyting á hljóðstyrk, sem unnt er að mæla. Í öðru lagi verður breyting á hljóðsviðinu, sem ekki er unnt að mæla en segja má að hljóðið hafi fengið „innanhússeinkenni.“

Þessi innanhússeinkenni eru að miklu leyti háð stærð salarins og eru augljóslega neikvæð og greinilega merkjanleg.

Utanhúss, langt frá endurvarpsflötum, verður við aðeins fyrir hljóði úr einni átt. Við höfum sterióheyrn með vissa möguleika á að velja þau hljóð sem við viljum hlusta á. Innanhúss blandast öll hljóð saman og skella á okkur úr öllum mögulegum áttum. Sterióheyrnin verður að verulegu leyti óvirk og við eigum erfitt með að útiloka vissa hljóðgjafa.



Auk þess bætist við eitt fyrirbæri til viðbótar þegar um er að ræða högghljód. Eyrað „safnar og leggur saman“ hljóð í nokkrar millisekúndur, og sendir síðan upplýsingar í einu taugaboði til heilans. Styrkurinn ákvarðast af öllu því samanlagða hljóði sem eyrað hefur safnað á þessum heildunartíma sínum.

Högghljóð innanhúss hafa í för með sér að bæði beina hljóðið og fyrsta endurvarpið eru lögð saman áður en upplýsingar um styrk eru sendar heilanum. Takist að útiloka fyrsta endurvarpið getur það valdið greinanlegri breytingu þó hún sé hins vegar ekki mælanleg.

GAGNSEMI HLJÓÐDEYFIÐGERÐA

Við útreikninga á þeirri hljóðstíglækkun sem vænta má að verði við það að loft og veggir eru klæddir hljóðisogsefnum, verður að skipta sölum í tvo flokka eftir stærð. Í öðrum flokknunum eru litlir salir (minni en 1000 m³) en í hinum stórir salir (stærri en 1000 m³).

Í litlum sölum er greint á milli nærsviðs og fjar sviðs. Næst hljóðgjafanum, í nærsviðinu, lækkar hljóðstigið um 6 dB fyrir hverja tvöföldun fjarlægðar. Aðgerðir úti í salnum hafa engin áhrif á hljóðstigið í þessu nærsviði þar sem nánast allt hljóðið kemur beint frá hljóðgjafanum.

Utan nærsviðsins er endurvarpað hljóð hins vegar yfirgnæfandi og þá skiptir hljóðdeyfiing salarins miklu máli eins og gefur að skilja. Gróflega má segja að lækkun hávaða í fjar sviði eða endurómssviði sé eftirfarandi þegar bætt er hljóðdeyfi efnum í salinn:

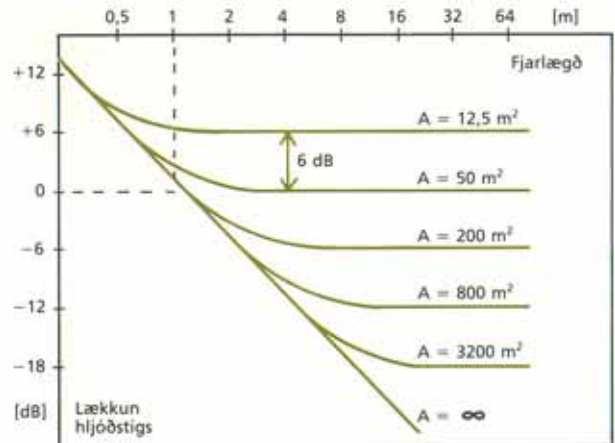
$$L_{\text{mism.}} = 10 \log (T_{\text{fyrir}}/T_{\text{eftir}})$$

$L_{\text{mism.}}$: Lækkun hljóðstígs (dB)

T : Ómtími (sek)

Ef ómtíminn er mjög langur fyrir aðgerðir er unnt að ná töluvert mikilli lækkun hljóðstígs með því að auka hljóðisogið í salnum, stækka A . Þó er sjaldgæft að hljóðstigið lækki um meira en 10 dB og algengast er að lækkunin sé 3 – 6 dB. Þetta stafar af því að salirnir eru sjaldnast alveg hljóðfræðilega harðir fyrir aðgerðir og hafa því visst eiginisog. Á mynd 14 er sýnt hvernig hljóðstigið í endurómssviðinu lækkar með vaxandi isogsfleti í litlum sal.

Formúlan gildir um lækkun stöðugs hávaða. Margir hávaðagjafar eru hins vegar þannig að þeir gefa ekki frá sér stöðugt hljóð heldur högghljóð, hvelli o.þ.u.l. Ómurinn eftir hvert slíkt hljóð styttist mikið við aukið hljóðisog. Það veldur því að verulega dregur úr þeirri truflun sem slíkt hljóð valda. Það hefur því sýnt



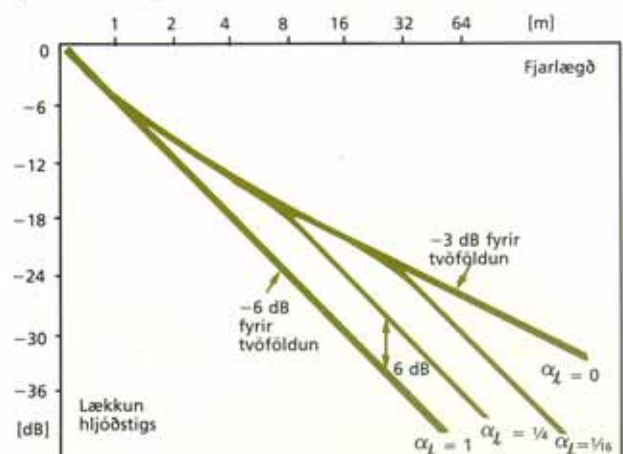
Mynd 14 Hljóðdeyfiadgerðir í litlum sal

sig að það borgar sig að setja upp hljóðisogsefni í mun ríkari mæli en ætla mætti út frá formúlunni einni.

Stórir salir teljast þeir sem eru yfir 1000 m³ og hafa lága lofthæð í samanburði við bæði breidd og lengd. Hæð og þéttleiki véla og innanstokksmuna hefur þá veruleg áhrif á hljóðsviðið í salnum. Um þetta eru til flókin fræði sem aðeins verður dregið lauslega á hér.

Í þessum sölum myndast hvorki eiginlegt nærsvið eða fjar svið (endurómssvið). Hljóðstigið lækkar stöðugt með aukinni fjarlægð frá hljóðgjafanum. Þeir þættir sem fyrst og fremst hafa áhrif á hljóðsviðið eru hljóðisog loftsins (gólfið verður yfirleitt að vera hart) og það hvernig innanstokksmunir hindra hljóðútbreiðsluna.

Ef við sleppum áhrifum innanstokksmuna má segja að næst hljóðgjafanum lækki hljóðstigið um 6 dB við hverja tvöföldun fjarlægðar. Síðan tekur við svið þar sem lækkunin er um 3 dB fyrir hverja tvöföldun. Þriðja sviðið tekur síðan við þar sem lækkunin er aftur um 6 dB fyrir hverja tvöföldun. Stærð 3 dB-sviðsins fer eftir hljóðisogsgetu loftsins, ef hún er lítil er sviðið stórt en það minnkar með vaxandi isogsgetu. Gerð er tilraun til þess að sýna þetta á mynd 15.



Mynd 15 Hljóðdeyfiadgerðir í stórum sal

Hér gilda svipuð lög mál og um hljóðdeyfingu í litlum söllum; miðað við beina hljóðstigs-lækkun stöðugs hljóðs er væntanlegur árangur af hljóðdeyfingu sjaldnast meiri en um 10 dB. Þetta er reyndar veruleg lækkun því hljóðaflið lækkar þá niður í $\frac{1}{10}$ hluta þess sem það var fyrir og skynjuð hávaðatruflun minnkar um u.þ.b. helming. Samt sem áður minnkar skynjuð hávaðatruflun frá högg-hljóðum enn meira og því borgar sig einnig hér að setja upp tiltölulega meira af ísogsefnum en útreikningar miðað við stöðugt hljóð gefa til kynna.

Þá er einnig rétt að minnast sérstaklega á mikilvægi þess hér að hafa loftið hljóðisogandi ef ætlunin er að skerma af hávaðagjafa með hálfháum skermum. Hart, endurvarpandi loft rétt yfir efri brún skermisins endurvarpar hljóðinu fram hjá honum svo að hann kemur næstum ekki að neinu gagni.

TITRINGSEINANGRUN VÉLA

Ef vél hvílir beint á gólfi leiðist titringur og stofnhljóð frá henni út í gólfið. Ef gólfið er nægilega stórt getur það náð að senda út meira vélarhljóð en það sem berst beint frá vélinni sjálfri. Auk þess getur stofnhljóðið í gólfinu auðveldlega borist yfir í aðra byggingarhluta sem einnig byrja að senda út vélahljóðið, e.t.v. í öðrum herbergjum en því sem vélin er í.

Verulega má draga úr þessum hljóðflutningi milli vélar og gólfs með því að setja undir vélinna fjaðrandi einangrara. Í sumum tilvikum er unnt að koma slíkum einangrurum fyrir beint undir hverjum fæti vélarinnar en í öðrum tilvikum þarf að byggja sérstaka undirstöðu undir vélinna. Undirstaðan er síðan einangruð frá gólfinu. Þessi undirstaða getur verið stífur stálrammi eða þungur steypumassi, allt eftir aðstæðum hverju sinni. Ef um er að ræða steypumassa með stóru flatarmáli sem e.t.v. ber fleiri en eina vél eða nær yfir gólfið í heilu herbergi, er oft talað um „fljótandi gólf“.

Þegar vél og undirstöðu hefur verið stillt þannig upp að massi þeirra hvílir á ákveðinni fjöður, þá hefur slíkt kerfi ákveðna samhljómstíðni eða eigintíðni. Við þessa tíðni þarf mjög lítinn kraft til þess að koma af stað sveifluhreyfingu og mikilvægt er að sjá til þess að samhljómstíðnin sé langtum lægri en snúningshraði vélarinnar.

Þá er einnig rétt að minna á að oftast er reiknað með því að berandi gólfið sjálft sé stíft og óhreyfanlegt. Þetta er auðvitað ekki rétt t.d. ef um er að ræða stóra og þunga vél

á þunnri steyptri plötu. Leitast þarf við að hafa berandi gólfið eins stíft og þungt og unnt er svo að einangrarnir komi að tilætluðu gagni.

ÍSLENSK FRAMLEIÐSLA

Steinullarverksmiðjan framleiðir tvenns konar hljóðdeyfiplötur með bundnu yfirborði sem nota má til hljóðdeyfingar í iðnaðarhúsnæði:

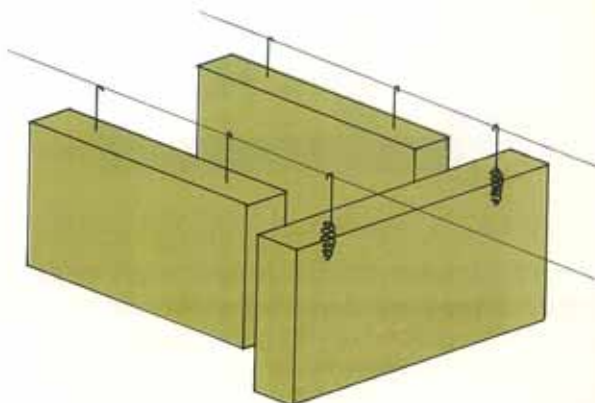
1. Steinullarplötur með ljósum eða svörtum yfirborðsdúk. Plöturnar má fá í ýmsum stærðum, þykktum og með mismunandi rúmpýngd. Algengt er að plöturnar séu með rúmpýngd um 70 kg/m^3 , 25–50 mm þykkar og algengasta stærðin er 1200 x 600 mm.

Uppfestingin á þeim getur verið með ýmsu móti, t.d. má raða þeim í láréttar blikkgrindur í loftinu (slík loftakerfi má fá frá ýmsum framleiðendum).

Önnur leið er að festa þær beint neðan á loftið með listum eða dýflum.



2. Hljóðisogsbafflar, þ.e. steinullarplötur innpakkaðar í örþunnt plast, til þess gerðar að hengja þær lóðrétt upp í loft. Þessa baffla má fá í mismunandi stærðum en algengasta stærðin er 100 x 600 x 1000 mm.



5. HLJÓÐDEYFING Í LOFTRÆSIKERFUM

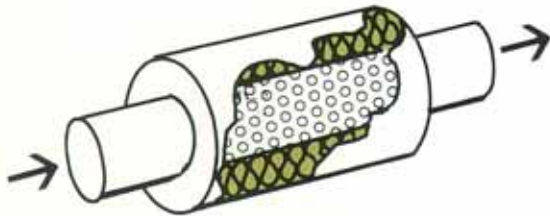
HLJÓÐGILDRUR OG HLJÓÐDEYFAR

Heitin hér að ofan eru notuð um tvær tegundir af hljóðdeyfifbúnaði. Um tvenns konar grundvallaruppbyggingu er að ræða; annars vegar hljóðisog en hins vegar hljóðendurkast.

Endurkastshljóðdeyfir byggir á skyndilegri útvíkkun á loftstokknum og geta stökkendarnir náð mislangt inn í þessa útvíkkun eftir aðstæðum. Þetta minnir á hljóðkút í bíl enda grundvallarhugmyndin sú sama.

Ísogshljóðdeyfir er í raun ekki annað en stökkbútur sem klæddur er innan með hljóðisogsefni, t.d. steinull. Steinull til þessara nota má ekki vera laus í sér og yfirborðið þarf að vera bundið svo ekki berist rykagnir úr ullinni út í loftstrauminn.

Oft eru þessar tvær gerðir hljóðdeyfa sameinaðar í einni. Þá er búin til útvíkkun sem síðan er klædd að innan með ísogsefni. Þannig má að hluta til sameina kosti beggja gerða og margir hljóðdeyfar sem framleiðendur loftræsibúnaðar hafa í vöruskrám sínum eru mismunandi útfærslur á þessu.



Mynd 16

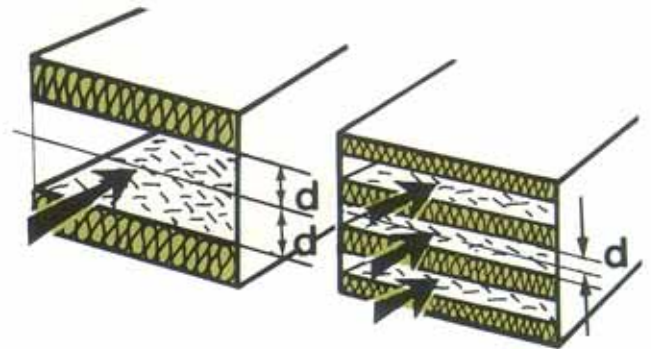
Með eiginlegri hljóðgildru er hins vegar oftast átt við vel hljóðdeyfðan kassa, sem stökkurinn opnast inn í á einum stað, en bæði loft og hljóð þarf síðan að breyta um stefnu eða jafnvel fara krókaleið til þess að komast út aftur.



Mynd 17

Því flatari sem innklæddur stökkur er því betur deyfir hann hljóðið þar sem það er þá alltaf nálægt ísogsefninu. Þetta er þó auðvitað erfitt í framkvæmd ef um stóra stokka er að ræða en þá má hólfu stökkinn niður í

margar flatar rásir, aðgreindar með ísogsböfllum, sjá mynd 18.



Mynd 18

Þeir þættir sem mestu ráða um það hve hljóðdeyfingin verður mikil eru ísogsstuðull steinullarinnar (α) og stærðin d , sem sýnd er á mynd 18. Ýmsar formúlur eru til sem áætla deyfinguna á hvern lengdarmetra í innklæddum stökk og birtist ein slík hér að neðan:

$$D = 1.1 \alpha_o / d \text{ (dB/m)}$$

Formúlan reynist nokkuð vel við tiltölulega lága tíðni meðan bylgjulengd hljóðsins er meiri en u.þ.b. $2d$. Við hærri tíðni má segja að hljóðið fari að mynda eins konar hljóðgeisla langs eftir stökknum og kemst þá ekki í snertingu við ísogsefnið nema stefnubreyting verði á stökknum.

Stundum er því gripið til þess ráðs að bæta við beygjum og hornum eða jafnvel að útbúa hlykkjotta stokka til þess að lokka hljóðið inn í ísogsefnið.

Ef reynt er að takmarka notkun ísogsefnis inni í stökkakerfi næst best nýting á því með því að staðsetja það í beygjum og í næsta nágrenni við þær.

Steinullarverksmiðjan framleiðir loftstokkasteinull til notkunar inni í loftræsi stökkum. Að jafnaði er notuð ull með rúmþyngd um 70 kg/m^3 , en unnt er að sérpanta aðrar rúmþyngdir. Á yfirborð ullarinnar er festur svartur trefjadúkur sem lítið dregur úr hljóðisogsefni en varnar því að ryk úr ullinni berist út í loftstrauminn. Staðalþykktir eru 25, 30 og 50 mm, og unnt er að fá plötur í stærðum allt að $1,2 \times 1,8 \text{ m}$.

EKKI er nægilegt að líma ullina innan í loftstökkana. Í fyrsta lagi verður að loka bæði plötuendum og plötusamskeytum með blikkprófilum. Í öðru lagi verður að nota festingar á plötuhöfum, t.d. $50 \times 50 \text{ mm}$ skinnur c/c 350 mm, skrúfaðar eða punktsoðnar við stökkinn. Ef dúkurinn er heill og gengið frá ullinni eins og hér er lýst, virðist hún þola allan venjulegan lofthraða án þess að trosna.

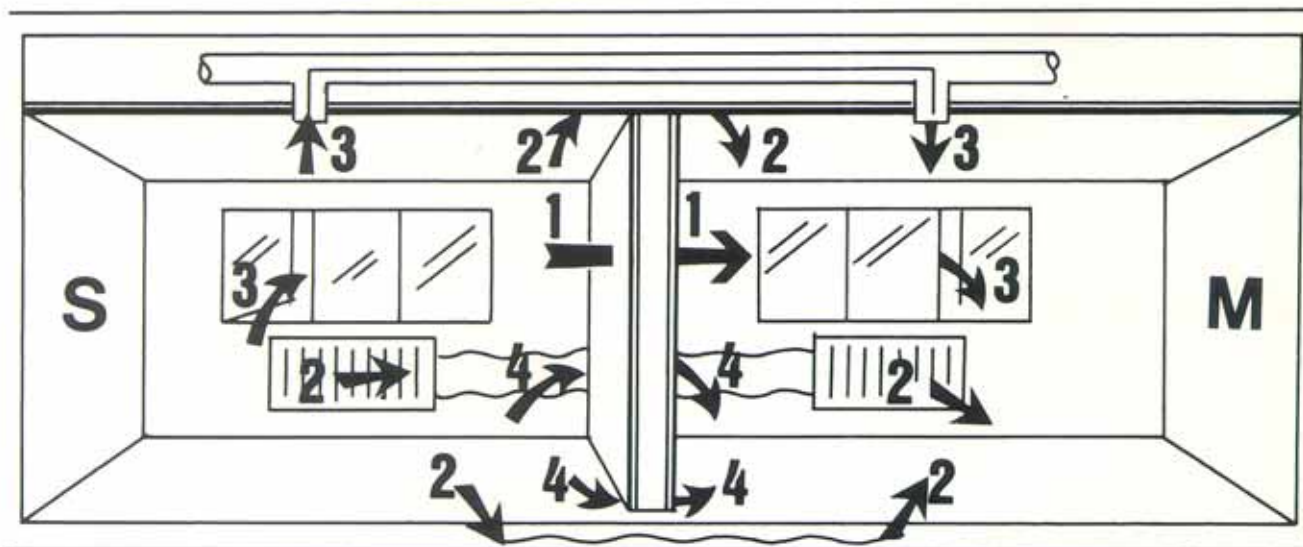
6. HLJÓÐEINANGRUN

Hljóðið dreifist á ýmsan hátt út frá hljóðgjafanum. *Lofthljóð* er auðveldast að skynja. Það dreifist í andrúmsloftinu og er heyrnlegt. *Högghljóð* koma fyrst af stað sveifluhreyfingu í einhverjum byggingarhluta sem síðan kemur loftinu næst sér af stað og talað er um að heyrnlegt lofthljóð geisli út. Dæmi um högghljóð er t.d. ef gengið er um gólf, og fótatakið verður heyrnlegt. Hljóðið getur heyrst bæði í því herbergi þar sem gengið er en einnig í herberginu við hliðina og ekki síst á hæðinni fyrir neðan. Hljóð sem dreifist um hús eftir veggjum og gólfum kallast *stofnhljóð*.

LOFTHLJÓÐEINANGRUN

Lofthljóðeinangrunin milli tveggja herbergja ákvarðast auðvitað að verulegu leyti af eiginleikum byggingarhlutanna sem notaðir eru. Verþátturinn skiptir þó einnig miklu máli, einkum nákvæmnisvinna við allar þéttingar.

Mynd 20 sýnir þær höfuðleiðir, sem hljóð getur borist eftir milli tveggja afmarkaðra rýma sem nefnd eru sendirými og móttökurými (S og M).



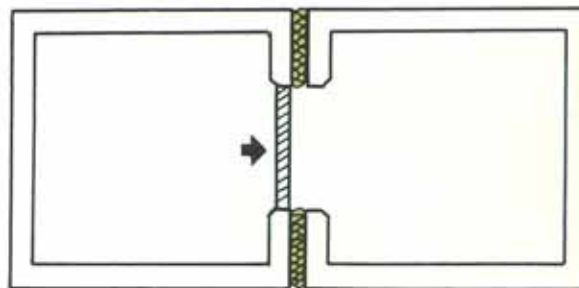
Mynd 20

BEIN HLJÓÐLEIÐSLA

Beina hljóðleiðslan ákvarðast af deyfitölu veggjarins sem skilgreind er á eftirfarandi hátt:

Deyfitala er mismunur hljóðstigsins í sendirými og móttökurými þegar hljóðgjafi er í gangi í sendirými og móttökurými er hljótt að öðru leyti. Einnig verður að vera tryggt að hljóð komist enga aðra leið en í gegnum vegginn þ. e. hljóðleiðir 2, 3 og 4 eru útilokaðar. Auk þessa mismunar á hljóðstigi verður þó einnig að taka tillit til flatarmáls veggjarins. Stór veggflötur sleppir í gegn meira hljóði en lítill. Ennfremur skiptir hljóðísogið í móttökurými máli. Meiri hljóðdeyfiing þar lækkar hljóðstigið án þess þó að veggurinn breytist nokkuð í raun og veru.

Þessa deyfitölu er aðeins unnt að mæla á tilraunastofu í sérstökum mæliherbergjum, sbr. mynd 21.



Mynd 21

Formúlan sem lýsir deyfitölunni (R) er:

$$R = L_S - L_M - 10 \log (A_M/S) \text{ dB}$$

Þar sem L_S : Hljóðstigið í sendirými (dB)
 L_M : Hljóðstigið í móttökurými (dB)
 A_M : Ísogsflötur í móttökurými (m^2)
 S : Veggflöturinn (m^2)

Deyfitalan er mismunandi við mismunandi tíðni og hún er mæld í 16 þríundum á stöðluðu tíðnibili 100 – 3150 rið. Sams konar mælingu má líka gera í venjulegum byggingum en þá er ekki í raun mæld deyfitala veggjarins eins heldur hljóðeinangrunin í heild milli tveggja herbergja. Auk leiðar 1 kemst hljóðið líka eftir leiðum 2 – 4 á milli herbergjanna.

Til aðgreiningar frá R er notað R' um mæliniðurstöðu sem fæst í byggingu. Notuð er sama formúla eins og fyrir R en þó er sú breyting gerð að S er aldrei haft minna en $10 m^2$, jafnvel þótt veggflöturinn sé minni en svo. Einnig kemur sá möguleiki upp hér að enginn eiginlegur skilflötur sé milli herbergjanna, þ.e. að hljóðleið 1 er ekki fyrir hendi. Í slíkum tilvikum er einnig notað $S = 10 m^2$.

HJÁLEIÐSLA

Hjáleiðsla byggist á því að hljóðið berst sem stofnhljóð milli sendi- og móttökurýmis. Oft er um að ræða byggingarhluta sem gengur órofinn fram hjá skilveggnum milli herbergjanna. Sem dæmi má taka þunna plötuklæðningu á útvegg sem skilveggurinn gengur út að en rýfur ekki.

Hljóðið í sendirýminu skellur á plötunni og kemur af stað stofnhljóði sem berst eftir plötunni yfir í þann hluta hennar sem er í móttökurýminu. Sá plötuhluti kemur aftur loftinu næst sér af stað og heyrnlegt lofthljóð myndast.

Annað dæmi um hjáleiðslu er hljóð sem berst milli miðstöðvarofna. Hljóðleiðin er þar alveg sambærileg við það sem að ofan er lýst.

HLJÓÐBURÐUR

Við hljóðburð berst lofthljóð fram hjá skilveggnum án þess að breytast í stofnhljóð á leiðinni. Sem dæmi má nefna hljóðburð um loftræsistokka eða út og inn um opna glugga. Einnig getur verið um að ræða hljóðburð um sameiginlegt loftrými, eins og t.d. fyrir ofan hengiloft.

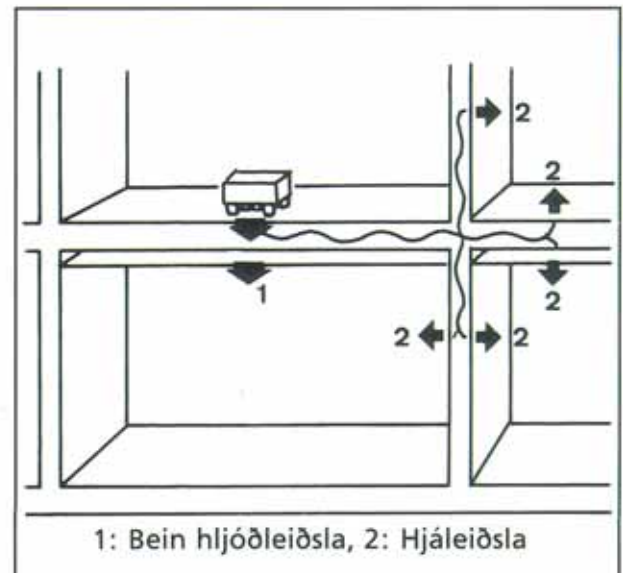
HLJÓÐLEKI

Hljóðleki er einn algengasti gallinn sem í ljós kemur þegar hljóðeinangrunin reynist lélegri en búist er við. Hættulegustu staðirnir eru þar sem hljóðeinangrandi veggurinn tengist öðrum byggingarhlutum, þ.e. lofti, gólfi og þverveggjum. Oft þarf ekki nema örlitla óþætta rifu til þess að eyðileggja hljóðeinangrun sem

að öðru leyti er góð. Aðrir áhættustaðir eru t.d. þar sem lagnir ganga í gegn og einnig eru hurðir mjög oft óþéttar. Hér er það fyrst og fremst verkþátturinn sem reynist ófullnægjandi, oft vegna þess að menn gera sér ekki grein fyrir mikilvægi þess að öllum samskeytum sé lokað loftþétt.

HÖGGHLJÓÐEINANGRUN

Hjáleiðsla hefur áhrif á högghljóðeinangrun á svipaðan hátt og lofthljóðeinangrun þótt í minna mæli sé. Hljóðburður og leki hafa hins vegar ekki áhrif. Mynd 22 sýnir dæmi um hljóðleiðir fyrir högghljóð.



Mynd 22

BEIN HLJÓÐLEIÐSLA

Beina hljóðleiðslan er fyrst og fremst háð þremur þáttum:

- Gólfefninu (steinn/dúkur/teppi) þ.e. hvað kemur ofan á sjálft gólfið. Þetta getur jafnvel verið „fljótandi gólf“ af einhverri gerð.
- Grunngerð gólfsins (steinsteyp massíf plata/rifjaplötueiningar/bitagólf úr timbri/...)
- Hugsanlegt niðurtekið loft (hengiloft eða sjálfberandi).

Sama gegnir hér og um lofthljóðeinangrunina, að eiginleg högghljóðeinangrun ákveðinnar gólfgerðar verður aðeins ákveðin á tilraunastofu í mæliherbergjum þar sem hjáleiðsla er útilokuð.

Högghljóðeinangrun er ekki sett fram sem einhvers konar deyfitala hliðstætt við lofthljóðeinangrun. Þess í stað er mælt hljóðstigið sem stöðluð hamravél veldur í móttökurýmiinu og þetta hljóðstig er notað sem öfugur mælikvarði á högghljóðeinangrunina. Hátt mæligildi gefur til kynna lélega högghljóðeinangrun en lágt mæligildi að sama skapi góða högghljóðeinangrun.

Á svipaðan hátt og áður var sýnt varðandi staðlaða deyfifölu er högghljóðstigið leiðrétt miðað við hljóðisogið í móttökurýmiinu. Stærð gólfins er hins vegar talin hafa það lítið að segja að valið hefur verið að miða alltaf við 10 m^2 flöt. Staðlað högghljóðstig er stundum kennt við þessa 10 m^2 , og nefnt L_{10} , en í nýjustu stöðlum er þó notað L_n og verður því haldið hér. Formúlan fyrir stöðluðu högghljóðstigi verður þá þessi.

$$L_n = L_M + 10 \log (A_M/10) \text{ dB}$$

þar sem L_M : Hljóðstigið í móttökurými (dB)
 A_M : Ísogsfloötur í móttökurými (m^2)

Högghljóðstigið er mælt við sömu 16 þríundir og deyfifölu lofthljóðs. Auðvitað er unnt að gera sams konar mælingar í venjulegum byggingum. Á hliðstæðan hátt og áður er mæliniðurstaðan þá aðgreind frá tilraunastofugildinu með L_n' . L_n' inniheldur þá ekki aðeins hljóð sem borist hefur með beinni hljóðleiðslu, heldur einnig það sem borist hefur hjáleisluleiðina.

HLJÓÐEINANGRUNARGILDI

Hér að framan hefur verið fjallað um deyfifölu lofthljóðs og högghljóðstig sem mæld eru á staðlaðan hátt við 16 mismunandi þríundir. Þótt þetta séu mikilvægar upplýsingar um viðkomandi byggingarluta er erfitt að nota svona mörg mæligildi til þess að lýsa einum eiginleika; hljóðeinangruninni. Það sem vantar er *ein tala* sem lýsir þessum eiginleika, eitt hljóðeinangrunargildi þar sem tekin eru saman mæligildin 16.

Einn möguleiki væri auðvitað að taka einfalt meðaltal allra þessara 16 mæligilda og það er stundum gert með lofthljóðeinangrun. Slíkt hljóðeinangrunargildi er nefnt meðaldeyfifölu og hefur t.d. fram að þessu verið notað við flokkun hljóðeinangrandi hurða.

Segja má að þeirri hljóðeinangrun sem fólk skynjar sé þó betur lýst með því að taka nokkurs konar veginn meðaltal þar sem vægara er tekið á lágtíðnihljóðum.

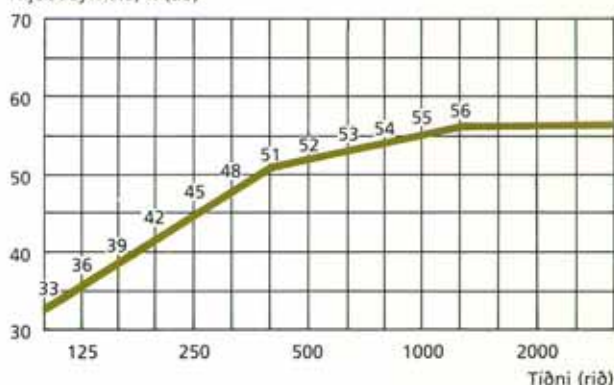
Slíkt hljóðeinangrunargildi hafa verið stöðluð bæði fyrir lofthljóðeinangrun og högghljóðeinangrun og fer lýsingin á þeim hér á

eftir. Skilgreindar eru sérstakar viðmiðunarkúrfur sem sýndar eru á myndum 23 og 24.

Við útreikninginn er viðmiðunarkúrfan flutt í 1 dB skrefum að mældu kúrfunni þar til viss skilyrði eru uppfyllt um frávik mældu kúrfunnar frá viðmiðunarkúrfunni. Summa þeirra frávika þar sem mælingin er lélegri en viðmiðunin má ekki vera meiri en 32 dB. Ennfremur má hvert einstakt slíkt frávik ekki vera meira en 8 dB.

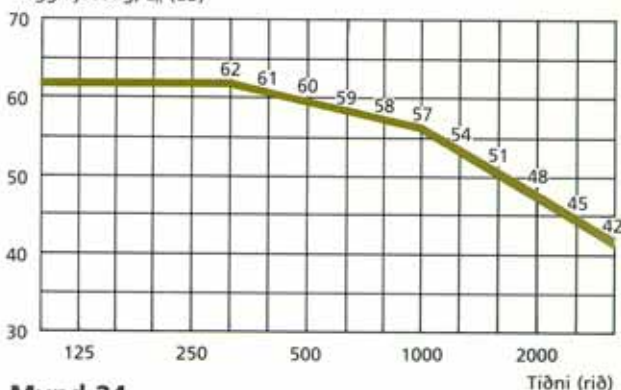
Hljóðeinangrunargildið er síðan lesið úr línuritinu sem staða viðmiðunarkúrfunnar við 500 rið.

Hljóðdeyfifölu, R (dB)



Mynd 23

Högghljóðstig, L_n (dB)



Mynd 24

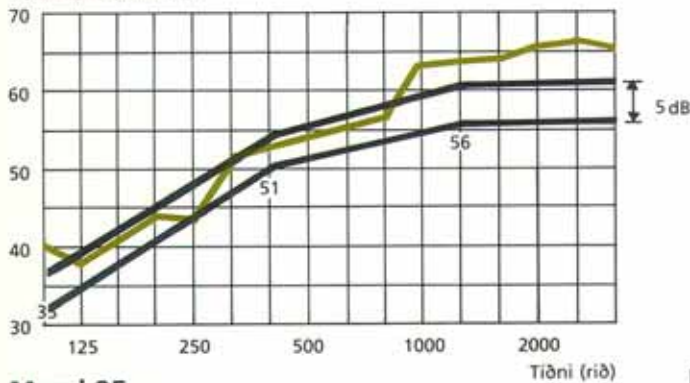
Um árábil hafa þessi gildi verið táknuð með I_a/I_l fyrir lofthljóð/högghljóð en árið 1983 var skilgreiningunni breytt lítillega. Fyrir lofthljóð var tekin upp veginn deyfifölu R_w og R'_w . Fyrir högghljóð var tekið upp veginn högghljóðstig $L_{n,w}$ og $L'_{n,w}$.

Sömu viðmiðunarkúrfur eru notaðar og áður, sbr. myndir 23 og 24 en útreikningi er breytt þannig að 8 dB-reglan svokallaða er felld niður. Þá var einnig ákveðið að hætta að bæta 5 dB við högghljóðstigið, eins og gert er við þau I_l -gildi sem fundin eru með þríundarbands mælingu. Þessi viðbót var ætluð til þess að fá samræmdar niðurstöður við áttundarbands mælingar sem áður voru notaðar.

Í mörgum tilvikum er lofthljóðeinangrunargildið hið sama hvort sem miðað er við I_a eða R_w , og munurinn er sjaldan meiri en 1 – 2 dB. Hins vegar er munurinn á I_i og $L_{n,w}$ a.m.k. 5 dB og getur oft orðið 6 – 7 dB.

Meðan kröfurnar í byggingarreglugerðinni miðast við I_a og I_i , er rétt að nota þau gildi áfram. Nýju skilgreiningarnar verða þó vafalaust teknar upp við næstu endurskoðun. Á mynd 25 er sýnt dæmi um útreikning I_a -gildis.

Hljóðdeyfitala, R (dB)



Mynd 25

Dæmi um útreikning I_a -gildis. Ef viðmiðunarkúrfan (sbr. mynd 24) er flutt uppávið um 5 dB frá upphafsstöðu sinni verður summa frá vika mældu kúrfunnar frá viðmiðunarkúrfunni 27 dB.

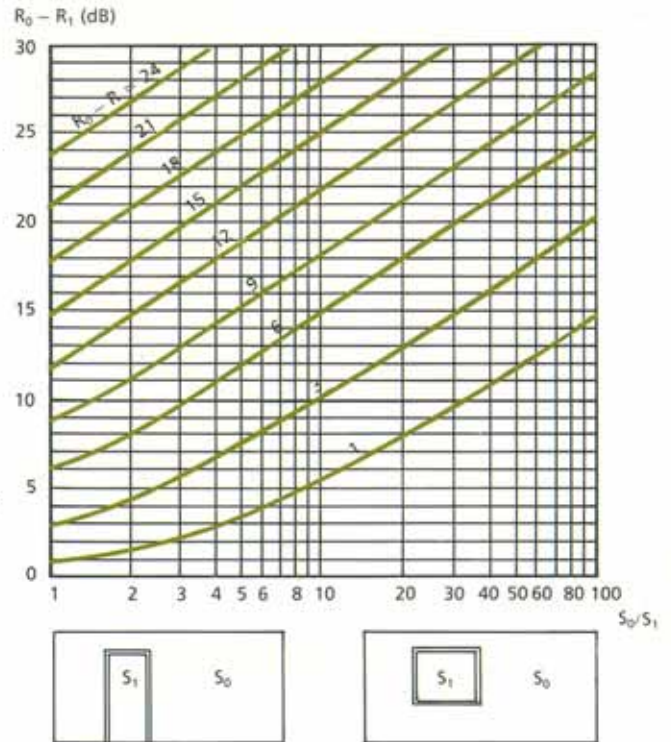
(Ath. að aðeins eru reiknuð þau frávík þar sem mælda kúrfan er lélegri en viðmiðunarkúrfan. Þótt mælingin sé sums staðar betri en viðmiðunarkúrfan, má ekki nota þau frávík til þess að vega upp á móti óhagstæðum frávíkum.)

Ef viðmiðunarkúrfan væri flutt um 1 dB til viðbótar, yrði samsvarandi summa 36 dB sem er yfir hámarkinu 32 dB. Mælingin telst þannig uppfylla $I_a = 52 + 5 = 57$ dB.

ÚTREIKNUÐ HLJÓÐEINANGRUN SAMSETTRA VEGGJA

Oft getur verið þörf á því að reikna út heildarhljóðeinangrun ákveðins veggjar sem samsettur er úr nokkrum mismunandi byggingarhlutum. Til þess að geta reiknað út þessa heildarhljóðeinangrun þarf hljóðeinangrun hvers einstaks hluta að vera þekkt svo og flatarmál hans.

Út frá þeirri hlutfallslegu hljóðorku sem fer í gegnum hvern einstakan vegghluta, má stilla upp formúlu til þess að reikna út heildarhljóðeinangrunina. Til hægðarauka má útbúa línu-



Mynd 26

rit eftir þessari formúlu og gera útreikninginn á myndrænan hátt, eins og sýnt er á mynd 26.

Línuritið miðast fyrst og fremst við raunverulega byggingarhluta eins og hurð eða glugga í vegg. Ef hins vegar er um að ræða rifur eða göt með hlutfallslega mjög litlu flatarmáli verður að nota aðrar aðferðir.

Línurit til þess að reikna út heildarhljóðeinangrun. R_0 = deyfitala veggjarins, R_1 = deyfitala gluggans (hurðarinnar), S_0 = heildarflatarmál veggjarins að meðtöldum glugga (hurð), S_1 = flatarmál gluggans (hurðarinnar).

Dæmi: Í vegg með $R_0 = 50$ dB er komið fyrir glugga með $R_1 = 25$ dB ($R_0 - R_1 = 25$ dB). Flatarmál gluggans er 20% af heildarflatarmáli veggjar að meðtöldum glugga ($S_0/S_1 = 5$). Skv. línuritinu minnkar hljóðeinangrun veggjarins ($R_0 - R$) um 18 dB, þ.e. úr 50 dB í 32 dB.

MIKILVÆGI STEINULLAR Í HLJÓÐEINANGRANDI BYGGINGARHLUTUM

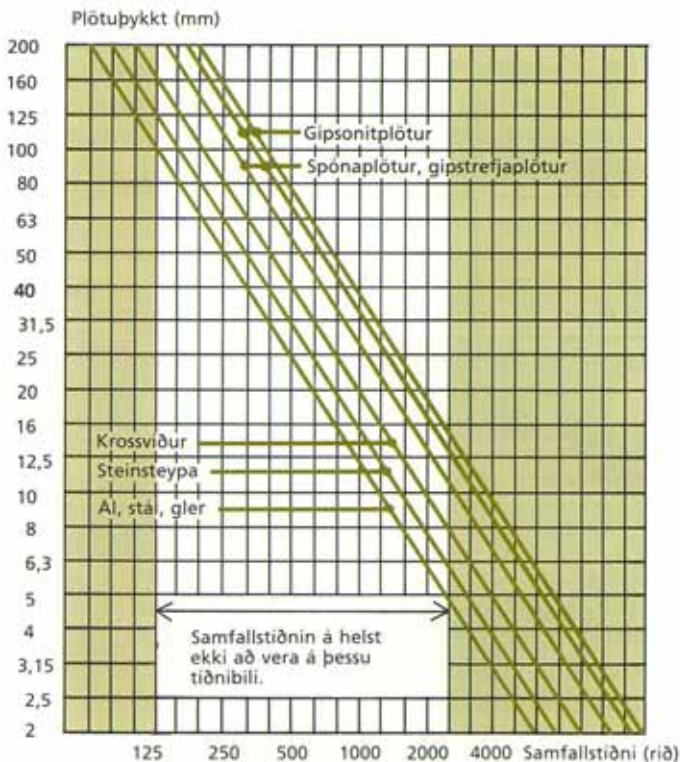
Steinull er mikilvægur þáttur í hljóðeinangrandi byggingarhlutum. Einkum á þetta við um léttu, lagskipta byggingarhluta þar sem steinull getur bætt hljóðeinangrunina um allt að 10 – 15 dB án þess að eiginleg þykkt byggingarhlutans aukist. Algengara er þó að steinullin bæti hljóðeinangrunina um ca. 6 dB.

Í sumum tilvikum er nægjanlegt að nota mjög léttu steinull en í öðrum tilvikum verður að nota stífari og þyngri ull. Oft virðist leika vafi á því hjá hönnuðum og iðnaðarmönnum hvaða gerðir steinullar best sé að nota hverju sinni og á hvern hátt. Vill þá stundum brenna við að notuð sé þung og dýr steinull í hljóðeinangrandi byggingarluta þar sem unnt er að ná sama árangri með léttari og mun ódýrari ull.

GRINDARVEGGIR

Sú hljóðeinangrun sem léttur, plötuklæddur grindarveggur gefur er háð mörgum mismunandi þáttum. Fyrst og fremst eru það eiginleikar plötuklæðninganna sjálfra sem máli skipta en einnig fjarlægðin milli þeirra og tengingin. Að auki skiptir máli hvort hljóðisogsefni er í sjálfu holrúminu.

Plötuklæðningin sjálf ætti að vera þung og hafa sem minnstan stífleika þannig að svokölluð samfallstíðni lendi utan við viðkvæmasta tíðnisviðið. **Mynd 27** sýnir samfallstíðnina fyrir mismunandi þykkar plötur úr ýmiss konar efnum.

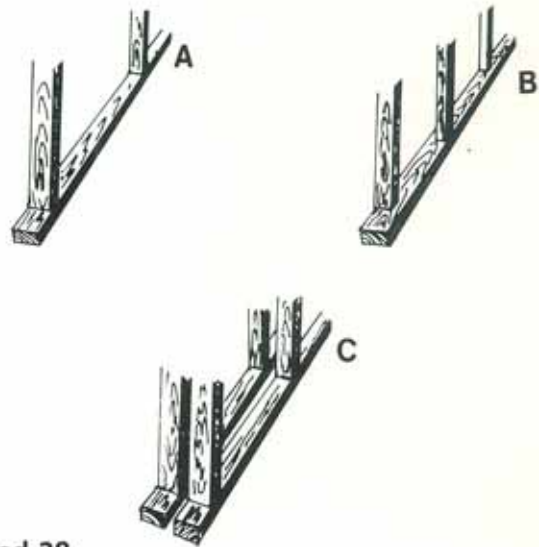


Mynd 27

Dæmi um heppilegar plötuklæðningar eru gipsplötur og harðar trefjaplötur ca. 10 – 13 mm þykkar. Þar sem beygjustífleikinn vex hraðar en þyngdin með aukinni plötubykkt, er kostur að nota tvær eða fleiri þunnar plötur í stað einnar þykkar. Auðvitað má þá ekki líma þunnu plöturnar saman, heldur skrúfa þær, nepla eða hefta.

Bein, stíf tenging plötubyrðanna, t.d. um sameiginlega grind, leiðir hljóðið vel einkum hljóð af hárrí og meðalhárrí tíðni og ætti að reyna að forðast slíka tengingu. Almennt má segja að í hljóðeinangrandi grindarveggjum ættu helst að vera tvær aðskildar grindur.

Mynd 28 sýnir þrjár grundvallargerðir grindarveggja. Í fyrsta lagi er einföld grind á einföldum leiðara. Í öðru lagi er það tvöföld grind með víxluðum stoðum á einföldum leiðara og í þriðja lagi tvöföld grind á tvöföldum leiðara.



Mynd 28

A = Einföld grind á einföldum leiðara

B = Tvöföld grind með víxluðum stoðum á einum leiðara

C = Tvöföld grind á tvöföldum leiðara

Fjarlægðin milli plötubyrðanna er einkum mikilvæg vegna samhljóms (resonans) sem verður við ákveðna tíðni sem oft er nefnd eigintíðni veggjarins:

$$f_r = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2 \cdot d}} \quad \text{rið}$$

þar sem:

m_1 : flatarmassi veggbyrðis 1 (kg/m^2)

m_2 : flatarmassi veggbyrðis 2 (kg/m^2)

d : breidd holrúmsins (m)

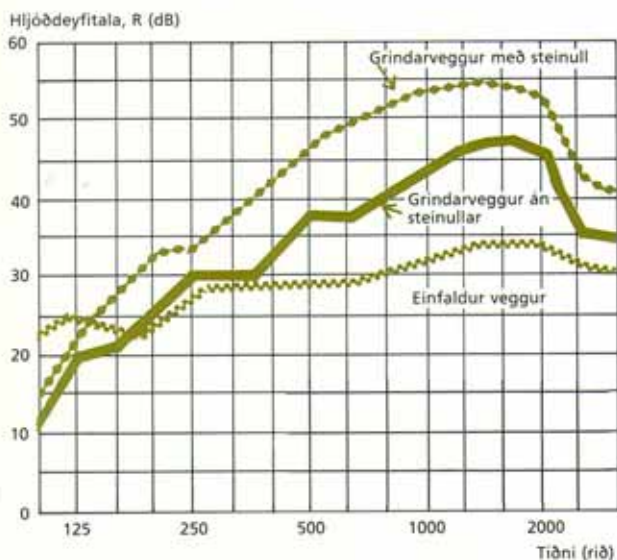
Við tíðni sem er lægri en eigintíðnin er hljóðeinangrunin u.þ.b. sú sama og fyrir jafnpungun, einfaldan vegg. Við sjálfa eigintíðnina er hljóðeinangrunin léleg en vex síðan hratt við hærri tíðni. Augljóst er því að eigintíðnin á helst að vera sem lægst og það skilyrði má uppfylla með breiðu holrúmi og þungum veggbyrðum. Helst ætti eigintíðnin að vera lægri en 80 – 100 rið.

Eins og fyrr greinir lækkar hljóðeinangrun grindarveggjar verulega ef veggbyrðin eru tengd saman með stífri tengingu. Einkum er þetta alvarlegt fyrir þykk og stíf veggbyrði en kemur minna að sök ef beygjustífleiki þeirra er nægjanlega lítill. Einnig má draga nokkuð úr áhrifunum með því að nota tengingar sem ekki eru eins stífar (þannig er grind úr þunnu blikki betri en trégrind). Jafnvel er hugsanlegt að hafa tengingarnar fjaðrandi og stundum er líka reynt að punktस्था byrðin á grindina til þess að minnka hljóðútgeislunina.

Ekki er nauðsynlegt að fylla holrúmið alveg með steinull, jafnvel þunnt lag gerir mikið gagn. Rúmþyngd ullarinnar er ekki heldur afgerandi hvað varðar hljóðdeyfieiginleikana, eins og fyrr greinir. Oftast er því reynt að velja eins ódýra og léttu ull og kostur er en þó þannig að hún geti staðið nokkurn veginn undir eigin þyngd. Í venjulega einfalda grindarveggi hefur reynst nokkuð vel að nota 50–75 mm þéttull, sem haldið er uppi með vir ef holrúmið er breiðara en svo. Í tvöfalda grindarveggi er hins vegar oft notuð 50 mm þéttull í hvora grind.

Gagnsemi steinullarinnar felst í fyrsta lagi í því að eigintíðnigjótan í deyfiföllumurritinu verður ekki eins djúp. Einnig lækkar eigintíðnin um ca. eina þriðund og best er að hafa hana sem lægsta. Einna mest verður þó vart við gagnsemi steinullarinnar við nokkru hærri tíðni þar sem hljóðdeyfing hennar veldur því að hljóðsviðið í holrúminu verður ekki eins öflugt. Hljóðið á þannig erfiðara með að berast þvert yfir holrúmið frá einu veggbyrði til annars.

Mynd 29 sýnir dæmi þar sem mikilvægi steinullar í grindarvegg kemur vel fram.



Mynd 29

Hljóðdeyfitala nokkurra jafnþungra veggja

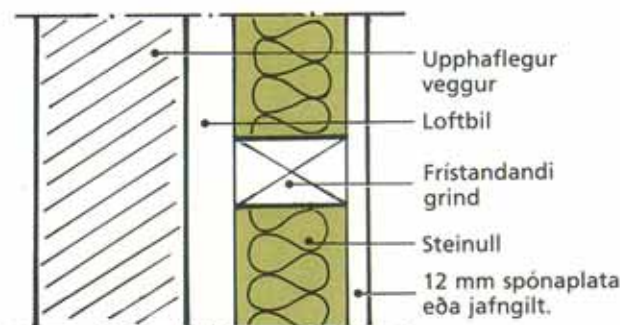
ÚTGEISLUNARMINNKAÐI KLÆÐNING

Sérstök útgáfa af grindarvegg er svokölluð útgeislunarminnkandi klæðning sem oft er notuð við endurbætur á hljóðeinangrun þungra, einfaldrar veggja. Í stuttu máli má lýsa þessu þannig að beygjuveikri plötuklæðningu með steinull á bak við er komið fyrir á grind sem ýmist er fest beint á upphaflega vegginn eða höfð fristandandi.

Virgni þessarar útgeislunarminnkandi klæðningar við lága tíðni takmarkast af eigintíðnisveiflu, sem verður vegna samverkunar massa veggbyrðisins og fjöðrunar innilokaða loftsins. Þessi eigintíðni er sérafbrigði af eigintíðni tvöfalda veggjarins hér að ofan:

$$f_r = \frac{60}{\sqrt{m \cdot d}} \text{ rið}$$

Í mynd 30 er sýnt dæmi um útgeislunarminnkandi klæðningu. Reikna má með að fristandandi grind gefi allt að 15 dB hækkun I_a -gildis, en aðeins um helming þess, ef hún festist á vegginn. Tvöföldun klæðningar gefur hér um 3 dB í viðbót.



Mynd 30

GÓLF

Gólf þurfa að uppfylla tvenns konar hljóðeinangrunarkröfur, þ.e. bæði kröfu um lofthljóð og höggghljóð. Hvað varðar lofthljóðeinangrunina má segja að hún sé alveg hliðstæð og fyrir vegg. Gólfum má sem sé í grundvallaratriðum skipta upp í einföld gólf og tvöföld. Auk þess eru ýmsar flóknari gerðir, t.d. ýmsar gerðir af einingaframleiddum gólfum.

Einfalt gólf sem yfirleitt er talið að uppfylli kröfur byggingarreglugerðar um lofthljóð fyrir fjölbýlishús, er steinsteypt plata, a.m.k. 180 mm þykk. Slík plata gefur hins vegar mjög hátt höggghljóðstig ef ekkert er að gert. Algengt er að höggghljóðstigið sé allt að 80 dB en það má hæst vera 63 dB í fjölbýlishúsum.

Með því að tvöfalda plötubýkkina má búast við því að höggghljóðstigið lækki um 9 dB, svo sú leið er lítt fýsileg. Raunhæfari leiðir eru að nota nægilega mjúk gólfefni eða svo kallað „fljótandi gólf“, sem ýmist getur verið

steypt, þunn plata eða léttar trefjaplötur á fjaðrandi millilagi.

Oft er því haldið fram að erfitt sé að ná góðri hljóðeinangrun með trégólfi. Um þau gilda þó svipuð fræði og um léttar grindarveggi og vissulega er unnt að gera þau þannig úr garði að þau uppfylli kröfur byggingarreglugerðar.

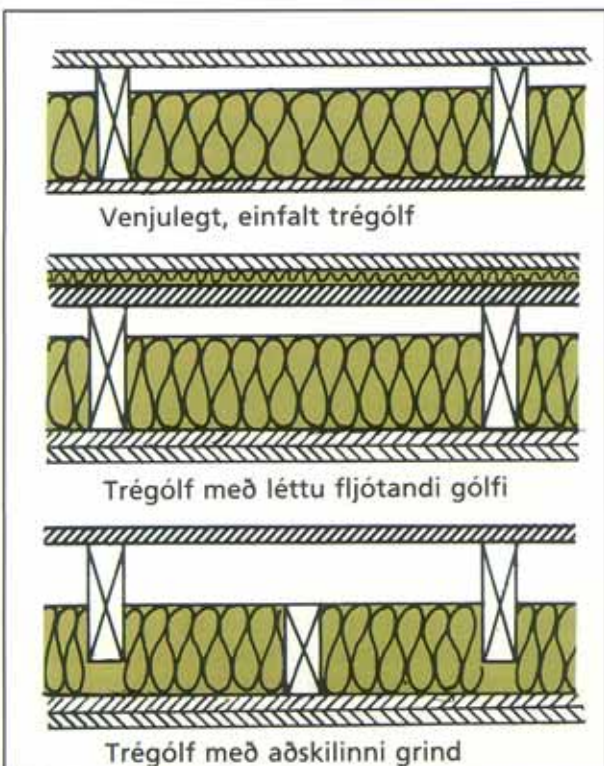
Til þess að svo megi verða þarf þó að aðskilja gólf- og loftklæðningu þannig að bein tenging t.d. um sameiginlega grind sé ekki fyrir hendi.

Einn möguleiki er þá að nota alveg aðskilda grind, þ.e. gólfklæðningin festist á venjulega öflugra gólfbita en loftklæðningin á sérstaka friberandi loftbita. Þessir loftbitar eru þá mun burðarminni en gólfbitarnir enda eiga þeir bara að bera klæðninguna.

Annar möguleiki er að útbúa létt fljótandi gólf.

Um plötur til klæðninga gildir það sama í grundvallaratriðum og áður er rakið fyrir grindarveggi. Þó verður oft að nota þykkari plötur í gólfklæðningu en æskilegt væri frá hljóðeinangrunarsjónarmiði. Loftklæðninguna er hins vegar unnt að hafa úr hæfilega þykkum plötum.

Steinull er ekki síður mikilvæg í holrúmi trégólfa en grindarveggja. Þar sem ullin er höfð liggjandi í gólfum en þarf ekki að standa upp á rönd eins og í veggjum er unnt að komast af með léttari ull. Hæfilegt er í flestum venjulegum gólfum að nota 4" léttull í holrúmið.



Þrjár grundvallargerðir trégólfa

Mynd 31

MJÚK GÓLFENI

Gólfteppi, gólfúkar og þess háttar efni eru notuð á allar gerðir gólfa. Slík yfirborðsefni hafa engin áhrif á lofthljóðeinangrunina svo grunngólfid sjálft verður að uppfylla þær kröfur.

Högghljóðeinangrunin batnar hins vegar verulega við slíkt mjúkt yfirborðslag, einkum ef yfirborðið er mjög hart fyrir, eins og á steyptri plötu. Högghljóðeinangrun trégólfa batnar hins vegar tiltölulega minna þar sem þau eru mýkri og meira fjaðrandi fyrir.

Fljótandi parket sem lagt er á korkmylsnupappa eða þunnan svamp ofan á steyp gólf er í flestum tilvikum nægilega fjaðrandi til þess að uppfylla högghljóðkröfurnar. Hins vegar mælist oft lítilsháttar lækkun á loft- hljóðeinangrun eftir lagningu slíks parkets því ákveðin samhljómun verður á óheppilegu tíðnibili. Þessi lækkun á I_a -gildinu er yfirleitt 0 – 2 dB en getur í vissum tilvikum orðið enn meiri.

Parket sem límt er á steypa plötu er hins vegar of hart, þannig að slíkt gólf uppfylla ekki kröfurnar um högghljóðeinangrun í byggingarreglugerð. Sama gildir auðvitað um steinflisar eða aðrar harðar flisar sem límdar eru beint á steypa plötu. Gólf af þessu tagi má því ekki því ekki nota í fjölbýlishúsum nema hugsanlega á baðherbergi, þar sem kröfurnar eru heldur vægari.

Ef óskað er eftir hörðu gólfyfirborði í fjölbýlishúsi sem jafnframt á að uppfylla byggingarreglugerð verður fyrst að útbúa fljótandi gólf ofan á steypu plötunni. Yfirborðið á fljótandi plötunni má síðan vera eins hart og framast er óskað.

FLJÓTANDI GÓLF

Ein aðferð sem stundum er notuð til þess að bæta hljóðeinangrun gólfa er að útbúa svo kölluð „fljótandi gólf“. Þessi aðferð bætir bæði lofthljóðeinangrunina og högghljóðeinangrunina.

Ofan á grunngólfinu er komið fyrir fjaðrandi undirlagi sem getur t.d. verið úr harðpressuðum steinullarplötum. Stundum eru líka notaðar stakar fjaðrandi einingar til að bera yfirgólfid en þá er holrúmið jafnframt fyllt af léttari steinull til hljóðdeyfingar.

Yfirgólfid er oft þung og stíf steinsteypt plata en stundum er notuð léttari plata eins og spónaplata og/eða parket. Gagnsemi fljótandi gólfs ræðst fyrst og fremst af massa yfirgólfsins og fjöðrunareiginleikum undirlagsins.

Á svipaðan hátt og í grindarveggjum verður hljóðeinangrunin mjög léleg við ákveðna samhljómstíðni en vex hratt með tíðni þar fyrir ofan. Mikilvægt er að þessi ákveðna tíðni sé sem lægst, a.m.k. mun lægri en 100 ríð.

HLJÓÐEINANGRUN Í FULLGERÐUM BYGGINGUM

Til þess að unnt sé að uppfylla kröfur um hljóðeinangrun verða hinir ýmsu byggingarhlutar að tengjast innbyrðis á réttan hátt. Bæði skilveggi (og -gólf) og aðlæga byggingarhluta verður að velja og hanna á þann hátt að „hjáleiðsla“ verði ekki of mikil. Byggingaraðferðin má ekki heldur bjóða upp á hættu á „hljóðleka“ og það gildir t.d. ekki síst fyrir raf- og símalagnir, vatns- og fráveitulagnir, auk samskeyta byggingarhlutanna.

Dæmi um mjög algengt hjáleiðsluvandamál í íslenskum fjölbýlishúsum er útveggur sem hitaeinangraður er að innan með einangrunarplasti og múraður. Samhljómun eða eigin tíðni múrhúðarmassans á þessari tiltölulega stífu fjöður er á mjög óheppilegu tíðnibili, ca 250-400 ríð fyrir venjulegar einangrunar- og múrþykktir.

Þetta veldur því að hljóðeinangrun útveggjarins er mun lægri en hljóðeinangrun eiginlegs veggjar eða plötu milli íbúða. Þessi útveggur er sameiginlegur aðliggjandi íbúðum og virkar hvað hljóðeinangrun varðar svipað og aukalegur skilveggur nema hvað viss deyfing verður á samskeytum útveggjar og skilveggjarins.

Þessi samskeytadeyfing er hins vegar ekki meiri en svo (ca 6-9 dB) að ef um stóra fleti útveggjar er að ræða berst mikið hljóð þessa leið framhjá eiginlegum skilvegg.

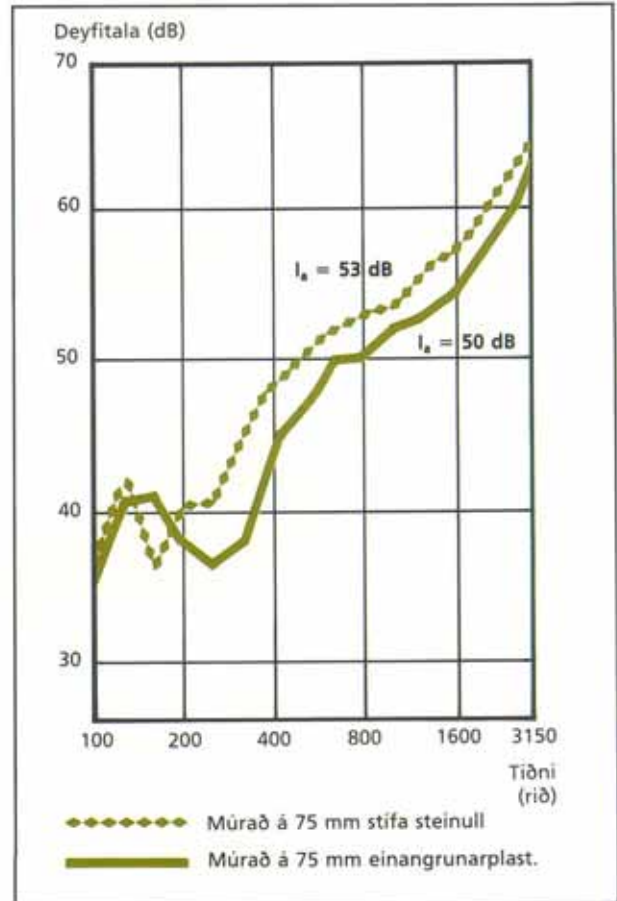
Áður en hitaeinangrað er má gera ráð fyrir að hljóðeinangrunin milli íbúða í venjulegu staðsteyptu fjölbýlishúsi sé um 52-54 dB, þ.e. rétt um eða rétt rúmlega það sem krafist er í byggingarreglugerð. Ætla má að þetta hljóðeinangrunargildi lækki um 2-3 dB við það að einangra með plasti og múra á það eða jafnvel enn meira ef um stóra útveggjafleti er að ræða. Í mörgum tilvikum leiðir þessi ákveðna hjáleiðsla þannig til þess að ekki tekst að uppfylla ákvæði byggingarreglugerðar um loft-hljóðeinangrun.

Girða má fyrir þessa hjáleiðslu með því að hitaeinangra með steinull. Annaðhvort er þá notuð stíf steinull sem múrað er á, svipað og gert er með plastið, eða létt ull í plötuklæddri grind. Báðar þessar aðferðir leiða til eigin tíðni töluvert undir 100 ríðum eins og æskilegt er.

Í stað þess að draga úr hljóðeinangrun útveggjarins bæta þessar einangrunaraðferðir hana. Útveggurinn hljóðeinangrar þá betur en skilveggurinn svo að ekki þarf að óttast hjáleiðslu af þessu tagi.

Á myndinni er sýnd samanburðarmæling sem Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins hefur gert á hjáleiðslu af þessu tagi.

Loft-hljóðeinangrunin var mæld í nokkrum íbúðum sem voru eins að öðru leyti en því að í sumum þeirra var einangrað með stífri steinull sem múrað var á en í öðrum var múrað á einangrunarplast.



Mynd 32

Auk hættunnar á hljóðleka og hjáleiðslu er einnig hættu á hljóðburði, t.d. um loftræsikerfi. Einnig getur verið hættu á hljóðburði um sameiginleg loftrými, eins og t.d. yfir hengilofti eða um ganga. Sérstakrar athygli er þörf í sölum þar sem veggirnir ganga bara upp að hengilofti en tengjast ekki eiginlega loftinu þar fyrir ofan.

Hurðir verða stundum að vera vel hljóðeinangrandi. Hurðablöðin eru þá ýmist höfð einföld, þung og tiltölulega þunn eða tvöföld, þykk og tiltölulega létt. Mjög mikilvægt er að hurðarblaðið falli þétt í karminn og veltur þar bæði á þéttilista og vandvirkni í smíði og efnisvali. Þétting milli karms og veggja og gólfs er einnig mjög mikilvæg.

Hljóðeinangrun glugga má bæta með því að auka bilið milli glerja. Nokkra bót má einnig fá með því að hafa ytra og innra glerið misþykkt en ekki er þó ráðlegt að nota mjög þykkar rúður. Með því að nota tvær þunnar rúður, límdar saman með plastlagi, má auka massann án þess að stífleikinn aukist meira en hlutfallslega. Góðar þéttingar eru mikilvægar.

7. HLJÓÐKRÖFUR

Hér á eftir fer stutt yfirlit um helstu hljóðkröfur sem gerðar eru í byggingarreglugerðum á Norðurlöndunum. Þessar reglugerðir gera nokkurn veginn sömu kröfur í öllum löndunum en eru misjafnlega ítarlegar og í einstaka tilvikum eru þær misstrangar.

Í íslensku reglugerðinni eru einungis ákvæði um íbúðarhúsnæði, bæði hljóðeinangrun og mesta leyfilega hávaðastig. Íslensku reglurnar eru nokkru strangari en hinar varðandi högghljóð en leyfa hins vegar nokkru meiri hávaða.

Auk byggingarreglugerða eru gefnar út ýmsar kröfur og leiðbeiningar í nágrenna löndunum af öðrum yfirvöldum. Þessar reglur ná þá yfir ýmsar sérstakar byggingar eða herbergi sem byggingarreglugerðin nefnir ekki sérstaklega. Nokkrar slíkar reglur eru einnig teknar með hér að neðan.

Þær reglur sem stuðst er við eru:

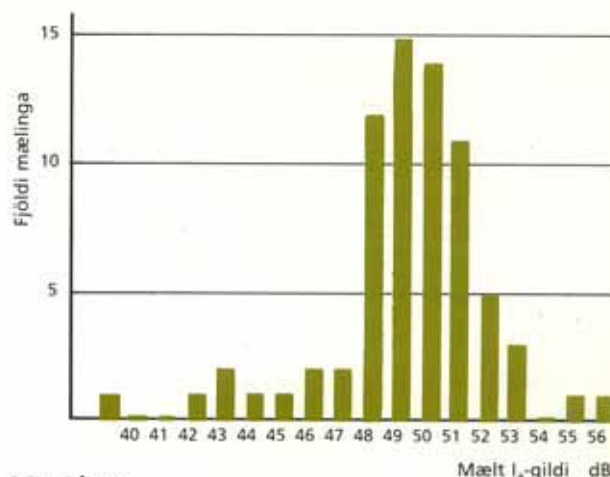
- Íslenskar:
Byggingarreglugerð 1979 [IBR]
- Danskar:
Bygningsreglementet 1977 [DBR]
- Sænskar:
Svensk byggnorm 1980 [SBN]
Byggnadsstyrelsens krav & råd 1979:07
..... [BS]
Sjukvårdens och socialvårdens planerings
och rationaliseringsinstitut, råd 5:24 . [SPRI]

LOFTHLJÓÐEINANGRUN

Kröfur um lofthljóðeinangrun eru settar fram sem lágmarks I_a -gildi í öllum ofangreindum reglugerðum, þar á meðal í núgildandi íslenskrri byggingarreglugerð. Nýrri erlendir staðlar nota hins vegar örlítið breytt viðmiðunargildi, R'_{w} , sem reyndar gefur nákvæmlega sama dB-gildi og I_a fyrir allflestar veggjagerðir. Í nokkrum tilfellum er þó R'_{w} 1-2 dB hærra en I_a -gildið.

I_a -gildin hér á eftir eru miðuð við hljóðeinangrun í byggingu sem yfirleitt má reikna með að sé um 5 dB lægri en tilraunastofugildi á sama vegg.

Til þess að auðvelda umfjöllun um lofthljóðeinangrun eru gjarnan notaðir ákveðnir hljóðflokkar með ca 5 dB bili milli flokka. Til þess að ná því að teljast til ákveðins hljóðflokks, þarf veggurinn að uppfylla nokkuð örugglega á sínum stað í byggingu það hljóðeinangrunargildi sem flokkurinn er kenndur við. Dæmi um slíka flokkun þar sem teknar hafa verið saman margar mæliniðurstöður um ákveðna vegggerð er sýnt hér:



Mynd 33

Eins og sjá má dreifast niðurstöður yfir allstórt bil vegna mismunandi byggingarfor-senda ofl. Aðeins stöku gildi lægri en $I_a = 48$ dB hafa þó mælst. Þessi veggur er því flokkaður sem 48 dB veggur. Deyfitalan á tilraunastofu er hins vegar um 53 dB.

HÖGGHLJÓÐEINANGRUN

Kröfurnar um högghljóðeinangrun eru settar fram sem hæsta leyfilega högghljóðstig, L_T -gildi. Sú viðmiðun er notuð í öllum ofangreindum reglugerðum, þar á meðal í núgildandi íslenskrri byggingarreglugerð. Í nýrri erlendum stöðlum er hins vegar notað annað viðmiðunargildi, $L'_{n,w}$, sem er skv. skilgreiningu 5 dB lægra en L_T . Auk þess getur munurinn verið enn meiri í vissum tilvikum.

Gólfum er yfirleitt ekki skipt í hljóðeinangrunarflokka eftir mældu högghljóðstigi. Hins vegar er sums staðar til hliðstæð flokkun á yfirborðsefnum til þess að leggja á gólf (teppi, gólfdukar, parkett o.s.frv.) Er þá miðað við þá lækkingu högghljóðstigs sem mælist þegar þessi gólfefni eru lögð á steypa gólfplötu af ákveðinni þykkt, miðað við plötuna bera. Ekki er nánar farið út í þessa flokkun hér.

HLJÓÐÍSOG

Auk reglna um hljóðeinangrun eru hér einnig teknar með reglur um ómtíma. Þessar reglur eru gjarnan settar fram sem meðal-hljóðísogsstuðull loftsins í viðkomandi herbergi því ísogsplötur eru langoftast festar í loft viðkomandi herbergja.

Erfitt er að setja algildar reglur um fullnægjandi hljóðeinangrun.

Eftirfarandi töflu er ætlað að gefa nokkra hugmynd um þýðingu mismunandi hljóðeinangrunarflokka:

HLJÓÐFLOKKAR/ HLJÓÐGJAFI	I_a 30 dB	I_a 35 dB	I_a 40 dB	I_a 44 dB	I_a 48 dB	I_a 52 dB	I_a 55 dB	I_a 60 dB
Venjulegar skrifstofuvélar	HEYRIST	GETUR HEYRST	TRUFLAR EKKI					
Venjulegt samtal	HEYRIST		GETUR HEYRST	GREINIST EKKI				
Hávært samtal	HEYRIST			GETUR HEYRST	GREINIST EKKI			
Hróp	HEYRIST				GETUR HEYRST		HEYRIST EKKI	
Tónlist	HEYRIST							GETUR HEYRST

Hér á eftir fylgir samantekt á hljóðkröfum í nokkrum gerðum bygginga. Heimildir eru yfirleitt samhljóða en þar sem munur er hafa ströngustu og/eða ítarlegustu kröfurnar verið valdar.

HLJÓÐKRÖFUR (ÍBR, DBR, SBN)	RAÐHÚS		FJÖLBÝLISHÚS		ÓSKYLD STARFSEMI Í ÍBÚÐARHÚSNÆÐI	
	I_a min	I_l max	I_a min	I_l max	I_a min	I_l max
Veggur milli íbúða	55 dB		52 dB		60 dB	
Gólf milli íbúða „þurr rými“ ¹⁾		58 dB	53 dB	63 dB	60 dB	54 dB
Gólf milli íbúða „blaut rými“ ¹⁾		63 dB	53 dB	68 dB	60 dB	54 dB
Svalagangar				68 dB		
Veggur með hurð milli íbúðar og (stiga)gangs			39 dB			

Hurð fram á (stiga)gang sé a.m.k. í *hurða-flokki 30 dB* (samsvarar u.þ.b. $I_{a,lab} = 37$ dB á tilraunastofu).

Ómtími í stigagangi, sameiginlegum fleiri íbúðum en 4, sé ekki lengri en 1,5 sek við áttundirnar 500, 1000 og 2000 rið.

Ómtími á gangi, sameiginlegum fleiri íbúðum en 2, sé ekki lengri en 1,0 sek við áttundirnar 500, 1000 og 2000 rið.

¹⁾ Með „blautu rými“ er átt við baðherbergi, salerni, þvottahús o.s.frv. en með „þurru rými“, stofu, svefnherbergi, eldhús o.s.frv.

HLJÓÐKRÖFUR (DBR, SBN)	HÓTEL O.P.H.	
	I_a min	I_l max
Veggir milli gestaherbergja	52 dB	
Veggir með hurð fram á gang	39 dB	
Gólf milli gestaherbergja	53 dB	63 dB
Gólf milli baðherbergja	53 dB	68 dB
Milli gestaherb.og veitingasalar o.þ.h.	60 dB	54 dB

Hurð fram á gang sé a.m.k. í hurða-hljóðflokki 30 dB (samsvarar u.þ.b. $I_{a,lab} = 37$ dB á tilraunastofu).

Ómtími í stigagangi með dyr að fleiri gestaherbergjum en 4 sé ekki lengri en 1,5 sek við áttundirnar 500, 1000 og 2000 rið.

Ómtími á gangi með dyr að fleiri gestaherbergjum en 2 sé ekki lengri en 1,0 sek við áttundirnar 500, 1000 og 2000 rið.

HLJÓÐKRÖFUR (DBR, SBN)	SKÓLAR			
	I_a min	I_l max	Ómtími (sek/tíðnibil)	(Samsvarandi hljóð- isogsstuðull í lofti)
Kennslustofur, hurðarlausir veggir	48 dB		0,6 – 0,8 sek 250 – 4000 rið	Ekki sama í allan loftflötinn
Kennslustofur,veggir með hurð milli stofa. Hurðarfl. 35 dB.	44 dB		0,6 – 0,8 sek 250 – 4000 rið	Ekki sama í allan loftflötinn
Kennslustofur,veggir með hurð fram á gang Hurðarfl. 25 dB	35 dB		0,6 – 0,8 sek 250 – 4000 rið	Ekki sama í allan loftflötinn
Kennslustofur fyrir sérkennslu	60 dB		0,5 sek 250 – 4000 rið	0,7 – 1,0 500 – 2000 rið
Gólf milli kennslustofa	51 dB	68 dB		
Gólf milli sérkennslu- og almennrar stofu	60 dB	58 dB		
Leikfimisalur og sundhöll			1,5 sek 250 – 4000 rið	0,7 – 1,0 500 – 2000 rið
Gangar			0,8 – 1,0 sek 250 – 4000 rið	0,5 – 0,8 250 – 4000 rið
Leikherbergi á dagheimili			0,6 sek 500 – 2000 rið	0,5 – 0,7 500 – 2000 rið

HLJÓÐKRÖFUR (SBN, SPRI)	SJÚKRAHÚS – HEILSUGÆSLA			(Samsvarandi hljóðisogs- stuðull í lofti)
	I_a min	I_i max	Ómtími (sek/tíðnibil)	
Sjúkrastofur	Veggir milli herbergja án hurðar: 48 dB með hurð: 40 dB (hurðarfl. 35 dB) Veggir fram á gang án hurðar: 44 dB með hurð: 35 dB (hurðarfl. 30 dB) Gólf: 51 dB	63 dB	1,0 sek 500 – 2000 rið	0,5 – 0,7 500 – 2000 rið
Skoðunarherbergi		68 dB	1,2 sek 500 – 2000 rið	0,5 – 0,7 500 – 2000 rið
Afgreiðsla/skráning Biðstofa barna			0,8 sek 500 – 2000 rið	0,5 – 0,9 500 – 3150 rið
Matsalur	Veggir milli herbergja án hurðar: 40 dB með hurð: 30 dB (hurðarfl. 25 dB) Veggir fram á gang án hurðar: 35 dB með hurð: 30 dB (hurðarfl. 25 dB) Gólf: 45 dB	68 dB	0,8 sek 500 – 2000 rið	0,5 – 0,9 500 – 3150 rið
Tilraunastofur			1,2 sek 500 – 2000 rið	0,5 – 0,7 500 – 2000 rið
Biðstofur			0,8 sek 500 – 2000 rið	0,5 – 0,9 500 – 3150 rið
Gangar			1,0 sek 500 – 2000 rið	0,3 – 0,5 500 – 3150 rið
Einangrunarstofur Meðferð/skoðun barna Heyrnarmælingar	Veggir milli herbergja: 52 dB Veggir fram á gang: 39 dB (hurðarfl. 30 dB) Gólf: 53 dB	63 dB		

HLJÓÐKRÖFUR (BS)		SKRIFSTOFUR			
		I_a min	I_i max:	Ómtími (sek/tíðnibil)	(Samsvarandi hljóð- ísogsstuðull í lofti)
Venjulegt skrifstofu- herbergi	milli herb.	35 dB	78 dB	Mælt með 0,8 sek 500 – 4000 rið	Mælt með 0,5 – 0,7 500 – 4000 rið
	frá gangi	30 dB	68 dB		
Herb. sem venju- leg samtöl eiga ekki að heyrast frá	milli herb.	44 dB	78 dB		
	frá gangi	35 – 40 dB	68 dB		
Sérstakar kröfur um að hlerun sé illmöguleg	milli herb.	52 dB	78 dB		
	frá gangi	48 dB	68 dB		
Fundaherbergi	milli herb.	44 dB	73 dB	Mælt með 0,8 sek 500 – 4000 rið	0,5 – 0,8 500 – 4000 rið
	frá gangi	35 – 40 dB	68 dB		
Fyrirlestrasalur	milli herb.	52 dB	63 dB	Kröfur verður að setja í samráði við hljómburðarsérfræðing.	
	frá gangi	44 – 48 dB	63 dB		

HLJÓÐFLOKKUN HURÐA

Ekki er til nein alþjóðleg hljóðeinangrunarflokkun á hurðum svo að taka verður með nokkurri varúð erlendum vottorðum um að einhver hurð sé 30 dB, önnur 35 dB o.s.frv. Athuga verður nánar í hverju tilviki hvað nákvæmlega hefur verið mælt og hvernig flokkað er.

Í Noregi, Svíþjóð og Finnlandi eru sams konar reglur um hljóðeinangrunarflokkun hurða. Danir beittu einnig þessum sömu reglum fram til 1982 en þá skiptu þeir um aðferð og nota nú aðra og vægari flokkun. Dönsk 40 dB hurð telst t.d. aðeins 35 dB hurð á hinum Norðurlöndunum.

Þar sem vísað er í ákveðinn hljóðflokk hurða í töflunum hér að framan, er miðað við þá hljóðflokkun sem notuð er í Noregi, Svíþjóð og Finnlandi.

Hurðir eru hljóðflokkaðar á tilraunastofum og þar eru gefin út vottorð um að ákveðin hurð með ákveðnum frágangi, þéttingum o.s.frv. uppfylli settar kröfur um þann hljóðeinangrunarflokk sem um ræðir.

HLJÓÐFLOKKUN		ÁÆTLUÐ GILDI	
Hljóðflokkur	Meðalhljóðdeyfitala \bar{R} min (mælt á tilraunastofu)	I_a á staðnum	$I_{a,lab}$ á tilraunastofu
25 dB	28 dB	26	29
30 dB	34 dB	32	37
35 dB	39 dB	38	43

Hljóðflokkun hurða í Noregi, Svíþjóð og Finnlandi. Einnig er sýnt hvaða gildi \bar{R} samsvarar í $I_{a,lab}$ samkvæmt reynslu

8. HÖNNUN OG VAL BYGGINGARHLUTA

Hér á eftir eru sýnd nokkur dæmi um hljóðeinangrandi byggingarhluta. Jafnframt eru gefin upp hugsanleg notkunarsvið en að öðru leyti vísast í kafla 7 um hljóðkröfur.

Að sjálfsögðu er unnt að uppfylla tiltekna hljóðkröfur á miklu fleiri vegu en unnt er að sýna í töflunni hér. Nokkrar þumalfingursreglur má nota til þess að áætla hljóðeinangrun veggja-gerða sem ekki er að finna í töflunni út frá svipuðum veggjum sem þar eru:

Tvöfalt plötubyrði báðum megin á vegggrindina gefur ca. **10 dB** hærra I_a -gildi en einfalt byrði beggja vegna.

Ef plötubyrðið er aðeins tvöfaldað öðru megin má búast við ca. **4 dB** hærra I_a -gildi en einfalt byrði beggja vegna.

Á hliðstæðan hátt fæst um **4 dB** hækkun I_a -gildis þegar vegg með tvöföldu plötubyrði beggja vegna er breytt í vegg með þreföldu plötubyrði beggja vegna. (50% massaukning.)

Veggur með steinull í holrúmi hefur ca. **5 dB** hærra I_a -gildi en samsvarandi veggur með tómu holrúmi.

Benda má á að blikkgrind er heldur betri en trégrind í einföldum grindarveggjum. Þessi munur á I_a -gildi er oft ca. **4 dB**. Að sjálfsögðu er þessi munur nánast enginn í veggjum með tvöfaldrí grind.

Yfirleitt vex I_a -gildið með aukinni breidd holrúmsins í veggnum en erfitt er að gefa almenna reglu um þá aukningu. Stærðargráðan er þó nokkuð nálægt **2 dB** fyrir hverja 50% breiddaraukningu.

Þessum einföldu þumalfingursreglum skal beitt á tilraunastofumæligildið $I_{a,lab}$. Útkoman verður síðan að vera a.m.k. 5 dB hærrí en hljóðflokkurinn, þ.e. áætluð hljóðeinangrunarpörf á staðnum.

Að sjálfsögðu skiptir máli hvers konar plötur eru notaðar í klæðninguna. Flatarþungi þessara platna skiptir mestu máli en vegna samfallstíðinnar, sem minnst er á í 6.kafla, er þó óæskilegt að þær séu mjög þykkar.

Venjulegar spónaplötur, gipsplötur og gips-trefjaplötur sem nota á í hljóðeinangrandi veggju ættu helst ekki að vera þykkari en 10 – 13 mm. Ef meiri massa er óskað ætti frekar að fjölga plötum en þykkja þær.

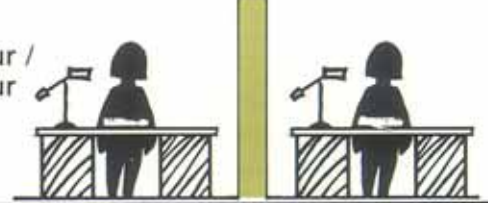
Plötuklæðningin í töflunni miðast við 13 mm gipsplötur, 12 mm spónaplötur eða 10 mm gips-trefjaplötur. Þessar plötur eru nokkurn veginn sambærilegar þótt þær séu svolítið misþungar (ca. 9 – 11 kg/m²).

HLJÓDFLOKKUR DÆMI UM NOTKUN

A
Gangar,
anddyri/
Skrifstofur
30 dB



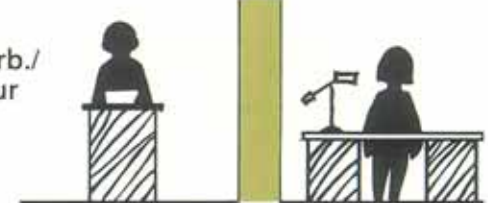
B
Skrifstofur /
Skrifstofur
35 dB



C
Baðherbergi/
Svefnherbergi
40 dB



D
Fundaherb./
Skrifstofur
44 dB



E
Skólastofa/
Skólastofa
48 dB



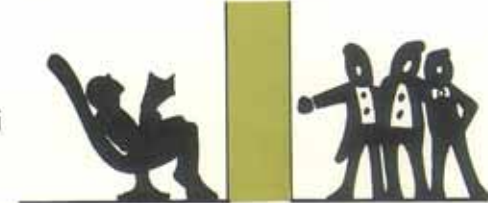
F
Hótelherb./
Hótelherb.
52 dB



G
Raðhús /
Raðhús
55 dB



H
Íbúð /
Óskyld
starfsemi
60 dB



**MILLIVEGGIR
(EKKI BURÐARVEGGIR)**

**TILRAUNASTOFU-
HLJÓÐEIN-
ANGRUNARGILDI**

**BRUNA
MÓTSTÖÐU-
FLOKKUN**

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grind 45x75 c/c 600 mm 2. Klæðning 12 mm spónaplata 3. Klæðning 12 mm spónaplata 	$I_{a,lab} = 33 \text{ dB}$	B30
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grind 45x75 c/c 600 mm 2. Klæðning 12 mm spónaplata 3. 75 mm þéttull 4. Klæðning 12 mm spónaplata 	$I_{a,lab} = 38 \text{ dB}$	B30
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stoðir 45x75 c/c 600 mm 2. Leiðarar 45x95 mm 3. Klæðning 12 mm spónaplata 4. 50 mm þéttull 5. Stoðir 45x75 c/c 600 mm 6. Klæðning 12 mm spónaplata 7. 50 mm þéttull 	$I_{a,lab} = 44 \text{ dB}$	B60
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grind 45x95 c/c 600 mm 2. Klæðning 2x12 mm spónaplata 3. 100 mm þéttull 4. Klæðning 2x12 mm spónaplata 	$I_{a,lab} = 48 \text{ dB}$	B90
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grind 45x75 c/c 600 mm 2. Klæðning 2x12 mm spónaplata 3. 50 mm þéttull 4. Grind 45x75 c/c 600 mm 5. Klæðning 2x12 mm spónaplata 6. 50 mm þéttull 7. Leiðarar 45x95 mm 	$I_{a,lab} = 53 \text{ dB}$	B90
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stálprófill 35x70 c/c 600 mm 2. Klæðning 2x13 mm gipsplata 3. 50 mm þéttull, vel fest 4. Stálprófill 35x70 c/c 600 mm 5. Klæðning 2x13 mm gipsplata 6. 50 mm þéttull, vel fest 	$I_{a,lab} = 58 \text{ dB}$	A120
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stálprófill 35x70 c/c 600 mm 2. Klæðning 2x13 mm gipsplata 3. 75 mm þéttull, vel fest 4. Stálprófill 35x70 c/c 600 mm 5. Klæðning 2x13 mm gipsplata 6. 75 mm þéttull, vel fest 	$I_{a,lab} = 62 \text{ dB}$	A120
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stálprófill 35x70 c/c 600 mm 2. Klæðning 3x13 mm gipsplata 3. 75 mm þéttull, vel fest 4. Stálprófill 35x70 c/c 600 mm 5. Klæðning 3x13 mm gipsplata 6. 75 mm þéttull, vel fest 	$I_{a,lab} = 64 \text{ dB}$	A120

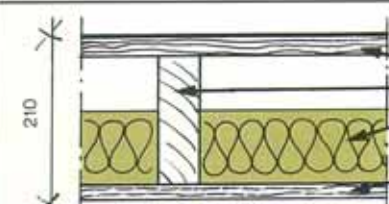
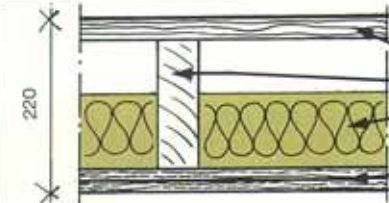
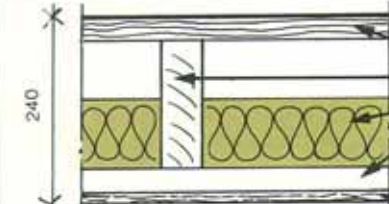
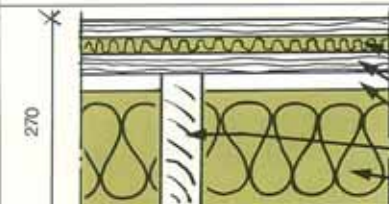
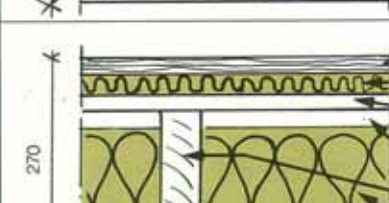
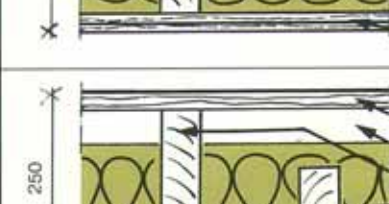
MILLIGÓLF

Hér að framan voru tekin dæmi um grindarveggi. Nú verða sýnd á svipaðan hátt nokkur dæmi um milligólf úr timbri.

Þeim er ekki raðað í sérstaka hljóðflokka eins og veggjunum en gefin eru upp tilraunastofumæligildi, bæði fyrir högghljóðeinangrun og lofthljóðeinangrun. Eins og áður hefur komið

fram má ætla að hljóðeinangrun sem mæld er á staðnum sé um 5 dB lægri en tilraunastofumæligildin.

Auk hljóðeinangrunargildanna er líka gefin upp brunamótstöðuflokkun eins og fyrir veggina. Vegna brunamótstöðu þarf þéttull í holrúm gólfa en léttull væri nægjanleg til hljóðeinangrunar.

MILLIGÓLF	TILRAUNASTOFU- HLJÓÐEIN- ANGRUNARGILDI	BRUNA MÓTSTÖÐU- FLOKKUN
 <ol style="list-style-type: none"> 1. Gólfdukur með filti 2. 22 mm spónaplata 3. 48x173 mm burðarbiti 4. 100 mm þéttull, fest upp með 2 mm stálþráð c/c 300 mm 5. Klæðning, 12 mm spónaplata 	$I_{a,lab} = 42 \text{ dB}$ $I_{i,lab} = 80 \text{ dB}$	B30
 <ol style="list-style-type: none"> 1. Gólfdukur með filti 2. 22 mm spónaplata 3. 48x173 mm burðarbiti 4. 100 mm þéttull, fest upp með 2 mm stálþráð c/c 300 mm 5. Klæðning, 2x12 mm spónaplata 	$I_{a,lab} = 46 \text{ dB}$ $I_{i,lab} = 76 \text{ dB}$	B60
 <ol style="list-style-type: none"> 1. Gólfdukur með filti 2. 22 mm spónaplata 3. 48x173 mm burðarbiti 4. 100 mm þéttull, vel fest 5. 25x80 mm blikkprófill hengdur í annan hvern bita 6. Klæðning 12 mm spónaplata 	$I_{a,lab} = 50 \text{ dB}$ $I_{i,lab} = 73 \text{ dB}$	B60
 <ol style="list-style-type: none"> 1. 22 mm spónaplata 2. 25 mm steinull 150 kg/m³ 3. 22 mm spónaplata 4. Loftbil 5. 48x173 mm burðarbiti 6. 150 mm þéttull, vel fest 7. Klæðning 2x12 mm spónaplata 	$I_{a,lab} = 52 \text{ dB}$ $I_{i,lab} = 63 \text{ dB}$	B90
 <ol style="list-style-type: none"> 1. 22 mm spónaplata 2. 25 mm steinull 150 kg/m³ 3. Gísín borðaklæðning með 30% opnum raufum 4. Loftbil 5. 48x173 mm burðarbiti 6. 150 mm þéttull, vel fest 7. Klæðning 2x12 mm spónaplata 	$I_{a,lab} = 57 \text{ dB}$ $I_{i,lab} = 63 \text{ dB}$	B90
 <ol style="list-style-type: none"> 1. Gólfdukur með filti 2. 22 mm spónaplata 3. Loftbil 4. 48x173 mm burðarbiti 5. 150 mm þéttull, vel fest 6. 48x123 mm loftagrind 7. Klæðning 2x12 mm spónaplata 	$I_{a,lab} = 57 \text{ dB}$ $I_{i,lab} = 62 \text{ dB}$	B90

9. DÆMI UM SÉRFRÁGANG

Mjög mikilvægt er að nákvæmni sé gætt í öllum frágangi hljóðeinangrandi veggja. Sérstaklega er mikilvægt að þetta vel öll göt og rifur sem ganga í gegnum vegginn. Dæmi um slíkar rifur eru út við steypa fleti sem veggurinn gengur upp að, meðfram dyra- og gluggakörmum o.s.frv.

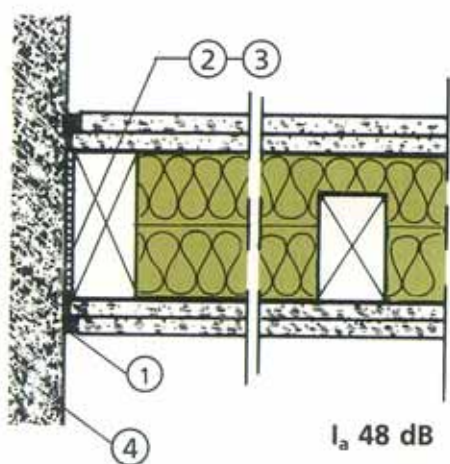
Tvenns konar grundvallaraðferðum er beitt til þess að þetta slíkar rifur. Annars vegar er unnt að loka þeim með góðum gúmmíþéttlistum sem helst eiga að vera holir, þunnveggja, með lokuðu yfirborði og þvermáli minnst 8 – 10 mm. Hins vegar má loka rifunni með filti eða steinullarræmu undir leiðara og

þetta síðan beggja vegna með góðu fúguþéttiefni.

Annað mjög mikilvægt atriði er að sama grundvallaraðferð, sem gildir um hljóðeinangrandi vegginn sjálfan, sé látin halda sér við tengingu hans við aðra (léttu) byggingarhluta. Ef þessa er ekki vandlega gætt er mikil hættu á að hjáleidsla hljóðs framhjá veggnum eyðileggi hljóðeinangrunina.

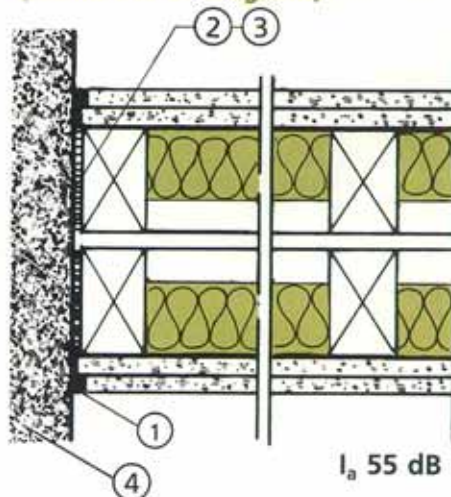
Hér á eftir eru sýnd nokkur dæmi um þéttingu og tengingar hljóðeinangrandi veggja við aðra byggingarhluta.

VEGGGERÐ E Í KAFLA 8

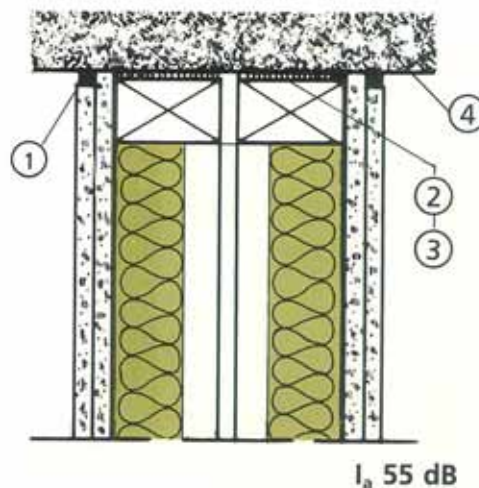
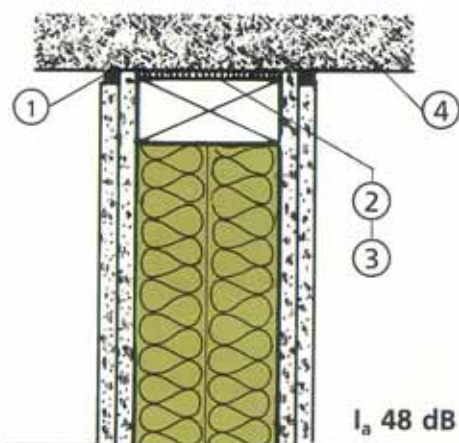


LÁRÉTT SNID
M 1:5

VEGGGERÐ G Í KAFLA 8
(Nema hér er trégrind)

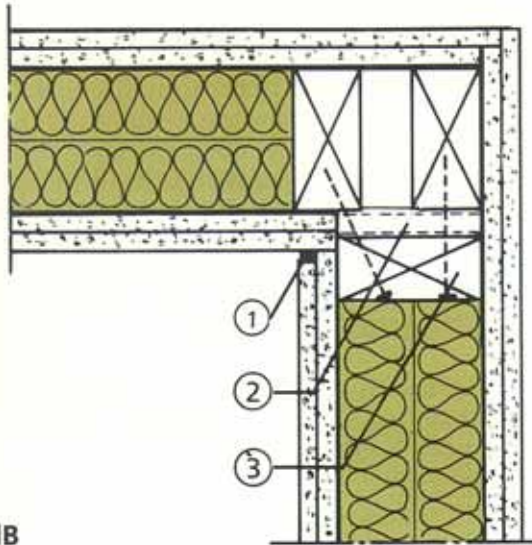


LÓDRÉTT SNID
M 1:5



Sérteikningar af tengingu við einfaldan, steinsteyptan byggingarhluta

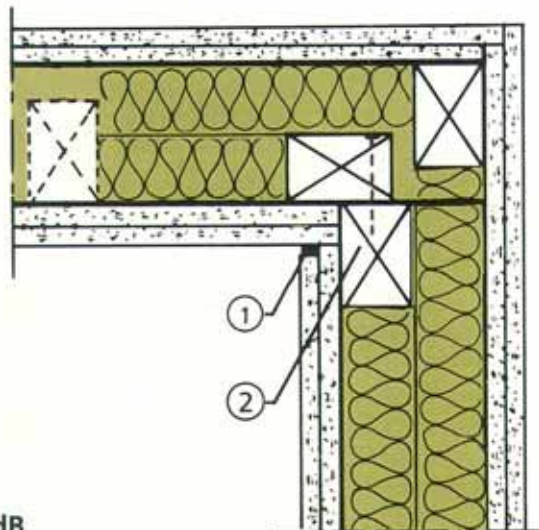
1. Elastískt fúguþéttiefni
2. Filtdúkur eða steinullarræma
3. Fjarlægð milli festipunkta leiðara fari ekki yfir 600 mm
4. Steinsteypa



I_a 44 dB

VEGGGERÐ D Í KAFLA 8

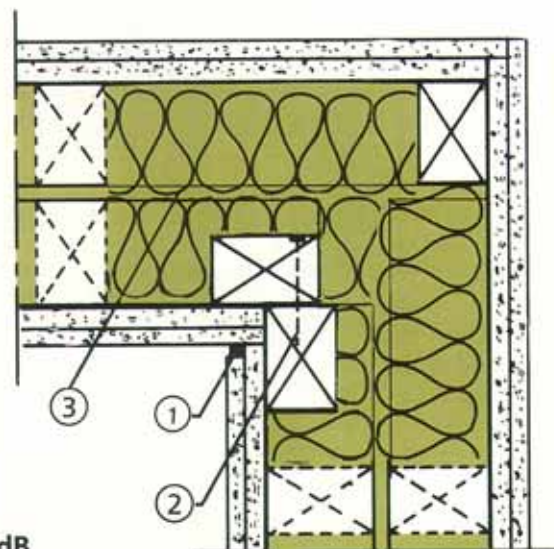
1. Elastískt fúgubéttiefni
2. Fjarlægðarklossi
3. Hornstoðir skrúfist saman



I_a 48 dB

VEGGGERÐ E Í KAFLA 8

1. Elastískt fúgubéttiefni
2. Hornstoðir skrúfist saman

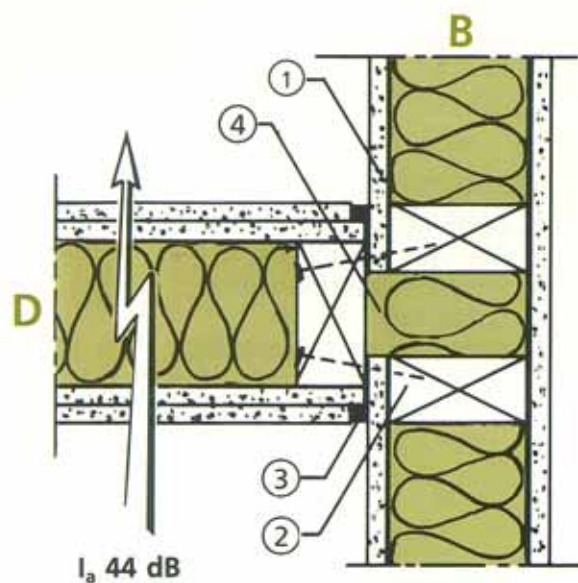


I_a 55 dB

**VEGGGERÐ G Í KAFLA 8
(Nema hér er trégrind)**

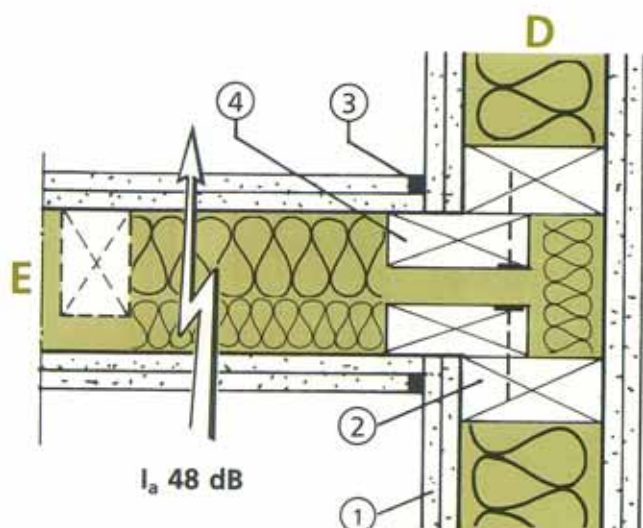
1. Elastískt fúgubéttiefni
2. Hornstoðir skrúfist saman
3. Bil milli leiðara minnst 20 mm

Sérteikningar af V-hornum, M 1:5



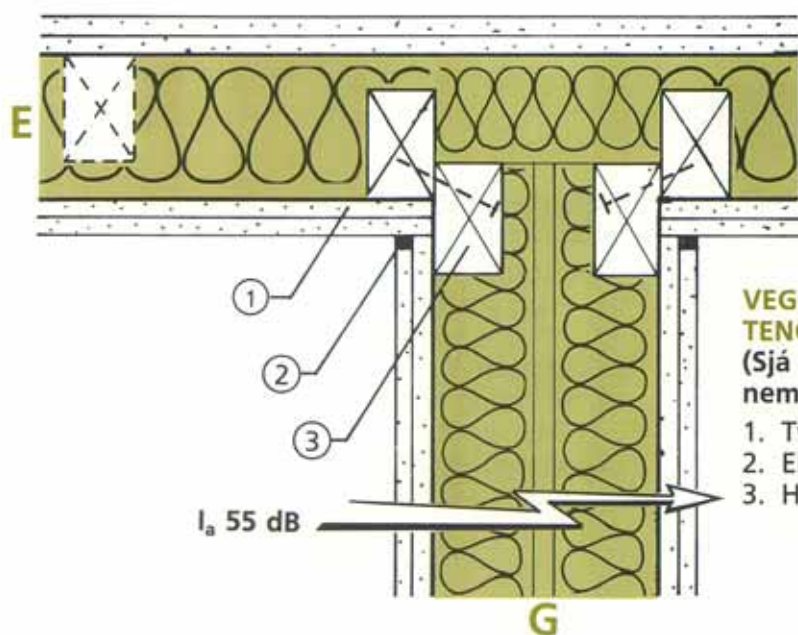
**VEGGGERÐ D MILLI HERBERGJA
TENGIST VEGG B FRAM Á GANG**
(Sjá vegggerðir í kafla 8)

1. Einföld plötuklæðning
2. Stoðir skrúfaðar saman
3. Elastískt fúgubéttiefni
4. Plötuklæðning slitin sundur (minnst 30 mm)



**VEGGGERÐ E MILLI HERBERGJA
TENGIST VEGG D**
(Sjá vegggerðir í kafla 8)

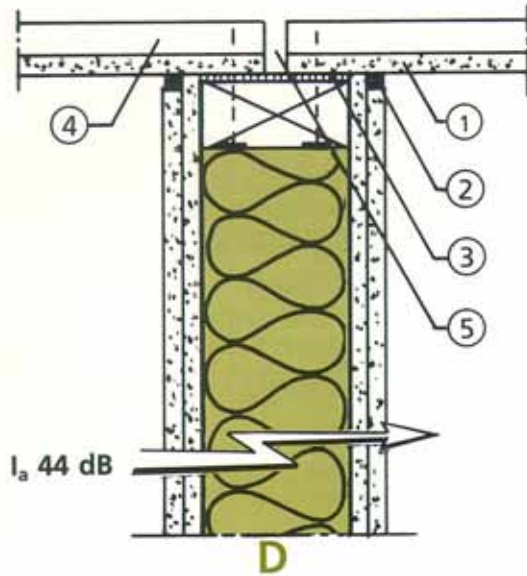
1. Tvöföld plötuklæðning
2. Stoðir skrúfaðar saman
3. Elastískt fúgubéttiefni
4. Tréstoð til styrktar



**VEGGGERÐ G MILLI HERBERGJA
TENGIST VEGG E**
(Sjá vegggerðir í kafla 8
nema hér er G með trégrind)

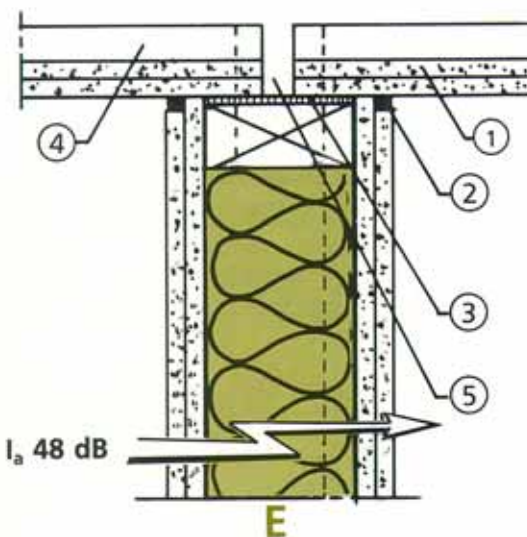
1. Tvöföld plötuklæðning
2. Elastískt fúgubéttiefni
3. Hornstoðir skrúfaðar saman

Sérteikning af T-tengingu við annan vegg, M 1:5.
Tenging við plötuklæddan útvegg er hliðstæð.



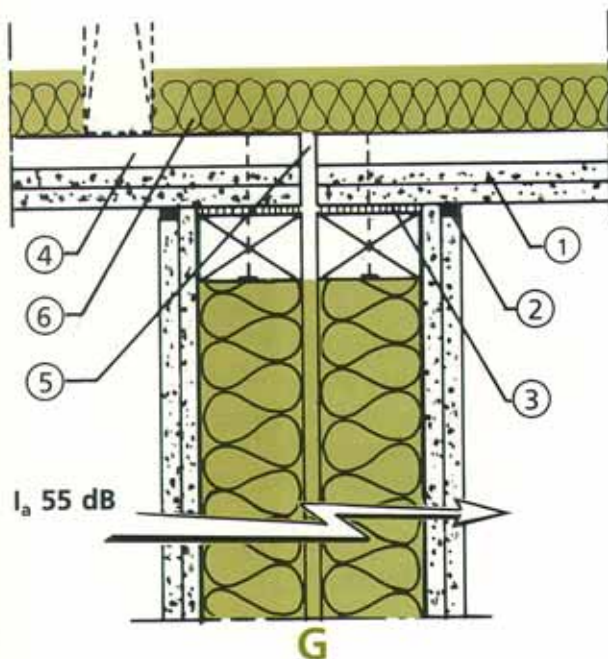
VEGGGERÐ D Í KAFLA 8

1. Loftklæðning, 12 mm spónaplata
2. Elastískt fúgubéttiefni
3. Filt eða steinullarræma
4. Loftgrind
5. Grind og plötuklæðning slitin sundur (minnst 30 mm)



VEGGGERÐ E Í KAFLA 8

1. Loftklæðning, 2x12 mm spónaplata
2. Elastískt fúgubéttiefni
3. Filt eða steinullarræma
4. Loftgrind
5. Grind og klæðning slitin sundur (minnst 30 mm)



VEGGGERÐ G Í KAFLA 8

(Nema hér er trégrind)

1. Loftklæðning, 2x12 mm spónaplata
2. Elastískt fúgubéttiefni
3. Filt eða steinullarræma
4. Loftgrind
5. Grind og klæðning slitin sundur (minnst 30 mm)
6. 50 mm léttull, a.m.k. 1200 mm báðum megin við vegginn.

Sérteikningar af tengingu veggja og timburlofta, M 1:5

SKÝRINGAR Á TÁKNUM

STÓRIR BÓKSTAFIR

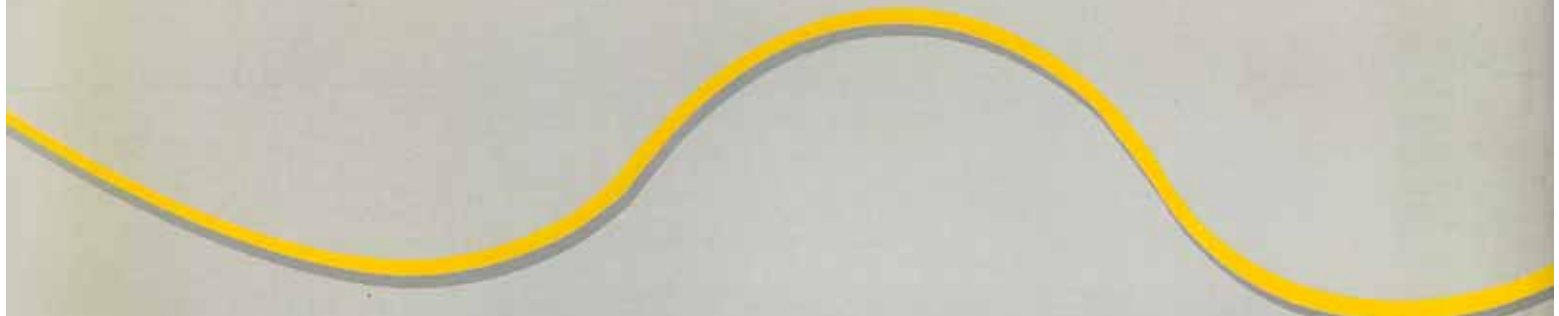
A	m ² Sabine	hljóðisogsflötur
A120	min	brunamótstaða byggingarhluta í A-brunaeiginleikafli.
B30	min	brunamótstaða byggingarhluta í B-brunaeiginleikafli.
D	dB/m	hljóðdeyfing í loftræsistokkum
I _a	dB	hljóðeinangrunargildi fyrir loft-hljóðeinangrun, mælt á staðnum
I _{a,lab}	dB	hljóðeinangrunargildi fyrir loft-hljóðeinangrun, mælt á tilraunastofu
I _i	dB	högghljóðstigsgildi, mælt á staðnum
I _{i,lab}	dB	högghljóðstigsgildi, mælt á tilraunastofu
L	dB	hljóðstig
L _{n,r} , L ₁₀	dB	staðlað högghljóðstig (breytilegt með tíðni)
L _{n,w}	dB	högghljóðstigsgildi, mælt á tilraunastofu (ný skilgreining, kemur í stað I _{i,lab})
L' _{n,w}	dB	högghljóðstigsgildi, mælt á staðnum (ný skilgreining, kemur í stað I _i)
M		sem auðkenni: móttökurými
R	dB	hljóðdeyfitala (breytilegt með tíðni), mæld á tilraunastofu
R'	dB	hljóðdeyfitala (breytilegt með tíðni), mæld á staðnum
R _w	dB	hljóðeinangrunargildi á tilraunastofu (ný skilgreining, kemur í stað I _{a,lab})
R' _w	dB	hljóðeinangrunargildi, mælt á staðnum (ný skilgreining, kemur í stað I _a)
S	m ²	flötur, yfirborð
S		sem auðkenni: sendirými
T	sek	ómtími
V	m ³	rúmmál

LITLIR BÓKSTAFIR

d	m	fjarlægð
f _r	rið	samhljómstíðni (eigintíðni)
m	kg/m ²	flatarmassi
m	1/m	hljóðdeyfing andrúmsloftsins
n		fjöldi
rh	%	hlutfallslegur loftraki

GRÍSKIR BÓKSTAFIR

α		hljóðisogsstuðull
α _o		hljóðisogsstuðull hornrétt á yfirborð
α _l		hljóðisogsstuðull hljóðdeyfilefts



Heyrnartjón af völdum hávaða er einn algengasti atvinnusjúkdómur hérlandis. Góðir hljóðdeyfieiginleikar steinullar nýtast vel í baráttunni gegn hávaða á vinnustöðum.

Þessir hljóðdeyfieiginleikar koma líka að góðu gagni við að bæta hljóðeinangrun léttra veggja og gólfa. Enginn hávaði kemur frá góðu loftræsikerfi. Steinull innan á loftstokkum og í hljóðgildrum drepur niður hávaðann.

Steinull deyfir hljóð.



STEINULLARVERKSMIÐJAN HF

SAUDÁRKRÓKI, SÍMI 95-5000

SÖLUSKRIFSTOFA OG RÁDGJAFABJÓNUSTA SÍÐUMÚLA 1, SÍMI 91-83617

Bæklingur þessi er gefinn út í samvinnu við eftirtalda aðila: Starfsmenn Steinullarverksmiðjunnar, Björn Marteinson, verkfræðing og Steindór Guðmundsson, verkfræðing.

Hönnun og uppsetning: EB. Nýr Dagur ...

Filmugerð og prentun: Svansprent.

September 1988.