



Folkhälsomyndigheten

Om ljud och buller

Publicerad: 13 maj 2019

Uppdaterad: -



Innehåll

Om publikationen	3
Fakta om ljud och buller	4
Mät- och beräkningsmetoder	12
Referenser	18

Observera att det är möjligt att ladda ner hela eller delar av en publikation. Denna pdf/utskrift behöver därför inte vara komplett. Hela publikationen och den senaste versionen hittar ni på www.folkhalsomyndigheten.se

Om publikationen

Folkhälsomyndigheten är tillsynsvägledande myndighet i frågor som gäller hälsoskydd enligt miljöbalken (1998:808), och vi har sedan tidigare gett ut allmänna råd om buller inomhus och höga ljudnivåer. De allmänna råden innehåller riktvärden för bl.a. bostadsrum, lokaler för undervisning, vård eller annat omhändertagande samt lokaler och platser, både inom- och utomhus, där hög musik spelas, t.ex. diskotek och konsert- och träningslokaler.

I den här publikationen *Om ljud och buller* finns fakta om ljud och buller; hur det uppstår, vilka olika typer av ljud det finns, hur ljudet upplevs och hur ljud kan spridas i omgivningen. Här förklaras också olika akustiska begrepp. I slutet av publikationen finns kapitlet ”Mät- och beräkningsmetoder” som beskriver olika mät- och beräkningsmetoder som kan användas för buller inomhus och för höga ljudnivåer. I kapitlet finns bl.a. exempel på olika indikerande mätningar och hur man kan göra vid en fortsatt utredning. Det innehåller också information om mät- och beräkningsmetoder för buller från trafik.

Denna publikation kan användas som kunskapsstöd för de som vill veta mer ljud och buller samt olika metoder för att mäta och beräkna buller och höga ljud. Den vänder sig främst till miljö- och hälsoskyddsnämnderna i deras tillsyn enligt miljöbalken, men den kan även vara ett stöd för verksamhetsutövare och andra intresserade. De kommunala miljö- och hälsoskyddsnämnderna är självständiga tillsynsmyndigheter och kan därmed i enskilda fall välja att mäta och beräkna buller på annat sätt än det som beskrivs i denna publikation.

Publikationen *Om ljud och buller* är ett kunskapsunderlag som ges ut tillsammans med *Vägledning om buller inomhus och höga ljudnivåer*. *Vägledningen* beskriver hur Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller och höga ljudnivåer kan tillämpas i olika situationer. Vi har också gett ut ytterligare ett kunskapsunderlag, *Hälsoeffekter av buller och höga ljudnivåer*, med en genomgång av de vanligaste hälsoeffekterna till följd av exponering för olika ljud och buller.

Vägledning om buller inomhus och höga ljudnivåer tillsammans med *Om ljud och buller* och *Hälsoeffekter av buller och höga ljudnivåer* ersätter handboken *Buller. Höga ljudnivåer och buller inomhus* som gavs ut av Socialstyrelsen 2008.

Om ljud och buller baseras delvis på den tidigare handboken och de nya texterna har i huvudsak författats av Bo Gärdhagen och Andreas Gustafson vid Gärdhagen Akustik AB på uppdrag av Folkhälsomyndigheten. Från Folkhälsomyndigheten har avdelningschefen Britta Björkholm och enhetschefen Agneta Falk Filipsson deltagit i arbetet. Projektledare har varit utredarna Sara Kollberg och Patrik Hultstrand.

Folkhälsomyndigheten

Johan Carlson

Generaldirektör

Fakta om ljud och buller

Det här kapitlet innehåller fakta om ljud och buller: hur det uppstår, vilka olika typer av ljud det finns, hur ljudet kan upplevas och hur ljud kan spridas i omgivningen. Här förklaras också olika akustiska begrepp.

Vad är ljud?

Ljud uppstår av mycket små tryckvariationer i luften. Tryckvariationerna kan exempelvis skapas av en vibrerande yta, såsom ett högtalarmembran, en pulserande luftström, ett avgasrör eller en snabb förbränning, t.ex. i en explosion.

I luften breder ljudet ut sig som tryckvågor med en hastighet av cirka 340 m/s. Ju tätare medium, desto snabbare breder ljudet ut sig. Ljudet går t.ex. mycket fortare i en järnvägsräls eller i vatten jämfört med i luften. Ljudvågorna når sedan örat och omvandlas till signaler som når hjärnan, och det är först då som tryckvågorna tolkas som ljud.

Vad är buller?

Fysiskt sett är det ingen skillnad mellan ljud och buller. Ur psykologisk synvinkel är ljud en sinnesupplevelse (perception). Buller är enkelt uttryckt oönskat ljud, dvs. ljud som människor störs av och helst vill slippa. Men även önskade ljud, såsom musik, kan bli oönskade om ljudnivån är för hög.

Perception av ljud

Hur starkt ett ljud uppfattas beror dels på ljudtrycket, dels på ljudets frekvens sammansättning. Det mänskliga örat har ett brett känslighetsområde och hörselsinnet kan uppfatta ljudtryck från 20 μPa till 20 Pa. På grund av den stora spännvidden är det opraktiskt att mäta ljudtryck i enheten Pa. I stället används en logaritmisk skala i enheten decibel (dB). 20 μPa motsvarar då 0 dB och 20 Pa motsvarar 120 dB.

De flesta ljud i omgivningen är sammansatta av olika frekvenser med olika ljudnivåer. Ett ljuds frekvens mäts i enheten Hertz (Hz). Hörbara ljud ligger normalt inom frekvensområdet 20–20 000 Hz men med ökande ålder krymper omfånget för de ljud som människan kan uppfatta. Med hörtröskel menas det svagaste ljud som en normalhörande person kan uppfatta, och smärtgräns är det starkaste ljud som en människa kan stå ut med. Hörtröskeln varierar med frekvensen och örat är mest känsligt inom frekvensområdet 2 000–4 000 Hz. Vid lägre respektive högre frekvenser är örat mindre känsligt. Normal hörtröskelnivå anger de lägsta nivåer som en genomsnittlig ung person kan höra vid olika frekvenser.

Med högfrekvent ljud avses ljud i frekvensområdet cirka 2 000–20 000 Hz. Ljud med högre frekvenser än 20 000 Hz kallas ultraljud, och ljud med frekvenser under 20 Hz kallas infraljud. Med lågfrekvent ljud menas ljud där det dominerande frekvensspektrumet är 20–200 Hz. Ljud som domineras av energistarka frekvenser under 20 Hz, s.k. ultraljud, upplevs som vibrationer och skakningar men kan under vissa förhållanden också upplevas som ljud.

Intervallerna mellan hörtröskeln och den nivå som upplevs som oacceptabel är mycket mindre för

lågfrekventa än för högfrekventa ljud. En förändring av ljudnivån med cirka 6 dB vid 63 Hz motsvarar en förändring med cirka 10 dB vid 1 000 Hz. En höjning av ljudnivån med 5 dBA upplevs alltså som starkare och sannolikt mer störande när det är ett lågfrekvent ljud, jämfört med samma höjning för ett högfrekvent ljud.

Hörseln är dock generellt inte lika känslig för låga frekvenser som för höga. En ton på t.ex. 70 dB vid 63 Hz uppfattas därför inte som lika stark som en ton på 70 dB vid 1 000 Hz.

Ultraljud

Med ultraljud menas ljud med frekvenser över 20 000 Hz, och då är våglängden mindre än 17 mm. Ultraljud ligger normalt utanför det mänskliga örats hörområde, men kan uppfattas av och skrämra vissa djur, exempelvis hundar.

Ultraljudstvättar och höghastighetsborrar är exempel på ljudkällor som kan leda till exponering för ultraljud. Utbredningen av ultraljud kan dock i regel förhindras med hjälp av relativt enkla absorbenter. Ultraljud dämpas dessutom snabbt vid utbredning i luft och har svårt att ta sig in i människokroppen via luften.

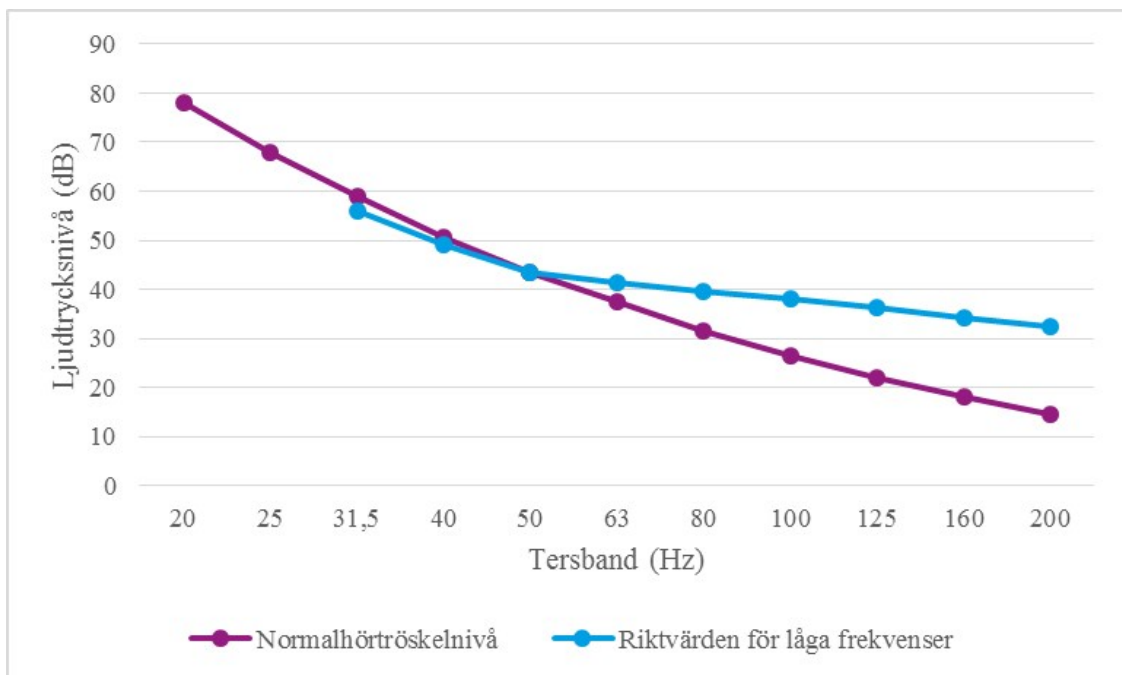
Lågfrekvent ljud

Lågfrekvent ljud ligger mellan 20 och cirka 200 Hz, och våglängden varierar mellan 1,7 m (200 Hz) och 17 m (20 Hz). Den långa våglängden gör att det är svårare att dämpa låga frekvenser än högre, och lågfrekventa ljud kan därför lättare spridas genom väggar, tak och golv. Den sämre dämpningen av lågfrekventa ljud gör också att ljudet kan uppfattas på mycket stora avstånd från källan, t.ex. från ett angränsande rum. Av ett ljud som färdats långt återstår därför bara ljudet i de lägsta frekvenserna. Åskan kan t.ex. höras som ett pistolskott på nära håll och som ett muller på avstånd.

Fläktar och ventilationsanläggningar, musik, kompressorer, tvättstugor och luftvärmepumpar är vanliga orsaker till klagomål på lågfrekventa ljud. Andra källor till lågfrekvent ljud är tung trafik, sjötransporter, flygplan och dieselmotorer. ”*En känsla av lättnad*” är en vanlig kommentar när ett lågfrekvent ljud upphör. Om ett sådant ljud har börjat upplevas som störande är tillvänjningen i stort sett obefintlig.

När ljudet domineras av låga frekvenser påverkar det människor mer än andra ljud, vid samma A-vägda nivå. Exponering kan orsaka trötthet, irritation, huvudvärk, koncentrationssvårigheter och störd sömn. Symtomen och besvären kan komma redan vid relativt låga ljudnivåer, i nivå med den normala hörtröskeln. Folkhälsomyndighetens riktvärden för lågfrekvent buller tar hänsyn till en hörsel som är något känsligare än normalt. Figur 1 visar hur Folkhälsomyndighetens riktvärden för lågfrekvent buller förhåller sig till den normala hörtröskelns medianvärde. Observera att hörtröskeln varierar för olika individer.

Figur 1. Folkhälsomyndighetens riktvärden för lågfrekvent buller inomhus jämfört med den normala hörtröskeln.



Infraljud

Med infraljud menas ljud i frekvensområdet under 20 Hz. Våglängden varierar mellan 17 m (20 Hz) och 340 m (1 Hz). På grund av den långa våglängden är det i regel svårt att dämpa utbredningen.

Infraljud uppfattas normalt inte av människans hörsel eftersom det då krävs mycket starka ljudtrycksnivåer, men det kan upplevas som skakningar eller vibrationer. Källorna kan vara ventilationssystem, kompressorer, värmepumpar, elektroder, jetmotorer, fordon, dieselmotorer, maskiner med svängande delar och svängande vattenmassor i kraftstationer. Infraljud kan också alstras naturligt av bl.a. åskväder, vindar, vulkanutbrott, jordbävningar och vattenfall.

Exponering för infraljud kan orsaka sömnhet, och vid relativt höga ljudtrycksnivåer (125–130 dB) påverkas innerörats balansorgan och andra tryck känsliga receptorer i kroppen. Infraljud som ligger under perceptionströskeln, dvs. den lägsta uppfattbara nivån, anses dock inte ge upphov till några besvär.

Ljudets karaktär

Förutom ljudnivån har ljudets karaktär stor betydelse för hur ett ljud upplevs och vilka effekter det kan ge upphov till. Ljud har oftast mycket komplexa förlopp och det kan därför vara svårt att beskriva ljudet med ett enkelt mått eller ett mätetal. Ljudets variation i tid kan exempelvis beskrivas som kontinuerligt, intermitterant eller ett impulsljud. Karaktären kan redovisas med exempelvis frekvensfördelning, förekomst av rena toner, modulationer (rytmiska förändringar i ljudet) och impulsljud, ljudets fördelning över tid (dag, kväll, natt, dygn, vecka och år), antalet ljudhändelser och varaktigheten hos enskilda ljudhändelser.

Ekvivalentnivå och maximalnivå

Ekvivalent ljudnivå $L_{eq,T}$ avser ett energimedelvärde under mättiden T , och det motsvarar alltså

den konstanta ljudnivå som innehåller lika mycket ljudenergi som ett tidsvarierande ljud under mättiden. I vissa sammanhang avser T en specifik tidsperiod, såsom 8 eller 24 timmar, och då gäller det oftast en framräknad ljudnivå som baseras på en uppmätt nivå och kända dygnsvariationer.

Maximal ljudnivå är den högsta uppmätta A-vägda ljudtrycksnivån. Normalt används tidsvägning F, se vidare nedan om tidsvägning. För att ge relevanta mätresultat används normalt ett medelvärde, eller en fraktil, av de mest bullrande händelserna.

Kontinuerliga ljud

Kontinuerliga ljud har bara små variationer i ljudnivån under en viss tidsperiod. Några exempel är ljudet från en fläkt eller en avlägsen och kraftigt trafikerad gata. Kontinuerliga ljud mäts och uttrycks oftast i ekvivalent ljudnivå.

Icke-stationära ljud

Icke-stationära ljud kan delas in i

- intermittenta ljud som är kontinuerliga mellan perioder av tystnad, exempelvis från avfuktare eller äldre kylaggregat
- fluktuerande ljud där ljudnivån hela tiden varierar, exempelvis musik från en restaurang eller varvtalsstyrda maskiner
- impulslyd där ljudet kommer från kortvariga händelser, exempelvis dunsar från vikter på ett gym eller slagljud från en verkstad.

Toner, tonala komponenter och brus

Brus kan beskrivas som ljud som saknar ett påtagligt informationsinnehåll men innehåller alla aktuella frekvenser. Vid varje tidpunkt är styrkefördelningen slumpartad.

En ton är ett ljud med en viss frekvens som är hörbar över annat samtidigt ljud. Vissa bullerkällor skapar flera samtidiga toner, t.ex. pumpar, slipverktyg, sågar och borrar. Om ljudet innehåller en eller flera konstanta eller varierande toner säger man att det innehåller hörbara tonala komponenter, och det kan då orsaka kraftigare störningseffekter.

Flera ljudkällor

När man räknar ut den sammanlagda ljudnivån från flera ljudkällor måste man beakta att ljudtrycksnivå uttrycks i decibel, som är en logaritmisk skala. Några räkneexempel ges i punktlistan nedan.

- Om två lika starka ljudkällor läggs ihop ökar ljudnivån med cirka 3 dB. Två ljudkällor på 30 dB ger således en total ljudnivå på 33 dB. Om exempelvis trafikmängden på en väg fördubblas eller halveras ger det en ökning respektive minskning av den ekvivalenta ljudnivån med 3 dB.
- Lägg tio lika starka ljudkällor ihop ökar ljudnivån med cirka 10 dB. Med tio ljudkällor på vardera 30 dB blir således den totala ljudnivån 40 dB.
- Om man lägger ihop två ljudkällor där skillnaden i ljudnivå är mer än 10 dB blir den totala

Ljudnivån densamma som den starkaste ljudkällan. Om exempelvis ljudkälla 1 är på 30 dBA och ljudkälla 2 är på 20 dBA blir alltså den totala ljudnivån 30 dBA.

Punkt- och linjekällor

En punktkälla är en ljudkälla som är liten i förhållande till avståndet till betraktaren, exempelvis en fläkt. Om avståndet till en punktkälla fördubblas minskar ljudnivån generellt med 6 dB. Dessutom tillkommer i många fall en viss markdämpning. En linjekälla är något som rör sig längs en rät linje, exempelvis en väg med trafik. Vid en linjekälla minskar den ekvivalenta ljudnivån bara med 3 dB om avståndet till källan fördubblas. För den maximala ljudtrycksnivån från ett enstaka fordon gäller dock oftast samma regler som för punktkällan.

Ljudets spridningsvägar

I ett hus kan ljudet spridas som stegljud, stomljud eller luftljud. Stegljud är ljud som uppkommer i angränsande rum när någon går på ett bjälklag, i en trappa eller liknande. Stomljud är ljud som fortplantas i fasta material, exempelvis via stommen i en byggnad. Luftljud är ljud från en ljudkälla som sprids till omgivningen via luften.

Luftljudsisolering mellan två rum är ett mått på hur ljud i ett rum reduceras till ett annat rum. Ljudet går då direkt genom skiljeväggen, men kan även spridas som luftburet ljud genom eventuella överhörningar via ventilation samt som stomburet ljud genom flankerande byggnadsdelar. Ju högre mätvärde, desto bättre luftljudsisolering.

Stegljudsnivå är ett mått på hur steg på ett golv, alltså en stomljudskälla, sprider sig till angränsande rum. Ljudet kan sprida sig direkt genom bjälklaget, men också stomburet via bärande väggar, till rummet under eller i sidled. Ju lägre mätvärde, desto bättre stegljudsisolering.

Vibrationer är inte ljud, men vibrationer kan ge upphov till stomljud. Tåg kan t.ex. under vissa förhållanden ge upphov till stomljud i byggnader. Vibrationerna från rälsen överförs då via marken in till byggnaden och utstrålar sedan som ett ljud i rummet (1). Hur mycket vibrationer som förs vidare in i en byggnad beror på en rad faktorer, t.ex. materialet i byggnadsstommen, eventuell källare, antalet våningsplan, grundläggningen och huskroppens storlek och läge i förhållande till järnvägen.

Vibrationer från exempelvis stora ventilationssystem, maskiner eller kompressorer kan också resultera i ljudstörningar. Anledningen är att byggnadens väggar, golv och tak sätts i vibration och ger upphov till stomljud, som i sin tur kan resultera i luftljud.

Bakgrundsljud

Med bakgrundsljud menas annat ljud än det som ska studeras, eller det ljud som är kvar när alla ljudkällor som kan stängas av är tysta. Upplevelsen av ett buller blir mer påtagligt i områden med låg bakgrundsnivå eller på kvällar och nätter då bakgrundsnivån oftast är lägre. En bakgrundsnivå på 20 dBA brukar bedömas som mycket tyst, och förekommer ofta i sovrum nattetid, framför allt i tystare områden och i bostäder utan mekanisk tilluft.

Ett tydligt bakgrundsbuller kan under vissa förutsättningar maskera andra ljudstörningar, så en störning som inte upplevs besvärande när man lyssnar dagtid kan mycket väl vara besvärande på

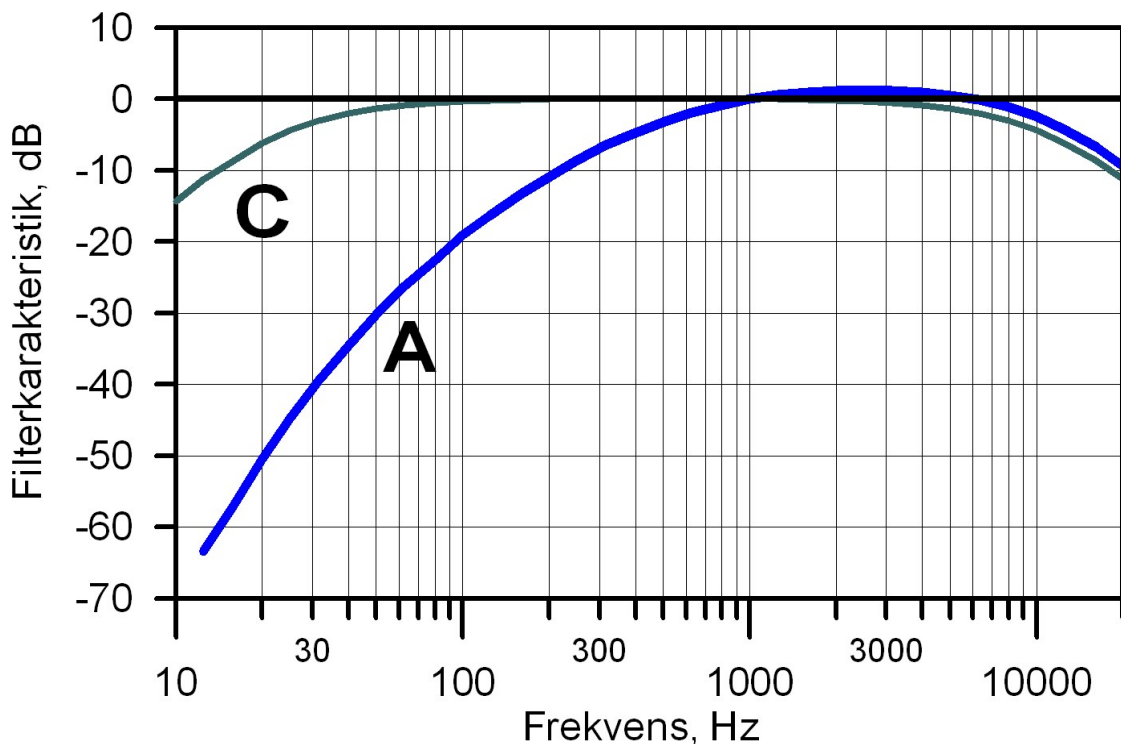
natten.

Vägningsfilter

Ljudets frekvens har stor betydelse för hur det uppfattas. För att förenkla bedömningen av ett ljud kan så kallade frekvensvägningsfilter användas för att mäta ljudnivån, se figur 2. Oftast används A-filtret som i grova drag efterliknar örats förmåga att höra olika frekvenser. Ett A-filtret kan användas för att bedöma risken för hörselskador eller risken för att störas av buller från exempelvis vägtrafik. Däremot passar A-filtret normalt inte för att korrekt värdera en störning av lågfrekvent ljud eftersom det ger en kraftig dämpning av låga frekvenser. När A-filtret används sägs ljudnivån vara A-vägd.

C-filtret är ett annat vägningsfilter. Skillnaden gentemot A-filtret är främst att det inte dämpar låga frekvenser lika mycket, och tar med andra ord större hänsyn till låga frekvenser. Filtret kan därför användas för att på ett förenklat sätt värdera förekomsten av lågfrekvent ljud. När C-filtret används sägs ljudnivån vara C-vägd. Folkhälsomyndighetens riktvärden för låga frekvenser är inte C-vägd. De anges istället i tersband, som anses vara ett mer tillförlitligt sätt att bedöma lågfrekvent buller (2).

Figur 2. Grafisk sammanställning av frekvensvägningsfilter A och C.



Lika energi-principen

För att bedöma hur skadligt ett ljud är för hörselorganet används den s.k. lika energi-principen, se tabell 1. Kortfattat innebär den att risken för skada bestäms av den totala akustiska energin som når örat. Energin bestäms av ljudtrycket i kvadrat och exponeringstiden. Om ljudnivån ökar med 3 dB fördubblas ljudeffekten; det tar alltså bara halva tiden att exponeras för en lika stor dos buller. Exempelvis innebär det att en exponering under åtta timmar för 85 dB måste halveras

till fyra timmar om ljudnivån höjs till motsvarande 88 dB.

Tabell 1. Lika energi-principen, exempel på samband mellan ljudnivå och exponeringstid.

LJUDNIVÅ (DB)	MAXIMAL EXPONERINGSTID (TIMMAR)
85	8
88	4
91	2
94	1
97	0,5

Den individuella variationen i känslighet är dock stor och därför finns det personer som riskerar hörselskador vid lägre ljudnivåer eller vid kortare exponeringstider jämfört med andra personer. Risken att få en hörselskada ökar också om personen samtidigt utsätts för hörselskadande kemiska ämnen såsom toluen eller för vibrationer.

Tidsvägning

För att få ett representativt mätvärde av ett ljud som varierar över tid måste variationerna i ljudet synliggöras på olika sätt. Ljudtrycksnivån bestäms inte bara av ljudet som ska mätas utan också av mätinstrumentets tidsvägning, dvs. hur snabbt instrumentet reagerar på en ljudimpuls. Det finns standardiserade tidsvägningar: S (*Slow*, standardiserad tidskonstant på 1 sekund) och F (*Fast*, standardiserad tidskonstant på 0,125 sekund). En annan tidsvägning är I (*Impulse*, standardiserad tidskonstant på 0,035 sekund). Normalt är det inställningen F som används. Med den inställningen reagerar ljudnivåmätaren relativt snabbt och kan registrera snabba växlingar i ljudnivån.

Vid mätningar av impuls ljud (ljud med mycket snabba förlopp), såsom slagljud eller skottljud, undervärderar tidsvägning F den maximala ljudnivån. På senare tid har det visat sig att inte heller tidsvägning I är tillräckligt snabb för att ge korrekt information om hörselskaderisken när det gäller impuls ljud. För att få fram säker information om ljudets maximala så kallade toppvärde kan man därför mäta den här typen av ljud med inställningen *peak* som betyder att instrumentets tidskonstant är kortare än 50 μ s.

Rumsakustik

Rumsakustiken beskriver hur ljud beter sig i ett avgränsat utrymme. När en ljudkälla ger ifrån sig ett ljud i ett rum sprids det och träffar väggar, tak, golv och andra objekt i rummet. När ljudvågen träffar en yta reflekteras respektive absorberas en del av ljudvågen. Hur mycket av ljudet som reflekteras kontra absorberas beror på de akustiska egenskaperna i rummet. Viktiga mått för rumsakustik är efterklangstid och STI/RASTI (se tabell 2).

Tabell 2. Mått för att bedöma ett rums akustiska kvalitet.

AKUSTIKMÅTT	FÖRKLARING
Taluppfattbarhet	Taluppfattbarhet, ett mått på hur tal överförs från talare till lyssnare, används ofta för att mäta akustisk kvalitet. Taluppfattbarhet kan mätas med tekniska mätmetoder såsom STI och RASTI (se nedan) men även med hörförståelsetester i den miljö som ska undersökas. Taluppfattbarheten bestäms av talarens tydlighet, av bakgrundsljudets nivå och frekvensinnehåll och av tidiga ljudreflexer i förhållande till sena.
Efterklangstid (RT)	Efterklangstid (Reverberation Time) är ett mått på rumsakustik och beskriver hur lång tid det tar för ljudet att minska med 60 dB från det att ljudkällan stängts av. Ofta anges även T20 vilket innebär efterklangstid utvärderad i intervallet -5 dB till -25 dB. I standarden SS 25268 anges 0,5 s (ljudklass C) som längsta tillåtna efterklangstid för klassrum. Detta rekommenderade värde kan användas i en samlad bedömning av akustiken i en undervisningslokal.
STI/RASTI	STI (Speech Transmission Index) är en mätmetod för taluppfattbarhet, dvs. hur väl tal överförs från talare till lyssnare, och tar hänsyn till fler faktorer än enbart efterklangstid. Skalan för STI är från 0 (ingen taluppfattbarhet) till 1 (perfekt taluppfattbarhet) med intervallen 0–0,3 (oförståeligt), 0,3–0,45 (dåligt), 0,45–0,6 (godtagbart), 0,6–0,75 (bra) och 0,75–1 (utmärkt). I ett klassrum bör STI vara högre än 0,75. RASTI (Rapid Speech Transmission Index) är en förenklad variant av STI.
SNR	Signal till brusnivå SNR (Signal-to-noise ratio) betyder signal till brusnivå, dvs. skillnaden mellan ljudnivån från talarens röst och bakgrundsljudnivån. Den bör vara minst 10–15 dB i en miljö där vi lär oss nya saker.
Clarity, C50/C80	Clarity är ett taltydlighetsmått som jämför ljudenergin i tidiga ljudreflexer (under de första 50 eller 80 ms) med dem som kommer senare. Ett högt värde är positivt för taluppfattbarheten. Clarity definieras i ISO 3382-1. Måttet är främst avsett för att utvärdera större samlingslokaler såsom aulor, men har befunnits vara en bra indikator för den akustiska kvaliteten även i mindre klassrum.

Påverkan av vind och temperatur

Utbredningen av ljud utomhus påverkas bl.a. av vind och temperatur. Ljudabsorptionen i luften varierar med frekvens, fuktighet, lufttryck och temperatur på ett komplext sätt. På grund av luftabsorptionen förändras också ljudets frekvensspektrum när det färdas över långa avstånd.

I medvind böjs ljudvågorna nedåt, vilket gör att ljudnivån blir högre. Samma effekt uppstår om luften vid marken är kallare än på högre höjd (inversion). Denna nedåtböjning innebär att skärmeffekten av vallar, plank, hus och annat minskar. Vid motsatta förhållanden, alltså motvind eller vid en lägre temperatur på högre höjd, böjs ljudet uppåt och det blir tystare vid marken.

Mät- och beräkningsmetoder

Det här kapitlet innehåller information om mät- och beräkningsmetoder för buller inomhus samt information om mätmetoder för höga ljudnivåer. Här finns bl.a. exempel på olika indikerande mätningar och hur man kan göra vid en fortsatt utredning. Innehållet som rör buller inomhus baseras till stor del på SP rapport 2015:02 Vägledning för mätning av ljudnivå i rum med stöd av SS-EN ISO 10052/16032 (3). Mät- och beräkningsmetoder för buller från trafik redovisas separat i slutet av detta kapitel.

Ljudnivåmätare

För att mäta ljud krävs normalt en ljudnivåmätare som uppfyller klass 1 eller klass 2, enligt standard (4). För att kunna mäta lågfrekvent ljud krävs också att mätaren kan mäta de enskilda tersbanden i intervallet 31,5–200 Hz. Mätaren bör dessutom ha ett C-vägningsfilter.

Osäkerhetsfaktorer

De tre största osäkerheterna vid en ljudnivåmätning är normalt

- ljudkällans driftsförhållanden
- bakgrundsbuller
- ljudtrycksvariationer mellan olika platser.

Andra osäkerhetsfaktorer kan vara val av mätmetod, val av ljudnivåmätare och inställningar av densamma, mätfel, mikrofonplacering och kalibrering.

Ljudkällan

Vid en ljudnivåmätning behöver man förvissa sig om att ljudkällan eller verksamheten som orsakar störningen mäts under en tidsperiod som är representativ för det som studeras, vilket oftast innebär den situation som ger den högsta återkommande ljudnivån. Det kan exempelvis vara ett medelvärde för den mest bullrande timmen, eller under en driftscykel. Här finns ett par exempel:

- Ljud från eller inne på en nattklubb bör mätas när ljudet från både skräl och musik bedöms vara som högst.
- Om en maskin är bullerkällan bör maskinen vara i full drift och utföra det återkommande arbete som skapar högst ljud.

Ljudkällan bör alltså inte vara i någon förväntad medeldriftssituation, utan i den återkommande situation som är mest högljudd, om inte ett särskilt mät- eller beräkningsfall är definierat.

Bakgrundsbuller

Med bakgrundsbuller menas ljud från andra storkällor än dem som undersöks. Det är viktigt att veta att man faktiskt mäter den verksamhet eller ljudkälla som man vill kontrollera, för i många fall kan ljudnivån från bakgrundsbuller vara så hög att det kraftigt påverkar mätresultatet. Det

kan finnas ljud i bostaden som stör när man mäter ljud som kommer utifrån; exempelvis kan ljudnivån från kylskåp felaktigt ge ett underkänt mätresultat från ett diskotek. Det kan därför vara nödvändigt att stänga av en sådan bullerkälla för att kunna göra en korrekt ljudnivåmätning. Samtliga bullerkällor från den studerade verksamhetsutövaren bör dock vara i representativ drift.

För att värdera den uppmätta ljudnivån från den bullerkälla man studerar bör man även mäta bakgrundsnivån. Bakgrundsnivån ska mätas före eller efter mätning med storkällan eller storkällorna i drift. Om skillnaden mellan mätresultatet och bakgrundsnivån är mindre än 4 dB är mätningen troligtvis påverkad av bakgrundsbuller. Enligt SP rapport 2015:02 (3) kan man vid mätning enligt den tekniska metoden (5) korrigera uppmätt ljudnivå för bakgrundsnivån, men inte vid mätning enligt översiktsmetoden.

Ljudtrycksvariationer i rum och i tid

Lågfrekvent buller, eller dominerande tonalt ljud, leder ofta till stora ljudtrycksvariationer i rum. Vid låga frekvenser är ljudnivån oftast högst i hörnen och lägre i mitten av rummet, och vid toner i ljudet är variationerna över rummet stora på grund av interferensfenomen, s.k. stående vågor. Många ljudkällor varierar även över tid. Det är därför viktigt att följa de anvisade mätmetoderna när det gäller antalet mätperioder och mikrofonernas placering, och antalet mätperioder baseras på skillnader i ljudnivå mellan mätperioderna.

Ljudnivåmätningar

Mätningar av buller inomhus genomförs med fönster och dörrar stängda, men med öppna utelufts- och överluftsdon. En sådan ljudnivåmätning ger stöd till utredningen vid klagomål. Mätningen kan om det bedöms lämpligt göras i två steg:

- Först kan man göra en så kallad indikerande mätning för att ta reda på om det verkar finnas något problem eller inte. Nedan finns några exempel på detta.
- Om den indikerande mätningen tyder på en för hög ljudnivå gör man därefter en fortsatt utredning med mer utförliga mätningar. En korrekt utförd fortsatt utredning kan sedan ligga till grund för ett beslut från tillsynsmyndigheterna.

Den som utför en indikerande mätning bör ha erfarenhet av riktiga mätningar, eftersom det är viktigt att kunna bedöma om mätsituationen och det uppmätta värdet är rimliga. Mer utförliga utredningar kräver fackmässig kunskap. Generellt sett bör man göra en fortsatt utredning, med mätning enligt relevant standard eller metod, om den indikerande mätningen visar ett värde som överskrider eller ligger i närheten av riktvärdet (0–5 dB lägre än riktvärdet). Det kan dock finnas fall då man ändå bedömer att en fortsatt utredning inte är rimlig att genomföra.

Exempel på indikerande mätningar

Buller inomhus

När det gäller buller inomhus bör verksamheten vara i den mest bullrande driftssituationen och det bör vara så lite ovidkommande buller som möjligt – mät helst när trafiken är gles och stäng om möjligt av ljudkällor som inte hör till den aktuella verksamheten. Anordningar som går av och på mäts under tiden de kör, och bullerkällor med varierande ljudnivå bör vid indikerande mätning

mätas när de är som starkast.

Mät 30 s i vart och ett av rummets hörn – 0,5 m från väggar och golv (20 cm ovan huvudkudde vid säng i hörn). Mät två gånger med 30 s mättid vardera i en punkt ute i rummet – kommer ljudet från en plats i rummet, mät då rumspositionen 1,5–2 m från denna. Om ljudet har hörbara toner – mät där tonen är starkast. Om det gäller maximalnivåhändelser, mät en men helst flera händelser i var och en av dessa mätpunkter. Notera alla resultaten. Om något av mätvärdena överskrider riktvärdet bör en fortsatt utredning göras, med mätning enligt anvisningarna i SP rapport 2015:02.

Höga ljudnivåer

Mät på den plats som bedöms ha högst ljudnivå. På konserter är exempelvis ljudnivån ofta högre i närheten av scenen eller mitt för högtalare som besökare kan komma nära. Om tidpunkten har betydelse för ljudnivån bör mätningen utföras när den högsta ljudnivån kan förväntas.

Exempelvis är ljudnivån på en nattklubb ofta högst sent på kvällen när det är flest besökare. Mät A-vägd ekvivalent ljudnivå i 5 minuter, och om möjligt samtidigt även A-vägd maximal ljudnivå. Om uppmätt ljudnivå överskrider eller ligger i närheten av riktvärdet bör en ny mätning utföras enligt anvisningarna för en relevant mätmetod, se avsnittet ”Höga ljudnivåer vid arrangemang med publik” nedan.

Fortsatt utredning

Resultatet från en ljudmätning kan användas som underlag till beslut om ett föreläggande eller åtgärder, men då bör mätningen vara utförd enligt en relevant mätstandard eller mätmetod.

Exempel på sådana mätmetoder är svenska och internationella standarder samt metoder från Nordtest, RISE/ SP, Folkhälsomyndigheten och Naturvårdsverket. Svenska och internationella standarder köps från Swedish Standards Institute (www.sis.se). Metoderna från RISE, Research Institutes of Sweden, tidigare SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Nordtest, Folkhälsomyndigheten och Naturvårdsverket kan laddas ner fritt från respektive webbplats.

Exempel på mätmetoder för fortsatt utredning

Buller inomhus

För att bedöma olägenheten för människors hälsa enligt Folkhälsomyndighetens allmänna råd (FoHMFS 2014:13) om buller inomhus bör mätningar utföras enligt anvisningar i SP rapport 2015:02 (3), tillsammans med någon av standarderna SS-EN ISO 10052 (överslagsmetod) (6) eller SS-EN ISO 16032 (teknisk metod) (5).

Om resultatet ska jämföras med Folkhälsomyndighetens riktvärden bör man i normalfallet använda överslagsmetoden som i möblerade bostadsrum inte korrigerar för rummets ljudabsorption och använda de uppmätta mätvärdena som de är.

I exempelvis sparsamt möblerade bostäder, där ljudet dämpas mindre, kan dock det okorrigerade mätvärdet bli missvisande, och då bör mätningen utföras enligt den tekniska metoden. Det innebär att efterklangstiden mäts i rummet, och för frekvenserna 100 Hz–5 kHz standardiseras ljudnivån till en efterklangstid på 0,5 s, motsvarande en normal möblering. Det okorrigerade värdet kan då användas för att informera de boende om att det är relativt enkelt att sänka

ljudnivån genom att öka rumsabsorptionen.

Rena toner och tonala komponenter

När denna text skrivs finns ingen standard som specifikt anger hur ljudnivån i rum bestäms på ett entydigt sätt när toner är en väsentlig del av ljudnivån.

I väntan på en standardiserad metod kan metoderna för att mäta ljudnivå i rum ovan användas även när det är sannolikt att ljudet innehåller hörbara tonkomponenter, förutsatt att mätningen utförs med nio mätperioder. I första hand bör dessa mätningar utföras enligt den tekniska metoden.

Höga ljudnivåer vid arrangemang med publik

När man ska bedöma om ljudnivån uppfyller riktvärdena i Folkhälsomyndighetens allmänna råd om höga ljudnivåer (FoHMFS 2014:15) bör utredningen ske enligt anvisningar i antingen SP-INFO 2004:45 (7) eller Folkhälsomyndighetens snabbguide (8).

Mät- och beräkningsmetoder för trafikbuller inomhus

Ekvivalent och maximal ljudnivå från trafik

A-vägd ekvivalentnivå inomhus från väg-, spår- och flygtrafik utvärderas i normalfallet som dygnsekvivalent ljudnivå för ett årsmedeldygnstrafik eller årsmedelsvardagsdygn. För ekvivalent buller från flyg används dock flygbullernivå (FBN) utomhus men dygnsekvivalent ljudnivå inomhus. A-vägd maximalnivå från väg- och spårtrafik utvärderas normalt i förhållande till en trafikårsmedelnatt och den femte mest bullrande händelsen. På platser där vägtrafiken varierar mycket under året kan ljudnivån i vissa fall utvärderas utifrån en annan period än trafikårsmedeldygnnet, t.ex. en säsong.

Maximala ljudnivån varierar slumpmässigt mellan olika passager; vissa är tystare och andra låter mer. De allra högsta maximalnivåerna kan vara onormala händelser såsom en trasig ljuddämpare på en lastbil eller ett felaktigt hjul på en godsvagn. Sådana onormala händelser är inte förutsägbara och därför går det i praktiken inte att bestämma den allra högsta maximalnivån för ett trafikårsmedeldygn med tillfredsställande noggrannhet. För att få rimligt säkra värden brukar man i stället utvärdera den femte högsta maximalnivån. Vid mätningar och beräkningar används maximalnivån från den mest bullrande fordonstypen, även om den förekommer färre än fem gånger per natt (9).

Lågfrekvent buller från trafik

I dagsläget saknas anvisade mät- och beräkningsmetoder för att utvärdera buller från trafik i förhållande till Folkhälsomyndighetens riktvärden för lågfrekvent ekvivalentnivå (mätanvisningen från SP 2015 (3) är inte avsedd för trafikbuller). Även metoder för att utvärdera A-vägda ljudnivåer inomhus kan ge osäkra resultat vid utpräglat lågfrekvent trafikbuller eftersom ljudnivån i huvudsak bestäms av låga frekvenser.

Luft- respektive stomljud

Ljudnivå inomhus från trafik överförs oftast från bullerkällan i form av luftljud som tränger in i byggnaden, men kan ibland helt eller delvis utgöras av stomljud. Stomljud orsakas främst av spårtrafik, exempelvis från en tågtunnel under en byggnad, men kan även härröra från vägtrafik. Luftljud inomhus från trafik kan både mätas och beräknas medan stomljud oftast behöver mätas.

Sverige saknar specifika nationella riktvärden för stomljud från spårburen trafik men ibland används s.k. projektspecifika riktvärden vid planering och byggen av tunnlar för spårburna fordon nära bostäder. Folkhälsomyndighetens riktvärden för lågfrekvent buller har visat sig svåra att tillämpa när det gäller att mäta och beräkna stomljud från rörliga bullerkällor utanför byggnaden, t.ex. spårburna fordon (1).

Mäta eller beräkna ljudnivå inomhus från trafikbuller

Den vanligaste och normalt också säkraste metoden för att fastställa en ljudnivå inomhus är att utgå från beräknad (och i vissa fall uppmätt) ljudnivå utomhus vid fasad och därefter beräkna ljudnivån inomhus med hjälp av fasadens ljudisolering och rummets ljudabsorption. I SS 25267:2015 och SP 2014:34 redovisas metoder för att bestämma ljudnivån inomhus, från en fastställd utomhusljudnivå och en beräknad eller uppmätt fasadisolering (10, 11). För att en sådan beräkning av inomhusnivå ska fungera måste andelen stomljud vara försumbar.

Fasadens ljudisolering kan antingen mätas upp, beräknas utifrån uppgifter om de ingående byggdelarnas respektive ljudisolering, eller i översiktliga fall bara skattas. Rummets ljudabsorption kan mätas eller tas fram med skattningar. I samband med nybyggnad ansätts efterklangstiden T till 0,5 sekunder, vilket motsvarar en normal möblering. Den kan därmed även användas som utgångspunkt för befintlig bebyggelse.

Beräkning av trafikbuller har många fördelar jämfört med mätningar: i beräkningarna råder alltid korrekta väderförutsättningar, inga ovidkommande ljud påverkar resultatet, det är enkelt att beräkna ljudnivån i många punkter, resultaten blir reproducerbara m.m. Det går även att utreda planerade områden som ännu inte är byggda, beräkna ljudnivåer med prognosticerad trafik och pröva ut olika bullerdämpande åtgärder.

En nackdel med beräkningar är att det kan vara svårt att bedöma kvaliteten i de beräknade värdena. Exempelvis bör man vara uppmärksam på om alla relevanta trafikällor finns med (även avlägsna motorvägar och järnvägar kan ha betydelse), och om de trafikdata som används stämmer med verkligheten (t.ex. antal fordon och hastigheter). Man bör vara särskilt försiktig med att använda beräknade ljudnivåer från EU-kartläggningar eller andra storskaliga beräkningar där man kan ha varit tvungen att kompromissa med utförandet.

Ljudmätningar kan vara att föredra ibland, exempelvis vid särskilt komplicerade förhållanden med många trafikällor och komplicerad topografi.

Mätmetoder för trafikbuller

Nordtest har publicerat två mätmetoder för buller utomhus och inomhus från vägtrafik, och de kan användas för att bestämma den A-vägda dygnsekvivalenta ljudnivå som motsvarar en årsmedeldygnstrafik. Den noggrannare NT ACOU 039 (12) har även anvisningar för att mäta A-vägd maximalnivå och för hur uppmätt maximalnivåstatistik kan användas för att beräkna femte högsta maximalnivån. Den andra metoden, NT ACOU 056 (13), har lägre noggrannhet

för mätning av ekvivalentnivå på avstånd upp till högst 100 meter.

Naturvårdsverkets mätmetod för vägtrafik från 1987 (14) är i princip en översättning av de ursprungliga versionerna av NT ACOU 039 och 056 från 1982. Den saknar därmed de delar som tillkom när Nordtestmetoderna uppdaterades 2002 (15).

A-vägda ljudnivåer utomhus och inomhus från spårtrafik mäts enligt Nordtest mätmetod NT ACOU 098 (16). Metoden ger möjlighet att bestämma dygns ekvivalent ljudnivå motsvarande en årsmedeldygnstrafik. Maximalnivå redovisas som energimedelvärdet av samtliga uppmätta maximalnivåer för den mest bullrande tågtypen, vilket enligt praxis brukar jämföras med riktvärdet trots att det i strikt mening inte är femte högsta maximalnivån.

Flera metoder finns för att mäta flygbuller, exempelvis Nordtest ACOU 075 som endast har anvisningar för mätning utomhus (17).

Ovanstående mätmetoder används enbart för att mäta A-vägda ljudnivåer.

Beräkningsmodeller för trafikbuller utomhus

Som nämnts ovan är den vanligaste metoden för att fastställa en ljudnivå inomhus att utgå från beräknad (och i vissa fall uppmätt) ljudnivå utomhus vid fasad och därefter beräkna ljudnivå inomhus med hjälp av fasadens ljudisolering och rummets ljudabsorption. Det är normalt också den säkraste metoden. Läs mer om beräkningsmodeller för trafikbuller utomhus på www.naturvardsverket.se.

Referenser

1. WSP. Stomljud. Beskrivning och genomgång av riktvärden för spår- och vägburen trafik. Göteborg: WSP, 2015. [citerad 21 januari 2019]. Hämtad från: <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/buller/stomljud-%20riktvarden-spar-vagburen%20trafik-151117.pdf>
2. Waye KP, Smith M, Ögren M. Hälsopåverkan av lågfrekvent buller inomhus. Göteborg: Göteborgs universitet, Medicinska institutionen, 2017. Rapport nr 3:2017. [citerad 5 oktober 2018]. Hämtad från: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/53428/1/gupea_2077_53428_1.pdf
3. Larsson K, Simmons C. Vägledning för mätning av ljudnivå i rum med stöd av SS-EN ISO 10052/16032. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2015. SP Rapport 2015:2. [citerad 5 oktober 2018]. Hämtad från: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/globalassets/livsvillkor-levnadsvanor/halsoskydd-miljohalsa/inomhusmiljo/buller/sp-vagledning-matning-ljudniva-rum.pdf>. (PDF, 734 kB)
4. SEK Svensk Elstandard. SS-EN 61672-1. Elektroakustik - Ljudnivåmätare - Del 1: Specifikationer. Kista: SEK Svensk Elstandard, 2003.
5. SIS Swedish Standards Institute, Byggakustik ST. SS-EN ISO 16032:2004. Byggakustik - Mätning av buller från installationer i byggnader - Teknisk metod (ISO 16032:2004). SIS Swedish Standards Institute, 2004.
6. SIS Swedish Standards Institute, Byggakustik ST. SS-EN ISO 10052:2004. Byggakustik - Fältmätningar av luft- och stegljudsisolering samt buller från installationer - Överslagsmetod (ISO 10052:2004). Kista: SIS Swedish Standards Institute, 2004.
7. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Mätning av höga ljudnivåer - Mätmetod för diskotek, konserter och andra arrangemang med publik. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2014. SP-INFO 2004:45 rev 2014. [citerad 15 oktober 2018]. Hämtad från: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/buller/hoga-ljudnivaer/>
8. Folkhälsomyndigheten. Snabbguide till mätning av höga ljudnivåer på diskotek, konserter och andra arrangemang med publik. 2015 [citerad 15 oktober 2018]. Hämtad från: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/buller/hoga-ljudnivaer/>
9. Boverket. Bullerskydd i bostäder och lokaler. Karlskrona: Boverket, 2008. [citerad 17 oktober 2018]. Hämtad från: https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/bullerskydd_i_bostader_och_lokaler.pdf
10. SIS Swedish Standards Institute, Byggakustik ST. SS 25267:2015. Byggakustik - Ljudklassning av utrymmen i byggnader - Bostäder (SS 25267:2015). Stockholm: SIS Swedish Standards Institute, 2015.
11. Zhang X. Noise Assessment Method for High-Speed Railway Applications in Sweden. Borås: SP Technical Research Institute of Sweden, 2014. SP Report 2014:34. [citerad 5 oktober 2018]. Hämtad från: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:962832/FULLTEXT01.pdf>
12. Nordtest. Road traffic: Measurement of noise immission - Engineering method. Espoo, Finland: Nordtest, 2002. NT ACOU 039 Edition 2.
13. Nordtest. Road traffic: Measurement of noise immission - Survey method. Espoo, Finland: Nordtest, 2002. NT ACOU 056 Edition 2.
14. Naturvårdsverket. Buller från vägtrafik: mätmetod. Stockholm: Naturvårdsverket, 1987. Rapport 3298. [citerad 17 oktober 2018]. Hämtad från: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/91-620-3298-4.pdf?pid=4378>
15. DELTA Danish Electronics Light & Acoustics. Revision of Nordtest Methods NT ACOU 039 and ACOU 056 for Measuring Noise from Road Traffic. Kgs. Lyngby Denmark: DELTA, 2001. Journal no. AV 1570/00.
16. Nordtest. Railway traffic: Noise. Espoo, Finland: Nordtest, 1997. NT ACOU 098.
17. Nordtest. Air traffic: Noise immission, residential areas. Espoo, Finland: Nordtest, 1989. NT ACOU 075. [citerad 17 oktober 2018]. Hämtad från: http://www.nordtest.info/images/documents/nt-methods/acoustic/NT%20acou%20075_Air%20traffic_Noise%20immission.%20residential%20areas_Nordtest%20Method.pdf