



Teknik - Akustik

Allmänt	Sid. 168 - 169
Projektering	Sid. 170 - 171
Dimensionering	Sid. 172 - 173
Redovisning	Sid. 174 - 175
Mätmetod	Sid. 175
Appendix 1 - Faktarutor - Projektering	Sid. 176 - 181
Appendix 2 - Grundbegrepp	Sid. 182 - 184
Appendix 3 - Akustisk planering	Sid. 185

Allmänt

Alla har vi en relation till akustik, -en del som oljud, buller, en del till musik och andra trivs bäst när det är tyst. Det är ingen tillfällighet att vi inom Swegon associerar akustik med stillhet och naturens tystnad. Vi har dokumenterat lång erfarenhet av att ge råd och tips på hur man skapar ett bra klimat, både akustiskt och termiskt. På senare tid har det kommit mer och mer hjälpmedel, men med en enkel översikt kommer man långt. Checklistan behöver inte vara speciellt lång; vibrationsisolering, stom- och ljudisolering och fläktbuller. Vibrationsisolering är ju numera inbyggt i aggregatdelen och oftast väldokumenterat. Sällan eller aldrig ställer detta till problem eller överraskningar idag. Det finns dock några fallgropar, tex. dåliga vibrationsisolatorer i kombination med väldigt högvarviga fläktar.

Stom- och ljudisolering blir allt viktigare och det ställs högre krav idag än någonsin tidigare. Kraven ställs inte bara på stomljud från aggregat/fläktrum utan också mellan rum och mellan rum och korridor (via överhörning). Normalt är fläktrum med lite större aggregat egna brandceller och detta ger ju i sig krav på kraftiga konstruktioner i väggar och stomme. För mindre enhets- och modulaggregat är stom- och luftljud inget problem. Avslutningsvis har vi då fläktbuller kvar. Här finns det mycket erfarenhet och kunskap som ofta brukas väl. Ett exempel är användandet av kammarfläktar som förutom att de ger mindre ljud, även är mindre känsliga för systemeffekter efter anslutningen till kanalsystemet. Fläktljud till kanalen fås normalt idag via en datakörning, annars används överlagsberäkning.

Grundregeln vid god akustik är att försöka dämpa ljudet vid källan, det gäller fläktljud såväl som strypljud från tex injusteringspjäll. Detta innebär i praktiken att det vid varje ljudkälla ska finnas någon form av ljuddämpning.

Ljuddämpare kan ju skapas på olika sätt; tex kammar-dämpning, active noise, helmholzresonatorer, absorptionsdämpning mm.

I dagens komfortventilationsystem är minst 95 % av lösningen någon variant av absorptionsljuddämpare, där man helt enkelt omvandlar ljudenergi till värme. Den största och avgörande fördelen med detta är att det ger förutsägbart (och stabilt över tid) resultat samt att det är relativt prisvärt. I princip handlar dagens ljuddämpare om några få men avgörande saker; plåt, isolering, ytskikt samt fri area. Vill man sedan göra det bättre och smartare så blir listan längre.

Allmänt

Hastighetsprofilen viktig

Hastighetsfördelningen är avgörande för hur stort tryckfallet över en ljuddämpare blir. Här kommer det att visas några exempel på olika sätt att uppnå goda (eller dåliga) hastighetsfördelningar. Förenklat sett för normal ventilation så fördelar sig luft på samma sätt som vatten, man kan tex göra jämförelsen med en vattenslang med många små hål i.

Nästan allt vatten kommer då att strömma rakt igenom, dvs det tar den enklaste vägen.

Om vi fortsätter att tänka oss vatten, så har vi alla sett vad som händer vid ett brofäste. Vattnet däms upp precis före brofästet, när det passerar så ökar hastigheten och efter skapas mycket oreda (eller virvlar), se figur 1.

Samma sak händer när vi tittar på en ljuddämpare med akustiska bafflar för ökad ljuddämpning. Om vi bara ser på hastighetsprofilen så varierar den relativt mycket.

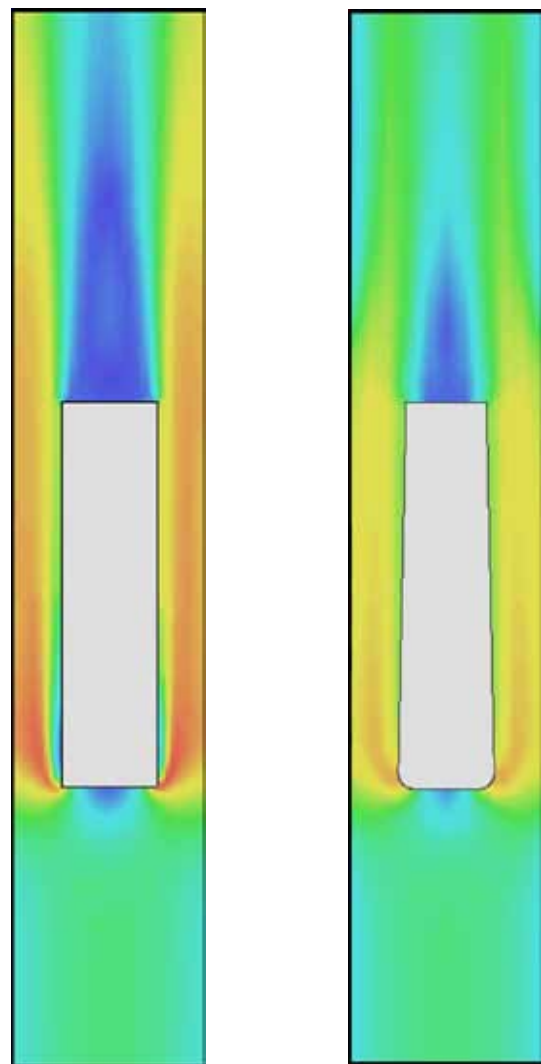
I exemplet nedan är det en rektangulär baffelljuddämpare med en lufthastighet på ca 5 m/s i bruttoarean. Vi ser då att hastigheten variera mellan nästan noll upp till ca 12 m/s mellan de akustiska bafflarna, se figur 2, kantigt inlopp.

Detta är vad vi dagligt tal pratar om som tryckfall över ljuddämparen, men ser vi på hur tryckfallet varierar i samma snitt så är det mer momentant. Tryckfallsmässigt sker alltså förändringen vid inloppet, trots att orsaken är den ändrade hastighetsprofilen. Naturligtvis strävar vi alla för att hålla ner tryckfallet över ljuddämparen, men det finns en del som verkar åt andra hållet. En viktig faktor är att den ljuddämpningseffekt man uppnår med baffelljuddämpare är väldigt starkt kopplad till att luften ska byta riktning. Det finns alltså ett motsatsförhållande mellan ljuddämpning och tryckfall. Angreppsvägen här är alltså att behålla avståndet mellan de akustiska bafflarna och samtidigt sänka tryckfallet och detta leder oss till att se på hastighetsprofilen igen. Man kan hjälpa luften att ta sig in i spalten (rundat inlopp), friktionen i spalten ska vara låg (ytskikt på det ljuddämpande materialet) och till sist ska utloppet optimeras (baffelavtrappning ger tryckåtervinning).

I exemplet nedan är det en rektangulär baffelljuddämpare med en lufthastighet på ca 5 m/s i bruttoarean. Vi kan nu jämföra skillnaden mellan exemplet ovan. Ljuddämpningen är i båda fallen identisk, men vi har lyckat påverka hastighetsprofilen till vår fördel. Lufthastigheten varierar även här från nära noll upp till ca 12 m/s mellan de akustiska bafflarna, men tryckfallet (och hastighetsprofilen) här nu minskat med ca 20 %. Se Figur 3, rundat inlopp med kontinuerlig baffelavtrappning.



Figur 1. Brofäste med uppdammt vatten i inloppet och virvlar efter.



Figur 2

Figur 3

Kantiga former ger både högt tryckfall, många och stora virvlar samt långt avstånd till utjämnad hastighetsprofil (figur 2). Rundat inlopp och kontinuerlig baffelavtrappning ger sänkt tryckfall, mindre virvlar samt minskar avståndet till utjämnad hastighetsprofil (figur 3). Detta är grundkonceptet i Swegons rektangulära ljuddämpare.

Projektering

Bakgrund

Buller från ventilationsanläggningar är idag en av de vanligaste orsakerna till klagomål på inomhusklimatet på arbetsplatser och i bostäder och en vanlig störkälla mot omgivning. Det finns krav på minimistandard som i många avseenden är tillräckliga sedan SBN 75. Tyvärr efterlevs de inte alltid i praktiken och kraven är inte heller korrekt formulerade. Swegon har som den ledande fabrikanter av komponenter till ventilationssystem satt som kvalitetsmål att alla produkter som vi tillverkar skall kunna medverka till en väl fungerande tyst ventilationsanläggning med hög komfort om de används på rätt sätt. För att motsvara ambitionen att erhålla tysta ventilationsanläggningar beskriver vi en arbetsmetod att tillämpas under projektering. Metoden leder med stor precision till rätt resultat med en rationell arbetsinsats.

Helheten

Alla Swegons produkter utformas med hänsyn till deras påverkan på de fyra klimatområden som i första hand bestämmer komforten i rummet. Dessutom vägs energieffektivitet och de ekonomiska aspekterna direkt in i produktutformningen. De fyra klimatområdena är;

- Lufthygien
- Termiskt klimat
- Akustiskt klimat
- Visuellt klimat

Åtgärder i ventilationssystem påverkar direkt de tre översta och med åtgärder i rum även det fjärde. Detta arbetssätt innebär att akustiken, buller från ventilationsanläggningen och andra akustiska effekter av ventilationsanläggningen, bedöms med samma tyngd som de huvuduppgifter ventilationsanläggningen skall utföra.

Stabilitet och variationer

Ventilationsanläggningar är till sin natur instabila. Många faktorer påverkar driftförhållanden och förorsakar variationer i flöde, ljud mm. Orsaker till variationer kan vara många; filternas grad av igensättning, drift- och underhållsläget, mängden don som forcerar, vindpåverkan mm. När det gäller bullerberäkning utgår man från det värsta driftfallet som stadigvarande kan erhållas. Det kan innebära att man inte behöver ta speciell hänsyn till vissa forceringsflöden om de bara skall vara under pauser mm. Swegon har utvecklat produkter och teknik för att skapa stabilitet i systemen även om driftsförutsättningarna varierar. Bullermässigt behöver den maximala ljudnivån bedömas för dessa produkter utgående från de förutsättningar systemen skall klara. Det gäller produkter som t ex finns i e.r.i.c.-systemet.

Ventilationsanläggningens inverkan på det akustiska klimatet

En ventilationsanläggning i ett hus påverkar akustiken genom ljudalstring, överhörning i kanalsystemet, läckage i håltagningen och en ökad rumsdämpning av donöppningar i rum. Därtill finns en påverkan av de vibrationskrafter som fläktar orsakar. Alla dessa aspekter skall behandlas vid projekteringen.

Ljudalstring:

Fläktar

Ljudeffektnivåer i dB anges vanligtvis av tillverkaren i oktavband och som total ljudeffektnivå.

Spjäll

Ljudeffektnivåer i dB anges vanligtvis av tillverkaren i oktavband. Swegon anger i oktavband mellan 63 Hz och 8000 Hz.

Don

Egenljud till rum anges oftast som ljudnivå i dB(A) relaterat till rumsdämpning 10 m² Sabine vilket innebär att ljudnivån gäller på avstånd från don i ett rum med 10 m² ljudabsorptionsarea. Sträcker sig rummets vistelseområde fram till don måste hänsyn tas till att ljudnivån i donets närfält är mycket starkare än ljudnivån på avstånd i rummets mitt. Se faktaruta 1.

Luftström

Luftströmmen i kanal skapar turbulens vid ojämnheter, avgreningar, anslutningar mm och därmed ljud. Faktaruta 2 ger ungefärliga uppgifter om ljudnivåer i kanal alstrade av lufthastigheten. Swegons don är i de flesta fall utformade med en tillräcklig insättningsdämpning för att klara ljudalstringen från en lufthastighet på 8 m/s i stamkanaler och högst 4 m/s i grenkanaler. Variationer förekommer, speciellt vid rum med krav på låga bakgrunds nivåer. Se faktaruta 2.

Projektering

Dämpning:

Aggregatljuddämpare

Till fläktaggregat brukar så kallad aggregatljuddämpare användas. Dessa är sällan tillräckliga varför extra åtgärder intill aggregaten krävs som regel.

Ljuddämpare resistiva

Den vanligaste typen är absorptionsljuddämpare där ljudet och luften strömmar utefter ett ljudabsorberande material. Ju längre ljuddämpare desto större dämpning. Resistiva ljuddämpare ger bättre dämpning vid högre frekvenser. Dämpningen anges i dB i oktavband för vilket motsvarar den dämpning som erhålls om motsvarande kanalbit ersätts med dämparen. Ljuddämpare i vinkel ger effektivare dämpning.

Ljuddämpare reaktiva

En reaktiv ljuddämpare kan ge en god dämpning redan vid låga frekvenser om volymen är tillräckligt stor. Ett exempel på reaktiv ljuddämpare är en trycklåda invändigt klädd med ljudabsorberande material. Ljudenergin antas fördelas likformigt över ytan och dämpningen motsvarar i proportion öppningarnas storlek i förhållande till hela den invändiga ytan. In- och utlopp skall helst inte placeras mitt för varandra då högfrekvent ljud kan kortslutas genom ljuddämparen. Faktaruta 3 ger en hjälp att bedöma dämpningens storlek. Se faktaruta 3.

Förgreningar

I normala fall kan man fördela ljudenergin i kanalsystemets olika grenar i proportion till areastorleken. En grov metod är att fördela i proportion till luftfördelningen i systemet. Det finns avvikelser som tex kanalgrenar i rak anslutning nära fläktarna vilka kan ge mer ljud vid vissa frekvenser än vad denna approximativa metod anger. Med en god försiktighet ger metoden dock en bra uppskattning av systemets ljuddämpande egenskaper. Se faktaruta 4.

Bakgrund

NR50 i kanal efter aggregat med ljuddämpare

En fråga som ofta kommer upp när vi diskuterar ljudberäkningar i ventilationssystem är om man behöver göra detaljerade ljudberäkningar för varje enskilt rum i hela byggnaden ?

Svaret på denna är lika enkel som självklar: NEJ !

Detta är just den springande punkten vid en akustisk planering, just detta att hitta det där övergripande, att se helheten. Vilket rum är akustiskt dimensionerande ? Vad de gäller grund- eller tumregler så klarar man sig långt i ett "normalfall" med att veta ljuddata för fläkt och att sen ah klart för sig vilken typ av installation det handlar om. Det kan tex handla om ett kontor med många tilluftsdon eller komfortmoduler. Om vi då bara ser till att hålla NR50 (kan ofta likställas med ca 55 dBA) i kanalen efter fläkt med eventuell ljuddämpare så kommer vi att klara merparten av dagens krav på akustiskt klimat i det enskilda kontorsrummet. Kombinerar man detta synsätt med att ljudalstrarna (främst injusteringspjäll) efter vägen förses med ljuddämpare och att lufthastigheterna hålls låga (<4-5 m/s), framförallt i närheten av slutapparater.

I Appendix 3 följer en komprimerad variant av vår akustiska planering som vi rekommenderar att man räknar sig igenom i alla fall en gång. Då främst i syfte att få en överblick över ljudalstrarna i ett system och för att få överblick över beräkningsgången. Mycket nöje!

Dimensionering

Arbetsmetod

Princip

Denna arbetsmetod följer den traditionella projekteringshandläggningen med idéskisser, systemhandlingar och bygghandlingar. Metoden består i att;

1. I det tidiga skedet, skisstadiet, bestämma de åtgärder som erfordras för att dämpa ljudet från fläktarna mot rum och mot omgivning storleksmässigt samt forma systemet i princip.
2. I slutet av skedet färdiga bygghandlingar görs en detaljdimensionering och generellt föreslagna åtgärder preciseras.

Under det första skisstadiet skall man tillsammans med arkitekten:

- Bestämma huskroppens geometri och volym.
- Föreslå antalet aggregat och aggregatrum med hänsyn till byggnadens form och verksamhet.
- Bestämma aggregatrummens storlek. OBS! Att storleken har fler dimensioner än LxBxH. Här anges ljudnivå och dynamiska störkrafter på bjälklag, effektbehov mm.

Byggfasen

Under byggfasen skall de vanliga utförandebristerna som leder till oönskat buller kontrolleras löpande. Det är bland annat;

Byte av material

Likvärdighet avseende ljud skall kontrolleras. Krav på redovisning av likvärdighet ur alla nedanstående aspekter bör krävas.

Fläktuppställning

Normalt är fläktar vibrationsisolerade i aggregatet. Viktigt att tänka på, är att det skall vara flexibel anslutning mellan fläkt och kanalssystem.

Kanaluppbyggnad, täthet, tryckfall

Kanaler skall fogas utan skarpa invändiga kanter. Otätheter förorsakar ljud. Onödigt tryckfall ger ljud och sämre arbetsläge för fläkten. Se till att kanaldragningarna blir jämna med mjuka böjar och övergångar.

Sluttryckfall

Det är fel att ta för stort tryckfall över don med ljudalstring som följd. De flesta don har en justermöjlighet som skall utnyttjas för att utjämna flöde mellan rum i en grenkanal, men inte att strypa in hela systemets flödesfördelning.

Injustering

Skall göras så att don ej ger för högt egenljud till rum.

Kontroll

Ljudnivåerna skall kontrolleras i samband med injustering. Ljud mot omgivning mäts.

Dimensionering

De naturliga stegen

A

Med kännedom om ventilerad volym kan aggregatstorlek anges. Därmed kan översiktligt ljudeffekten från aggregat bestämmas och de åtgärder som erfordras för att aggregatens ljud skall accepteras mot byggnad och mot omgivning. Faktaruta 6 ger en grov uppskattning av fläktens ljudalstring.

Aggregatrummens dimensioner redovisas dvs.:

- Erforderlig yta i m² och
- Erforderlig ljudnivå i aggregatrum samt
- Behov av vibrationsisolering med krav på bjälklag.

Storleken på aggregatrummen bestäms av att ljuddämpande åtgärder får plats för att begränsa bulleremission mot omgivning och att ljudeffektnivån till schakt inte överstiger 60 dB(C) i kanal. All lågfrekvensdämpning skall klaras i aggregatrum.

Alla ljudfällor som innehåller porösa ljuddämpande material skall vara åtkomliga. Ljudfällorna skall kunna öppnas och det porösa materialet bytas ut.

Vibrationsisoleringen av aggregaten ställer krav på bjälklag och höjd i aggregatrum. Det skall klaras ut på detta tidiga stadium så att rätt bjälklag eller kompletterande åtgärder kan dimensioneras. Se faktaruta 6.

B

Alla ljudkrav sammanställs på en handling. Den skall omfatta:

- Max dimensionerande ljudnivå dB(A)/dB(C) i aggregatrum, anges av Vent.
- Max dimensionerande ljudnivå dB(A)/dB(C) i schakt, anges av Vent.
- Max dimensionerande ljudnivå dB(A)/dB(C) över korridor tak mm, anges av Vent.
- Ljudnivå i rum dB(A)/dB(C), anges av Akustik eller Arkitekt.
- Ljudisolering i skiljeväggar och bjälklag RWdB, anges av Akustik eller Arkitekt.
- Bulleremission mot omgivning, LW ljudeffekt i utelufts- och avluftsöppningar, anges av Akustik eller Vent.

C

Principhandlingar upprättas där lågfrekvensdämpare i storlek redovisas i aggregatrum och ljuddämpare i kanalsystemet fördelas efter behov intill rum.

Ljuddämpare efter strypspjäll mot rum i kontorshus och liknande. I skolbyggnader och intill sammanträdesrum med högre krav på överhörningsdämpning innebär det vanligtvis 1200 mm ljuddämpare mellan strypspjäll och rum. De olika ljuddämparna ges generella littera LD 1, 2, 3 osv. och detaljdimensioneras i bygghandlingsskedet. Kanaldragningen bör utformas så att man inte måste gå igenom skiljekonstruktioner med höga krav på ljudisolering. Gör överhörningsberäkning med hjälp av ProAc. Här redovisas RW-värde för aktuell kanaldragning.

D

All kanaldragning skall utformas så att den kan utföras med god precision och täthet. Det är viktigt att bygghandlingarna visar en utformning vid genomföringar som kan utföras och tätas på ett tillfredsställande sätt. Ansvaret för detaljutformningen är projektörens. Utformningen skall också vara sådan att monteringen kan ske utan att skaderisker för montören, vilket också är projektörens ansvar.

I slutet av projekteringen räknas ljudförhållanden i några kritiska systemförgreningar. Hela systemet behöver sällan beräknas. I samband med beräkningen detaljspecificeras ljuddämparna i aggregatrum och ljuddämparna ute i kanalsystemet. Tidigare givna littera tolkas till föreslagna ljuddämpare av passande mått.

I detaljdimensioneringen skall ljudnivån bestämmas med 5 dB marginal för varje system. Det innebär att när till- och frånluftssystem körs samtidigt kommer marginalen att bli 2 dB, vilket är en nödvändig marginal med hänsyn till skillnader i utförande och osäkerhet i mätningar. Innehåller huset ytterligare system som kyla, värmesystem mm. som kan förväntas påverka ljudnivån i rummet skall marginalen utökas till ytterligare 2 dB per tillkommande system. Vid t.ex tre ljudalstrande system skall dessa beräknas mot ett krav som ligger 7 dB under det gällande kravet. Bidrar de lika mycket till ljudnivån i rummet innebär det att de orsakar en ljudnivå tillsammans som är 5 dB över den dimensionerande för varje system, dvs. marginalen kommer att bli 2 dB till kravet. Se faktaruta 7 angående sammanlagring av ljudkällor. Det innebär att tilluftssystemet och frånluftssystemet i ett hus med tre system inkl värme, bör vardera dimensioneras för att klara 23 dB(A) i t e x klassrum och bostadsrum. Se faktaruta 7.

E

Till bygghandlingar bör utformas en handling som redovisar håltagning, genomföring och metod för tätning och efterlagning med hänsyn till både ljud- och brandkrav samt flexibilitet. Tätheten är avgörande för att ljudkraven skall innehållas i det färdiga huset. Swegons produkter är från början utformade för att lätt kunna fällas in i väggar, bjälklag mm. och kunna ge en betryggande täthet.

Redovisning

Kanaldämpning

I kanalsystemet erhålls endast liten dämpning bortsett från böjar, krökar och dimensionsförändringar där s k reaktiv dämpning erhålls. Effekten redovisas i faktaruta 5.

Insättningsdämpning

Dämpningen hos don anges i dB i oktavband och avser vanligtvis dämpningen från ljudeffekt i kanal till ljudnivå i rum vid 10 m² Sabine rumsdämpning. Andra redovisningar finns, så var vaksam på missförstånd! Notera också att en del don fungerar som förstärkare, dvs. insättningsdämpningen kan vara negativ.

Swegon anger normalt dämpningen för don vid 10 m² rumsdämpning. Större produkter avsedda för industriapplikationer redovisas för 150 m² rumsdämpning. Faktaruta 1 visar tillägget som erfordras för att kompensera till donets närfält och justeringen i rum med en annan rumsdämpning än 10 m² Sabine. Se faktaruta 5.

Krav på akustisk komfort

Inom Swegon rekommenderar vi att krav ställs i både dB(A) och dB(C) för att säkerställa att alla ljudnivåer är tillräckligt låga och samtidigt har en karaktär som är acceptabel utan ett dominerande lågfrekvent buller. Swegon har sedan länge utformat och kontrollerat produkternas inverkan även på de låga frekvenserna. I produktredovisning finns värden angivna ner till 63 Hz. För lägre frekvenser, 31,5 Hz, kontakta något av våra säljkontor.

Exempel på kravvärden:

Swegon rekommenderar att kravet i dB(C)-värdet är högst 15 dB högre än kravvärdet i dB(A), vilket ger en god ljudkomfort i rummet.

Bostäder	30 dB(A)	45 dB(C)
Kontor	35 dB(A)	50 dB(C)
Lektionssalar	30 dB(A)	45 dB(C)
Konferensrum	30 dB(A)	45 dB(C)
Vårdrum	30 dB(A)	45 dB(C)
Städrum	45 dB(A)	60 dB(C)

Det är viktigt att alla utrymmen där människor vistas har ett krav på ljudnivå. Högre värden än 45 dB(A), 60 dB(C) bör inte accepteras i andra rum än aggregatrum, maskinrum och liknande med egna kraftiga bullerkällor. I alla sammanhang skall sådana ljudnivåer eftersträvas att ljud från ventilationsanläggningen inte blir dominerande.

Varför dB(C)?

Historiskt formades tre olika vägningskurvor, A, B och C. Det var tänkt att A-vägningen skulle användas för att mäta de svagare ljuden, B-vägningen för de mellanstarka och C-vägningen för de högsta ljuden. I alla sammanhang avsåg man att mäta hörstyrkan på ett likartat sätt som örat gör. Eftersom hörseln inte är lika känslig för olika frekvenser och att dessutom känsligheten varierar med ljudets styrka erfordras ett flertal vägningskurvor. Internationella jämförelser gav att inget av de föreslagna mätvärdena var bättre än något annat. För att ange hörstyrka förenklade man mätningarna till att bara använda A-vägningen. I många sammanhang ger det en hygglig förståelse för ljudets hörbara styrka. Ljud som alstras av bullerkällor med mycket låg frekvens bedöms fel eftersom A-vägningen dämpar lågfrekvensen uppenbart för mycket. Särskilt när bedömningen inte enbart är hörstyrka, utan mer störstyrkan i rummet för människorna i sin verksamhet. Fläktar anslutna till ventilationssystem är ofta en bullerkälla med starkt lågfrekvent innehåll.

I vår produktpresentation finns alltid hänsyn tagen till produkternas lågfrekvenssegenskaper. För ljuddämpare, strypspjäll, insättningsdämpning hos don mm finns uppgifter givna i oktavband ner till 63 Hz, vilket i de allra flesta fall är tillräckligt för att bedöma ljudalstring och spridning i dB(C) från fläkt och andra delkomponenter. Egenljudalstringen från don ges normalt enbart i dB(A) av det skälet att donets eget strömningsbrus oftast domineras av mellanhöga och höga frekvenser och alltså inte bidrar speciellt till C-värdet i rummet. Bakgrundsvärden i oktavband finns tillgängliga som korrigeringar från angivet dB(A)-värde, så för den som vill finns alltid möjligheten att beräkna C-värdet.

Redovisning

Ljuddata

Ljuddata för samtliga ljuddämpare redovisas som dämpning i kanal, enligt ISO 7235. Ljuddämpning redovisas statistiskt (dvs utan luftflöde) i heloktav i frekvensband från 63 upp till och med 8000 Hz. Tryckfall och egenljudalstring för ljuddämpare redovisas som funktion av luftflödet. Egenljudalstring redovisas som ljudeffekt i kanal och kan via korrektionstermer fördelas ner till egenljudalstring per frekvensband.

Tryckfall

För tryckfall så redovisas "p-tal" som är ett dimensionslöst motståndstal.

Ju lägre p-tal, desto lägre tryckfall för ett givet luftflöde.

I princip är det den generella formeln för dynamiskt tryck omformat till ett tal mellan 0 och upp till ca 10.

Ex:

Luftflöde är 1,0 m³/s, kanaldimensioner är 500x500 mm.

Ljuddämpare (500x500x1250 mm) med p-tal på 2,5 ska monteras.

Vad blir tryckfall över ljuddämpare?

$\Delta P = \text{luftens densitet} / 2 \times p\text{-tal} \times \text{lufthastighet}^2$ (i anslutningsarea)

$\Delta P = 1,2/2 \times 2,5 \times (1/0,5/0,5)^2 = 24 \text{ Pa}$

Tryckfallet blir ca 24 Pa för en ljuddämpare monterad utan störningar före eller efter (så kallat "kanal-kanal" montage).

Mätmetod

Allmänt

Insättningsdämpning och egenljudalstring av våra ljuddämpare har uppmätts i eget laboratorium. Mätningar har gjorts i enlighet med mätmetod ISO 7235.

Detta innebär att hänsyn tas till insatsdämpning, egenljudalstring och tryckfall vid mätningarna. Swegon har gjort mätningar på merparten av de dimensioner som redovisas i katalogform.

För det cirkulära sortimentet är mätningar utförda på hela produktsortimentet.

För rektangulära sortiment har merparten av de vanligaste dimensionerna uppmätts. Insättningsdämpning för ej provade dimensioner har bestämts genom interpolation och tillämpning av teoretisk modeller.

Extern kontroll har utförts av fristående mätinstans (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut) för att verifiera våra resultat.

Tryckfall och egenljudalstring

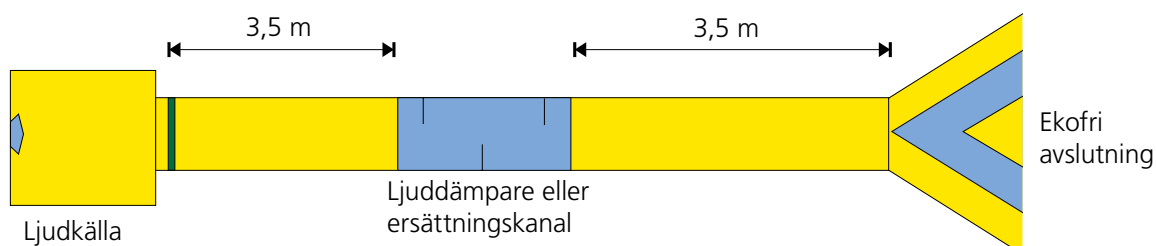
Tryckfall redovisas med hjälp av motståndstal (p-tal) som speglar förhållandet mellan bruttoarea fri area, högt p-tal innebär mindre fri area i ljuddämparen. Merparten av tryckfallet sker över ljuddämparens in- men framför allt utlopp. Friktionen mellan kanalväggar och bafflar spelar mindre roll för tryckfallet.

Höga lufthastigheter i nettoarean skapar areodynamiskt buller, så kallad egenljudalstring. Rundade kanter på inlopp i kombination med avtrappning på bafflarna ger mycket lågt tryckfall och därmed låg egenljudalstring.

För cirkulära ljuddämpare är egenljudalstringen i regel försumbar jämfört med annat buller, medan det kan ha betydelse för rektangulära ljuddämpare.

Kontroll

För att säkerställa fullgod kvalitet i enlighet med vår kvalitetspolicy (ISO 9001 samt ISO 14001) upprätthålls sker fortlöpande provning av tryckfall, täthet samt insatsdämpning.



Figur 4. Labupställning mätning insatsdämpning enligt ISO 7235

Appendix 1 - Faktarutor - Projektering

Faktaruta 1

Ljudeffektnivå och ljudtrycksnivå

Beräkning av skillnaden mellan ljudeffektnivå (L_w) och ljudtrycksnivå (L_p) som funktion av ekvivalenta ljudabsorptionsarean (A) och avståndet till ljudkällan (r) vid olika luftdonsplaceringar (Q) utföres enligt följande:

$$L_p - L_w = 10 \cdot \text{Log} \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4(1 - \alpha_m)}{A} \right)$$

där Q = riktningsfaktor

r = avstånd till ljudkälla (m)

A = ekvivalent ljudabsorptionsarea

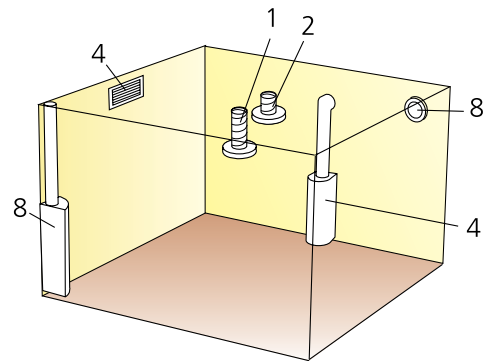
α_m = medelabsorptionsfaktor för totala begränsningsytan

Med hjälp av diagram 1 kan man enkelt bestämma skillnaden mellan ljudeffektnivå och ljudtrycksnivå vid olika avstånd, r , och ekvivalent rumsabsorption, A .

Exempel:

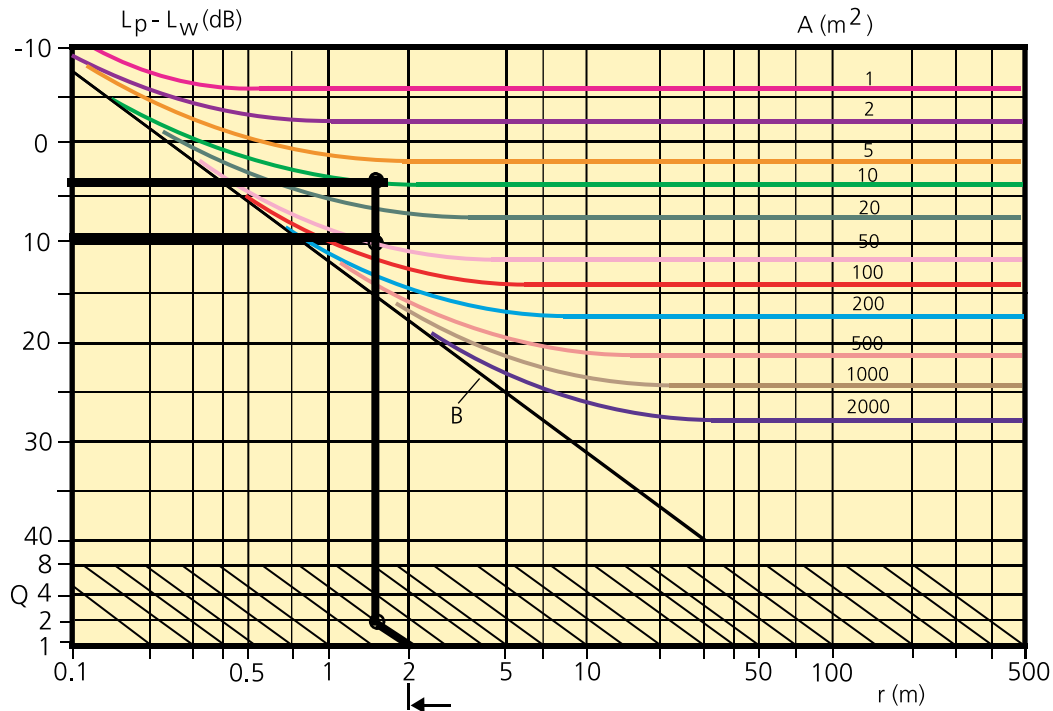
I ett rum med 50 m² ekvivalent rumsabsorptionsarea är avståndet mellan vistelsezonen och ett tilluftsdon 2 m. Luftdonet är monterat i tak ($Q = 2$). Ljudnivån från tilluftsdonet och kanalsystemet är enligt kataloguppgifter 43 dB(A). $L_p - L_w$ blir enligt diagram 1 (9 dB - 4 dB) 5 dB. Ljudtrycksnivån i rummet är då $L_p = 43 - 5$ dvs. 38 dB(A).

Q =	1 Mitt i rum, friblåsande
Q =	4 Vägg nära tak
Q =	2 Vägg eller tak
Q =	8 Hörnplacering



Figur 5. Riktningsfaktor för olika donplaceringar.

Diagram 1. Skillnad mellan ljudeffektnivå och ljudtrycksnivå



$L_p - L_w$ = Skillnad mellan ljudeffektnivå och ljudtrycksnivå (dB).

A = Ekvivalent rumsabsorptionsarea (m²)

B = Fritt Fält

r = Avstånd från ljudkälla (m)

Faktaruta 2

Ljudalstring i raka kanaler

Ljudeffektnivån för ljud alstrat i rak kanal erhålles enligt ekvationen:

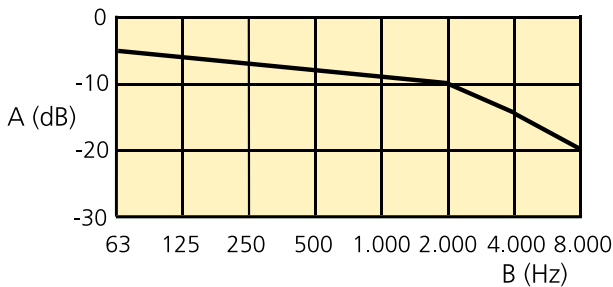
$$L_{\text{wtot}} = 10 + 50 \log v + 10 \log s$$

v = lufthastigheten i kanalen, m/s

s = kanalens tvärsnittsarea, m²

Oktavbandsfördelningen av den totala ljudeffektnivån erhålles approximativt enligt diagram 2.

Diagram 2. Oktavbandsfördelning av total ljudeffektnivå (raka kanaler).



A = Relativ ljudeffektnivå dB/oktav (dB över 1pW)
 B = Medelfrekvens oktavband (Hz)

Exempel:

Lufthastighet, $v = 10$ m/s

Kanalarea, $s = 0,5$ m²

Ljudeffektnivån, L_{wtot} blir då 57 dB

Den totala ljudeffektnivån fördelar sig på oktavband enligt följande:

Tabell 1. Exempel på ljudalstring i raka kanaler

	Medelfrekvens Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Utgångsnivå dB	57	57	57	57	57	57	57	57
Korrigeringsdiagram 2	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-15	-20
Oktavbandsnivå	52	51	50	49	48	47	42	37

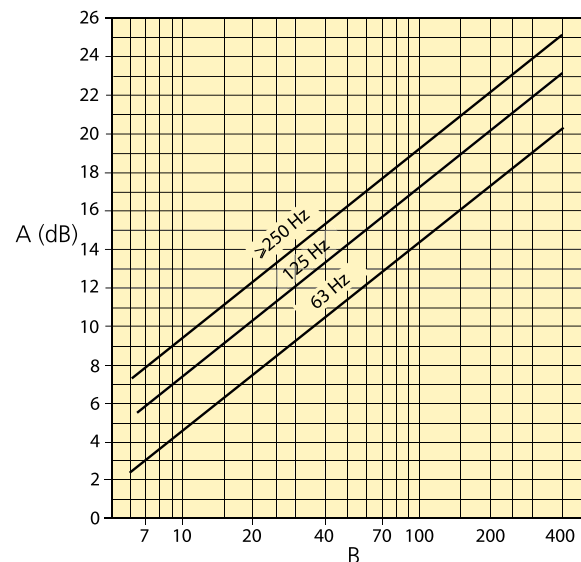
Faktaruta 3

Dämpning i invändigt beklädd sug- eller tryckkammare

Om ljudet på sin väg från fläkt till rum passerar en invändigt beklädd kammare, kommer ljudet att dämpas i proportion till svårigheten för ljudet att komma ut ur kammaren.

Diagram 3 kan användas för att bestämma dämpningen i en kammare som är invändigt beklädd med 10 cm mineralull.

Diagram 3. Dämpning i tryck- eller sugkammare



Dämpning i tryck- eller sugkammare invändigt beklädd med 10 cm mineralull. (Obs! In- och utlopp skall ej placeras mitt för varandra.)

A = Dämpning (dB)

B = Beklädd area dividerad med utloppsarean.

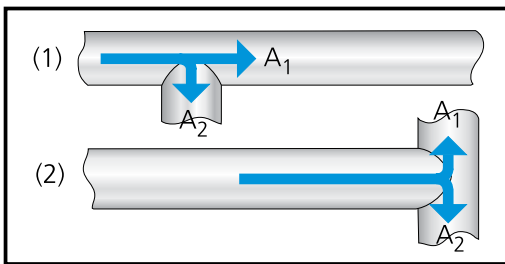
Faktaruta 4

Förgreningsdämpning

Vid en avgrening fördelar sig ljudeffekten i relation till kanalareorna, dvs. (A_1/A_2). I de fall lufthastigheten i samtliga kanaler är relativt lika kommer ljudeffekten att fördela sig på samma sätt som luftmängden. En grenkanal som transporterar 10% av den totala luftmängden kommer också att innehålla 10% av ljudeffekten.

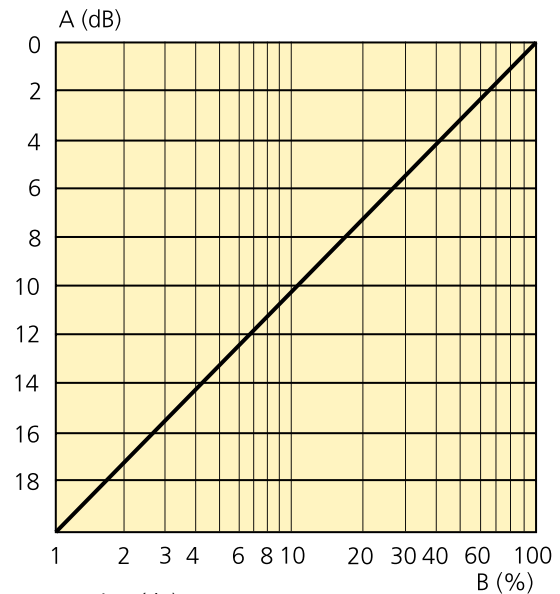
Då höga frekvenser kan liknas vid ljusstrålar, ser vi att endast en mindre del av det högfrekventa ljudet fortplantas i avgreningen i figuren. I detta fallet underdimensionerar vi alltså dämpningen vid höga frekvenser (> 500 Hz). I ett T-rör kommer däremot ljudenergin att fördela sig enligt samma förhållande som kanalareorna.

Diagram 4 kan användas både då man betraktar förhållandet mellan luftmängd och area.



Figur 6. Ljudets fortplantning i förgreningar.

Diagram 4. Förhållandet mellan % avgrenad luft och dämpning



A = Dämpning (dB)

B = Luftmängd till rum/don (%)

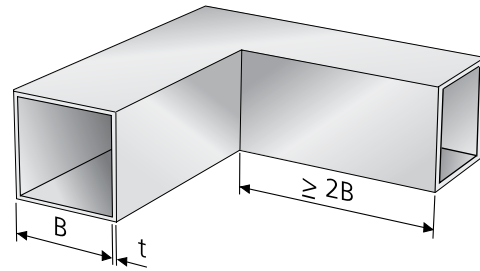
Faktaruta 5

När ljudet i en kanal träffar en böj kommer en del av ljudet att reflekteras tillbaka. Hur mycket som reflekteras beror på kanalens dimensioner och ljudets våglängd.

Dämpningen i rektangulära böjar är betydligt större än för cirkulära böjar. Normalt räknas ingen dämpning i cirkulära böjar. Dämpning för rektangulära böjar finns i tabell 2.

Beklädnaden skall ha en längd motsvarande minimum dubbla kanalbredden;

Tjockleken på beklädnads materialet, t , skall vara minimum $0,1 \times B$.



Figur 7. Invändigt beklädd böj med dämpning.

Tabell 2. Dämpning i rektangulära böjar med och utan absorptionsbeklädnad.

	Kanalbredd mm	Dämpning i dB vid oktavmedelfrekv. (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
Utan absorptionsbeklädnad	125			1	5	8	4	3
	250		1	5	8	4	3	3
	500	1	5	8	4	3	3	3
	1000	5	8	4	3	3	3	3
Beklädnad före knät (1)	125			1	5	8	6	8
	250		1	5	8	6	8	11
	500	1	5	8	6	8	11	11
	1000	5	8	6	11	11	11	11
Beklädnad efter knät (1)	125			1	7	11	10	10
	250		1	7	11	10	10	10
	500	1	7	11	10	10	10	10
	1000	7	11	10	10	10	10	10
Beklädnad före och efter knät (1)	125			1	7	12	14	16
	250		1	7	12	14	16	18
	500	1	7	12	14	16	18	18
	1000	7	12	14	16	18	18	18

Faktaruta 6

Beräkning av ljudeffektnivå hos en fläkt

I de fall en fläkts ljuddata inte finns tillgängliga, kan ljudeffektnivå beräknas med en för de flesta tillfällen tillräckligt stor noggrannhet.

Följande formel kan användas:

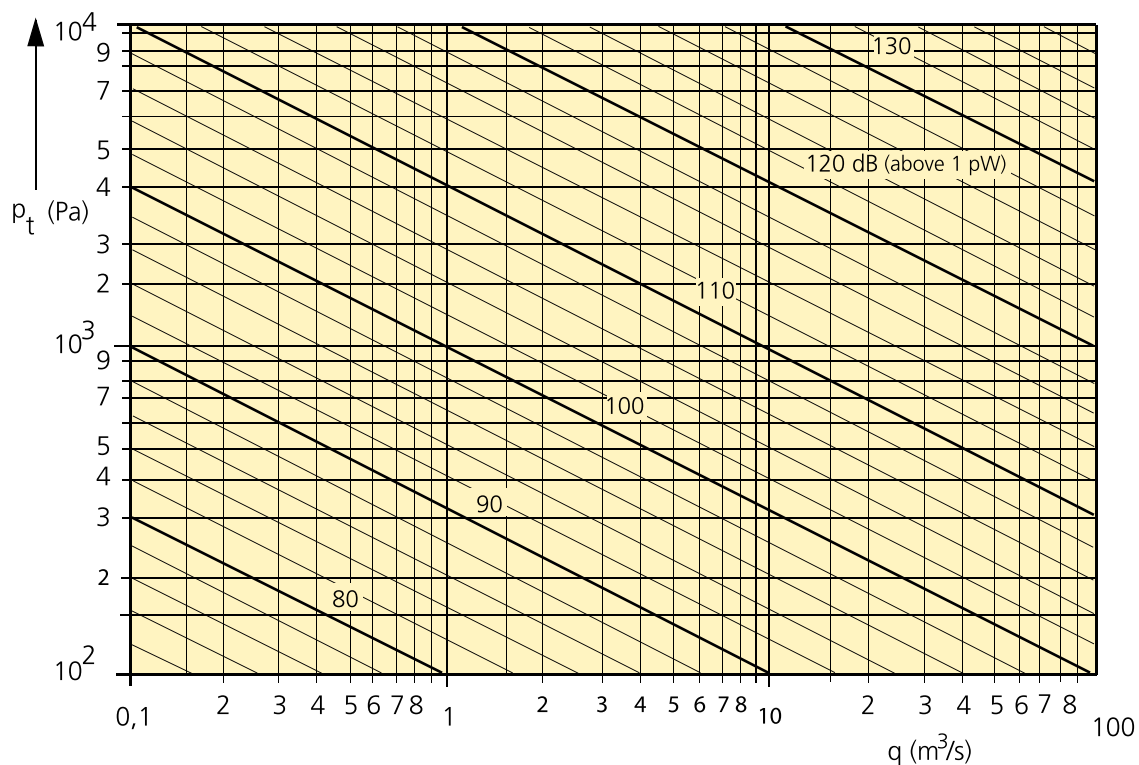
$$L_{W_{tot}} = 40 + 10 \log q + 20 \log p_t \text{ dB}$$

Luftflödet q anges i m^3/s

Tryckuppsättningen p_t anges i Pa

Ekvationen är grafiskt framställd i diagram 5 nedan.

Diagram 5. Ljudeffektnivå hos fläkt.

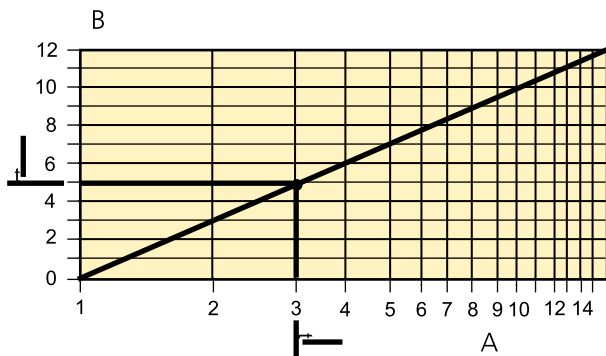


Faktaruta 7

Summering av ljudnivåer

Samtliga ljudkällor i aktuellt rum adderas logaritmiskt. Addition kan ske med hjälp av diagram för addition av ett antal lika eller olika ljudkällor.

Diagram 6. Logaritmisk addition av flera lika nivåer.



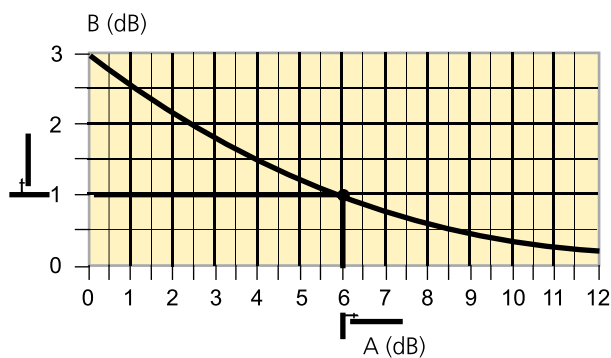
A = Antal ljudkällor

B = Ökning som skall adderas till nivån från ljudkälla, dB

Exempel:

I ett rum sitter tre frånluftsdon som vardera ger 25 dB(A). Dessa ger sammanlagt en ljudnivå av $25 + 5 = 30$ dB(A).

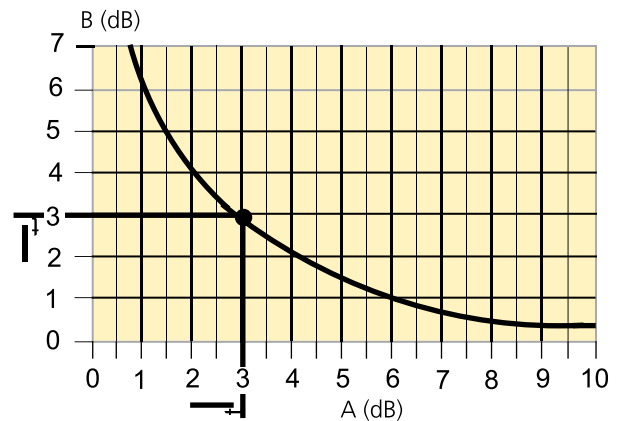
Diagram 7. Logaritmisk addition av två olika nivåer.



A = Skillnad mellan nivåer som skall adderas (dB)

B = Ökning som skall adderas till den högre nivån (dB)

Diagram 8. Logaritmisk subtraktion av två olika nivåer.



A = Skillnad mellan summa nivå och nivå från ljudkälla 1 (dB)

B = Minskning som skall subtraheras från den totala ljudnivån (dB)

Exempel:

I ett rum med både till- och frånluftssystem är den totala ljudnivån 35 dB(A). Enbart tilluftssystemet ger 32 dB(A). Skillnaden är 3 dB(A), vilket innebär att frånluftssystemet ger $35 - 3 = 32$ dB(A).

Basfakta

Matematisk uppställning för logaritmisk addition, subtraktion om teckenbyte sker.

$$L_{\text{A tot}} = 10 \text{ Log} (10^{(L_{A1}/10)} + 10^{(L_{A2}/10)} + \dots)$$

Efterlagning

Alla tätningar runt kanal i genomföringar skall kontrolleras. Ofta är bara den synliga delen av hålet tätat. Högre krav på ljudisolering bör kontrollmätas. Mätningarna kan göras tidigt i produktion och vara en vägledning till entreprenören.

Referenslitteratur

Akustik i Rum och Byggnader, Lennart Karlén, Byggtjänst.
K-Konsult kompendium för buller i installationer.
Akustik & Buller, Johnny Andersson. Ingenjörsförlaget.

Hjälpmiddel vid beräkningar

Swegons dataprogram ProAc för analys av ljud i ventilationsanläggningar.

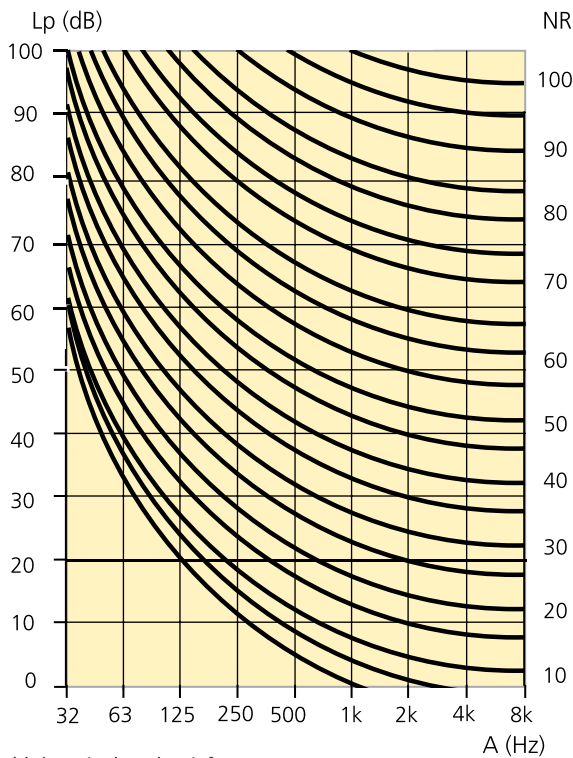
Appendix 2 - Grundbegrepp

Grunder

För att få en uppfattning om hur störande ett ljud är, kan man jämföra frekvensanalysen av ljudet med normerade bullerkriteriekurvor så kallade NR-kurvor. NR-värdet anges av numret på den högsta NR-kurvan, som tangeras av kurvan för frekvensanalysen.

En direkt omräkning av ett dB(A)-värde till ett NR-värde går inte att göra. Som riktvärde brukar anges att dB(A)-värdet är cirka fem enheter större än NR-värdet. Skillnaden är emellertid beroende av ljudets frekvensfördelning.

Diagram 9. NR-kurvor.



L_p (dB) = Ljudtrycksnivå

A = Medelfrekvens (Hz)

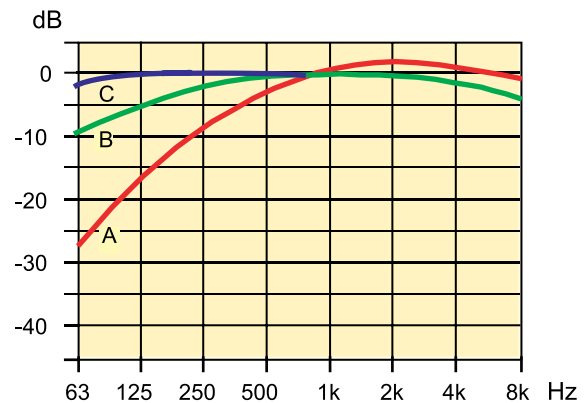
Tabell 3. Rekommenderade oktavband enligt ISO.

Oktavband nr	Mittfrekvens Hz	Bandgränser Hz	Våglängd m
2	125	88-177	2.720
3	250	177-354	1.360
4	500	354-707	0.680
5	1000	707-1410	0.340
6	2000	1410-2830	0.170
7	4000	2830-5660	0.085
8	8000	5660-11300	0.043

Tabell 4. Vägningfilter för ljudnivåmätning.

Mittfrekvens Oktavband Hz	Filter A (dB)	Filter B (dB)	Filter C (dB)
63	-26.2	-9.3	-0.8
125	-16.1	-4.2	-0.2
250	-8.6	-1.3	0
500	-3.2	-0.3	0
1000	0	0	0
2000	+1.2	-0.1	-0.2
4000	+1.0	-0.7	-0.8
8000	-1.1	-2.9	-3.0
16000	-6.6	8.4	-8.5

Diagram 10. Dämpning för olika vägningfilter.



Då dB(A)-värdet skall beräknas korrigeras de uppmätta värdena med A-filtrets närmevärden enligt tabellen. Därefter adderas de resulterande ljudnivåerna per oktavband logaritmiskt.

Exempel:

En ljudmätning ger ljudtrycksnivåerna 45 dB (125 Hz), 40 dB (250 Hz), 36 dB (500 Hz), 37 dB (1000 Hz), 34 dB (2000 Hz) samt 25 dB (4000 Hz). Den resulterande ljudnivån uttryckt i dB(A) blir då 41 dB(A).

Tabell 5. Korrigering för A-filter.

Frekvens	125	250	500	1000	2000	4000
Uppmätt värde	45	40	36	37	34	25
Korr. för filter A	-16	-9	-3	0	1	1
Resultat	29	31	33	37	35	26

Rumsabsorption

Rummets volym, ytornas beskaffenhet och inredningsdetaljerna påverkar den resulterande ljudnivån i stor utsträckning. För att räkna ut ett rums ekvivalenta ljudabsorptionsarea kan tabell med referensvärden för absorptionsfaktorn α och diagram 11 användas.

Generellt gäller att den ekvivalenta ljudabsorptionsarean (A) beräknas enligt följande.

$$R = \frac{S \cdot \alpha_m}{1 - \alpha_m} \text{ (m}^2\text{)}$$

- där
- $S \times \alpha_m = S_1 \cdot \alpha_1 + S_2 \cdot \alpha_2 + \dots + S_n \cdot \alpha_n$
 - S = rummets totala begränsningsarea (m²)
 - $S_1 \dots S_n$ = delytornas area (m²)
 - $\alpha_1 \dots \alpha_n$ = delytornas absorptionsfaktorer
 - α_m = medelabsorptionsfaktorn för totala begränsningsytan

Tabell 6. Referensvärden på olika lokalers medelabsorptionsfaktor.

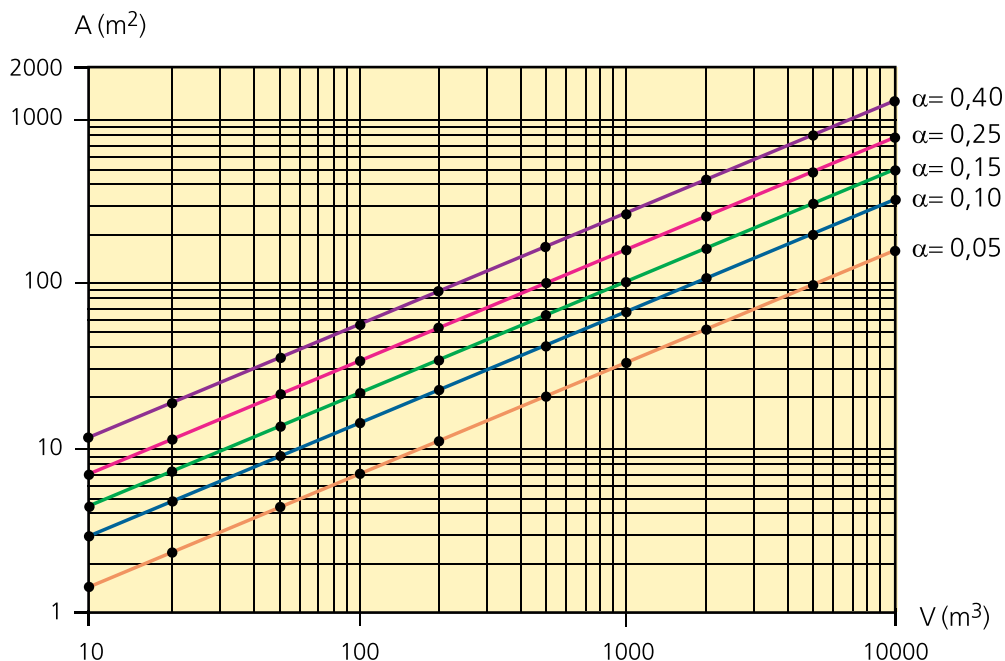
Typ av rum	Medelabsorptionsfaktor α_m
Radiostudio, musikrum	0,30 - 0,45
TV-studio, varuhus, lärum	0,15 - 0,25
Bostäder, kontor, hotellrum, konferenslokaler, teatrar	0,10 - 0,15
Skolsalar, vårdhem, små kyrkor	0,05 - 0,10
Fabrikshallar, simhallar, stora kyrkor	0,03 - 0,05

A	Kraftigt dämpat rum α_m	0,4
B	Dämpat rum α_m	0,25
C	Normalt rum α_m	0,15
D	Hårt rum α_m	0,1
E	Mycket hårt rum α_m	0,05

Exempel:

En butikslokal för kläder med dimensionerna 20 x 30 x 4.5 m (dvs. 2700 m³) har en medelabsorptionsfaktor på $\alpha_m = 0.40$. Lokalens ekvivalenta rumsabsorption blir 500 m².

Diagram 11. Ekvivalent ljudabsorptionsarea.



$A =$ Ekvivalent ljudabsorptionsarea (m²)

$V =$ Rumsvolym (m³)

Ljuddämning i kanalmykning

Vid ingång från kanal till rum reduceras ljudnivån genom ljudets spridning, som normalt sker radiellt. Denna reduktion kallas mynningsdämning (även känt som ändreflektion).

Ljuddämningen (ΔL) för respektive luftdon redovisas i oktavband under "Ljuddata". I dessa värden är mynningsdämningen inräknad. Om man vill beräkna mynningsdämningen för en fritt avslutad kanal används diagram 12.

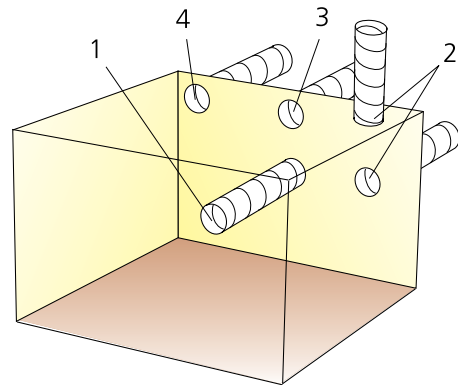
Exempel:

En rektangulär kanal mynnar i rum enligt placeringsalternativ 3 i figur 8 och dess tvärsnittsarea är 0,15 m². Enligt diagram 12 erhålls följande mynningsdämning.

Tabell 7. Mynningsdämning för alt. 3 i figur 8.

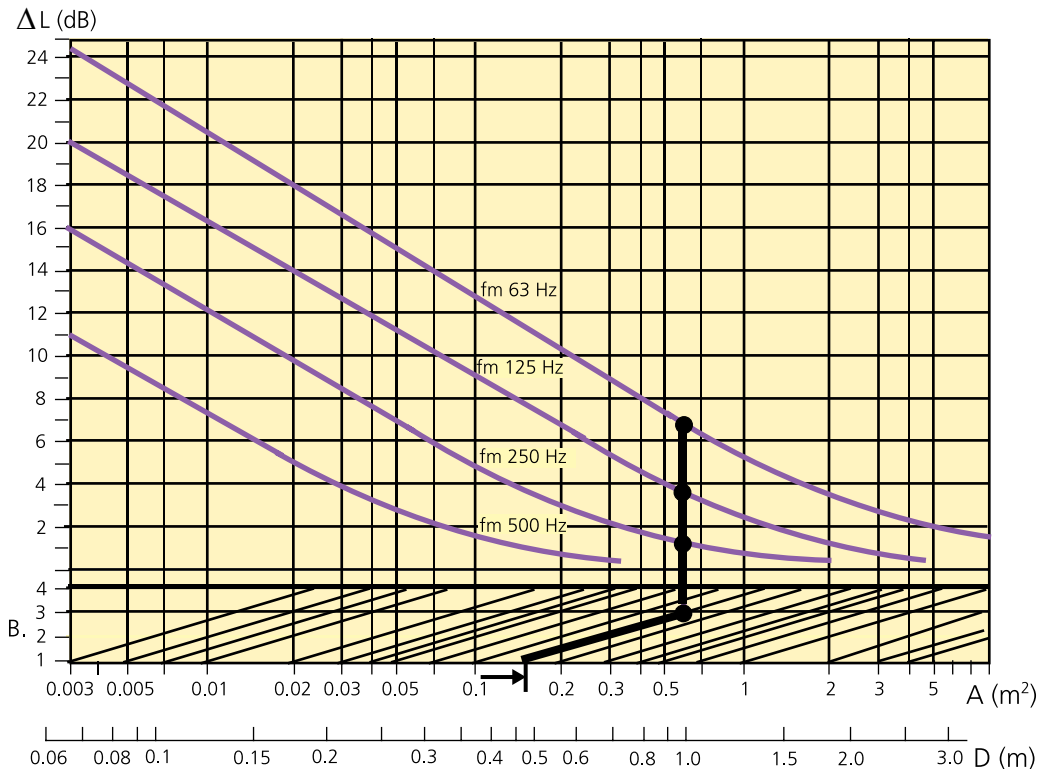
Oktavband, Hz	63	125	250	500
Mynningsdämning dB	7	4	1	0

- Alt. 1 Mitt i rum
- Alt. 2 Vägg eller tak
- Alt. 3 Vägg nära tak
- Alt. 4 Hörn



Figur 8. Kanalmyningens placering.

Diagram 12. Dämning.



ΔL = Dämning (dB)

B = Kanalmyningens placering (se ovan)

A = Tvärsnittsarea för kanal med rektangulärt tvärsnitt (m²)

D = Mynningsdiameter för kanal med cirkulärt tvärsnitt (m)

Appendix 3 - Akustisk planering

Anläggning: _____ Datum: _____ Sid: _____
 Lokal: _____ Anm. _____ Beräknad av: _____

Fläktbuller:	Bandspektrum	(ISO)	1	2	3	4	5	6	7	8
		Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Tot L_w	Korrektion	1								
	L_w frekvensförd.									
Dämpning i kanaler och böjar (totalt max. 30 dB dämpning)		2								
Luftmängd till rum (% av luftkapacitet)		%	3							
Egendämpning/ändreflektion		cm ²	4							
L_w till rum = 1 - 2 - 3 - 4			5							
Rumsdämpning		m ³	6							
L_p till rum = 5 - 6			7							
Tillägg för andra ljudkällor:		3 dB om ej kanalansluten frånluft 5 dB kanalansluten frånluft	8							
Önskad ljudnivå		N	9							
Erforderlig dämpning i ljuddämpare = 7 + 8 - 9			10							
Ljuddämpare kod:		L =	mm	11						
Dimension (B x H x L)	N 60-65 dB(A)		83	74	68	63	60	57	55	54
	N 55-60 dB(A)		79	70	63	58	55	52	50	49
Luftmängd:	N 50-55 dB(A)		75	65	59	53	50	47	45	43
	N 45-50 dB(A)		71	61	54	48	45	42	40	38
Tryckfall:	N 40-45 dB(A)		67	57	49	44	40	37	35	33
	N 35-40 dB(A)		63	52	45	39	35	32	30	28
	N 30-35 dB(A)		59	48	40	34	30	27	25	23
	N 25-30 dB(A)		55	44	35	29	25	22	20	18
	N 20-25 dB(A)		51	39	31	24	20	17	14	13
	N 15-20 dB(A)		47	35	26	19	15	12	9	7

Så här används blanketten

Fyll i rad 1 med hjälp av fläktstillverkarens data. Saknas uppgifter, kan överslagsdiagram vid 1 (se faktaruta 6) användas. Dämpning i kanal och böjar erhålls med hjälp av tabeller vid 2 (se faktaruta 4 och 5). Använd luftdon med anslutningslåda eller motsvarande, utnyttjas de dämpningsdata som tillverkaren uppger i stället för mynningsdämpning vid 4 (se Mynningsdämpning ovan). På rad 8 görs en bedömning hur många olika ljudkällor (ex. till och frånluftsdon, övriga fläktar) som påverkar det aktuella rummets ljudnivå. Bestäm önskad ljudnivå och för upp siffror för valt N-kriterium till rad 9. Motsvarande dB(A) värde ligger ca 5 dB högre (d.v.s N 30~35 dB(A)). På rad 10 erhålls den erforderliga dämpningen och på rad 11 fylls de dämpningsvärden i som vald ljuddämpare ger.

