

LOFTRÆSIKERFI

Hljóð og hljóðdeyfing í loftræsikerfum

(Þýtt úr sænsku, breytt og aðlagð)

Steindór Guðmundsson
verkfræðingur

Efnisyfirlit

	Inngangur	3
1	Hljóðtæknileg undirstaða og hjálpartæki við útreikninga	4
1.1	Nokkur hljóðtæknileg hugtök	4
1.2	Góð hljóðvist	6
1.3	Hjálpartæki við útreikninga	8
2	Einfaldir hljóðútreikningar	10
2.1	Einfaldir útreikningar á loftræsihljóði í rými	10
2.2	Dæmi um útreikninga	11
2.3	Reikningsaðferð	12
2.4	Hljóðafsstig inn í stökk	13
2.5	Hljóðdeyfing í stökkakerfi	16
2.6	Mynnisdeyfing (endadeyfing)	20
2.7	Hljóðþrýstingsstig í rýminu	22
2.8	Hljóðröfufur í rýminu	23
2.9	Hljóðdeyfir	24
2.10	Hljóðmyndur í T-greiningum, beygjum og innblásturstæki	27
2.11	Fráloftskerfið	28
	Eyðublað	29
3	Titringseinangrun	30
3.1	Inngangur	30
3.2	Titringseinangrun blásara og samstæðu	30
3.3	Gólfíð	32
3.4	Ákvörðun truflandi tíðni	37
3.5	Uppstilling samstæðu	39
3.6	Krafturinn sem verkar á dempara	47
3.7	Val einangrara	49

3.8	Dæmi um val á gólfi í loftræsiklefa og titringseinangrun	51
4	Blásarar	55
4.0	Inngangur	55
4.1	Val á blásara	56
4.2	Tenging blásara	69
4.3	Aðgerðir til þess að draga úr innhljóði og lágtíðnihljóði	76
5	Stokkakerfið	79
5.1	Forsendur ákvarðana um stærð stokka	79
5.2	Þrýstifall	83
5.3	Dæmi um þrýstifallshönnun og hljóðmyndun	85
5.4	Stokkhljóð	86
5.5	Beinir stokkar	87
5.6	Breytingar á þversniði	92
5.7	Beygjur	95
5.8	Greiningar	98
5.9	Spjaldlokuhljóð	100
5.10	Hljóðmyndun og hljóðdeyfing í innblásturs- og útsogstækjum	103
5.11	Útreikningur á hljóðmyndun í stokkakerfi	109
5.12	Hljóðdeyfar	115
6	Hljóðstig í rýminu	122
6.0	Inngangur	122
6.1	Einfaldur útreikningur á hljóðþrýstingsstigi	122
6.2	Nákvæmur útreikningur á hljóðþrýstingsstigi	124
7	Ritaskrá	127

Inngangur

VIÐ SAMANTEKT ÞESSA NÁMSEFNIS um hljóð og hljóðdeyfingu í loftræsikerfum hefur að mestu verið stuðst við eina sænska bók og hún var þýdd, stytta, staðfærð og endurgerð lítilsháttar á nokkrum stöðum. Þetta er bókinn „Ljuddimensionering avventilationssystem“, sem gefin var út af Byggforskningsráðet í Stokkhólmi árið 1998. Ritstjórar voru þeir Henry Nyman og Sören Danielsson. Þessi bók um loftræsikerfi grundvallast að hluta til á bókinni „Råd om ljud i hus“ þar sem Henry Nyman skrifaði kaflana um lagnakerfi. Síðan leitu þeir félagar víða fanga um viðbótarefni, ekki síst í bæklinga frá framleiðendum loftæsibúnaðar, eins og Farex, Bacho, Stratos, PM-luft o.fl.

Í inngangi sænsku bókarinnar er m.a. bent á að hávaði frá loftræsibúnaði sé stór hluti af hljóð vandræðum, bæði í íbúðarhúsum og í annars konar húsnæði. Það stafi oft af því að þeir sem hann og/eða þeir sem setji upp loftræsikerfin, láti duga að velja búnað sem er vottaður fyrir tiltekna hljóðkröfur, en geri sér ekki grein fyrir því hvernig einstakir hlutar vinni saman eða hvernig kerfið vikri í heild.

Fyrst og fremst er fjallað um hönnun á nýjum kerfum í þessum texta, en lítillega er þó komið inn á endurbætur á eldri kerfum, þar sem tilteknir gallar hafa komið fram. Höfundarnir segja í inn-gangi sænsku bókarinnar að þeir vonist til þess að bókinn geti orðið leiðbeinandi við hönnun, þannig að betri hljóðtæknilegar lausnir líti dagsins ljós. Ennfremur vonist þeir til að bókinn geti leiðbeint þeim sem setja upp kerfin, þannig að þeir geti forðast fall í verstu gryfjurnar. Ég geri þessi orð þeirra að mínum.

Steindór Guðmundsson
verkfræðingur

1

Kafla

HLJÓÐTÆKNILEG GRUNNATRÍÐI
OG HJÁLPARTÆKI VIÐ ÚTREIKNINGA

1.1 Nokkur hljóðtæknileg hugtök

1.1.1 Hljóðísogsflötur

Hljóðísogsflöturinn er gefinn upp í einingunni fermetrar af jafngildum ísogsfleti, m². Með 1 m² af jafngildum ísogsfleti er átt við einn fermetra af yfirborði sem gleypir fullkomlega í sig allt hljóð sem á því lendir.

1.1.2 Hljóðísogsstuðull

Hljóðísogsstuðullinn segir til um það hversu stóran hluta af hljóðorkunni tiltekið efni sagnar í sig. Efni með fullkomið ísog hefur $\alpha = 1$ en efni sem ekki sagnar í sig neitt hljóð er með $\alpha = 0$. Hljóð-ísogsstuðullinn breytist með tíðni.

1.1.3 Desíbel, dB

Desíbel er mælikvarði á hlutfallslegt afl eða hlutfallslega orku og er skilgreint sem 10 sinnum lógaritmínn af þessu hlutfalli aflsins eða orkunnar.

1.1.4 Deyfing, dB

Mínnkun á hljóðstigi, hvort heldur hljóðafsstigi eða hljóðþrýstingsstigi.

1.1.5 Ómsvið

Ómsvið er það svæði í tilteknu rými, þar sem endurkastað hljóð er sterkara en beina hljóðið frá hljóðgjafanum. Þegar talað er um sterkara hljóð er átt við að hljóðþrýstingsstigið sé hærra.

1.1.6 Ómtími, T, í sek

Sá tími sem það tekur hljóðþrýstingsstigið að lækka um 60 dB frá því að slökkt hefur veriðskyndilega á hljóðgjafanum. Ómtímínn breytist með tíðni og er yfirleitt mældur í áttundum eða þríundum yfir ákveðið tíðnisvið.

1.1.7 Eigintíðni, fe

Sú tíðni sem tiltekið sveiflukerfi leitast við að sveiflast með, og hún ræðst af þyngd og fjaðurstífleika. Einingin er ríð = sveiflur á sekúndu, en á erlendum málum er einingin Hz = Hertz.

1.1.8 Nærsvið

Nærsvið er það svæði í tilteknu rými þar sem beina hljóðið frá hljóðgjafanum er sterkara en endurkastaða hljóðið. Með sterkara hljóði er átt við að hljóðþrýstingsstigið sé hærra.

1.1.9 Tíðni, ríð

Fjöldi sveifluhreyfinga (þrýstingsaukninga eða þrýstingsmínnkana) á hverri sekúndu. Einingin er ríð = 1/sek, en á erlendum málum er einingin kölluð Hz = Herz.

1.1.10 Frísvið

Með frísviði er átt við svæði þar sem ekkert endurkast truflar útbreiðslu hljóðs frá hljóðvaka og hljóðorkan getur breiðst út hindrunarlaust í allar áttir.

1.1.11 Hart rými

Rými eða herbergi með tiltölulega langan ómtíma.

1.1.12 Impúls

Hljóð sem stendur yfir í stuttan tíma.

1.1.13 Hljóðþéttni

Hljóðþéttni í tiltekna stefnu í ákveðnum punkti í hljóðsviði er sú hljóðorka sem á tímaeiningu ferðast gegnum flöt sem inniheldur punktinn og er hornrétt á þessa gefnu stefnu. Einingin er W/m^2 (vött á fermetra).

1.1.14 Hljóðdeyfing

Hljóðdeyfing er munurinn á innfallandi hljóðafla og því sem „kemst í gegn“ (þ.e. útsendu hljóðafla). Hljóðdeyfing er gefin upp í dB.

1.1.15 Hljóðafli, W

Afl hljóðvaka er sú hljóðorka sem hljóðvakinn sendir frá sér á tímaeiningu. Einingin er W (vött).

1.1.16 Hljóðafsstig L_w

Hljóðafsstigið er hlutfallið milli þess hljóðafls sem til skoðunar er (W) og viðmiðunarhljóðafls (W_0). Einingin er desíbel, og því er tekinn lógaritminn af hlutfallinu og margfaldað með 10: $L_w = 10 \cdot \log (W/ W_0)$ [dB] Þar sem $W_0 = 10^{-12}$ vatt (þ.e 1 píkóvatt)

1.1.17 Hljóðstig, L_A og L_C

Hljóðþrýstingsstig sem búið er að vigta með tíðnisíu til þess að líkja eftir tíðniskynjun heyrnarinnar. Einingin er dB, en stundum er notað dB (A) fyrir A-vigtun og dB (C) fyrir C-vigtun.

1.1.18 Hljóðþrýstingsstig, L_p

Hljóð verður til við örlytlar þrýstingsbreytingar (sveiflur) í andrúmsloftinu. Styrkleiki sveiflnanna ræðst af styrkleika hljóðþrýstingsins sem mældur er sem hljóðþrýstingsstig í dB.

1.1.19 Áttund

Það tíðnisvið sem almennt er skoðað við mat á loftræsihávaða er 63 rið – 8000 rið. Þessu tíðnisviði er skipt í átta tíðnibil sem nefnast áttundir. Hver áttund einkennist af því að hæsta tíðnin innan hennar er tvöföld lægsta tíðnin. Af því leiðir einnig að hver áttund er tvöfalt breiðari en næsta áttund fyrir neðan svo að tíðnikvarðinn verður lógaritmískur. Hver áttund er kennd við lógaritmískt meðaltal sitt, og þær tíðnir hafa verið staðlaðar alþjóðlega (63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 og 8000 rið).

1.1.20 Þríund

Hverju áttundarbandi má skipta í þrennt, þ.e. í svokallaðar þríundir. Hver þríund er 26% breiðari en næsta þríund fyrir neðan og tvöfalt breiðari en þriðja næsta þríundin fyrir neðan. Hver þríund er líka kennd við lógaritmískt meðaltal sitt, og hafa þær tíðnir verið staðlaðar alþjóðlega (50, 63 og 80 riða þríundirnar mynda 63 riða áttundina. 100, 125 og 160 riða þríundirnar mynda 125 riða áttundina o.s.frv.).

1.2 Góð hljóðvist

Í töflunni hér að neðan eru gefnar algengar viðmiðanir fyrir hæsta gildi á stöðugu hljóðstigi í herbergjum og öðrum rýmum. Töfluna má nota sem viðmiðun fyrir góða hljóðvist við hönnun á lagnakerfum. Hér eru líka sýnd mörk þar sem lágtíðnihljóð eru orðin truflandi. Hljóðkröfur fyrir íbúðarhúsnæði og kennsluhúsnæði eru í byggingarreglugerð. Einnig má benda á strangari kröfur fyrir íbúðarhúsnæði í flokkunarstaðli um hljóðvist. Við nýbyggingar á íbúðarhúsnæði eða kennslu húsnæði skal fyrst og fremst miða við reglugerðarkröfur, en miða skal við tilteknar staðalkröfur (hljóðflokka A, B eða C) ef gerðar eru meiri kröfur en lágmarkskröfurnar í byggingarreglugerð. Athugið að reglugerðarkröfurnar eiga við um heildarhljóðstig frá tækjabúnaði, sem þýðir að loftræsihljóðið eitt sér verður að vera nokkru lágværra en þessi markgildi.

Tafla 1
Viðmiðunargildi fyrir hljóðstig

Rými	Hljóðkrafa		Rými	Hljóðkrafa	
	dB (A)	dB (C)		dB (A)	dB (C)
Bókasafn			Samkomustaðir		
Barnadeild	30	50	Dansstaður	40	60
Útlánasalur	30	55	Kirkja	25	50
Hópvinna	30	55	Samkomusalur	30	50
Íbúðarhúsnæði			Leikhús	30	55
Svefnherbergi	30	47	Kvikmyndahús	30	55
Stofa	30	50	Sýningarskáli	35	55
Eldhús	35	55	Sjúkrahús		
Salerni og bað	40	60	Sjúkrastofa	30	50
Bílgeymsla	45	65	Einangrunarstofa	30	50
Þvottahús	45	65	Meðferðarherbergi	35	55
Hótel			Dagstofa	35	55
Gestaherbergi	30	50	Baðherbergi	40	60
Móttaka	40	55	Eldhús	50	63
Atvinnuhúsnæði			Afgreiðsla	35	50
Fínvélaverkstæði	50	62	Skoðunarherbergi	35	50
Vélaverkstæði alm.	55	67	Fæðingarstofa	35	50
Blikksmiðja	80	85	Móttökustofa	35	50
Vélsmiðja	80	85	Skurðstofa	40	55
Skrifstofur			Skolun	45	60
Skrifstofuherbergi	35	55	Vöknun	35	50
Tölvuver	40	60	Skólar		
Fyrirlestrasalur	30	50	Skólastofa	30	55
Fundaherbergi	30	50	Bókasafn	30	50
Búningsherbergi	40	55	Leikfimisalur	45	60
Matsalur starfsfólks	40	55	Samkomusalur	30	50
Stjórnarskrifstofur	30	50	Verknám, vinnustofa	40	55
Salerni	40	60	Verknám, kennslustofa	35	55
Hvíldarherbergi	30	48	Búningsherbergi	40	60
Veitingastaður			Íþróttahúsnæði		
Vinnsla	45	60	Billjardstofa	40	60
Uppþvottur	50	65	Keilusalur	45	60
Fatahengi	40	55	Búningsherbergi	40	60
Kaffitería	40	60	Sundhöll	45	60
Eldhús	50	65	Íþróttasalur	45	60
Matsalur	40	55			

1.3 Hjálpartæki við útreikninga

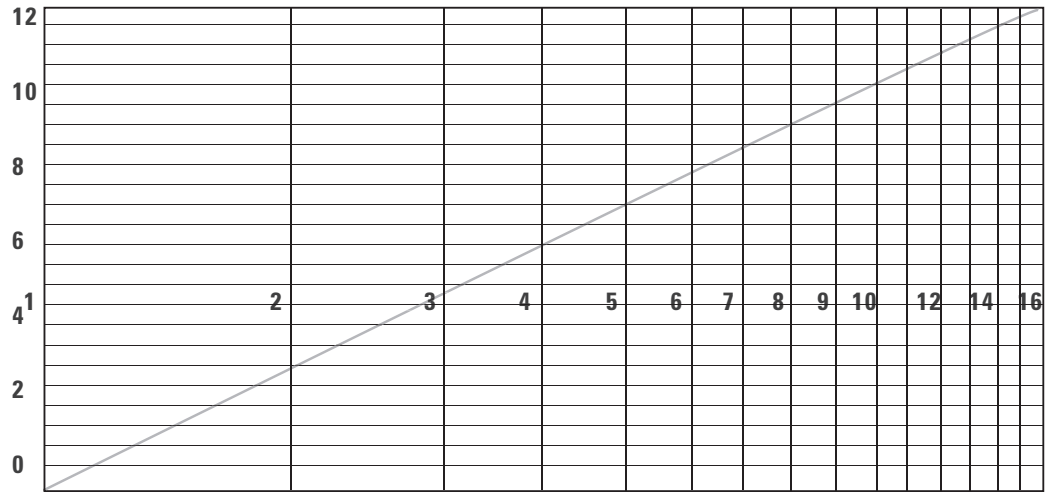
Við útreikninga og við túlkanir á mældum og útreiknuðum gildum, þarf oft að leggja saman og draga frá á lógaritmískan hátt. Hér koma nokkur hjálpartæki til að nota við útreikninga og umbreytingar á hljóðstigi. Með eftirfarandi línuritum er unnt að leggja saman hljóð og draga frá á einfaldan hátt. Nokkur skýringardæmi fylgja með.

Línurit 3:1-3:3 eru ætluð fyrir:

- osamlagningu hljóðstigs nokkurra jafnstærkra hljóðvaka
- osamlagningu hljóðstigs tveggja misstærkra hljóðvaka
- ofrádrátt hljóðstigs eins hljóðvaka frá heildarhljóðstigi

Samlagning hljóðstigs nokkurra jafnstærkra hljóðvaka

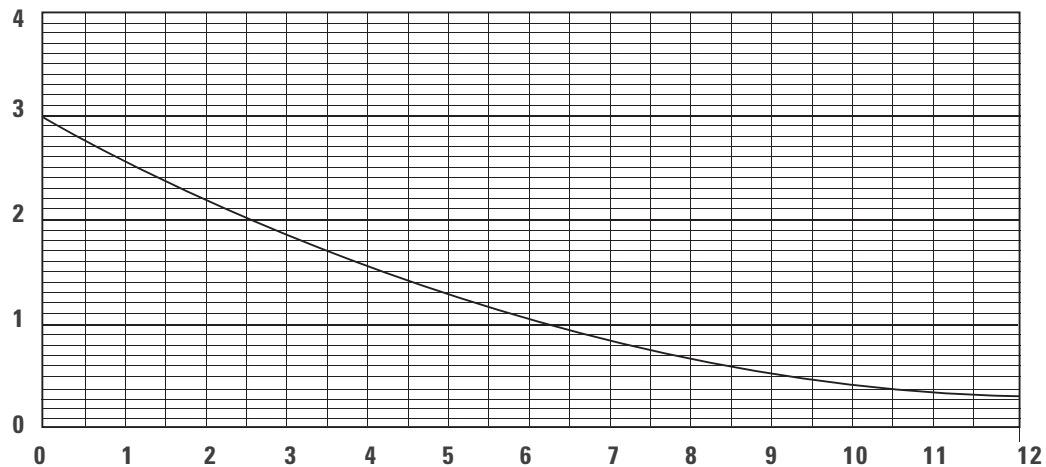
Viðbót við hljóðstig eins hljóðvaka, dB



Línurit 3:1

Samlagning hljóðstigs frá n jafnstærkum hljóðvökum, samkvæmt jöfnunni $\Delta L = 10 \cdot \log(n)$. Dæmi: 3 jafnstærkir hljóðvakar gefa 3 dB hærra hljóðstig en einn þeirra.

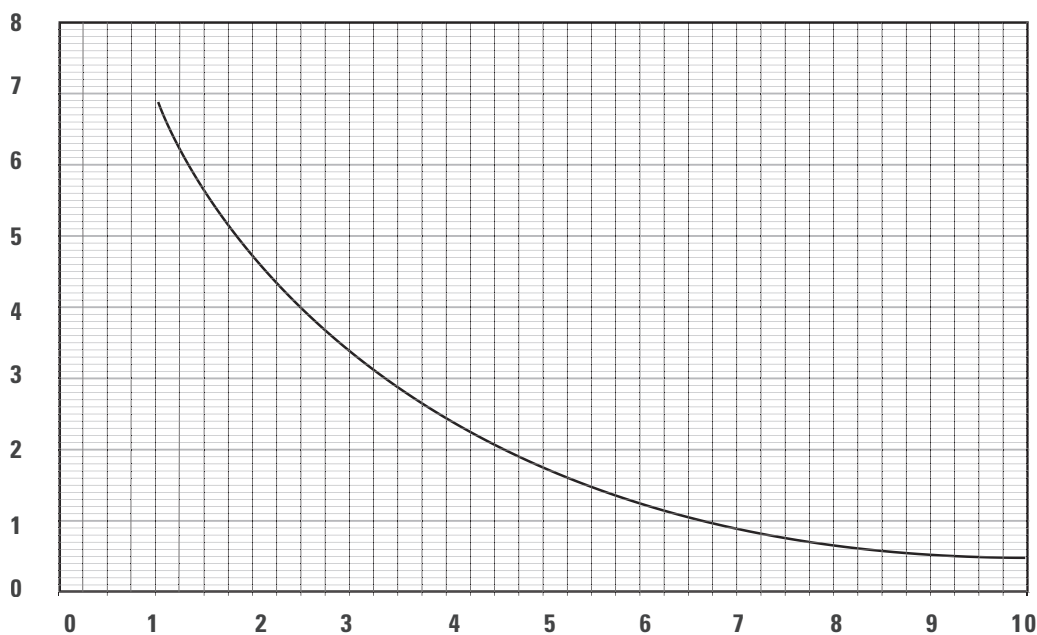
Viðbót við hljóðstig sterkari hljóðvakans, dB



Línurit 3:2

til samlagningar hljóðstigs frá tveimur missterkum hljóðvökum, L^1 og L^2 , samkvæmt jöfnunni $L = 10 \cdot \log (10^{0,1 \cdot L^1} + 10^{0,1 \cdot L^2})$. **Dæmi:** Ef munur á hljóðstigi tveggja hljóðvaka er 5 dB, verður heildarhljóðstigið 1,2 dB stærra en hljóðstig sterkari hljóðvakans eitt sér.

Lækkun heildarhljóðstigs þegar slökkt er á einum tilteknum hljóðvaka, dB



Línurit 3:3

Frádráttur hljóðstigs eins hljóðvaka, L_1 , frá heildarhljóðstigi, L_S , samkvæmt jöfnunni $L = 10 \cdot \log (100,1 \cdot L_S - 100,1 \cdot L_1)$. Dæmi: Ef 7 dB munur á heildarhljóðstigi og hljóðstigi frá hljóðvaka 1, verður heildarhljóðstigið 1,0 dB minna þegar slökkt er á hljóðvaka 1.

Samlagning margra hljóðvaka

Þegar lagt er saman hljóðstig frá fleiri en tveimur óháðum hljóðvökum, má bæta viðjöfnuna frá línuriti 3:2, sem verður þá t.d. $L = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2} + 10^{0,1 \cdot L_3})$ fyrir þrjá hljóðgjafa, o.s.frv. Einnig má nota línuritið sjálfst nokkrum sinnum, eins oft og þarf. Sem dæmi má taka samlagningu þriggja hljóðvaka, 56 dB, 52 dB og 61 dB.

Fyrst er t.d. hljóðstigið frá tveimur veikustu hljóðgjöfunum lagt saman. Munurinn er 4 dB, sem þýðir að samanlagt hljóðstig þeirra er 1,5 dB hærra en 56 dB = 57,5 dB. Nú er munurinn 3,5 dB á samanlögðum tveimur veikari hljóðvökunum og þeim sterkasta, sem þýðir að hann á að hækka um 1,6 dB. Heildarhljóðstig þessara þriggja hljóðvaka er því $61 + 1,6 = 62,6$ dB. Útreikningur á reiknivél gefur $L = 10 \cdot \log(10^{5,6} + 10^{5,2} + 10^{6,1}) = 62,59$ dB. Þegar reiknað er í heilum dB, er lokasvarið hækkað upp í 63 dB.

Frádráttur bakgrunnshljóðs frá mældu hljóðstigi

Mælt hljóðstig (heildarhljóðstig) inniheldur bæði hljóð frá þeim hljóðvaka (hljóðvökum) sem ætlunin var að mæla og til viðbótar sk. bakgrunnshljóð frá umhverfinu. Til þess að bakgrunnshljóð hafi lítil sem engin áhrif á mælda hljóðstigið, þarf það að vera a.m.k. 10 dB lægra en heildarhljóðstigið. Ef bakgrunnshljóðið er á bilinu 3 - 10 dB lægra en heildarhljóðstigið má leiðrétt mælda hljóðstigið og fá út raunverulegt hljóðstig hljóðvakans sem mældur var.

Gerð er mæling á tilteknum hljóðvaka og mælist heildarhljóðstigið 60 dB. Síðan er slökkt á hljóðvakanum og mælingin endurtekin, og bakgrunnshljóðstigið reynist vera 53 dB. Munurinn er 7 dB, sem gefur leiðréttinguna 1,0 dB skv. línuriti 3:3. Hljóðstig hljóðvakans er því í raun $60 - 1 = 59$ dB.

Útreikningur á reiknivél gefur $L = 10 \cdot \log(10^{6,0} - 105,3) = 59,03$ dB.

Þegar reiknað er í heilum dB, er lokasvarið námundað í 59 dB.

2

Kafla

EINFALDIR HLJÓÐÚTREIKNINGAR

2.1 Einfaldir útreikningar á loftræsihljóði í rými

Einfaldir útreikningar gefa oft nægilega nákvæma niðurstöðu. Útreikningarnir eru einfaldaðir á þann hátt að ekki er nauðsynlegt að reikna hljóðstigið í öllum áttundum. Yfirleitt er það fyrst og fremst hljóð af lágrí tíðni sem veldur vandamálum, og því er unnt að einbeita sé að hljóðhönnun við lægstu áttundirnar.

Í loftræsikerfi eru margir hlutar og margar einingar sem geta myndað hljóð, en það eru nokkrar einingar sem hafa langmest að segja varðandi hljóðaflíð og hljóðaflsstigið. Þetta eru:

- *Blásarinn*
- *Lögun loftstokka, þar með talið þversnið, beygjur og greinar*
- *Túður, þar með talið túðugerð og staðsetning*
- *Hljóðísog rýmisins*

Í einföldu útreikningunum er látið nægja að hljóðhanna þessa hluta kerfisins. Sleppt er mörgum einingum sem hafa minni áhrif á hljóðið. Hljóðmyndun í spjaldlokum er t.d. ekki tekin með. Það þýðir hins vegar að mesta leyfilega lokun á spjaldinu er 45°, annars verður skekkjan við þessa einföldu útreikninga of mikil.

Með þessum tilteknu einföldunum á niðurstaðan að gefa góða hugmynd um hvaða einingar á að velja, hvert verður hljóðstigið í rýminu, og ekki síst hvað ber að varast. Útreikningarnir eru ekki mjög flóknir, og lítið mál er að gera það að reglu að fara í gegnum þá. Ef þessir einföldu útreikningar gefa til kynna að hljóðið sé yfir æskilegum mörkum og muni valda truflun og óþægindum, ætti undantekningarlaust að endurhanna kerfið. Ef hljóðið er á mörkum þess að uppfylla uppsettar kröfur eða viðtekin viðmiðunargildi ættu næstu skref að vera þessi:

- *Að gera nákvæmari útreikninga til þess að sannreyna einföldu útreikningana.*
- *Ef niðurstaðan er enn yfir mörkunum ætti að velja aðrar einingar sem gefa verulega lægra hljóðstig, og/eða nota hljóðdeyfa. Endurtaka útreikningana fyrir nýja kerfið.*
- *Ef niðurstaðan er enn yfir mörkunum er e.t.v. rétt að leita til sérfræðings í hljóðtækni.*

Einfalda reikningsaðferðin samanstendur af 18 liðum, sem teknir eru skipulega fyrir á sérstöku eyðublaði. Áður en byrjað er að framkvæma útreikninga með þessari einföldu reikningsaðferð er rétt að mæla með því að farið sé skipulega yfir alla þessa 18 liði. Þetta verður gert í kafla 4 sem fjallar um blásara, kafla 5 sem fjallar um stokkakerfið og kafla 6 sem fjallar um útreikning á hljóðstigi í rýminu. Að lokinni þeirri yfirferð ætti að vera tiltölulega auðvelt að fylla út eyðublaðið og reikna út hljóðstigið

2.2 Dæmi um útreikninga

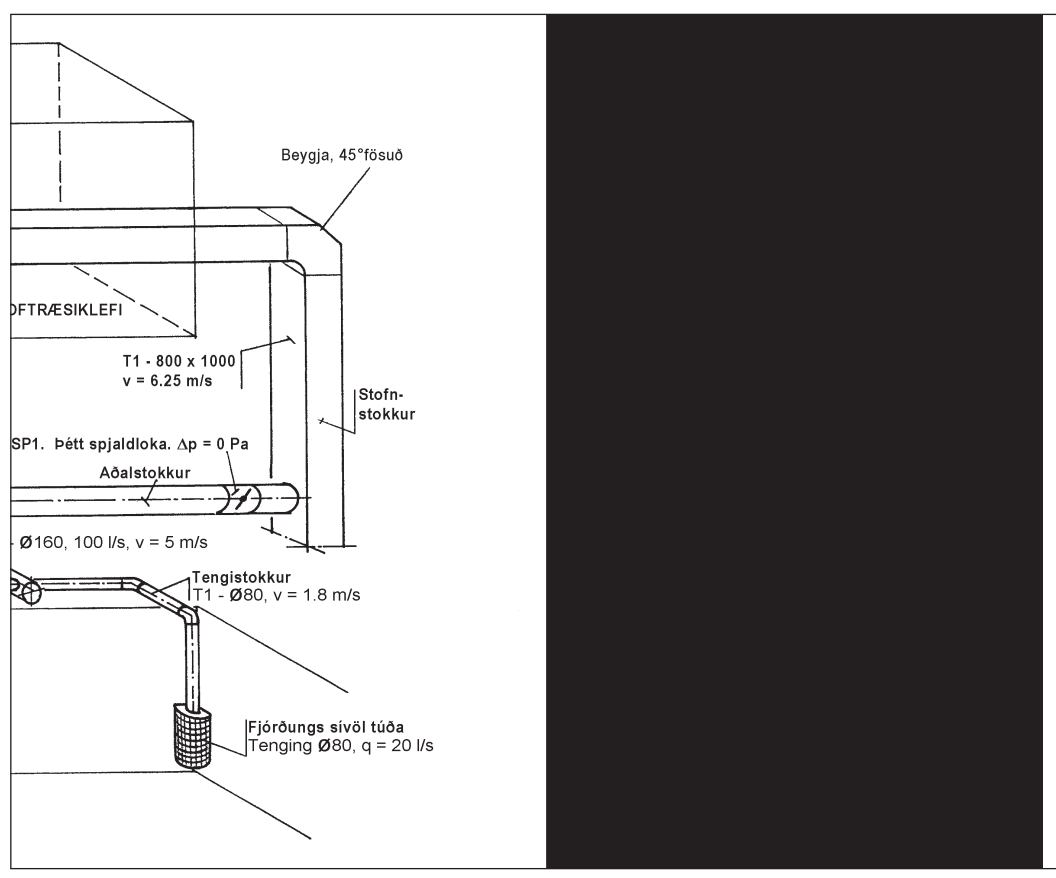
Loftræsikerfið

Hér kemur dæmi um einfaldan útreikning. Loftræsikerfið, sem tekið er sem dæmi, er innblásturs- kerfi með eftirfarandi uppbyggingu:

- 1 blásari, gerð PM-luft BAR (B) - 15:
- loftflæði $q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$;
- heildarþrýstingur, $P_t = 1400 \text{ Pa}$;
- snúningstala $n = 2200 \text{ rpm}$
- 1 ferkantaður stofnstokkur, $800 \times 1000 \text{ mm}$
- 1 sívalur aðalstokkur, $\varnothing 400 \text{ mm}$
- 1 greinistokkur, $\varnothing 160 \text{ mm}$
- 1 tengistokkur, $\varnothing 80 \text{ mm}$
- 1 innblásturstúða, gerð Floormaster FMK.01

Hljóðkrafa 30 dB (A)

Krafan um mesta leyfilegt hljóðstig í rýminu er sett 30 dB (A). Hljóðstigið á að reiknast miðað við 10 m^2 hljóðisogsflöt í rýminu.



Loftræsikerfið
sem á að reikna.

2.1 Reikningsaðferð

Hljóðhönnunin byrjar við blásarann

Síðan er farið eftir kerfinu stig af stigi í áttina að herberginu. Eyðublaðið er hjálpar-
tæki við útreikninginn. Liðirnir sem merktir eru 1-18 á eyðublaðinu vísa til kerfishluta
og áhrifa sem verður að taka með í útreikningana. Eyðublaðið er í fullri stærð á bls. 27.

Lækkun heildarhljóðstigs þegar slökkt er á einum tilteknum hljóðvaka, dB

Nafn verkefna		Heiti loftræsieningar	BÍÞ nr.
		Blásaragerð	
Gerð rýmis	Hljóðkrafa í rými dB(A)	Heildarþrýstingur, P	
Heiti rýmis	Aðloftskerfi <input type="checkbox"/>	Snúningstala	
Loftflæði í rými = q:		Vinnulína, L	
<input type="checkbox"/> m ³ /klst <input type="checkbox"/> m ³ /sek <input type="checkbox"/> l/sek	Fráloftskerfi <input type="checkbox"/>	Loftræsi samstæðuna	
Útreikningar gerðir af	Dagsetning		

		ÚTREIKNUD GILDI								Heildarhljóðstig dB(A)
		Hljóðstig(dB) í áttundum(rið)								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Heildarstig hljóðafls $L_{W, tot}$									
2.	Leiðrétting heildarstigs hljóðafls $L_{W, tot}$									
3.	Hljóðafll út í stökk $L_{W, r}$									
4.	Hljóðdeyfing í stökk ΔL_s									
5.	Hljóðdeyfing í beygju ΔL_b									
6.	Deiling stökkhljóðs ΔL_d									
7.	Mynnisdeyfing ΔL_m									
8.	Hljóðafllstig til rýmis $L_{W, r}$									
9.	$\frac{A_r}{V_r}$ Rýmisdeyfing ΔL									
10.	Hljóðþrýstingsstig í rýminu $L_{p, r}$									
11.	Hljóðkrafa dB (A) -5 dB									
12.	Aðgerð; hljóðdeyfifir									
13.	Eftirstöðvar hljóðþrýstingsstigs									
14.	A-síu leiðrétting	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
15.	Hljóðþrýstingsstig A-vigtað									
16.	Hljóðstig frá blásara dB(A)									
17.	Hljóð frá innblásturs- eða Utsgstæki dB(A)									
18.	Hljóðstig í rýminu dB(A)									
19.										
20.										

2003-01

Útreikningseyðublaðið

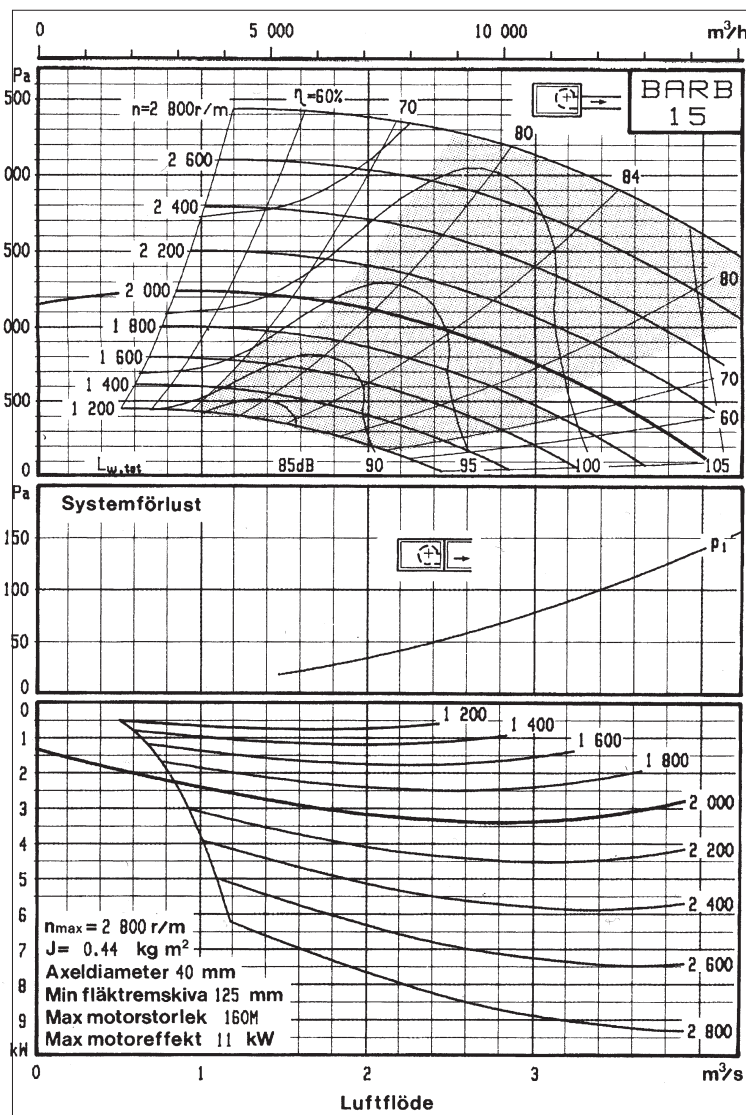
Útreikningana þarf bara að gera fyrir fjórar lægstu áttundirnar (63, 125, 250 og 500 rið). Í hausinn á eyðublaðinu eru færðar inn forsendurnar fyrir útreikningunum:

- Gerð blásara
- Heildarþrýstingur
- Snúningstala
- Vinnulína
- Loftflæði einingarinnar
- Loftflæði til herbergisins
- Hljóðkröfur í herberginu

2.4 Hljóðafsstig inn í stökk

2.4.1 Blásarinn

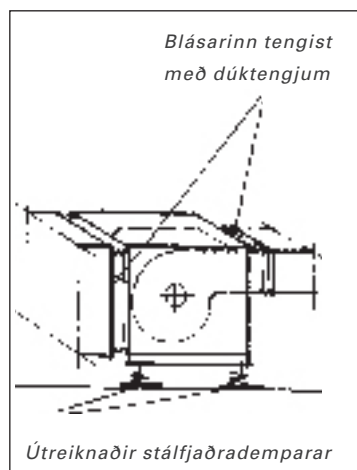
Vinnulína blásarans ætti helst að liggja milli 2-4 fyrir blásara með B-hjól. Blásarar með F-hjól ættu hins vegar að hafa vinnulínu milli 3-5. Rétt er að miða alltaf við tæknilegar upplýsingar frá framleiðanda blásaranna. Blásarinn sem hér hefur verið valinn, gefur heildarstig hljóðafls $L_{W,tot} = 96$ dB með loftflæðið $2 \text{ m}^3/\text{s}$ og heildarþrýstinginn 1400 Pa . Ef ekki eru fyrirbyggjandi áreiðanlegar upplýsingar frá framleiðanda blásarans, þá má nota línurit 4.1 og 4.2 í kafla 4 til að reikna út heildarstig hljóðaflsins.



Blásaralínurit framleiðanda

LOFTR

Málsvæðing		Höfundur		Stærð
EINFALDUR		Sj		BAR(E)-15
Örn	STOFA	Hlj	30	Heildar
		A	<input checked="" type="checkbox"/>	2200
<input type="checkbox"/> m'ala <input type="checkbox"/> m'væð <input checked="" type="checkbox"/> m'væð Loftrifil		Fr	<input type="checkbox"/>	Vinnu
		2		Loftrifil



	Hlj	Hlj								Heildar- hlj dB(A)
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Heildarstig hlj w_{pe}	96	96	96	96					
2	Lei w_{pe}									
3	Hlj w_p									
4	Hlj ΔL_1									
5	Hlj ΔL_b									
6	Deilingsstöðublj ΔL_d									
7	Mýrnisdeyfing ΔL_w									
8	Hlj w_p									
9	$R_v = \dots \dots \dots$ R ΔL_r									
10	Hlj w									
11	Hlj									
12	A									
13	Efirst									
14	A_{cs}	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
15	Hlj									
16	Hlj									
17	Hlj									
18	Hlj									
19										
20										

2.4.2 Áttundaleiðrétting

Heildarstig hljóðafls $L_{W,tot} = 96$ dB þarf að leiðrétta fyrir hverja einstaka áttund til þess að fá fram rétta tíðnidreifingu hljóðaflsins. Algengast er að framleiðandinn birti slíka leiðréttingatöflu, sem t.d. getur litið út eins og taflan hér að neðan. Mismunandi leiðréttingar eru gefnar upp fyrir þrýstihlið, soghlið og hljóð til umhverfisins, og enn fremur eru leiðréttingarnar breytilegar með snúningstölunni. Leiðréttingarnar hér má lesa út úr töflunni á næstu síðu fyrir aðloftskerfi með BARB – blásara og snúningstölu 2200 rpm og eru þær þessar:

63 rið	-5 dB
125 rið	-7 dB
250	-3 dB
500 rið	-7 dB

2.4.3 Hljóðafl út í stökk

Áttundaleiðréttingunum er bætt við heildarstig hljóðafls ($L_{W,tot}$) sem gefur hljóðaflíð við hverja einstaka áttund sem á að taka með í útreikningana.

Blásaragerð Barb

Áttundaleiðréttingar K_{Okt} fyrir mismunandi hljóðleiðir

Ljudvæg	Varvtals område rpm	Oktavband / medelfrekvens, Hz							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Till	200-1300	-5	-3	-4	-12	-20	-29	-39	-45
utlopps- kanal	1301-2600	-5	-7	-3	-7	-15	-19	-28	-39
	2601-	-1	-9	-10	-3	-8	-17	-2	0-28
Till	200-1300	-16	-8	-14	-17	-23	-33	-39	-45
inlopps- kanal	1301-2600	-14	-13	-10	-18	-22	-28	-33	-42
	2601-	-8	-12	-22	-11	-19	-25	-24	-30
Till	200-1300	-24	-15	-29	-35	-37	-44	-58	-66
aggregatets	1301-2600	-22	-20	-25	-36	-36	-39	-52	-63
omgivning	2601-	-16	-19	-37	-29	-33	-36	-43	-51

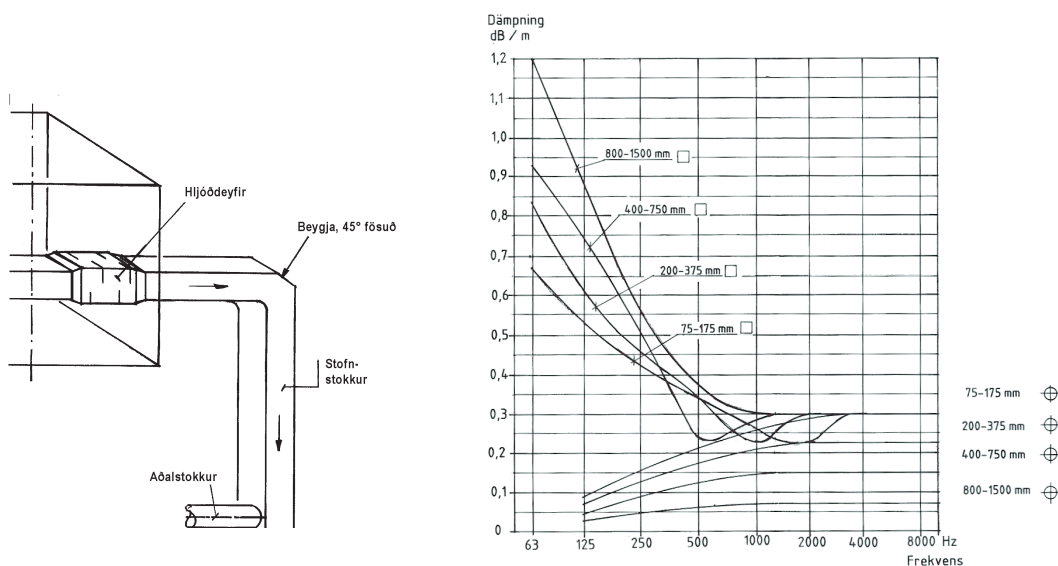
Nafn verkefna		Heiti loftræseiningar	Bls nr.
		Blásaragerð	
Gerð rýmis	Hljóðkrafa í rými dB(A)	Heildarþrýstingur, P	
Heiti rýmis	Aðloftskerfi <input checked="" type="checkbox"/>	Snúningstala	
<input type="checkbox"/> m ³ /kfst <input type="checkbox"/> m ³ /sek <input checked="" type="checkbox"/> l/sek	Fráloftskerfi <input type="checkbox"/>	Vinnulína, L	
Útreikningar gerðir af		Dagsetning	Loftræði um loftræsisamstæðuna

		ÚTREIKNUÐ GILDI								Heildar- hljóðstig dB(A)
		Hljóðstig(dB) í áttundum(rið)								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Heildarstig hljóðafis $L_{W, tot}$	96	96	96	96					
2.	Leiðrétting heildarstigs hljóðafis $L_{W, tot}$	-5	-7	-3	-7					
3.	Hljóðafli út í stökk $L_{W, s}$	91	89	93	89					
4.	Hljóðdeyfing í stökk ΔL_s									
5.	Hljóðdeyfing í beygiu ΔL_b									
6.	Deiling stökkhljóðs ΔL_d									
7.	Mynnisdeyfing ΔL_m									
8.	Hljóðafistig til rýmis L_{pr}									
9.	$A_r = \dots$ Rýmisdeyfing ΔL_r									
10.	Hljóðþrýstingsstig í rýminu L_{pr}									
11.	Hljóðkrafa dB (A) -5 dB									
12.	Aðgerð; hljóðdeyfir									
13.	Eftirstöðvar hljóðþrýstingsstigs									
14.	A-síu leiðrétting	-26	-16	-9	-3	0	+1	-1		
15.	Hljóðþrýstingsstig A-vigtað									
16.	Hljóðstig frá blásara dB(A)									
17.	Hljóð frá innblásturs- eða Utsogstæki dB(A)									
18.	Hljóðstig í rýminu dB(A)									
19.										
20.	2003-01									

2.5 Hljóðdeyfung í stökkakerfi

2.5.1 Hljóðdeyfung í (beinum) stokki

Hljóðið deyfist á leið sinni í beinum stokki og í beygjum og greiningum. Þessa deyfingu má draga frá hljóðafllstiginu inn í stokk, sem fjallað var um í kafla 2.4 hér að framan. Deyfingin í óeinangruðum stokkum er ekki mjög mikil, en hún er samt nokkuð mismikil eftir lögun og stærð stökkanna.



Línurit 5.5.1 sýnir himnudeyfungu í stokkum.

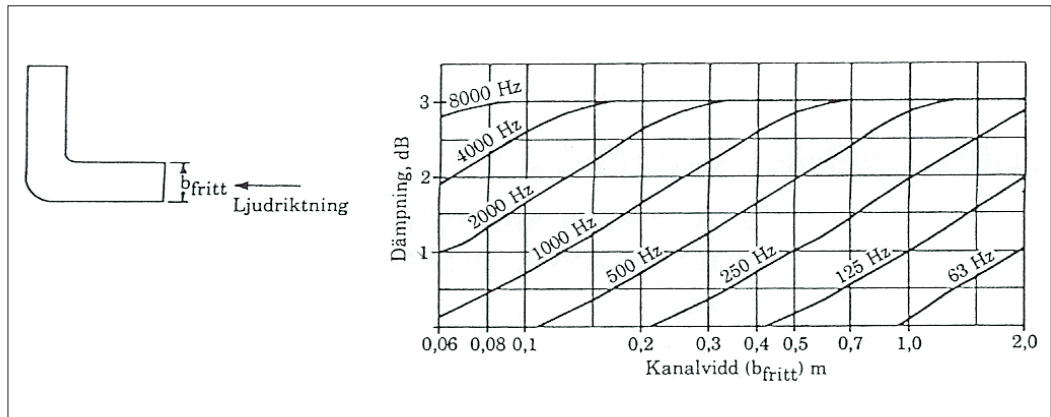
Hljóðdeyfungu í rétthyrndum stokkum má lesa út úr línuriti 5.5.1 sem sótt er í kafla 5. Einingin á deyfingunni er gefin upp sem dB á lengdarmetra, dB/m. Í dæminu hérna er þversnið stofnstokksins 800 x 1000 mm, og lengdin að aðalstokki er 7m. Í einföldum útreikningum sem þessum, er til öryggis ekki reiknað með meiri deyfingar lengd en 1m. Þá fæst úr línuritinu eftirfarandi deyfing:

63 rið	-1.2 dB
125 rið	-0.9 dB
250 rið	-0.6 dB
500 rið	-0.4 dB

2.5.2 Hljóðdeyfung í beygjum

Hljóðdeyfingin í beygjum fer eftir lögun og stærð þversniðsins. Í dæminu hérna er stokkurinn rétthyrndur með 90° fasaða beygju, og kennistærð þversniðsins er $b_{fritt} = 0.8$ m. Hljóðdeyfinguna má lesa út úr línuriti 5.7.2 sem sótt er í kafla 5.

Línurit 5.7.2 Hjjóðdeyfung í rétthyrndum og sívölum stökkum með mjúkum beygjum.



Með $b_{fritt} = 0.8$ m fæst úr línuritinu eftirfarandi deyfung:

- 63 rið **0.0 dB**
- 125 rið **-0.7 dB**
- 250 rið **-1.6 dB**
- 500 rið **-2.6 dB**

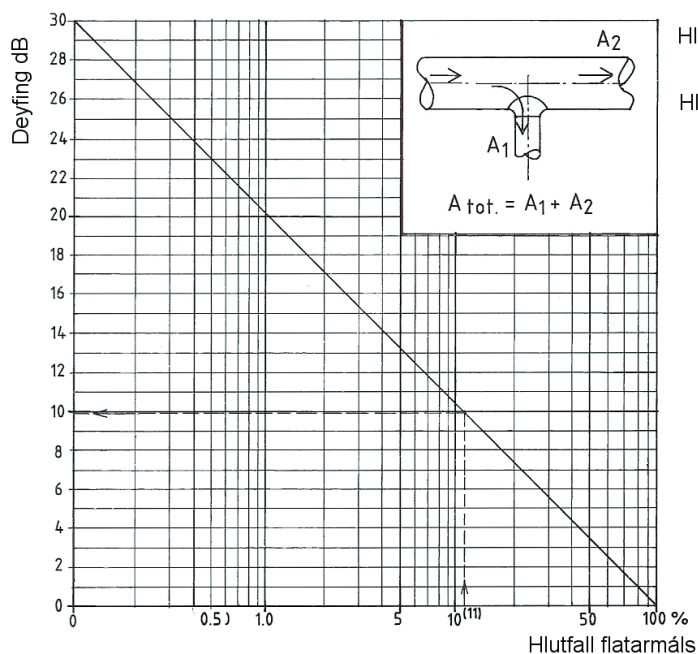
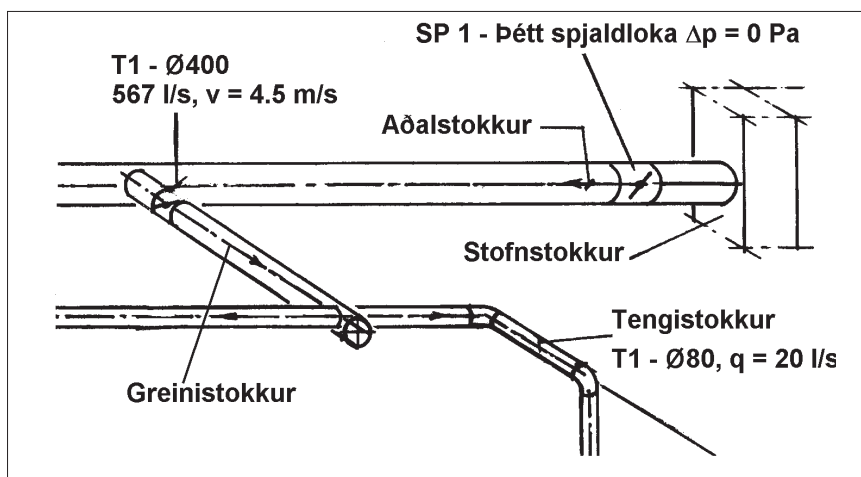
Nafn verkfæna		Heiti loftræsingar	Bls nr.
		Blásaragerð	
Gerð rýmis	Hljóðkrafta í rými dB(A)	Heildarþrýstingur, P	
Heiti rýmis	Aðloftskerfi <input checked="" type="checkbox"/>	Snúningstala	
<input type="checkbox"/> m ³ /klst <input type="checkbox"/> m ³ /sek <input type="checkbox"/> l/sek	Fráloftskerfi <input type="checkbox"/>	Vinnuúna, L	
Útreikningar gerðir af		Dagsetning	Loffflæði um loftræsisamstæðuna

	ÚTREIKNUD GILDI								Heildar- hljóðstig dB(A)
	Hljóðstig(dB) í áttundum(rið)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Heildarstig hljóðafis $L_{W, tot}$									
2. Leiðrétting heildarstigs hljóðafis $L_{W, tot}$									
3. Hljóðfall út í stökk $L_{W, s}$	91	89	93	89					
4. Hljóðdeyfung í stökk ΔL_s	-1	-1	-1	0					
5. Hljóðdeyfung í beygju ΔL_b	0	-1	-2	-3					
6. Deiling stökkhljóðs ΔL_d									
7. Mynnisdeyfung ΔL_m									
8. Hljóðfallstig til rýmis $L_{W,r}$									
9. $A_r = \dots$ Rýmisdeyfung ΔL_r									
10. Hljóðþrýstingsstig í rýminu $L_{p,r}$									
11. Hljóðkrafta dB (A) -5 dB									
12. Aðgerð; hljóðdeyfir									
13. Eftirstöðvar hljóðþrýstingsstigs									
14. A-síu leiðrétting	-26	-16	-9	-3	0	+1	-1		
15. Hljóðþrýstingsstig A-vigtað									
16. Hljóðstig frá blásara dB(A)									
17. Hljóð frá innblásturs- eða Utsogstæki dB(A)									
18. Hljóðstig í rýminu dB(A)									
19.									
20.									

2003-01

2.5.3 Hljóðdeyfing við greiningar

Blásarahljóðið í stokknum dreifist á alla stökkana sem halda áfram eftir greiningar. Hljóðaflið dreifist í réttu hlutfalli við þversniðsflatarmál stökkanna. Við útreikninginn er fylgt ákveðinni leið í gegnum stökkakerfið, og þá reiknast þessi hljóðafslminkun við greiningar sem hljóðdeyfing. Hljóðdeyfingin fer eftir þversniðsflatarmáli stokksins sem fylgt er eftir greininguna miðað við sam- anlagt flatarmál allra stokka eftir greininguna. Í nákvæmum útreikningum þarf að reikna hverja grein stökkakerfisins sérstaklega. Í einföldum útreikningum er nóg að miða við loftmagnið í stokknum sem hlutfall af loftmagninu í heild.



Hlutfall flatarmáls $\frac{A_1}{A_{tot}}$ % alt.

Hlutfall loftmagns $\frac{q_{A_1}}{q_{A_{tot}}}$ %

Línurit 5.8.1

Hljóðdeyfing við greiningar. Hlutfall flatarmáls segir til um hljóðdeyfingu sem telst vera jafnstór við allar áttundir.

Í raun er unnt að ganga enn lengra í einfölduninni og halda samt sem áður nokkuð góðri ná- kvæmni. Þá er reiknuð út í einu lagi heildardeyfing allra greininga frá blásara að innblásturstækinu í því rými sem er til skoðunar. Fundið er hlutfall loftstreymisins í gegnum þetta tiltekna innblásturstæki miðað við heildarloftstreymið frá blásaranum, og þetta hlutfall samsvarar þá samanlagðri hljóðdeyfingunni við allar greiningarnar. Þessa aðferð má nota við einfalda útreikninga, en við nákvæmari útreikninga er réttara að miða við flatarmálshlutfall stökkanna.

Í dæminu sem hér er til skoðunar, er loftstreymið til herbergisins ákveðið 20 l/s og streymið frá blásaranum er 2 m³/s = 2000 l/s. Þetta gefur hlutfallið 20 / 2000 = 1.0 %, og hljóðdeyfinguna má þá lesa úr línuriti 5.8.1 sem sótt er í kafla 5.

Hljóðdeyfingin vegna greininga verður þá -20 dB við allar áttundir. Þær þrjár gerðir hljóðdeyfingar sem fjallað hefur verið um í þessum kafla skrifast allar sem neikvæð gildi á eyðublaðið:

stokkadeyfing, ΔLs

beygjudeyfing, ΔLb

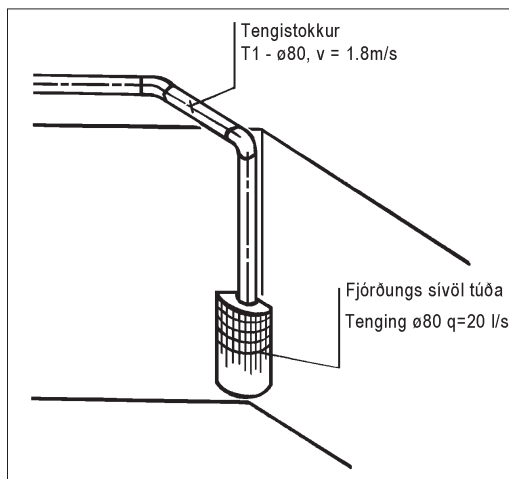
deyfing vegna greininga (deilingar), ΔLd

Nafn verkefna		Heiti loftræseiningar	Bls nr.
		Blásaragerð	
Gerð rýmis	Hljóðkrafa í rými dB(A)	Heildarþrýstingur, P	
Heiti rýmis	Aðloftskerfi <input type="checkbox"/>	Snúningstala	
<input type="checkbox"/> m³/klst <input type="checkbox"/> m³/sek <input type="checkbox"/> l/sek <small>Loftflæði í rými = q:</small>	Fráloftskerfi <input type="checkbox"/>	Vinnulína, L	
Útreikningar gerðir af	Dagsetning	Loftflæði um loftræsisamstæðuna	

		ÚTREIKNUÐ GILDI								Heildar- hljóðstig dB(A)
		Hljóðstig(dB) í áttundum(rið)								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Heildarstig hljóðafis $L_{W, tot}$									
2.	Leiðrétting heildarstigs hljóðafis $L_{W, tot}$									
3.	Hljóðafi út í stökk $L_{W, a}$	91	89	93	89					
4.	Hljóðdeyfing í stökk ΔL_s	-1	-1	-1	0					
5.	Hljóðdeyfing í beygju ΔL_b	-20	-20	-20	-20					
6.	Deiling stökkhljóðs ΔL_d									
7.	Mynnisdeyfing ΔL_m									
8.	Hljóðafstig til rýmis $L_{W, r}$									
9.	$A_r = \dots$ Rýmisdeyfing ΔL_r									
10.	Hljóðþrýstingsstig í rýminu $L_{p, r}$									
11.	Hljóðkrafa dB (A) -5 dB									
12.	Aðgerð; hljóðdeyfir									
13.	Eftirstöðvar hljóðþrýstingsstigs									
14.	A-siu leiðrétting	-26	-16	-9	-3	0	+1	-1		
15.	Hljóðþrýstingsstig A-vigtað									
16.	Hljóðstig frá blásara dB(A)									
17.	Hljóð frá innblásturs- eða Utsogstæki dB(A)									
18.	Hljóðstig í rýminu dB(A)									
19.										
20.										

2003-01

2.6 Mynnisdeyfing (endadeyfing)



2.6.1 Mynnisdeyfing

Fyrst og fremst er rétt að leggja áherslu á að nota upplýsingar framleiðanda um mynnisdeyfingu í innblásturstækinu. Oft vantar þó upplýsingar um 63 riða áttundina. Þegar upplýsingar vantar frá framleiðanda er með góðri nákvæmni unnt að nota línurit 5.10.1a – 5.10.1c í kafla 5 til að reikna út mynnisdeyfinguna.

Í innblásturstækinu verður mynnisdeyfing eða endadeyfingblásarahljóðsins. Þessi deyfing fer eftir stærð tengistokksins og staðsetningu innblásturstækisins í rýminu eða á veggnum.

MYNNINGSDÄMPNING

Floormasterdon med cirkulär anslutning

Anslutnings- diameter (mm)	Mittfrekvens (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
80	21	17	12	8	4	4	4	5
100	20	15	11	6	4	4	4	5
125	19	14	10	5	4	4	4	5
160	17	13	8	4	4	4	4	5
200	15	11	6	4	4	4	4	5
250	14	10	5	4	3	3	4	5
315	13	8	4	4	3	3	4	5
400	11	7	4	4	2	2	4	5
500	10	5	4	4	2	2	3	4
630	8	4	3	4	2	2	2	4
800	6	4	3	4	1	2	2	3
1000	5	3	2	4	2	2	2	2
Tolerans +/- dB	6	3	2	2	2	2	2	3

Í dæminu sem hér er til skoðunar, er notuð innblásturstúða af gerðinni Floormaster FMK.01 með tengingu \varnothing 80 mm. Mynnisdeyfingin er skrifuð sem neikvæð tölugildi á eyðublaðið, og samkvæmt framleiðanda innblásturstúðunnar er hún þessi:

63 rið	-21 dB
125 rið	-17 dB
250 rið	-12 dB
500 rið	- 8 dB

2.6.2 Hljóðafsstig inn í rýmið

Frá hljóðafsstigi blásarans dragast nú allar deyfingar í stökkakerfinu og mynnisdeyfingin, og eftir stendur hljóðafsstigið sem berst inn í rýmið frá stökkakerfinu:

63 rið	49 dB
125 rið	50 dB
250 rið	58 dB
500 rið	58 dB

Nafn verkefna		Heiti loftræsieiningar	Bls nr.
		Blásaragerð	
Gerð rýmis	Hljóðkrafa í rými dB(A)	Heildarþrýstingur, P	
Heiti rýmis Lofthæði í rými = g:.....	Aðloftskerfi <input checked="" type="checkbox"/>	Snúningstala	
<input type="checkbox"/> m ³ /klst <input type="checkbox"/> m ³ /sek <input type="checkbox"/> l/sek	Fráloftskerfi <input type="checkbox"/>	Vinnulína, L	
Útreikningar gerðir af	Dagsetning	Lofthæði um loftræsisamstæðuna	

		ÚTREIKNUÐ GILDI							Heildarhljóðstig dB(A)	
		Hljóðstig(dB) í áttundum(rið)								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Heildarstig hljóðafis $L_{W, tot}$									
2.	Leiðrétting heildarstigs hljóðafis $L_{W, tot}$									
3.	Hljóðafll út í stökk $L_{W, s}$									
4.	Hljóðdeyfing í stökk ΔL_s									
5.	Hljóðdeyfing í beygju ΔL_b									
6.	Deiling stökkhljóðs ΔL_d									
7.	Mynnisdeyfing ΔL_m									
8.	Hljóðafstígg til rýmis $L_{W,r}$									
9.	$A_r = \dots \dots \dots$ Rýmisdeyfing ΔL_r									
10.	Hljóðþrýstingsstig í rýminu $L_{p,r}$									
11.	Hljóðkrafa dB (A) -5 dB									
12.	Aðgerð; hljóðdeyfifir									
13.	Eftirstöðvar hljóðþrýstingsstigs									
14.	A-síu leiðrétting	-26	-16	-9	-3	0	+1	-1		
15.	Hljóðþrýstingsstig A-vigtað									
16.	Hljóðstig frá blásara dB(A)									
17.	Hljóð frá innblásturs- eða Utsogstæki dB(A)									
18.	Hljóðstig í rýminu dB(A)									
19.										
20.										

2003-01

2.7 Hjólþrýstingsstig í rýminu

Við útreikning á hjólþrýstingsstigi í rýminu verður að taka tillit til þeirrar hjóldeyfingar sem í rýminu er. Hjólðísogsflióturinn í rýminu er þá reiknaður út, en í einfaldari útreikningum má í staðinn nota staðlaðan hjólðísogsfliót (10 m²).

2.7.1 Hjóldeyfingin í rýminu

Við einfalda útreikninga er látið duga að miða við staðlaða hjólðísogsfliótinn 10 m². Það þýðir að hjólþrýstingsstigið er einfaldlega 4 dB lægra en hjólðafsstigið við allar tíðnir.

63 rið	45 dB
125 rið	46 dB
250 rið	54 dB
500 rið	54 dB

Nafn verkefna		Heiti loftræsieiningar	Bis nr.
		Blásaragerð	
Gerð rýmis	Hjólðkrafa í rými dB(A)	Heildarþrýstingur, P	
Heiti rýmis	Aðloftskerfi <input checked="" type="checkbox"/>	Snúningstala	
<input type="checkbox"/> m ³ /kist <input type="checkbox"/> m ³ /sek <input type="checkbox"/> l/sek	Fráloftskerfi <input type="checkbox"/>	Vinnulína, L	
Útreikningar gerðir af	Dagsetning	Lofthæði um loftræsisamstæðuna	

		ÚTREIKNUÐ GILDI								Heildarhjóldstig dB(A)
		Hjóldstig(dB) í áttundum(rið)								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Heildarstig hjólðafis L _{w, tot}									
2.	Leiðrétting heildarstigs hjólðafis L _{w, tot}									
3.	Hjóldafli út í stökk L _{w, s}	91	89	93	89					
4.	Hjólddeyfing í stökk ΔL _s	-1	-1	-1	0					
5.	Hjólddeyfing í beygju ΔL _b	0	-1	-2	-3					
6.	Deiling stökkhjóldis ΔL _d	-20	-20	-20	-20					
7.	Mynnisdreyfing ΔL _m	-21	-17	-12	-8					
8.	Hjóldafstigi til rýmis L _{w, r}									
9.	Rýmisdeyfing ΔL _r	-4	-4	-4	-4					
10.	Hjóldþrýstingsstig í rýminu L _{p, r}	45	46	54	54					
11.	Hjóldkrafa dB (A) -5 dB									
12.	Aðgerð; hjóldeyfir									
13.	Eftirstöðvar hjólþrýstingsstigs									
14.	A-siu leiðrétting	-26	-16	-9	-3	0	+1	-1		
15.	Hjóldþrýstingsstig A-vigtað									
16.	Hjóldstig frá blásara dB(A)									
17.	Hjóld frá innblásturs- eða Utsogstæki dB(A)									
18.	Hjóldstig í rýminu dB(A)									
19.										
20.	2003-01									

2.8 Hljóðkröfur í rýminu

Kröfurnar til hljóðvistar í rýminu eru þær að hljóðþrýstingsstigið sé í mesta lagi 30 dB(A). Í dæminu hefur aðeins verið reiknað út hljóðstigið frá aðloftskerfinu. Auk þess er yfirleitt líka fráloftskerfi með viðbótarhávaða. Hljóðkröfurnar eiga við um loftræsihljóð í heild, þ.e. samanlagt hljóð frá aðlofts- og fráloftskerfi. Til þess að tryggja sæmilega vel að kröfurnar séu uppfylltar fyrir kerfið í heild, ættu kröfurnar fyrir hvort kerfið um sig að vera 5 dB strangari en kröfurnar í heild.

2.8.1 Hljóðkröfur

Hljóðkröfurnar fyrir aðloftskerfið ættu sem sé að vera 5 dB strangari en 30 dB(A), þ.e. 25 dB(A). Hljóðstigið við mismunandi áttundir má leggja saman eins og um væri að ræða hljóð frá óháðum hljóðvökum, eins og lýst var í kafla 1.3. Til þess að fá út hljóðstigið í dB(A), verður fyrst að láta hljóðið fara í gegnum ímyndaða A-síu, með því að bæta við hljóðstigið sk. A-síu leiðréttingu við hverja áttund.

63 rið	45 - 26 = 19 dB
125 rið	46 - 16 = 30 dB
250 rið	54 - 9 = 45 dB
500 rið	54 - 3 = 51 dB

Nafn verkefna		Heiti loftræsiseiningar	Bls nr.
		Blásaragerð	
Gerð rýmis	Hljóðkrafa í rými dB(A)	Heildarþrýstingur, P	
Heiti rýmis	Aðloftskerfi <input checked="" type="checkbox"/>	Snúningstala	
<input type="checkbox"/> m ³ /klt <input type="checkbox"/> m ³ /sek <input type="checkbox"/> l/sek Lofflæði í rými = qf:	Fráloftskerfi <input type="checkbox"/>	Vinnulína, L	
Útreikningar gerðir af	Dagsetning	Lofflæði um loftræsismæðuna	

		ÚTREIKNUÐ GILDI								Heildar- hljóðstig dB(A)
		Hljóðstig(dB) í áttundum(rið)								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Heildarstig hljóðafis L _{w, tot}									
2.	Leiðrétting heildarstigs hljóðafis L _{w, tot}									
3.	Hljóðafli út í stökk L _{w, a}	91	89	93	89					
4.	Hljóðdeyfing í stökk ΔL _s	-1	-1	-1	0					
5.	Hljóðdeyfing í beygju ΔL _a	0	-1	-2	-3					
6.	Deiling stökkhljóðs ΔL _d	-20	-20	-20	-20					
7.	Mynnisdeyfing ΔL _m	-21	-17	-12	-8					
8.	Hljóðafstig til rýmis L _{w,r}									
9.	A _r Rýmisdeyfing ΔL _r	-4	-4	-4	-4					
10.	Hljóðþrýstingsstig í rýminu L _{p,r}	45	46	54	54					
11.	Hljóðkrafa dB (A) -5 dB									
12.	Aðgerð; hljóðdeyfir									
13.	Eftirstöðvar hljóðþrýstingsstigs									
14.	A-síu leiðrétting	-26	-16	-9	-3	0	+1	-1		
15.	Hljóðþrýstingsstig A-vigtað									
16.	Hljóðstig frá blásara dB(A)									
17.	Hljóð frá innblásturs- eða Utsogstæki dB(A)									
18.	Hljóðstig í rýminu dB(A)									
19.										
20.										

2003-01

2.8.2 Samanlagt hljóðstig í dB(A)

Heildarhljóðstigið í dB(A) má nú finna með endurtekinni samlagningu tveggja og tveggja áttunda, og nota til þess línurit 3:2 í kafla 1.3. Fyrst er t.d. hljóðstigið frá tveimur veikustu áttundunum lagt saman. Munurinn er 11 dB, sem þýðir að samanlagt hljóðstig þeirra er 0,3 dB hærra en $30 \text{ dB} = 30,3 \text{ dB}$. Þá er munurinn orðinn 14,7 dB á samanlögðum tveimur veikustu áttundunum og þeirri næst-sterkustu, sem þýðir að það hljóðstig á að hækka um minna en 0,2 dB. (Nánar tiltekið er hækkunin 0,1 dB = 45,1 dB). Sjá má að hljóðstigið við tvær veikustu áttundirnar er í raun hverfandi lítið miðað við þær tvær sterkustu. Heildarhljóðstig þessara fjögurra áttunda er því jafnt og samanlagt hljóðstig tveggja sterkustu áttundanna, 45 og 51 dB. Munurinn á þeim er 6 dB, svo hljóðstigið í heild er $51 + 1,0 = 52,0 \text{ dB(A)}$.

Útreikningur á reiknivél gefur $L = 10 \cdot \log(10^{1,9} + 10^{3,0} + 10^{4,5} + 10^{5,1}) = 52,00 \text{ dB(A)}$.

Ljóst er að hljóðstigið er allt of hátt miðað við kröfuna um 25 dB(A) hið mesta. Hér þarf að grípa til einhverra ráðstafana, t.d. að setja inn hljóðdeyfi. Ljóst er að hann þarf að vera mjög vel virkur við 250 rið og 500 rið.

2.9 Hljóðdeyfir

Hér er til skoðunar hversu mikið af básarahljóðinu berst til móttökurýmisins. Hljóðdeyfinn á því að staðsetja sem næst upptökunum, þ.e. í loftræsiklefanum. Honum er skotið inn í stokkinn á eftir blásaranum, en helst á bilið milli hljóðdeyfis og blásara samt að vera sem mest.

2.9.1 Árangur af innsetningu hljóðdeyfis

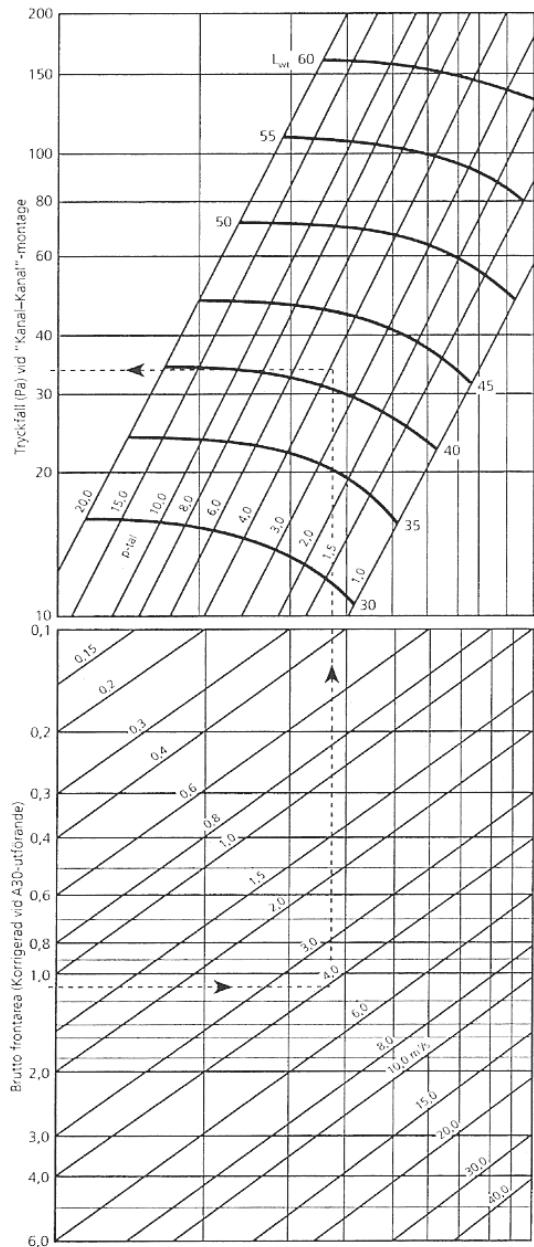
Hljóðkröfurnar ráða miklu um val hljóðdeyfis, en einnig þarf að gæta þess að þrýstifallið yfir valinn hljóðdeyfi verði ekki of mikið. Framleið- endur gefa upp sk. P-tölu fyrir hljóðdeyfa, og út frá henni og loftstreyminu um hljóðdeyfinn má finna þrýstifallið í línuritum framleiðandans. Almennt gildir að þrýstifall yfir hljóðdeyfi ætti ekki að vera meira en 30 Pa.

Í dæminu sem hér hefur verið tekið, er ákveðið að velja hljóðdeyfi af gerðinni **PZGa**. Loftstreymið í stofnstokknum er $2 \text{ m}^3/\text{s}$ og stærðin á stokknum er $800 \times 1000 \text{ mm}$ ($h \times b$). Valinn er hljóðdeyfir með framhliðina $1000 \times 1200 \text{ mm}$ (framhlið $1,2 \text{ m}^2$). Úr meðfylgjandi línuriti framleiðanda á næstu síðu má þá lesa að hæsta leyfilega *P-tala* = 20,0 ef þrýstifallið á að vera minna en 30 Pa.

Í meðfylgjandi töflu um **PZGa** hljóðdeyfa má þá finna hentugan hljóðdeyfi (aðeins er sýnt brot úr töflunni). Hér mætti t.d. byrja á því að velja hljóðdeyfinn **PZGa 1221**, sem er 1000 mm langur og hefur P-töluna 7,0. Það gefur þrýstifallið ca 10 Pa skv. línuritinu, sem er mun minna en mesta æskilega þrýstingsfall og er því í góðu lagi að því leyti. Spurningin er þá hvort hljóðdeyfinn sem fæst sé nægjanleg, en hún er þessi:

63 rið	-9 dB
125 rið	-15 dB
250 rið	-21 dB
500 rið	-37 dB

Línurit frá framleiðanda
PZGa hljóðdeyfa sem sýnir
þrýstifall. Ennfremur hluti
úr töflu um hljóðdeyfi.



breidd	gerð	lengd	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	P-tala
1200	1222	1000	4	12	18	25	40	39	29	21	4,0
	1253	2000	6	14	23	32	33	20	16	14	1,3
	1221	1000	9	15	21	37	43	43	31	25	7,0
	1263	2200	7	16	26	37	37	22	17	14	1,3
	1242	1600	8	17	27	38	50	50	42	30	5,0
	1231	1250	11	19	26	44	48	48	37	29	8,0

2.9.2 Hljóðstig eftir innsetningu hljóðdeyfis

Hljóðdeyfinguna sem hljóðdeyfirinn gefur má nú draga frá hljóðþrýstingsstiginu sem fundið var út í kafla 2.7. Síðan er hljóðið sent í gegnum A-síu eins og áður og hljóðstigið í heild fundið út í dB(A).

Nafn verkefna		Heiti loftræslemingar	Bis nr.
		Blásaragerð	
Gerð rýmis	Hljóðkrafa í rými dB(A)	Heildarþrýstingur, P	
Heiti rýmis	Aðloftskerfi <input type="checkbox"/>	Snúningstala	
Loftræði í rými = α:		Fráloftskerfi <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> m ³ /klist <input type="checkbox"/> m ³ /sek <input type="checkbox"/> l/sek		Vinnulína, L	
Útreikningar gerðir af	Dagsetning	Loftræði um loftræsisamstæðuna	

63 rið **45 - 9 - 26 = 10 dB**
 125 rið **46 - 15 - 16 = 15 dB**
 250 rið **54 - 21 - 9 = 24 dB**
 500 rið **54 - 37 - 3 = 14 dB**

		ÚTREIKNUD GILDI								Heildarhljóðstig dB(A)
		Hljóðstig(dB) í áttundum(rið)								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Heildarstig hljóðafis L _{w, tot}									
2.	Leiðrétting heildarstigs hljóðafis L _{w, tot}									
3.	Hljóðafi út í stökk L _{w, s}	91	89	93	89					
4.	Hljóðdeyfing í stökk ΔL _s	-1	-1	-1	0					
5.	Hljóðdeyfing í beygju ΔL _b	0	-1	-2	-3					
6.	Deiling stökkhljóðs ΔL _d	-20	-20	-20	-20					
7.	Mynnisdreyfing ΔL _m	-21	-17	-12	8					
8.	Hljóðafstig til rýmis L _{wr}									
9.	Ar=..... Rýmisdeyfing ΔL _r									
10.	Hljóðþrýstingsstig í rýminu L _{pr}	-4	-4	-4	-4					
11.	Hljóðkrafa dB (A) -5 dB	45	46	54	54					
12.	Aðgerð; hljóðdeyfir									
13.	Eftirstöðvar hljóðþrýstingsstigs									
14.	A-síu leiðrétting	-26	-16	-9	-3	0	+1	-1		
15.	Hljóðþrýstingsstig A-vigtað									
16.	Hljóðstig frá blásara dB(A)									
17.	Hljóð frá innblásturs- eða Útsogstæki dB(A)									
18.	Hljóðstig í rýminu dB(A)									
19.										
20.	2003.01									

Heildarhljóðstigið í dB(A) má nú finna með endurtekinni samlagningu tveggja og tveggja áttunda, eins og áður. Hljóðstigið frá tveimur veikustu áttundunum er samanlagt 14 + 1,5 = 15,5 dB. Samanlagt hljóðstig þeirra þriggja veikustu er 15,5 + 3 dB = 18,5 dB. Þá er munurinn orðinn 5,5 dB á samanlögðum þremur veikustu áttundunum og þeirri sterkustu, sem þýðir að hljóðstigið í heild er 24 + 1,0 = 25,0 dB(A).

Útreikningur á reiknivél gefur $L = 10 \cdot \log (10^{1,0} + 10^{1,5} + 10^{2,4} + 10^{1,4}) = 25,0$ dB(A).

Hljóðstigið uppfyllir sem sé nákvæmlega kröfuna um hámark 25 dB(A). Þessi hljóðdeyfir ætti því að duga, en auðvitað mætti þess í stað velja hljóðdeyfi sem deyfir betur við 250 riða áttundina, sem er nánast allsráðandi um það hljóðstig sem enn er eftir. Sem dæmi má taka hljóðdeyfi PZGa 1263, sem er 2200 mm á lengd, með mjög lága P-tölu og 5 dB betri dempun við 250 rið heldur en PZGa 1221. Ef sá hljóðdeyfir væri valinn, yrði hljóðstigið í heild um 22 dB(A) í stað 25 dB(A).

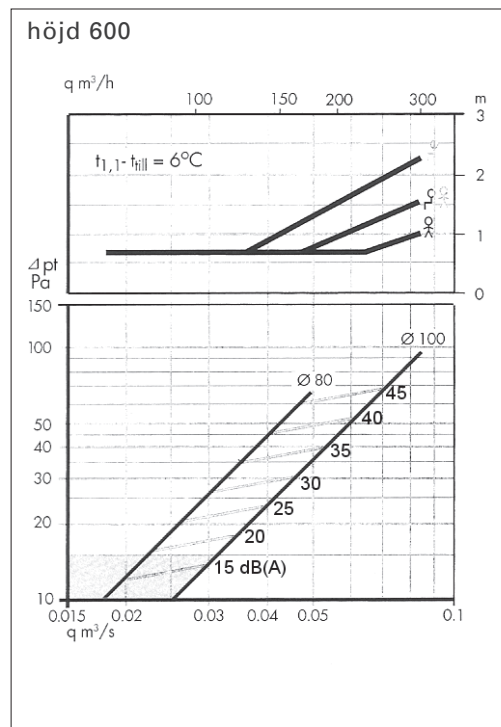
2.10

Hljóðmyndun í T-greiningum, beygjum og innblásturstæki

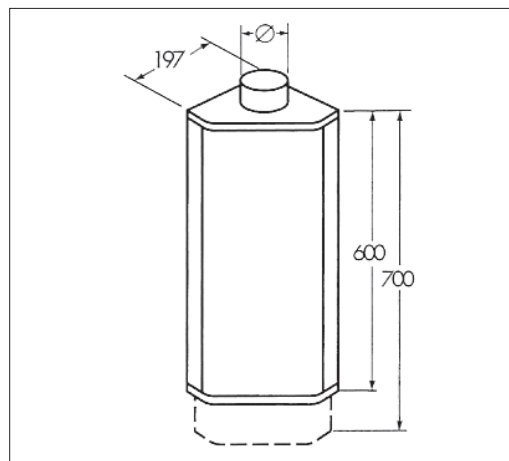
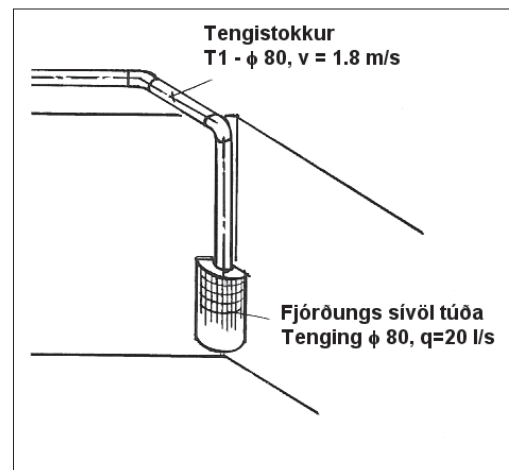
Fram að þessu hefur básarahljóðið eitt verið til skoðunar, og reiknað hefur verið út hversu mikið af því berst til móttökurýmisins. Loftið sem streymir um stokkakerfið myndar líka hljóð sem getur borist til móttökurýmisins. Mesta hljóðið myndast í enda stokksins og í innblásturstækinu. Í einföldum útreikningum er nóg að skoða þessa hljóðmyndun.

2.10.1 Hljóðmyndun í innblásturstæki.

Í dæminu er valið að miða við staðlað innblásturstæki, fjórðungs sívala túðu, sem staðsett er í horni herbergis. Með stokkvíddina $\varnothing 80$ mm og loftflæðið 20 l/s fæst hljóðmyndunin 15 dB(A) í þessari túðu samkvæmt upplýsingum framleiðanda. Hér er átt við hljóðþrýstingsstig í rými með staðlaðan hljóðisogsflöt (10 m²).



Línurit fyrir hljóðmyndun í innblásturstækjum af gerðinni Floormaster FMK.01



2.10.2 Hljóðstig í rýminu í dB(A)

Hljóðstigið í herberginu er fengið með því að leggja saman hljóðstigið frá blásaranum og hljóðstigið frá hljóðinu sem myndast í innblásturstækkinu. Við nákvæma útreikninga ætti helst að leggja fyrst saman hljóðið í áttundum frá hvorum hljóðvaka og síðan leggja saman þetta áttundahljóð í heildarhljóðstig. Í einföldum útreikningum má láta duga að leggja saman hljóðstigið í dB(A) frá blásara annars vegar og innblásturstæki hins vegar.

Með hljóðdeyfinum PZGa 1221 verður blásarahljóðið 25 dB(A) eins og fram kom í kafla 2.9.3. Við það bætist 15 dB(A) frá innblásturstækkinu, svo hljóðstigið í heild verður $25 + 0,4 = 25,4$.

Ef haldið er fast við það viðmið að hljóðstigið frá aðloftskerfinu fari ekki yfir 25 dB(A), verður að velja betri hljóðdeyfi á blásarahljóðið.

Í kafla 2.9.3. var stungið upp á að velja í staðinn hljóðdeyfi PZGa 1263, og með því yrði hljóðstigið frá blásaranum um 22 dB(A) í stað 25 dB(A), nánar tiltekið 21,6 dB(A). Þegar hljóðinu frá innblásturstækkinu er bætt við þetta hljóð verður niðurstaðan $21,6 + 0,9 = 22,5$ dB(A). Þetta er þá heildarhljóðstigið frá aðloftskerfinu.

Nafn verkefna		Heiti loftræsiseiningar	Bls nr.
		Blásaragerð	
Gerð rýmis	Hljóðkrafa í rými dB(A)	Heildarþrýstingur, P	
Heiti rýmis	Aðloftskerfi <input checked="" type="checkbox"/>	Snúningstala	
Lofthæði í rými = g:		Fráloftskerfi <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> m ³ /klst <input type="checkbox"/> m ³ /sek <input type="checkbox"/> l/sek		Vinnulína, L	
Útreikningar gerðir af	Dagsetning	Lofthæði um loftræsisamstæðuna	

		ÚTREIKNUD GILDI								Heildarhljóðstig dB(A)
		Hljóðstig(dB) í áttundum(rið)								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Heildarstig hljóðafalls L _{w, tot}									
2.	Leiðrétting heildarstigs hljóðafalls L _{w, tot}									
3.	Hljóðafli út í stökk L _{w, a}									
4.	Hljóðdeyfi í stökk ΔL _s									
5.	Hljóðdeyfi í beygju ΔL _b									
6.	Deiling stokkhjóðs ΔL _d									
7.	Mynnisdýfing ΔL _m									
8.	Hljóðafstig til rýmis L _{w,r}	49	50	58	58					
9.	Ar-Rýmisdeyfi ΔL _r	-4	-4	-4	-4					
10.	Hljóðþrýstingsstig í rýminu L _{p,r}	45	46	54	54					
11.	Hljóðkrafa dB (A) -5 dB									25,0
12.	Aðgerð; hljóðdeyfir	-7	-16	-26	-37					
13.	Eftirstöðvar hljóðþrýstingsstigs	38	30	28	17					
14.	A-síu leiðrétting	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
15.	Hljóðþrýstingsstig A-vigtað	12	-14	-4	-4					21,6
16.	Hljóðstig frá blásara dB(A)									21,6
17.	Hljóð frá innblásturs- eða Útsogstæki dB(A)									15,0
18.	Hljóðstig í rýminu dB(A)									22,5
19.										
20.										

2003-01

2.11 Fráloftskerfið

Útreikningarnir hafa eingöngu miðast við aðloftskerfið. Fráloftskerfið er reiknað á sambærilegan hátt, og kröfurnar þar eru líka 25 dB(A) til þess að tryggja að hljóðstigið í rýminu fari ekki yfir 30 dB(A) frá loftræsikerfinu í heild. Hljóðið frá hvoru kerfi er síðan lagt saman lógaritmískt.

Útreikningur á loftræsihávaða í rými

Nafn verkefna		Heiti loftræsieiningar	Bls nr.
		Blásaragerð	
Gerð rýmis	Hljóðkrafa í rými dB(A)	Heildarþrýstingur, P	
Heiti rýmis	Aðloftskerfi <input type="checkbox"/>	Snúningstala	
<input type="checkbox"/> m ³ /klst <input type="checkbox"/> m ³ /sek <input type="checkbox"/> l/sek Loftræði í rými = q:	Fráloftskerfi <input type="checkbox"/>	Vinnulína, L	
Útreikningar gerðir af	Dagsetning	Loftræði um loftræsisamstæðuna	

lína nr.		ÚTREIKNUÐ GILDI								Heildar- hljóðstig dB(A)
		Hljóðstig(dB) í áttundum(rið)								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Heildarstig hljóðafls $L_{W,tot}$									
2.	Leiðrétting heildarstigs hljóðafls $L_{W,tot}$									
3.	Hljóðafll út í stökk $L_{W,a}$									
4.	Hljóðdeyfing í stökk ΔL_s									
5.	Hljóðdeyfing í beygju ΔL_b									
6.	Deiling stokkhljóðs ΔL_d									
7.	Mynnisdreyfing ΔL_m									
8.	Hljóðafllstig til rýmis $L_{W,r}$									
9.	$A_r = \dots\dots\dots$ Rýmisdeyfing ΔL_r									
10.	Hljóðþrýstingsstig í rýminu $L_{p,r}$									
11.	Hljóðkrafa dB (A) -5 dB									
12.	Aðgerð; hljóðdeyfir									
13.	Eftirstöðvar hljóðþrýstingsstigs									
14.	A-síu leiðrétting	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
15.	Hljóðþrýstingsstig A-vigtað									
16.	Hljóðstig frá blásara dB(A)									
17.	Hljóð frá innblásturs- eða Útsogstæki dB(A)									
18.	Hljóðstig í rýminu dB(A)									
19.										
20.										

2003-01

3

Kaflí

TITRINGSEINANGRUN

3.1 Inngangur

Ef titrandi samstæða stendur beint á gólfi leiðist titringur og stofnhljóð út í gólfið og áfram út í hússtofninn. Samstæðuna verður að titringseinangra með útreiknuðum titringseinangrurum. Gólfið sjálft verður einnig að reikna með tilliti til titringsins.

Rangt útfærð titringseinangrun getur haft sérkennilegar afleiðingar. Þetta gefur stofnhljóð í húsinu, og dæmigert er að þetta stofnhljóð veldur mestri truflun í öðrum hlutum hússins en þar sem upptökin eru. Algengt er að mesta hávaðatruflunin verði tveimur hæðum frá þeirri hæð þar sem vandinn skapast. Hér er fjallað um eitt slíkt dæmi:

Loftræsiklefinn er staðsettur á rishæðinni. Í tilraun til þess að einangra samstæðuna frá hússtofninum var útbúið fljótandi steyppt gólf á steinull. Léleg eða vitlaust hönnuð titringseinangrun gefa stofnhljóð út í húsið. Steinullin á að bera steypu-ílögnina og er ekki nógu mjúk til þess að titringseinangra samstæðuna. Ílögnin er ekki með nægan massa og steinullin er of hörð. Afleiðingin verður að titringur berst út í hússtofninn.

Blöðin í blásaranum eru með „blaðtón“ um 63 rið. Stofnhljóðið dreifist um allt húsið út frá berandi gólfinu undir loftræsiklefanum. Tveimur hæðum neðar vill svo óheppilega til að fjarlægðin milli tveggja samsíða veggja er 5,4 m. Þetta er einmitt öldulengdin fyrir 63 rið. Standandi bylgja myndast og þar með verður hljóðið í herberginu mjög truflandi.

Léleg titringseinangrun getur líka valdið miklum hljóðtruflunum á óvæntum stöðum. Einhvers staðar í húsinu vill svo óheppilega til að herbergjaskipun fellur saman við bylgjulengdina, og þar getur þá hljóðvistin orðið mjög slæm. Augljóslega er best að sjá til þess að samstæðurnar séu titringseinangraðar á réttan hátt með rétt hönnuðum og útreiknuðum titringseinangrurum (dempurum). Í þessum kafla verður fjallað um titringseinangrun blásara og annarra samstæðuhluta.

3.2 Titringseinangrun blásara og samstæðu

Ef blásarar og samstæður standa beint á t.d. steyptri plötu yfirfærast titringur í steypu plötuna sem síðan geta valdið stofnhljóði í nærliggjandi rýmum. Nauðsynlegt er að titringseinangra blásara og samstæður. Sömu vandamál þarf að leysa hvort sem um er að ræða blásara eða samstæður. Í báðum tilvikum þarf að hanna eða reikna út hæfilega stífa gúmmídempara eða stálfjaðrir sem blásarinn eða samstæðan stendur síðan á. Með því móti er dregið úr kraftinum sem yfirfærast til undirstöðunnar. Mjög mikilvægt er að eigintíðni fjaðurkerfisins sé verulega langt undir lægstu truflandi tíðninni, sem venjulega er snúningstíðnin. Gæta þarf þess vel að titringseinangra líka

alla leiðslur og tengingar. Loftstokkar þurfa að vera með dúktengjum, rafmagns-ka-
plar þurfa að vera sveigjanlegir gúmmíkaplar næst mótornum, og aðrar tengingar
með eftirgefanlegum málmbelgjum eða öðru slíku. Það ræðst af hlutfallinu milli
lægstu truflandi tíðni og eigintíðni demparanna hve mikill hluti titringsins berst út í
hússtofninn. Þetta má kalla „tíðnistillingu“ kerfisins (Z):

$$Z = f / f_0$$

f = tíðni truflunarinnar, og yfirleitt er lægsta truflandi tíðni snúningstala blásarans
eða mótorsins (rið = sveiflur á sekúndu).

f₀ = eigintíðni kerfisins, þ.e. sá fjöldi sveiflna á sekúndu (rið), sem kerfið leitast við
að framkvæma, ef því er sleppt lausu.

3.2.1. Hönnun og val dempara

Við hönnun og val á dempara þarf að ákvarða nokkra hönnunarþætti. Það eru m.a.
eigintíðni gólfplötunnar og lægsta tíðni helsta truflandi áreitis, og út frá þessum
stærðum, ásamt þyngd samstæðunnar, eru síðan réttir demparar (titringseinangrarar)
valdir.

Við útreikning á eigintíðni gólfplötunnar (f₁₀) eru mikilvægustu breytistærðirnar
efnið í plötunni, þyngd og spannvídd.

Við ákvörðun á tíðni helstu truflana frá samstæðunni (f₁, f₂, f₃ o.s.frv.) þarf að taka
með í reikninginn allar hreyfingar samstæðunnar, og eru snúningstala mótors og
blásara oftast helstu stærðirnar. Dempararnir eru síðan valdir eða hannaðir
(f₀ ákvarðað) út frá eiginleikum gólfplötunnar, (lægstu) truflandi tíðni, álaginu á
demparana og hversu mikilli einangrun er leitast við að ná.

3.2.2. Tíðnistilling

Mikilvægt er að sjá til þess að ekki falli saman eigintíðni gólfplötunnar, eigintíðni
dempara og tíðni helstu truflana frá samstæðunni. Það verður að visst minnsta
tíðnibil milli allra þessara þátta. Ef þetta tíðnibil er of lítið verður að breyta eigin-
tíðni gólfplötunnar og/eða eigintíðni demparanna. Þetta er þá gert með því að
styrkja (stífa upp) gólfplötuna og með því að velja aðra gerð dempara eða velja
samstæðu með öðrum eiginleikum.

Titringseinangrun virkar því aðeins að tíðnistilling demparanna sé nægilega stór.

Tíðnistillingin er annars vegar:

- hlutfallið milli eigintíðni gólfsins og eigintíðni demparanna

og hins vegar:

- hlutfallið milli lægstu truflandi tíðni samstæðunnar og eigintíðni demparanna

3.2.3. Útreiknaður kraftur í burðarpunktunum

Heildarþungi samstæðunnar gefur krafta í burðarpunktunum. Rétt er að reikna sérstaklega kraftinn í hverjum punkti því að ekki er víst að þungi samstæðunnar dreifist jafnt. Kraftarnir og Z- gildið liggja til grundvallar við val á dempurum.

3.2.4. Val á dempurum

Eftir tíðnistillinguna er unnt að ákvarða hæfilegan eftirgefanleika og þá einangrun sem óskað er að ná fyrir demparana. Krafturinn í hverjum burðarpunkti og ákvarðaður eftirgefanleiki gefa stærð hvers dempara. Oftast eru kraftarnir mismunandi í hverjum burðarpunkti samstæðunnar og því verður að velja dempara sérstaklega í hverjum slíkum punkti. Þó skal að sjálfsgöðu gæta þess að velja sama eftirgefanleika á hverjum stað svo að samstæðan haldist lárétt.

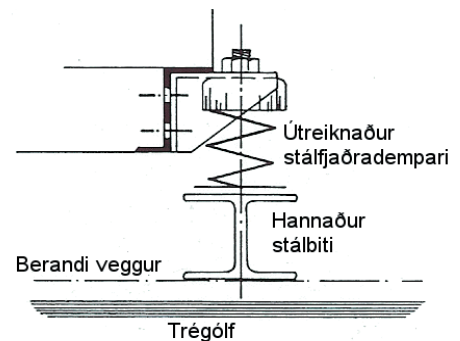
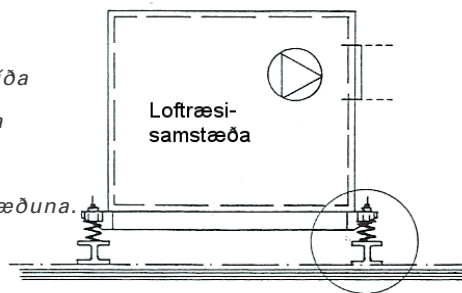
3.2.5. Titringseinangrun frá framleiðanda

Rétt er að yfirfara hvaða titringseinangrun hefur verið valin af framleiðanda þegar pantaður er "blásari í skáp". Yfirleitt eru stálfjaðrademparar rétt valdir og rétt upp settir. Hins vegar sýnir reynslan því miður að gúmmídemparar eru oft valdir heldur frjálslega og að því er virðist án útreikninga, og einnig verður uppsetningin oft vafasöm.

3.3 Gólfíð

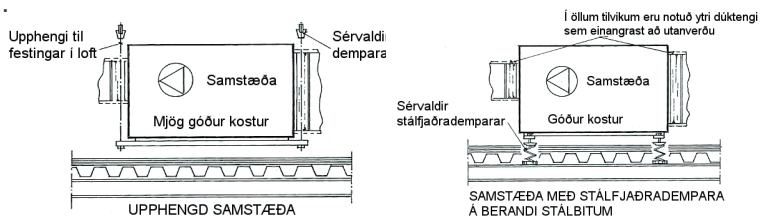
Uppbygging gólfsins, þyngd þess og spannvídd eru þættir sem taka verður tillit til við titrings- einangrun samstæðu. Létt gólf og gólf með lítinn stífleika valda oft erfiðleikum. Massinn er of lítill og þau hafa oft eigintíðni nálægt lægstu truflandi tíðni samstæðunnar. Ef stífleikinn er of lítill, getur niðurbeygjan vegna eiginþyngdar samstæðunnar orðið of mikil. Sú niðurbeygja getur orðið álíka mikil og eftirgefanleiki demparanna. Þá verður þessi tvenns konar eigintíðni nokkurn veginn jafnstór, og dempararnir gera nánast ekkert gagn. Þegar gólfín eru létt og stífleikinn lítill verður því oft að grípa til þess að byggja sérstaka undirstöðu milli berandi veggja, t.d. með stálbitum sem eru lausir frá gólfínu. Samstæðan er síðan sett ofan á stálbitana, og þar á milli koma útreiknaðir demparar. Annar möguleiki er að hengja samstæðuna með stögum upp í burðarvirki þaksins. Stögin þarf að titringseinangra með útreiknuðum dempurum.

Trégólf. Smíða
þarf sérstaka
burðargrind
undir samstæðuna.



Stál- og blikkgólf

Þegar um er að ræða blikkgólf með berandi stálbitum er mögulegt að láta samstæðuna standa á dempurum ofan á berandi bitunum. Þó er rétt að reikna sérstaklega út stífleika þessara bita. Samstæða sem sett er ofan á blikkgólfið leiðir truflandi titring og stofnhljóð út í gólfið, jafnvel þótt hún sé sett á dempara. Besta lausnin við svona aðstæður er þó oftast að hengja samstæðuna upp með stögum og koma þar fyrir útreiknuðum dempurum.



Stálgólf. Samstæðan stendur á dempurum ofan á berandi bitunum.

3.3.0 Mismunandi gerðir gólfa

Trégólf

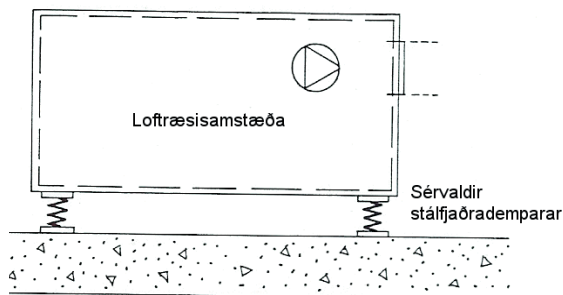
Í stuttu máli sagt er ekki ráðlegt að setja loftræsisamstæðu á trégólf. Demparar gera þar nánast ekkert gagn. Berandi trébitarnir eru ekki nógu beygjustífir til þess að „taka á móti“ þeim kröftum sem yfirferast í gegnum demparana. Því verður alltaf að reikna með því að smíða þurfi sérstaka burðargrind undir samstæðuna eða hengja hana upp.

Léttsteyptugólf

Samstæða á léttsteyptugólfi veldur yfirleitt vandræðum og því er rétt að nota sömu lausnir og við trégólf, þ.e. að byggja sérstaka burðargrind sem er laus frá gólfinu eða hengja samstæðuna upp.

Steinsteypt gólfplata

Eins og bent var á hér að framan er rétt að reikna alltaf út eigintíðni steyptu plötunnar. Þunnar, staðsteyptar plötur geta valdið vandræðum. Rétt er að miða við að plata, sem bera á loftræsisamstæðu, sé a.m.k. 200 mm þykk. Þetta dugir yfirleitt fyrir samstæðu sem byggð er inn í skáp. Ef um er að ræða staka blásara er rétt að reikna með nokkru þykkari plötu, eða að lágmarki um 220 mm. Í öllum tilvikum þarf þó rétt hannaða dempara til þess að slíta samstæðuna frá plötunni.



Gegnheil, steinsteypt plata á að vera að minnsta kosti 200 mm þykk.

Steinsteypugólf með fljótandi yfirgólfi

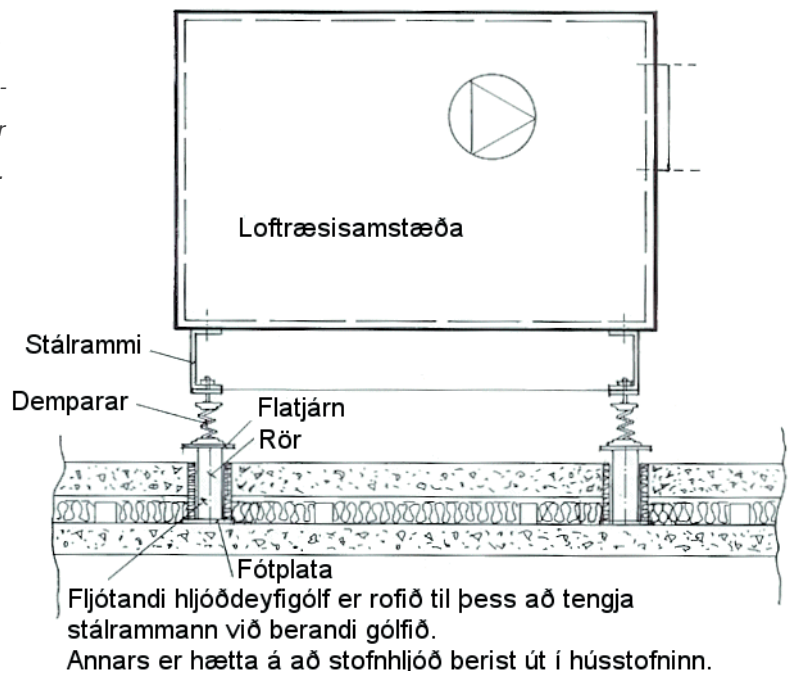
Oft reynist fljótandi yfirgólf á berandi, steinsteyptri plötu ófullnægjandi undirstaða fyrir loftræsi-samstæðu. Stundum er reynt að nota fjaðrandi undirlagið undir yfirgólfinu sem titringseinangrun og festa samstæðuna þá beint í yfirgólfið, en þetta gefur stundum of mikinn titring og stofnhljóð út í hússtofninn. Til þess að ná eigin-tíðni yfirgólfsins nægilega langt niður þarf þykka yfirplötu og mjög eftirgefanlegt undirlag.

Ef endurbæta þarf titringseinangrunina með því að skjóta inn dempurum undir samstæðuna er yfirleitt ekki unnt að gera það beint ofan á yfirgólfið. Ástæðan er of lítil þyngd yfirgólfsins. Þess í stað verður að smíða stífan stálramma undir samstæðuna og láta undirstöðurnar ná niður í berandi plötuna með útreiknuðum dempurum fyrir hvern burðarpunkt. Ef berandi platan er þunn gæti þessi uppstilling samt valdið vanda, og rétt er að reikna alltaf út eigin-tíðni steypu plötunnar.

Steinsteypur einingar

Holplötur eru oft of léttar, einar sér, og því getur þurft ásteypulag til þess að auka þyngd ína. Holplöturnar eru hins vegar nokkru stífari en jafnþung staðsteyppt plata. Nota má sem þumalreglu að flatarþyngd holplötu með ásteypulagi sé a.m.k. 450 kg/m^3 , en það sam-svarar þyngd 200 mm staðsteyptrar plötu. Svipað gildir um aðrar steypur einingar; þær eru yfirleitt nokkru stífari en jafnþung steinsteyppt plata, og má þá miða við að flatar-þyngdin með ásteypulagi sé a.m.k. 450 kg/m^3 .

Steinsteypugólf með fljótandi yfirgólfi. Ef yfirgólfið er of létt verður að smíða stífan stálramma undir samstæðuna og láta undirstöðurnar ná niður í berandi plötuna.



3.3.2 Eigintíðni gólfsins

Stefnt er að því að velja dempara undir samstæðuna sem hafa eigintíðni f_0 . Til þess að stýra þessari tíðni á rétt gildi þarf fyrst að ákvarða eigintíðni gólfsins (f_{10}) og einnig tíðni fyrir truflandi áreiti samstæðunnar, en sú tíðni getur verið mismunandi (f_1, f_2, f_3 o.s.frv.).

Steinsteypt, gegnheil gólfplata

Gegnheilar, steinsteyptar plötur hafa eigintíðni (f_{10}) sem ákvarða má með formúlunni:

$$f_{10} = (250 / z)^{0.5} \quad [\text{rið}]$$

þar sem z = niðurbeygjan í mm

Með því að reikna með að álagið dreifist nokkurn veginn jafnt yfir gólfið má reikna út niðurbeygjuna nokkuð nákvæmt með formúlunni:

$$z = (k_n \cdot p \cdot b^4) / (E \cdot h^3) \quad [\text{m}]$$

þar sem k_n er stuðull breytilegur eftir innspennu og hlutfalli lengdar og breiddar.

Línurit 3.3.2 sýnir gildin á k_n fyrir gegnheilar, steypar plötur. a/b er lengd gólfsins deilt með breidd. Þegar veggir loftræsiklefans eru steyptir eða hlaðnir, eru a og b innanmál loftræsiklefans, en ef veggirnir eru léttir grindarveggir, eru a og b mæld út í berandi undirstöðu, hvort sem það eru veggir, bitar eða súlur.

p er álagið á gólfið í N/m^2 . Það er eiginþyngd gólfsins að viðbættri þyngd samstæðunnar:

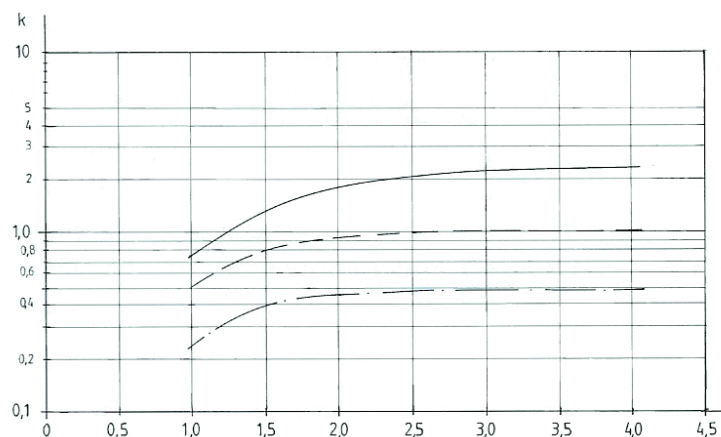
$$9.81 \cdot (\text{þykkt steypu} \cdot \text{rúmþyngd} + \text{þyngd samstæðu} / (a \cdot b)).$$

Rúmþyngd steinsteypu er 2300 kg/m^3 .

b = breiddin (eða skemmri hliðin) í loftræsiklefanum [m], ýmist innanmál í loftræsiklefa eða mál út í berandi undirstöðu eins og áður er lýst.

E = fjaðurstuðullinn fyrir efnið í gólfinu. Fyrir járnbenta steinsteypu má reikna með $E = 30.000 \text{ MPa}$ (eða $E = 3 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$).

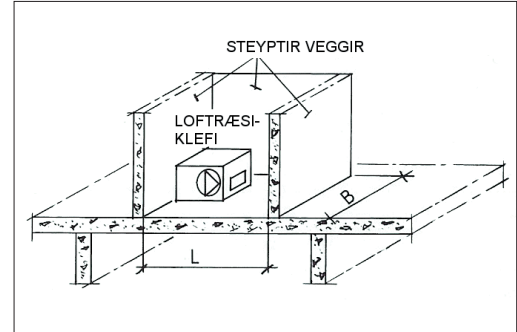
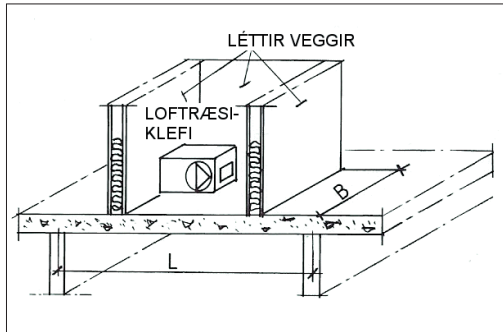
h = þykkt gólfplötunnar [m].



k_3 = frítt upplögð plata
 k_2 = ókunn innspenna
 k_1 = fast innspennt plata

Línurit 3.3.2 sýnir leiðrétt- ingarstuðul, k_n , fyrir mismunandi mikið innspenntar, steypar plötur.

Í loftræsiklefa með léttu veggj er lengdin L mæld út að undistöðum. Ef veggirnir eru steypdir er lengdin L innanmál í loftræsiklefanum.



Aðrar gerðir af steinsteyptum gólfplötum

Eigintíðnina hjá mismunandi gerðum gólfa úr steinsteyptum einingum má reikna út hliðstætt við eigintíðni gegnheilla gólfplatna. Það er samt nokkru flóknara og krefst meiri sérþekkingar á burðarþolsfræði, og rétt er að mæla með því að leitað sé til slíkra sérfræðinga við ákvörðun eigintíðninnar.

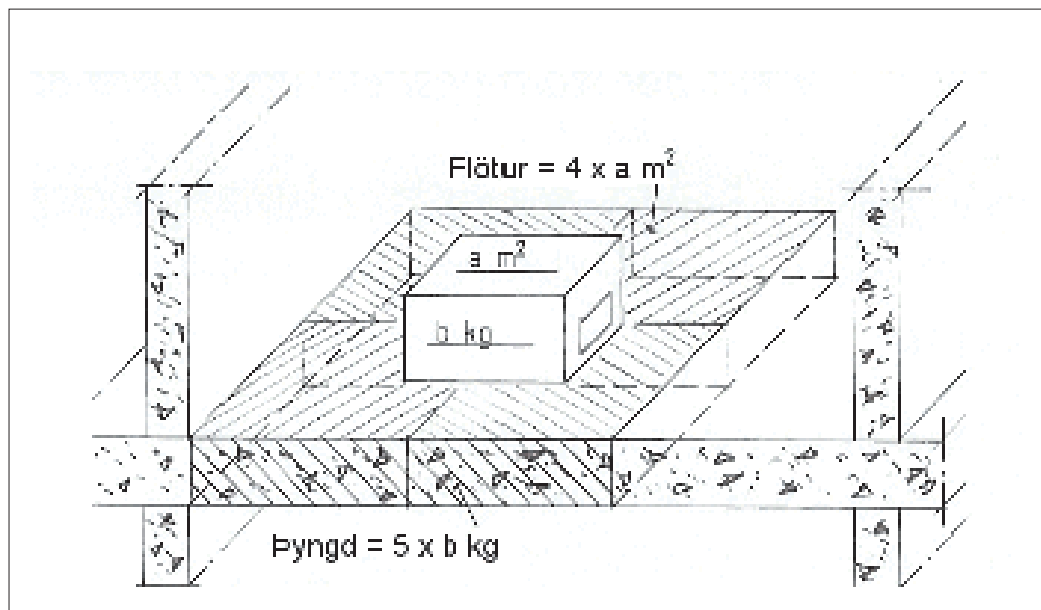
Í töflunni hér að neðan er gefin upp eigintíðnin fyrir nokkrar dæmigerðar spannvíddir holplatna. Þarna er bara tekið tillit til eiginþyngdar holplatnanna, en hvorki þyngdar ásteypulags né þyngdar samstæðunnar. Þetta segir sem sé ekki nema hálfá söguna en gefur þó hugmynd um stærðargráðuna. Þegar viðbótarþyngdin bætist við má reikna með að eigintíðnin lækki nokkuð frá þessum töflugildum, og ef sú eigintíðni er eitthvað nálægt truflandi tíðni frá samstæðunni gæti það valdið vandræðum, og er þá rétt að láta gera nákvæma útreikninga.

HOLPLÖTUR

Gerð	Þykkt	Dæmigerð spannvídd	Eigintíðni
HDF 18,5	19 cm	5 m	15 rið
HDF 18,5	19 cm	7 m	7 rið
HDF 20	21 cm	8 m	7 rið
HDF 26,5	27 cm	9 m	7 rið
HDF 26,5	27 cm	12 m	4 rið
HDF 32	33 cm	13 m	4 rið
HDF 32	33 cm	16 m	3 rið
HDF 38	39 cm	15 m	4 rið
HDF 38	39 cm	18 m	3 rið

3.3.3 Massi gólfsins

Stefna verður að því að massi gólfsins sé stærri en massi samstæðunnar. Annars er hætt við að titringur og stofnhljóð berist til vandræða út í hússtofninn þrátt fyrir vel valda dempara. Í raun verður titringseinangrunin sjaldan betri en u.þ.b. 90% sem þýðir að um 10% berst út í gólfplötuna. Gólfið verður að hafa nógu mikinn massa til að taka við titringnum.



Massi gólfplötu telst vera nægur þegar gólfplötur sem er fjórfalt stærri en flatarmál samstæðunnar er a.m.k. fimmfalt þyngri en samstæðan.

3.4 Ákvörðun truflandi tíðni

Við val á dempurum verður bæði að taka tillit til eigintíðni gólfplötunnar og truflandi tíðni samstæðunnar. Truflanirnar geta orðið við mismunandi tíðni, og sú tíðni er t.d. snúningstala blásara og mótors. Yfirleitt er lægsta tíðnin erfiðust. Eigintíðni gólfsins og lægsta truflandi tíðni mega ekki standast á. Þess í stað ætti að vera „minnsta tíðnibil“ á milli þeirra. Helst ætti þessi lægsta truflandi tíðni að vera a.m.k. tvöfalt hærri en eigintíðni gólfsins.

3.4.1 Truflandi tíðni blásara (fn)

Þrenns konar truflandi tíðni skiptir yfirleitt mestu máli:

- $f_1 =$ snúningstíðni blásara [rið]
snúningstala (rpm) / 60 = snúningar á sek = rið
- $f_2 =$ snúningstíðni blásaramótors [rið]
lægsta snúningstala (rpm) / 60
- $f_3 =$ blaðtíðni blásara [rið]
fyrir blásara með frambyggð blöð er tíðnin **63 rið**, óháð fjölda blaða
fyrir blásara með afturbeygð blöð er blaðtíðnin:

Snúningstala (rpm) / 60 · fjöldi blaða

Auk þessa má telja upp nokkur önnur fyrirbæri með truflandi tíðni:

- $f_4 =$ Eigintíðni blásaraássins
- $f_5 =$ Póltíðni mótorsins
- $f_6 =$ Straumtíðnin = 50 rið
- $f_7 =$ Snúningstíðni blásarareimarinnar

3.4.2 Hreyfingargreining

Reiknum nú með því að búið sé að ákvarða eigintíðni gólfsins (f_{10}) og helstu truflandi tíðni samstæðunnar (f_1, f_2, f_3 o.s.frv.). Hver eru þá næstu skref?

Eigintíðni gólfs og truflandi tíðni

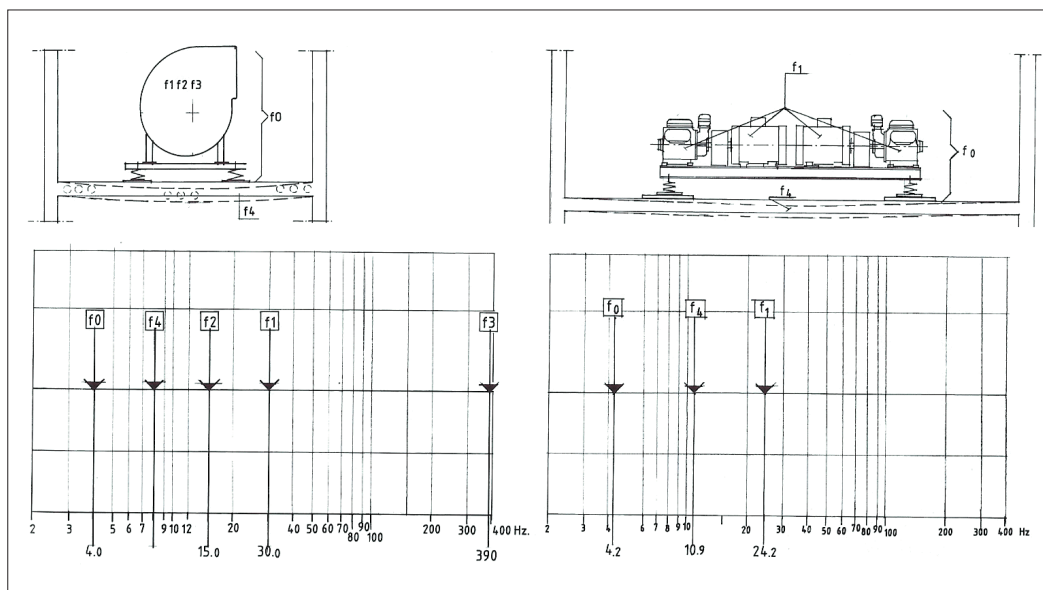
Byrjað er á því að bera saman eigintíðni gólfsins (f_{10}) og helstu truflandi tíðni samstæðunnar (f_1, f_2, f_3 o.s.frv.) til þess að ganga úr skugga um það að nægilegt bil sé á milli lægstu truflandi tíðni og eigintíðni gólfsins. Lægsta truflandi tíðni á að vera a.m.k. tvöfalt hærrí en eigintíðni gólfsins:

$$f_1, f_2, f_3 \text{ o.s.frv.} \geq 2 \cdot f_{10}$$

Ef sú er ekki raunin verður að gera breytingar. Breyta verður eigintíðni gólfsins, t.d. með því að stytta spennviddina eða þykkja plötuna, eða velja aðra samstæðu með annarri snúningstölu.

Eigintíðni samstæðunnar á dempurum

Eigintíðni samstæðunnar á völdum dempurum er táknuð með f_0 . Hér gildir líka að tíðnibilið frá f_0 yfir í næstu truflandi tíðni eða eigintíðni gólfsins má ekki vera of lítið. Nánar er fjallað um þetta í kaflanum um val á dempurum.



Titringseinangrun blásara á holplötugólfi.

- Snúningstíðni blásara (f_1) = 30 rið (1800 rpm)
- Snúningstíðni blásaramótors (f_2) = 15 rið (lægsta snúningstala 900 rpm)
- Blaðtíðni blásara (f_3) = 390 rið
- Eigintíðni gólfsins (f_4) = 8 rið
- Eigintíðni samstæðunnar á dempurum er valin $f_0 = 4$ rið

Titringseinangrun varmadælu á steyptri plötu.

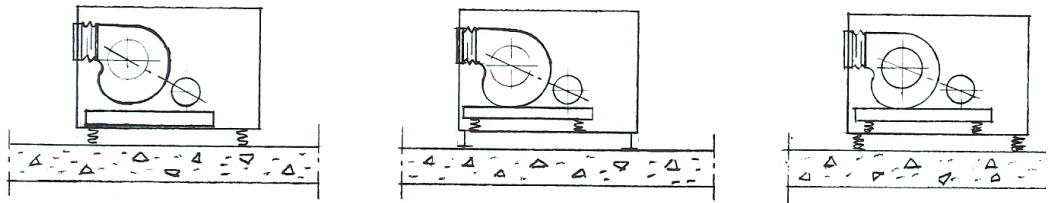
- Snúningstala mótors og blásara (f_1) = 24.2 rið
- Eigintíðni gólfsins (f_4) = 10.9 rið
- Eigintíðni samstæðunnar á dempurum er valin $f_0 = 4.2$ rið

3.5

Uppstillinging samstæðu

3.5.0 Titringseinangrarar (demparar)

Loftræsisamstæður hafa nokkrar truflandi tíðnir sem gefa titring í gólfið sem þær standa á ef ekki kemur til titringseinangrun með dempurum. Samstæður í skáp með innbyggðum dempurum eiga að standa beint á gólfinu, en ekki á aukadempurum. Hætta er á að tvöfaldir demparar geti náð að sveiflast í takt þannig að titringurinn aukist í stað þess að minnka. Tvöfalda dempara er mjög erfitt að reikna nákvæmlega, og betra er að skipta alveg út dempurum en að bæta nýjum við ef titringseinangrunin er ófullnægjandi. Samstæðum sem eru fastboltaðar við skápana utan um þær verður hins vegar að stilla upp á dempara undir skápunum.



Blásara án innbyggðra dempara verður að titringseinangra. Blásarar með dempara innbyggða í skáp mega standa beint á gólfinu. Vandræði geta skapast ef blásaraskápar með innbyggðum dempurum eru titringseinangraðir frá gólfinu að auki.

Eiginleikar dempara

Til eru demparar úr stálfjöðrum, gúmmíi og korki. Þessar mismunandi gerðir hafa hver sína eiginleika og að vissu leyti mismunandi notkunarsvið.

Helstu atriði sem ráða vali á dempurum eru:

- fjöðrun (eftirgefanleiki)
- álag

Fjöðrunin stýrist af því hversu miklu einangrunargildi reynt er að ná. Einangrunargildið ákveðst síðan af tíðnistillingunni „Z“, sem er hlutfallið milli truflandi tíðni eða eigintíðni gólfsins annars vegar og eigintíðni demparanna (eða réttara sagt eigintíðni samstæðunnar á dempurunum) hins vegar. Valdir eru demparar sem gefa a.m.k. hönnunarfjöðrunina við venjulegt álag á demparana.

Stálfjaðrademparar

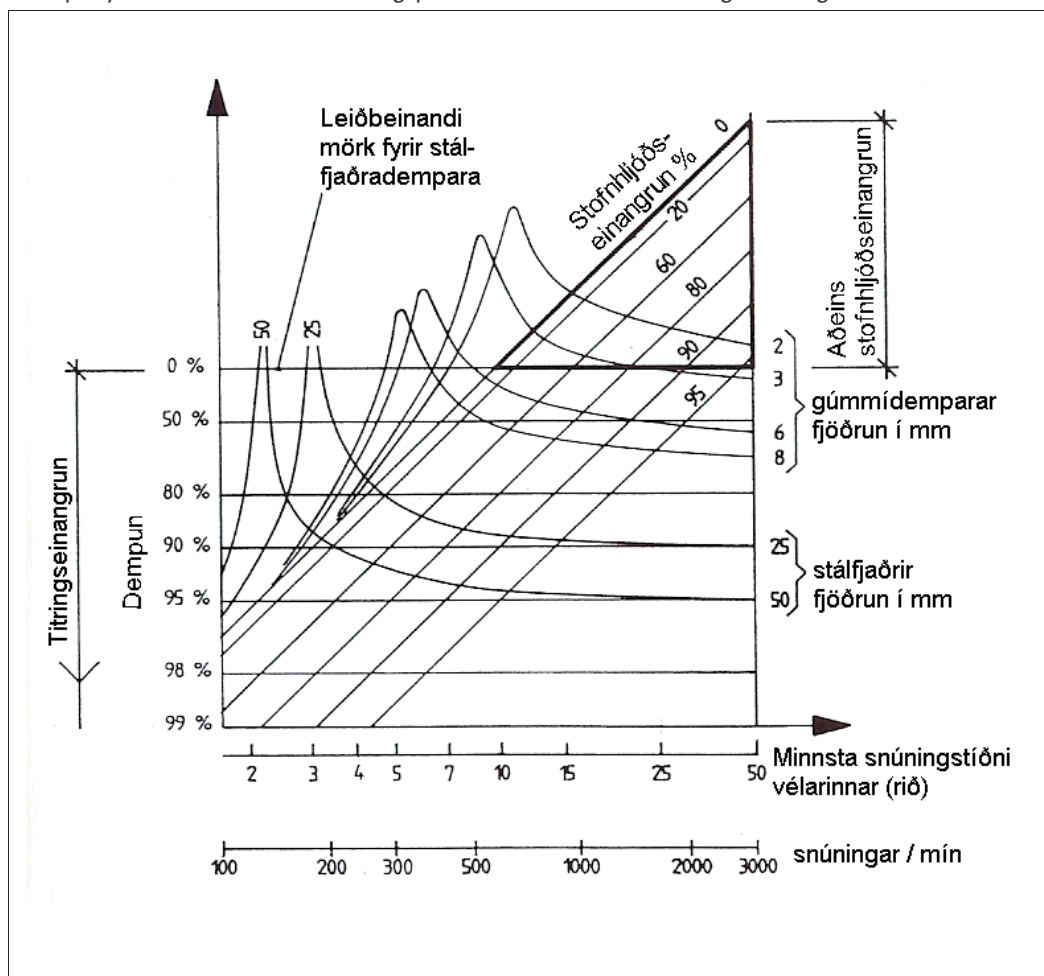
Þar sem álagið er fyrst og fremst þrýstingur er rétt að velja stálfjaðradempara öðru fremur. Kosturinn er sá að þrýstingurinn veldur ekki varanlegri formbreytingu á dempurunum. Þeir gefa því að jafnaði betri titringseinangrun heldur en gúmmídemparar við þessar aðstæður. Gallinn er hins vegar sá að stálfjaðradempara þarf að velja af mikilli nákvæmni og rangt val getur haft afdrifaríkar afleiðingar.

Gúmmídemparar

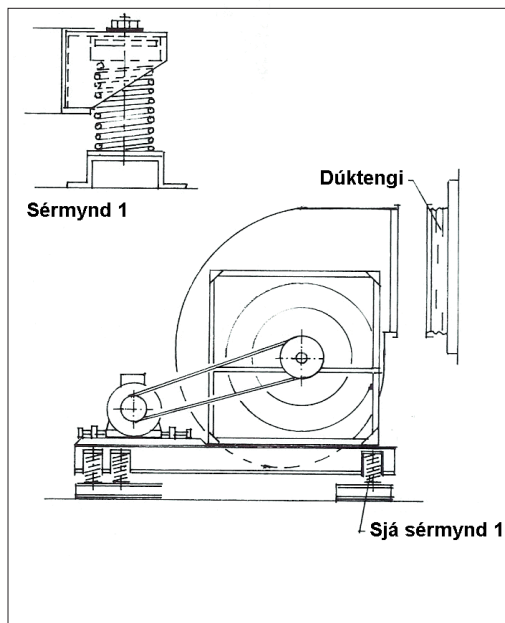
Gúmmídemparar veita yfirleitt heldur lélegri titringseinangrun en stálfjaðrademparar vegna þess að þeir verða fyrir varanlegum formbreytingum sem minnka í þeim fjöðrunina og niðurbeygjuna. Kosturinn við gúmmídempara er hins vegar að þeir „fyrirgefa“ betur rangt val. Viss skekkja í vali er ekki jafn afdrifarík og sama skekkja í vali á stálfjaðradempara því að topparnir við samhljómstíðni („resónans“) eru takmarkaðir. Rétt val á gúmmídempurum krefst þess að bæði sé tekið tillit til stöðualags (statísks álags) og hreyfiálags (dýnamísku álags).

Skerálag

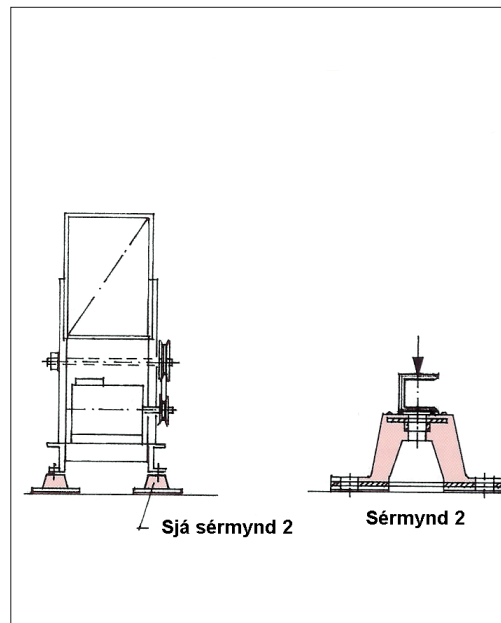
Við skerálag verður að nota gúmmídempara því að þá virka stálfjaðrademparar ekki. Uppstilling sem veldur skerálagi á dempara er þó yfirleitt ekki æskileg því að hætta er á þreytu í efninu með aldri og þar með minnkandi titringseinangrun.



Línuritið sýnir samanburð á stálfjaðra- og gúmmídempurum. Gúmmídemparar titringseinangra ekki eins vel og stálfjaðrademparar. Þó eru samhljómstoppur gúmmídemparanna takmarkaðir í hæð, þannig að áhættan við rangt val á dempara er ekki eins mikil og þegar stálfjaðrademparar eru valdir.



Dæmi um titringseinangrun með stálfjaðra-
 dempurum.



Dæmi um titringseinangrun með gúmmí-
 dempurum.

3.5.1 Eigintíðni samstæðu á dempurum (f_0)

Loftræsisamstæðan hefur eigintíðnina f_0 sem ákveðst af þunga samstæðunnar og fjöðrun demparanna. Gæta verður þess að þessi tíðni standist ekki á við eigintíðni gólfsins eða neina truflandi tíðni frá samstæðunni. Eigintíðni samstæðunnar er valin þannig að valinn er titringseinangrari fyrir svokallaða „yfirkrítíska“ einangrun. Það felur í sér að ákveðið lágmarkstíðnibil verður að vera milli eigintíðni demparanna (f_0) og bæði lægstu truflandi tíðni samstæðunnar (f_n) og eigintíðni gólfsins (f_{10}). Með þessu móti tekst að velja tíðni réttu megin við eigintíðni demparanna.

„Yfirkrítísk“ einangrun

Með þessu er átt við að hlutfallið á milli eigintíðni samstæðunnar (f_0) og eigintíðni gólfsins (f_{10}) ætti að vera u.þ.b.

$$f_0 = \frac{1}{2} \cdot f_{10}$$

Hlutfallið á milli eigintíðni samstæðunnar (f_0) og lægstu truflandi tíðni samstæðunnar (f_n) ætti að vera þriðjungur að hámarki:

$$f_0 = \leq \frac{1}{3} \cdot f_n$$

Farið er inn í línurit 3.5.1 á næstu síðu, annars vegar með lægstu truflandi tíðni samstæðunnar (f_n) og hins vegar eigintíðni gólfsins (f_{10}). Þannig fæst:

titringseinangrun (%)

stöðufræðileg eftirgjöf (fjöðrun) demparanna (mm)

Þetta tvennt gefur yfirleitt alltaf mismunandi niðurstöðu fyrir titringseinangrunina og þá er valin lélegri útkoman sem niðurstaða. (Sjá dæmi í texta við línuritið.)

3.5.2 Tíðnistillingin (Z)

Með því að snúa við skilyrðunum hér að framan fæst „tíðnistilling“ fyrir þá dempara sem verið er að velja. Tíðnistillingarnar (Z) fyrir „yfirkrítíska“ dempun eiga að vera:

$$Z_{10} = f_{10} / f_0 \geq 2.0 \quad (\text{a.m.k. } 2.0)$$

$$Z_1 = f_n / f_0 \geq 2.0 \quad (\text{a.m.k. } 2.0), \text{ en helst } \geq 3.0$$

Ef hlutfallið er lægra en 2 er titringseinangrunin minni en 70% sem er lélegt.

Ef $Z = 1$ verður mögnun í stað dempunar og titringskrafturinn verður meiri en án dempara en það verður auðvitað að forðast. Hlutfallið á milli lægstu truflandi tíðni (f_n) og eigintíðni titringseinangrara (f_0) ætti helst að var á bilinu $Z = 3-5$ (og helst nokkru stærri). Titringseinangrunin er þá af stærðargráðunni 90% sem er viðunandi.

Til viðbótar við línurit 3.5.1 má nota línurit 3.5.2. Þar er unnt að lesa einangrunarvirkni, I ($I = (Z1)^2 - 1$) og einangrunargildi, D í dB ($D = 20 \log(I)$).

3.5.3 Fjöðrun, eigintíðni og einangrunargildi dempara

Í grundvallaratriðum ákvarðast einangrunargildið af fjöðrun (samþjöppun) demparanna. Fjöðrunin ákvarðar eigintíðni demparanna (f_0) og út frá henni ákvarðast stærð tíðnistillinganna (Z_{10} og Z_1). Mikil fjöðrun er æskileg, það veldur lægri eigintíðni demparanna og tíðnibilið upp í lægstu truflandi tíðni vex þá, og þar með stækkar Z_1 . Þessi fjöðrun má þó ekki verða of mikil. Dempararnir mega ekki verasvo mjúkir að þeir leggist saman undan álaginu.

Eftirfarandi er góð þumalregla um mestu fjöðrun:

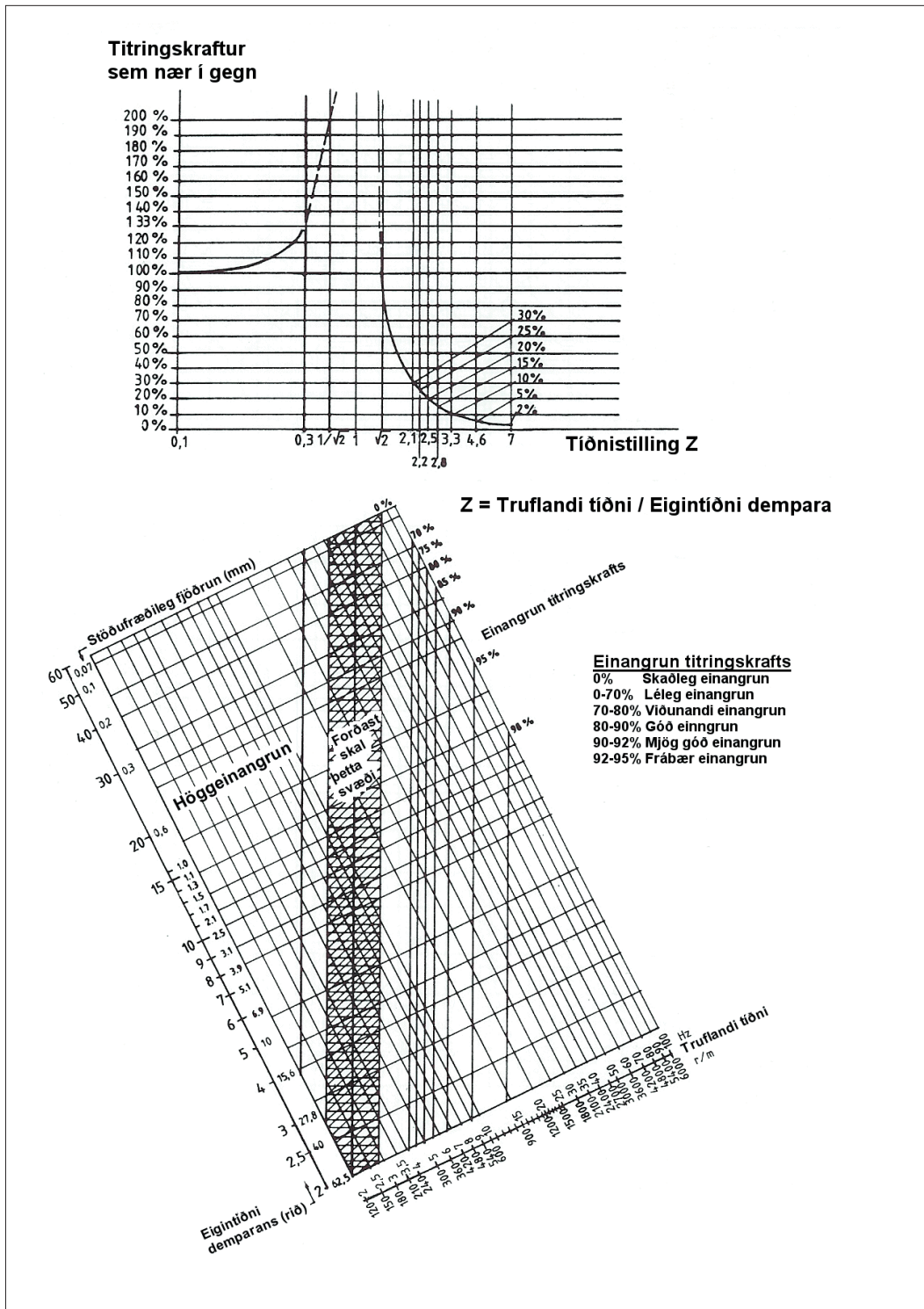
25 mm fyrir stálfjaðradempara

12 mm fyrir gúmmídempara

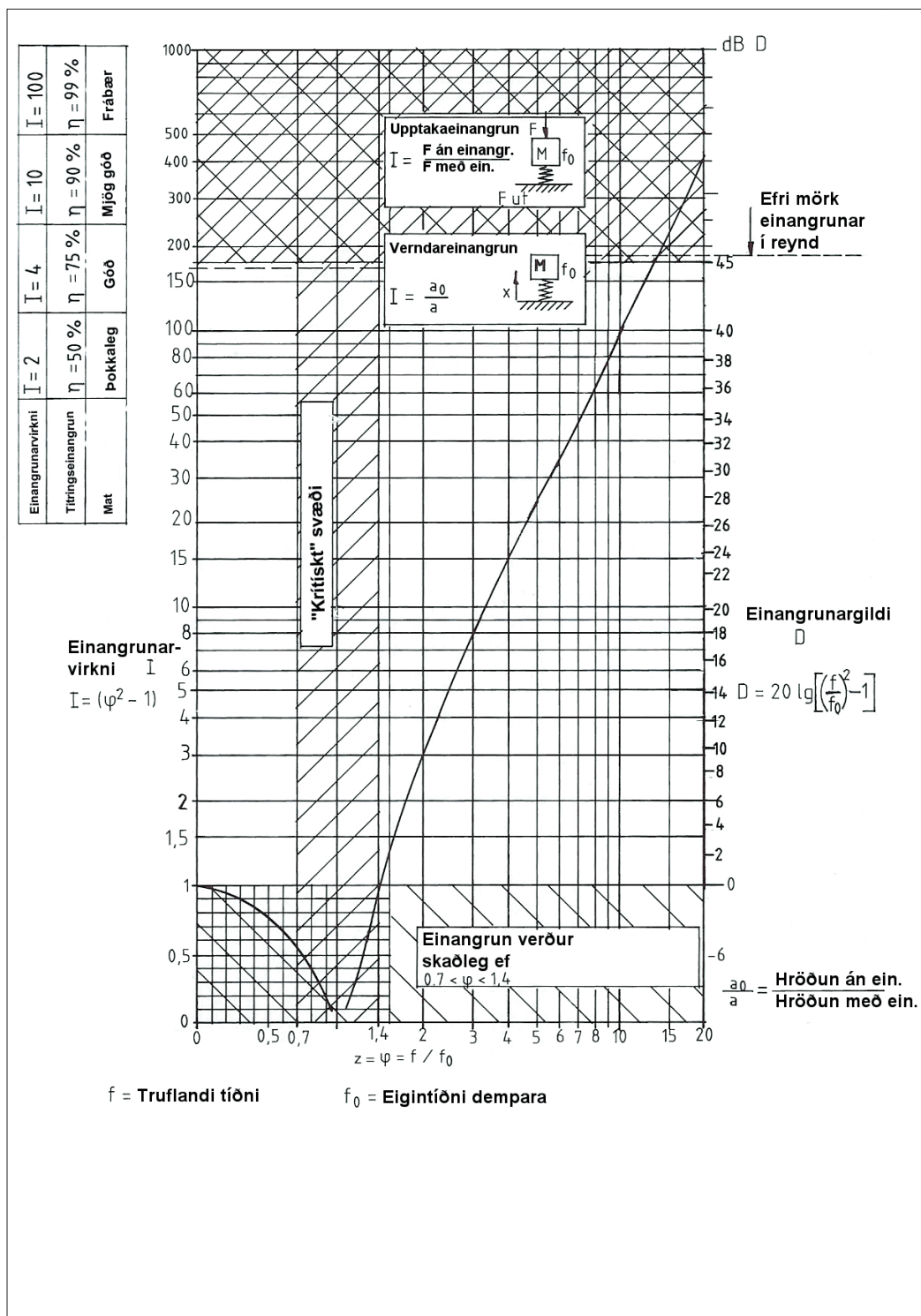
Út frá eigintíðninni má reikna fjöðrunina í dempurunum sem nokkurn veginn

$$b = 250 / (f_0)^2 \quad (\text{mm})$$

Þá er byrjað á því að velja þá eigintíðni sem dempararnir þurfa að hafa til þess að ná nægilega góðri tíðnistillingu (Z_{10} og Z_1) og síðan er reiknuð út hæfileg fjöðrun (**b**).



Línurit 3.5.1 til hönnunar á fjöðrun dempara og einangrun titringskrafts. Í línuritinu er miðað við stöðufræðilega fjöðrun sem einkum er nothæf við stálfjadradempara. Línuritíð er þó líka nothæft fyrir gúmmídempara með sæmilegri nákvæmni. Dæmi: Ef lægsta truflandi tíðni er 15 rið og fjöðrun er valin 25 mm verður einangrun titringskraftsins 95%. Ef eigintíðni gólfsins er 8 rið verður einangrunin aðeins 80% með 25 mm fjöðrun og er því ráðandi. Eigintíðni demparanna (samstæðu á dempurum) er 3.2 rið og tíðnistillingin $Z_{10} = 8 / 3.2 = 2.5$ og $Z_1 = 15 / 3.2 = 4.7$.



Línurit 3.5.2. Úr línuritinu er hægt að lesa einangrunarvirkni (I) og einangrunargildi (D) í dB út frá tíðnistillingunni $Z = f / f_0$. Ef tíðnistillingin er t.d. $Z_1 = 4.7$ verður $I = 21$ sem er mjög gott. Einangrunargildið verður $D = 26$ dB.

3.5.4 Stálfjaðrademparar

Það er fjöðrun demparanna við stöðufræðilegt álag sem ræður einangrunargildinu. Með því að velja sér það einangrunargildi sem stefnt er að, annaðhvort beint eða út frá réttri tíðnistillingu, er hægt að lesa fjöðrunina sem til þarf út úr línuriti 3.5.1. miðað við (lægstu) truflandi tíðni.

Það er sem sagt miðað við fjöðrunina þegar valinn er stálfjaðradempari. Línurit 3.5.3. sýnir sambandið milli nokkurra eiginleika stálfjaðradempara:

*lægstu truflandi tíðni samstæðunnar
fjöðrunar demparanna í mm
títrungseinangrunar
títringskraftsins sem nær í gegn*

Einnig er unnt að reikna einangrunarstigið (η) í % og einangrunargildið D í dB:

$$\eta = 1 - 1 / (I) \cdot 100\%$$

$$D = 20 \cdot \log (I) \text{ dB}$$

Þar sem

$$I = (Z_1)^2 - 1$$

$$\text{og } Z_1 = f_n / f_0$$

Krafturinn sem verkar á dempara

Til þess að geta valið rétta stærð af dempara þarf að sjálfsögðu einnig að vita um álagið (kraftinn) sem verkar á demparann. Þegar samstæðan í heild hefur samhverft staðsettan þyngdarpunkt virkar jafnstór kraftur á alla demparana og fjöðrunin er þá valin jafnstór í þeim öllum. Almenna reglan er hins vegar sú að þyngdarpunktur samstæðunnar er ekki þannig staðsettur, heldur verkar mismunandi kraftur á hvern dempara. Hver dempari verður þá að skoðast sérstaklega og skal reynt að velja fjöðrunina þannig að hún verði sem næst því að vera jafnstór í öllum dempurunum. Þá þarf að reikna út þyngdardreifingu fyrir ramma, mótör og blásara eftir þyngd þeirra og staðsetningu, og einnig þarf að reikna út þyngdarpunktinn og heildarþyngdina fyrir samstæðuna í heild. Út frá því má síðan reikna út kraftinn sem verkar á hvern dempara. Um þessa útreikninga er nánar fjallað í kafla 3.6 hér á eftir.

3.5.5 Gúmmídemparar

Ekki er fullnægjandi að miða við stöðufræðilega eiginleika gúmmídempara, eins og dugir við stálfjaðradempara, heldur þarf að skoða hreyfifræðilega (dýnamíska) eiginleika. Við samþjöppun breytast eiginleikar gúmmísins, og taka verður tillit til þess. Einnig skal bent á að fjaðureiginleikar gúmmísins breytast með tímanum. Það verður harðara og títrungseinangrunin minnkar. Rétt er að hafa þetta í huga við val á einangrurum.

Raunveruleg fjöðrun gúmmídempara

Ágætt er að byrja með stöðufræðilega fjöðrun (b) eins og fram kom hér að framan:

$$b = 250 / (f_0)^2 \text{ (mm)}$$

Út frá þessu má reikna út eigintíðnina miðað við stöðufræðilega fjöðrun:

$$f_{0, \text{stöðu}} = (250/b)$$

Raunveruleg fjöðrun verður hins vegar

$$b = 250 / (f_{0, \text{hreyfi}})^2 \text{ (mm)}$$

Línurit 3.5.1 sýnir sambandið milli stöðufræðilegrar og hreyfifræðilegrar eigintíðni fyrir mismunandi hart gúmmí. Ef það hlutfall er kallað X fæst

$$f_{0, \text{hreyfi}} = X \cdot f_{0, \text{stöðu}}$$

Stöðufræðilega eigintíðni má hins vegar reikna út með formúlunni

$$f_{0, \text{stöðu}} = (K_{\text{stöðu}}/M)$$

þar sem M = massi (kg)

$K_{\text{stöðu}}$ er stöðufræðilegur stífleiki demparans sem lesa má úr töflum framleiðanda eða reikna sem

$$K_{\text{stöðu}} = F / b \text{ (Newton / metri)}$$

F = kraftur (Newton)

b = fjöðrun (metri)

Einangrunarstigið () í % og einangrunargildið (D) í dB

Einangrunarstig gúmmídempara og einangrunargildi eru reiknuð með sömu formúlum og áður, en í stað stöðufræðilegrar eigintíðni er rétt að nota hreyfi-fræðilega (dýnamíska) eigintíðni ($f_{0, \text{hreyfi}}$):

$$= 1 - 1 / (I) \cdot 100\%$$

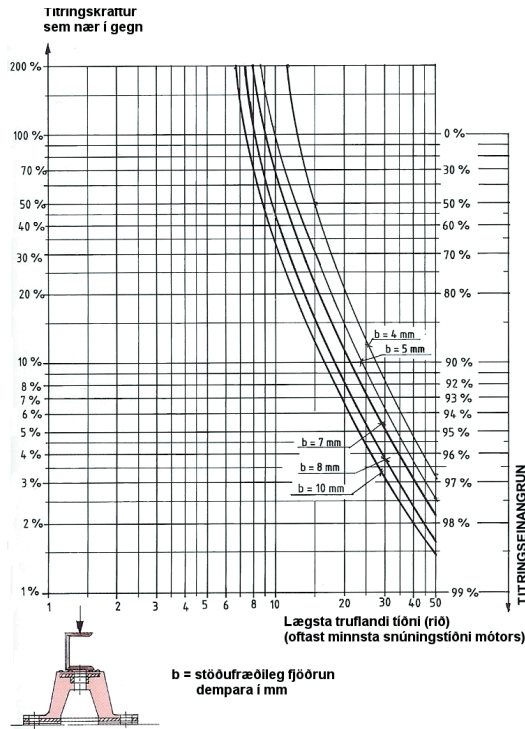
$$D = 20 \cdot \log (I) \text{ dB}$$

þar sem $I = (Z1)^2 - 1$

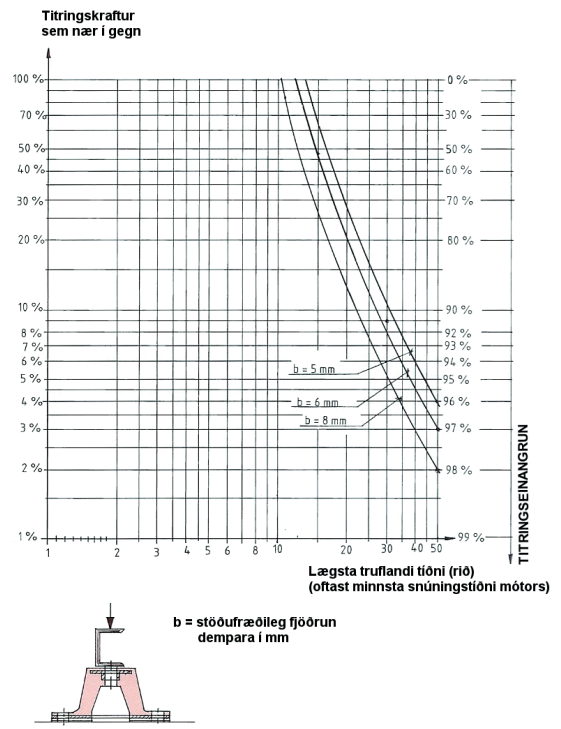
og $Z1 = f_n / f_{0, \text{hreyfi}}$

Línurit fyrir fjöðrun og titringseinangrun gúmmídempara

Réttast er alltaf að sjá til þess að álag á gúmmídempara sé lóðrétt. Skeráraun er ekki eins heppileg af því að gúmmíð í demparanum breytist með tímanum og breistir geta komið fram við öldrun. Línuritin 3.5.2 og 3.5.3. má nota til þess að velja gúmmídempara með hæfilegri fjöðrun og reikna út titringseinangrun við lóðrétt álag. Þessi línurit sýna hreyfifræðilega titringseinangrun fyrir gúmmídempara, annars vegar með hörkuna 40° IHR og hins vegar hörkuna 60° IHR.



Línurit 3.5.3 miðast við gúmmídempara með 40° IRH. Úr línuritinu má lesa beint dýna-míska titringseinangrun út frá stöðufræðilegri fjöðrun demparans.



Línurit 3.5.4 miðast við gúmmídempara með 60° IRH. Úr línuritinu má lesa beint dýnamíska titringseinangrun út frá stöðufræðilegri fjöðrun demparans.

3.6 Krafturinn sem verkar á dempara

3.6.0 Almenn atriði

Sú minnsta fjöðrun sem reiknað hefur verið út að dempararnir eigi að hafa gildir fyrir alla undirstöðupunktana, óháð því hvort álagið á demparana er misjafnt eða alls staðar hið sama. Þegar samstæðan í heild hefur samhverft staðsettan þyngdarpunktur virkar jafnstór kraftur á alla demparana. Sams konar demparar eru þá valdir fyrir alla undirstöðupunktana og fjöðrunin verður jafnstór í þeim öllum. Almenna reglan er hins vegar sú að þyngdarpunktur samstæðunnar er ekki þannig staðsettur, heldur verkar mismunandi kraftur á hvern dempara. Hver dempari verður þá að skoðast

3.6.1 Þyngdarpunktur samstæðunnar í heild

Þyngdarpunktar mismunandi eininga samstæðunnar eru umreiknaðir yfir í sameiginlegan þyngdarpunkt fyrir samstæðuna í heild. Heildarþyngdin og lega þyngdarpunktsins er sem sé ákvörðuð. Framleiðendur geta gefið upplýsingar um þyngdarpunkta fyrir mismunandi einingar samstæðunnar, þ.e. ramma, mótör og blásara, og þá má auðveldlega reikna út þyngdarpunktinn og heildarþyngdina fyrir samstæðuna í heild.

Á skýringarmyndinni hér að neðan eru sýndir þyngdarpunktar ramma (W_s), mótors (W_m) og blásara (W_f) og samsvarandi lega þeirra í hnitkerfi með upphafspunkt í undirstöðu nr. 2: (X_s, Y_s) , (X_m, Y_m) , (X_f, Y_f) .

Þyngdarpunktur fyrir samstæðuna er táknaður með TP á myndinni og lega hans með (X_0, Y_0) .

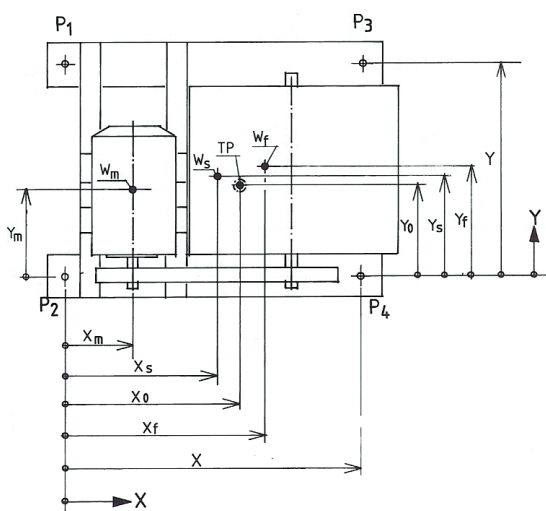
Ef þyngd ramma er W_s , þyngd mótors er W_m og þyngd blásara W_f , fæst samanlagður þyngdarkraftur fyrir samstæðuna í heild sem P:

$$P = W_s + W_m + W_f$$

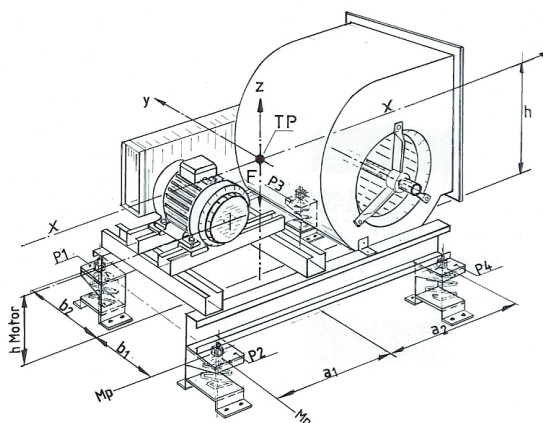
Legga þyngdarpunktsins TP er þá

$$X_0 = ((W_s \cdot X_s) + (W_m \cdot X_m) + (W_f \cdot X_f)) / P$$

$$Y_0 = ((W_s \cdot Y_s) + (W_m \cdot Y_m) + (W_f \cdot Y_f)) / P$$



Þyngdarpunktur fyrir samstæðuna er ákvarðaður, bæði stærð og lega. Síðan er álagið í hverri undirstöðu reiknað út og notað við val á dempara.



Ef þyngdarpunkturinn er ofarlega þarf að ákvarða legu hans í x-, y- og z-stefnu til þess að fá út rétt álag á dempara.

3.6.2 Álagið í undirstöðupunktunum

Kraftarnir í hverjum undirstöðupunkti reiknast út frá legu þyngdarpunktsins fyrir samstæðuna í heild miðað við legu undirstöðupunktanna. Á skýringarmyndinni er stærð samstæðunnar táknuð með X og Y og legu þyngdarpunktsins með X_0 og Y_0 . Ef krafturinn í undirstöðunum er P_1 , P_2 , P_3 og P_4 , eins og sýnt er á skýringarmyndinni, fást eftirfarandi formúlur fyrir kraftinn í hverjum punkti:

$$P_1 = \frac{Y_0 \cdot (X - X_0)}{XY} \cdot P$$

$$P_2 = \frac{(Y - Y_0) \cdot (X - X_0)}{XY} \cdot P$$

$$P_3 = \frac{Y_0 \cdot X_0}{XY} \cdot P$$

$$P_4 = \frac{X_0 \cdot (Y - Y_0)}{XY} \cdot P$$

Kraftur eða álag í hverjum undirstöðupunkti er síðan notað til þess að velja rétta gerð dempara í hverjum punkti þar sem þess er gætt að valin hönnunarfjöðrun fái stöð á hverjum stað.

Meiri nákvæmni

Ef mikillar nákvæmni er gætt, og sérstaklega ef þyngdarpunkturinn liggur ofarlega, ætti að reikna út staðsetningu þyngdarpunktsins í þrívídd og taka með vægisáhrifin á demparana. Þessir útreikningar í þrívídd eru tiltölulega flóknir, og fyrir algengustu loftræsisamstæður dugir oft að reikna einungis út einfalda þyngdardreifingu á hvern dempara.

Skýringarmyndin hér að ofan sýnir legu þyngdarpunktsins í x -, y - og z -stefnu.

3.7 Val einangrara

3.7.0 Almenn atriði

Tvær stærðir ráða öðru fremur vali titringseinangrara:

almenn útreiknuð fjöðrun

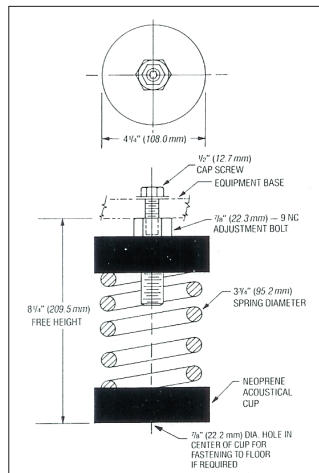
útreiknaður kraftur í hverjum undirstöðupunkti

Athuga ber sérstaklega að misstórir demparar eru oft valdir í mismunandi undirstöðupunktum undir sömu samstæðu. Mælikvarði á fjöðrunina er samþjöppun í hverjum dempara í hlutfalli við álagið. Þess skal gætt að undirstöðurnar séu lagaðar að mismunandi stærð demparanna þannig að undirstaða samstæðunnar verði lárétt. Dempararnir verða að vera í sömu hæð þótt álagið á þá sé mismunandi.

3.7.1 Stálfjaðraeinangrarar (demparar)

Stálfjaðradempara með sömu fjöðrun og sömu demparahæð er unnt að velja beint úr töflum framleiðanda fyrir mismunandi álag í undirstöðupunktunum. Hér að neðan er sýnt dæmi um upplýsingar frá framleiðanda stálfjaðradempara. Meðálag og fjöðrun sem forsendur er réttur dempari valinn fyrir mismunandi undirstöðupunkta.

TYPE & SIZE	DEFLECTION		MAX LOAD		SPRING COLOR
	in.	(mm)	lbs.	(kg)	
ADC-50	2.00	(50.8)	150	(67.5)	BLUE
ADC-51	2.00	(50.8)	276	(124.2)	BLACK
ADC-510	2.00	(50.8)	426	(191.7)	BLACK/BLUE
ADC-52	2.00	(50.8)	500	(225.0)	RED
ADC-520	2.00	(50.8)	650	(292.5)	RED/BLUE
ADC-521	2.00	(50.8)	776	(349.2)	RED/BLACK
ADC-53	2.00	(50.8)	1000	(450.0)	GREEN
ADC-530	2.00	(50.8)	1150	(517.5)	GREEN/BLUE
ADC-531	2.00	(50.8)	1276	(574.2)	GREEN/BLACK
ADC-532	2.00	(50.8)	1500	(675.0)	GREEN/RED
ADC-551	2.00	(50.8)	1676	(754.2)	GRAY/BLACK
ADC-552	2.00	(50.8)	1900	(855.0)	GRAY/RED
ADC-553	2.00	(50.8)	2200	(990.0)	GRAY/GREEN



Dæmi um gögn frá framleiðanda stálfjaðradempara.

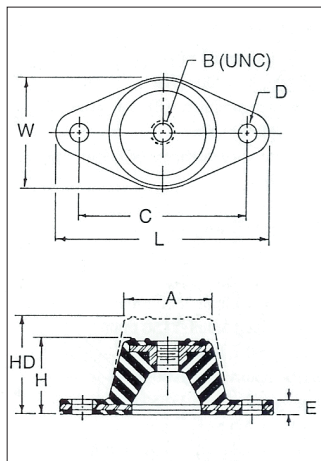
Réttur dempari er valinn í allar undirstöðurnar út frá álagi og fjöðrun.

3.7.2 Gúmmídemparar

Á samsvarandi hátt eru gúmmídemparar valdir út frá álagi og þeirri fjöðrun sem útreikningar hafa sýnt að sé nauðsynleg. Hér að neðan er dæmi um upplýsingar frá framleiðanda gúmmídempara.

ISOLATORER TYP R OCH RD I NEOPRENEGUMMI																				
Beteckning	Max belastn. kg	Nedfjädr. 1 mm		Ca vikt kg	Dim i mm															
		TYP R	TYP RD		L	W	H	* HD	A	B	C	D	E							
R-1 eller RD-1	BLÅ	16																		
	SVART	20	5	10	0.06	0.06	80	45	25	32	32	UNC 5/16"	60	9	5					
	RÖD	32																		
R-2 eller RD-2	BLÅ	60																		
	SVART	76	6.3	12.6	0.12	0.15	99	60	32	45	45	3/8"	76	9	6					
	RÖD	110																		
R-3 eller RD-3	BLÅ	114																		
	SVART	238	6.3	12.6	0.39	0.52	140	86	45	73	64	1/2"	105	14	7					
	RÖD	340																		
R-4 eller RD-4	BLÅ	500																		
	SVART	680	6.3	12.6	0.97	1.35	159	118	41	70	76	1/2"	127	14	10					
	RÖD	1020																		
	GRÖN	1360																		
	GRÅ	1800																		

* GÄLLER FÖR TYP RD (Dubbel nedfjädring)



3.8 Dæmi um val á gólfi í loftræsiklefa og titringseinangrun

3.8.0 Almenn atriði

Hér á eftir er sýnt dæmi um titringseinangrun loftræsisamstæðu. Forsendur eru fremur almennar og algengar. Hönnunin hefst með því að ákvarðaðir eru eiginleikar gólfsins í loftræsiklefanum, og síðan tíðni helstu truflana frá samstæðunni. Út frá þessu eru síðan valdir hæfilegir titringseinangrarar.

3.8.1 Forsendur

Steinsteypt gólf í loftræsiklefa:

Stærð gólfsins er $8 \times 4 \text{ m}^2$ (lengd \times breidd, $a \times b$)

Þykkt plötunnar er 22 cm ($h = 0.22 \text{ m}$)

Rúmþyngd steypunnar $\rho = 2300 \text{ kg/m}^3$

Fjaðurstuðull járnbenstrar steinsteypu er u.þ.b. $E = 30.000 \text{ MN/m}^2$ ($E = 3 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$)

Óvíst er um innspennu plötukanta (k_n)

Loftræsisamstæða:

Loftræsisamstæða fyrir að- og fráloft með varmaskipti

Blásari með B-hjóli (aftursveigðum blöðum eða skóflum)

Snúningstala blásara fyrir aðloft: 2300 rpm

Snúningstala blásara fyrir fráloft: 2130 rpm

Fjöldi blaða (skóflna): 8 stk/hjól

Lægsta snúningstala mótors: 900 rpm

Heildarþyngd samstæðu: 1185 kg

Lárétt stærð samstæðu $3.3 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$ (lengd \times breidd)

3.8.2 Eigintíðni gólfsins (f_{10})

Eigintíðni gólfsins er ákvörðuð á eftirfarandi hátt:

$$f_{10} = (250^{0.5}/z) \quad (z \text{ í mm})$$

þar sem z = niðurbeygja gólfsins skv.

$$z = (k_n \cdot p \cdot b^4) / (E \cdot h^3) \quad (z \text{ í m})$$

k_n = fastastærð fyrir innspennu plötukanta

Samkvæmt línuriti 3.3.2 er $k_2 = 0,9$ fyrir óþekkta innspennu

p = álag á gólfið frá eiginþyngd gólfsins og þyngd samstæðu:

$$p = (h \cdot 1.0 \cdot \rho \cdot 9.81 + (\text{samstæðuþyngd} / \text{gólfflötur}) \cdot 9.81$$

Þetta gefur eftir innsetningu:

$$p = (0.22 \cdot 1.0 \cdot 2300) \cdot 9.81 + (1185 / (8 \cdot 4)) \cdot 9.81 = 5327 \text{ N/m}^2$$

$$z = (0.9 \cdot 5327 \cdot 4^4) / (3 \cdot 10^{-10} \cdot 0.22^3) = 0.00384 \text{ m} = 3.84 \text{ mm}$$

$$f_{10} = (250/3.84)^{0.5} = 8.1 \text{ rið}$$

3.8.3 Massi gólfsins

Athugun á hlutfalli milli massa gólfsins og þyngdar samstæðunnar:

Reikna skal út þyngd berandi gólfflatar sem er skilgreindur sem fjórfalt stærri en lárétt stærð samstæðu. Þessi gólfflötur skal a.m.k. vera fimmfalt þyngri en samstæðan.

$$\text{Massi berandi gólfflatar} = 4 \cdot (3.3 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}) \cdot 0.22 \text{ m} \cdot 3400 \text{ kg/m}^2 = 12.023 \text{ kg.}$$

Samstæðan var 1185 kg.

Berandi gólfflötur er því $12023/1185 = 10.1$ eða rúmlega tífalt þyngri en samstæðan.

Engin ástæða er því til þess að þyngja gólfið frekar.

3.8.4 Tíðni helstu truflana

Fyrst er tíðni truflunar frá blásurunum ákvörðuð:

$$f_1 = \text{snúningstala blásara (rpm)} / 60 \text{ [rið]}$$

Truflun frá mótör:

$$f_2 = \text{lægsta snúningstala mótors (rpm)} / 60 \text{ [rið]}$$

Blaðtónn blásara:

$$f_3 = \text{fjöldi blaða} \cdot \text{snúningstala blásara (rpm)} / 60 \text{ [rið]}$$

Eftir innsetningu fást þessar niðurstöður:

$$f_1 = 2300 \text{ rpm} / 60 = 38.3 \text{ rið} \quad (\text{aðloft})$$

$$f_1 = 2150 \text{ rpm} / 60 = 35.8 \text{ rið} \quad (\text{fráloft})$$

$$f_2 = 900 \text{ rpm} / 60 = 15 \text{ rið}$$

$$f_3 = 8 \cdot 2300 \text{ rpm} / 60 = 307 \text{ rið} \quad (\text{aðloft})$$

$$f_3 = 8 \cdot 2150 \text{ rpm} / 60 = 287 \text{ rið} \quad (\text{fráloft})$$

3.8.5 Samanburður á tíðni

Eigintíðni gólfsins á helst að vera a.m.k. helmingi lægri en lágsta tíðni truflana, sem hér er snúningstíðni mótorsins. Hér ætti því eigintíðni gólfsins helst að vera lægri en $1/2 f_2$:

$$15 / 2 = 7.5 \text{ rið}$$

Þar sem eigintíðni gólfsins var $f_{10} = 8.1$ rið, má segja að svo litlu muni hér að telja megi viðunandi og ekki sé þörf sérstakra aðgerða til þess að breyta f_{10} eða f_2 .

3.8.6 Tíðnistilling (Z)

Tíðnistillingin, þ.e. hlutfallið milli eigintíðni gólfsins, f_{10} , og eigintíðni samstæðunnar á dempurum, f_0 , á helst að vera a.m.k. 2.0. Þetta þýðir að dempararnir eru valdir þannig að f_0 verði í mesta lagi

$$f_0 = f_{10} / 2 = 8.1 / 2 = 4.1 \text{ rið}$$

Tíðnistillingin milli lágstu truflandi tíðni, f_n , og eigintíðni samstæðunnar á dempurum, f_0 , á líka helst að vera a.m.k. 2.0. Þetta þýðir að dempararnir eru valdir þannig að f_0 verði í mesta lagi

$$f_0 = f_n / 2 = 15 / 2 = 7.5 \text{ rið}$$

Ef fyrra skilyrðið er uppfyllt ($f_0 < 4.1$ rið) er þetta seinna skilyrði líka uppfyllt sjálfkrafa.

3.8.7 Fjöðrun demparanna

Fjöðrunin á a.m.k. að vera $z = 250 / (f_0)^2$ (z í mm)

Þetta þýðir eftir innsetningu:

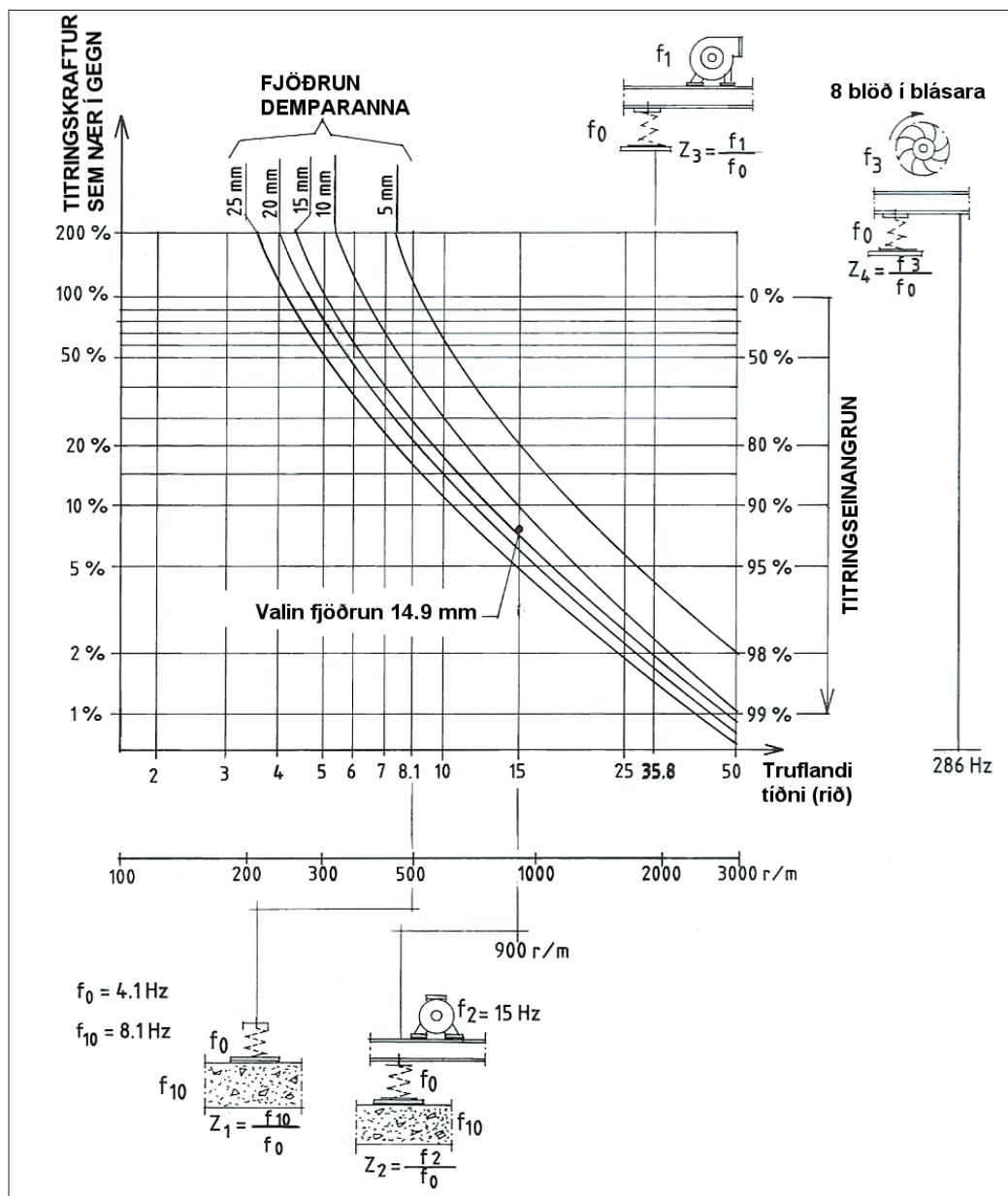
$$z = 250 / (4.1)^2 = 14,9 \text{ mm}$$

Stálfjaðrademparar

Rétt er að mæla með því að valdir séu stálfjaðrademparar í þessu tilviki af því að hönnunar-fjöðrunin er svona mikil. Eins og áður hefur komið fram er óhætt að velja stálfjaðradempara með fjöðrun allt að 25 mm en gúmmídemparar eiga helst ekki að hafa meiri fjöðrun en u.þ.b. 12 mm.

3.8.8 Álagið á demparana

Pegar stærð dempara er valin verður fyrst að reikna út stærð kraftsins í hverjum undirstöðupunkti. Þetta er gert með því að reikna út staðsetningu á þyngdarpunkti fyrir samstæðuna í heild og dreifa síðan þunga samstæðunnar á undirstöðupunktana út frá þeirri staðsetningu eins og lýst var hér að framan í *kafla 3.6*



Myndin sýnir sama dæmi og áður var tekið um gólf í loftræsiklefa og titringseinangrun. Skýringar á mismunandi tíðnitáknum er að finna í *kafla 3.5.1*.

4

Kaflí

BLÁSARAR

4.0 Inngangur

Rétt valdir blásara nota litla orku. Útgeislun hljóðs er þá líka lítil. Grundvallarforsendur við val á blásara eru að sjálfstöðu kennistærðir kerfisins varðandi loftflæði og þrýsting. Einnig verður þó að taka tillit til hljóðtæknilegra upplýsinga um blásara, blásaramótor og titringseinangrun fyrir samstæðuna. Í þessum kafla er fjallað um val á blásara þar sem áhersla er lögð á hljóðtæknilega eiginleika.

Útgeislun hljóðs og hljóðdeyting

Blásarinn geislar út hljóði þegar hann er að vinna. Ýmis atriði hafa áhrif á útgeislun hljóðsins, svo sem tengingar, síur og aðrir kerfishlutar. Tengingar valda venjulega aukinni útgeislun hljóðs en síur og aðrir kerfishlutar geta hins vegar stuðlað að lægra hljóðaflsstigi. Nauðsynlegt er að titringseinangra blásara svo að einungis hverfandi lítið af titringi geti borist beint frá blásaranum út í hússtofninn, og einnig til þess að eigintitringur blásarans valdi ekki hávaða með samhljómum („resónans“).

Lágtíðnihljóð

Sérstakt vandamál við blásara er myndun lágtíðnihljóðs. Sjaldnast liggja fyrir gögn um þetta frá framleiðanda, og jafnvel þótt þau standi til boða eru þau ekki nákvæm vegna þess hve erfitt er að mæla lágtíðnihljóð. Yfirleitt má segja að blásari sem rétt er valinn út frá loftræsi- og orkusjónarmiðum sé jafnframt eins hljóðlátur og kostur er á. Blásaravirkni, orkunotkun og útgeislun hljóðs eru nátengdir eiginleikar.

Val á blásara

Það sem ræður vali blásara er lögum stökkakerfisins og auk þess er tekið mið af eftirtöldu:

- heildarloftflæði

- þörf á þrýstingi til að yfirvinna þrýstifall í stökkum, ristum, túðum og tækjum

Út frá heildarloftflæðinu og þrýstingsþörfinni má ákvarða kerfislínu fyrir stökka-kerfið (AL). Með það sem forsendu er unnt að velja heppilegan blásara og reikna út vinnulínu blásarans (L). Vinnulínan þarf að liggja innan ákveðinna marka til þess að blásarinn virki vel.

Loftflæði

Við val á blásara út frá afkastagetu hans er miðað við hönnunarluftflæði í hverju rými um sig. Loftflæðið á hverjum stað er lagt saman í heildarloftflæði kerfisins. Samkvæmt reynslu er hæfilegt að bæta um 5% við heildarloftflæðið vegna væntanlegs leka í kerfinu.

4.1 Val á blásara

4.1.0 Inngangur

Hlutverk blásara er að flytja tiltekið loftflæði um stökkakerfið. Til þess að geta ákvarðað hvaða eiginleika blásarinn á að hafa, verða eiginleikar stökkakerfisins að liggja fyrir, og hvernig þessir eiginleikar hafa áhrif á rekstrarskilyrði blásarans.

Kerfistap og þrýstifall

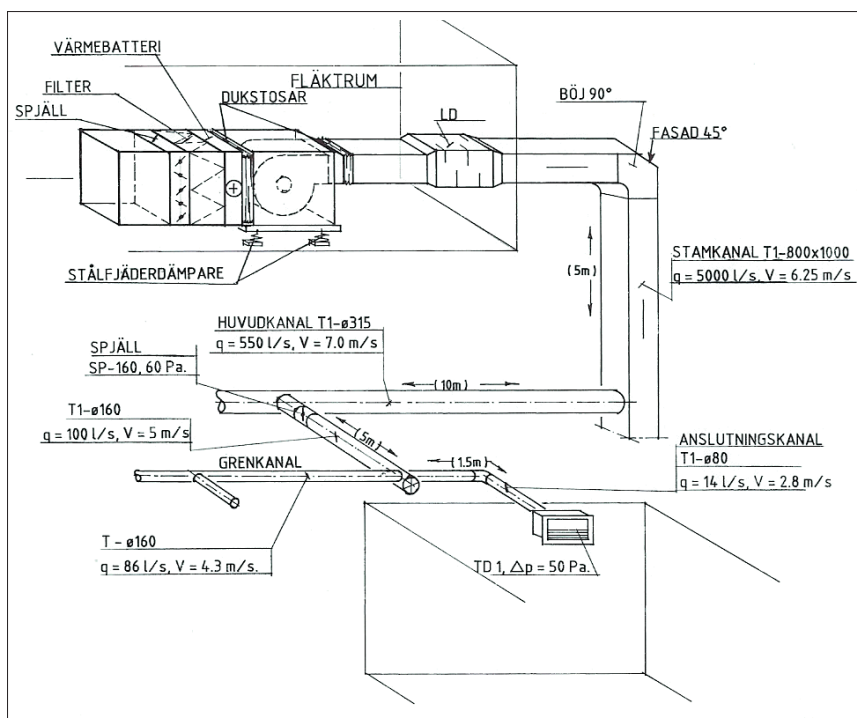
Kerfistap er þrýsingstap sem verður á sog- og þrýstingshlið blásarans. Blásarar eru nánast alltaf tengdir við stökkakerfi, þar sem alls konar streymismótstaða er fyrir hendi. Það geta t.d. verið tæknieiningar eins og hitarar, síur, lokur og loftræsiristar. Streymismótstaðan gefur þrýstifall yfir tæknieiningarnar. Nánar er fjallað um þrýstifall í stökkakerfinu sjálfu í sérstökum kafla.

Heildarþrýstingur

Heildarþrýstingurinn í kerfinu verður að vera þekktur til þess að hægt sé að ákvarða kennistærðir blásarans. Heildarþrýstingurinn er

- stöðufræðilegur þrýstingur, þ.e. þrýstifall í stökkum og mótstaða tæknieininga
- dýnamískur þrýstingur

Rétt er að reikna með 10% viðbót við útreiknaðan heildarþrýsting vegna væntanlegs leka í kerfinu.



Val blásara ræðst af stöðufræðilegum og dýnamískum þrýstingi í kerfinu.

4.1.1 Kerfislínan

Eiginleika stökkakerfisins má taka saman og sýna með svokallaðri kerfislínu sem sýnir hvernig þrýstifallið í stökkakerfinu breytist eftir loftflæðinu gegnum það. Kerfislínan lýsir á myndrænan hátt sambandinu milli streymis og þrýstings í hönnuðu loftræsikerfi.

Þrýstingsþörfin

Þegar kerfislína er ákvörðuð verður einnig að fella inn í útreikninginn á streymismótstöðunni þann dýnamíska þrýsting (pd) sem tapast þrýstingsmegin við blásarann í kerfinu. Við fríblásandi blásara tapast pd beint á eftir blásaranum. Við frísogandi blásara og við stokktengingar, bæði á sog- og þrýstingshlið, er pd talið tapast við enda stökkakerfisins. Ákvarða má dýnamískan þrýsting við tiltekið heildarloftflæði út frá gerð og stærð blásara. Dýnamískur þrýstingur blásara er venjulega reiknaður út frá meðalhraða loftsins í blásaraopinu með jöfnunni:

$$p_d = v^2 \cdot \rho / 2 \quad [\text{Pa}]$$

þar sem v = meðalhraði loftsins í m/s = rúmþyngd loftsins í kg/m³

Nokkurn veginn má áætla þrýstingsþörfina sem

- stöðufræðilegan þrýsting + u.þ.b. 50-100 Pa fyrir dýnamískan þrýsting

Jafna fyrir kerfislínuna

Í reynd er það nánast alltaf mótstaða við iðustreymi („turbulent“ streymi) sem er ráðandi. Jafna fyrir kerfislínuna við iðustreymi er:

$$\Delta p_t = C \cdot q^2$$

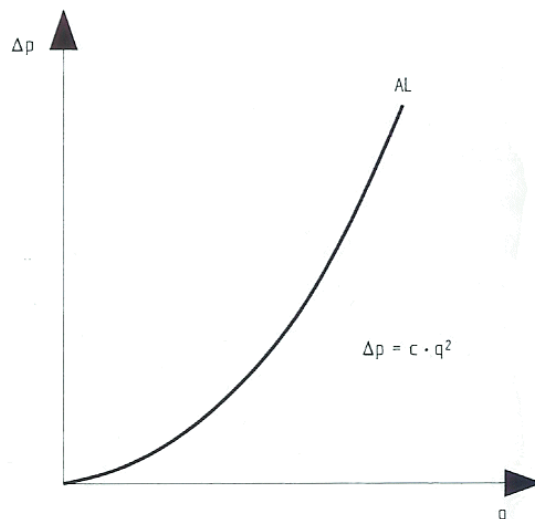
þar sem Δp_t stendur fyrir breytingu í þrýstingsþörf;

q = loftflæðið;

C = stefnustuðull kúrfunnar.

Þar með er kerfislínan þekkt ef vitað er um flæðið og þrýstinginn í einum punkti á línunni.

Línuritid sýnir dæmi um kerfislínu í kerfi með mótstöðu og iðustreymi.



4.1.2 Þverblásarar og ásblásarar (áslægir blásarar)

Blásarar eru í grundvallaratriðum af tveimur gerðum, þverblásarar og áslægir blásarar (ásblásarar). Það er stefna loftsins í gegnum blásarahjólið sem ræður nafninu.

Ásblásarar eru fyrst og fremst notaðir í minni kerfum og þverblásarar í þeim stærri. Oft getur verið hentugra að velja nokkra minni þverblásara í stað eins stórs ásblásara. Það gefur áveðið „varaafli“. Þótt einn blásari bili getur loftræsingin samt virkað áfram að hluta til.

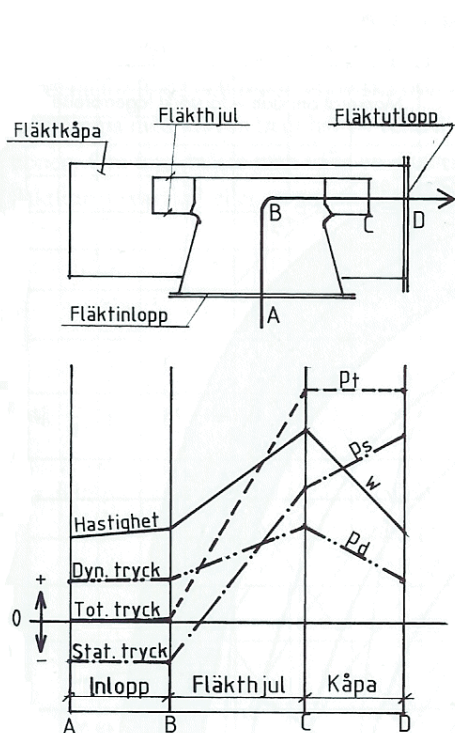
Þrýstings- og hraðauppbyggingin er mismunandi í ásblásurum og þverblásurum. Þverblásarar gefa hærri þrýsting en ásblásarar miðað við sama þvermál á blásarahjóli og sama fjölda snúninga.

Þverblásari

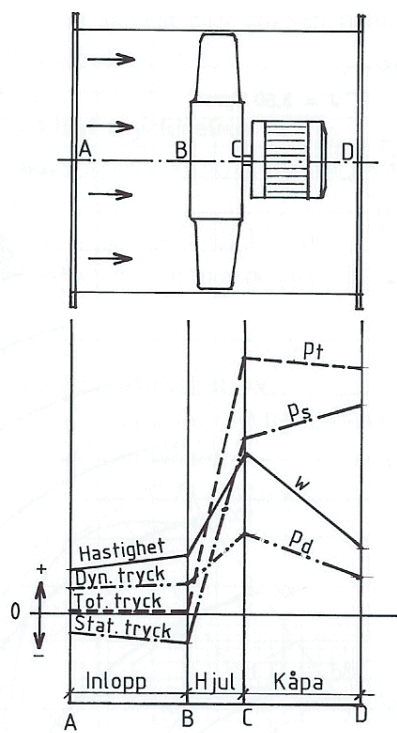
Í þverblásara nást bæði þrýstingur og lofthraði upp á tiltölulega langri leið smám saman. Í blásarahjólinu er bæði þörf á stöðubrýstingi og hreyfiþrýstingi.

Ásblásari

Í ásblásara byggist þrýstingur fljótt upp og lofthraði nær að aukast hratt á stuttri leið. Í blásarahjólinu er stöðubrýstingurinn miklu hærri en hreyfiþrýstingurinn. Ásblásarar eru yfirleitt háværari en þverblásarar á tíðnibilinu 250-500 rið (þ.e. við áttundirnar 250 rið og 500 rið). Það sem veldur þessu er lögum blaðanna í hjólinu. Þó er viðræðanlegra að deyfa hjóð við þessar tilteknu áttundir heldur en hjóð með lægri tíðni. Ásblásarar valda einnig háu hjóðstigi í loftræsiklefanum.



Þrýstings- og hraðabreytingar í þverblásara



Þrýstings- og hraðabreytingar í ásblásara.

Frambeygð og afturbeygð blöð

Lögun blaðanna í blásarahjólinu ræður miklu um hvernig blásarinn virkar. Blásarar með F-hjól (hjól með frambeygð blöð) og B-hjól (hjól með afturbeygð blöð) hafa mismunandi eiginleika.

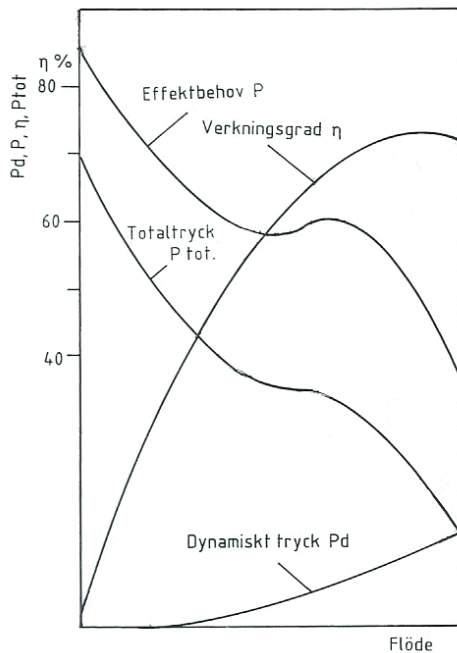
Pverblásarar með F-hjól

Pverblásarar með frambeygð blöð, F-hjól, „skófla loftinu áfram“. Dæmigerð besta nýtni (η) F-hjóla er um 65-70%. Með vaxandi flæði, hægra megin við punktinn þar sem nýtnin er best, vex aflþörfin mikið og nýtnin minnkar. Orkunotkunin vex mikið og einnig hljóðmyndunin.

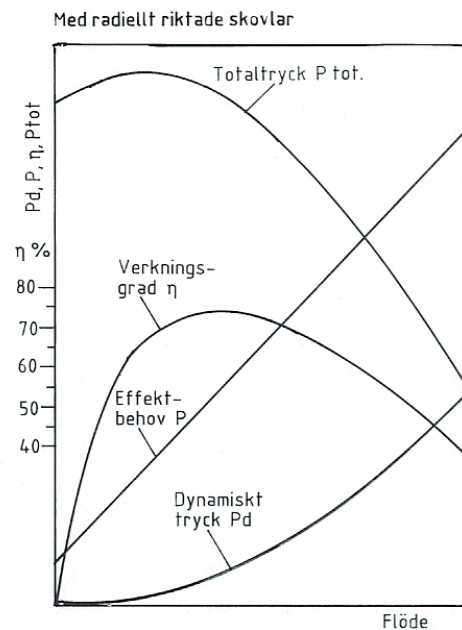
Pverblásarar með B-hjól

Pverblásarar með afturbeygð blöð, B-hjól, „soga loftið“. Besta nýtni B-hjóla með þvermál 400 mm eða meira er um 80-85%, en nákvæma loftræsihönnun þarf til. B-hjól gefa stöðugt loftflæði, en einnig stöðugan þrýsting við mismunandi flæði. Með vaxandi flæði minnkar nýtnin en orkunotkunin takmarkast „sjálfkrafa“.

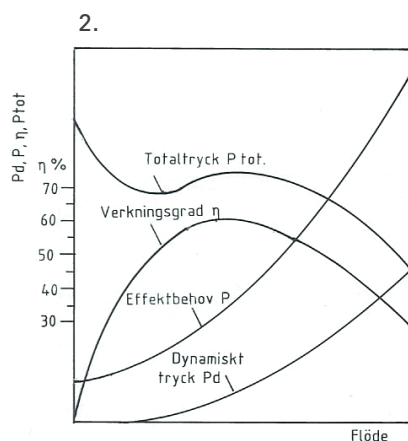
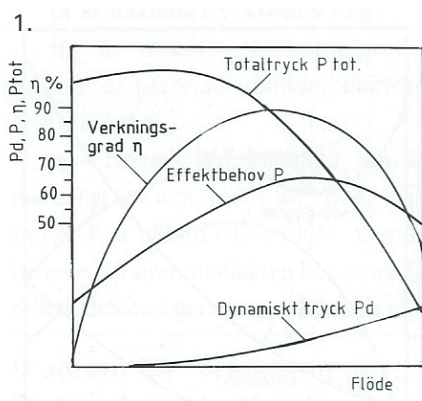
Meðfylgjandi skýringarmyndir sýna eiginleika mismunandi blásaragerða. Sýndar eru þrjár gerðir af þverblásum með afturbeygð, frambeygð og bein blöð, og einnig ásblásari.



Eiginleikar ásblásara.



Eiginleikar þverblásara með bein blöð.



1. Eiginleikar

þverblásara með afturbeygð blöð.

2. Eiginleikar

þverblásara með fram-beygð blöð.

4.1.3 Eiginleikar blásara

Blásarinn er valinn með eftirfarandi í huga:

- heildarloftflæðið*
- þrýstingsþörfina í kerfinu*
- nýtnina*
- hljóðtæknilega eiginleika*

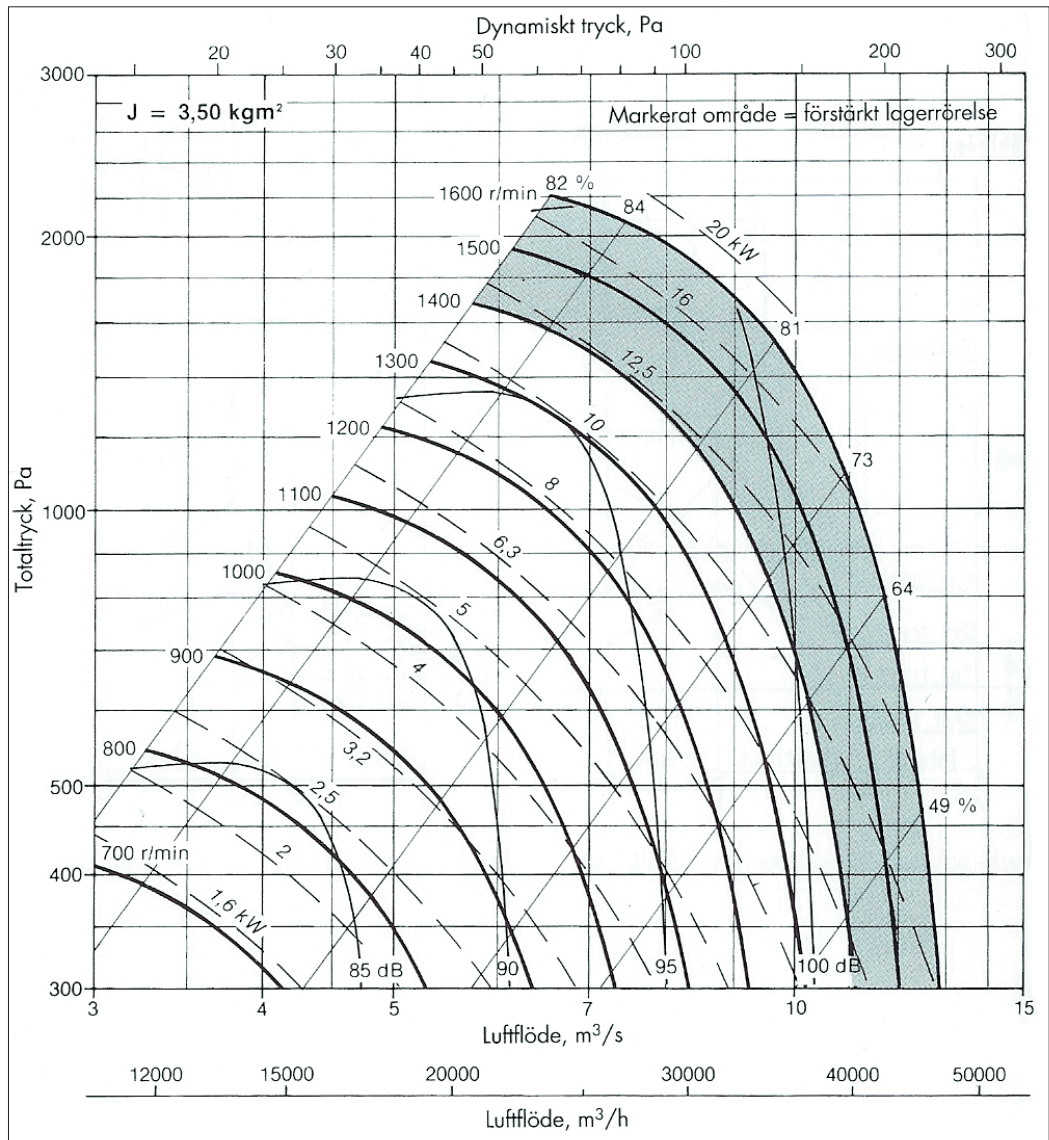
Blásaralínurit framleiðenda veita þær upplýsingar sem nauðsynlegar eru til að velja réttan blásara hverju sinni.

Ef þess er kostur skal velja blásara þar sem fjöldi blaðanna í hjólinu er prímtala (2,3,5,7,9,11...). Auðveldara er að jafnvægisstillta þessi hjól en hjól með slétta tölu blaða. Yfirleitt er rétt að miða við að snúningstala blásara með B-hjóli sé ekki hærrí en 2500 rpm og að blásarar með F-hjóli hafi nokkru lægri snúningstölu. Heildarhljóðafsstigið ætti ekki að vera hærra en 95-100 dB.

Innhljóð

Blásarinn ætti ekki að vinna of langt til vinstri í blásaralínuritinu. Það getur valdið óæskilegu innhljóði svo að vandræði hljótast af. Þetta gildir um allar gerðir blásarahjóla. Á vinnusvæðinu $L < 2$ virkar blásarinn eins og loftdæla og þá verða bæði sveiflur á þrýstingi og hraða.

Hljóðafsstigið verður einnig óþarflega hátt (sjá umfjöllun um vinnulínu blásara síðar). Þegar blásarinn vinnur eins og loftdæla myndast bæði lágtíðnititringur í blásaranum sjálfum og stökkakerfinu. Það getur jafnvel valdið titrings sveiflum í öllu húsinu. Þessar titrings sveiflur í blásaranum geta orðið svo öflugar að blásarahúsið rifni og legur eyðileggist. Ójafnvægið sem stafar af því að blásarahjól er ekki jafnvægisstillt hefur stöðuga tíðni, en dælitíðnin er hins vegar óstöðug og skrykkjótt og jafnframt lægri en snúningstíðnin, oft um 2/3 af henni. Ef hönnunarforsendur gera ráð fyrir að vinnusvið blásarans verði $L < 2$ er rétt að velja minni blásara með hærri snúningstölu.

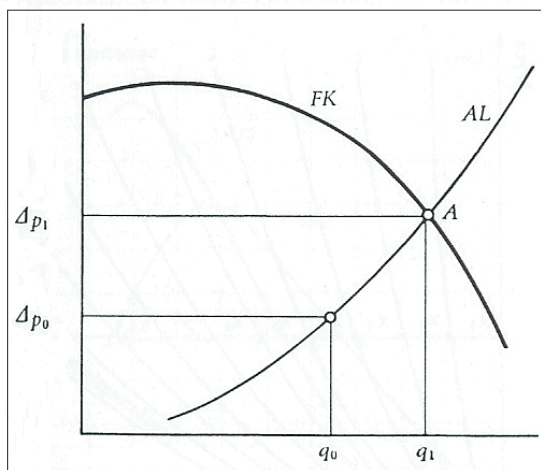


Velja skal vinnulínu og blásara þannig að hann vinni ekki á vinnu-sviði $L < 2$.

Vinnupunktur

Vinnupunktur blásarans upplýsir um eiginlegt loftflæði og þrýsting eftir tengingu við stökkakerfið. Þessi punktur er skurðpunkturinn milli blásarakúrfunnar (FK) og kerfisínunnar (AL).

Á skýringarmyndinni er AL þekkt út frá punkti með hnitinu (q_0 , p_0). Í vinnupunktinum A fæst að flæðið er q_1 og þrýstingurinn p_1 . Það verður sem sé loftflæðið q_1 sem fer í gegnum stökkakerfið, og það krefst þess að þrýstingsmunurinn sé p_1 . Þessi gildi fyrir flæði og þrýstingsþörf verða þá að falla að þeim kröfum sem gerðar eru til loftræsingarinnar. Ef svo er ekki verður að velja aðra blásarakúrfu (aðra snúnings-tölu) eða annan blásara.



Vinnupunktur blásarans (A) er skurðpunktur blásarakúrfunnar (FK) og kerfislínunnar (AL).

Vinnulína blásarans

Loftræsikerfið hefur markalínu sem er hlutfallið milli hreyfiþrýstings og þrýstingsþarfar. Þetta þrýstingshlutfall gefur loftflæðið í kerfinu. Markalínan gefur upplýsingar um hvernig loftflæðið breytist við þrýstingsfallið yfir einingarnar í kerfinu. Markalínan og vinnulína blásarans (L) eru yfirleitt eitt og hið sama. Vinnulínurnar eru yfirleitt númeraðar frá 1-10. Vinnulína 10 er þá fríblásandi blásari og er allur þrýstingurinn í opinu hreyfiþrýstingur. Þegar blásari vinnur t.d. á vinnulínu 3 er loftflæðið við tiltekna þrýstingsþörf 30% af loftflæði fríblásandi blásara.

Jafna fyrir vinnulínu blásara

Jafnan sem lýsir vinnulínunni er þessi:

$$L = 10 \left(\frac{p_d}{p_t} \right)^{0.5}$$

þar sem

p_d er hreyfiþrýstingur (dýnamískur þrýstingur) sem unnt er að lesa af línuriti fyrirtiltekinn blásara.

p_t er mismunur á heildarþrýstingi í innblástursopi og útblástursopi blásarans.

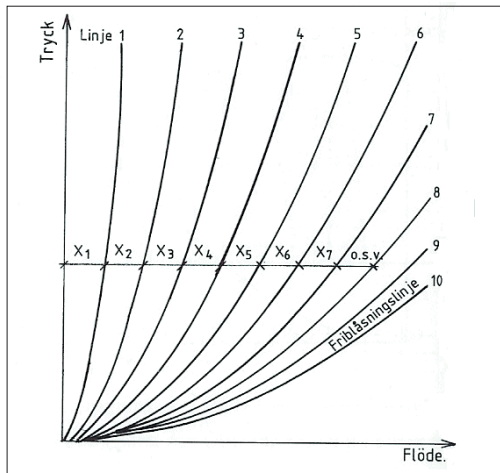
Yfirleitt verður að reikna út vinnulínu blásarans til þess að ganga úr skugga um hvort blásarinn vinni á réttri vinnulínu.

Mörk fyrir vinnusvið blásara

Til þess að nýtnin verði nógu góð verður vinnulínan að liggja innan ákveðinna marka. Innan þessara marka er hljóðmyndunin ennfremur einna minnst.

Loftdæling

Eins og áður hefur komið fram eru ákveðin lægri mörk fyrir vinnulínu sem ekki er rétt að fara niður fyrir, og eru þau nálægt vinnulínu $L = 2$. Þar fyrir neðan á sér stað svokölluð loftdæling, en hún lýsir sér í miklum sveiflum á þrýstingi og loftflæði. Hljóðstigið sveiflast einnig mjög mikið. Blásari sem virkar sem loftdæla vinnur skrykkjótt og óstöðugt. Hljóðmyndunin verður einnig skrykkjótt. Oft er dælitíðnin um 2/3 af snúningstíðninni.



Vinnulína blásara á
helst að vera á ákveðnu
bili:

B-hjóls blásarar milli
vinnu- línu 2 og 3.2

F-hjóls blásarar milli 2.5

Blásarar með B-hjóli

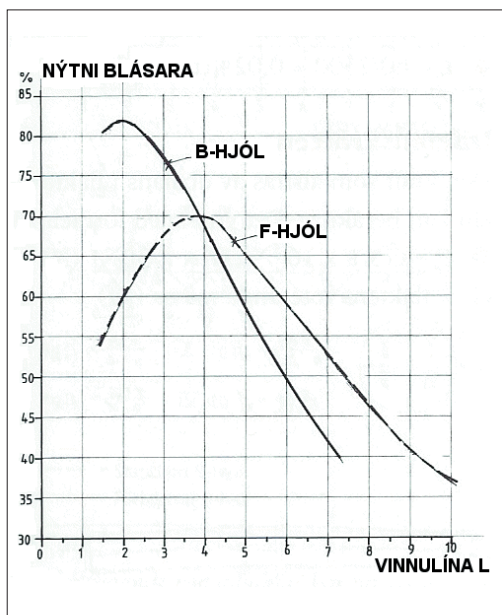
Vinnulínan fyrir blásara með B-hjóli ætti helst að liggja á bilinu 2.0 til 3.2. Nýtnin ætti þá að geta orðið á bilinu 75-82%. Æskilegt er að nota sem oftast blásara með B-hjóli og stefna að því að virknin falli ekki niður fyrir 80%.

Blásarar með F-hjóli

Vinnulínan fyrir blásara með F-hjóli ætti helst að liggja á bilinu 2.5 til 5.0. Nýtnin ætti þá að geta orðið á bilinu 65-70%.

Nýtni og hljóðafsstig

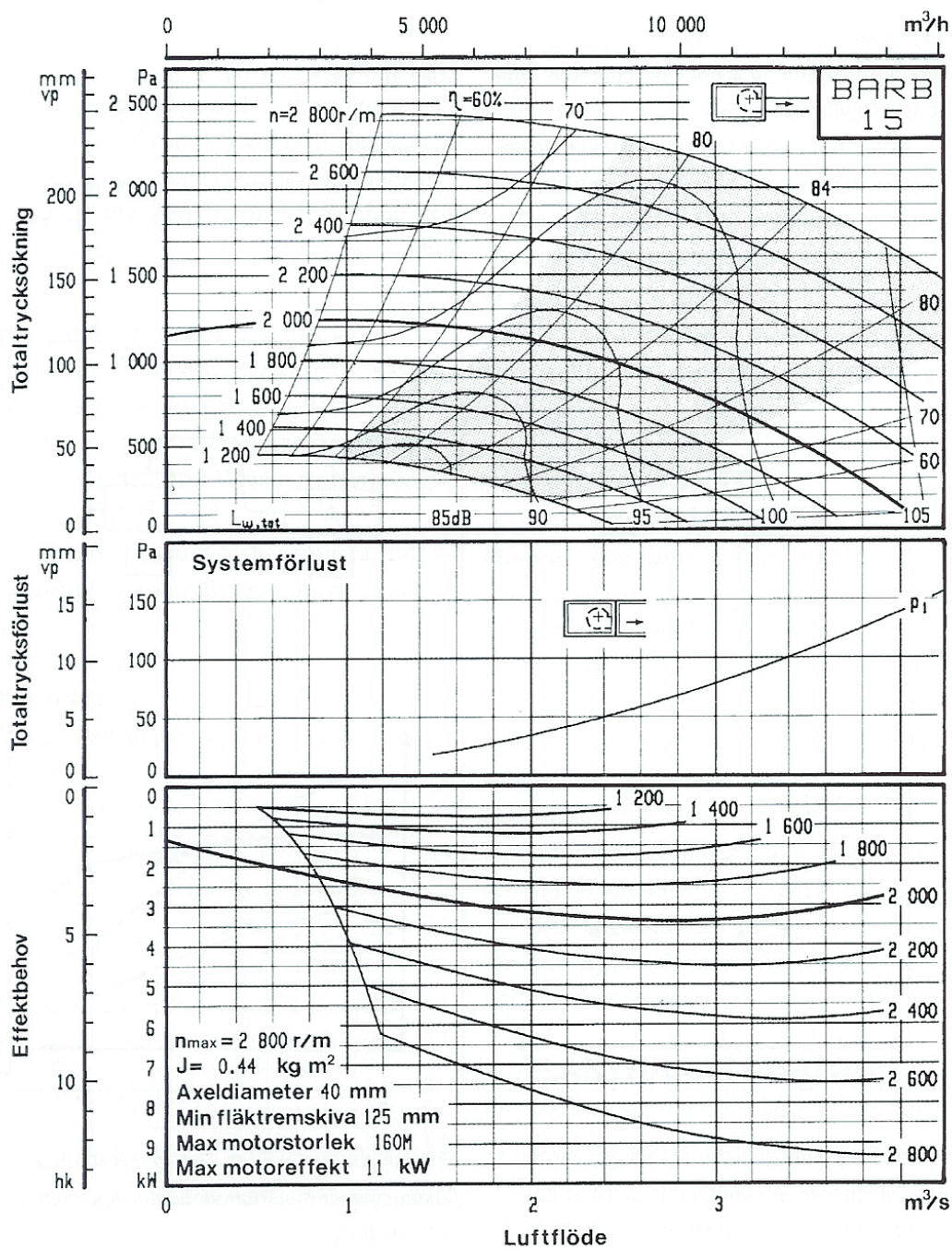
Vinnulína blásara tengist bæði nýtninni og hljóðafsstigi blásarans með beinum hætti. Skýringarmyndin sýnir sambandið milli vinnulína B- og F-blásara og nýtninnar.



Sambandið milli vinnulína
A- og B-blásara og nýtni.

4.1.4 Hljóðtæknilegir eiginleikar blásara

Í hljóðtæknilegum upplýsingum frá framleiðendum er oftast tilgreint heildarstig hljóðafls við út-tblástursop (að stokki) og enn fremur hljóðaflsstig í heilum áttundum. Í flestum tilvikum væri hins vegar gagnlegra að tilgreina hljóðaflsstigið að stokki í þríundum á bilinu 31.5 til 1000 rið af því að hljóð frá blásara með hærri tíðni en 1000 rið er nánast aldrei til vandræða.



Dæmi um blásaralínurit.

Hæsta heildarstig hljóðafls (LW,tot)

Mælt er eindregið með því að aldrei sé valinn blásari með hærra heildarstigi hljóðafls en 95-100 dB. Heildarstig hljóðafls að útblástursstokki má lesa af línuriti fyrir blásara. Við dreifingu hljóðsins á áttundir er notuð eftirfarandi jafna:

$$LW,átt = LW,tot + Kátt$$

þar sem Kátt (Kokt eða Koct á erlendum tungum) er mismunandi eftir blásurum og er það lesið af töflum fyrir hvern blásara.

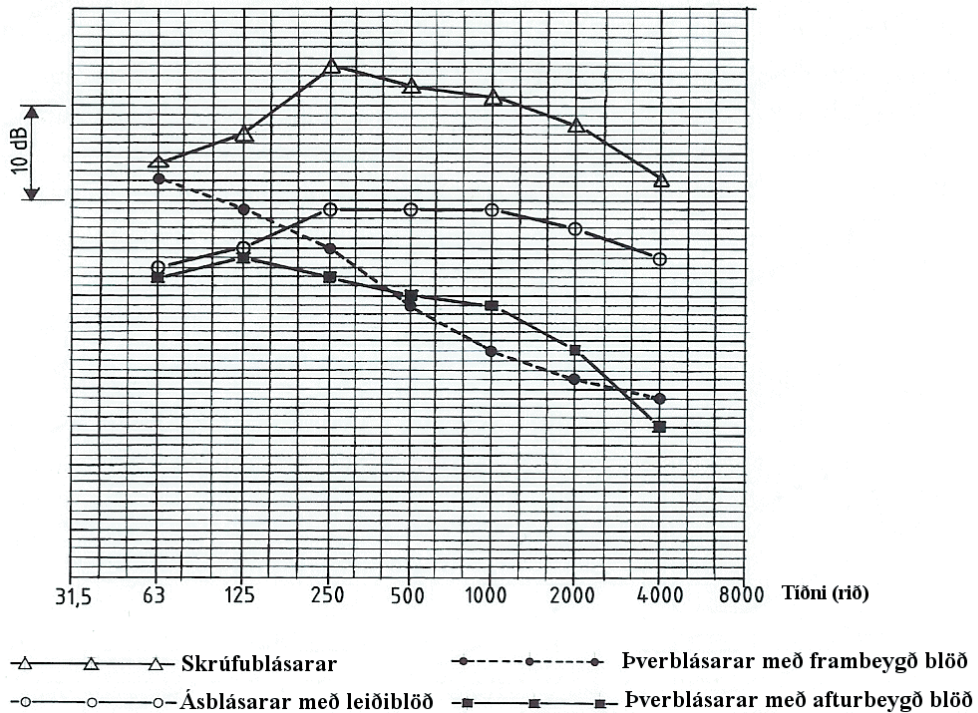
Dæmi:

Meðfylgjandi línurit er dæmi um línurit fyrir blásara. Ef tekið er sem dæmi að loftflæði sé 5 m/s og snúningstalan 1400 rpm, verður LW,tot = 97 dB. Samkvæmt töflugildum fyrir þennan tiltekna blásara gilda eftirfarandi áttundarstuðlar (Kokt) fyrir hljóð að útblástursstokki við 1400 rpm:

ÁTTUNDIR(rið)	63	125	250	500	1k	2k	4k
K _{okt} (dB)	-5	-7	-3	-7	-15	-19	-28
L _{W,átt} = 97 + K _{átt} (dB)	92	90	94	90	82	78	69

Hljóðmyndun í mismunandi gerðum blásara

Hljóðmyndun í blásurum er mismunandi eftir gerðum. Heildarstig hljóðafls getur verið mjög breytilegt eftir blásurum sem uppfylla sömu kröfur um loftflæði og fullnægja sömu þrýstingsþörf.



Þó er enn áhugaverðara hve tíðnisamsetning hljóðsins er mismunandi eftir blásara-gerðum. Hlutfallslegur samanburður á blásaragerðum leiðir í ljós mjög mikinn mun á hljóðaflsstigi á ýmsum tíðnisviðum. Dæmi um það er munurinn á skrúfublásara og þverblásara með frambyggðum blöðum, en hann er meiri en 20 dB við 1000 rið. Við lágu tíðnina 63 rið er nánast enginn munur á þessum tveimur gerðum, en við þá tíðni er hins vegar um 10 dB munur á skrúfublásara og þverblásara með afturbeygðum blöðum.

Hljóðmyndun í blásurum með B- og F-hjól

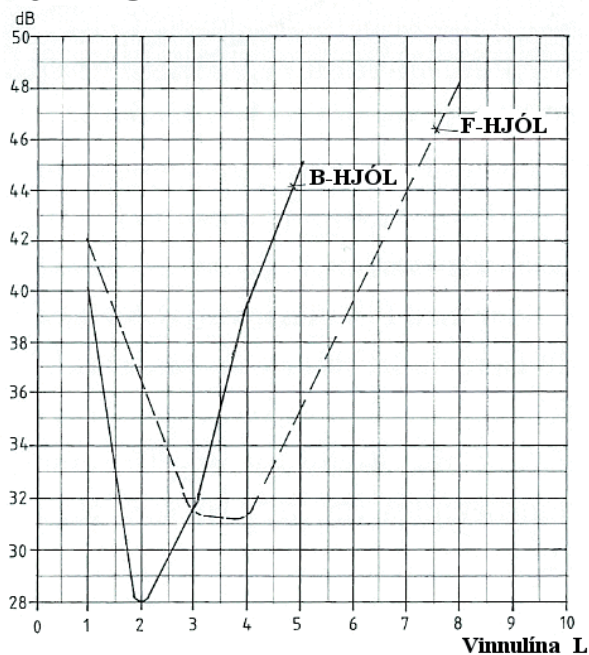
Blásarar með B- og F-hjól vinna best á mismunandi vinnusviðum. B-hjól eiga að vinna á lægri vinnulínu en F-hjól eins og fyrr segir. Hljóðtæknilegir eiginleikar blásara með B- og F-hjól eru einnig mismunandi.

Sértækt hljóðaflsstig ($L_{w,o}$)

Yfirleitt má segja að sértækt hljóðaflsstig sé lægra frá F-hjóli en B-hjóli þegar vinnulínur beggja gerða eru innan þeirra marka sem mælt er með. Eiginleikar hljóðsins eru einnig mismunandi.

F-hjólin mynda meira hljóð við lága tíðni en B-hjólin. Ennfremur er blaðtónn F-hjólsins innan marka 63 riða áttundarinnar en B-hjólsins á tíðnibilinu 300-400 rið. Á línuritinu 4.1 hér að neðan er sýnt sértækt hljóðaflsstig ($L_{w,o}$) B-hjólsblásara og F-hjólsblásara við mismunandi vinnulínur.

**Sértækt
hljóðaflsstig $L_{w,o}$**



Línurit 4.1 sýnir sértækt hljóðstígg fyrir blásara með B-hjóli og F-hjóli við mismunandi vinnulínur.

Heildarstig hljóðafls

Heildarstig hljóðafls blásara má reikna á eftirfarandi hátt:

$$L_{W,tot} = L_{W_0} + 10 \cdot \log(q) + 20 \cdot \log(p_t) \quad (\text{dB})$$

þar sem

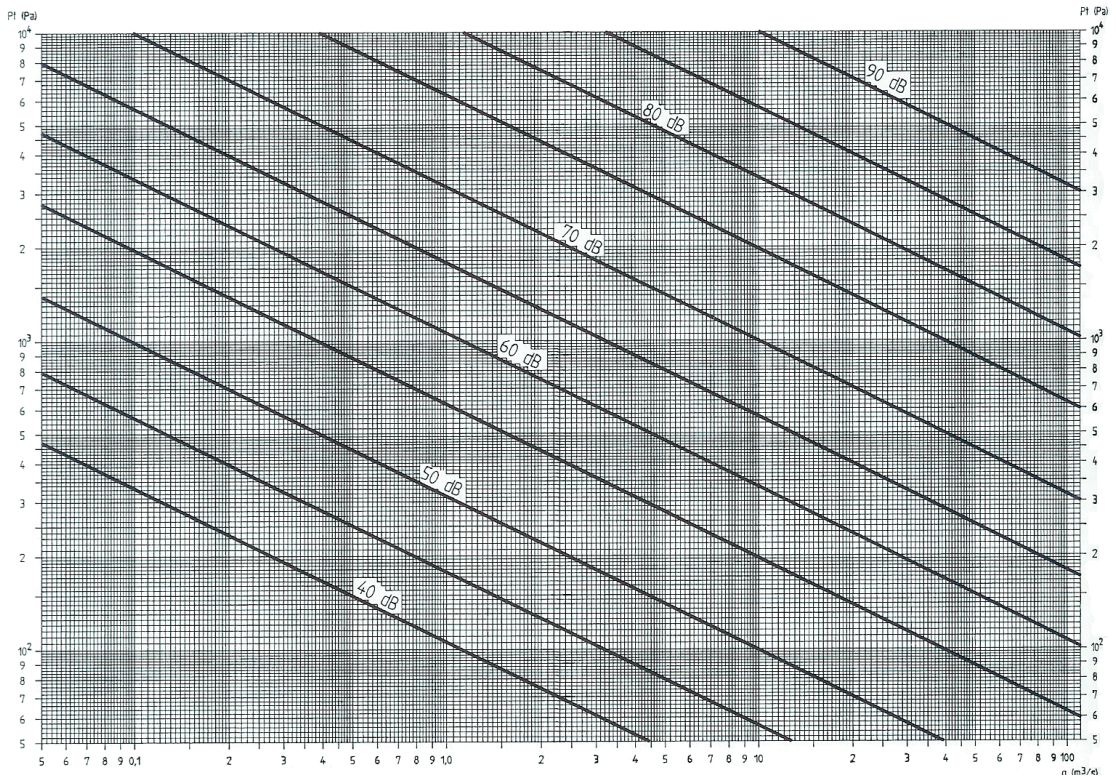
L_{W_0} = sértækt hljóðaflsstig í dB

q = loftflæðið í m³/s

p_t = heildarþrýstingur í Pa

Í stað þess að reikna út úr jöfnunni má einnig nota línurit 4.2 til þess að ákvarða síðasta liðinn:

$$10 \cdot \log(q) + 20 \cdot \log(p_t)$$



Línurit 4.2 til þess að reikna út $10 \cdot \log(q) + 20 \cdot \log(p_t)$

Eldri blásarar

Við hönnun á nýjum kerfum og vali á blásurum má reikna með því að alltaf séu fyrirliggjandi upplýsingar frá framleiðandanum um heildarstig hljóðafls og tíðni-dreifingu. Þá þarf ekki að reikna þessa þætti sérstaklega. Ef verið er að bæta við eða endurbæta gömul kerfi vantar hins vegar oft upplýsingar frá framleiðanda.

Mælingar á heildarstigi hljóðafls eru erfiðar eða nánast óframkvæmanlegar nema með mikilli fyrirhöfn. Í slíkum tilvikum geta línurit 4.1 og 4.2 komið að góðum notum við að reikna út hljóðtæknilega eiginleika umrædds blásara. Þá eru L_{W_0} og stærðin $10 \cdot \log(q) + 20 \cdot \log(p_t)$ lesin af línuritunum og $L_{W,tot}$ reiknað út.

Deiling hljóðsins á áttundir

Við deilingu hljóðafsstigsins, LW,tot, á áttundir má nota eftirfarandi leiðréttingargildi:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k	4k
Kátt fyrir B-hjól (dB)	-7	-8	-7	-12	-17	-22	-27
Kátt fyrir F-hjól (dB)	-2	-7	-12	-17	-22	-25	-28

Þetta eru dæmigerð gildi sem fengin eru með því að taka meðaltal af mörgum blásurum, en raunveruleg gildi fyrir einstaka blásara geta vikið nokkuð frá meðalgildunum. Því ber auðvitað að nota raunveruleg gildi ef unnt er að nálgast þau.

Skipti á blásarahjól

Stundum er hægt að losna við hávaða í blásara með því að skipta um blásarahjól. B-hjólsblásarar með lítil hjól sem snúast hraðar en 3000 rpm geta haft of hátt heildarstig hljóðafls af því að smíði þeirra hefur verið of ónákvæm fyrir svo hraðan snúning. Það getur leitt af sér að nýtnin verði lítil og sértækt hljóðafsstig hærra en frá F-hjólsblásara. Stundum er þá hægt að ná viðunandi hljóðstigi frá blásara með litlum blásarahjólum með því að skipta B-hjólinu út fyrir F-hjól með miklu lægri snúningstölu.

Lágtíðnihljóð

Oftast vantar upplýsingar frá framleiðanda um lágtíðnihljóð við 31.5 riða áttundina og stundum vantar líka upplýsingar fyrir 63 riða áttundina.

B- og F-hjól

Hljóð frá blásurum með B- og F-hjól hafa mismunandi eiginleika. Æskilegra er að velja blásara með B-hjól út frá hljóðtæknilegum forsendum. Hljóðmyndun við lága tíðni er þá minni en í blásurum með F-hjól. Blaðtónn B-hjóls er einnig töluvert hærri en F-hjólsins. Þannig er minni hætta á truflun við lága tíðni.

31.5 rið

Ef upplýsingar frá framleiðanda vantar fyrir 31.5 riða áttundina má áætla það gildi með því að nota hljóðafsstigið fyrir 63 riða áttundina:

blásarar með F-hjól hafa um 3 dB lægra hljóðafsstig við 31.5 rið en 63 rið blásarar með B-hjól hafa nokkurn veginn sama hljóðafsstig við 31.5 rið og við 63 rið.

63 rið

Stundum vantar líka upplýsingar frá framleiðanda um 63 riða áttundina. Það veldur því að upplýsingar um heildarstig hljóðafls fela gjarna í sér vanmat á hljóðstiginu, sérstaklega frá F-blásurum. Eftirfarandi dæmi sýnir þetta:

Bornir eru saman blásarar með stór hjól. Loftmagnið er 2 m³/s og heildarþrýstingurinn 900 Pa.

Framleiðandinn gefur upp $L_{W,tot} = 90$ dB fyrir blásara með B-hjól, og skiptingin á áttundir fyrir hljóð að stokki er eftirfarandi:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
$L_{W,átt}$ (dB)	87	82	84	86	82	76	65	58

Þegar heildarhljóðstigið er reiknað út fæst eftirfarandi niðurstaða:

$L = 90.0$ dB fyrir áttundirnar 125-8000 rið, þannig að 63 riða áttundinni er sleppt

$L = 91.8$ dB fyrir áttundirnar 63-8000 rið

Uppgefið heildarstig hljóðafls fyrir jafngildan blásara með F-hjól er $L_{W,tot} = 89$ dB, og skiptingin á áttundir fyrir hljóð að stokki er eftirfarandi:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
$L_{W,átt}$ (dB)	96	86	83	81	77	73	65	58

Þegar heildarhljóðstigið er reiknað út fæst eftirfarandi niðurstaða:

$L = 89.0$ dB fyrir áttundirnar 125-8000 rið, þannig að 63 riða áttundinni er sleppt

$L = 96.8$ dB fyrir áttundirnar 63-8000 rið

Það munar sem sé talsverðu hvort allar áttundirnar eru teknar með. Nauðsynlegt er aðupplýsingar liggi fyrir um 63 riða áttundina til þess að geta valið réttan blásara á hljóðtæknilegum forsendum.

4.2

Tenging blásara

4.2.0 Inngangur

Hljóð myndast ekki aðeins í sjálfum blásaranum. Tengingar og tækjaeiningar fyrir framan og aftan blásaran geta valdið óþörfu þrýstifalli ef ekki er sýnd fyllsta aðgát, og þá myndast einnig hljóð að óþörfu og kann að verða til vandræða.

4.2.1 Aðloftsbásarar þrýstingsmegin

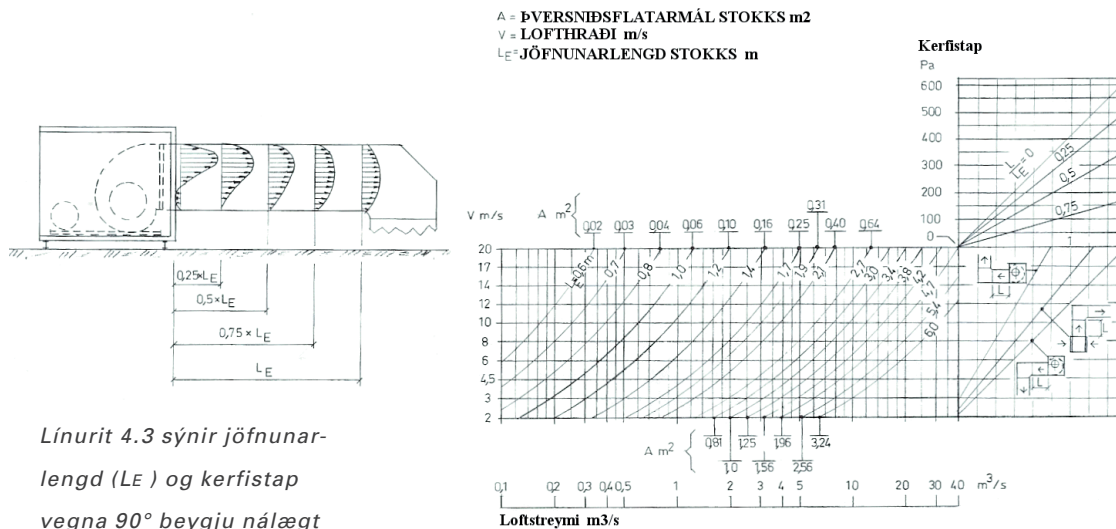
Æskilegt er að hraðadreifingin í þversniði stokksins nái því að verða samhverf um leið og loftið kemur út úr blásaranum áður en kemur að stökkbeygju eða hljóðgildru. Þetta kallar á að „diffusor“ sé komið fyrir alveg við útblástursop blásarans og þaðan liggi beinn stokkur af tiltekinni lengd. Ef hraðadreifingin er ekki samhverf yfir þversniðið vex streymistap og þrýstifall.

Jöfnunarlengd

Jöfnunarlengd (L_E) má kalla þá lengd af beinum stokki sem nauðsynleg er milli blásara og fyrstu beygju (eða hljóðgildru) til þess að koma í veg fyrir óþarft kerfistap í beygjuni. Ágæt þumalregla er að þrýstifallið við útblástursop blásarans sé aldrei meira en 100 Pa.

Kerfistapið í 90° beygju nálægt útblástursopi blásara má lesa af línuriti 4.3. Tapið minnkar með fjarlægð frá stokkbeygjunni þar til jöfnunarlendinni (L_E) er náð. Ef loftflæðið er t.d. 2 m³/s og lofthraðinn 10m/s verður jöfnunarlendin $L_E = 1.6$ m. Ef raunveruleg stokklengd (L_E) er minni en þetta eykst kerfistapið.

Nokkrar mismunandi kúrfur fyrir hlutfallið L / L_E má nota til að áætla kerfistapið út frá afstöðu blásara og beygju. Í dæminu sem hér er tekið ætti kerfistapið t.d. að vera um 100 Pa ef $L = 1.2$ m og þar með $L / L_E = 0.75$. Ef lengdin er aukin í 1.6 m verður $L / L_E = 1$ og kerfistapið 0 Pa.



Línurit 4.3 sýnir jöfnunar-
 lengd (L_E) og kerfistap
 vegna 90° beygju nálægt
 blásara.

Útblástursop blásarans

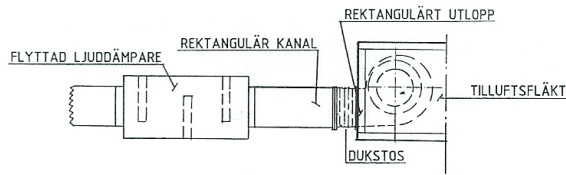
Rúmfræðileg lögun tækjaeininganna eftir blásara getur valdið lágtíðnihljóði. Hringlaga blásaraop ætti að tengjast sívolum stokki og sívolum hljóðdeyfi. Réttthyrnt blásaraop ætti að tengjast réttthyrndum stokki og réttthyrndum tækjaeiningum.

Á skýringarmyndunum hér á eftir er sýnt dæmi um óheppilegt val tækjaeininga. Valinn er réttthyrndur hljóðdeyfir, að vísu með sívolum tengingum, en auk þess er bilið milli hljóðdeyfis og blásara of lítið. Einnig er sýnd betri (réttari) útfærsla þar sem stokkurinn er réttthyrndur, hljóðdeyfirinn með réttthyrndum tengingum og auk þess beinn stokkur með jöfnunarlend milli blásara og hljóðdeyfis.

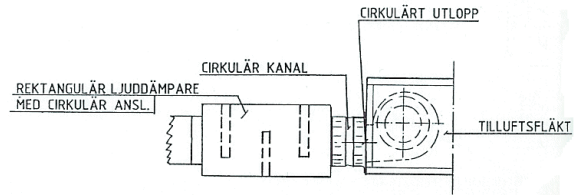
Ranga útfærslan gaf mælt hljóðstig 54 dB (A) og 74 dB (C), sem er töluvert yfir kröfunum 45 dB (A) og 60 dB (C), en samkvæmt þeim kröfunum var hljóðdeyfirinn valinn.

ÁTTUNDIR (rið)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k
L _{p,A} (dB)	27	48	45	41	46	47	45	45
L _{p,C} (dB)	63	73	61	50	49	47	44	43

Rétt útfærsla



Röng útfærsla



4.2.2 Aðloftsbásarar á soghlið

Á soghlið aðloftsbásaranna eru alltaf annars konar tækjaeiningar. Framan við blásarann geta til dæmis verið hljóðdeyfar, lokur, hitarar og varmaskiptar.

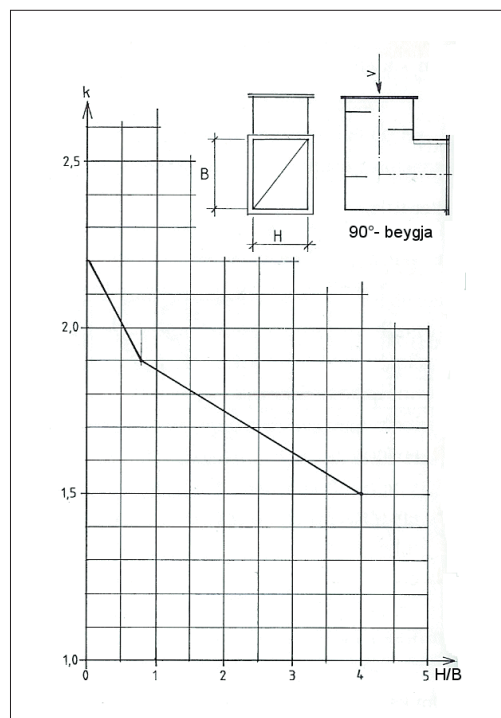
Tenging

Tengingin við tækjaeiningarnar á að vera bein og beinn stokkur nógu langur til að loftstraumurinn jafnist út. Ójafn loftstraumur gerir blásarakerfið háværara.

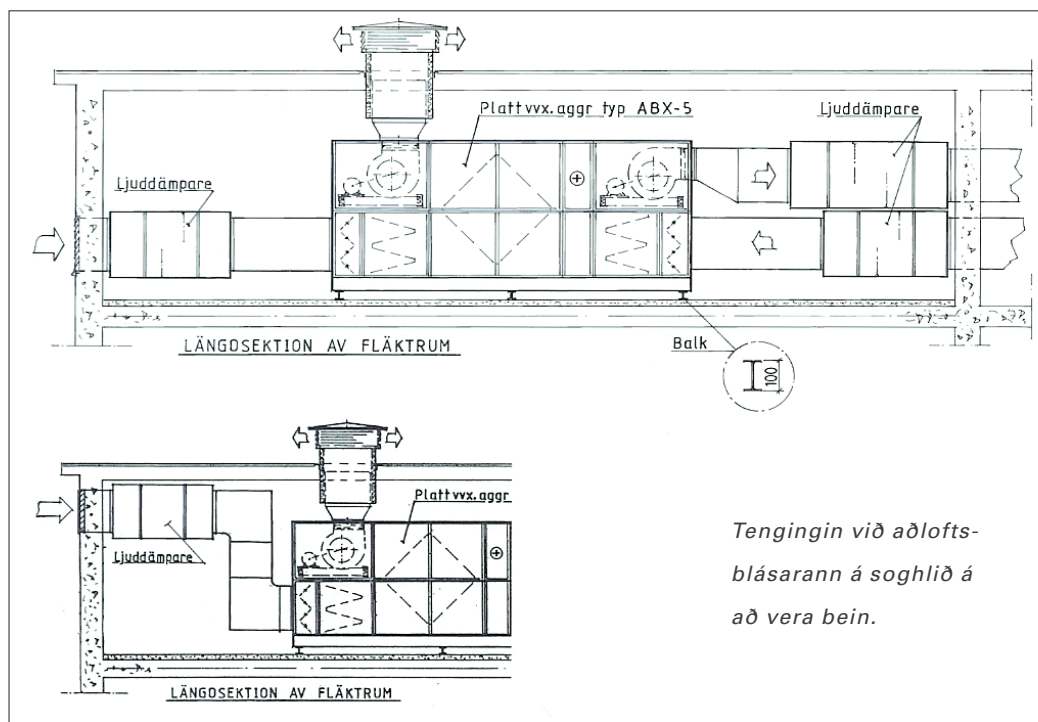
Þrýstifall yfir varmaskipti

Þrýstifallið í varmaskiptinum ætti ekki að vera meira en 200 Pa til þess að orkan endurnýtist vel. Algengir varmaskiptar hafa yfirleitt nógu lágt þrýstifall (minna en 200 Pa).

Önnur atriði geta þó haft mjög neikvæð áhrif á þrýstifallið. 90° beygja rétt framan við varmaskiptinn eykur t.d. þrýstifallið mjög mikið og eykur einnig hljóðmyndunina. Stuðullinn k í línuritinu sýnir hversu mikið þrýstifallið vex við mismunandi stærðarhlutföll á beygju eða hljóðdeyfi. Þrýstifallið tvöfaldast við $k = 2$, og eins og sjá má er k á bilinu 1.5-2.2.



Leiðrétting á þrýstifalli við 90° beygju framan við varmaskipti. Beygjan eykur þrýstifall og hljóðmyndun. Þrýstifallið getur tvöfaldast.



4.2.3 Fráloftsblásarar á soghlið

Á soghlið skal þess gætt að álagið á fráloftsblásarann sé jafn loftstraumur. Æskilegt er að beinn stokkur sé framan við blásarann. Ef stokkbeygja er sett of nálægt blásaranum verða truflanir í loftflæðinu og hljóðmyndun eykst.

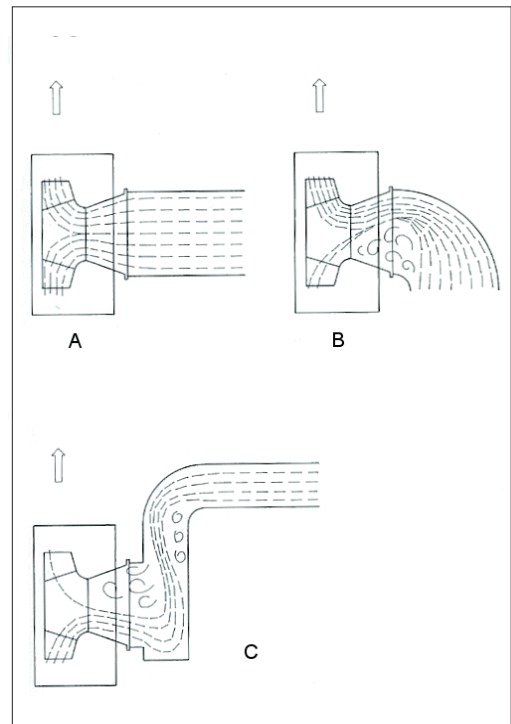
Skýringarmyndirnar sýna í fyrsta lagi heppilega tengingu með beinan stökk framan við blásarann og í öðru lagi tvær óheppilegri tengingar með beygju eða soghólfi framan við blásarann. Hvirflamyndunin í tveimur síðari tilvikunum minnkar loftmagnið til blásarans um 5-10%.

Ef nauðsynlegt er að tengja beygju við fráloftsblásara á soghliðinni er unnt að minnka flæðistapið með leiðiblöðum í beygjunni og stýriblikki í opinu.

Á mynd A er hraðinn jafn á soghliðinni og álagið á blásarahjólið verður stöðugt.

Á mynd B er dreifing hraðans ójöfn. Loftmagnið er 5-10 % minna en á mynd A.

Á mynd C er notað soghólf og þá verður dreifing hraðans ójöfn.



4.2.4 Fráloftsbásarar á þrýstingshlið

Á þrýstingshlið fráloftsbáasarans eru aðstæður samsvarandi og við þrýstingshlið aðloftsbáasarans. Kerfistapið ræðst að verulegu leyti af lengd beina stokksins sem tengist við bláasarann.

Hljóðmyndun

Stokkbeygjur við útblástursop blásara geta einnig haft áhrif á hljóðmyndunina. Besta tilhögunin er alltaf tenging við beinan stökk (1) sem eykur ekki hljóðmyndun.

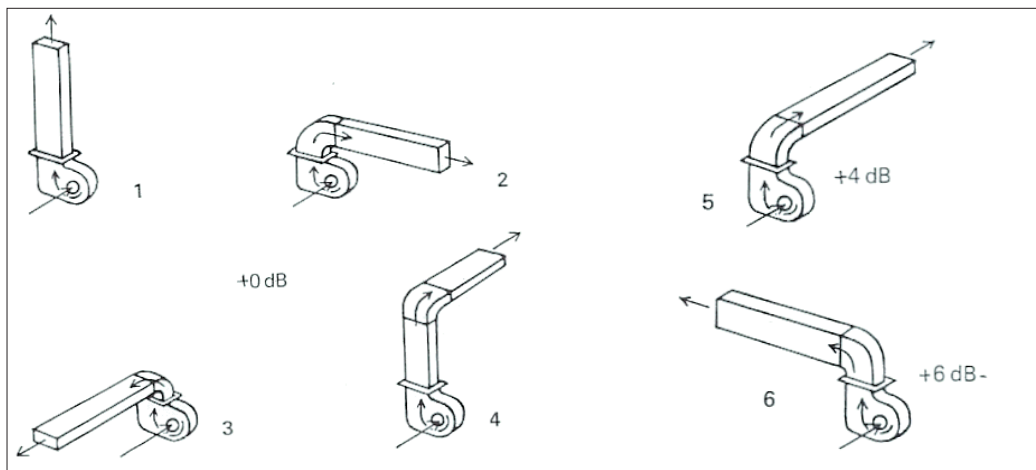
Hljóðmyndunin eykst líka fremur lítið ef

- beygjan á stokknum snýr í sömu átt og blásarahjólið snýst (2)
- beygjan á stokknum snýr í áttina að innblásturshlið bláasarans (3)
- beygjan kemur eftir beinan stökk sem er tvöfalt lengri en straumfræðilegt þvermál stokksins (4)

Ef beygjan á stokknum snýr hins vegar í áttina frá innblásturshlið bláasarans (5) minnkar nýtnibláasarans nokkuð (um 5%) og hljóðmyndunin vex töluvert (um 4 dB). Enn verri árangur næst þegar beygjan snýr í gagnstæða átt við blástursstefnu bláasarans. Þá minnkar virkni bláasarans enn meira (um 10%) og hljóðaflsstigið hækkar um heil 6 dB.

4.2.5 Síur

Framleiðendur gefa upp hönnunarþrýstifall yfir síur við tiltekinn loftstraum. Þessar upplýsingar ættu að miðast við meðaltalsgildi, annars vegar fyrir hreina síu og hins vegar óhreina síu.



Beygjur sem snúa í sömu átt og blásarahjólíð snýr eða í áttina að innblásturshlið blásarans auka ekki hljóðmyndun.

Beygjur sem snúa í áttina frá innblásturshlið blásarans eða í gagnstæða átt við blásturstefnu blásarans auka hljóðmyndun.

Óhreinar síur

F- og B-hjól eru misjafnlega viðkvæm fyrir truflunum í kerfinu (breytingum á þrýstingi og loft-flæði), enda hafa þau mismunandi eiginleika. Þegar þrýstingsþörfin í kerfinu vex, t.d. vegna þess að síur verða óhreinar, flyst F-hjólíð eftir snúningshraðakúrfunni en B-hjólíð lagast að nokkru leyti sjálfkrafa að nýjum aðstæðum. B-hjólíð er sem sé stöðugra gagnvart truflunum.

Breytingar á loftflæði

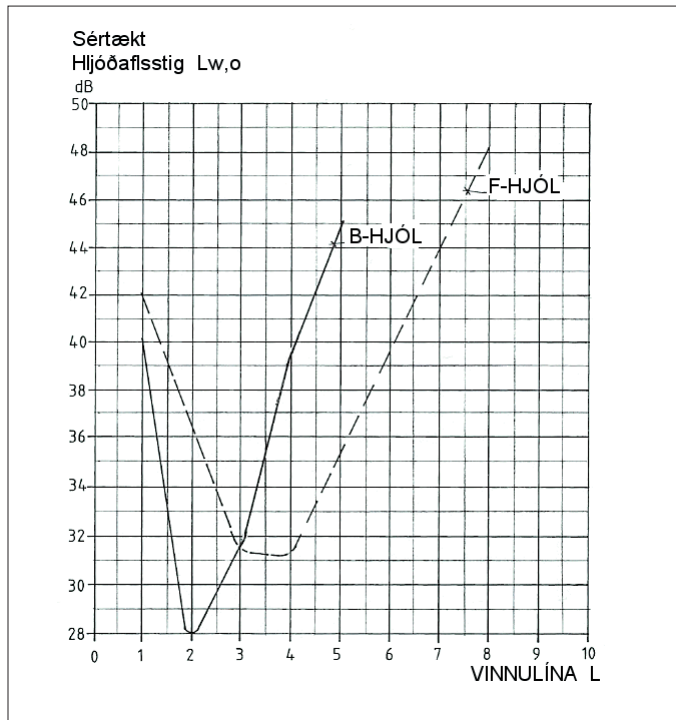
Ef gefa á hugmynd um stærðargráðu breytinga á loftflæðinu má taka dæmi um kerfi með loftmagnið $6 \text{ m}^3/\text{s}$ og heildarþrýsting 1175 Pa . Óhrein sía í slíku kerfi veldur u.þ.b. 150 Pa þrýstingsaukningu og breytingin á loftflæði verður mismunandi eftir gerð blásarahjólans:

F-hjól = $0.50 \text{ m}^3/\text{s}$

B-hjól = $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$

Breytingar á hljóðstigi

Þrýstingsaukningin sem verður þegar síurnar óhreinast veldur því að vinnulínur blásaranna flytjast aðeins til vinstri. Það þýðir lítils háttar hækkun á hljóðstigi F-hjólblásara sem er á hljóðtæknilega hagstæðasta vinnulínubílinu 3-4 þegar sían er hrein. Fyrir B-hjól blásara er hagstæðasta vinnulínubílið hins vegar 2-3, hljóðtæknilega séð, og hliðrun til vinstri í áttina að vinnulínu 2 gefur nokkru lægra hljóðstig.



Prýstingsaukning vegna óhreinnar síu veldur því að vinnulínan flyst til. Þetta hefur einnig áhrif á hljóðmyndunina.

Hljóðdeyfing í síum

Síur gefa deyfa blásarahljóðið nokkuð, og má draga þá deyfingu frá hljóðafsstiginu í áttundum. Upplýsingar frá framleiðanda eiga yfirleitt að liggja fyrir, en í töflunni hér að neðan eru gefin dæmi um stærðargráðu hljóðdeyfingarinnar í nokkrum algengum gerðum af síum.

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Hljóðdeyfing (dB)								
Síugerð								
EU 3 (G 85)	1	1	1	1	2	3	3	3
EU 5 (F 45)	2	2	2	4	7	10	11	11
EU 6 (F 65)	3	3	5	9	12	15	16	16
EU 7 (F 85)	3	3	5	9	12	15	25	32
EU 8 (F 95)	3	3	5	9	12	15	25	32

Hljóðdeyfing í öðrum samstæðuhlutum

Sumir aðrir samstæðuhlutar deyfa einnig hljóðið að nokkru. Sem dæmi má nefna lofthitara og varmanýta. Í töflunni hér að neðan eru sýnd nokkur dæmi um stærðargráðu hljóðdeyfingarinnar.

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Hljóðdeyving (dB)								
Lofthitari (heitavatns-)	1	1	1	1	2	2	4	4
Lofthitari (rafmagns- lághita-)	1	1	1	1	2	2	4	4
Loftkælir	2	2	3	3	4	6	8	11
Varmanýtir:								
REGOTERM								
snúningsvarmaskiptir- án síu	3	4	4	3	4	5	6	9
RECUTERM								
flatur varmaskiptir	6	6	6	6	8	13	21	22
DUOTERM								
varmaskiptir með rorum	2	2	3	3	4	6	8	11

4.3

Aðgerðir til þess að draga úr innhljóði og lágtíðnihljóði

4.3.0 Inngangur

Blásarar geta valdið innhljóði. Vandí skapast þó aðeins af því við tiltekna aðstæður. Ef blásarinn vinnur of langt til vinstri í blásaralínuritinu verður innhljóð til vandræða. Það gerist óháð blásaragerð. Á vinnusviðinu undir vinnulínu L=2 byrja blásararnir að dæla lofti. Dælingin skynjast sem lágtíðnititringur, bæði í blásaranum og eins í stökkakerfinu. Allt húsið getur farið að sveiflast, jafnvel án þess að stökkakerfið tengist því með fastri tengingu. Þessar sveiflur í blásaranum geta jafnvel orðið svo miklar að blásarahúsið rifni og legur eyðileggist.

4.3.1 Hjáhlaup

Þegar um er að ræða blásara af yfirstærð, sem þegar er til staðar og vinnur á of lágri vinnulínu, má stundum leysa „loftdælingarvanda“ með því að útbúa hjáhlaup (bypass). Ef gert er gat á belg blásarahússins fer blásarinn að vinna á hærri vinnulínu og vinnupunkturinn flyst til hægri til þess að svara sömu þrýstingsþörf og áður. Til hægri í blásaralínuritinu eru engin mörk sem tengjast starfsemi blásarans. Þó verður nýtnin léleg ef vinnupunkturinn færir of langt til hægri.

Heildarstig hljóðafls vex líka því lengra sem farið er til hægri. Hér að framan hefur nokkuð verið fjallað um bestu vinnulínur fyrir blásara. Yfirleitt er góð regla að fara ekki upp fyrir L = 5. Önnur regla segir að hreyfiþrýstingurinn megi ekki verða meiri en sem nemur 25% af þrýstingsþörfinni.

4.3.2 Loftdreifari / „diffusor“

Í mörgum eldri loftræsikerfum hefur loftdreifari verið settur á þrýstingshlið aðloftsblásara. Loftdreifarinn á að jafna dreifingu loftstraumsins í gegnum eftirfarandi tækjaeiningar. Í mörgum tilvikum eykur loftdreifarinn jafnframt hljóðið, einkum lágtíðnihljóð. Oftast er heppilegra að nota svokallaðan „diffusor“ í stað loftdreifara. Í eldri loftræsisamstæðum geta skipti á loftdreifara fyrir „diffusor“ bæði minnkað lágtíðnihljóðið og dregið úr orkunotkun.

4.3.3 Titringseinangrun blásara

Titringseinangrarar koma ekki aðeins að gagni við að minnka þann titring sem yfirferist í gólfíð í loftræsiklefanum. Rétt hannaðir einangrarar minnka einnig myndun lágtíðnihljóðs í samstæðunni.

Í loftræsiklefa verður að taka tillit til tíðni alls truflandi áreitis. Hvern blásara verður að titringseinangra með „yfirskrifskri“ einangrun (yfir samhljómstíðninni). Fyrir blásara er rétt að mæla með stálfjaðradempurum og að hver undirstöðupunktur sé hannaður sérstaklega. Lágmark er að miða við 80% deyfingu á titringi í hverjum undirstöðupunkti. Fjallað er sérstaklega um titringseinangrun með gúmmí- og stálfjaðradempurum í kafla 3, Titringseinangrun.

4.3.4 Dæmi um endurbætur á eldri loftræsisamstæðu

Hér á eftir er sýnt dæmi um aðgerðir til að draga úr lágtíðnihávaða í loftræsikerfi þar sem kvartað var um lágtíðnitruflun.

Þrennt var gert: Loftdreifara var skipt út fyrir „diffusor“.

Sérhönnuðum stálfjaðradempurum var komið fyrir á hverjum undirstöðupunkti í stað illa hannaðra gúmmídempara.

Hjáhlaup (bye-pass) var gert í blásarahúsið.

Hljóðmæling í loftræsiklefanum

Fyrir endurbæturnar mældist hljóðstigið í loftræsiklefanum 52-54 dB (A). Hljóðið var óstöðugt.

Eftir endurbætur mældist hljóðstigið:

1. 56 dB (A) eftir uppsetningu stálfjaðradempara. Hljóðið var stöðugt.
2. 55 dB (A) eftir aðgerð 1 og eftir að loftdreifari var fjarlægður. Hljóðið var stöðugt.
3. 54,5 dB (A) eftir aðgerðir 1 og 2 og eftir að hjáhlaup var gert í blásarahúsið. Hljóðið var stöðugt.

ÁTTUNDIR (rið)		31.5	63	125	250	500	1k	2k
Tíðnigreining fyrir endurbætur								
Lp (dB)		80	72	65	54	46	47	47
Tíðnigreining eftir endurbætur								
Nr. 1	Lp (dB)	76	70	63	55	47	48	47
Nr. 2	Lp (dB)	73	69	61	55	46	47	46
Nr. 3	Lp (dB)	72	69	61	54.5	46	46.5	46

Hljóðmæling á gangi framan við loftræsiklefann

Fyrir endurbætur mældist hljóðstigið 39-40 dB (A).

Eftir endurbætur mældist hljóðstigið:

1. 38-39 dB (A) eftir uppsetningu stálfjaðradempara.
2. 38 (A) eftir aðgerð 1 og eftir að loftdreifari var fjarlægður.
3. 37,5 dB (A) eftir aðgerðir 1 og 2 og eftir að hjáhlaup var gert í blásarahúsið.

ÁTTUNDIR (rið)		31.5	63	125	250
Tíðnigreining fyrir endurbætur					
Lp (dB)		77	59	44	37
Tíðnigreining eftir endurbætur					
Nr. 1	Lp (dB)	73	58	44	37
Nr. 2	Lp (dB)	67	57	42	39
Nr. 3	Lp (dB)	67	56	43	37

5

Kaflí

STOKKAKERFIÐ

5.1 Forsendur ákvarðana um stærð stokka

Stærðir stokka í loftræsikerfi eru valdar með tilliti til krafna um loftflæði að og frá þeim rýmum sem kerfið á að þjóna, og einnig með tilliti til krafna um lofthraða í stokkunum. Loftið má ekki fara of hratt þar sem það veldur miklum hávaða í stokkum, beygjum, greinum, innblásturstækjum og útsogstækjum.

Í þessum kafla er fjallað um almennar forsendur hljóðtæknilegrar hönnunar á stokkakerfinu, einkum streymisskilyrði, lofthraða og þrýstifall. Einnig er gerð nánari grein fyrir hljóðmyndun í stokkum, lokum, innblásturstækjum og útsogstækjum. Fjallað er sérstaklega um blásarahljóð í kafla 4.

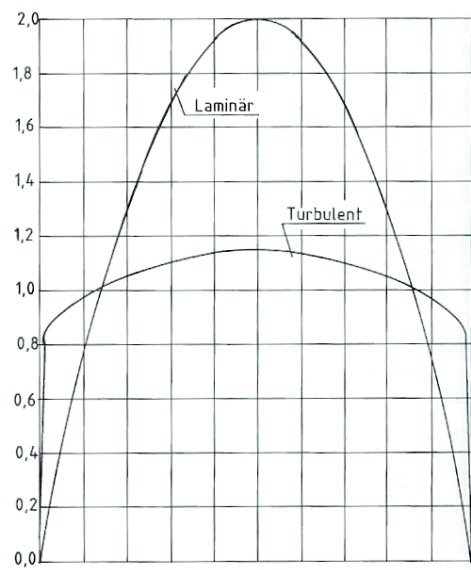
5.1.1 Iðustreymi og lygnustreymi

Í loftræsikerfi getur loftstraumurinn ýmist verið iðustraumur („turbulent“ straumur) eða lygnustraumur („laminer“ straumur). Lygnustreymi breytist í iðustreymi við ákveðin mörk sem ráðast af lofthraðanum og þversniði stokksins. Meginmunurinn á þessum tveimur streymisgerðum kemur fram í hraðadreifingu loftsins í þversniði stokksins.

Lygnustraumur eyðir minni orku og er hljóðlátari en iðustraumur. Því er lygnustraumur æskilegur. Sá böggull fylgir þó skammrifi að stokkarnir þurfa að vera svo stórir að lygnustreymið er ekki raunhæft nema í einstökum tilvikum. Stokkakerfi eru nánast alltaf hönnuð fyrir iðustreymi og verður hér því ekki frekar fjallað um lygnustreymi í loftræsikerfum.

Á myndinni er sýnd hraðadreifing loftsins í þversniði stokks þegar streymið breytist úr lygnustreymi í iðustreymi (þetta gerist þegar svokölluð Reynoldstala er 2320). Lóðrétti kvarðinn sýnir hraðamun þessara tveggja streymisgerða við sama meðalhraða. Iðustreymið er nær því jafnhvætt í öllu þversniðinu en lygnustreymið er nánast tvöfalt hraðara í miðju stokksins en iðustreymið en á hinn bóginn mjög hægt út við veggjastokksins.

Dreifing hraða í þversniði við lygnustreymi (laminer) og iðustreymi (turbulent).

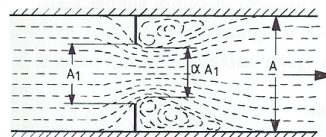


5.1.2 Loftstreymi við hindranir

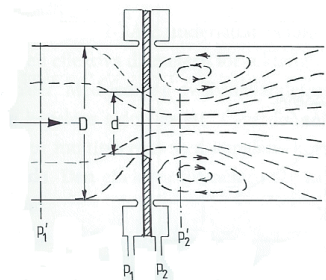
Loftstraumurinn í iðustreymi er tiltölulega jafn í beinum stokkum þar sem ekki eru brot eða hindranir. Þegar komið er að einhvers konar hindrunum truflast loftstreymið og þá myndast hljóð. Því ætti að forðast allar truflanir á loftstreymi eins og frekast er unnt. Hér á eftir eru sýnd nokkur dæmi um hindranir sem skapa hvirfilhreyfingu og geta myndað hljóð.

Þrenging

Þrengingarflans í stokki minnkar þversniðið og breytir hreyfingum loftsins. Til hliðar við þrenginguna verða til lofthvirflar sem síðan mynda hljóð. Áhrifin á loftstreymið eru mismikil eftir hraða loftsins í stokknum. A_1 táknar flatarmál gatsins í þrengingarflansinum og A_1 táknar nokkru minna svæði en gatið sjálft, sem loftstraumurinn getur nýtt sér eftir þrenginguna.



Streymi loftsins við þrengingu og við mæliflans.



Mæliflans

Æskilegt er að útbúnir séu fastir staðir til flæðismælinga í aðalstokkum og safnstokkum. Mæliflans veldur sams konar truflunum og þrengingarflans. Þrengt er að loftstraumnum og hvirflar myndast sem jafnframt valda hljóði. Við mæliflans er unnt að reikna út flæðið með því að mæla þrýstingsmuninn yfir flansinn. Mæliflansinn á að snúa þannig að hvassa brúnin í gatinu snúi upp í loftstrauminn. Þvermál stokksins er táknað með D og þvermál gatsins með d .

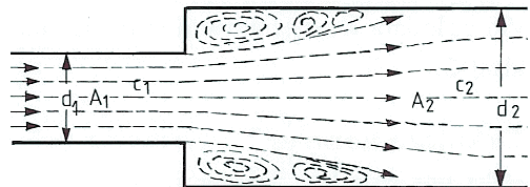
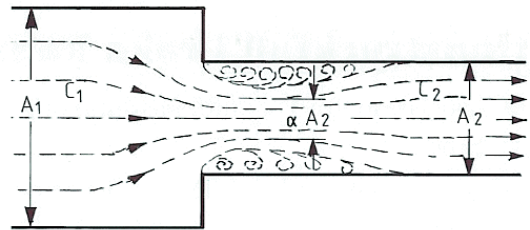
Minnkun þversniðs

Þar sem þversnið minnkar skyndilega þrengist um loftið og hvirflar myndast. Þversniðið sem loftstraumurinn getur nýtt sér (A_2) er háð lofthraðanum C_1 í stokknum fyrir minnkun þversniðsins.

Stækkun þversniðs

Við skyndilega stækkun þversniðs myndast einnig hvirflar sem valda hljóði.

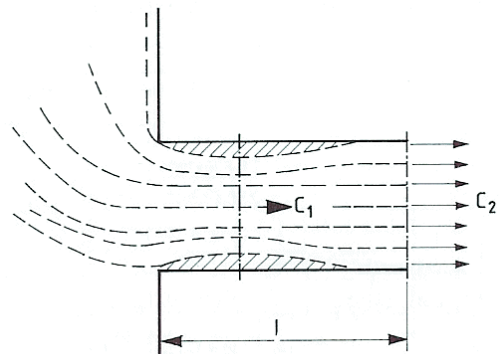
Streymi loftsins við skyndilegar þversniðsbreytingar.



Greining

Við greiningu minni stokks frá stærri stokki þrengist einnig að loftinu og hvirflar myndast. Við þrenginguna vex lofthraðinn.

Lofstreymi við greiningu.



5.1.3 Lofthraði

Lofthraði í stokkum hefur mikil áhrif á hljóðmyndunina. Því meiri sem hraðinn er, þeim mun meira heyrist í stokkum, beygjum, lokum, innblásturstækjum og útsogstækjum. Þess vegna er betra að loftið berist hægar, og varðar það bæði hljóðmyndun og orkunotkun. Ef reynt er að hafa lofthraðann mjög lítinn verða stokkarnir hins vegar stórir og dýrir, og einnig er meiri hættu á að virkni kerfisins verði óstöðug. Meðalhófið er best, og á það einnig við hér.

Góð hljóðhönnun byggist m.a. á vali stokkstærða sem miðast við að lofthraðinn fari ekki yfir ákveðið hámark. Krafa um hámarkshljóðstig í hverju einstöku rými ræður því hve mikinn lofthraða má leyfa í stokkunum.

Markgildi fyrir lofthraða

Línuritið sýnir sambandið milli hljóðstigs í herberginu og lofthraðans í mismunandi stökkum í stökkakerfinu. Myndirnar í línuritinu sýna venjulegt aðloftskerfi með innblásturstækjum á vegg, en línuritið má líka nota til leiðbeiningar um innblásturstæki sem staðsett eru á annan hátt, og fyrir fráloftskerfi.

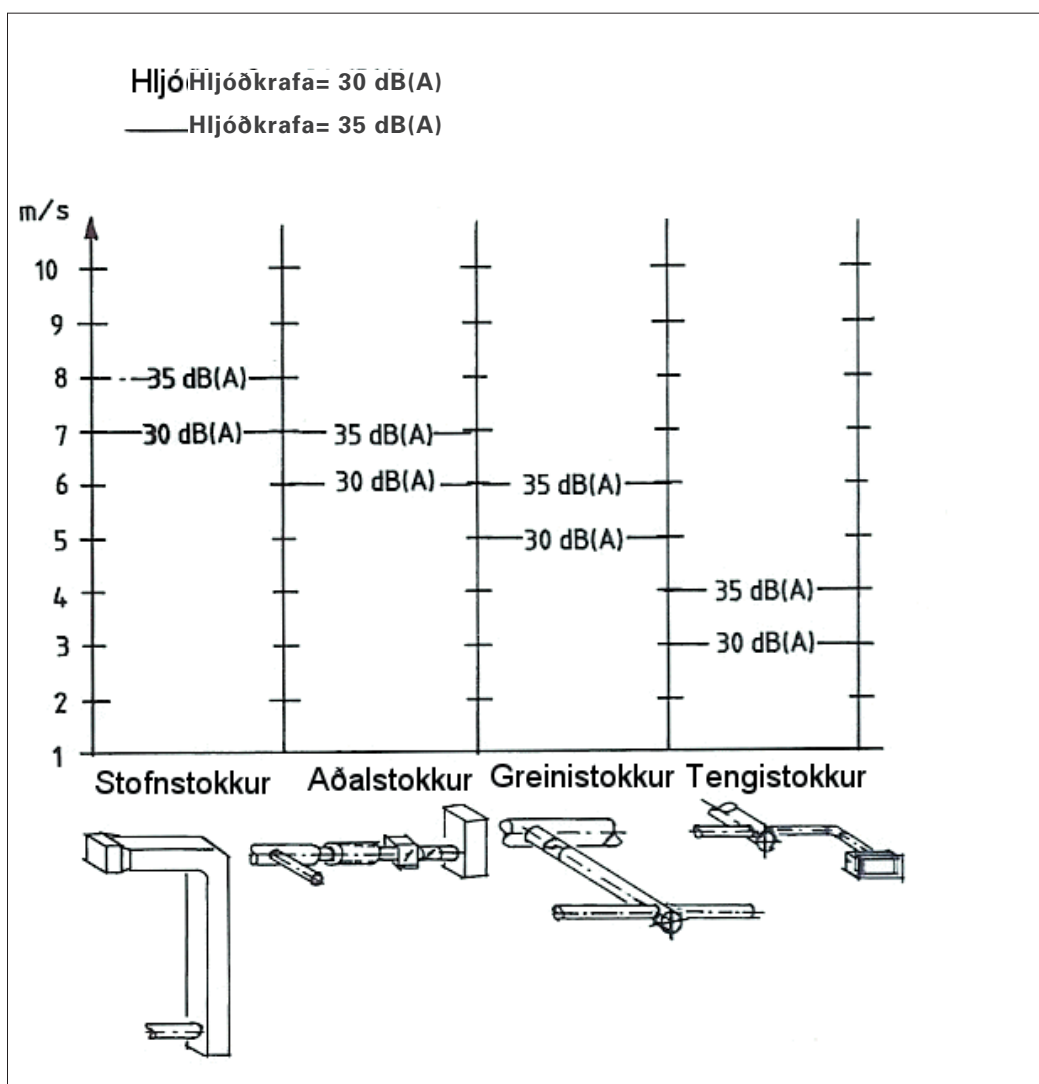
Eins og sjá má á línuritinu verður loftið að berast því hægar í stöknum sem nær dregur rýminu. Sýnt er markgildi lofthraðans fyrir hljóðstigskröfu 30 dB (A) og 35 dB (A) í rýminu. Ef krafan er 30 dB (A) má lofthraðinn ekki fara yfir eftirfarandi mörk:

í stofnstokki 7 m/s

í aðalstokki 6 m/s

í greinistokki 5 m/s

í tengistokki 3 m/s



Línuritið sýnir samband milli hraða loftsins í stökkakerfinu og hljóðstigs í rýminu.

5.2

Prýstifall

Prýstifall í stökkunum skiptir miklu við þrýstifallshönnun, og einnig við stillingu kerfisins.

Er þá bæði átt við „óbreytilegt“ þrýstifall sem myndast vegna núningsmótstöðu í stökkunum, og einnig „breytilegt“ þrýstifall sem verður í lokum, innblásturstækjum og útsogstækjum.

5.2.1 Útreikningur á þrýstifalli í stökkakerfi

Hér verður ekki farið sérstaklega yfir aðferðir við að reikna út þrýstifall í stökkakerfum. Þær aðferðir byggja annars vegar á því að reiknað er út þrýstifall vegna núningsmótstöðu í beinum stökkum, og hins vegar er bætt við þrýstifalli sem verður í beygjum, T-greinum og einingum sem breyta vídd stökkanna.

Að loknum þessum útreikningum á stökkakerfinu kemur að þrýstifallinu í innblásturs- og útsogstækjum. Þar þarf að taka sérstaklega tillit til hljóðtæknilegra atriða og verður því sérstaklega fjallað um þrýstifall í slíkum tækjum hér á eftir.

5.2.2 Þrýstifall í innblásturs- og útsogstækjum

Innblásturs- og útsogstæki verður að velja með hliðsjón af upplýsingum framleiðanda um loftmagn og þrýstifall (og kastlengd). Loftmagnið ræður auðvitað stærð tækisins, en hljóðkröfur í rýminu ráða miklu um endanlegt val.

Grundvallarregla er að velja tæki sem gefa 5 dB (A) lægra hljóðstig eftir þrengingu heldur en krafan um hæsta hljóðstig í herberginu segir til um. Sem dæmi má nefna rými með kröfu um að hljóðstig fari ekki yfir 35 dB (A), en þá ætti ekki að velja tæki sem gefa hærra hljóðstig en 30 dB (A). Þetta stafar af því að hljóðið frá tækjunum bætist við það hljóð sem myndast í stökkakerfinu og það hljóð sem berst frá blásaranum eftir stökkunum.

Þrýstifall í „hönnunartækinu“

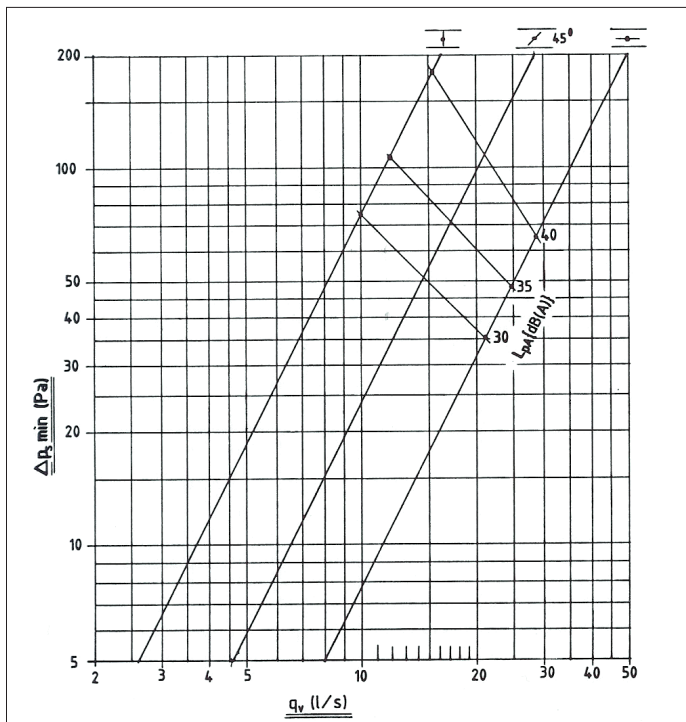
„Hönnunartækið“ er viðmið fyrir þrýstifallið í hinum innblásturs- og útsogstækjunum. Þetta tæki ætti helst að hafa þrýstifall sem nemur um 40 Pa til þess að kerfið verði stöðugt og ekki fyrir allt of miklum áhrifum af því að dyr eða gluggar séu opnuð. Þetta er sérstaklega mikilvægt fyrir aðloftskerfi.

Önnur tæki á sama stökki

Þrýstifallið fyrir önnur tæki á sama aðal- eða greinistokki ætti að vera eins nálægt „hönnunartækinu“ og unnt er. Þrýstifallið verður þó sjaldan nákvæmlega það sama yfir öll tækin. Vel viðunandi er að vinna með þrýstingsmun á bilinu 20-30 Pa, en helst ekki meiri, til þess að fá rétt loftmagn. Þrýstifallið í tækinu eftir stillingu með þrengingu verður þá um $40 + 30 = 70$ Pa. Ef þrýstifallið verður meira en þetta er hætt á að hljóðstigið í rýminu verði of hátt. Ef þörf er á miklu þrýstifalli er æskilegra að staðsetja þrengingar eða lokur í tengi-stökkunum.

Gögn framleiðenda um hljóðmyndun

Meðfylgjandi línurit er gott dæmi um gögn framleiðanda um hljóðmyndun í innblásturs- eða útsogstæki. Sé t.d. gerð krafa um að loftmagn sé 12 l/s má lesa aukningu hljóðsins í tækinu þegar þrýstifallið er aukið úr 40 Pa í 60 Pa. Við minni þrenginguna er hljóðstigið um 27 dB (A) en við meiri þrenginguna um 30 dB (A). Ef krafan um hljóðstig í rýminu er 35 dB (A) eru bæði tækin innan markanna.



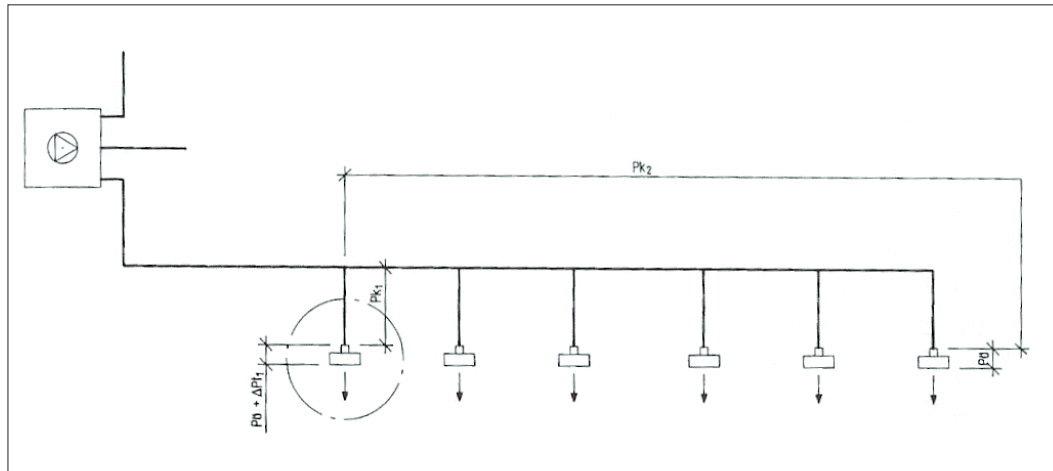
Dæmi um gögn framleiðanda um hljóðmyndun í innblásturs- eða útsogstækjum

Dæmi um stillingu á innblásturstækjum

Á myndinni er sýnd röð af innblásturstækjum sem öll eiga að flytja sama loftmagn. Innblástursækið sem lengst er í burtu verður „hönnunartækið“ og er það minnst lokað. Þrengingin verður að vera því meiri í hinum tækjunum, því nær sem þau eru blásaranum, til þess að vega upp á móti minna þrýstifalli í stokknum og T-tengingunum. Þrýstifallið á hverjum stað er þrýstifallið að innblásturstækinu + þrýstifallið fyrir hönnunartækið + viðbótarþrýstifall á hverjum stað. Fyrir stað 1 á skýringarmyndinni má þannig skrifa eftirfarandi jöfnu:

$$p_{k1} + (p_o + \Delta p_1) = p_{k2} + p_o$$

þar sem Δp_1 er nauðsynlegt viðbótarþrýstifall á stað 1 Síðan má lesa hljóðstigið frá tækinu í dB (A) úr gögnum framleiðanda út frá útreiknuðu mesta þrýstifalli.



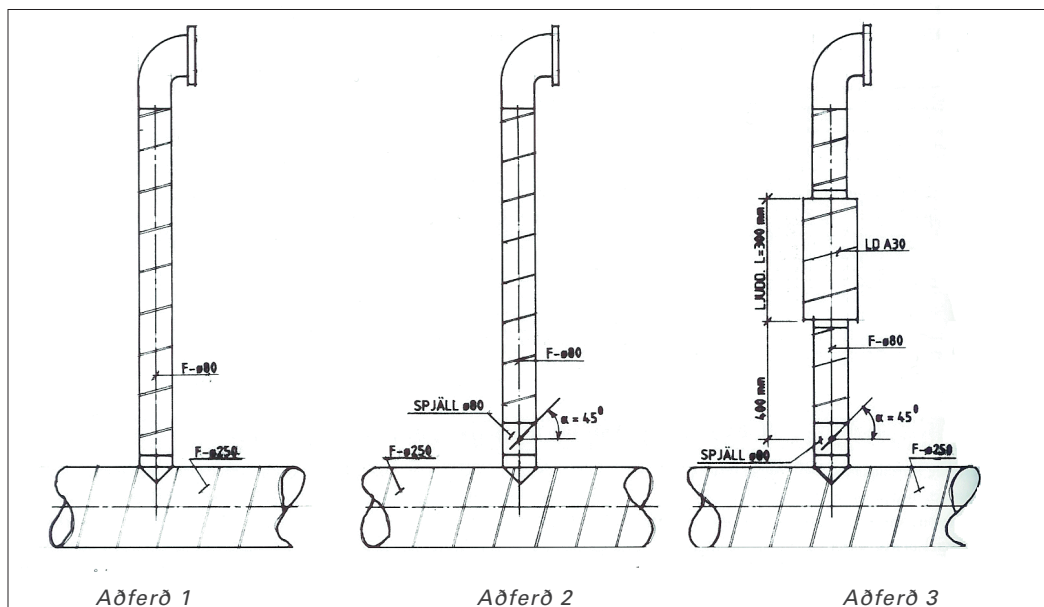
Þrýstifallið á að vera jafnmikið fyrir best staðsetta og lakast staðsetta innblásturstækið. Nauðsynleg þrenging loftopsins veldur hljóðmyndun sem framleiðendur gefa upplýsingar um.

5.3 Dæmi um þrýstifallshönnun og hljóðmyndun

Hér á eftir eru gefin dæmi um stillingu á þrýstifalli, staðsetningu spjaldloka og hljóðmyndun.

5.3.1 Hljóðmyndun við mismunandi aðferðir við stillingu þrýstifalls

Dæmið sýnir mismun á hljóðstigi í rými þar sem tilskildu þrýstifall er náð með mismunandi aðferðum. Þetta er einungis stakt dæmi, en stærðargráðan sem hér verður á mismun hljóðstigs er ekki óalgeng þegar bornar eru saman rétt og röng aðferð við að mynda þrýstifall.



Með aðferð nr. 1 er allt þrýstifallið tekið yfir fráloftstækið sjálft. Hljóðstig í rýminu verður þá um 43 dB (A).

Með aðferð nr. 2 er komið fyrir spjaldloku í tengistokknum og hluti þrýstifallsins tekinn þar; það lækkar hljóðstigið niður í 40 dB (A).

Með aðferð nr. 3 er sérvalinn hljóðdeyfir settur rýmismegin við spjaldlokuna og lækkar þá hljóðstigið í rýminu enn frekar, þ.e. niður í 35 dB (A).

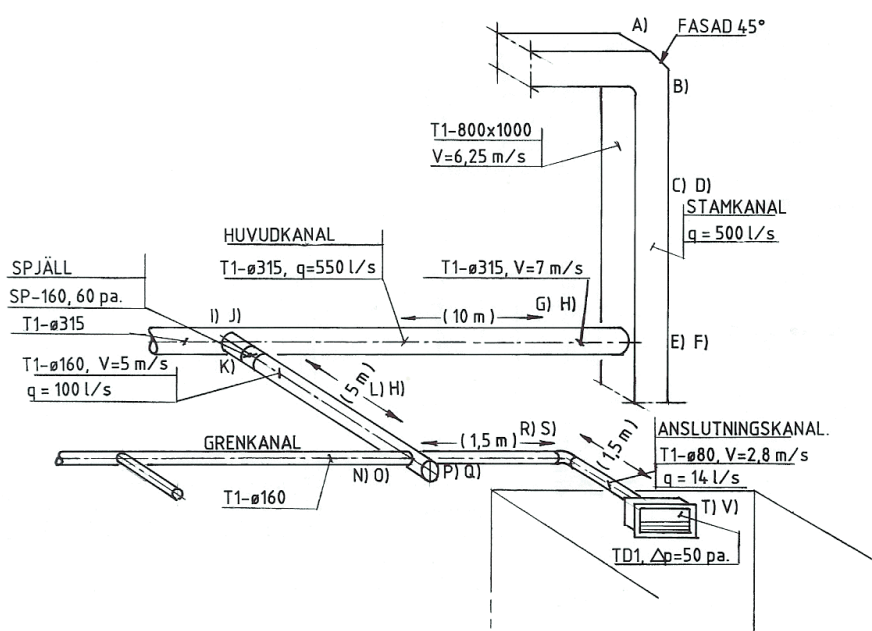
5.4 Stokkhljóð

Hugtakið stokkhljóð nær yfir það hljóð sem myndast alls staðar í stökkakerfinu, frá blásarasamstæðu að útblásturs- og útsogstækjum. Hinir ýmsu hlutar stökkakerfisins mynda hljóð, en deyfa hljóð líka. Sömu aðferðir eiga við, hvort sem um er að ræða aðloftskerfi eða fráloftskerfi.

Það er fyrst og fremst lofthraðinn í stökkunum sem myndar hljóð í eftirtöldu:

- beinum stökkum*
- stokkhlutum þar sem þversnið breytist*
- beygjum*
- greinum*

Hljóðmyndun vex með auknum lofthraða. Hér verður fjallað um hljóð í spjaldlokum og í innblásturs- og útsogstækjum. Blásarahljóðið berst líka eftir stökkunum, og því eru einkum gerð skil í sérstökum kafla um blásara. Þar er líka fjallað um tengistokkinn yfir í aðalhljóðdeyfinn. Greint er sérstaklega frá hljóðdeyfum, bæði aðalhljóðdeyfum og aukahljóðdeyfum.



5.5 Beinir stokkar

Í beinum stokkum getur hljóð bæði myndast og deyfist, og einnig borist út í gegnum stokkinn.

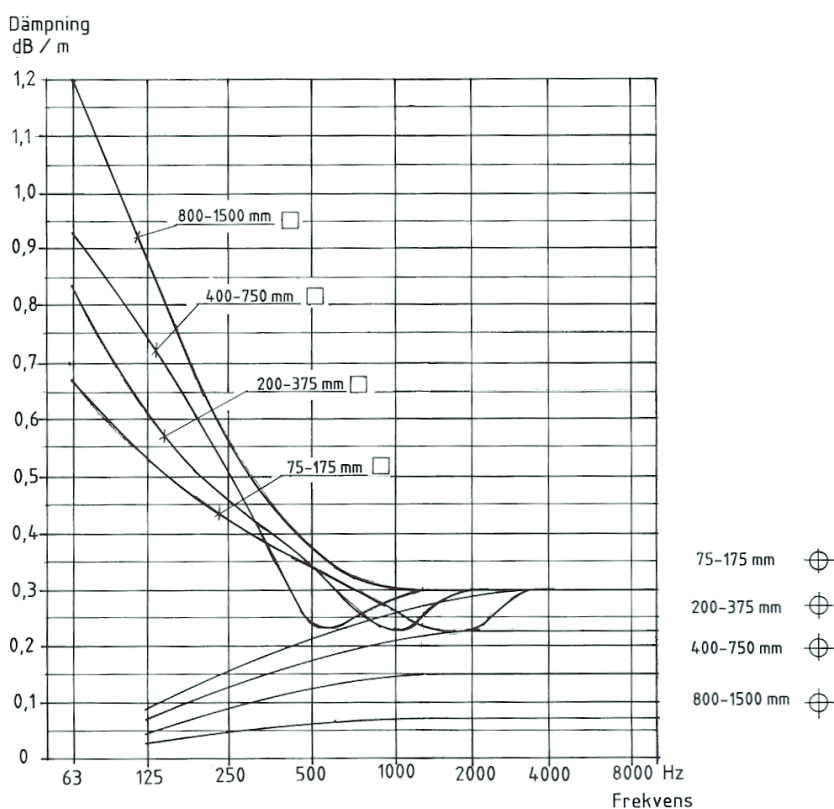
5.5.1 Hljóðdeyfing í beinum stokki

Hljóð deyfist í beinum stokkum. Deyfingin er tvenns konar, himnudeyfing („membran“ deyfing) og iðudeyfing („turbulent“ deyfing). Í óeinangruðum, beinum stokkum er það einkum himnudeyfingin sem skiptir máli. Iðudeyfingin er hins vegar hverfandi lítil. Í stokkum sem eru einangraðir að innanverðu er iðudeyfingin á hinn bóginn talsvert mikil. Við val á einangrunarefnum þarf að gæta þess að hreinsun stokkanna verði nokkuð auðveld og efnin gefi ekki frá sér trefjar út í loftstrauminn. Framleiðendurnir geta gefið upplýsingar um hljóðdeyfieiginleika einangrunarefna.

Himnudeyfing

Með himnudeyfingu er átt við að hljóðið í stokknum valdi titringi á blikkinu í veggjum stokksins og taki þar með orku frá hljóðinu. Þessi orka breytist síðan í varmaorku vegna beygjumótstöðu blikksins, og einnig verður mótstaða á tengingum þar sem titringur breytist í varma. Himnudeyfing er mest áberandi í réttthyrndum stokkum og við lága tíðni. Blikkið í sívölum stokkum er stífara, og umrædd deyfing er þess vegna minni í slíkum stokkum, en hún er samt til staðar í einhverjum mæli. Titningsorkan má þó ekki verða of mikil því að þá er hættu á samhljómun („resónans“) í blikkinu, sem þá getur magnað hljóðið í stað þess að deyfa það. Algengt er að samhljómun í stórum, réttthyrndum stokkum valdi vandræðum við lága tíðni.

Línurit 5.5.1 sýnir himnudeyfingu í stokkum.



Lofthraði

Lofthraðinn ræður mestu um hvort hættu er á samhljómun í blikkflötum stokksins.

Rétt er að mæla með því að hraðinn fari ekki yfir ákveðin mörk, en þau eru:

um 7.5 m/s í rétthyrndum stokkum

um 11 m/s í sívölum stokkum

Lofthraðinn í stokkum sem eru byggðir inn í lóðrétt lagnagöng með léttum veggjum ætti að vera enn minni vegna þess að léttir veggir eru lítt til þess fallnir að deyfa titring. Í slíkum tilvikum ætti lofthraðinn ekki að vera meiri en 5 m/s í rétthyrndum stokkum og ekki meiri en 10 m/s í sívölum stokkum.

Línurit fyrir himnudeyfangu

Línurit 5.5.1 sýnir himnudeyfangu í rétthyrndum og sívölum stokkum við mismunandi tíðni og mismunandi stokkstærðir. Deyfingin í óeinangruðum stokkum er reiknuð út frá raunverulegri lengd þeirra. Deyfingin er ekki sérlega mikil í hverjum einstökum stokkbút, en þegar allir beinu kaflarnir í heilu stokkakerfi eru lagðir saman getur vel munað um þessi desíbel.

Iðudeyfang

Iðudeyfingin er hverfandi lítil í óeinangruðum stokkum. Í stokkum sem einangraðir eru að innanverðu er iðudeyfingin hins vegar veruleg. Sérstaklega er þessi deyfing mikil við hærri tíðni en 1000 rið.

ÁTTUNDIR (rið)		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Deyfing í áttundum (dB)									
Stokkstærð	Stokklengd								
150 x 150 mm	1m	0	0	0	2	9	6	6	2
	2m	1	0	2	1	13	6	8	2
150 x 300 mm	1m	0	0	0	2	8	5	5	2
	2m	1	1	0	2	11	5	6	2
200 x 200 mm	1m	0	0	0	2	9	6	6	2
	2m	1	1	0	2	13	6	8	2
200 x 400 mm	1m	0	0	0	2	9	6	6	2
	2m	1	1	0	2	11	5	6	2
300 x 300 mm	1m	0	0	0	2	6	4	4	1
	2m	1	1	0	2	9	4	5	1
300 x 600 mm	1m	0	0	0	1	6	3	3	1
	2m	1	1	0	1	8	3	5	1
400 x 400 mm	1m	0	0	0	2	6	4	4	1
	2m	1	1	0	2	9	4	5	1
400 x 800 mm	1m	0	0	0	1	6	3	3	1
	2m	1	1	0	1	8	3	5	1

Taflan sýnir dæmi um iðudeyfangu í rétthyrndum stokkum sem einangraðir eru að innanverðu með 15 mm svampkenndu einangrunarefni. Deyfingin reiknast í mesta lagi fyrir 2m stökk þótt hann sé í rauninni mun lengri. Líta má þannig á deyfinguna að hún „mettist“.

Hér eru sýnd nokkur dæmi um iðudeygingu í stokkum sem eru einangraðir að innanverðu. Í töflunni hér að framan er miðað við 15 mm þykkt svampkennt einangrunarefni sem ekki gefur frá sér neinar trefjaagnir út í loftstrauminn. Í línuritunum er hins vegar miðað við 50 mm steinullareinangrun.

Skýringar við línuritun á næstu síðum:

Línuritun sýna hljóðdeygingu í áttundum eftir stokklengdina 1-5 m á rétthyrndum stokkum með mismunandi stórt, virkt þvermál:

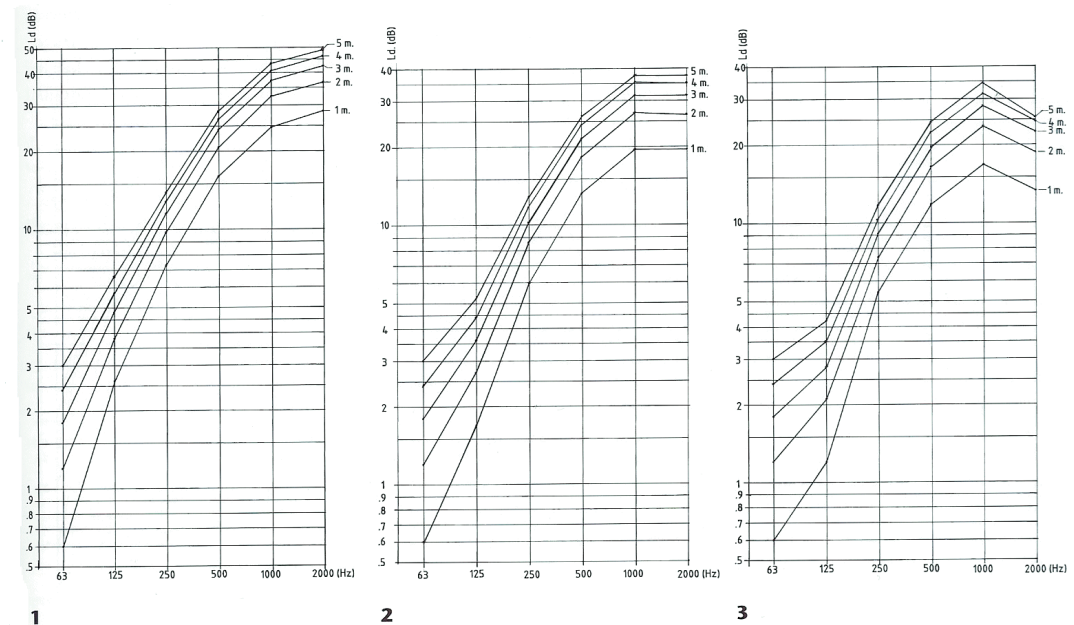
- 1 Virkt þvermál 100 mm
- 2 Virkt þvermál 200 mm
- 3 Virkt þvermál 300 mm
- 4 Virkt þvermál 400 mm
- 5 Virkt þvermál 500 mm
- 6 Virkt þvermál 600 mm
- 7 Virkt þvermál 700 mm
- 8 Virkt þvermál 800 mm
- 9 Virkt þvermál 900 mm

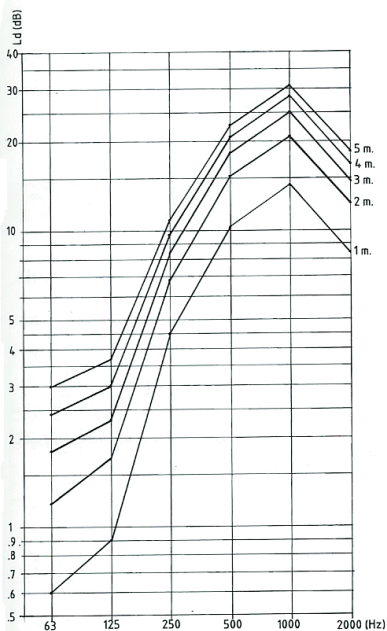
Virkt þvermál á rétthyrndum stokkum er reiknað út á eftirfarandi hátt:

$$d_{\text{eff}} = 1.09 \cdot A \cdot (B/A)^{0.455}$$

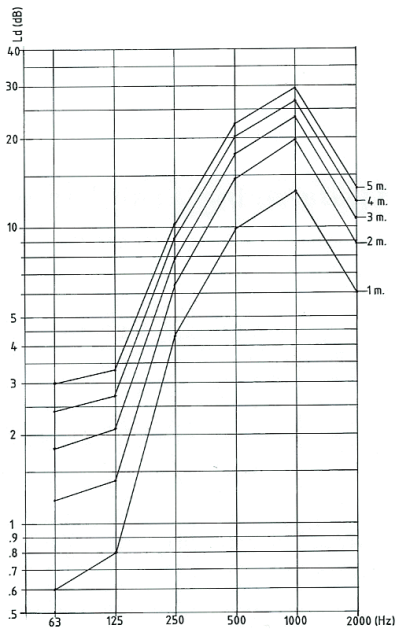
þar sem

A og B eru hliðarlengdir í rétthyrndum stokki og B er stærra en A

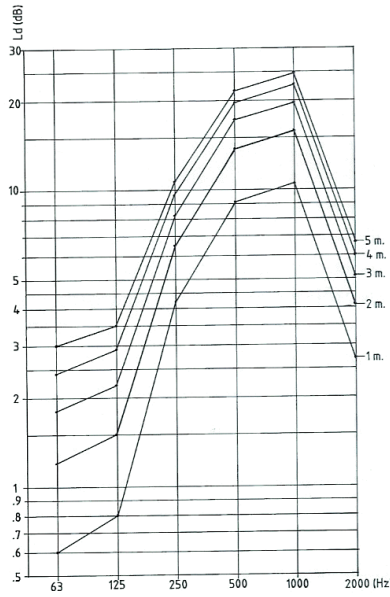




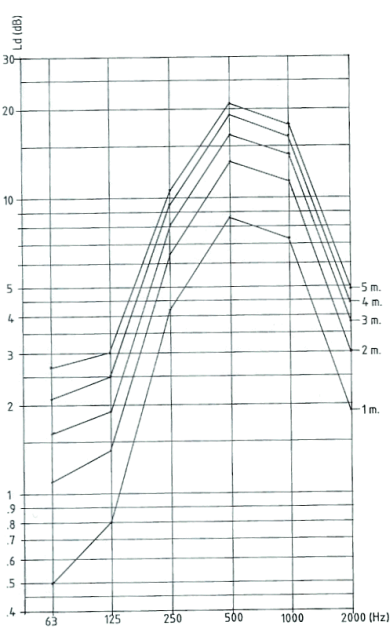
4



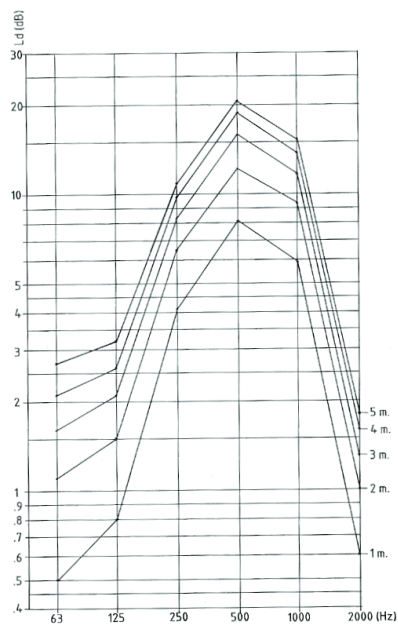
5



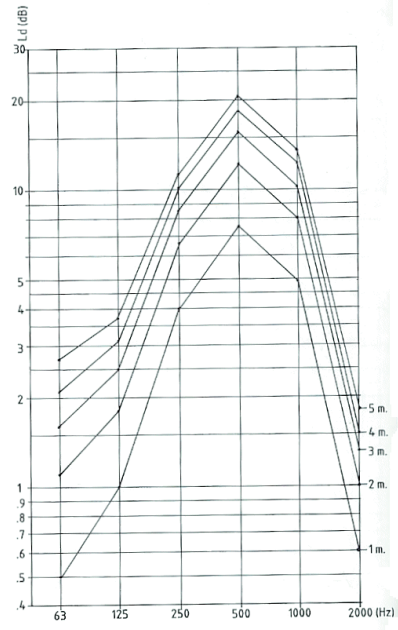
6



7



8



9

Íðudeyging með 50 mm steinullareinangrun að innanverðu. Sjá skýringartöflu um stærð stokka.

5.5.2 Hljóðmyndun í beinum stokki

Núningur loftins við yfirborð stokksins veldur þrýstifalli sem ræðst af lofthraðanum, stærð stokksins og viðnámsstuðli stokksins. Hljóðmyndunin er síðan í beinu hlutfalli við viðnámsþrýstifallið í stokknum. Nú er viðnámsstuðullinn fyrir blikk í blikkstokkum nokkurn veginn sá sami fyrir alla stokka, og því má í raun segja að hljóðmyndunin sé einungis háð lofthraðanum og stokkstærðinni.

Stilla má upp jöfnu sem gefur hljóðmyndunina sem hljóðafsstig í dB:

$$L_{w,tot} = 10 + 50 \log(v) + 10 \log(A)$$

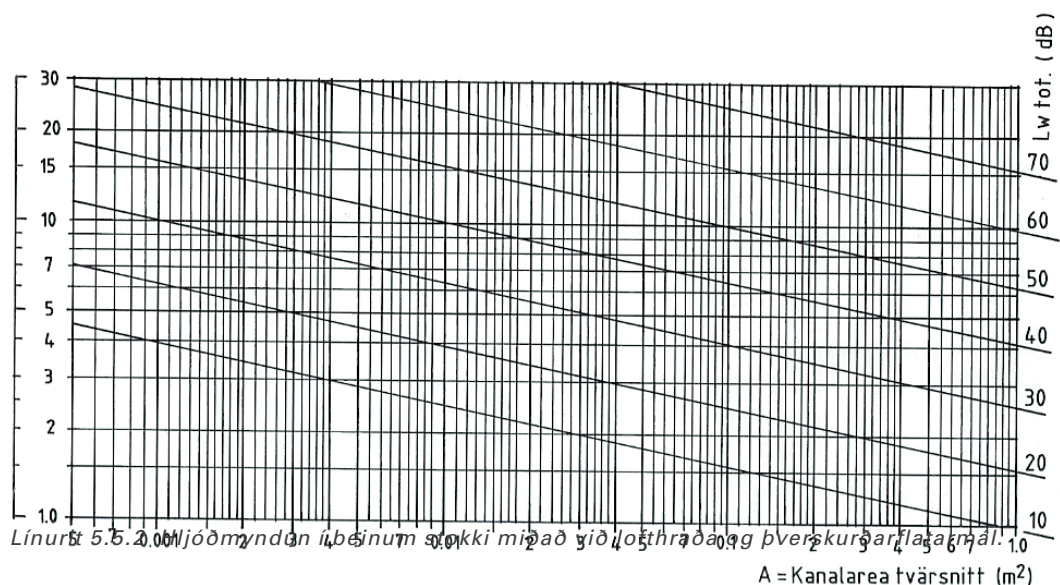
þar sem v er lofthraðinn í m/s

og A er raunverulegt þversniðsflatarmál stokksins í m^2

Þessa jöfnu má líka sýna sem línuritið hér fyrir neðan. Línuritið má bæði nota fyrir réttthyrnda og sívala stokka. Ef tekið er sem dæmi að þverflatarmál stokksins sé 0.02 m^2 og lofthraðinn 5 m/s má lesa af línuritinu $L_{w,tot} = 28$ dB, og jafnan gefur útreiknað hljóðafsstig 27.9 dB.

Tíðnidreifing í áttundum fæst með því að leggja saman $L_{w,tot}$ og leiðréttinguna sem gefin er í töflunni hér að neðan:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Leiðrétting í áttundum (dB)	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-15	-20



5.5.3 Hljóðleiðni í gegnum beinan stökk

Unnt er að reikna út það hljóðafsstig sem hljóðleiðni út gegnum loftstokka veldur í því rými sem stökkurinn liggur um. Í stökknum er hljóðafsstig sem stafar af blásarahljóði og stökkhljóði. Hljóðleiðnin yfir í rýmið er háð eftirfarandi þáttum:

hljóðdeyfitölu stökkveggjarins
flatarmáli stokkyfirborðs sem snýr út í rýmið
þversniði stokksins

Hljóðdeyfingin í rýminu hefur síðan áhrif á hljóðþrýstingsstigið þar (L_p).

Jafnan fyrir hljóðþrýstingsstig í rými vegna hljóðleiðni gegnum loftræsisstökk er þessi:

$$L_{p,rými} = L_{w,in} - R + 10 \cdot \log(S_t) - 4 \text{ dB}$$

þar sem

$L_{p,rými}$ er hljóðþrýstingsstigið í rýminu (dB)

$L_{w,in}$ er hljóðafsstigið í stökknum þar sem hann kemur að rýminu (dB)

R er hljóðdeyfitala stökkveggjarins (dB)

S_t er heildarflötur stokkyfirborðs í rýminu (m^2)

-4 dB er leiðrétting vegna staðlaðs hljóðisogs í rýminu, 10 m^2 (dB)

Hér verður ekki skýrt hvernig R er ákvarðað fyrir mismunandi þykkt blikk en upplýsingar um það má finna í ýmsum handbókum.

Einangrun stokka

Ef hljóðleiðni gegnum stökkinn veldur vandræðum má til dæmis einangra hann að utanverðu með steinull. Ef það dugir ekki má klæða steinullina með kápu úr þunnu áli (0.9 mm) eða jafnvel með einu eða tveimur lögum af 13 mm gífsplötum.

5.6 Breytingar á þversniði

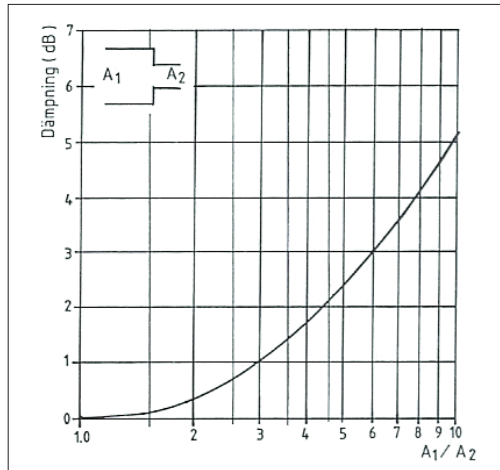
Blásarahljóð og stökkhljóð deyfist við breytingar á þversniði. Einnig myndast hljóð við breytingu úr einni stökkstærð í aðra. Breyting á þversniði á helst að vera keilulaga og hafa rétt keiluhorn. Við breytingu úr stærra þversniði í minna ætti hornið að vera 30° en við breytingu úr minna þversniði í stærra ætti það að vera 20° . Breytingar með skörpum brúnum mynda mun meira hljóð en rétt gerðar keilulaga breytingar á þversniði.

5.6.1 Hljóðdeyfing í breytingum á þversniði

Hljóð í stökkum deyfist við breytingar á þversniði. Deyfingin er svokölluð endurkastdeyfing því að hluti hljóðsins kastast til baka í stað þess að halda áfram. Í breytingum á þversniði með hvössum brúnum ræðst deyfingin af hlutfalli þversniðanna fyrir og eftir breytinguna. Deyfinguna má reikna út með jöfnunni

$$\Delta L = 10 \cdot \log \left(\frac{(A_1 / A_2 + 1)^2}{4 \cdot A_1 / A_2} \right) \text{ (dB)}_1 \quad 2$$

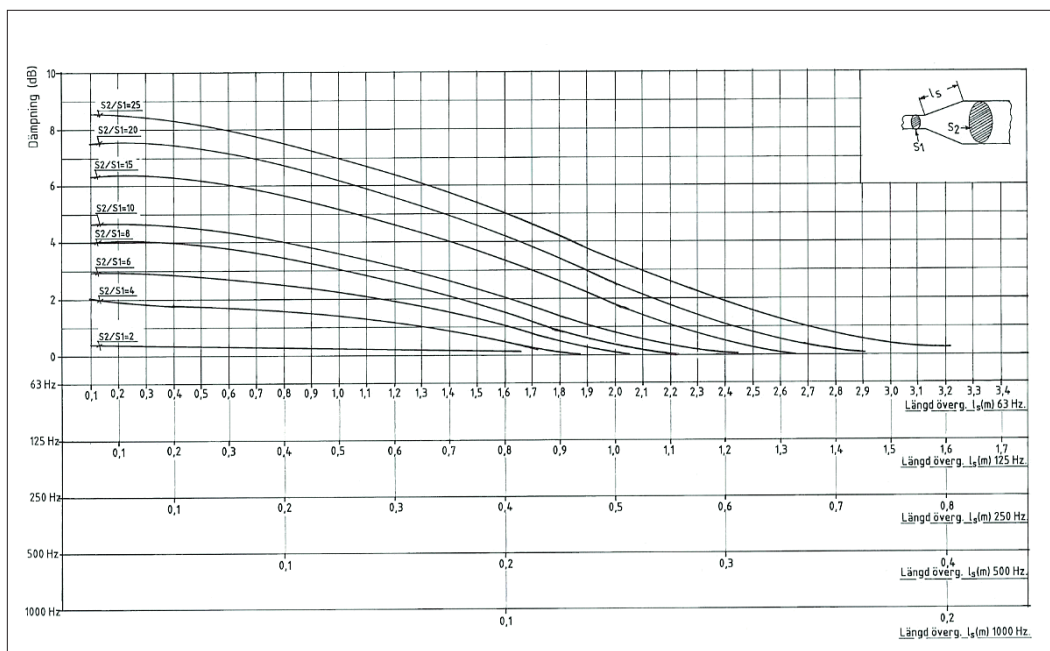
Einnig má lesa þessa deyfingu beint af línuriti 5.6.1 sem er dregið samkvæmt þessari jöfnu. Hjjóðdeyfingin telst vera sú sama fyrir allar áttundir.



Línurit 5.6.1 Deyfing vegna minnkunar þversniðs með hvössum brúnum.

línurit fyrir deyfingu við keilulaga stækkun á þversniði

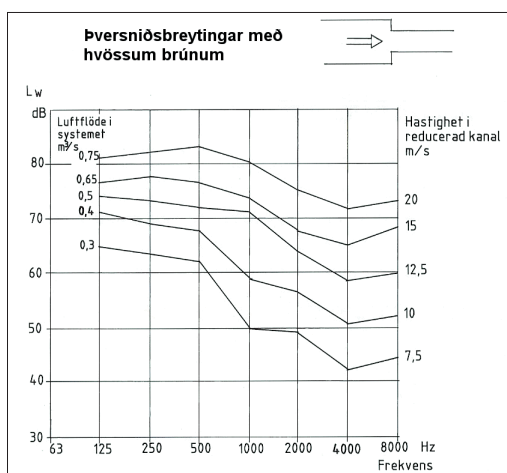
Nokkru flóknara er að sýna deyfinguna fyrir keilulaga stækkun með lengd l_s og þversniðshlutfallið S_1 / S_2 , en unnt er að lesa deyfinguna af línuritinu hér að neðan. Deyfingin er mismunandi fyrir áttundirnar 63 rið-1000 rið, en hverfandi lítil við hærri tíðni. Við stutta lengd og mikinn mun á þversniði getur deyfingin orðið talsvert mikil.



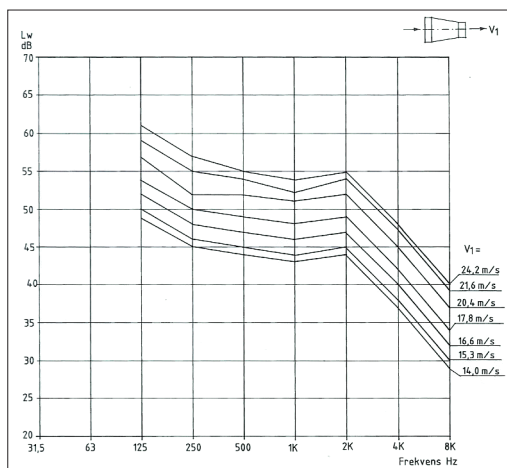
Línurit 5.6.2 Deyfing við keilulaga stækkun á þversniði

5.6.2 Hljóðmyndun þar sem þversniði er breytt

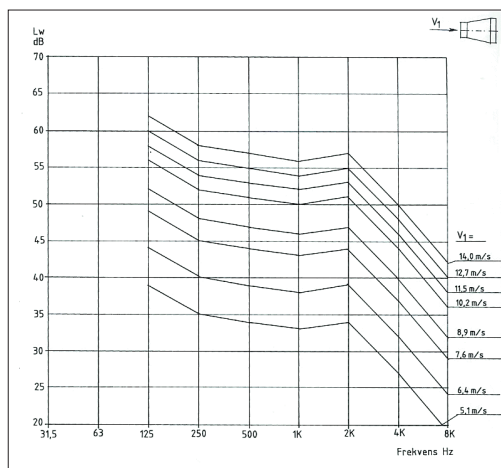
Hljóð myndast við breytingu á þversniði stokks, einkum ef skarpar brúnir koma fram við breytinguna. Hljóðmyndunin er hins vegar lítil við keilulaga breytingu á þversniði. Af línuritunum þremur hér að neðan má lesa um myndun hljóðs við keilulaga breytingar á þversniði og breytingar með skörpum brúnum. Mikill munur er á þessu tvennu. Sem dæmi má taka hljóðmyndun við 250 rið og lofthraðann 20 m/s. Þá myndast 82 dB hljóð við breytingu þversniðs þar sem brúnir eru hvassar, en aðeins 52 dB við keilulaga breytingu þversniðs.



Línurit 5.6.3 Hljóðmyndun við minnkun á þversniði með hvössum brúnum.



Línurit 5.6.4 Hljóðmyndun við keilulaga minnkun á þversniði.



Línurit 5.6.5 Hljóðmyndun við keilulaga stækkun á þversniði.

5.7 Beygjur

Blásarahljóð og stokkhljóð deyfist í beygjum. Hins vegar myndast líka hljóð í þeim þegar loftið breytir um stefnu. Lofthraðinn og stokkstærðin ráða mestu um hljóðafsstigið við mismunandi áttundir. Við beygjur verður sem sagt bæði hljóðmyndun og hljóðdeyfung.

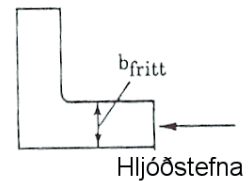
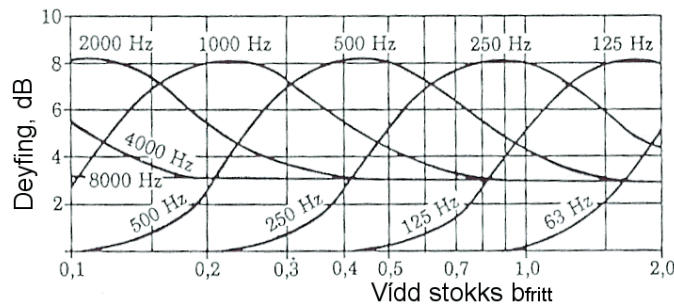
5.7.1 Hljóðdeyfung í beygjum

Hljóð í stokkum endurkastast og deyfist við beygjur. Endurkastið ræðst af hlutfallinu millibylgju-lengdar hljóðsins og stærðar stokksins og breytist því með tíðninni. Talsvert getur munað um þessa deyfungu í 90° skörpum beygjum á réttthyrndum stokkum en hins vegar lítið í mjúkum beygjum á sívölum stokkum. Af eftirfarandi línuriti er hægt að lesa deyfinguna við mismunandi tíðni út frá stærð þversniðsins, b_{fritt} . Með stærðinni er hér átt við

hæð stokksins við lóðréttar beygjur
breidd stokksins við láréttar beygjur

Sem dæmi má taka $b_{fritt} = 0.4$ m, en þá má lesa eftirfarandi deyfungu af línuritinu:

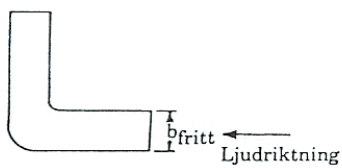
- 63 rið = 0 dB
- 125 rið = 0 dB
- 250 rið = 3 dB
- 500 rið = 8 dB o.s.frv.



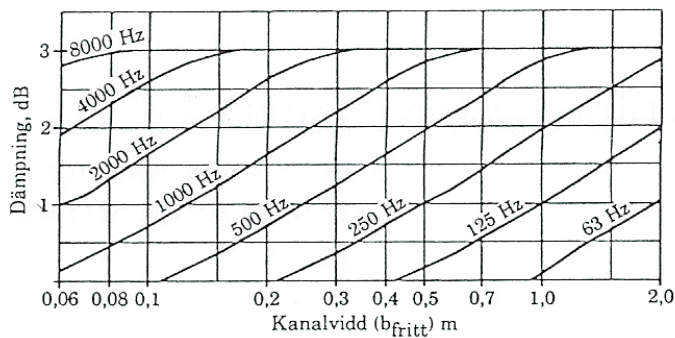
Línurit 5.7.1 Hljóðdeyfung í réttthyrndum stokkum við beygju með hvössum brúnum.

Réttthyrndir og sívalir stokkar með mjúkum beygjum

Eins og áður segir er deyfingin ekki mikil í réttthyrndum stokkum með „ytri ríðius“ í beygjum eða í sívölum stokkum með mjúkum beygjum. Deyfingin vex með vaxandi tíðni hljóðsins en verður þó aldrei meiri en u.þ.b. 3 dB. Línuritið sýnir hljóðdeyfinguna út frá þversniðsstærðinni b_{fritt} í rétt-hyrndum stokkum, en hún jafngildir þvermálinu í sívölum stokkum.

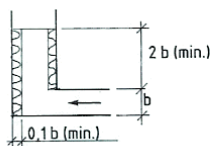


Línurit 5.7.2 Hljóðdeyfing í rétthyrndum og sívölum stökkum með mjúkum beygjum.

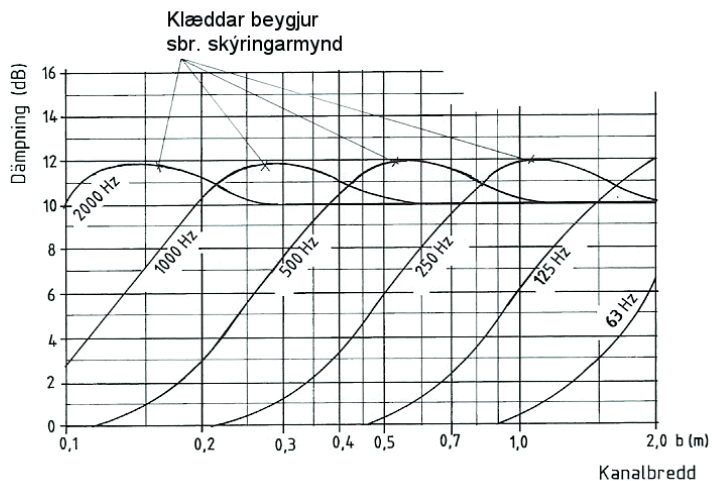


Rétthyrndir stokkar með einangrunarklæddum beygjum

Í vissum tilvikum er hægt að einangra stökkbeygjur að innanverðu með efnum sem ekki gefa trefjaagnir út í loftstrauminn. Þetta eykur að sjálfsgöðu deyfinguna sé miðað við óeinangraðar beygjur. Línuritið sýnir hljóðdeyfinguna í einangruðum beygjum út frá b_{fritt} í rétthyrndum stökkum, og þá skiptir ekki máli hvort beygjan er



Línurit 5.7.3 Hljóðdeyfing í rétthyrndum stökkum með einangrunarklæddum beygjum.



5.7.2 Hljóðmyndun í beygjum

Mestu munar um hljóðmyndun í beygjum ef stokkar eru þröngir. Í víðum, sívölum stökkum skiptir hljóðmyndunin engu ef borið er saman við blásarahljóð og stökkhljóð sem fyrir er.

Á línuriti 5.7.4 er sýnt hljóðaflsstigið í áttundum í sívölum stökkum með gúmmíþéttingum. Mesta þvermál stokks er 160 mm. Hljóðaflsstigið ræðst af loftmagni, lofthraða og stökkstærð.

Dæmi:

Loftmagn 120 l/s, lofthraði
6 m/s og þvermál stokks
160 mm. Af línuritinu
má lesa eftirfarandi
hljóðafsstig fyrir hljóð-
myndunina:

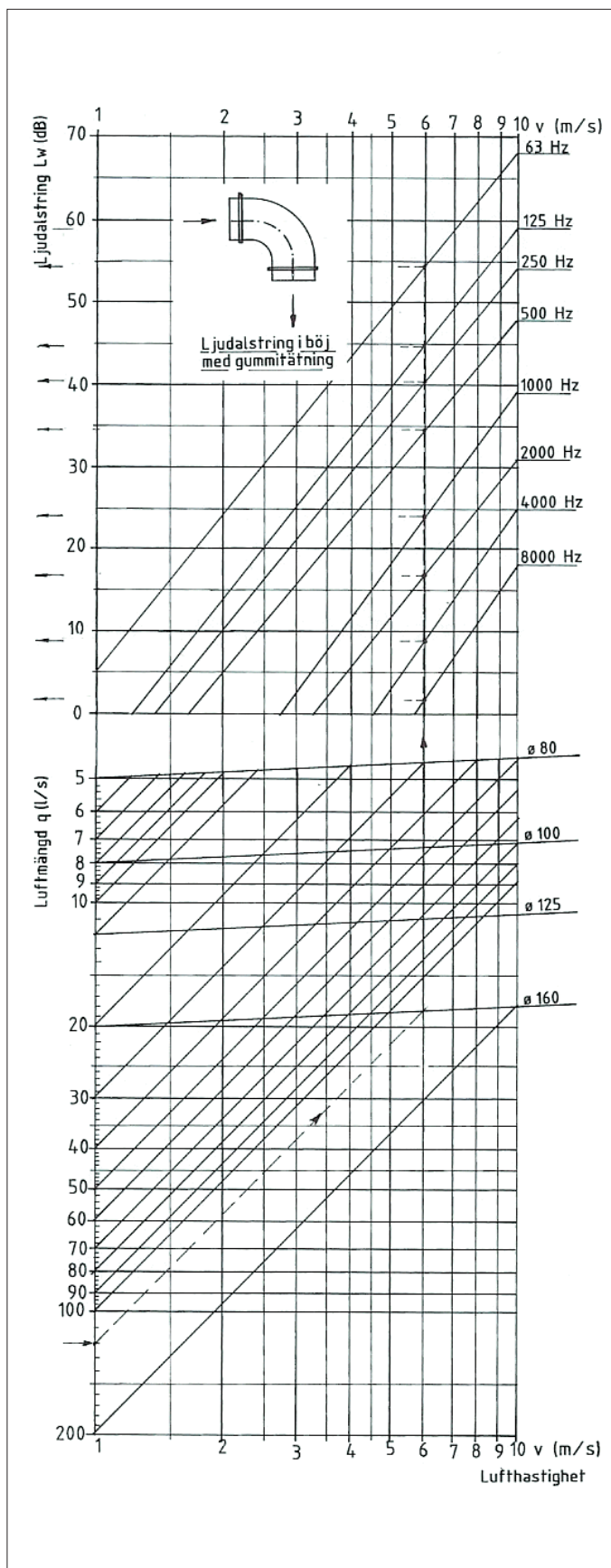
63 rið:

$L_W = 54$ dB

125 rið: $L_W = 45$ dB

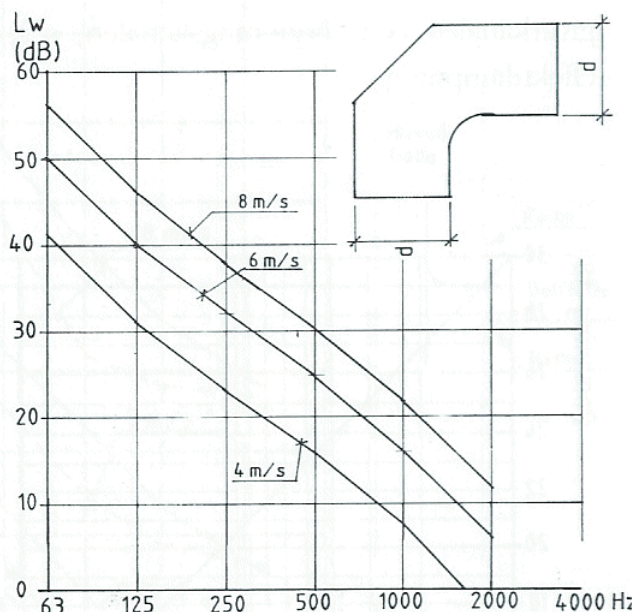
o.s.frv.

Línurit 5.7.4 Hljóðmyndum
í litlum, sívölum stokkum
með gúmmíþéttingu.
Stærsta þvermál er 160 mm.



Á línuriti 5.7.5 er sýnt hljóðafsstigið í áttundum í rétthyrndum stökkum með fösuðum beygjum. Hljóðafsstigið ræðst af lofthraðanum. Línuritið á við um stokka þar sem d er stærra 300 mm.

Í minni stökkum myndast meira hljóð og þá má nota línurit 5.7.4 í staðinn.



Línurit 5.7.5 Hljóðmyndum í rétthyrndum stökkum með fasaðri beygju. Línuritið á við um stokka þar sem d er stærra 300 mm.

5.8 Greiningar

Þar sem loftrás greinist deyfist hljóð svo að máli skiptir. Hins vegar myndast líka hljóð þegar loftflæðið breytir um stefnu og hvirflar myndast.

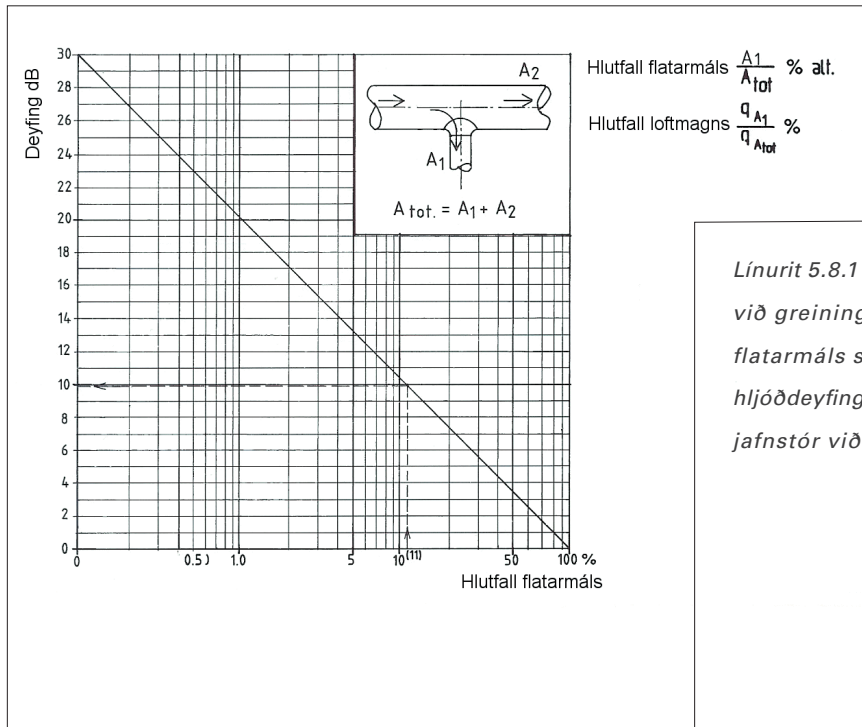
5.8.1 Hljóðdeyfung við greiningar

Hljóðdeyfangin við greiningar ræðst af flatarmálinu á þversniði aðalstokksins og greinarinnar.

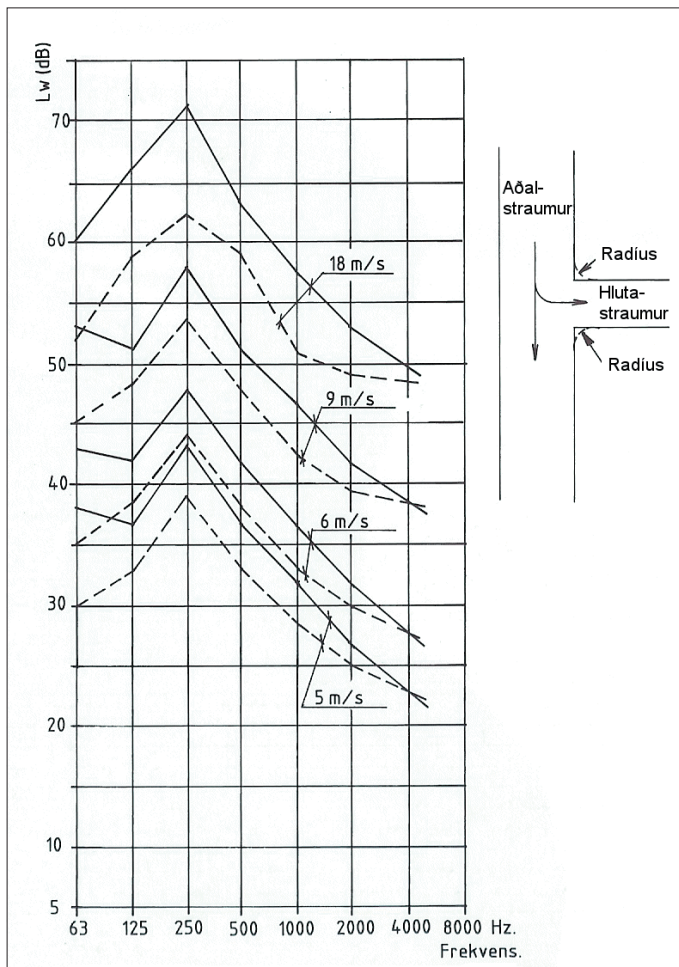
Af línuriti 5.8.1 má lesa deyfinguna út frá hlutfalli þversniðanna A_1 / A_{tot} %. Gera má ráð fyrir að deyfangin sé sú sama við allar áttundir og reiknast fyrir allar greiningar í kerfinu. Hljóðdeyfinguna má einnig reikna með jöfnunni

$$\Delta L = 10 \cdot \log (A_1 / A_{tot}) \text{ (dB)}$$

Sem dæmi má taka $A_1 / A_{tot} = 10\%$; þá verður deyfangin 10 dB við allar áttundir.



Línurit 5.8.1 Hljóðdeyfing við greiningar. Hlutfall flatarmáls segir til um hljóðdeyfingu sem telst vera jafnstór við allar áttundir.



Línurit 5.8.2 Hljóðmyndun við greiningar.

----- = ávalar búnir
 _____ = hvassar brúnir

Hraði loftsins ræður hljóðmyndun við einstakar áttundir. Línuritð gildir um rétthyrnda stokka. Hljóðmyndun er nokkru minni í sívölum stokkum.

Hljóðmyndunin við greiningar ræðst af lofthraðanum. Hljóðmyndunin er mest áberandi í rétthyrndum stokkum, en hún er nokkru minni í sívölum stokkum. Línurit 5.8.2 sýnir hljóðmyndun við greiningar við mismunandi tíðni og mismunandi lofthraða. Línuritið á við rétthyrnda stokka.

Lögun greininganna skiptir einnig máli eins og sjá má á línuritinu þar sem bæði eru sýnd gildi fyrir hvassar og mjúkar brúnir. Línuritið má einnig nota við hönnun sívalra stokka, en þá myndast eitthvað minna hljóð en línuritið sýnir.

5.9 Spjaldlokuhljóð

Spjaldlokur trufla loftstreymið og mynda hljóð. Bogadregin spjöld mynda minna hljóð en rétthyrnd við sama lofthraða. Truflunin á loftstreyminu, og þar með hljóðmyndunin, ræðst af loftmagninu, lofthraðanum, stokkstærðinni, lögun spjaldsins og því hve mikil lokunin er.

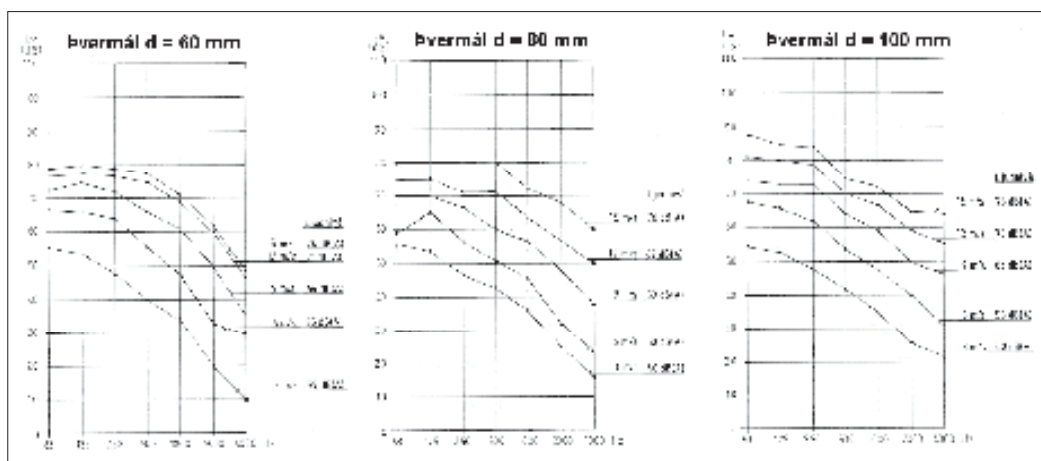
Í þessum kafla er fjallað um lokur með heilu spjalði, lokur með gataspjalði (spjalði með „dýsum“) og ljósopslokur („írislokur“).

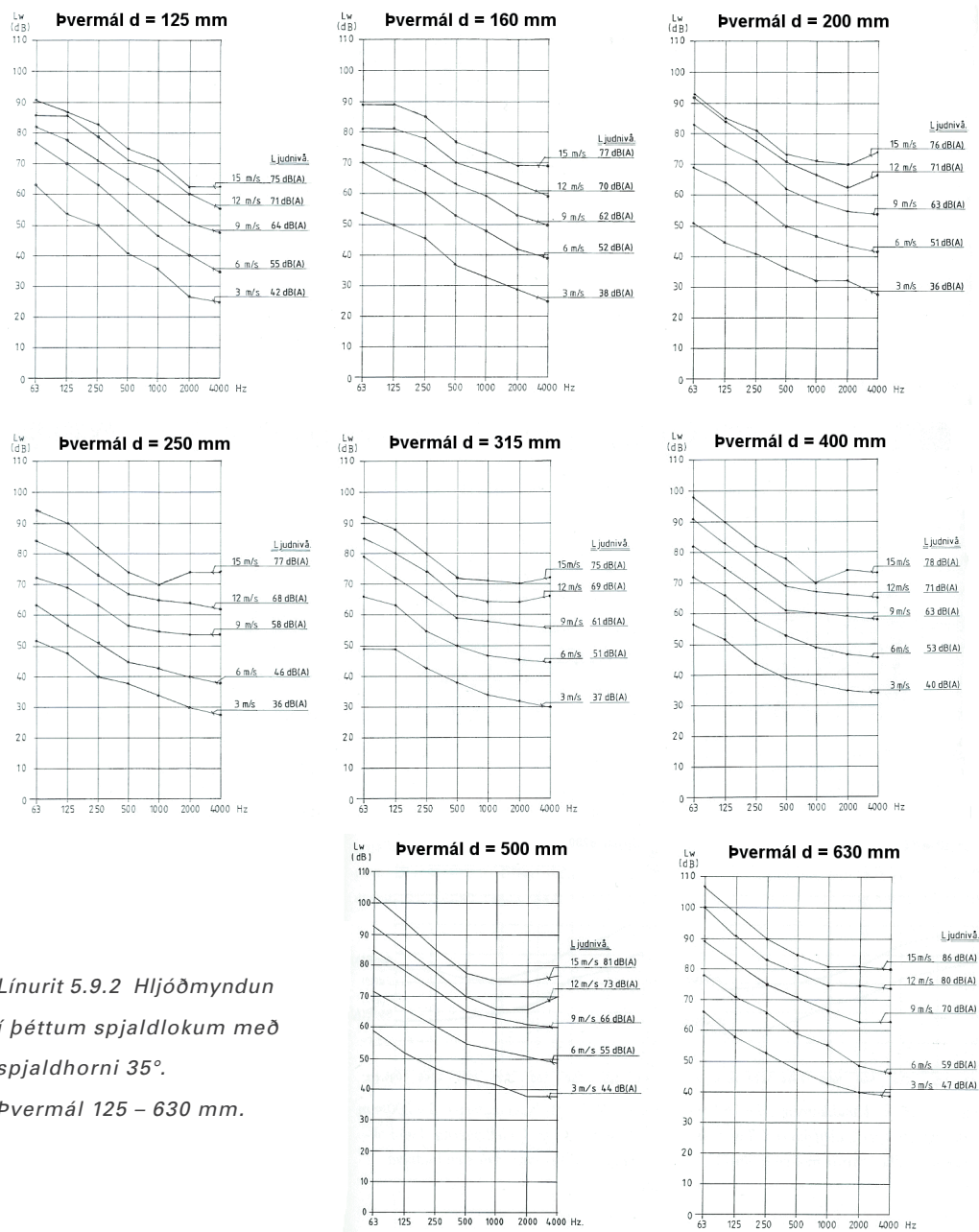
5.9.1 Hljóðmyndun í spjaldlokum með heilum lokuspjöldum

Eftirfarandi línurit miðast í raun við sívala stokka og kringlóttar spjaldlokur. Þau má þó nota líka fyrir rétthyrnda stokka og rétthyrndar spjaldlokur. Fyrir kringlótt spjöld á að nota þvermál stokksins (d) en fyrir rétthyrnd spjöld á að nota virkt þvermál (deff) sem reiknast út á þann hátt sem áður hefur komið fram í kaflanum um stokka.

Lokun með spjaldlokum ætti í raun aldrei að vera meiri en 45°. Við meiri lokun myndast oftsvo mikið hljóð að það samræmis illa hönnunarkröfum. Fyrstu línuritin gilda um hljóðmyndun í spjaldlokum með 35° spjaldhorn og mismunandi stokkstærðir. Á línuritinum má sjá hljóðaflsstigið í áttundum við mismunandi lofthraða, og einnig er sýnt þaðhljóðþrýstingsstig í loftræsta rýminu í dB (A) sem samsvarar því.

Línurit 5.9.1 Hljóðmyndun í þéttum spjaldlokum með spjaldhorni 35°. Þvermál 60 – 100 mm.





Línurit 5.9.2 Hljóðmyndun í þéttum spjaldlokum með spjaldhorni 35°. Þvermál 125 – 630 mm.

Hljóðmyndun í þéttum spjaldlokum með spjaldhorn 30-80°

Oft er ekki hægt að nota spjaldlokur með 35° spjaldhorni eins og sýnt er í línuritunum hér að framan. Ýmsar handbækur sýna hljóðmyndunina við mismunandi stökkstærðir og spjaldhorn á bilinu 30° til 80° við tiltekinn lofthraða og loftmagn í uppgefnum stærðum stokka.

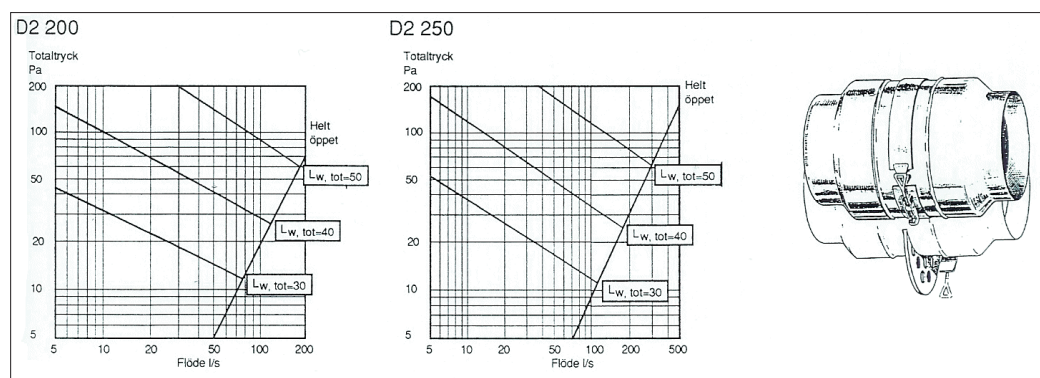
5.9.2 Hljóðmyndun í spjaldlokum með gataspjaldi (spjaldi með „dýsum“).

Í stað snúningsspjalda má nota lóðréttar spjaldlokur með götum („dýsum“). Minnkun á þrýstingi er stjórnað með því að fylla í hæfilega mörg göt. Spjaldlokur af þessu tagi eru nokkuð hljóðlátari en snúningsspjöld.

Hljóðgögn frá framleiðendum

Framleiðendur leggja fram gögn um heildarstig hljóðafls (L_{Wt}) við mismunandi spjaldstærð, lofthraða og opnun. Einnig eru gefnir upp leiðréttingarstuðlar við dreifingu hljóðsins á áttundir.

Hér að neðan eru sýnd tvö dæmi um hljóðgögn framleiðanda. Úr línuritunum má lesa L_{Wt} og síðan eru áttundargildin reiknuð út frá leiðréttingarstuðlunum í töflunni.



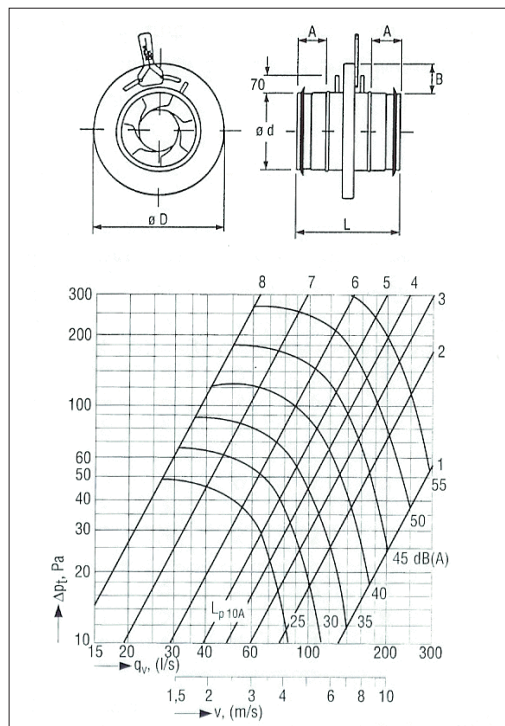
Dæmi um hljóðgögn framleiðanda: Tvær gerðir af spjaldlokum með gataspjaldi.

Síðan fylgir tafla eins og sýnd er hérna til þess að unnt sé að reikna út hljóðstig í áttundum:

ÁTTUNDIR (rið)	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Leiðrétting í áttundum (dB)							
Spjaldlokugerð							
D2 200	-3	-4	-11	-16	-17	-18	-22
D2 250	-3	-4	-11	-16	-16	-15	-20

5.9.3 Hljóðmyndun í spjaldlokum af ljósopsgerð („írislokum“)

Spjaldlokur af ljósopsgerð eru notaðar við að stýra loftflæði í sívölum stokkum. Þá er samliggjandi spjaldblöðum á kransi snúið þannig inn í stokkinn að loftrásin þrengist. Það myndar hljóð eins og fram kemur í hljóðgögnum framleiðenda og hér er sýnt dæmi um. Bent skal á að staðsetja verður spjaldlokur í ákveðinni fjarlægð frá hljóðdeyfum, annars myndast iðustreymi í hljóðdeyfunum svo að talsvert dregur úr deyfingunni.



*Dæmi um hljóðgögn framleiðanda:
Spjaldloka af ljósopsgerð. Línuritið sýnir
hljóðmyndun við mismikinn loftstraum og
þrýstifall. Þessu fylgir oftast tafla til þess
að unnt sé að reikna út hljóðstig í áttundum.*

5.10 Hljóðmyndun og hljóðdeyfing í innblásturs- og útsogstækjum

Innblásturs- og útsogstæki eru valin með tilliti til hönnunarloftmagns, þrýstifalls og kastlengdar. Þessi tæki verða að hafa tiltekið útreiknað þrýstifall til þess að kerfið verði stöðugt og til þess að þrýstingurinn í kerfinu verði í jafnvægi.

Í þessum kafla er fjallað um þrýstifall sem leiðir til hljóðmyndunar í umræddum tækjum. Tenging stokksins við endatækið deyfir líka blásarahljóðið og það stokkhljóð sem fyrir er. Hljóðmyndun og endadeyfing er mismunandi eftir gerðum tækja, staðsetningu þeirra og hvort um er að ræða innblásturs- eða útsogstæki.

5.10.1 Hljóðdeyfing

Í stokkopinu verður endadeyfing (mynnisdeyfing) af svipuðum toga og deyfingin sem verður við breytingu þversniðs, og einnig verður nokkur deyfing í tækinu sjálfu. Framleiðendur gefa oft upp svokallaða eigindeyfingu innblásturs- og útsogstækja. Sú deyfing felur þá venjulega í sér hvort tveggja:

*mynnisdeyfingu tengistokksins
deyfinguna í tækinu sjálfu*

Taflan hér á eftir er dæmi um upplýsingar framleiðanda um eigindeyfingu útsogstækis (stillitúðu) við nokkrar túðustærðir.

ÁTTUNDIR (rið)		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Eigindeyfang í áttundum (dB)									
Stærð	Stilling (S í mm)								
80	-5	17	15	14	12	9	2	6	13
	0	17	14	13	13	9	2	7	12
	10	17	14	13	11	8	1	7	9
100	-15	17	14	12	11	8	5	8	4
	0	17	13	11	9	6	2	6	6
	10	17	13	11	8	5	1	6	4
125	-15	15	13	12	11	8	6	7	6
	0	14	12	10	8	5	3	3	5
	10	13	12	10	7	4	2	2	3
160	-10	14	10	9	8	6	7	6	9
	0	13	10	8	7	5	5	5	9
	5	13	9	8	6	4	4	4	8

Mynnisdeyfang

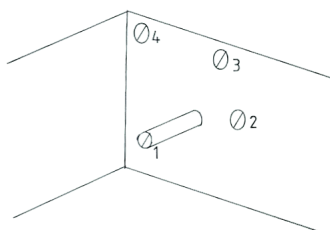
Í tilvikum þegar upplýsingar um eigindeyfanguna vantar frá framleiðanda má lesa mynnisdeyfanguna af eftirfarandi línuritum. Stokkstærðin og staðsetning stökkopsins (tækisins) í rýminu ráða mestu um mynnisdeyfanguna. Því minni sem stokkurinn er, því meiri verður munurinn þegar stokkurinn opnast út í rýmið og deyfangin þeim mun meiri. Staðsetning úti í miðju rýminu gefur mesta deyfangu en staðsetning í horni minnsta.

Línurit fyrir mynnisdeyfangu í sívölum stökkum og rétthyrndum

Mynnisdeyfanguna má lesa af eftirfarandi línuritum (þar sem eitt línurit er fyrir hverja stokkstærð) út frá staðsetningu stökkendans í rýminu. Línuritin eru dregin fyrir sívala stokka en þau má einnig nota fyrir rétthyrnda stokka með því að reikna fyrst út virkt þvermál þeirra (deff). Sýnd eru línurit fyrir stokka með þvermál frá 80 mm upp í 500 mm.

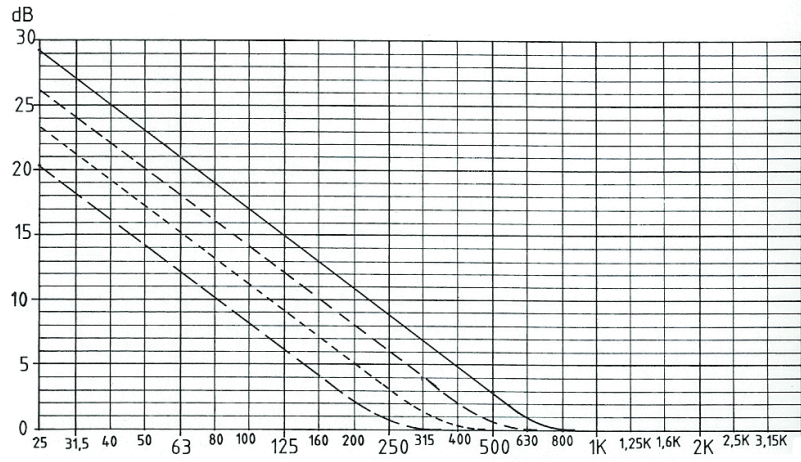
Sívalur stokkur með mynnið

1. úti í rýminu _____
2. úti á fleti _____
3. við kverk _____
4. í horni _____

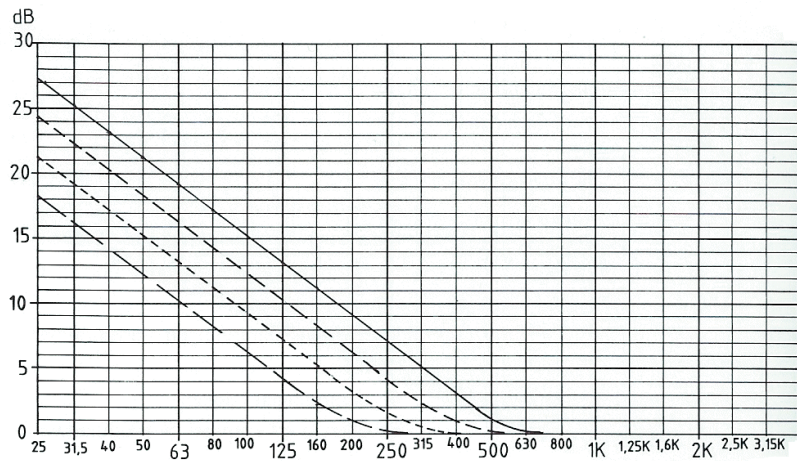


Staðsetning mynnisins í rýminu. Kúrfurnar fjórar í eftirfarandi línuritum eiga hver um sig við eina af þessum staðsetningum.

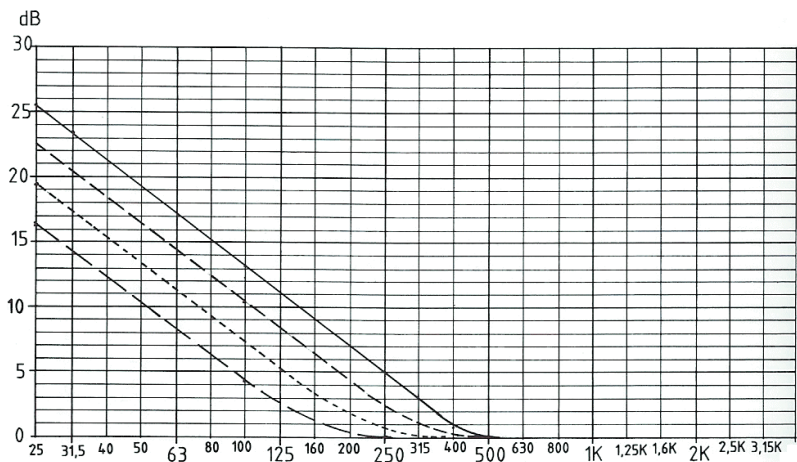
Línurit 5.10.1a Mynnisdeyving: Stokkar með mismunandi þvermál



Þvermál $d = 80$ mm

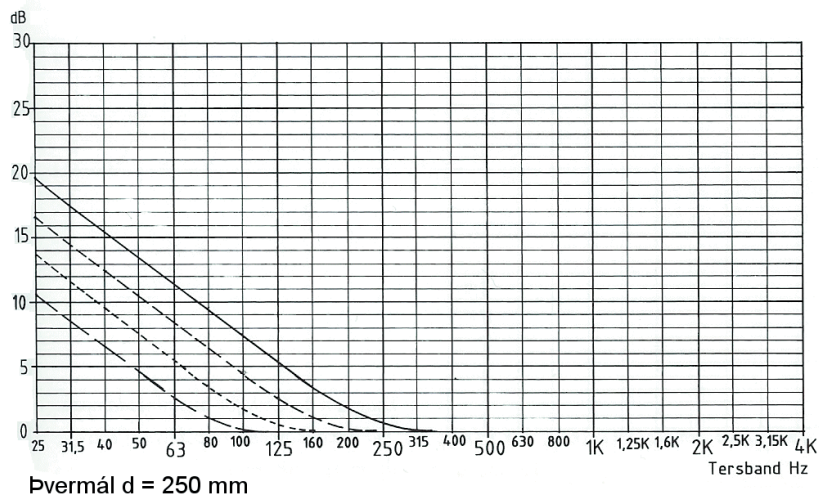
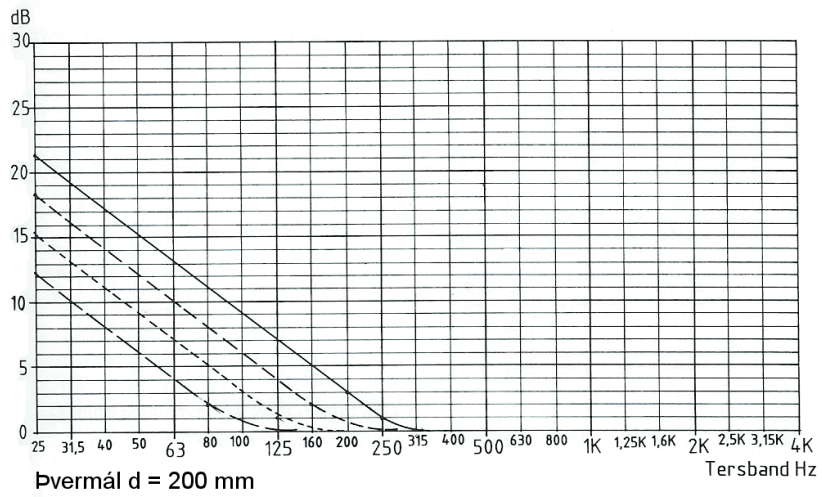
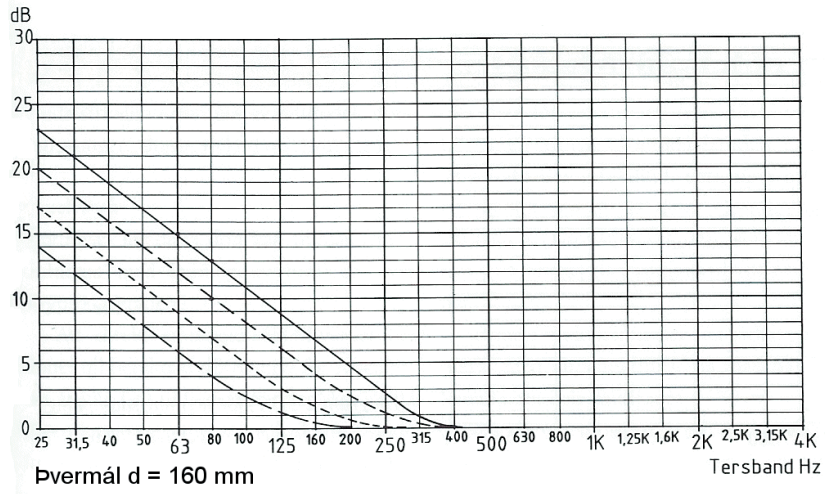


Þvermál $d = 100$ mm

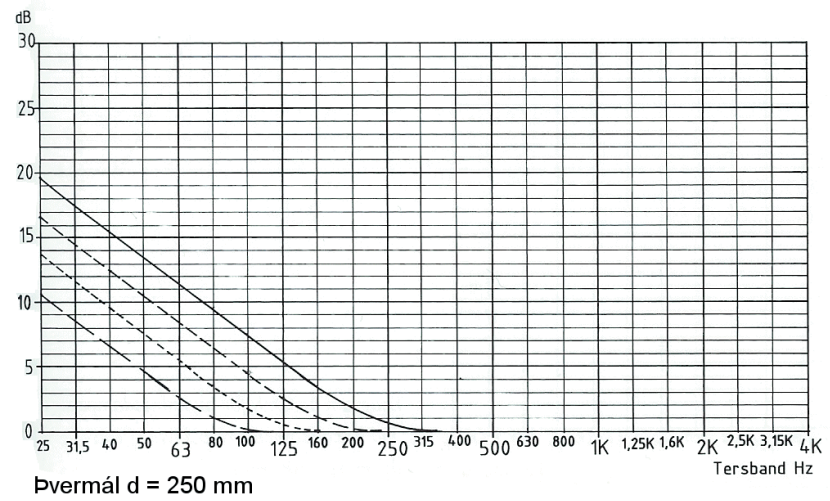
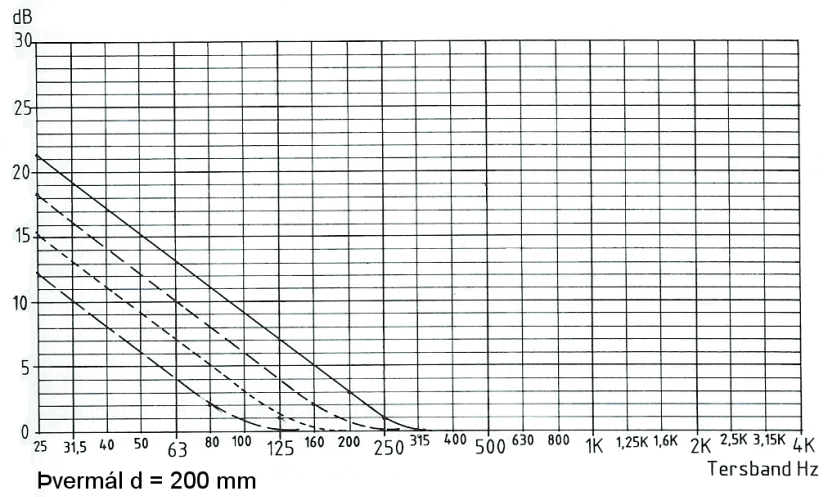
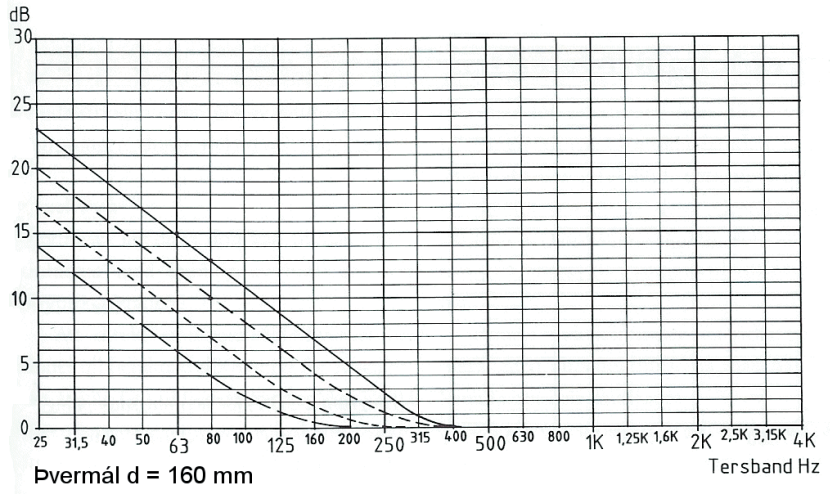


Þvermál $d = 125$ mm

Línurit 5.10.1b Mynnisdeyfiing: Stokkar með mismunandi þvermál d.



Línurit 5.10.1c Mynnisdýfing: Stokkar með mismunandi þvermál d.



5.10.2 Hljóðmyndun í innblásturs- og útsogstækjum

Hljóðmyndun í þessum tækjum ræðst af loftmagni, þrýstifalli yfir tæki, stærð þess og gerð.

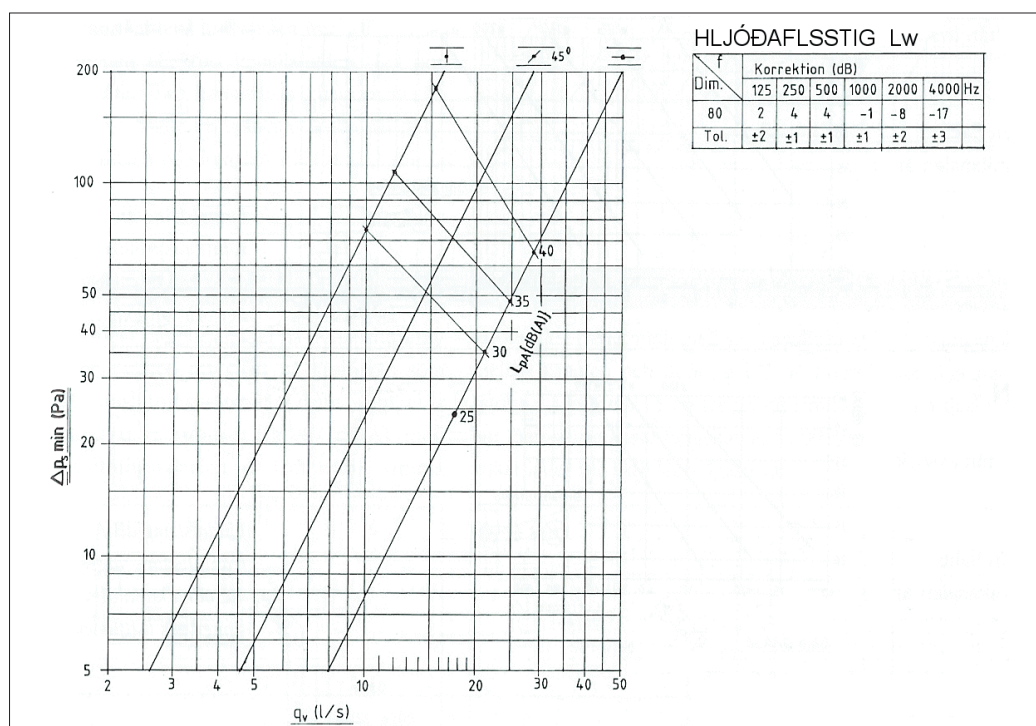
Hljóðstig

Hljóðstig frá einstökum tækjum má lesa af upplýsingum framleiðanda út frá loftmagni og þrýstifalli. Ekki er þó heppilegt að leggja beint saman dB (A) gildið fyrir tækið og dB (A) gildið fyrir stokkhljóðið. Þá fást ekki upplýsingar um tíðnidreifinguna.

Deiling hljóðaflsstigsins á áttundir

Hið rétta er að reikna út hljóðaflsstig fyrir tækið í áttundum. Yfirleitt eru töflur frá framleiðanda með leiðréttingargildum fyrir áttundir sem lagðar eru við heildarstig hljóðafls ($L_{W,tot}$) eða hljóðþrýstingsstigið (L_{pA}) í dB (A).

Að þessu loknu er hljóðaflíð í áttundum lagt við hljóðaflíð frá blásara og hljóðafl stokkhljóðsins (einnig í áttundum). Línuritið hér að neðan er dæmi um hljóðgögn frá framleiðanda þar sem lesa má hljóðþrýstings-stigið (L_{pA}) í dB (A) og reikna síðan út hljóðaflsstigið í áttundum (L_W) með leiðréttingartöflunni.



Dæmi um hljóðgögn framleiðanda: Hljóðmyndun í innblásturstæki og leiðréttingartölur í töflu til þess að hægt sé að reikna út hljóðstigið í áttundum.

Dæmi:

Ef loftmagnið er 15 l/s og spjaldhornið 45° verður

þrýstifallið 55 Pa

hljóðmyndun í innblásturs- eða útsogstækinu 31 dB (A)

Umreikna má hljóðþrýstingsstigið í hljóðafsstigi í áttundum og þá fæst t.d. við 125 rið:

$$L_W = 31 + 2 = 33 \text{ dB}$$

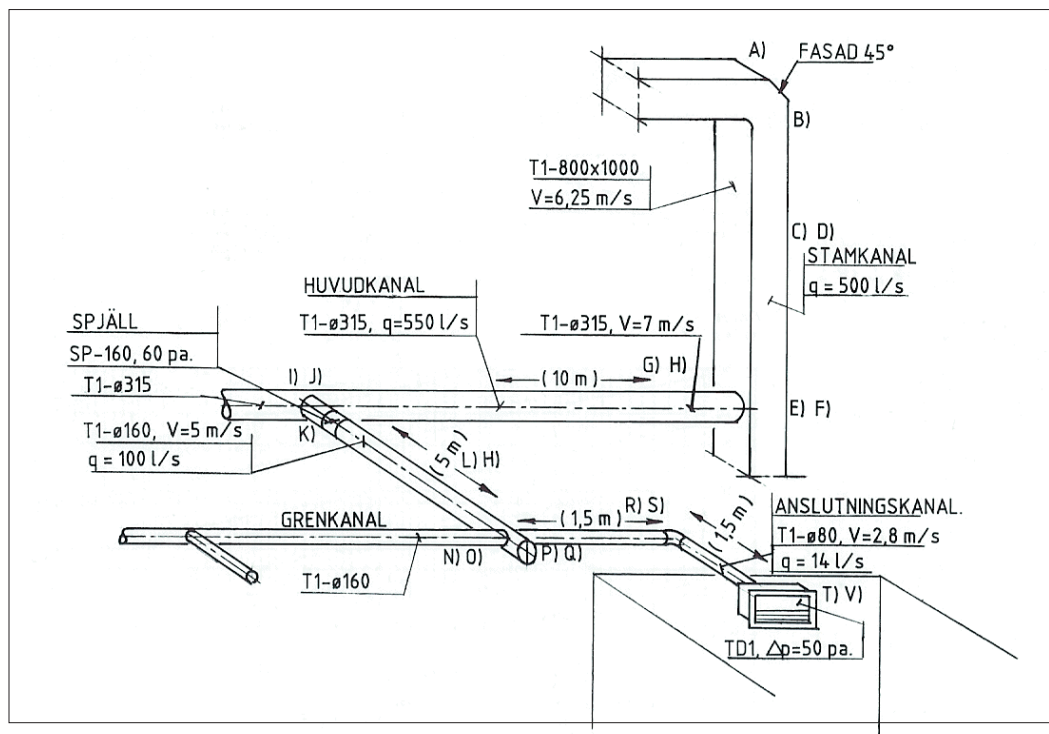
5.11 Útreikningur á hljóðmyndun í stökkakerfi

Hér er rakið dæmi um útreikning á hljóðmyndun í stökkakerfi. Um er að ræða einfalt innblásturskerfi í íbúðarhúsi. Aðferðin er þó almenns eðlis og má gera hliðstæða útreikninga fyrir flóknari kerfi.

Í dæminu er gert ráð fyrir að kerfið sé hannað fyrir nægilegt loftmagn, lofthraðinn sé innan eðlilegra marka og þrýstifallið sé rétt valið. Tölulegar forsendur má lesa út úr skýringarmyndinni.

Í útreikningunum eru notuð almenn gögn fyrir mismunandi kerfishluta. Við nákvæma útreikninga á kerfi þar sem búið er að velja kerfishluta af ákveðnum gerðum ætti auðvitað að nota hljóðtæknilegar upplýsingar frá viðkomandi framleiðanda.

Hljóðmyndun í aðloftskerfi. Tölulegar forsendur má lesa út úr skýringarmyndinni.



Í stökkakerfinu deyfist bæði hljóð og myndast í einstökum kerfishlutum. Útreikningarnir eru gerðir í heilum dB.

5.11.1 Hljóðdeyfing í beygju (A)

Í reynd yrði yfirleitt byrjað á því að skoða deyfingu blásarahljóðsins í þessari fyrstu beygju.

Í þessu dæmi er þó aðeins reiknuð út hljóðdeyfing og hljóðmyndun sjálfs stökkakerfisins og því er blásarahljóðinu sleppt hér.

5.11.2 Hljóðmyndun í beygju (B)

Hljóðhönnunin byrjar með hljóðmyndun í fasaðri beygju. Af línuriti 5.7.5 um hljóðmyndun í réttthyrndum beygjum með fösun er lesin hljóðmyndun í stökkum sem eru víðari en 300 mm.

Hér er lofthraðinn 6.25 m/s, og þá verður hljóðmyndunin þessi:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
B: L_{w,tot} (dB)	51	41	34	26	17	8

5.11.3 Hljóðdeyfing í stofnstokki (C)

Í stökkum deyfist það hljóð sem fyrir er í kerfinu. Af línuriti 5.5.1 er lesin hljóðdeyfing á lengdarmetra í réttthyrndum stökkum með hliðarstærðir 800-1500 mm. Hér er tengd stokksins 5 m, og þá verður hljóðdeyfingin L sem dregst frá hljóðstiginu eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
Deyfing, ΔL (dB)	6	4	3	2	2	2
C: L_w (dB)	45	37	31	24	15	6

5.11.4 Hljóðmyndun í stofnstokki (D)

Í stökkum myndast líka hljóð. Af línuriti 5.5.2 fyrir hljóðmyndun í stökkum er lesið hljóðstigið L_{w,tot}, og einnig leiðréttingar fyrir áttundagildi. Hér er þverskurðarflatar-mál stokksins 0.8 m² og lofthraðinn 6.25 m/s og þá er L_{w,tot} = 49 dB. Eftir leiðréttingar fyrir áttundir fæst eftirfarandi hljóðmyndun í stofnstökknunum sem síðan bætist við það hljóð sem fyrir er. Athugið að samlagn-ingin er lógaritmísk. Þannig fæst samantlagt hljóðstig í stökknunum framan við greininguna eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
L_{w,tot} (dB)	49	49	49	49	49	49
ΔL_{w,átt} (dB)	-5	-6	-7	-8	-9	-10
D: L_w (dB)	44	43	42	41	40	39
Samtals L_w	48	44	42	41	40	39

5.11.5 Hljóðdeyfing við greiningu (E)

Við greiningar verður hljóðdeyfing sem er hlutfallsleg við þverskurðarflatarmál stokkanna. Af línuriti 5.8.1 er lesin hljóðdeyfing við greiningar. Hér er $A_1 = 0.078 \text{ m}^2$, $A_2 = 0.80 \text{ m}^2$ og $A_1 = 0.878 \text{ m}^2$. Þá er hlutfallið $A_1 / A_{\text{tot}} = 8.9 \%$ og hljóðdeyfingin er 11 dB við allar áttundir eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
L_w (dB)	48	44	42	41	40	39
ΔL (dB)	-11	-11	-11	-11	-11	-11
E: L_w (dB)	37	33	31	30	29	28

5.11.6 Hljóðmyndun við greiningu (F)

Við greiningar myndast líka hljóð. Úr línuriti 5.8.2 er lesin hljóðmyndun í áttundum við mismunandi lofthraða. Hér er hraði loftsins í aðalstokki 7 m/s, og þá myndast það hljóð sem sýnt er í töflunni. Þetta nýmyndaða hljóð bætist síðan við það hljóð sem fyrir er, og þannig fæst samanlagt hljóðstig í stokknum eftir greininguna eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
F: L_w (dB)	46	45	51	45	40	35
Samtals L_w	47	45	51	45	40	36

5.11.7 Hljóðdeyfing í aðalstokki (G)

Aðalstokkurinn að næstu greiningu er 10 m langur og þvermál hans er 315 mm. Úr línuriti 5.5.1 er lesin hljóðdeyfing á lengdarmetra í áttundum, og þá verður hljóðdeyfingin ΔL sem dregst frá hljóðstiginu eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
Deyfing, ΔL (dB)	0	1	1	2	2	2
G: L (dB)	47	44	50	43	38	34

5.11.8 Hljóðmyndun í aðalstokki (H)

Þverskurðarflatarmál aðalstokksins er 0.08 m^2 (þvermál 315 mm) og lofthraðinn 7.0 m/s. Af línuriti 5.5.2 er lesið hljóðstigið $L_{w,\text{tot}} = 41 \text{ dB}$. Eftir leiðréttingar fyrir áttundir fæst eftirfarandi hljóð-myndun í aðalstokknum, sem síðan bætist við það hljóð sem fyrir er. Þannig fæst samanlagt hljóðstig í stokknum framan við T-greininguna eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
H: L_w (dB)	36	35	34	33	32	31
Samtals L_w	47	45	50	43	39	36

5.11.9 Hljóðdeyting við T-greiningu (I)

Pverskurðarflatarmál stökkanna eru $A_1 = 0.020 \text{ m}^2$, $A_2 = 0.078 \text{ m}^2$ og $A_{\text{tot}} = 0.098 \text{ m}^2$. Þá er hlutfallið $A_1 / A_{\text{tot}} = 20 \%$ og hljóðdeytingin er 7 dB við allar áttundir, sem dregst frá því hljóði sem fyrir er eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
E: L_w (dB)	40	38	43	36	32	29

5.11.10 Hljóðmyndun við T-greiningu (J)

Hraði loftsins í stöknum er 5 m/s og út frá því má lesa af línuriti 5.8.2 það hljóð sem myndast. Þetta nýmyndaða hljóð bætist síðan við það hljóð sem fyrir er, og þannig fæst samanlagt hljóðstig í stöknum eftir T-greininguna eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
J: L_w (dB)	38	37	43	37	32	27
Samtals L_w	42	41	46	40	35	31

5.11.11 Hljóðmyndun í spjaldloku (K)

Hljóðmyndun í spjaldloku má lesa af línuriti 5.9.2 fyrir 160 mm spjald með 35° spjaldhorni. Hraði loftsins í stöknum er 5 m/s, og þá fæst það hljóðstig sem sýnt er í töflunni. Þetta hljóð bætist síðan við það hljóð sem fyrir er, og þannig fæst samanlagt hljóðstig í stöknum eftir spjaldlokuna eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
K: L_w (dB)	65	60	55	48	43	38
Samtals L_w	65	60	55	49	44	39

5.11.12 Hljóðdeyting í stokki (L)

Stokkurinn er 5 m langur að næstu T-greiningu og þvermál hans er 160 mm. Af línuriti 5.5.1 er lesin hljóðdeyting á lengdarmetra í áttundum, og þá verður hljóðdeytingin ΔL sem dregst frá hljóðstiginu eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR(rið)	63	125	250	500	1k	2k
Deyfing, ΔL (dB)	0	1	1	1	1	2
L: L_w (dB)	65	59	54	48	43	37

5.11.13 Hljóðmyndun í stokki (M)

Þverskurðarflatarmál stokksins er 0.02 m^2 (þvermál 160 mm) og lofthraðinn er 5.0 m/s. Af línuriti 5.5.2 er lesið hljóðstigið $L_{w,tot} = 28 \text{ dB}$. Eftir leiðréttingar fyrir áttundir fæst eftirfarandi hljóðmyndun í stokknum sem síðan bætist við það hljóð sem fyrir er. Þannig fæst samanlagt hljóðstig í stokknum framan við næstu T-greiningu eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
M: L_w (dB)	23	22	21	20	19	18
Samtals L_w	65	59	54	48	43	37

5.11.14 Hljóðdeyfing við T-greiningu (N)

Þverskurðarflatarmál stokkanna eru $A_1 = 0.005 \text{ m}^2$ (þvermál 80 mm), $A_2 = 0.020 \text{ m}^2$ (þvermál 160 mm) og $A_{tot} = 0.025 \text{ m}^2$. Þá er hlutfallið $A_1 / A_{tot} = 20 \%$ og hljóðdeyfingin er 7 dB við allar áttundir, sem dregst frá því hljóði sem fyrir er eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
N: L_w (dB)	58	52	47	41	36	30

5.11.15 Hljóðmyndun við T-greiningu (O)

Hraði loftsins í stokknum er svo lítill að samkvæmt línuriti 5.8.2 er hljóðmyndun nánast engin í samanburði við útreiknað hljóðstig samkvæmt grein 5.11.14. Því má sleppa þessu hljóði og hljóðstigið verður óbreytt eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
O: L_w (dB)	58	52	47	41	36	30

5.11.16 Hljóðmyndun í tengistokki (P)

Þessi hljóðmyndun er einnig hverfandi lítil samkvæmt línuriti 5.5.2 og henni er því einnig sleppt.

5.11.17 Hljóðdeyfing í tengistokki (Q)

Hljóðdeyfingin er einnig hverfandi lítil samkvæmt línuriti 5.5.1 og henni er því sleppt.

5.11.18 Hljóðmyndun í beygju (R)

Þessi hljóðmyndun er mjög lítil samkvæmt línuriti 5.7.4 og henni er því sleppt.

5.11.19 Hljóðdeyving í beygju (S)

Þessi hljóðdeyving er lítil samkvæmt línuriti 5.7.2 og hljóðstigið verður nánast óbreytt eins og fram kemur í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
Deyfing, ΔL (dB)	0	0	0	0	0	1
S: L_w (dB)	58	52	47	41	36	29

5.11.20 Hljóðdeyving í innblásturstæki (T)

Í innblásturstækinu er tiltekin eigindeyving. Yfirleitt er hægt að fletta upp í gögnum framleiðanda til þess að fá upplýsingar um hana. Ef þær upplýsingar liggja ekki fyrir má nota línurit fyrir mynnisdeygingu eins og hér er gert. Af línuriti 5.10.1a má lesa mynnisdeygingu við 80 mm þvermál stokks og innblásturstækið staðsett í kverk uppi við loft eins og sjá má í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
Deyfing, ΔL (dB)	15	9	3	0	0	0
T: L_w (dB)	43	43	44	41	36	29

5.11.21 Hljóðmyndun í innblásturstæki (U)

Í innblásturstækinu myndast hljóð sem er breytilegt eftir loftmagni og því hversu tækið er mikið lokað. Úr gögnum framleiðanda fyrir það tiltekna innblásturstæki (30 dBA), sem hér er miðað við, má lesa þá myndun hljóðs sem sýnd er í töflunni. Það bætist við það hljóð sem fyrir er, og þannig fæst samanlagt hljóðstig fyrir stokkerfið í heild eins og sýnt er í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
U: L_w (dB)	35	36	36	34	27	17
Samtals L_w	44	44	45	42	37	29

5.11.22 Hljóðstigið í herberginu

Síðasta skrefið er síðan að umreikna hljóðaflsstigið frá innblásturstækinu yfir í hljóðþrýstingsstig í herberginu og reikna út hljóðþrýstingsstigið í heild í dB (A). Sambandið milli hljóðþrýstingsstigs (L_p) og hljóðaflsstigs (L_w) má sýna með eftirfarandi jöfnu:

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log(4/A)$$

þar sem A er jafngildur ísogsflötur í herberginu í m².

A má reikna út með hljóðísogsstuðli (α_i) og flatarmáli (S_i í m²) allra efna í herberginu:

$$A = \sum (\alpha_i \cdot S_i)$$

Einnig má ákvarða A út frá rúmmáli herbergisins (V í m³) og mælingu ómtímans

Ef valið er „dæmigert herbergi“: 12 m² að grunnfleti með lofthæð 2.5 m og ómtíma 0.5 sek við allar áttundir, fæst að $A = 10 \text{ m}^2$ og $10 \cdot \log(4/A) = -4 \text{ dB}$. Þá fæst afar einfalt samband milli L_p og L_w sem nota má sem þumalreglu:

$$L_p = L_w - 4 \text{ dB}$$

Almennt gildir að A er mismunandi við mismunandi tíðni (áttundir) og rétt er að reikna A sérstaklega við hverja áttund. Framangreind þumalregla er þó oft notuð við fyrstu útreikninga til þess að átta sig á stærðargráðu hljóðþrýstingsstigsins. Ef þeirri reglu er beitt hér og deyfing dB (A) -síunnar einnig tekin með í reikninginn, fæst eftirfarandi tafla yfir hljóðþrýstingsstigið:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
L_w (dB)	44	44	45	42	37	29
L_p (dB)	40	40	41	38	33	25
dB (A) -sía	-26	-16	-9	-3	0	+1
L_p (dB (A))	14	24	32	35	33	26

Hljóðstigið í áttundum er síðan lagt saman lógaritmískt til þess að fá hljóðþrýstingsstigið í heild:

$L_{p,A} = 39 \text{ dB (A)}$. Þetta er þá hljóðstigið án blásarahljóðsins! Því er ljóst að hér þyrfti að grípa til mótvægisáðgerða ef herbergið sem um ræðir væri t.d. skrifstofa þar sem krafist væri að hljóðstigið færi ekki yfir 35 dB (A).

5.12 Hljóðdeyfar

Oftast nær er þörf á sérstökum hljóðdeyfum, jafnvel í vel hönnuðu loftræsikerfi. Aðalhljóðdeyfir þarf nánast alltaf að koma sem næst blásaranum. Án aðalhljóðdeyfis er mjög erfitt að uppfylla kröfur um hljóðstig í herbergjunum. Í flestum loftræsikerfum þarf einnig að koma fyrir auka hljóðdeyfum til þess að minnka streymishljóð og hljóð frá þrýstiminnkurum.

Gerð hljóðdeyfisins stýrir því hversu mikil hljóðdeyfingin verður við mismunandi tíðni. Við val á hljóðdeyfi er því rétt að hafa í huga hvers konar hljóð er mest til vandræða í því loftræsikerfi sem verið er að hanna. Í því sambandi má hafa í huga að þunn hljóðisogsefni deyfa hátíðnihljóð vel en lágtíðnihljóð illa. Þykkari hljóðisogsefni deyfa lágtíðnihljóð betur og deyfa einnig hátíðnihljóð vel.

5.12.1 Staðsetning hljóðdeyfis

Hlutverk aðalhljóðdeyfis er að deyfa blásarahljóðið. Aukahljóðdeyfar eru aðallega ætlaðir til þess að deyfa streymishljóð og hljóð sem myndast við þrengingar til þrýstingsmínnkunar.

Rétt staðsetning aðalhljóðdeyfis í loftræsiklefanum er einnig mikilvæg. Ef hljóðdeyfirinn lendir utan við loftræsiklefan deyfist reyndar stokkhljóðið eins og til er ætlast en hljóðið frá loftræsiklefanum getur borist um stokkinn út í aðlægt rými eða lagnagöng og valdið vandræðum. Ef langur stokkur er aftan við hljóðdeyfinn inni í loftræsiklefanum gæti þurft að einangra hann og jafnvel byggja sérstaklega utan um hann til þess að hljóð út loftræsiklefanum berist ekki inn í stokkinn aftan við hljóðdeyfinn. Besta staðsetningin er uppi við vegg loftræsiklefans, eða jafnvel í opinu gegnum vegginn.

Hljóðdeyfir við beygju

Þegar hljóðdeyfir er framan við beygju eykst þrýstifallið yfir hljóðdeyfinn ef stutt er í beygjuna. Ef lengd hljóðdeyfisins er táknuð með A má nota sem þumalreglu að lítil sem engin aukning verði á þrýstifalli ef bilið milli hljóðdeyfis og beygju er $4 \cdot A$ eða meira, en aukningin getur orðið allt að 50% ef hljóðdeyfirinn tengist beygjunni beint.

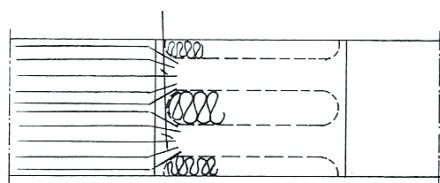
Á hliðstæðan hátt eykst þrýstifallið yfir hljóðdeyfi sem er aftan við beygju ef of stutt er í beygjuna. Hér má nota sem þumalreglu að lítil sem engin aukning verði á þrýstifalli ef bilið milli hljóðdeyfis og beygju er $2 \cdot A$ eða meira, en aukningin getur orðið allt að 30% ef hljóðdeyfirinn tengist beygjunni beint.

Tenging hljóðdeyfis við stokk

Mikilvægt er að tengja hljóðdeyfi við stokk þannig að loftstraumurinn dreifist sem jafnast í hljóðdeyfinum. Þetta næst best með tengingu við beinan stokk. Með beygju eða jafnvel með minni háttar stefnubreytingu er hætta á aukinni iðumyndun í loftstraumnum, en það eykur hljóðmyndunina í hljóðdeyfinum. Þessi hljóðmyndun vex með auknum hraða loftsins, og línuritið hér að neðan sýnir aukna hljóðmyndun við mismunandi hraða loftsins vegna aukinnar iðumyndunar í innstreymi loftsins.

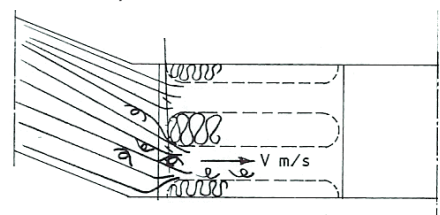
GÓÐ TENGING HLJÓÐDEYFIS

jafnt innstreymi

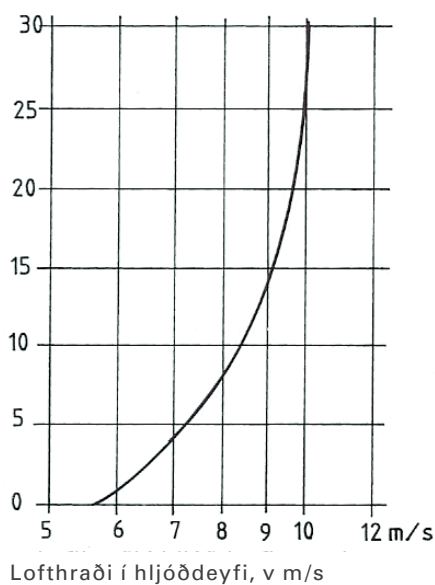


LAKARI TENGING HLJÓÐDEYFIS

iðu-innstreymi



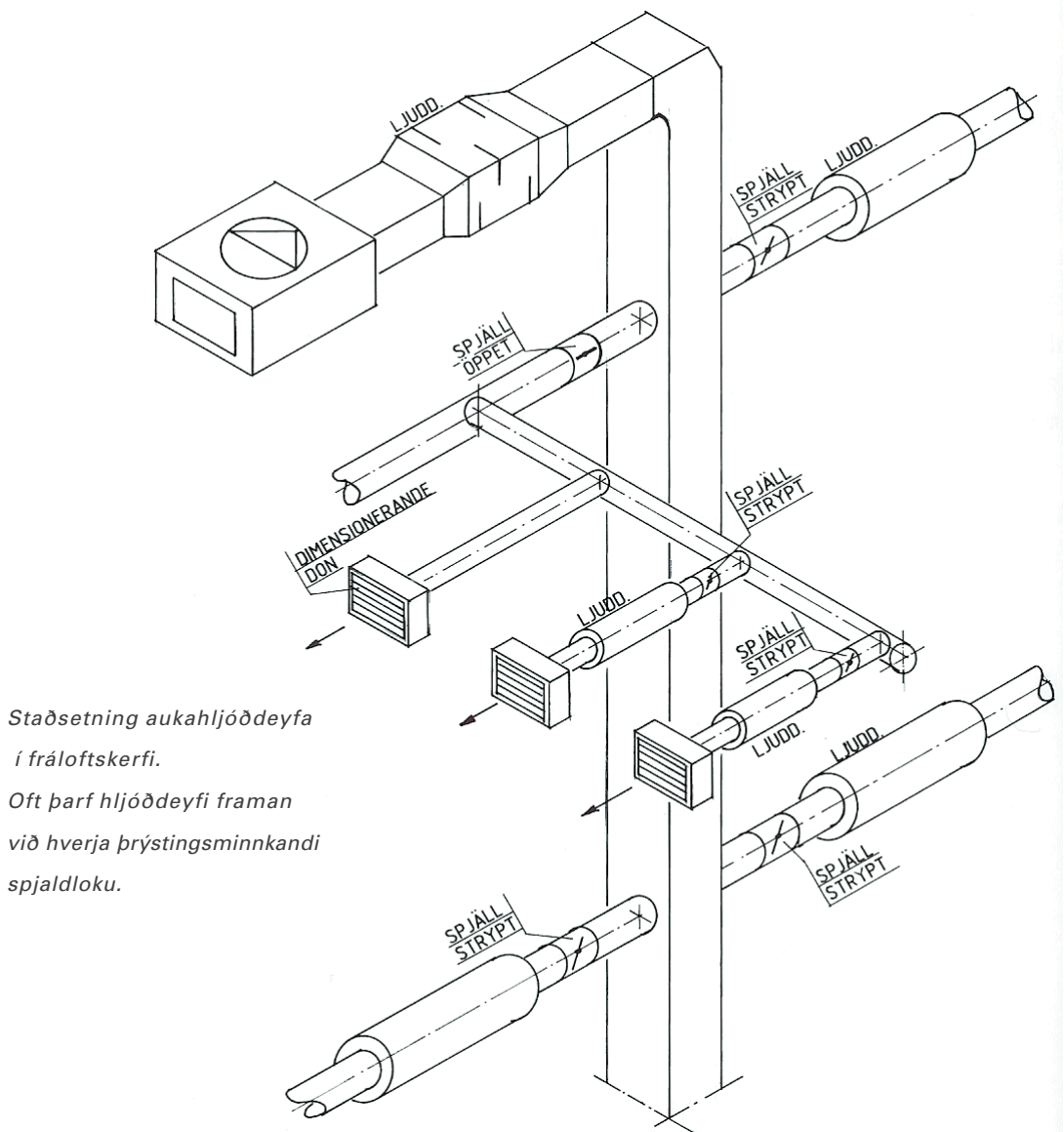
Viðbótarhljóðmyndun (dB)



Staðsetning aukahljóðdeyfa

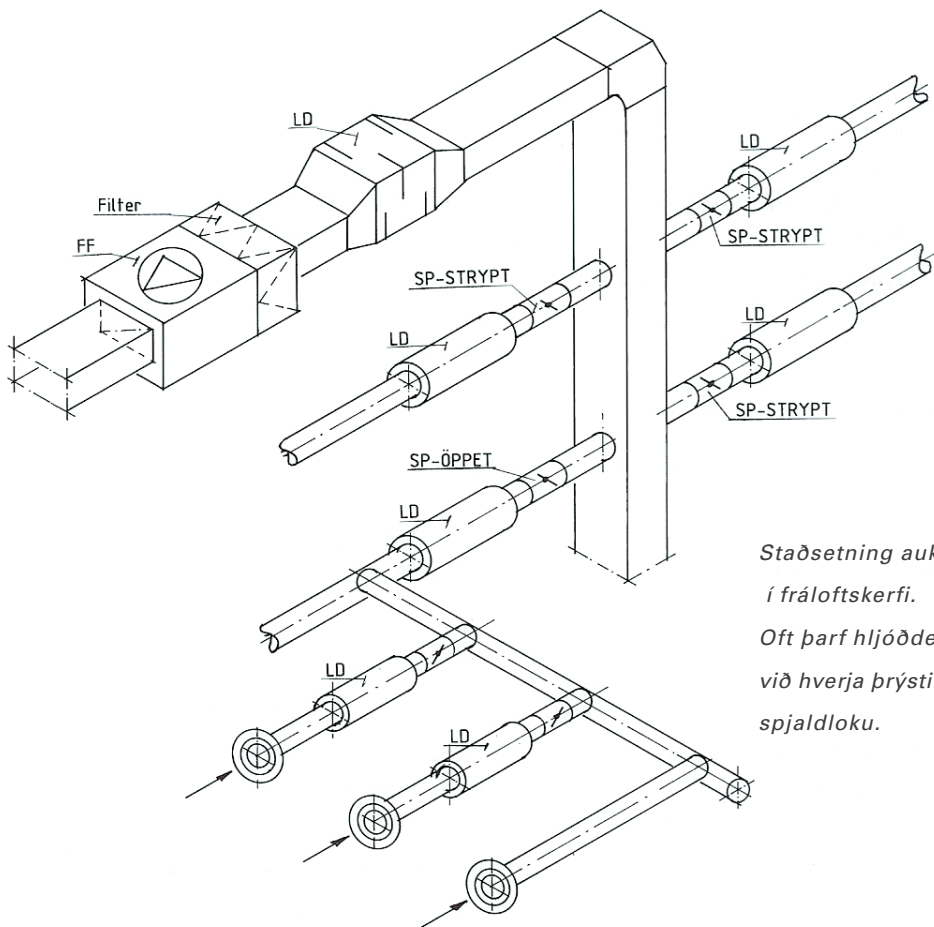
Á ýmsum stöðum í loftræsikerfinu verður til streymishljóð og hljóð sem myndast við þrengingar til þrýstingsminnkunar. Þrýstingsminnkun í spjaldlokum myndar þó yfirleitt langmest hljóð. Mest þörf er því á aukahljóðdeyfum nálægt spjaldlokum, og þeir eiga að sjálfsgöðu að vera milli spjaldlokunnar og rýmisins sem verið er að loftræsa. Oft þarf að setja hljóðdeyfi við hverja spjaldloku, nema ef til vill ekki við þær sem eru mest opnar (alveg opnar). Sömu reglur gilda um staðsetningu auka-
hljóðdeyfa í aðloftskerfi og fráloftskerfi.

Í fráloftskerfum er þó stundum minna blásarahljóð en í sambærilegum aðloftskerfum vegna aukalegrar hljóðdeyfingar í tækjum og búnaði eins og varmanýti. Það getur munað því að stundum er hægt að sleppa aukahljóðdeyfum í fráloftskerfi þótt þeirra sé þörf í sambærilegu aðloftskerfi.



Staðsetning aukahljóðdeyfa í fráloftskerfi.

Oft þarf hljóðdeyfi framán við hverja þrýstingsminnkandi spjaldloku.



Staðsetning aukahljóðdeyfa í fráloftskerfi. Oft þarf hljóðdeyfi framman við hverja þrýstingsmínkandi spjaldloku.

5.12.2 Val aðalhljóðdeyfis

Aðalhljóðdeyfir er valinn með tilliti til þeirrar deyfingar sem nauðsynleg er við hverja áttund, og einnig með tilliti til mesta þrýstifalls sem hægt er að sætta sig við. Tengioþ hljóðdeyfis ræðst af vídd stokksins sem valin er út frá loftflæðinu og mesta (leyfilega) lofthraða. Valinn er hljóðdeyfir með hæfilegri hæð og breidd á tengiopi.

Yfirleitt er hljóðdeyfirinn stærri um sig en stokkurinn sem hann tengist. Ef hljóðdeyfirinn er einangraður að innanverðu ætti innri brún einangrunarinnar að vera í beinu framhaldi af yfirborði stokksins. Gerð hljóðdeyfisins er síðan valin út frá þeirri deyfingu sem þörf er á við hverja áttund, og einnig þarf að taka tillit til þess að þrýstifallið verði ekki of mikið.

Góð lágtíðnideyfing

Hlutverk aðalhljóðdeyfis er fyrst og fremst að deyfa blásarahljóðið. Fremur auðvelt er að deyfa hljóð við meðalháa og háa tíðni, og því er það yfirleitt deyfingin við lága tíðni sem ræður valinu. Sem þumalreglu má nota að hljóðdeyfingin sé að lágmarki um 10 dB við 63 og 125 ríða áttundirnar. Þetta hefur í för með sér að hljóðdeyfarnir verða að vera stórir, oft um 2.5 m á lengd.

Góð hljóðdeyfing við 500 og 1000 riða áttundirnar er mikilvæg fyrir hljóðstigið í loftræsta rýminu í dB (A), og því verður einnig að leggja áherslu á hana. Hér mætti hafa að þumalreglu að hljóðstigið í stokknum aftan við aðalhljóðdeyfi sé ekki meira en 50 dB við meðalháa og háa tíðni.

Mesta þrýstifall

Hljóðdeyfar valda mismiklu þrýstifalli. Framleiðendur gefa upp P-tölur fyrir hljóðdeyfa. Raunverulegt þrýstifall er reiknað út frá flatarmáli tengiopsins, loftmagninu og P-tölnunni. Það ætti helst ekki að vera meira en 30 Pa því að þá er hljóðmyndunin í hljóðdeyfinum hverfandi lítil og þarf ekki að taka sérstakt tillit til hennar. Ef þrýstifallið er meira ætti helst að velja annan hljóðdeyfi með stærra tengiopi.

Hljóðdeyfingin sem hljóðdeyfirinn gefur er dregin frá því hljóðafsstigi sem fyrir er í stokknum. Síðan er eiginhljóði hljóðdeyfisins bætt við hljóðstigið eftir deyfingu, og ef eiginhljóðið er 10 dB lægra en hljóðið eftir deyfinguna hefur sú viðbót engin áhrif. Framleiðandi sýnir stundum aðrar tengingar hljóðdeyfis en beint við stökk og skal þá leiðrétta þrýstifallið samkvæmt leiðbeiningum hans.

Hljóðmyndun

Hljóðdeyfir myndar hljóð ef hraði loftsins og þrýstifallið er nógu mikið. Því er rétt að halda þrýstifallinu litlu eins og fyrr greinir. Í nákvæmum útreikningum getur verið þörf á að taka tillit til þessarar hljóðmyndunar í áttundum. Framleiðendur birta yfirleitt upplýsingar um þetta eiginhljóð.

Dæmi um val á aðalhljóðdeyfi

Valinn er B-hjólslásari sem gefur eftirfarandi hljóðafsstig í áttundum út í stökk:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
L_w(dB)	87	82	84	86	82	76	65	58

Loftmagnið í stokknum er 5000 l/s og vídd hans er 1000 x 800 mm. Valinn er hljóðdeyfir með ytri mál 1200 x 1000 mm og lengdina 2200 mm. Hann gefur þokkalega lágtíðnideyfingu og deyfir einnig vel við áttundirnar 500 og 1000 rið.

Hljóðdeyfingin ásamt hljóðafsstiginu eftir deyfingu er sýnd í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Deyfing, ΔL (dB)	7	16	26	37	37	22	17	14
L_w - ΔL(dB)	80	66	58	49	45	54	48	44

Valinn hljóðdeyfir er með vergt þversniðsflatarmál 1.2 m² (1.2 m x 1.0 m) og framleiðandi gefur upp P-töluna 1.3. Út frá þessu og loftmagninu 5000 l/s má lesa úr gögnum framleiðanda að þrýstifallið verði minna en 15 Pa svo að þá þarf ekki að taka tillit til hljóðmyndunar í hljóðdeyfinum.

5.12.3 Val aukahljóðdeyfis

Mikilvægustu áttundir aukahljóðdeyfa eru 250, 500 og 1000 rið þar sem streymishljóð og hljóð sem myndast við þrýstingsminnkun er mest. Aukahljóðdeyfar geta því verið mun minni en aðahljóðdeyfar. Stundum er þó lágtíðnihljóðdeyfingin nokkur og getur það komið sér vel. Við sívala stokka er rétt að velja sívala hljóðdeyfa með þykkri einangrun. Þá verður þrýstifallið lítið og hljóðdeyfing við lága tíðni getur skipt máli.

Við val á aukahljóðdeyfi er miðað við upplýsingar frá framleiðanda og er hljóðaflið reiknað alla leið út í rýmið sem á að loftræsa. Ef hljóðstigið þar reynist vera of hátt er valinn annar hljóðdeyfir sem deyfir betur við þá tíðni sem mestum vandræðum veldur.

Dæmi um val á aukahljóðdeyfi

Haldið er áfram með dæmið sem tekið var í kafla 5.11 um hljóðmyndun í stökkakerfi. Þar voru útreikningar einungis miðaðir við stökkhljóðið en blásarahljóðinu sleppt. Eftir spjaldloku í aðloftsstokki, sem var 160 mm með loftmagnið 100 l/s, fékkst það hljóðafsstig sem sýnt er í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
L_w (dB)	65	60	55	49	44	39

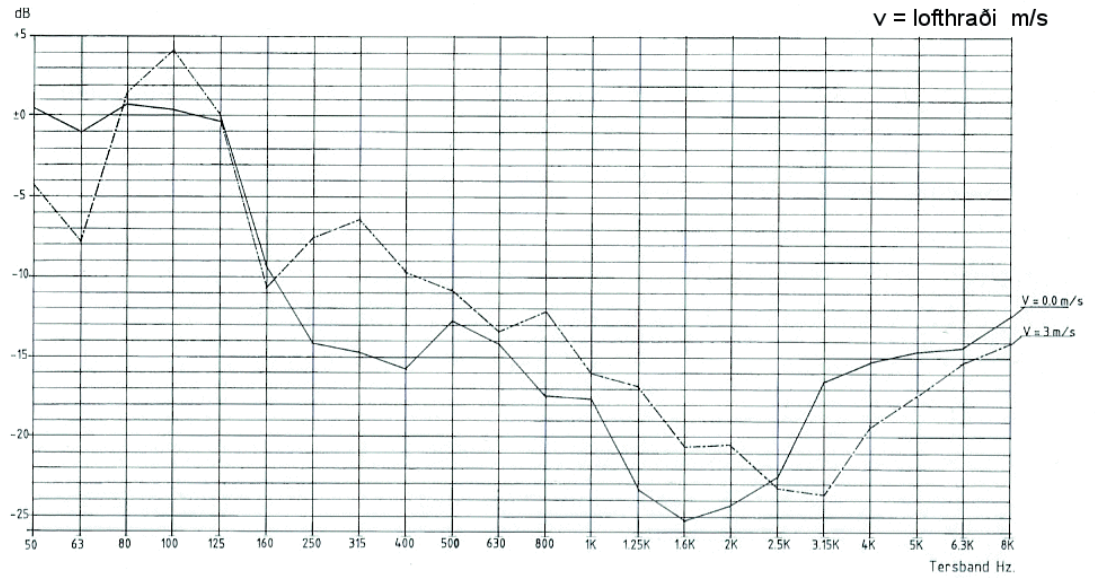
Eins og fram kom í dæminu varð hljóðstigið of hátt í loftræsta rýminu og spjaldlokan var sá hljóðvaki sem mesta hljóðið myndaði. Ef valinn er sívalur hljóðdeyfir (gerð CLAA) með þvermáli 160 mm og lengd 1000 mm fæst deyfingin sem sýnd er í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k	2k
ΔL (dB)	12	14	16	31	42	50
L_w (dB)	53	46	39	18	2	-

Þessi hljóðafsgildi eru síðan notuð í áframhaldandi útreikningum að loftræstu rými á hliðstæðan hátt og áður var sýnt. Þrýstifallið í hljóðdeyfinum er hverfandi lítið, álíka og í stokki sem einangraður er að innanverðu.

Rétt er að nefna að flestir framleiðendur hljóðdeyfa mæla þá á tilraunastofu, þar sem ekkert loftflæði er um þá, og hávaðinn er myndaður með hátalara sem sendir frá sér suðhljóð. Við raunverulegar aðstæður, þegar loftið streymir um hljóðdeyfinn, er hljóðdeyfingin háð lofthraðanum. Mikill lofthraði getur valdið því að ekki verður nein deyfing á tilteknum tíðnibilum enda þótt þar hafi mælst nokkur deyfing á tilrauna-stofu. Eins og fram kemur í línuritinu hér á eftir geta þessi áhrif orðið umtalsverð, jafnvel þegar lofthraðinn er fremur lítill. Hér er komin enn ein ástæða til þess að halda lofthraðanum litlum.

HLJÓÐDEYFING



Línuritíð sýnir hljóðdeyfingu í hljóðdeyfi með þvermálið 200 mm og lengd 600 mm. Heildregna línan sýnir niðurstöðu mælingar með suðgjafa og án loftflæðis um hljóðdeyfinn. Punktstrika-línan sýnir niðurstöðu mælingar með lofthraðanum 3 m/s. Eins og sjá má er munurinn töluverður við nokkrar þríundir.

6

Kafli

HLJÓÐSTIG INN Í RÝMINU

6.0 Inngangur

Í reglugerðum eru tilgreind efri mörk hljóðstigs í ýmsum rýmum. Einnig eru birt viðmiðunargildi í ýmsum handbókum fyrir ýmis önnur rými, og er æskilegt að uppfylla þau, því að annars má búast við vandræðum. Hingað til hefur nánast eingöngu verið miðað við A-vegið hljóðstig (dB (A)) sem markgildi fyrir loftræsi-hljóð (eða NR-gildi sem byggja á svipaðri vigtun). Þó færirst það æ meir í vöxt að einnig séu gerðar kröfur um C-vegið hljóðstig (dB (C)). Sem dæmi má nefna að slík leiðbeinandi gildi (innan sviga) eru í íslensku byggingarreglugerðinni, og í staðlinum ÍST 45:2003, „Hljóðvist – flokkun íbúðarhúsnæðis“, eru markgildi bæði í dB (A) og dB (C). Með því að setja þessa viðbótarkröfu um C-vegið hljóðstig er reynt að takmarka lágtíðni-hljóð frá loftræsikerfum.

Í þessum kafla er fjallað um útreikning á hljóðstigi í loftræstu rými út frá upplýsingum um rýmið sjálft og það hljóðafl sem berst til rýmisins frá loftræsikerfinu. Oftast er hljóðstigið reiknað út fyrir mælistað (hlustunarstað) í svokölluðu ómsviði rýmisins, þ.e. ekki mjög nálægt innblásturs- eða útsogstækjum og ekki upp við vegg, gólf eða loft herbergisins. Einnig er hægt að reikna út hljóðstigið á sérstaklega tilgreindum stað, utan við þetta ómsvið, en það er sjaldnar gert.

6.0.1 Hljóðaflsstig í rýminu við innblásturs- og útsogstæki

Áður hefur verið lýst hvernig stokkhljóði og blásarahljóði er fylgt í gegnum loftræsikerfið og endað á útreiknuðu hljóðaflsstigi (LW) inn í loftræsta rýmið. Til viðbótar kemur síðan eiginhljóð frá innblásturs- eða útsogstækinu, einnig gefið upp sem hljóðaflsstig. Eftir lógaritmíska samlagningu fæst hljóðaflsstigið í rýminu við þetta tiltekna innblásturs- eða útsogstæki. Ef fleiri en eitt innblásturs- eða útsogstæki eru í rýminu þarf að leggja saman hljóðaflsstigið við þau öll á lógaritmískan hátt. Þannig fæst hljóðaflsstigið í rýminu í heild í áttundum.

Síðan er hljóðþrýstingsstigið reiknað út með því að leiðrétta vegna hljóðdeyfingar í rýminu, einnig í áttundum. Því næst er hljóðið látið fara um ímyndaða A-síu og C-síu og leiðrétt miðað við lögun síanna. Loks er svo hljóðþrýstingsstigið í heild reiknað út í dB (A) og dB (C) sem þá er hægt að bera saman við ákvæði reglugerðar eða hönnunarmarkmið. Í sérstökum tilvikum má líka velja tiltekinn punkt í rýminu og auk hljóðdeyfingar rýmisins þarf þá að vita staðsetningu hljóðvaka og fjarlægð frá

Ef tekið er sem dæmi aðloftskerfi með hljóðafsstig L_{w1} frá blásara og stökkakerfi, og L_{w2} frá innblásturstæki, fæst hljóðafsstig í heild við innblásturstækið L_w og hljóðþrýstingsstigið í rýminu L_p , eins og sýnt er í töflunni:

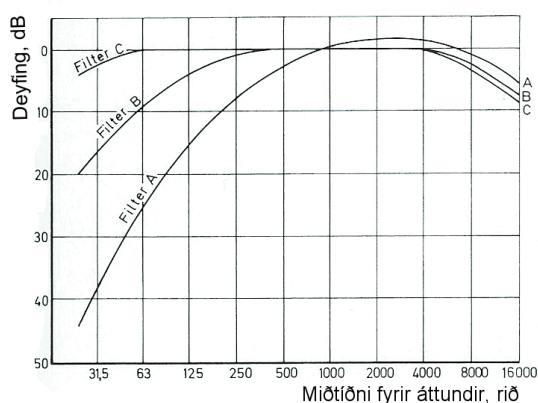
ÁTTUNDIR (rið)	31.5	63	125	250	500
L_{w1} (dB)	50	37	27	41	31
L_{w2} (dB)	35	35	36	36	34
L_w (dB)	50	39	37	42	36
L_p (dB)	46	35	33	38	32

6.1.2 A-sía og C-sía

Síurnar deyfa hljóðið mismikið eftir áttundum eins og sést í línuritinu. Úr línuritinu má lesa eftirfarandi deygingu fyrir A- og C-síu:

ÁTTUNDIR (rið)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
ΔA (dB)	-39	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1
ΔC (dB)	-3	-1	0	0	0	0	0	-1	-3

Eins og sjá má er mesti munurinn á þessum tveimur síum við lága tíðni, þar sem A-sían deyfir hljóðið mjög mikið en C-sían mjög lítið.



A- og C-síur deyfa hljóðið við áttundir eins og línuritið sýnir

Ef hljóðþrýstingsstigið í dæminu hér að framan er síað með A-síu og C-síu fæst eftirfarandi niðurstaða:

ÁTTUNDIR (rið)	31.5	63	125	250	500
L_p (dB)	46	35	33	38	32
ΔA (dB)	-39	-26	-16	-9	-3
$L_{p,A}$	7	9	17	29	29
ΔC (dB)	-3	-1	0	0	0
$L_{p,C}$	43	34	33	38	32

6.1.3 Hljóðþrýstingsstigið í rýminu í heild

Ef aðeins er einn hljóðvaki í rýminu er hljóðþrýstingsstigið í heild fundið með því að leggja saman áttundagildin á lógaritmískan hátt að lokinni leiðréttingu fyrir síurnar. Ef fleiri en einn hljóðgjafi er í rýminu er hljóðstigið frá þeim fyrst lagt saman í áttundum á lógaritmískan hátt og síðan er hljóðstigið í heild fundið út frá áttundagildum. Við samlagningu hljóðstigs frá fleiri en einum hljóðvaka má velja hvort lagt er saman hljóðþrýstingsstig eða hljóðafsstig.

Í dæminu hér að framan er aðeins einn hljóðvaki í rýminu og þá fæst

$$L_A = 32.2 \text{ dB (A)}$$

$$L_C = 45.1 \text{ dB (C)}$$

6.1.4 Fleiri en einn hljóðvaki í rýminu

Taka má sem dæmi að útsogstæki sé bætt í rýmið hér að ofan og útreiknað hljóðþrýstingsstig í rýminu frá útsogskerfinu sé $L_{p,u}$. Þetta hljóðstig bætist við hljóðstigið frá innblásturskerfinu og hljóðþrýstingsstigið í heild verður L_p í töflunni:

ÁTTUNDIR (rið)	31.5	63	125	250	500
L_{p2} (dB)	48	45	38	34	30
L_p (dB)	50	45	39	39	34
$L_{p,A}$	11	19	23	30	31
$L_{p,C}$	47	44	39	39	34

Hljóðstigið í heild, bæði frá aðlofts- og fráloftskerfunum, er þá

$$L_A = 34.0 \text{ dB (A)}$$

$$L_C = 49.7 \text{ dB (C)}$$

Niðurstaða einfaldra útreikninga

Einfaldir útreikningar á hljóðstiginu eins og hér hafa verið sýndir geta nægt til að dæma megi um hvort hljóðstigið sé örugglega innan hönnunarmarka, eða hvort það sé örugglega yfir þeim og því þurfi að breyta einhverju í hönnuninni. Ef niðurstaða einfaldra útreikninga er nálægt hönnunarmörkum er hins vegar rétt að mæla með nákvæmari útreikningum. Þá er leiðrétting vegna hljóðdeyfingar í rýminu ekki bara áætluð -4 dB við allar áttundir heldur er hljóðisogsflöturinn í rýminu ákvarðaður sérstaklega við allar áttundir og umreikningur á L_p út frá L_w gerður í samræmi við þá niðurstöðu.

6.2 Nákvæmur útreikningur á hljóðþrýstingsstigi

Í reynd er hljóðisogsflötur (A) í tilteknu rými sjaldan sá sem einfaldur útreikningur miðast við. Jafngildan hljóðisogsflöt má ákvarða út frá rúmmáli herbergisins og mælingu á ómtíma. Einnig má reikna út jafngildan hljóðisogsflöt með því að leggja saman margfeldi hljóðisogsstuðuls og flatarmáls allra efna í herberginu.

6.2.1 Jafngildur hljóðisogsflötur (A í m²)

Sambandið milli hljóðþrýstingsstigs (L_p) og hljóðafsstigs (L_w) má sýna með eftirfarandi jöfnu, en hún gildir í ómsviði rýmisins, þ.e. alls staðar nema nálægt hljóðvakanum eða upp við vegg, loft og gólf:

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log(4/A)$$

þar sem A er jafngildur ísogsflötur í herberginu í m².

A má reikna út með hljóðisogsstuðli (α_i) og flatarmáli (S í m²) allra efna í herberginu:

$$A = \sum(\alpha_i \cdot S_i) = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \dots$$

Einnig má ákvarða A út frá rúmmáli herbergisins (V í m³) og mælingu ómtímans (T í sek):

$$A = 0.16 \cdot V / T$$

Hljóðisogsstuðla ýmissa almennra efna má finna í töflum í fjölmörgum handbókum, og upplýsingar um hljóðisog sérstakra efna fást t.d. frá framleiðendum hljóðdeyfilofta.

6.2.2 Dæmi

Í dæminu er ekki vitað um ómtímann í rýminu svo að jafngildur hljóðisogsflötur er fundinn með því að margfalda saman hljóðisogsstuðul og flatarmál allra efna í rýminu og leggja saman - einnig með því að margfalda saman hljóðisog einstakra hluta og fjölda þeirra og bæta því margfeldi við hljóðisogsflötinn.

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k
Hljóðisogsstuðlar og hljóðisog einstakra hluta					
Rúðugler (α)	0.00	0.40	0.30	0.20	0.17
Línóleumdúkur á steingólfi (α)	0.00	0.02	0.02	0.03	0.03
Hljóðdeyfiloft, harðpressuð steinull (α)	0.22	0.27	0.32	0.42	0.60
Gluggatjöld með 50% fellingum (α)	0.02	0.07	0.31	0.49	0.81
Steyptur veggur, veggfóðraður (α)	0.00	0.02	0.03	0.04	0.05
Sitjandi maður (A/stk)	0.10	0.17	0.36	0.47	0.52
Stóll með tauklæddri setu og baki (A/stk)	0.10	0.17	0.23	0.23	0.22
ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k
Jafngildur hljóðisogsflötur (m ² Rúðugler (4 m ²))	0.00	1.60	1.20	0.80	0.68
Línóleumdúkur á steingólfi (11 m ²)	0.00	0.22	0.22	0.33	0.33
Hljóðdeyfiloft, harðpressuð steinull (11 m ²)	2.42	2.97	3.52	4.62	6.60
Gluggatjöld með 50% fellingum (4 m ²)	0.08	0.28	1.24	1.96	3.24
Steyptur veggur, veggfóðraður (27 m ²)	0.00	0.54	0.81	1.08	1.35
1 sitjandi maður	0.10	0.17	0.36	0.47	0.52
3 stólar með tauklæddri setu og baki	0.30	0.51	0.69	0.69	0.66
Samtals A (m ²)	2.90	6.29	8.04	9.95	13.38

Nú má reikna út hljóðþrýstingsstigið $L_p = L_w + 10 \cdot \log(4/A)$ þar sem **A** er útreiknaður jafngildur ísogsflötur í herberginu í töflunni hér að framan. Sama aðloftskerfi og í einfalda útreikningnum er tekið sem dæmi. Þar var hljóðafsstigið í heild við innblásturstækið L_p og hljóðþrýstingsstigið í rýminu L_w eins og sýnt er í töflunni. Sýnd er niðurstaða fyrir báðar aðferðirnar til samanburðar:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k
L_w (dB)	39	37	42	36	38
$L_p = L_w - 4$ dB	35	33	38	32	34
$L_p = L_w + 10 \cdot \log(4/A)$	40	35	39	32	33

Athugið að hér var valið að taka tíðnibilið 63-1000 rið í stað 31.5-500 rið eins og áður var gert.

Út frá þessum áttundargildum má þá reikna hljóðþrýstingsstigið í heild, bæði eftir A-vigtun og C-vigtun:

ÁTTUNDIR (rið)	63	125	250	500	1k
$L_p = L_w + 10 \cdot \log(4/A)$	40	35	39	32	33
ΔA (dB)	-26	-16	-9	-3	0
$L_{p,A}$	14	19	30	29	33
ΔC (dB)	-1	0	0	0	0
$L_{p,C}$	39	35	39	32	33

Í þessu dæmi er aðeins einn hljóðvaki í rýminu, innblásturstækið, og þá fæst

$$L_A = 35.9 \text{ dB (A)}$$

$$L_C = 43.6 \text{ dB (C)}$$

Eins og sjá má er hljóðstigið, reiknað með nákvæmu aðferðinni allt frá því að vera 5 dB hærra (við 63 rið) og til þess að vera 1dB lægra (við 1000 rið) en það sem einfalda aðferðin gefur.

Ritaskrá

Að mestu hefur verið stuðst við eina bók [1], og hún var þýdd, stýtt, staðfærð og endurgerð að hluta.

- [1] Nyman H & Danielsson S, Ljuddimensionering av ventilationssystem. Byggeforskningsrådet, Stockholm, 1998.
- [2] Björkman K, Blomquist S, Nyman H, Thorselius M, Råd om ljud i hus. SABO & Byggeforskningsrådet, Stockholm 1991.
- [3] Sandbakken M & Ludvigsen A, Støy i Ventilationsanlegg. Farex A/S, Lindeberg 1984.
- [4] Sandbakken M & Kroken E, Lydkontroll i ventilasjonsanlegg. Stifab Farex A/S, Lindeberg 1984.
- [5] Bahco Ljudkompendium, utgåva 2. Enköping 1982.
- [6] Beranek L L, Noise and Vibration Control. McGraw Hill Book Company, New York 1971.
- [7] Iqbal M A, Willson T K, Thomas R J, The Control of Noise in Ventilation Systems a designers guide. E. & F. N. Spon Ltd, London 1977.
- [8] Templeton D & Saunders D, Acoustic Design. The Architectural Press, London 1987.
- [9] Einarsson S, Hljóðtæknifræði. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík 1976.
- [10] Karlén L, Akustik i rum och byggnader, Svensk byggtjänst, Stockholm 1983.
- [11] Lindblad S.G, Akustik IV. Lunds Tekniska Högskola, Lund 1982.
- [12] Lindblad S.G & Guðmundsson S, Akustik V. Lunds Tekniska Högskola, Lund 1981.
- [13] Guðmundsson S, Hljóðeinangrun. Steinullarverksmiðjan hf, Reykjavík 1988.
- [14] Stifab Farex Produktkatalog 2002.

