

Nr. 81

10. júní 1976

Hávaði í fiskvinnsluhúsum

Torfi Þ. Guðmundsson

Trausti Eiríksson

ÚRDRÁTTUR

Að undanförmu hefur borið meira og meira á því, að kvartað er undan hávaða í fiskvinnsluhúsum og þá einkum frystihúsum. Er þetta eðlileg afleiðing aukinnar vélvæðingar. Á örfáum stöðum hefur verið reynt að bæta úr þessu vandamáli, en tekist misjafnlega.

Þar sem hávaði er í eðli sínu flókið hugtak, er fyrst reynt að skýra helstu atriði hljóðfræðinnar, í þeirri von að það geri leikmönnum auðveldara með að skilja það sem eftir kemur.

Tilgangurinn með Tæknitíðindum þessum, er að reyna að gera grein fyrir vandamálinu, orsökum þess og afleiðingum ásamt hugsanlegum úrbótum.

EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR	bls.
2	HLJÓÐFRÆÐI	"
21	Eðli og útbreiðsla hljóðs, skilgreiningar á hugtökum	"
22	Útbreiðsla hljóðs	"
23	Hljóðnæmi og heyrnarstyrkur	"
24	Áhrif hávaða, heyrnarskaðar	"
25	Hávaðamörk	"
26	Rekstrarhagfræðileg áhrif hávaða á vinnustað	"
3	ORSAKIR OG MAGN HÁVAÐA Í FISKVINNSLUHÚSUM	"
4	HUGSANLEGAR ÚRBÆTUR	"

1 INNGANGUR

Fyrr á öldinni, þegar vélvæðingin hóf innreið sína í íslenskan iðnað var hávaði ekki talinn til stærri vandamála. Þvert á móti var hann stolt vinnustaðanna, eins konar stöðutákn, þar sem hávaðamagnið þótti vera mælikvarði á vélvæðinguna. Í dag er þessu öðruvísi farið, þar sem saman fara bæði vaknandi vitund manna um skaðsemi hávaðans, heilsufarslega og efnahagslega, og auknar kröfur um þægilegt eða að minnsta kosti óskaðlegt umhverfi og að auki stöðugt vaxandi vélvæðing.

Í flestum tilfellum reynist erfitt að leysa hávaðavandamálið, þar sem það er í eðli sínu flókið og engin ein lausn er almennt nothæf heldur krefst hvert tilfalli náinnar athugunnar við. Ættu menn því að ráðfæra sig við sérfróða aðila áður en fjármagn er lagt í hávaðaminnkandi aðgerðir.

Hér mun reynt að gera grein fyrir helstu atriðum hljóðfræðinnar og þeim aðferðum, sem algengar eru til lausnar vandamálinu.

2 HLJÓÐFRÆÐI

Til þess að öðlast skilning á því hvernig hinar ýmsu mótaðgerðir gegn hávaðavandamálinu verka, er nauðsynlegt að hafa nokkra þekkingu á hljóðfræði. Þess vegna skal hér í stuttu máli gerð grein fyrir helstu atriðunum.

21 Eðli og útbreiðsla hljóðs, skilgreiningar á hugtökum

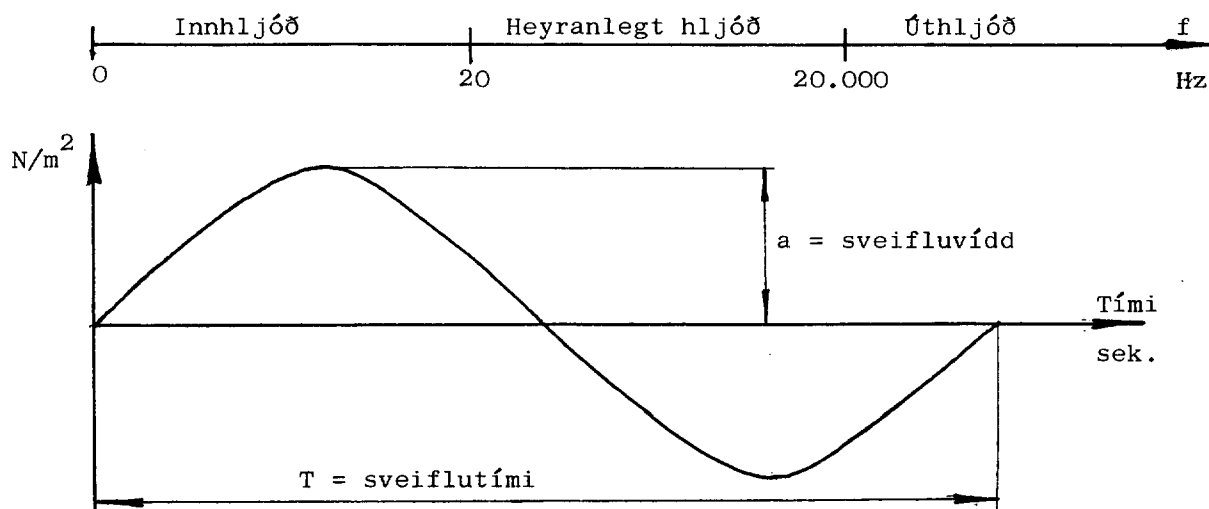
Það sem við skynjum sem hljóð, eru örsmáar þrýstingssveiflur í loftinu á vissu tíðnissviði, sem myndast við titring fastra hluta, t.d. raddbandanna. Þegar sveiflur þessar skella á hljóðhimnu eyrans, sveiflast hún á sama hátt og kemur skilaboðum áleiðis til heilans. Þrýstingssveiflur þessar eru í eðli sínu eins og aðrar sveiflur og lúta sömu grunnlögmálum. Hljóð, myndað úr hreinum sínussveiflum, nefnist hreinn tónn. Mjög erfitt er að mynda hreina tóna eina sér, en venjuleg hljóð eru samsett úr mörgum hreinum tónum með mismunandi styrk og tíðni.

Sum hljóð líka vel, en önnur illa. Þau síðarnefndu eru kölluð hávaði. Engin ákveðin skilgreining er á mörkum hávaða, þar sem þau eru mjög einstaklingsbundin. Algengt og vinsælt dæmi er pop-músík.

En hvort sem hljóð kallast hávaði eða ekki, er það staðreynd að fyrir ofan ákveðinn styrkleika er það skaðlegt heyrn okkar. Mörk þess skaðlega fara auk styrksins eftir tíðni hljóðsins og dvalartíma í hávaðanum.

Í hljóðfræðinni eru eftirtalin hugtök mjög algeng: Tíðni, hljóðhraði, bylgjulengd, sveiflutími, sveifluvídd, hljóðþrýstingur, hljóðþrýstingsstig, hljóðafli, hljóðafllsstig, aflþykkni, aflþykknisstig, hljóðstyrkur. Skal hér í stuttu máli gert grein fyrir þessum hugtökum.

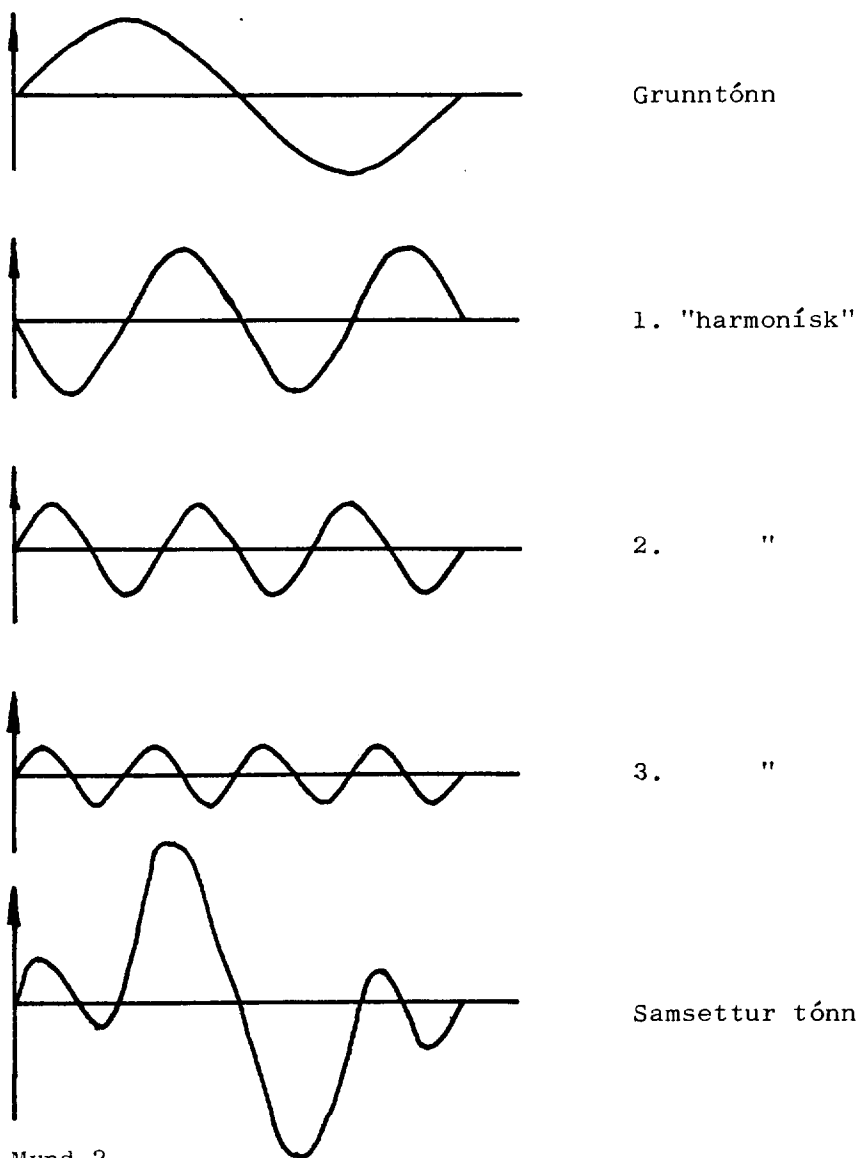
Tíðnin f (Hz) er hugtakið fyrir þann fjölda sveifla á tímaeiningu, sem mynda hljóðið. Mælieiningin fyrir tíðni er sveiflur/sek. eða Herz (Hz). Við eðlilegar aðstæður skynjar mannseyrað hljóð á tíðnisviðinu 20-20.000 Hz. Hljóð með tíðni undir 20 Hz kallast innhljóð, en hljóð með tíðni yfir 20.000 Hz kallast úthljóð, sjá mynd 1.



Mynd 1.

Ef sveiflutíminn fyrir eina sveiflu er T , er tíðnin $f = \frac{1}{T}$. Djúpir tónar (dimmir) hafa lága tíðni, háir tónar (bjartir) hafa háa tíðni. Tónbilið milli tveggja tóna, með tíðnina f_1 og f_2 , nefnist áttund, ef $\frac{f_1}{f_2} = 2$. Ef hlutfallið er $\frac{f_1}{f_2} = \sqrt[3]{2} = 1.26$, mynda þeir 1/3-áttund, eða þríund. Séu hljóðsveiflur athugaðar nánar, kemur í ljós að þær eru yfirleitt ekki hreinar "sínus"-sveiflur, heldur margs konar óreglulegar sveiflur, sem hægt er þó að greina sundur í

margar sínussveiflur með mismunandi tíðni og sveifluvíddir með "Fourier"-greiningu, sjá mynd 2.



Mynd 2.

Hljóðhraðinn c (m/sek), er háður því hvort hljóðið fer í gegnum loft-kennt, fljótandi, eða fast efni. Í lofti er hljóðhraðinn háður hitastiginu á eftirfarandi hátt: $c = 330 \sqrt{\frac{273+t}{273}}$ m/sek, þar sem t er hitastig loftsins í $^{\circ}\text{C}$.

Bylgjulengdin λ (m), er sú vegalengd, sem ein sveifla fer á sveiflutímanum T , þ.e.a.s. $\lambda = c \cdot T$, eða $\lambda = \frac{c}{f}$, þar sem $f = \frac{1}{T}$.

Djúpir tónar hafa bylgjulengd, sem er e.t.v. margir metrar, en bylgjulengd hárra tóna er aðeins nokkrir sentimetrar.

Hljóðþrýstingur p (μbar , N/m^2), er sá sveiflukenndi yfir- og undirþrýstingur, sem myndar hljóðbylgjurnar, þar sem loftið þéttist og þynnist á víxl.

Algenga þrýstingseiningin $1 \text{ at} = 760 \text{ mm Hg} = 1 \text{ kg/cm}^2$, er alltof stór til að nota við mælingar á hljóðþrýstingi. Í stað þess er oft notuð eining, sem er 1 milljón sinnum minni, nefnilega $1 \text{ dyn/cm}^2 = 1 \mu\text{bar}$ (míkróbar) $= 10 \text{ N/m}^2$.

Hljóðþrýstingsstig (L_p dB), er sú stærð, sem veitir upplýsingar um hljóðstyrkleikann í hlutfalli við minnsta heyranlegt hljóð. Hljóðþrýstingsstigið er mælt í decibel (dB) og er skilgreint sem $L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$ dB, þar sem p er hljóðþrýstingur viðkomandi hljóðs og p_0 minnsta heyranlegs hljóðs, sem er um $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$. Tölugildin fyrir hljóðþrýstingsstigið eru frá 0 dB og til u.þ.b. 130 dB. 1 dB breyting er skynjanleg, 3 dB breyting er greinilega skynjanleg, en 6 dB breyting samsvarar helmingun eða tvöföldun hljóðstyrksins, þar sem $\frac{p}{p_0} = 2$ gefur $L_p = 20 \cdot \log 2 = 6 \text{ dB}$.

Hljóðþrýstingsstigið er unnt að mæla með rafeindamælitæki, sem kallast hljóðstigsmælir. Til að gefa hugmynd um svið það, sem mælir þessi þarf að nýfir má geta þess að hlutfallið milli sterkasta og veikasta hljóðsins, sem mælirinn þarf að geta mælt er 10^6 . Miðað við t.d. venjulega vog þyrfti hún að geta vegið frá 1 grammi upp í 1 tonn.

Aflþykknið I (watt/cm^2) í einhverja ákveðna stefnu, í ákveðnum punkti er skilgreint sem það hljóðafli, sem á einni sekúndu fer í gegnum eina flatareiningu, lagða gegnum punktinn, hornrétt á hina ákveðnu stefnu.

Aflþykknisstig L_I (dB) er skilgreint sem $L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$ (dB), þar sem I_0 er viðmiðunargildi fyrir aflþykknið. Viðmiðunaraflþykknið er 10^{-16} (watt/cm^2) og svarar til hljóðþrýstingsins $2 \cdot 10^{-5}$ (N/m^2) fyrir flata útbreiðslu, þ.e.a.s. hljóðbylgju, sem breiðist út í eina átt, sjá bls. 8.

Hljóðaflið N (watt) er sú orka, sem á einni sekúndu er send út í formi hljóðs.

Hljóðafllstigið L_N (dB), er skilgreint sem $L_N = 10 \log \frac{N}{N_0}$ (dB), þar sem N er útsenda hljóðaflið og N_0 er viðmiðunargildið 10^{-12} (wött).

Hljóðstyrkur (dB), er mælikvarði fyrir stærð þrýstingssveiflunnar, en eftir henni fer skynjun eyrans. Þess vegna er eðlilegast að nota hljóðþrýstingsstigið L_p (dB) sem mælikvarða. Við eðlileg skilyrði í lofti gefur aflþykknisstigið L_I sömu stærð og má því einnig nota það. Stundum þykir líka hentugt að nota agnahraða hljóðsveiflunnar sem mælikvarða fyrir hljóðstyrk.

22 Útbreiðsla hljóðs

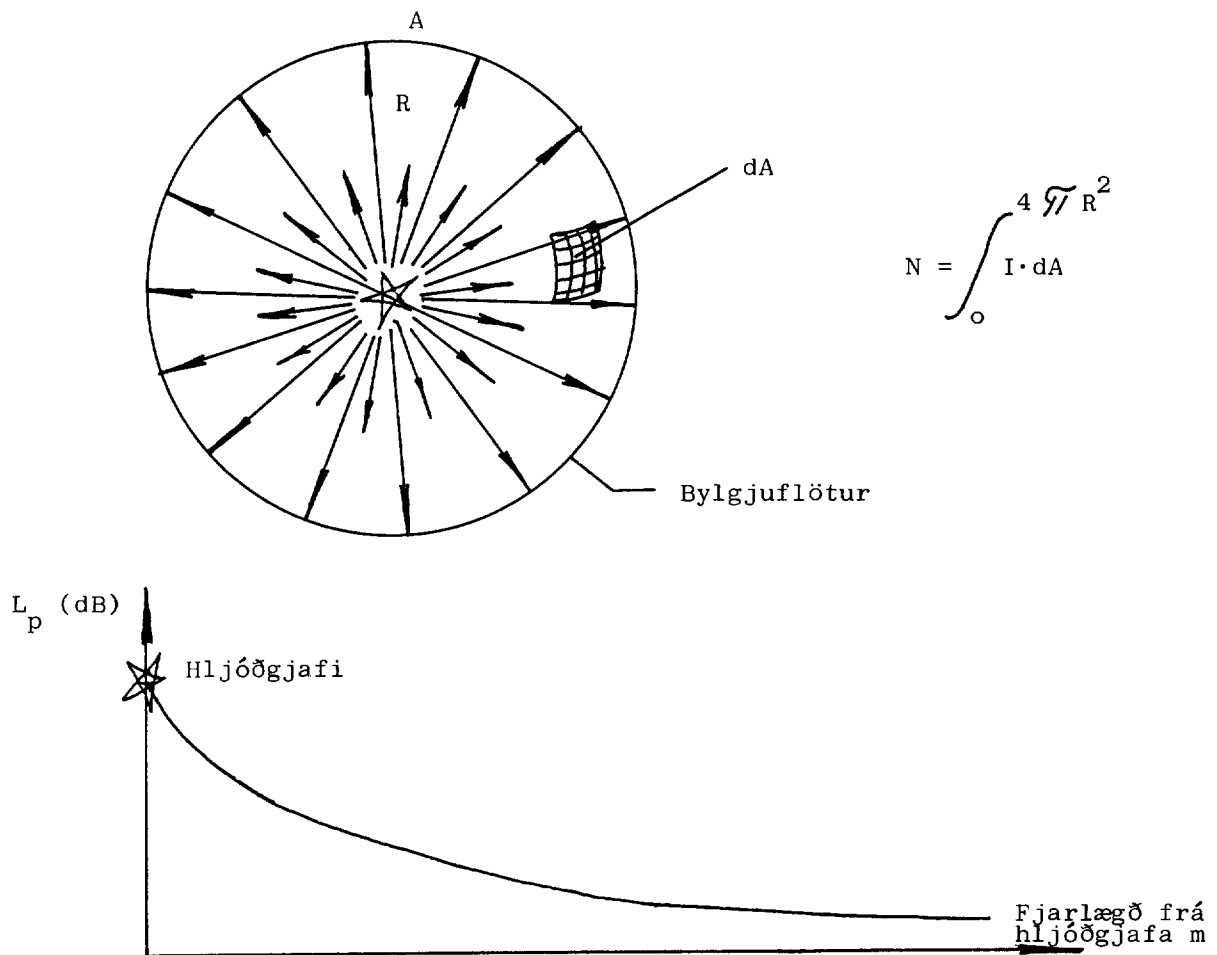
Til að auðvelda skilning á útbreiðslu hljóðsins má líta á tvö randtilfelli, þ.e.a.s. kúlulaga og flata útbreiðslu.

Kúlulaga útbreiðsla: Ef hljóðgjafinn er punktur, sem sendir hljóðorkuna jafnt í allar áttir munu allir punktar í sömu fjarlægð frá hljóðgjafanum hafa sama hreyfingarástand. Flötur, þar sem allar agnir sveiflast eins kallast bylgjuflötur. Bylgjuflötirnir frá slíkum hljóðgjafa eru því sammiðja kúlufletir með miðju í hljóðgjafanum. Hljóðorkan dreifist yfir flöt, sem stækkar í hlutfalli við fjarlægðina í öðru veldi, og þar með minnkar aflþykknið í sama hlutfalli. Orkuþykknið í fjarlægðinni R frá hljóðgjafanum verður því $E = \frac{N}{4\pi R^2 \cdot c} = \frac{I}{c} \left(\frac{\text{Joule}}{\text{m}^3} \right)$, og hljóðþrýstingsstigið verður

$$L_p = 10 \log \frac{I/c}{I_0/c} = 10 \log \frac{4\pi \cdot R^2 \cdot c}{N_0} ; R_0^2 \cdot 4 \cdot \pi = 1 \text{ (m}^2\text{)}; N_0 = 10^{-12} \text{ (wött)}$$

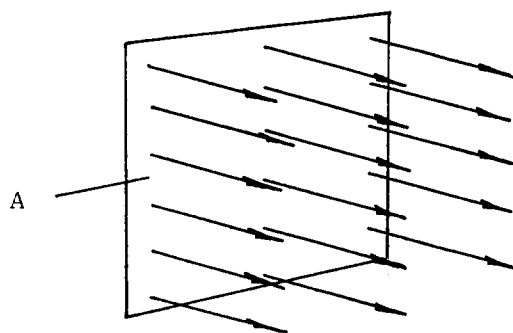
$$\Rightarrow L_p = 10 \log \frac{N}{N_0 \cdot 4\pi R^2} = 10 \log \frac{N}{N_0} - 10 \log 4\pi R^2 = L_N - 10 \log 4\pi R^2,$$

þar sem L_N er hljóðafllstigið í dB/ 10^{-12} (wött) og R er fjarlægðin í m. Ef fjarlægðin er aukin frá R til $2R$ fellur hljóðstyrkurinn um $10 \log 2^2 = 10 \log 4 = 6$ (dB).



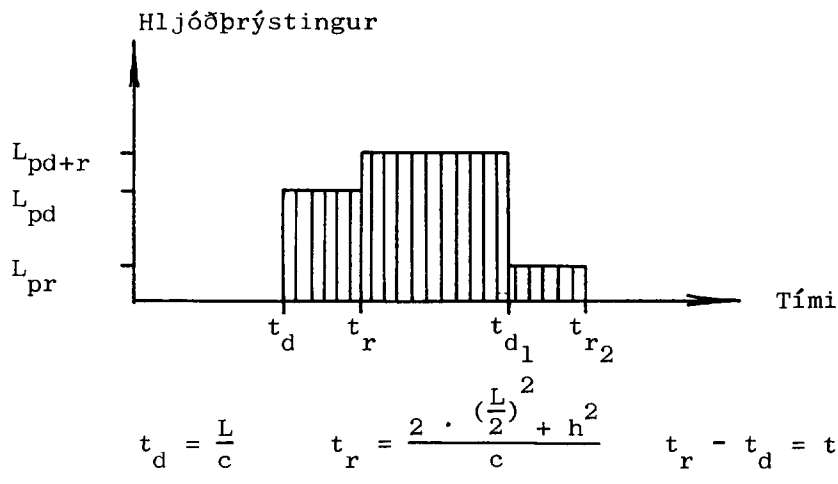
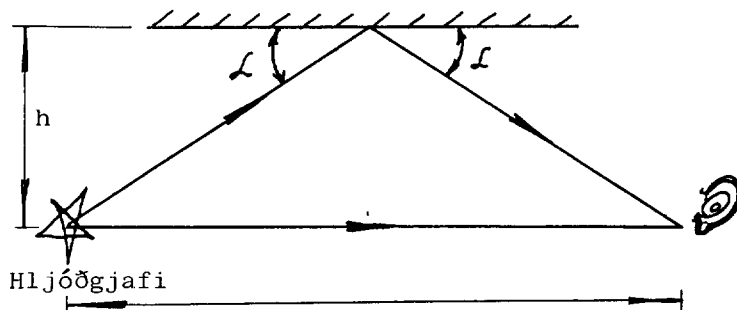
Mynd 3. Kúlulaga útbreiðsla hljóðs.

Flöt útbreiðsla: Ef hljóðgjafinn er mjög stór flötur mun hann senda alla hljóðorkuna frá sér í sömu átt. Hljóðorkuþyknið mun því vera óbreytt, ef séð er burt frá svafi loftsins, þar sem $I = \frac{N}{A}$ og A er óbreytt.



Mynd 4. Flöt útbreiðsla hljóðs.

Endurkast hljóðbylgna: Ef endurkastflöturinn er stór í hlutfalli við bylgjulengdina munu hljóðbylgjur endurkastast þannig að útfallshorn er jafnt innfallshorni. Þegar hljóðbylgja skellur á t.d. skilrími, mun hluti hennar endurkastast, annar hluti hennar breytast í varma í skilríminu, en afgangurinn fer fegnum það. Endurkastsgildið r er skilgreint sem $r = \frac{I_r}{I_i}$, þar sem I_r er aflþykknir hljóðsins, sem endurkastast, en I_i er aflþykknir hljóðsins, sem fellur á skilflötinn. Endurkastsgildið er m.a. háð tíðni hljóðsins, þyngd efnisins og stífleika þess.



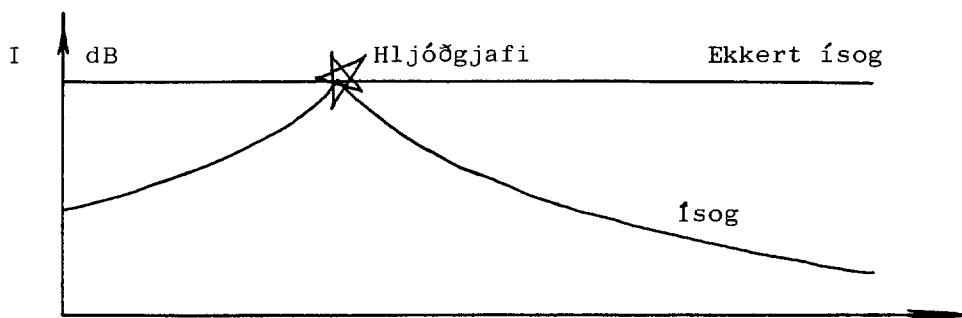
Mynd 5.

Tímaskynjun eyrans: Mynd 5 sýnir hljóð, sem sent er út í ákveðinn tíma nefnilega $t_{d1} - t_d$. Mannseyrað getur ekki greint tvö hljóð í sundur nema tímamunurinn milli þeirra sé meiri en $\frac{1}{20}$ sek. Þetta sam-

svarar því að endurvarpað hljóð verður að fara $343 \cdot \frac{1}{20} = 17$ m lengra en hljóð sem fer beinustu leið, til að það skynjist sem bergmál.

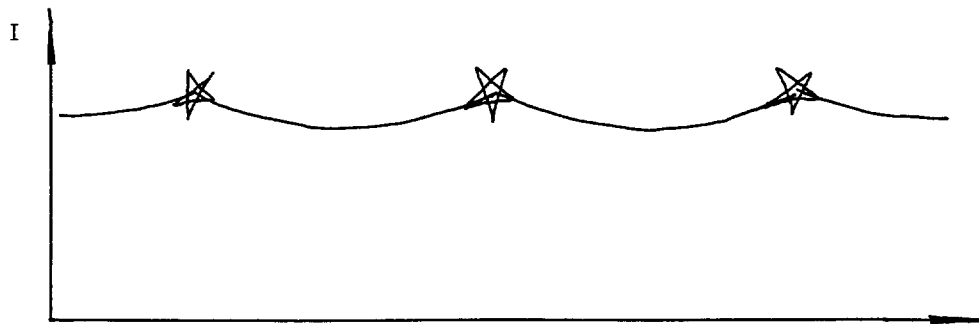
Svaf (ísog)(absorption): Sum efni hafa þann eiginleika að drekka í sig hljóð. Skýringin á því er, að hljóðsveiflurnar koma efninu á innbyrðis hreyfingu, en við það myndast varmi. Hljóðorkan breytist því í varmaorku. Efni þessi kallast ísogsefni. Ísogseiginleiki þeirra er mjög háður tíðni hljóðsins og er gefinn til kynna með ísogsstuðlinum λ , sem er hlutfallið milli ísogsins, aflþykknis og innfallandi aflþykknis, eða $\lambda = \frac{I_a}{I_i}$. Ísogsstuðullinn er gefinn upp við mismunandi tíðni.

Útbreiðsla hljóðs í vinnusal: Ljóst er að í rými, sem er lokað af með veggjum, lofti og gólfi er hvorki kúlulaga né flöt útbreiðsla. Ef ísogið í rýminu væri ekkert og hljóðgjafinn gæfi frá sér stöðugt hljóð myndi aflþykknið í rýminu við stöðugt ástand vera eins yfir allt, eða eins og við flata útbreiðslu. En þar sem ávalt er um að ræða eitthvað ísog mun aflþykknið minnka er fjær dregur hljóðgjafanum.



Mynd 6. Aflþykkni í rými sem fall af fjarlægðinni frá hljóðgjafanum.

Ef margir hljóðgjafar eru dreifðir um rýmið mun ísogið þó hafa minni áhrif, sjá mynd nr. 7.

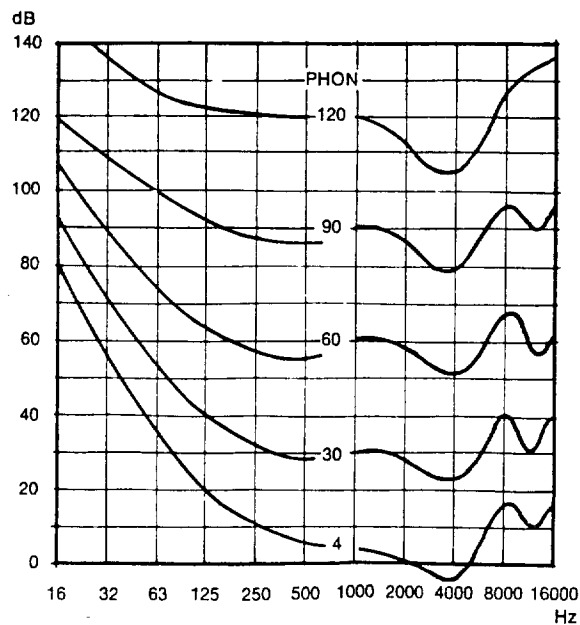


Mynd 7. Áhrif ísogs í rými með mörgum hljóðgjöfum dreifðum um rýmið.

Af þessu sést, að í vinnusal, þar sem hávaðasamar vélar eru dreifðar um gólfíð eru aðgerðir einar sér til að auka ísogið lítils virði. Aftur á móti í t.d. löngum vinnusal með vélar aðeins í öðrum enda hans eru ísogsaukandi aðgerðir mjög gagnlegar.

23 Hljóðnæmi og heyrnarstyrkur

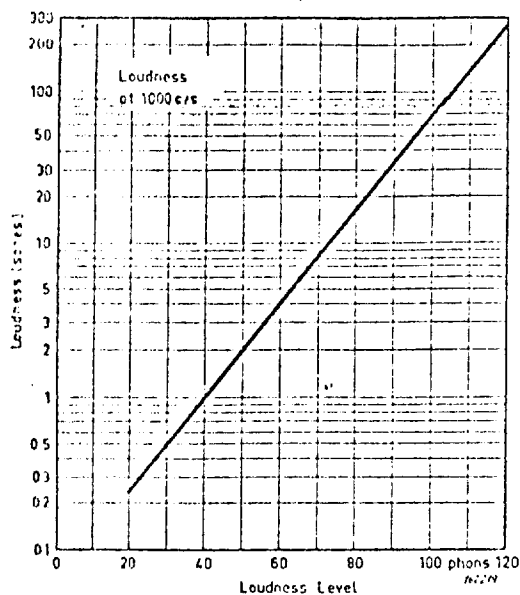
Næmi eyrans er mjög háð tíðni hljóðsins. Næmi er mælt í phon, og jafngildir hljóðþrýstingsstiginu L_p við 1000 Hz.



Mynd 8. Línurit er sýnir næmi eyrans sem fall af tíðni hljóðsins.

Með tilraunum hefur fundist, að þegar orkuþykknið hefur aukist um 10 dB virðist manni heyrnarstyrkurinn hafa aukist um helming.

Heyrnarstyrkurinn S er mældur í Son. Kvarðinn fyrir heyrnarstyrkinn hefur verið ákvarðaður þannig, að 1 Son hefur verið sett jafnt og 40 phon og tvöföldun hljóðstyrks í phon látin svara til tvöföldunar heyrnarstyrks í Son.



$$S = 2 \frac{P - 40}{10}$$

Mynd 9. Heyrnarstyrkur sem fall af hljóðnæmi

Næmi eyrans í heilbrigðum ungum manni, er venjulega á sviðinu frá 4 phon, þröskuldarmörk. Hljóð yfir 120 phon valda sársauka. Þess vegna er 120 phon kallað sársaukamörk. Tíðnisvið eyrans er frá 20 Hz - 20.000 Hz.

24 Áhrif hávaða, heyrnarskaðar

Aðalafleiðingar mikils hávaða koma að miklu leyti niður á rekstri vinnustaðanna sjálfra, þar sem hávaðinn hefur áhrif á velferð, öryggi og óbeint á starfshæfni og dugnað þeirra, sem þar vinna.

Eftir því sem hávaðinn eykst, munu áhrif hans á fólk fyrst verða skapraun (pirringur, ergelsi), síðan hindrun á samræðum og að lokum skemmd á heyrn.

Skemmd á heyrn: Löng vera í miklum hávaða hefur í för með sér varanlega og ólæknandi heyrnarskemmd. Þetta hefur verið vitað lengi, en þó er tiltölulega stutt síðan tilraunir hafa verið gerðar til að ákvarða mörk sem skilja milli óskaðlegs og skaðlegs hávaða. Sambandið milli styrks hávaðans, dvalartíma í honum, og áhrifa þeirra er af honum orsakast, er erfitt að skilgreina nákvæmlega, en þó ber að hafa eftirfarandi 5 punkta í huga.

1. Skammvinnur heyrnarmissir verður jafnvel eftir stutta dvöl í hávaða. Full heyrn næst þó vanalega aftur eftir nokkrar mínútur, en getur þó tekið nokkrar vikur eða mánuði ef hávaðaskammturinn hefur verið stór.
2. Með hækkandi aldri minnkar heyrnarnæmið, sérstaklega við háa tíðni. Sá heyrnarmissir, sem orsakast af elli er óháður þeim, er verður af völdum of mikils hávaða, en verður þó að takast með í reikninginn við athugun á þeim síðarnefnda.
3. Fólki er mjög misjafnlega hætt við heyrnarskemmdum af völdum hávaða. Hættumörkin verður því að setja með tilliti til tölfraðilegra niðurstaðna, og taka þá áhættu að sumt fólk missi heyrn við hávaða undir hættumörkunum.
4. Skynjun eyrans á hátíðni hljóðum, er hættara við skemmdum en skynjun á lágtíðni hljóðum. Hávaði orsakar mestan heyrnarmissi á tíðnisviði, sem er hálfri til heilli áttund ofar tíðni hávaðans sjálfs. Ef mest áhersla er lögð á að koma í veg fyrir samræðuerfiðleika, þar sem oftast er um að ræða tíðni á bilinu 600-2400 Hz, er því hávaði með tíðnina 300-1200 Hz hættulegastur.
5. Hljóð með ákveðin styrkleika er hættulegra ef tíðnisvið þess er mjótt, heldur en ef það er breitt.

Fjölmörg mismunandi hættumörk fyrir stöðuga veru í hávaða hafa verið sett af ýmsum yfirvöldum undanfarin 10 ár eða meira. Þó er það samdóma álit, að hættan á heyrnarmissi sé lítil ef styrkleikinn á hverju áttundarbandi milli 300 og 4800 Hz, yfirstígur ekki 85 dB. Ef styrkleikinn er yfir 95dB má búast við heyrnarskemmdum. Ef hávaðinn inniheldur greinilegan hreinan tón, slíkan sem hvin í vél er snýst með miklum snúningshraða, eru hættumörkin um 10 dB lægri.

Þetta þýðir í rauninni að á vinnustöðum, þar sem fólk vinnur í hávaða, sem er yfir 85 dB á áttundarböndum milli 300 og 4800 Hz, eru einhvers konar hávaðaminnkandi aðgerðir æskilegar. Ef hávaðinn er yfir 95 dB og komast á hjá varanlegum heyrnarskemmdum, eru hávaðaminnkandi aðgerðir nauðsynlegar. 120-130 dB hávaði mun á hvaða tíðni sem er, strax hafa í för með sér sársauka, þetta setur því efri mörk þolanlegs hávaða.

25 Hávaðamörk

Eins og áður er getið fer skemmd heyrnar af völdum hávaða, eftir hljóðstyrknum, tíðninni og dvalartíma í honum. Þar fyrir utan dofna heyrnin af völdum elli. Eftirfarandi tafla sýnir niðurstöður athugunar, sem greint er frá í (3).

Jafn, stöðugur hávaði dB (A)	Tegund áhættu	Fjöldi ára á hávaðasömum vinnustað									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
≤ 80	a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	b)	1	2	3	5	7	10	14	21	33	50
85	a)	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
	b)	1	3	6	9	13	17	22	30	43	57
90	a)	0	4	10	14	16	16	18	20	21	15
	b)	1	6	13	18	22	26	32	41	54	65
95	a)	0	7	17	24	28	29	31	32	29	33
	b)	1	9	20	28	34	39	43	53	62	73
100	a)	0	12	29	37	42	43	44	44	41	33
	b)	1	14	32	42	48	53	58	65	74	83
105	a)	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
	b)	1	20	45	57	64	70	76	82	87	91
110	a)	0	26	55	71	78	78	77	72	62	45
	b)	1	28	58	75	84	88	91	93	95	95
115	a)	0	36	71	83	87	84	81	75	64	47
	b)	1	38	74	87	93	94	95	96	97	97

Mynd 10: Líkur á heyrnarskemmdum.

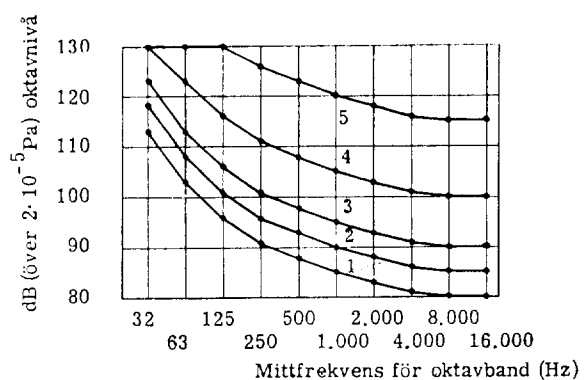
a) af völdum hávaða á vinnustað.

b) heildarlíkur á heyrnarskemmdum, þ.á.m. vegna elli o.fl.

Heimild: ISO Recommendation 1999.

Tafla þessi gildir aðeins fyrir heyrnarskemmdir á talsviðinu. Líklegt þykir að heyrnin á öðrum tíðnisviðum m.a. hljómlistarsviðinu dofni töluvert meira, í því efni er stuðst við gerðar athuganir.

Eins og áður er nefnt, er skaðinn á heyrn háður dvalartíma í hávaðanum. Þess vegna þolir heyrnin töluvert meiri hávaða en 80-85 dB, án þess að skaðast ef dvalartíminn er stuttur. Mynd 11 sýnir leyfilegan hávaða, sem fall af dvalartíma í honum yfir venjulegan vinnudag.



Mynd 11. Leyfilegur hávaði sem fall af dvalartíma í honum yfir venjulegan vinnudag. Kúrva 1. >5 klst.

2. 2-5 klst.

3. 1-2 klst.

4. < 20 mín.

5. < 5 mín.

Er því e.t.v. raunhæfara að tala um hávaðaskammt í stað hávaðastyrks, einkum á stöðum, þar sem um er að ræða högghljóð eða hávaða, sem varir í stuttann tíma í senn. Til að mæla hávaðaskammtinn eru til handhæg mælitæki, sem hægt er að bera á sér og jafnvel með hljóðnema, sem staðsetja má við eyrað. Mælar þessir nefnast skammtamælar (dosemeter).

Mynd 12 sýnir mörk þau, er Öryggiseftirlit ríkisins notar við ákvörðun á því hvort nota eigi heyrnarhlífir eða ekki. Ef ákvarða á leyfilegan hávaða með skammtamælingum, er nauðsynlegt að taka meðaltal mælinga yfir langan tíma e.t.v. 1-2 mánuði. Þar sem þetta er svo umfangsmikið, hefur Öryggiseftirlit ríkisins notast við ákveðin mörk, 85 dB, án sérstaks tillits til tímalengdar hávaðans.

26 Rekstrarhagfræðileg áhrif hávaða á vinnustað

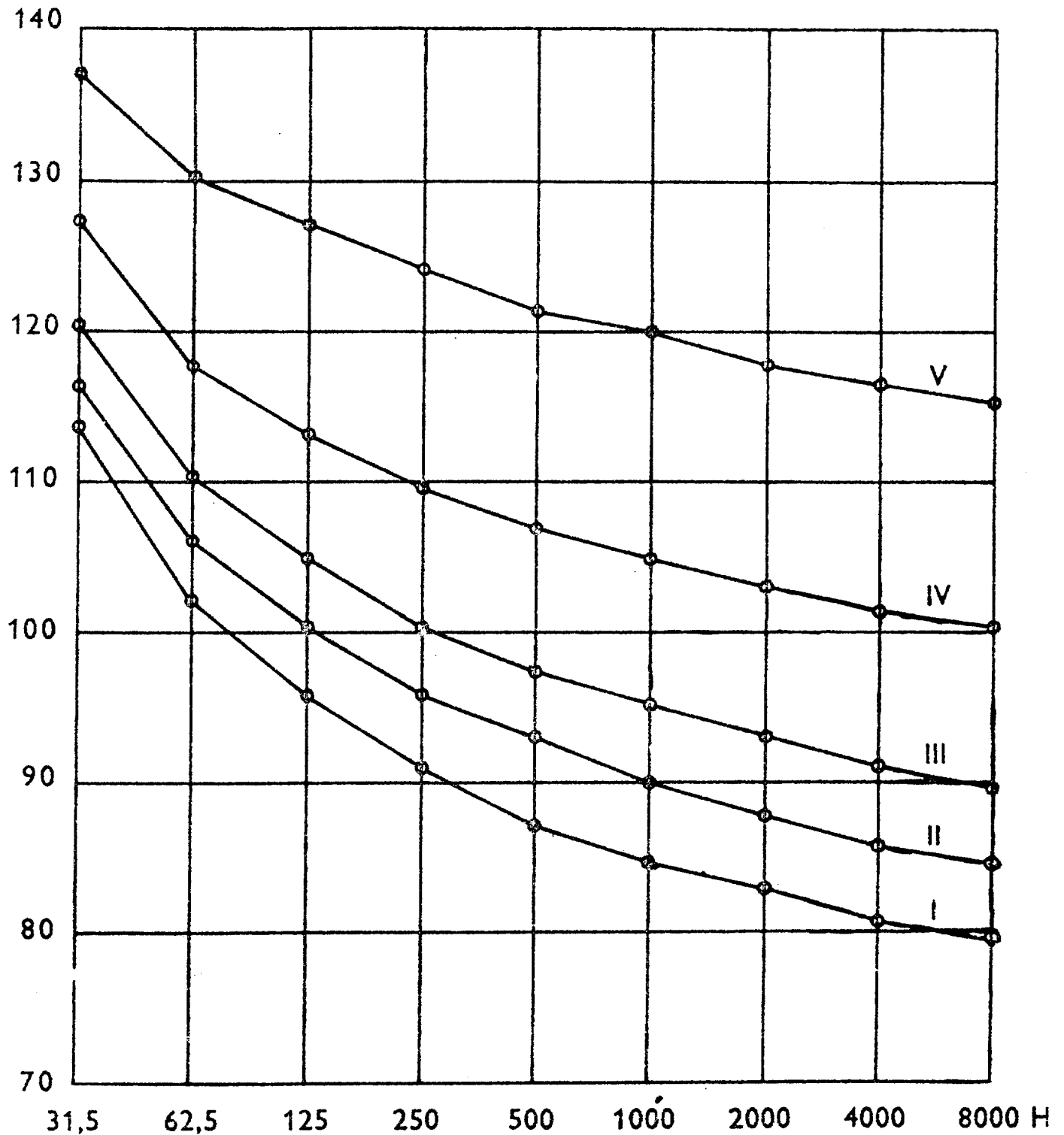
Mjög erfitt og langsótt er að sýna fram á með útreikningum, í hvaða tilfellum hávaðaminnkandi aðgerðir eru hagkvæmar. Ljóst er að í flestum tilfellum er um kostnaðarsamar aðferðir að ræða. Hagnaður af slíkum aðgerðum kemur fyrst og fremst fram í auknum afköstum. Viðleitni fólks til að leita á hljóðlátari staði til hvíldar minnkar, færri veikinda- og slysaforföll verða o.s.frv. Einnig má nefna betri anda á vinnustað m.a. vegna betra skaplyndis.

Talið er að í Bandaríkjunum sé árlegur kostnaður vegna hávaðavandamálsins um \$ 4.000.000.000 eða sem svarar í dag til 707.600.000.000, sjö hundruð og sjö komma sex milljarðar íslenskra króna. Er þá aðeins tekið tillit til slysa, fjarvista, lítilla afkasta, og bótakrafa, sem stafa af of miklum hávaða (4'). Er þetta um 3.000 kr. á íbúa í Bandaríkjunum. Ekki eru til neinar samsvarandi tölur fyrir Ísland, en fullvíst er að einnig hér er töluverður kostnaður, sem óbeint stafar af of miklum hávaða á vinnustöðum.

3 ORSAKIR OG MAGN HÁVAÐA Í FISKVINNSLUHÚSUM

Í fiskvinnsluhúsum er aðalhávaðinn af völdum fiskvinnsluvéla og flutningstækja. Hæst láta yfirleitt roðflettingarvélar. Úrsláttur úr frýstipönnum og tilfærsla tómra fiskkassa veldur einnig nokkrum hávaða.

Á vegum Öryggiseftirlits ríkisins hafa verið gerðar mælingar í allmörgum frýstihúsum og kemur þar ótvírætt í ljós að víða er úrbóta þörf. Mynd 13 sýnir niðurstöður mælinga, sem Öryggiseftirlitið gerði sumarið 1975 í 14 frýstihúsum á Vestfjörðum. Í ljós kom við mælingarnar, að mestur hávaðinn er á áttundarbandinu 1000 Hz.



- I- 5 tímar
- II - 2-5 tímar
- III - 1-2 tímar
- IV - 20 mínútur
- V - 5 mínútur.

Línurit þetta sýnir mesta leyfilegan hávaða ,sem vinna má í án heyrnarhlífa í ákveðinn langan tíma. Allt þar fyrir ofan er talið geta valdið varanlegum heyrnarskemmdum.

	Hávaði f. ofan 85 dB í öllum salnum	Hávaði f. ofan 85 dB í hluta af salnum	Hávaði undir 85 dB í öllum salnum
Vinnusalur	21.5%	21.5%	57%
Vélasalur	100%	0%	0%

Mynd 13. Hávaði í frystihúsum á Vestfjörðum.

4 HUGSANLEGAR ÚRBÆTUR

Þegar gera á hávaðaminnkandi aðgerð, þurfa ótalmörg atriði athugunar við. Mjög lítið þarf að fara úrskaiðis til að aðgerðin nái ekki tilgangi sínum og fer þá oft mikill tilkostnaður til lítils. Óráðlegt er því að ráðast í slíka aðgerð án þess að fá sérfróða aðila til að annast hana.

Við hávaðaminnkandi aðgerðir má tala um þrjá megin þætti: Hávaðavald, hávaðabera og hávaðapola.

Hávaðavaldurinn: Æskilegast er, ef hægt er að beita aðgerðum gegn hávaðavaldinum og minnka hið útsenda hljóðafl, en því miður reynist það í flestum tilfellum erfiðast. Hávaði í vélum stafar oft að miklu leyti út frá slit. Þess vegna ber að halda þeim vel við, endurnýja slitnar legur o.s.frv. Einnig þurfa þær að vera vel vægðar (balanseraðar), og titringseinangraðar, t.d. með því að láta þær standa á gúmmípúðum, þar sem titringur veldur oft miklum hávaða. Regluleg smurning hjálpar nokkuð og gæta skal þess að herða lausar skrúfur o.s.frv.

Stundum er hægt að framkvæma breytingar á vélum, þannig að hávaðinn frá þeim minnki. Sem dæmi má nefna:

1. Minnkun á hraða.
2. Breyting á snöggum og kraftmiklum aðgerðum í lengri og mýkri, samantæki vökvapressa í stað slaghamars.
3. Minnkun rennslis hraða vökvu og lofttegunda í þeim tilgangi að takmarka hvirfilmyndun og titring.
4. Minnka hvirfilmyndun streymandi efna með straumlínulaga formum.
5. Minnkun högghljóða með því að nota mýkri efni, svo sem gúmmí, plast, tré o.s.frv.

Einnig má í sumum tilfellum breyta vinnsluaðferðum og gera þær hljóðlátari.

Ekki er hægt að ætlast til að hávaðasemi ráði vali einnar vélar fram yfir aðra, en þó ber að hafa í huga að hávaðasöm vél getur haft í för með sér töluverðan kostnað vegna hávaðaminnkandi aðgerða.

Hávaðaberinn: Inngríp í hávaðaberann er algengasta leiðin til minnkunar á hávaða. Hún byggist á því að reynt er sem mest að útiloka að útsenda hljóðaflið nái til hávaðapolans. Er þetta m.a. gert með afskermun og ísogsaðgerðum.

Ísogsaðgerðir: Með því að auka ísog rýmis má breyta ómtíma þess. Ómtíminn er skilgreindur sem sá tími, sem það tekur hljóðstyrkleikann að falla um 60 dB eftir að útsending hljóðsins er hætt. Ómtíminn T_{sab} er háður rúmmáli rýmisins V , hljóðhraðanum C og heildar ísoginu A . Fræðilega er $T_{sab} = \frac{55 \cdot V}{C \cdot A}$ og þar sem hljóðhraðinn í andrúmslofti er C_1 er 343 m/sek., er $T_{sab} = \frac{55 \cdot V}{343 \cdot A} = 0.16 \cdot \frac{V}{A}$ (sek.). Þessi líking gildir þó aðeins ef 1. ísog rýmisins er ekki of mikið, 2. ísogsefnin eru jafnt dreifð yfir allt rýmið.

Ef meðal ísogsgildið L_m er stærra en 0.35 skal ómtíminn reiknaður eftir "Sabine-Eyring"-formúlunni.

$$T_{sab} = 0.16 \cdot \frac{V}{F \cdot \frac{1}{n} \frac{1}{1 - L_m}}$$

Meðalísogsgildið, L_m , fyrir rými er skilgreint sem $L_m = \frac{A}{F}$, þar sem A er heildarfjöldi ísogseininga og F er heildarflatarmál umlykjandi flata.

Fyrir stór rými, hefur loftísogið töluverða þýðingu og er því bætt við líkinguna leiðréttingastuðli, sem tekur tillit til tíðni hljóðsins og raka loftsins $T_{sab} = \frac{0.16 \cdot V}{A + 4 \cdot m \cdot V}$

Hlutfallslegur raki	Leiðréttingargildi	Hz		
		1000	2000	4000
40%	m	0.001	0.003	0.008
50%	m	0.001	0.002	0.006

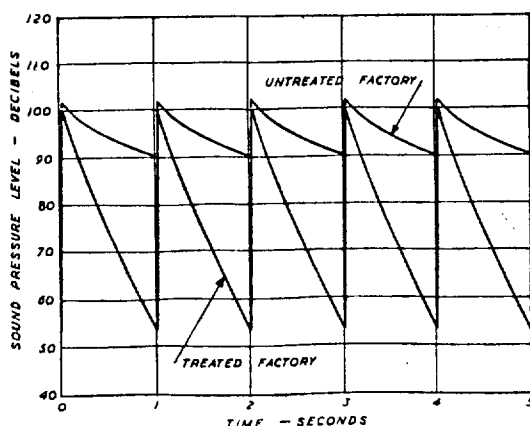
Mynd 14. Leiðréttingarstuðull vegna loftísogs.

Á bls. 22, er sýnt dæmi um útreikning ómtíma í sal fyrir og eftir að upp hefur verið sett ísogsefni í loft. Ef ómtíminn styttest, minnkar hávaðinn samkvæmt líkingunni $\Delta L_p = 10 \log \frac{T_{1sab}}{T_{2sab}}$, þar sem T_{1sab} er óm-

tíminn fyrir uppsetningu ísogsefnis og T_{2sab} er ómtími eftir. Það skilyrði er þó fyrir hávaðaminnkun þessari, að megin hluti hávaðans sé endurkastað hljóð, þ.e.a.s. að í þeim tilfellum, þar sem hávaðavaldar eru dreifðir um allt rýmið, hefur slík ísogsaðgerð lítið að segja. Í fiskvinnslusölum eru þó aðstæður víða þannig, að ætla mætti að uppsetning ísogsefnis í loft myndi minnka hávaðann töluvert.

Erfitt getur reynst að fá ísogsefni, sem uppfylla þær kröfur til hreinlætis, sem gerðar eru. Þó eru nokkrir framleiðendur, sem reynt hafa að leysa það vandamál og eru til hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins sýnishorn af slíkum efnum, sem komið gætu til greina. Oft er hægt að sameina hitaeinangrun og uppsetningu ísogsefna, þar sem ísogsefnin eru yfirleitt hitaeinangrandi.

Ísogsefni gera meira gagn ef um högghljóð er að ræða, heldur en ef um er að ræða stöðugan hávaða, sjá mynd 15.

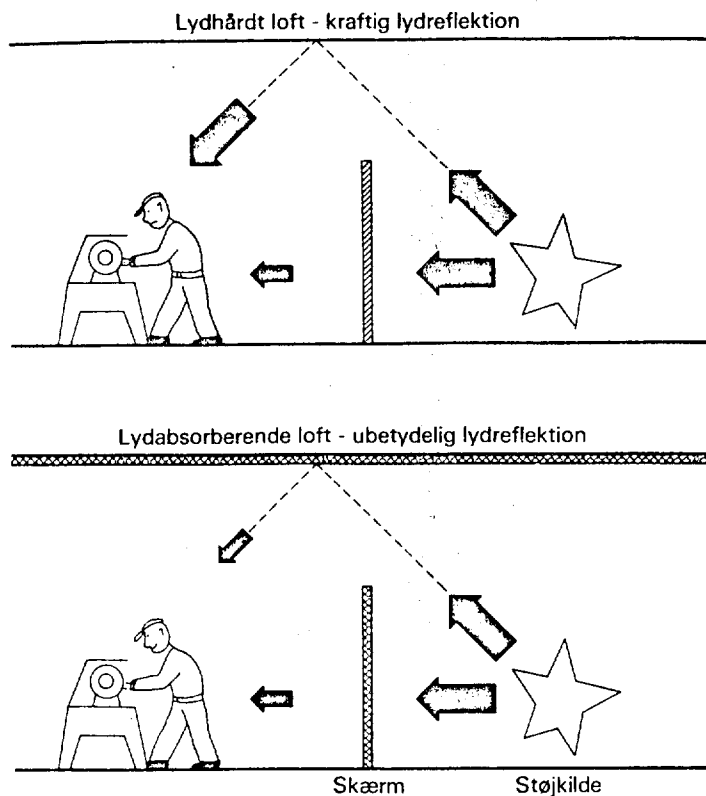


Mynd 15.

Ísogsstuðlar nokkurra efna

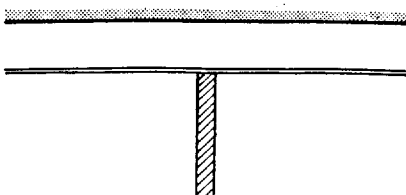
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Fólk, $\text{ms}^2/\text{stk.}$	0.17	0.36	0.47	0.52	0.50	0.46
Tréborð og stóll, $\text{ms}^2/\text{st.}$	0.03	0.06	0.06	0.09	0.12	0.15
Gólf:						
Trégólf á bita	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Trégólf lagt í asfalt	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
Steingólf	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04
9 mm gólfteppi á steingólf	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37
Veggir:						
Pússuð og máluð steinsteypa	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Pússaður steinveggur með betrekk	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
Ópússaður steinveggur	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
Forskalaður og pússaður veggur	0.02	0.05	0.06	0.08	0.04	0.06
9 mm gipsplata á 25 mm lista með 60 cm millib.	0.14	0.16	0.08	0.06	0.02	0.06
Gler (gluggarúða)	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Opnar dyr, gluggar o.þ.h.	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40
Loft:						
Steinsteypa	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04
9 mm gipsplata fest á trélista	0.14	0.16	0.08	0.06	0.02	0.06
Upphengt loft úr ísogsplötum	0.56	0.62	0.72	0.79	0.90	0.87

Afskermun: Áhrifamesta leiðin til minnkunar hávaða er að loka hávaðavaldinn af með skilrúmunum. Má bæði loka hann alveg af eða setja skilrúm á milli hávaðavaldsins og hávaðapolans. Skilrúmin geta bæði verið heill veggur, er nær til lofts eða lægri veggur. Þegar skilrúmið er veggur, sem ekki nær til lofts er nauðsynlegt að loftið yfir vélunum sé klætt ísogsefni, er nái a.m.k. dálítið yfir skilrúmið, sjá mynd 16.

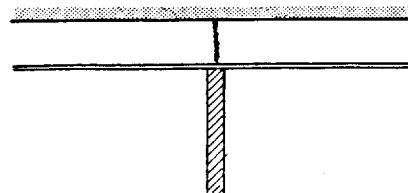


Mynd 16. Nauðsynlegt er að samfara lágu skilrúmi séu ísogsefni í lofti.

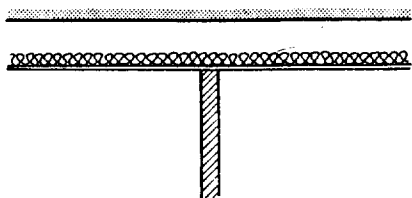
Nái skilrúmið til lofts skal gæta þess að samskeytin séu þannig úr garði gerð, að hávaðinn sleppi ekki í gegn, sjá mynd 17-20.



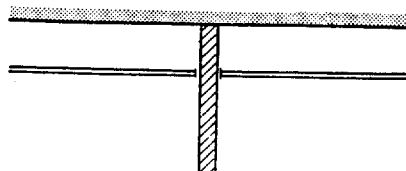
Mynd 17. Upphengt loft. Skilveggur nær aðeins upp að upphengda loftinu. Ófullnægjandi lausn.



Mynd 18. Betri árangri náð með því að loka loftrúmi fyrir ofan skilvegg með t.d. 25 mm steinullarmottu.

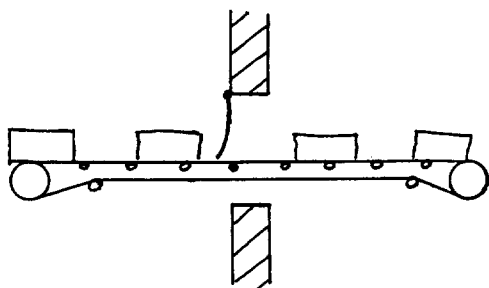


Mynd 19. Enn betri lausn er að leggja t.d. 50 mm steinull ofan á upphengda loftið.

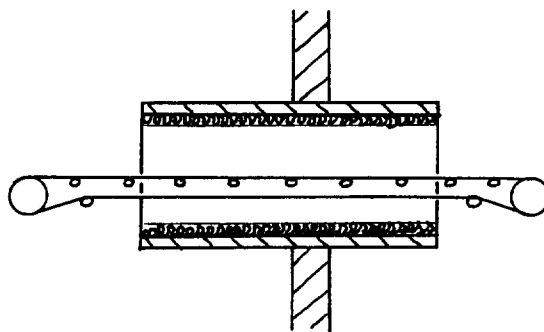


Mynd 20. Bestum árangri er náð með að láta skilvegg ná alveg upp til lofts.

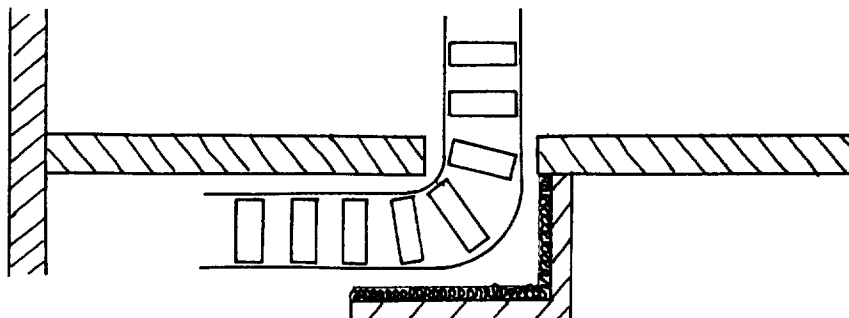
Gildir þetta eins um samskeyti við gólf og vegg. Ef op eru á skilrúmi minnka þau einangrunargildi þess til muna og ber því að forðast þau. Sums staðar eru þau þó nauðsynleg t.d. ef færiband liggur í gegnum skilrúmið. Er þá oft hægt að hafa svuntu, sem lokar að mestu fyrir opið, en lætur undan er vörur þurfa að fara um það. Einnig má koma fyrir hljóðgildrum, sem t.d. getur verið stokkur, klæddur ísogsefni, eða þil innan við opið.



Mynd 21. Svunta fyrir opi í skilrúmi.



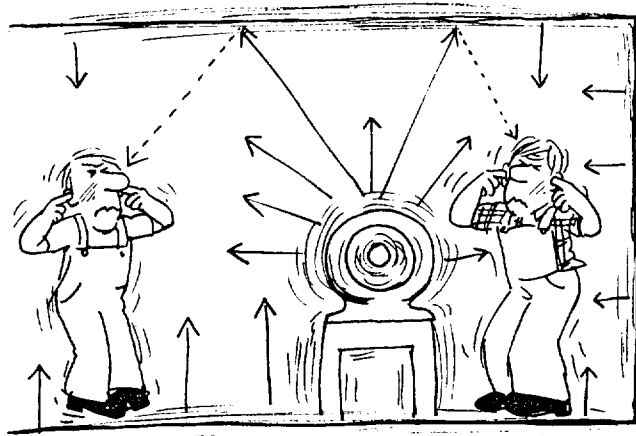
Mynd 22. Hljóðgildra í skilrúmi.



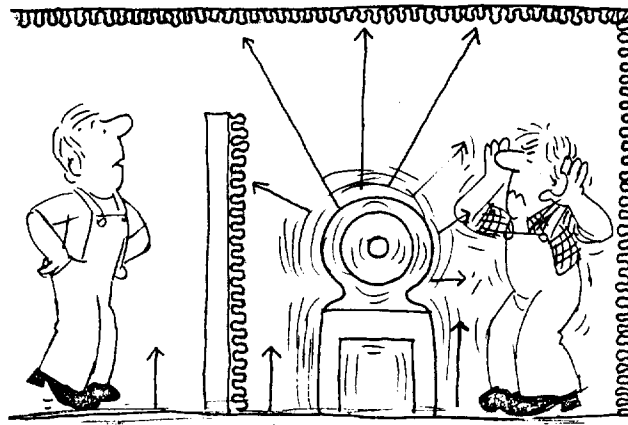
Mynd 23. Þil fyrir opi á skilrúmi.

Ef á skilrúmi er hurð, sem mikil umferð er um, er æskilegt að á henni sé búnaður, sem loki henni jafnóðum. Til eru hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins upplýsingar um margar gerðir hljóðeinangraðra hurða, sem víða gætu reynst heppilegar. Ef hávaðavaldur er lokaður af með skilrúmunum eykst hávaðinn þeim megin sem hann er, vegna öflugs endurvarps frá veggjum. Því getur í mörgum tilfellum reynst nauðsynlegt að auka ísog rýmisins.

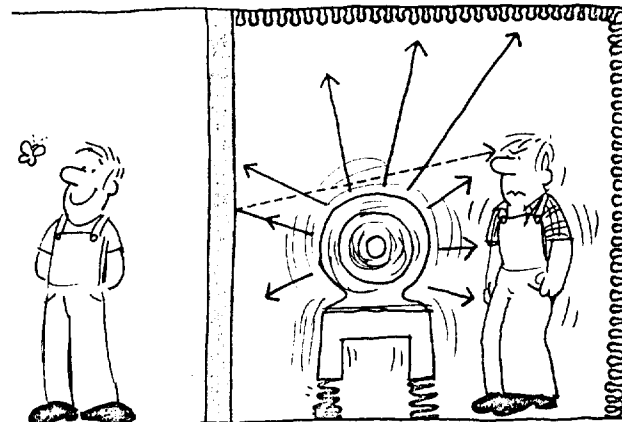
Myndir 24-28 sýna nokkrar hugsanlegar aðgerðir til minnkunar hávaða og áhrifa þeirra.



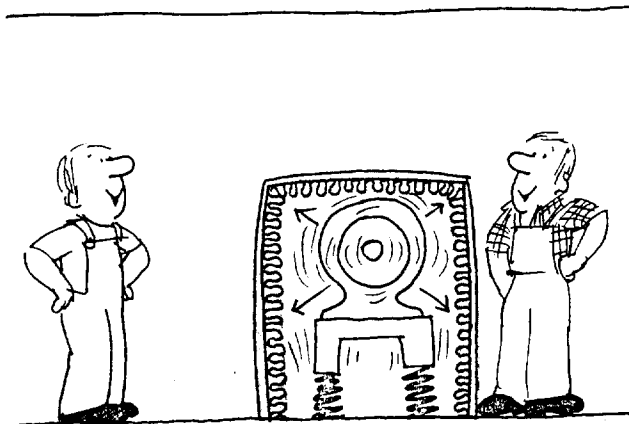
Mynd 24. Hávaðasöm vél á fastri undirstöðu. Ísog er ekkert. Hávaði og titringur berst gegnum undirstöðuna í gólf og þar með e.t.v. til nærliggjandi herbergja.



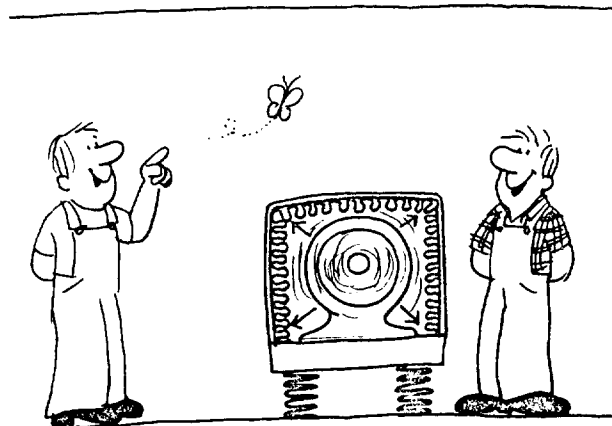
Mynd 25. Skilrúm, sem ekki nær til lofts ásamt ísogsefnum. Lítið sem ekkert endurvarp.



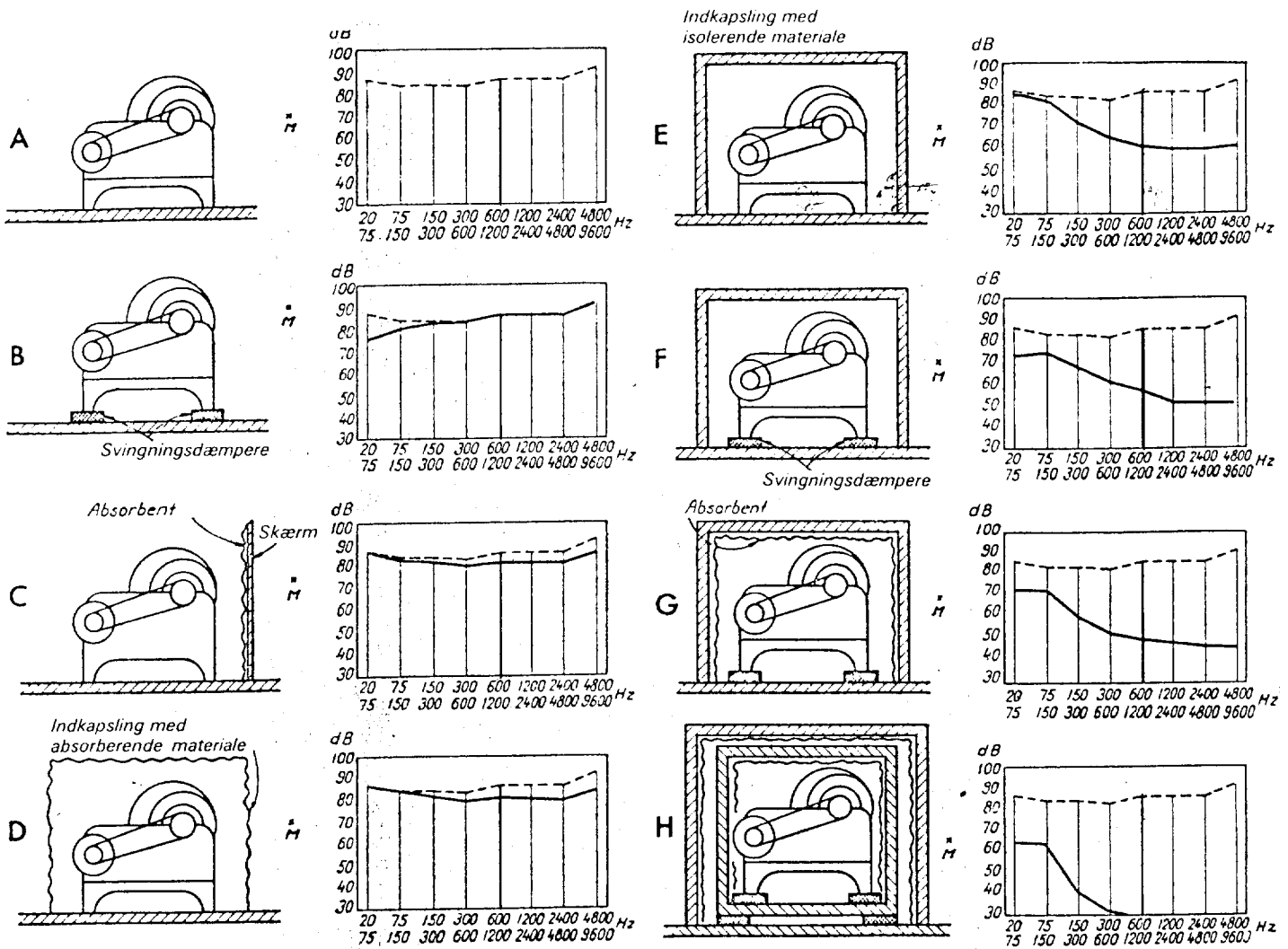
Mynd 26. Skilrúm, sem nær til lofts. Dempingar koma í veg fyrir að titringur breiðist út. Endurvarp frá skilrúmi.



Mynd 27. Vélin hefur verið lokað af á allar hliðar. Erfitt getur reynst að komast að til stillinga eða viðhalds.



Mynd 28. Stundum er mikil bót af því að loka hávaðasaman hluta vélar af með hljóð-einangrandi hlífum, sem auðveldlega má fjarlægja.



Mynd 29. Af þessari mynd má bera saman áhrif af nokkrum mismunandi hljóðeinangrunaraðgerðum. Staðsetning hljóðnema við mælingarnar er merkt með $\bar{M}$.

HEIMILDIR

1. Lyd og Støj. N.O. Clausen, Odense Teknikum 1971.
2. Noise in Factories. A.G. Aldersey-Williams, M. Arch, A.R.I.B.A. Department of scientific & industrial research 1960.
3. Fra statussymbol til miljøproblem. Ingeniørsammenslutningen, København 1974.
4. Noise - The third pollution. Industrial Acoustics Company 1974.
5. Lyd. Dæmpa A/S, Knarreborg, 1974.
6. Akustik og Buller. Johnny Andersson, Ingeniörsforlaget, Stockholm, 1974.
7. Hljóðtækni. Stefán Einarsson. Rannsóknastofnun byggingar-
iðnaðarins, 1976.