



# Skapa goda ljudmiljöer

HANDBOK I TRAFIKBULLERSKYDD



Sveriges  
Kommuner  
och Landsting



# Skapa goda ljudmiljöer

HANDBOK I TRAFIKBULLERSKYDD



Upplysningar om innehållet:  
Kerstin Blom Bokliden, kerstin.blom.bokliden@skl.se

© Sveriges Kommuner och Landsting, 2017  
ISBN: 978-91-7585-574-5  
Illustration: Emilie Bergman sid 13, 34, 37, 136, 137,  
Tove Hennix sid 104, 106, 107, 109, 111-113,  
Jens Forssén sid 115-117  
Foto: SKL:s bildbank  
Produktion: Advant Produktionsbyrå  
Tryck: Ätta.45, 2017

# Förord

Många människor utsätts i sin vardag för buller, både i sina bostäder och i andra miljöer. Därför är det viktigt att arbeta med skyddsåtgärder och åtgärder vid källan. Samtidigt måste vi bygga många nya bostäder den närmaste tioårsperioden. Flera av dem kommer att hamna i bullerutsatta miljöer. Buller är en komplex fråga som måste hanteras på olika sätt kontinuerligt och skickligt i planering, byggande och i åtgärdsprogram.

Syftet med handboken är att sammanställa dagen kunskap och göra den tillgänglig för kommunerna. Det finns nya erfarenheter om vad som fungerar och vad som behöver utvecklas ytterligare.

Handboken vänder sig främst till handläggare inom kommunerna som arbetar med trafikplanering, bullerkartläggning och åtgärder inom bullerområdet. Här beskrivs åtgärder som begränsar buller från väg- och spårtrafik i bullerutsatta miljöer. Störst utrymme ges åt vägtrafikbuller, då detta är den mest angelägna bullerfrågan för kommunerna. Nytänkande och lösningar som utvecklats i forskningsprojekt såsom gröna åtgärder och akustisk design presenteras.

Handboken är framtagen av SKL i samarbetet med Trafikverket och Stockholms stad. Projektledare har varit Magnus Lindqvist, Stockholm stad och i arbetsgruppen har Lena Hagström, Trafikverket och Kerstin Blom Bokliden, SKL, ingått.

En referensgrupp har bestått av Henrik Nystedt, Göteborgs stad, Sofia Sjölinder, Nacka kommun, Marie Joelsson, Västerås stad, Christin Zackrisson, Malmö stad och Jarmo Riihinen, Örebro kommun. I styrgruppen har Gunnar Söderholm, Stockholm stad och Ann-Sofie Eriksson, SKL samt Lena Hagström, Trafikverket ingått.

Sju externa skribenter har bidragit med underlag till skriften. Magnus Lindqvist, projektledare och samordnare för skribenterna, Stockholms stad, Leif Åkerlöf, ÅH Akustik, Kjell Strømmer, Sound Precision, Jens Forssén, Chalmers har bidragit till kapitel 5 och 6, Lisa Johansson, Johansson Akustik, Clara Göransson, Tyréns samt avsnittet Stomljud och vibrationer; Mikael Ögren, Göteborgs Universitet och Tomas Jerson, WSP Group.

Tack alla som gjort det möjligt att få fram denna handbok som vi hoppas ska komma till nytta.

Stockholm i september 2017

Gunilla Glasare

*Avdelningen för tillväxt och samhällsbyggnad*

Sveriges Kommuner och Landsting

# Innehåll

7	<b>Kapitel 1. Inledning</b>
7	Hållbart samhällsbyggande och hållbar stadsutveckling
12	En kedja av orsak och verkan
17	<b>Kapitel 2. Planering och åtgärdsprogram</b>
17	Målbild
18	Kartläggning som grund för kommunens planering
21	Kommunala åtgärdsprogram
22	Planera åtgärder
26	Uppföljning
28	Planering av ljudmiljön vid nya och befintliga bostäder
29	Förtätning som bulleråtgärd
31	Andra planeringsåtgärder
31	Åtgärder i andra miljöer än bostäder
45	<b>Kapitel 3. Åtgärda källan</b>
45	Vägtrafik – källbuller
48	Gränsvärden för vägtrafik
50	Däck
51	Bussar
54	Ljuddämpande vägbeläggningar
56	Regleringar med mera
61	Spårtrafik – källbuller
69	<b>Kapitel 4. Skyddsåtgärder</b>
70	Bullerskyddsskärmar och vallar
83	Fasadåtgärder
85	Fönster
87	Faktorer som påverkar fönsters ljudreduktion
90	Befintliga fasader
95	Nya ljudklassade fönster
97	Friskluftsventiler – uteluftsdon
98	Ytterväggar

103	<b>Kapitel 5. Designåtgärder och grönska</b>
103	God ljudmiljö – mer än bara en ljudnivå?
104	Åtgärder under utbredningsvägen
106	Träd och buskar
107	Att förbättra mikroklimatologi med vegetation
108	Bullerreducing med hjälp av markbehandlingsar
111	Vegetation på byggnaders ytor
115	<b>Kapitel 6. Beräkna och mäta buller</b>
115	Avstånd, meteorologi, dämpning
118	Beräkningsmodeller och mätmetoder
118	Beräkningsmodell – vägtrafik
120	Beräkningsmodell – spårtrafik
120	Mätmetoder – vägtrafik och spårtrafik
122	När ska man beräkna och när ska man mäta?
125	<b>Kapitel 7. Stomljud och vibrationer</b>
125	Vibrationer och stomljud inomhus från väg- och spårtrafik
127	Stomljud
130	Vibrationer
135	<b>Kapitel 8. Vad är ljud?</b>
143	<b>Kapitel 9. Hälsopåverkan</b>
148	<b>Bilaga. Förordning om omgivningsbuller och EU-direktiv</b>
148	Förordning (2004:675) om omgivningsbuller
153	Direktiv om omgivningsbuller 2002/49/EG
165	Bilaga I
168	Bilaga II
170	Bilaga III
171	Bilaga IV
173	Bilaga V
174	Bilaga VI





# Inledning

## Hållbart samhällsbyggande och hållbar stadsutveckling

Ett hållbart samhällsbyggande och en hållbar stadsutveckling innebär att hantera en mängd aspekter. En förtätning med blandade funktioner kan minska det totala transportbehovet men samtidigt försämra luftkvaliteter och ljudmiljöer lokalt genom ökad exponering. När bostadsområden, infrastruktur-anläggningar och trafik placeras närmare varandra medför det behov av att samlat hantera frågor om bland annat ljudmiljö, luftkvalitet, trafik-säkerhet, tillgänglighet och social hållbarhet med mera. Det handlar också om att planera och genomföra förtätningen med närhet till målpunkter, möjlighet att öka andelen gång- och cykeltrafik på bekostnad av biltrafik, driva på för energieffektiva, tysta och rena fordon för personresor och distributions-transporter.

En förutsättning för hållbart samhällsbyggande och hållbar stadsutveckling är att goda ljudmiljöer finns i tillräcklig omfattning, samt att miljöer med risk för störningar och negativ hälsopåverkan begränsas så långt det är möjligt. En god ljudmiljö bör eftersträvas i hela samhället och inte bara i bostadsmiljöer. Eftersom även djurlivet kan påverkas av buller, finns dessutom en ekologisk dimension att hantera. Övergripande mål, lagstiftning samt de allmänna regelverk och stöd som finns om buller, kan ge inspiration till kommunens egen målsättning och planer för ökad livskvalitet och god ljudmiljö. Hur samhället och transportsystemet utvecklas har stor betydelse för spridning av buller och människors exponering. Förbättrad ljudkvalitet och minskat buller kan inte uppnås utan genomtänkta åtgärder inom flera områden. Eftersom god ljudkvalitet är en viktig förutsättning för ett attraktivt och hållbart samhälle hanteras frågor som har betydelse för ljudkvaliteten på alla politiska nivåer, såväl internationellt och nationellt som regionalt och kommunalt. Europaparlamentet och Europeiska unionens råd beslutar om hög-

sta tillåtna emissionsnivåer för vägfordon, däck och järnvägsfordon. Sverige har riktvärden för trafikbuller samt långsiktiga transport- och miljöpolitiska mål med buller som en viktig fråga att beakta. Även kommunala planer och Natura 2000-områden har i olika omfattning mål och bestämmelser om trafikbuller. För att skapa en bättre samsyn och ökad dialog i frågor kring buller genomfördes på initiativ från SKL ett myndighetsgemensamt projekt kallat ”Strategi för kommunikation om samhällsbuller”. Genom de budskap som kommunicerades betonade de som medverkat i projektet att det är samhälls-ekonomiskt lönsamt att begränsa buller och att en hållbar och attraktiv stad förutsätter goda ljudmiljöer. Följande huvudargument formulerades:

- › Buller är ett stort problem och en viktig fråga med stora samhälls-ekonomiska kostnader.
- › Buller går att åtgärda eftersom det idag finns teknik och metoder som både är tekniskt och ekonomiskt möjliga att genomföra.
- › Minskat buller är positivt och en självklar ingrediens i arbetet för ett attraktivt och hållbart samhälle.

### **Samhällsekonomiska kostnader**

Bullerstörningar på grund av trafik ger upphov till kostnader för enskilda och för samhället. Dessa består av värdeminskningar på fastigheter och kostnader för försämrade samhällsfunktioner och ökat behov av vård för bullerutsatta. Eftersom bullerstörningarna är omfattande blir de samhällsekonomiska kostnaderna stora. Vinsterna av att minska störningskostnaderna motiverar rent ekonomiskt omfattande åtgärder för att minska bullret.

Buller kan beskrivas med ekvivalent- och/eller maximalnivåer. Ekvivalentnivån är ett sammanvägt värde av ljudnivåer över en längre tid, medan maximalnivån beskriver förhållanden vid enstaka fordonspassager. Maximalnivån är vanligtvis det mått som passar bäst för att beskriva buller från spårtrafik och kan vara dimensionerande vid genomförande av skyddsåtgärder. De samhällsekonomiska värderingarna för trafikbuller baseras dock enbart på ekvivalenta ljudnivåer. Trafikverket ansvarar för att löpande uppdatera uppgifter om samhällsekonomiska kostnader orsakade av trafikbuller. Se Trafikverkets webbplats för aktuella värderingar.

### **DALY - mått på hälsokonsekvenser**

Trafikbullerexponering som leder till hälsoförluster (dödsfall och funktionsnedsättning) på grund av hjärtinfarkt, stroke och högt blodtryck samt allmänstörningar och sömnstörningar kan beräknas i DALY.

Världshälsoorganisationen (WHO) har utvecklat måttet eller indikatorn DALY<sup>1</sup> (Disability Adjusted Life Years) för beräkningar och presentationer av hälsokonsekvenser i en population. DALY kan översättas till ”funktions-

Not. 1. Trafikverkets Miljörapport 2016, Publikationsnummer 2017:090, ISBN 978-91-7725-083-3.

justerade levnadsår” och består av två sammanvägda indikatorer. Dessa är YLD (Years Lived with Disability – levda år med funktionsnedsättning) och YLL (Years of Life Lost – förlorade levnadsår).

De senaste årens forskning visar att redan vid bullernivåer från 50 dBA dygnsekvivalent ljudnivå utomhus finns en ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar. I det forskningsprojekt om DALY som Trafikverket bedrivit 2014–2016 har DALY till följd av trafikbuller beräknats. Beräkningarna visar att den samlade exponeringen av buller från trafik på väg och järnväg i Sverige ger upphov till hälsoförluster motsvarande 6 700 årliga förlorade DALY till följd av hjärtinfarkter, stroke och hypertoni. Om även hälsoförluster till följd av allmänstörningar och sömnstörningar tas med i beräkningarna ökar antalet DALY från 6 700 till 41 000. Beräkningarna visar vidare att den samlade trafikbullerexponeringen i Sverige ger upphov till cirka 1 000 hjärtinfarkter och 1 000 fall av stroke per år och att cirka 500 av dessa leder till dödsfall. Faktiska dödsfall till följd av hjärtinfarkt eller stroke drabbar oftast äldre personer och de cirka 500 personer som dött i förtid till följd av buller beräknas i genomsnitt ha förlorat 8 friska levnadsår.

### **Transportpolitiska mål**

Regeringens övergripande mål för transportpolitiken är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet. Det övergripande målet är uppdelat i ett funktionsmål för tillgänglighet och ett hänsynsmål för säkerhet, miljö och hälsa. Hänsynsmålets formulering är:

*”Transportsystemets utformning, funktion och användning ska anpassas till att ingen ska dödas eller skadas allvarligt, samt bidra till att miljö kvalitetsmålen nås och till ökad hälsa. Prioritet ges till de miljöpolitiska delmål där transportsystemets utveckling är av stor betydelse för möjligheterna att nå uppsatta mål.”*

### **Miljö kvalitetsmål**

Inom trafikbullerområdet, som täcks in av miljö kvalitetsmålen, har utvecklingen hittills varit negativ eller alltför långsam. Buller från trafiken är således ett prioriterat problemområde. Miljö kvalitetsmålet för God bebyggd miljö anger:

*”Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas.”*

Regeringen har preciserat detta miljö kvalitetsmål med att det bland annat avser att människor inte ska utsättas för skadliga luftföroreningar, kemiska ämnen, ljudnivåer och radonhalter eller andra oacceptabla hälso- eller säkerhetsrisker.

### Riktvärden och förordning om trafikbuller

Det finns riktvärden för bullerimmissioner, dvs. riktvärden för hur mycket det får bullra i olika miljöer.

Som långsiktigt mål samt vid nybyggnation eller väsentlig ombyggnad av trafikinfrastruktur anges i prop 1996/97:53 riktvärden för bostadsbebyggelse.

Följande riktvärden för trafikbuller bör normalt inte överskridas:

- › 30 dBA ekvivalentnivå inomhus.
- › 45 dBA maximalnivå inomhus nattetid.
- › 55 dBA ekvivalentnivå utomhus (vid fasad).<sup>2</sup>
- › 70 dBA maximalnivå vid uteplats i anslutning till bostad.

Vid åtgärder på järnvägar eller andra spåranläggningar avser riktvärdet för buller utomhus 55 dBA ekvivalentnivå vid uteplats och 60 dBA ekvivalentnivå i bostadsområdet i övrigt. Inomhusvärdena bedöms utgöra en god ljudmiljö medan utomhusvärdena utgör en acceptabel ljudmiljö. För samtliga riktvärden gäller att när åtgärder vidtas, ska hänsyn tas till vad som är tekniskt möjligt och samhällsekonomiskt rimligt. I de fall utomhusnivån inte kan reduceras till nivåer enligt ovan bör inriktningen vara att inomhusvärdena inte överskrids.

Vid nybyggnation av bostäder gäller delvis andra riktvärden. Regeringen har beslutat om förordning (2015:216) om trafikbuller vid bostadsbyggnader (trafikbullerförordningen)<sup>3</sup>. Förordningen innehåller riktvärden som ska tillämpas vid bedömningar enligt både plan- och bygglagen och miljöbalken. Avsikten har varit att skapa ett enklare, tydligare och mer förutsägbart regelverk vid planering för och byggande av bostäder. Genom de bestämmelser som infördes i 2 kap. 6a § plan- och bygglagen den 2 januari 2015 är trafikbullerförordningen tillämplig vid planläggning och vid prövning av lov och förhandsbesked utanför detaljplanelagt område. Enligt 26 kap. 9a § miljöbalken får en tillsynsmyndighet inte besluta om förelägganden eller förbud om det i planbeskrivningen till detaljplan eller i bygglovet har angetts beräknade bullervärden och omgivningsbullret inte överskrider dessa värden.

Not. 2. Trafikverket.

Not. 3. [http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2015216-om-trafikbuller-vid\\_sfs-2015-216](http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2015216-om-trafikbuller-vid_sfs-2015-216)

Förordningen möjliggör bostäder i bullerexponerade miljöer under förutsättning att bostäder bulleranpassas.

Trafikbullerförordningen har ändrats genom ett regeringsbeslut våren 2017. Ändringarna gäller vissa riktvärden på byggnadens mest exponerade sida och gäller sedan 1 juli 2017.

### **Statlig medfinansiering**

Trafikverket ansvarar för hanteringen av statlig medfinansiering<sup>4</sup>, vilket innebär att staten ekonomiskt kan bidra till åtgärder på regionala kollektivtrafikanläggningar samt inom miljö och trafiksäkerhet på kommunala gator och vägar. Åtgärder som alltså kan minska buller längs gator och vägar. Statlig medfinansiering kan erhållas efter ansökan från kommunen.

Hanteringen samt vilka åtgärder och belopp som kan beviljas framgår av förordning om regionala kollektivtrafikanläggningar med mera. Enligt huvudregeln kan statlig medfinansiering beviljas med upp till 50 procent av de kostnader som bedöms ligga till grund för den aktuella åtgärden.

För mer information om statlig medfinansiering hänvisas till Trafikverket.

### **Stadsmiljöavtal**

Kommuner och landsting kan söka statligt stöd för att främja hållbara stadsmiljöer, så kallat stadsmiljöavtal, enligt förordningen 2015:579.

Syftet med satsningen är att främja hållbara stadsmiljöer genom att skapa förutsättningar för en större andel persontransporter med kollektivtrafik i städerna. Åtgärderna ska leda till energieffektiva lösningar med låga utsläpp av växthusgaser och bidra till att uppfylla miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö. Stödet ska särskilt främja innovativa, kapacitetsstarka och resurseffektiva lösningar för kollektivtrafik och uppgå till högst 50 procent av kostnaderna för genomförda åtgärder.

En förutsättning för att få stöd är också att motprestationer som bidrar till hållbara transporter eller ökat bostadsbyggande genomförs. Den sökandes motprestationer bör till omfattningen svara mot de åtgärder som stöd söks för. Åtgärder och motprestationer bör ta ett samlat helhetsgrepp för att främja en hållbar stadsmiljö.

Trafikverket administrerar ansökningarna om stadsmiljöavtal.

Not. 4. Handbok för statsbidrag till vissa kollektivtrafikanläggningar med mera: [https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11259/RelatedFiles/2004\\_4\\_handbok\\_for\\_statsbidrag\\_till\\_vissa\\_kollektivtrafikanlaggningar.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11259/RelatedFiles/2004_4_handbok_for_statsbidrag_till_vissa_kollektivtrafikanlaggningar.pdf)  
Förordning: [www.notisum.se/rnp/sls/lag/20090237.HTM](http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20090237.HTM)  
Mer info: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings-och-analysmetoder/Finansieringsmetoder/Medfinansiering/>

## En kedja av orsak och verkan

Trafiken är den dominerande källan till samhällsbuller samtidigt som den är ett resultat av samhällets struktur och verksamheter. Samhällets struktur bestämmer dessutom var det finns verksamheter där människor exponeras. En kedja av orsak och verkan består av följande delar:

*Samhällsstruktur – trafikflöden – bulleremissioner – bullerutbredning – bullerexponering – bullerstörningar – samhällsbelastning.*

En förändring i kedjan förändrar bullret och komponenter i kedjan är potentiella åtgärdsalternativ, se figur 1, sida 14.

### Samhällets struktur

Samhällets struktur påverkas bland annat av politisk styrning, marknadskrafter och ekonomiska resurser. Strukturen beskriver verksamheter och hur transporter sker mellan dessa. En förändring av verksamheter förändrar trafikflödena. En förändring av infrastrukturen påverkar resmönstret och godsflöden och förutsättningarna för verksamheterna. Exempelvis medför snabbare förbindelser förändringar i bosättning och att arbetspendlingen ökar. Höjda skatter på bränsle kan innebära att bilresandet minskar och att en del av resandet flyttas över till kollektivtrafik.

### Trafikflöden och bulleremissioner

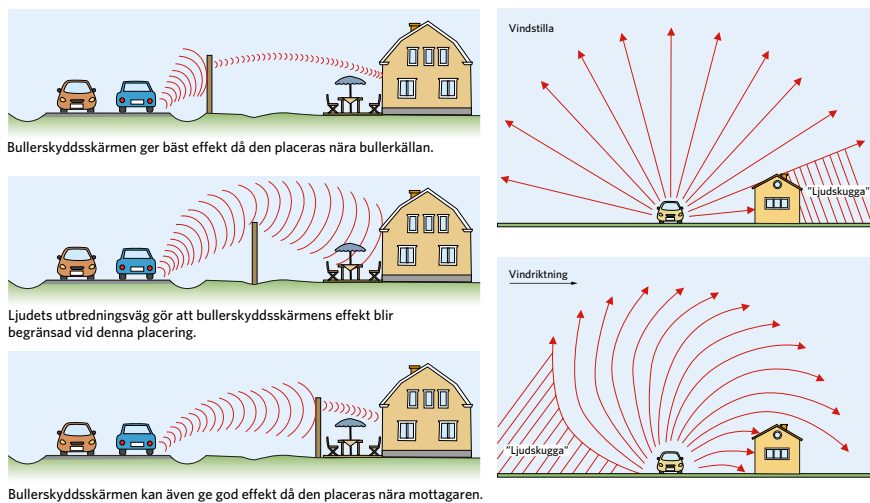
Emissionen av trafikbuller beror bland annat på antalet fordon som trafikerar sträckan, men också på hur fordonen körs. Trafikflöden och körförlopp påverkas direkt av trafikstyrning, till exempel hastighetsbegränsningar.

Förutom trafikflöden och körförlopp beror bulleremissionerna på de enskilda fordonens bulleregenskaper i kombination med körytorernas utformning och tillstånd. Det finns stora skillnader i egenskaper mellan olika personbilar, bussar, däck, vägytor, spårfordon och räls som kan innebära betydande påverkan på bullret.

## Bullrets utbredning och exponering för buller

Bullrets utbredning och exponeringen bestäms av samhällets struktur och av var människor vistas. Antalet exponerade människor ökar om det tillkommer bostäder i miljöer med mycket trafikbuller, liksom när högtrafikeradeleder dras nära bostäder och andra verksamheter. Naturliga hinder i terrängen, bullerskärmar och byggnader avskärmar, dämpar och reflekterar bullret i olika grad och påverkar dess utbredning. Byggnaders placering, form och ytor är således viktiga.

Byggnaders tak- och väggkonstruktion påverkar ljudets dämpning. Vädret, till exempel vindriktning, påverkar utbredning/spridning och därmed exponeringen.

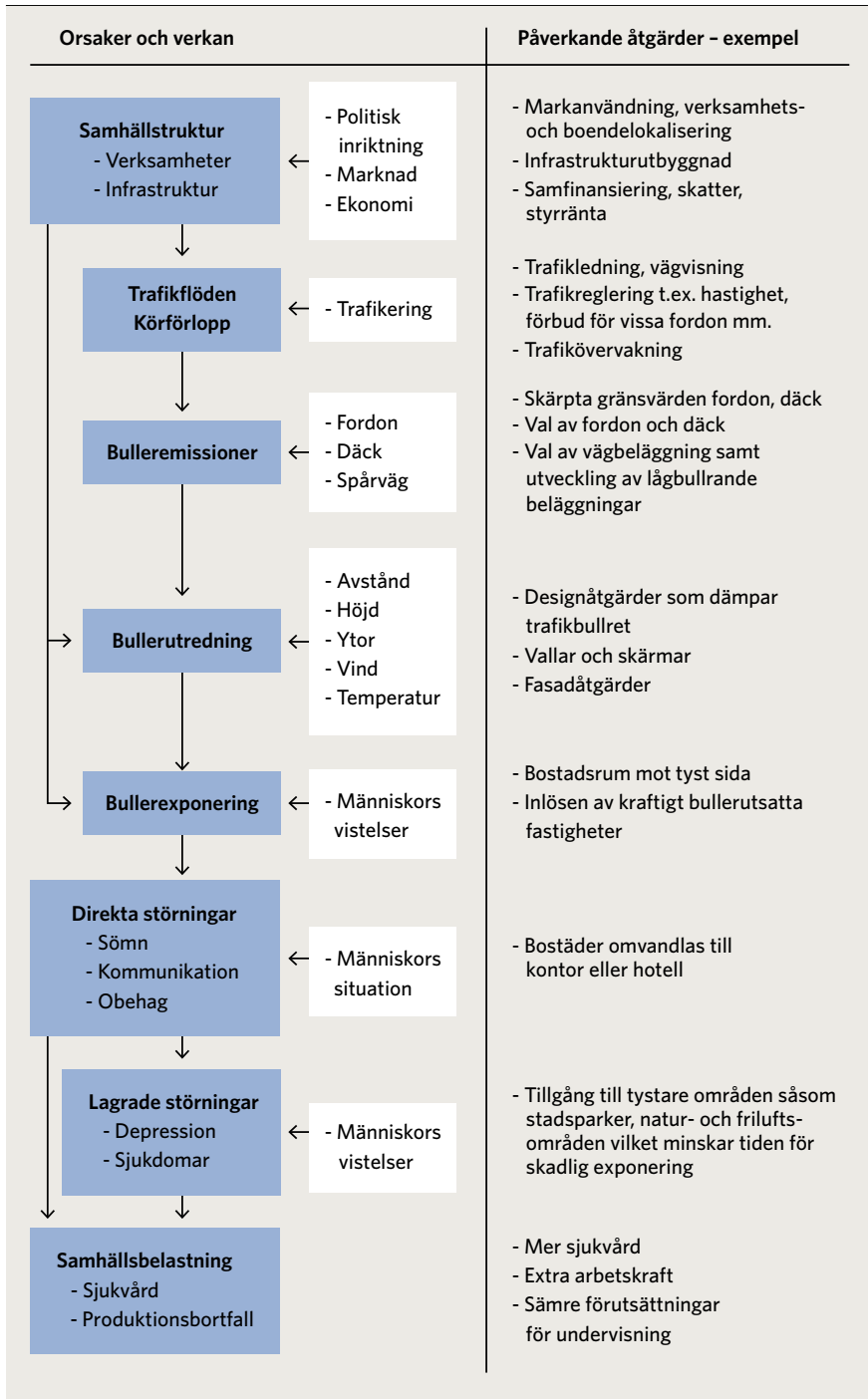


Ljudets utbredning vid bullerskärm och ljudets avböjning, vindstill och vindriktning.

## Direkta störningar och störningar vid långvarig exponering

Graden av störning från trafikbuller beror även på miljön i övrigt och på vilken situation den som är utsatt befinner sig i. En arbetsplats med dess miljö av ljud innebär oftast en betydligt mindre störning än i en bostad med samma buller. Om en bostadsgård är attraktiv och inbjuder till vistelse, har också betydelse för den upplevda störningen. Buller kan direkt störa sömn och talkommunikation och vara allmänt irriterande. Långvarig exponering och stress, ökar risker för fysiska och psykiska besvär och sjukdomar. Undersökningar visar att frekvensen hjärtinfarkt och stroke ökar (se avsnittet om DALY ovan).

FIGUR 1. Trafikbuller - Generell bild av orsaker och verkan samt exempel på samhällsåtgärder





**Läs mer:**

- DHS-projektet ”Stadens ljud”. Delstudie C handlar om akustisk design och hållbar stadsutveckling. [www.boverket.se](http://www.boverket.se)
- SLU har en webbplats som handlar om ljuddesign och planering. [www.ljudplanering.se](http://www.ljudplanering.se)
- ”Rätt tätt”. [www.boverket.se](http://www.boverket.se)
- EU-projektet HOSANNA handlade om hur man med gröna åtgärder kan skapa god ljudkvalitet. Sammanfattande slutrapport och övrigt material. [www.greener-cities.eu](http://www.greener-cities.eu)
- Film om goda ljudmiljöer. [www.boverket.se](http://www.boverket.se)
- Trafikverkets Miljörapport 2016, Publikationsnummer 2017:090, ISBN 978-91-7725-083-3, Metod för DALY-beräkningar i transportsektorn, WSP 2016. [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)
- Handbok för statsbidrag till vissa kollektivtrafikanläggningar med mera Trafikverket. Publikationsnummer 2016:169, ISBN 978-91-7725-040-1. [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)



# Planering och åtgärdsprogram

## Målbild

Större kommuner har mål, strategier och planer som anger att trafikbullret på lång sikt bör minska för alla boendemiljöer, både inom- och utomhus. Även trafikbuller i arbets- och fritidsmiljöer behöver ingå i arbetet. Åtgärderna bör vara kostnadseffektiva och begränsa bullret på både kort och lång sikt.

Det finns inga enkla lösningar. Ingen enskild typ av åtgärd leder ensamt mot målen och till acceptabel kostnad. Oftast kan inte heller en enskild aktör på egen hand lösa problemen. En viktig del av strategin är därför att få till stånd ett samarbete mellan olika aktörer vid planering av åtgärder och verksamheter.

En väl fungerande strategi kan vara att kombinera riktade bullerskyddsåtgärder för de mest utsatta, med verkan inom den närmaste tiden, med designåtgärder och åtgärder vid källan som ger effekter på längre sikt, där sådana passar och gör nytta. Dessutom är det viktigt att även arbeta med andra miljöer än boendemiljöer, samt stödja planering och utformning som förändrar samhällets strukturer, trafikflöden och körmönster.

För att en miljö ska kunna anses ha god ljudkvalitet räcker det inte med frihet från störande ljud (buller). Det måste även finnas och höras ljud som är önskvärda, som passar in i miljön och tillför värden, ljud som kan vara både naturliga och kulturbetingade.

## Metod för att bedöma ljudkvalitet

Ett områdes ljudkvalitet beror på den påverkan ljudet har. För människor handlar det ytterst om hälsa och välbefinnande. Det kan vara medveten exponering, såsom ljudupplevelser av behagliga ljud, eller störning av buller. Det kan också handla om omedveten påverkan, till exempel ökad eller minskad prestationsförmåga eller ökad eller minskad stress, blodtryck, risk för sjukdom, som man inte i allmänhet förknippar med ljudet.

Ett principiellt sätt att bedöma ljudkvalitet för ett område kan utifrån ovan beskrivna resonemang vara:

- › Identifiera förekomst och hörbarhet av olika ljud av betydelse i den betraktade miljön för påverkan på den totala ljudbilden (ljudlandskapet).
- › Bestäm vilka ljud som upplevs positiva.
- › Bestäm vilka ljud som upplevs negativa.
- › Bedöm den totala ljudkvaliteten genom att väga samman påverkan av positiva och negativa ljud. Klassificera kvaliteten i någon "godhetsskala", där åtminstone graden "god kvalitet" finns.

I brist på viktig kunskap om önskvärda ljuds påverkan kan en tröskel för god ljudkvalitet vara att en viss grad av bullerfrihet måste föreligga. Det innebär att endast den tredje av punkterna ovan behandlas och underförstått att tillräcklig positiv påverkan av önskvärda ljud gör att den totala ljudkvaliteten blir god. Observera att desto större bullerfriheten är, desto mer kan önskvärda ljud höras. Detta förhållande gör att bullerfriheten är den viktigaste förutsättningen för god ljudkvalitet.

Exempel på planeringsåtgärder för god ljudkvalitet:

- › Formulera en vision och en framtida målbild om önskad ljudkvalitet och frihet från buller för olika områden i kommunen, t.ex. i översiktsplanen.
- › Upprätta bullerkartor för områdena som visar nuvarande och framtida förhållanden om ljudkvalitet och buller inte åtgärdas.
- › Identifiera möjliga åtgärder i stort och smått som påverkar ljudkvaliteten och bullret och bedöm åtgärdernas potential att förbättra situationen.
- › Upprätta en åtgärdsstrategi som kombinerar kompletterande åtgärder på kort och lång sikt.
- › Upprätta ett sammanhållet åtgärdsprogram i samarbete med externa aktörer, strukturerat efter ansvar och rådighet i kommunen och externt, bland annat med Trafikverket.

Ansvariga för respektive åtgärder upprättar planer, genomför och följer upp planerna, samt hur åtgärderna påverkar bullret och ljudkvaliteten.

## Kartläggning som grund för kommunens planering

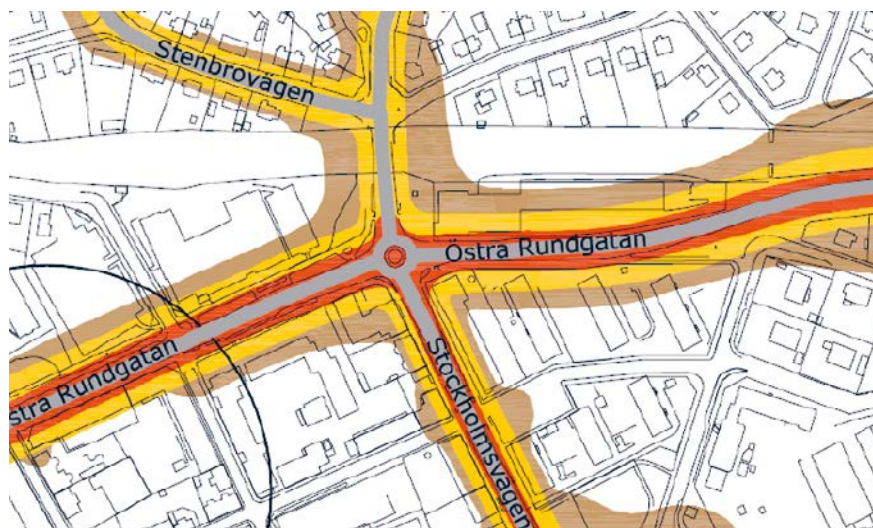
Innan man tar fram ett åtgärdsprogram behöver man genom en kommunal bullerkartläggning ta reda på ljudsituationen på olika platser i kommunen. I kartläggningen bör åtminstone buller från väg- och spårtrafik ingå och, om så är relevant, även flygbuller. Buller från industrier och liknande verksamheter, motorsportbanor, skjutfält, vindkraftverk med mera kan också inkluderas i kartläggningen, antingen genom beräkningar eller genom att man utgår från verksamheternas eventuella villkor för buller.

En faktor som kan vara av stor betydelse är kombinerat buller. Människor som exponeras för flera bullerkällor störs ofta mer än de som utsätts för buller från en källa trots samma totala ljudnivå. Kombinerat trafikbuller medför totalt sett en hög belastning och därmed kan en högre störning befaras. Detta gäller även vid exponering för trafikbuller från vägar på olika avstånd, eftersom ljudets karaktär varierar.

I kommunens arbete bör man också komma överens om kartläggningens syfte och användningsområden. Detaljeringsgrad och omfattning styrs av om kartläggningen ska kunna användas för information till berörda, uppföljning av tillståndet i kommunen, beskrivning av tysta områden, detaljplanering eller enbart för åtgärder i befintliga miljöer. För det sistnämnda syftet är det lämpligt att även kunna utläsa ljudnivåer invid bostadsfasader. Det är viktigt att prioritera det som är mest väsentligt för den egna kommunen och utveckla kartläggningen successivt utifrån syftet.

Det är oftast konsulter som utför själva beräkningarna, men det finns även kommuner som valt att själva göra kartläggningen. Det kan underlätta vid uppdateringar och man får ett mer levande verktyg. Det krävs dock investeringar i programvara och att någon eller några i kommunen har kunskap inom akustik och beräkningsmodeller.

Som nämns ovan kan en kartläggning ha många användningsområden. Utöver underlag för åtgärder så kan den användas för kommunens strategiska planering, även för trafik- och detaljplanering, samt vara en del i miljömålsarbetet eller att beskriva så kallade tysta områden.



Exempel på redovisning i förenklad bullerkartläggning.

Kommuner med mer än 100 000 invånare omfattas av EU:s omgivningsbullerdirektiv (2002/49/EG) och ska vart femte år göra kommuntäckande bullerkartläggningar samt ta fram åtgärdsprogram. Detta finns även angivet i en svensk förordning om omgivningsbuller (2004:675).

### **Indata**

Kartläggningar som redovisas som bullerkartor med färgfält ser ofta detaljerade ut, vilket kan ge en falsk känsla av exakthet. Visserligen stämmer beräkningsmodellerna väl överens med verkligheten, men tyvärr finns det ofta brister i indata som inte syns i resultaten. Man kan behöva göra antaganden om exempelvis trafikfördelning över dygnet om trafikflöden saknas, inte är uppdaterade och det kan även finnas andra brister i kartunderlaget. Visserligen kan man trots förenklingar ändå dra slutsatser om hur många i kommunen som exponeras för buller vid olika nivåer, men om kartläggningen ska kunna användas för flera syften måste bra indata säkerställas.

Indata bör därför ses över inför en kartläggning, vilket kan vara ett ganska omfattande arbete. Vill man ha en hög noggrannhet i resultatet krävs uppdaterade kartor med bland annat markhöjder, hushöjder och befintliga bullerskydd. Nya, eller kompletterande, trafikräkningar kan behöva göras för att få aktuell information om trafikflöden, om möjligt indelade i perioderna dag, kväll och natt. Vill man redovisa ekvivalentnivån eller den femte högsta maxnivån nattetid krävs kompletterande information om trafikflöden och andel tung trafik nattetid. Boendedata behöver hämtas in, antingen kopplat till fastigheten eller i ett rutnät. Information om trafikflöden och fördelning av trafik från Trafikverkets väg- och spårtrafik kan erhållas från Trafikverket.

Det finns flera olika dokument som beskriver hur man kan jobba med bullerkartläggningar. Beroende på användningsområde kan kartläggningen anpassas med avseende på noggrannhet och indata. Om en konsult ska göra beräkningarna är det viktigt att man i upphandlingsavtalet skriver in en klausul om att konsulten ska leverera hela terrängmodellen så att den kan användas vid uppdateringar. Alternativet är att konsulten åtar sig att hålla terrängmodellen uppdaterad.

### **Redovisning**

Som underlag för åtgärdsprogram behövs en bullerkartläggning, i första hand baserat på ekvivalent ljudnivå för dygn. Redovisning av flera typer av ekvivalent ljudnivå för olika tidsperioder medför inte särskilt mycket högre kostnader förutom att fler bullerkartor måste tas fram och redovisas (dag, kväll, natt). En kartläggning av maximalnivåer ger ytterligare mervärde, men kräver dock längre beräkningstid vilket medför en ökad kostnad. Därför är rekommenda-

tionen att i första hand koncentrera arbetet till ekvivalentnivåer, gärna uppdelat på angivna tidsperioder enligt ovan.

Beräkningarna bör redovisas digitalt, lämpligtvis i shape-format. Shape-format ger möjlighet till olika typer av redovisning och analyser i GIS-program. Man kan välja mellan att få resultatet levererat i punkter (grid) eller som isolinjer med lämpligt intervall, men det är viktigt att inte välja alltför glest intervall mellan beräkningspunkterna. I en stadsmiljö bör åtminstone ett avstånd om 5 meter mellan punkterna väljas, helst tätare. Det är även möjligt att göra fördjupade redovisningar utmed berörda fasader.

För redovisning är i de flesta sammanhang isolinjer med 5-dB intervall fullt tillräckligt. Resultaten kan också levereras som kartor i pdf-format, vilka kan tryckas upp eller läggas ut på kommunens webbplats.

## **Kommunala åtgärdsprogram**

För att kunna arbeta systematiskt med åtgärder mot buller inom en kommun behövs ett åtgärdsprogram. Åtgärdsprogram kan tas fram på olika sätt och se olika ut. Mindre kommuner har stor frihet vid utformningen.

Förordningen om omgivningsbuller utgör en miljökvalitetsnorm som anger att man ska eftersträva att omgivningsbuller inte medför skadliga effekter på människors hälsa. Det finns dock inga fastställda värden i miljökvalitetsnormen utan den anger enbart att buller ska kartläggas och att åtgärdsprogram ska tas fram. Även kommuner som inte måste ta fram åtgärdsprogram enligt förordningen kan använda den som exempel på vad som bör ingå.

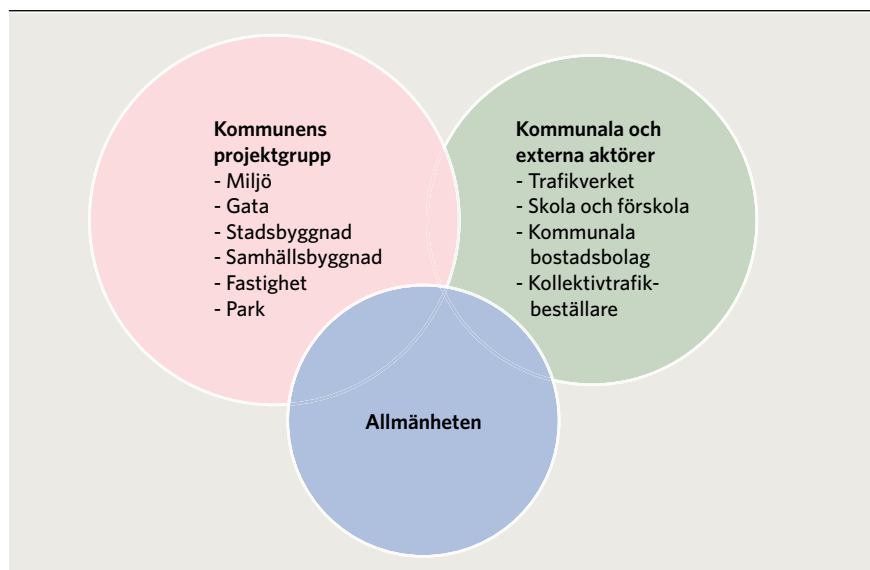
### **Organisation**

Vid framtagande av ett åtgärdsprogram involveras flera delar av den kommunala organisationen, men även externa aktörer och allmänheten behöver bjudas in. Samverkan inom kommunen är en förutsättning för ett framgångsrikt arbete både med att ta fram och genomföra planen.

Kommuner är organiserade på olika sätt och de förvaltningar som är berörda bör inkluderas i arbetet; samhällsbyggnad, miljö, trafik, park och fastighet. Första steget i processen bör vara att organisera en arbetsgrupp med representanter från samtliga berörda delar av kommunen och en styr- eller referensgrupp som övervakar arbetet. Delar av arbetet med åtgärdsplanen kan även utföras av upphandlade konsulter.

Även vissa externa aktörer kan behöva inkluderas i arbetet, till exempel kollektivtrafikbeställare och Trafikverket.

FIGUR 2. Aktörer som är direkt eller indirekt inblandade i framtagande av åtgärdsprogram



## Planera åtgärder

Åtgärderna som ska beskrivas kan tidsmässigt delas upp i tre grupper: åtgärder som redan vidtagits, åtgärder som planeras inom de närmaste åren och åtgärder som planeras längre fram i tiden. De åtgärder som planeras inom de närmaste åren bör beskrivas mest detaljerat, men man ska inte glömma bort att redovisa vad som redan utförts och att blicka framåt i tiden. På detta sätt blir åtgärdsprogrammen mer levande och man får en god bild av kommunens arbete med bullerskydd genom att läsa gällande åtgärdsprogram.

I Naturvårdsverkets sammanställning av åtgärdsprogram framtagna inom ramen för förordningen om omgivningsbuller, har man delat upp åtgärderna i tre kategorier<sup>5</sup>.

### › Övergripande åtgärder

I denna grupp ingår planerade utredningar (till exempel kartläggning av tysta områden), informationskampanjer, policies vid fysisk planering och ljudkrav vid kommunala upphandlingar av till exempel fordon eller entreprenader. Effekten av dessa åtgärder kan vara svår att bedöma men är nog så viktig för det långsiktiga arbetet med att minska buller.

Not. 5. <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6500/978-91-620-6534-8/>



### › Konkrete åtgärder

I denna grupp ingår bidrag till fastighetsägare för fönster- och fasadåtgärder samt till bullerskärmar, vallar, fönster- och fasadåtgärder som kommunen utför (till exempel på kommunala fastigheter som skolor och äldreboenden), strategi för vägbeläggningar, hastighetsregleringar, inköp av tystare bussar, kommunens egna fordon och spårfordon med mera.

### › Tillsyn

Den tredje gruppen är åtgärder som utförs inom ramen för kommunens tillsyn enligt miljöbalken. Tillsynsinsatser kan vara åläggande om att åtgärder måste vidtas på fläktar och andra installationer, av bullrande industrier och av fastighetsägare som av olika skäl tackat nej till erbjudande om bidrag för bullerdämpande åtgärder. Tillsyn är även relevant vid väg- och spåranläggningar. Tillsynsarbetet är svårt att förutse men bör redovisas vid uppföljning av åtgärder.<sup>6</sup>

Vilka åtgärder man vill koncentrera sig på och ambitionsnivån på dessa bestämmer kommunen, men åtgärderna bör förstås vara så kostnadseffektiva som möjligt. Den kommuntäckande bullerkartläggningen kan användas som underlag för kvantitativa analyser av var åtgärder är mest kostnadseffektiva och vilken typ av åtgärd som är lämplig i olika områden. De programvaror som används för bullerkartläggningar möjliggör också så kallade hot-spotanalyser, där man till exempel utreder hur många människor per kvadratmeter som bor inom ett visst ljudintervall. En sådan hot-spotanalys visas nedan. Kartan är hämtad från Malmö stads åtgärdsprogram för 2014–2018.



Hot-spotanalys ur Malmö stads åtgärdsprogram för 2014–2018.

Not. 6. Se vägledning från Naturvårdsverket. Tillsyn väg- och spårtrafik". <http://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/tillsyn/vag-trafik/tillsyn-trafik-2015-03-05.pdf>

TABELL 1. Handlingsplan för åtgärder i befintliga miljöer. Exempel från Göteborg stads åtgärdsprogram mot buller

Åtgärds-område	Åtgärder	Måltår	Ansvarig nämnd Utförare/ sammankallande	Övriga medverkande Nämnder/myndigheter/externa	Resursbehov Personal/ investeringar	Inriktningsmål
<b>Ljudmiljön i parker och grönområden</b>	Skapa en arbetsgrupp för att särskilt arbeta med ljud och buller i parker och grönområden. Initiera omvärldsbevakning och undersöka goda exempel på lämpliga bullerskyddsåtgärder i parkmiljöer. Ta fram handlingsplan som inkluderar prioriteringsordning, kostnadsbedömningar och tidsplan för åtgärder. Åtgärda de prioriterade parkerna så att åtminstone miljö-målet nås.	2020	Park och naturnämnden	Trafiknämnden Trafikverket Miljö- och klimatinämnden	Behov av personalresurser för att leda och delta i projektgrupp samt eventuellt extern konsultresurs. Investeringkostnad för att genomföra bullerskyddsåtgärder beräknad uppgå till miljonbelopp, beror på vilka åtgärder som krävs.	Samtliga stadspark har senast år 2020 nivåer som ligger under 50 dBA ekvivalentinivå på större delen av parkytan.
<b>Utemiljöer vid förskolor</b>	Ta fram prioriteringsordning och tidsplan för identifierade förskolor. Genomföra åtgärder vid de förskolegårdar som är prioriterade för bullerskyddsåtgärd så att miljövalietsmålet kan nås. Komplettera genomförd utredning med hjälp av den nya kartläggningen.	2020	Trafiknämnden	Lokalnämnden Miljö- och klimatinämnden Stadsdelsnämnder Förskoleverksamheter Trafikverket	Behov av personalresurser för att leda och delta i åtgärdsarbetet. Investeringkostnad beräknas till 10 miljoner kronor för att åtgärda 17 förskolor.	Mins 95 procent av staden förskolor och grundskolor har senast år 2020 tillgång till lektyta med högst 55 dBA ekvivalentinivå.
<b>Bullerskyddsåtgärder i bostadsområden</b>	Ta fram en handlingsplan som inkluderar prioriteringar, möjliga åtgärder och om möjligt kostnader. Informationsåtgärder om bullerskyddsbidraget till de fastighetsägare där bullerskyddsåtgärder är prioriterade. Informera fastighetsägare om möjligheten att förena bullerskyddsåtgärder med skötsel- och renoveringsplaner.	2020	Trafiknämnden	Trafikverket Miljö- och klimatinämnden	Att ta fram handlingsplan samt informationsinsatser innebär behov av personalresurser. Investeringar krävs för att kunna genomföra bullerskyddsåtgärder i snabbare takt, beräknas till 250 miljoner kronor.	Inväntarna ska ha tillgång till en god ljudmiljö ute och inne.

Åtgärder som gäller parker, torg, förskolor, skolor och andra områden som inte är bostadsmiljöer kan också prioriteras och utvärderas kvantitativt genom analyser av vilka som är mest bullerexponerade, eventuellt i kombination med data om antal berörda barn eller besökare på platsen.

För att åtgärdsprogrammets aktiviteter ska kunna genomföras är det av största vikt att de är tydligt beskrivna, att det framgår vilken kommunal nämnd som är ansvarig och att kostnaderna för åtgärderna är specificerade. Ett exempel på hur detta kan redovisas finns i tabellen på föregående sida. Tabellen är ett utdrag från Göteborgs stads åtgärdsprogram mot buller 2014–2018.

Riksdagen har beslutat om åtgärdsprogram för statlig infrastruktur och befintlig bebyggelse. Följande åtgärdsnivåer har beslutats av Trafikverket och gäller för Trafikverkets väg- och spårtrafik:

TABELL 2. Trafikverkets åtgärdsnivåer för buller från väg- och spårtrafik

Lokaltyp eller områdestyp	Ekvivalent ljudnivå, $L_{eq24h}$ , utomhus på uteplats/skolgård	Ekvivalent ljudnivå, $L_{eq24h}$ , inomhus <sup>1</sup>	Maximal ljudnivå, $L_{max}$ , inomhus
Bostäder	65 dBA <sup>2</sup>	40 dBA	55 dBA <sup>3</sup>
Skolor (för- och grundskola)	65 dBA <sup>4</sup>	40 dBA	55 dBA <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Avser bostadsrum i permanentbostäder och fritidsbostäder samt i utrymmen för undervisning.

<sup>2</sup> Avser om bullernivån överskrids på bostadens alla befintliga uteplatser. Minst en uteplats ska då åtgärdas eller en bullerskyddad uteplats skapas.

<sup>3</sup> Avser bullernivåer nattetid (22–06) och får överskridas högst fem gånger per trafikårsmedelnatt.

<sup>4</sup> Ekvivalentnivån för dagtid (06–18) på vardagar bör användas som prioriteringsgrund om den är högre än ekvivalent dygnsmedelvärde.

<sup>5</sup> Avser bullernivåer dagtid (06–18) och får överskridas högst 60 gånger per dag i snitt dagtid (06–18) i utrymmen för undervisning och för sömn och vila längst järnväg. För vägbuller gäller endast åtgärdsnivån i utrymmen för sömn och vila i förskolor.

## Definiera kriterier

Varje kommun behöver definiera sina egna kriterier och välja en lämplig åtgärdsnivå. Detta kan ses som en del i egenkontrollen vad gäller kommunens egna vägar och spår (26 kap 19 § miljöbalken). Många kommuner har en lägre ekvivalent ljudnivå utomhus än 65 dBA som gräns för när åtgärder bör övervägas. Oftast handlar det då om fasadåtgärder för att säkerställa en god ljudmiljö inomhus. Vissa kommuner genomför också åtgärder vid uteplatser med höga och ofta återkommande maximalnivåer.

Utöver åtgärdsnivåerna behöver vissa ställningstaganden göras vid utformning av ett åtgärdsprogram. Exempel på ställningstaganden:

- › Byggnadens ålder. Nya byggnader antas ha en fullgod fasadisolering. Som grundregel bör därför inte åtgärder erbjudas till nyare bostäder.
- › Ofta behövs ljudmätningar för att avgöra om fastigheten är berättigad till bidrag. Om byggnaden redan har en god fasadisolering och skillnaden

i ljudnivå ute/inne (dvs. fasadisoleringen) är över en viss nivå, bör inga åtgärder erbjudas, eftersom nyttan då blir för liten i förhållande till kostnaden.

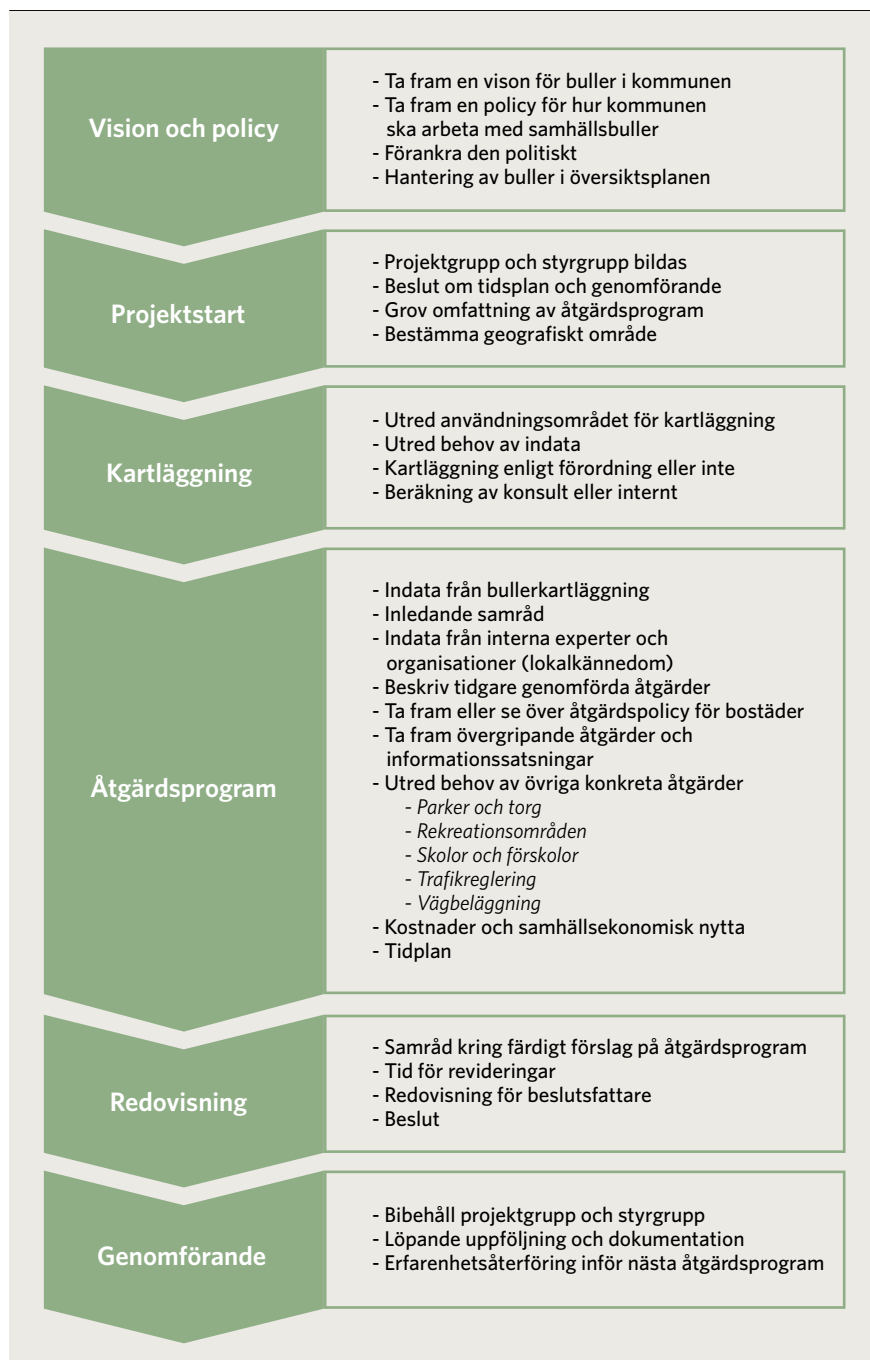
- › Grundprincipen bör dock vara att arbeta systematiskt och att berörda fastigheter får erbjudande om åtgärder vid ett tillfälle. I vissa fall kan byggande av skärm kombineras med fönsteråtgärder i bostädernas övre våningsplan.
- › Åtgärder bör endast erbjudas för en uteplats. Finns det en skyddad uteplats bör inga åtgärder för ytterligare uteplatser erbjudas.
- › Trafikdata bör utgå ifrån årsmedeldygn och, om det bedöms relevant, räknas upp med cirka två procent årligen till det aktuella året.
- › Vid bedömning av inomhusnivån bör man utgå ifrån fasadisoleringsvärden enligt de nordiska beräkningsmodellerna. För vägtrafik innebär det att fasadisoleringen varierar beroende på hastighet, ju högre hastigheter desto bättre isolerar fasaden. För vägtrafik används en fasaddämpning mellan 25 dBA och 30 dBA, för tågtrafik gäller normalt 30 dBA. Detta tillvägagångssätt innebär att fastighetsägaren får ansvara för eventuellt dåligt underhåll. Se även om byggnadens ålder ovan.
- › Sovrum och vardagsrum i fasad mot väg/spår och på gavlar mot väg/spår bör åtgärdas. Även kök/matrum om de är i öppen planlösning med vardagsrum. Som policy för gavelsidor kan 5–15 meter in på gavel användas som riktlinje, dvs. normalt en lägenhet in på gavelsidan.
- › Om kommunen väljer att ge bidrag till åtgärder istället för att själv utföra dem, krävs någon form av verifikation av att åtgärderna utförts. Kvitton med tydlig specifikation på konstruktioner och material ska lämnas in. Normalt görs även en okulär besiktning alternativt eftermätning innan bidrag utbetalas. Fastighetsägaren ska uppmontras att använda renomeerade hantverkare. Det bör inte vara möjligt för fastighetsägare som genomför åtgärder på eget initiativ att erhålla ersättning i efterhand.

## Uppföljning

När åtgärdsprogrammet är antaget av kommunen bör projektgruppen gemensamt fortsätta arbetet med att genomföra och följa upp åtgärderna. Uppföljningen bör ske löpande medan bullerkartläggningen och åtgärdsprogrammet uppdateras med jämna mellanrum, lämpligtvis med fem års intervall.

När åtgärdsprogrammet uppdateras är det troligt att en del av projektgruppen förändrats och att man vill ändra delar av upplägget. För att man ska kunna följa det långsiktiga arbetet med bullerskydd är det dock klokt att behålla delar av strukturen och inte förändra allt från grunden.

FIGUR 3. Arbetsgång för åtgärdsprogram



## Planering av ljudmiljön vid nya och befintliga bostäder

Vid planering och nybyggnad av bostäder finns krav i PBL på att man ska välja plats och utforma bebyggelsen med hänsyn till omgivningsbuller. Med en genomtänkt planering finns i de flesta fall goda möjligheter att skapa en bra ljudmiljö för de som bor och vistas i området. De bästa förutsättningarna för detta får man genom att lyfta bullerfrågan tidigt i projektet och låta akustisk kompetens arbeta nära planhandläggare, exploatör och arkitekt.

Även i befintliga bostadsområden finns möjligheter att förbättra ljudmiljön. Det vanligaste är att man bygger bullerskärmar eller förbättrar fasadisoleringen i befintliga hus. Båda dessa åtgärder har dock brister. Bullerskärmar skapar barriärer, har begränsad effekt och får sällan plats i stadsmiljön medan fasadåtgärder enbart förbättrar inomhusmiljön.

Därför bör man även utreda om det finns andra lämpliga åtgärder. Olika former av trafik- eller hastighetsreglering, val av vägbeläggning, komplettering med absorberande material i stadsrummet med mera som beskrivs i andra avsnitt av denna bok kanske var för sig enbart sänker ljudnivån med några decibel, men en kombination av åtgärder kan ge en mycket god effekt.

En god stadsplanering innebär också att ta med förutsättningarna för kollektivtrafiken i tidigt skede. Det innefattar till exempel tillräcklig gatubredd för att fordon och hållplatser inte ska ligga för nära bostadsfasader, möjlighet till lämplig lokalisering av hållplatser i förhållande till bostäder, utrymme för bussar att kunna vända, inte för snäva kurvor för spårvagnstrafik m.m.

Under senare delen av 1990-talet påbörjade Länsstyrelsen i Stockholms län och Stockholms stad ett samarbete tillsammans med akustisk expertis inom ett projekt kallat Trafikbuller och Planering. Projektets huvudsakliga syfte var att skapa en samsyn om hantering av bullerfrågor vid planering av bostäder nära vägar och spår. En viktig del i arbetet var att beskriva exempel på bebyggelseutformning i trafiknära miljöer. Den första rapporten publicerades år 2000, därefter har ytterligare fyra rapporter tagits fram, varav den sista, Trafikbuller och Planering V, utkom 2015.

De erfarenheter som erhållits genom de olika studierna och det stora antalet byggnadsprojekt som ingår, ger möjligheter att dra slutsatser om hur bostadsbebyggelse kan utformas nära vägar och järnvägar. En sammanfattande slutsats är att om höga krav ställs på byggnadens placering, utformning, lägenhetslösningar samt dess tekniska uppbyggnad och rätt dimensionering av väggar och fönster, är det möjligt att åstadkomma bra boendemiljöer även i mycket bullerutsatta områden. Rapporterna finns tillgängliga för nedladdning, eller kan rekvireras från Länsstyrelsen eller Stockholms stad. Se även kapitel 1, Riktvärden och förordning om trafikbuller.

## Förtätning som bulleråtgärd

Vid planering av nya bostäder, kontor eller andra byggnader i bullerutsatta lägen, ska inte bara bullersituationen för de planerade husen utredas utan även eventuella effekter på omkringliggande byggnader. I vissa fall kan kompletterande bebyggelse medföra en ökad ljudnivå vid befintliga byggnader på grund av ökad trafik och reflexer. Även möjliga förbättringar bör studeras.

Möjligheten att komplettera bebyggelsestrukturen på ett sätt som både tillgodoser behov av bostäder eller andra verksamheter och minskar buller, behöver utredas. Många befintliga bostadsområden är planerade helt utan hänsyn till buller utomhus och bullersituationen kan ha förändrats betydligt sedan husen byggdes.

Kompletterande bebyggelse kan fungera som bullerskärm och täppa igen luckor som släpper igenom buller. Genom att förse de nya byggnaderna med absorberande material på fasad och tak begränsas inte bara risken för reflexer som kan öka ljudnivån, utan även bullerexponeringen vid befintliga bostäder kan minska.

Ett exempel på en äldre byggnadsstruktur som inte är bulleranpassad är de lamellhusområden som det byggdes mycket av under perioden 1930–1950. Lamellhusen står ofta med kortsidan mot gatan med relativt stora mellanrum mellan byggnaderna. Trafikbuller kan reflekteras mellan husen och inga eller få lägenheter har tillgång till en bullerskyddad sida, vilket skulle krävas om de byggdes idag. Dessutom saknas ofta uteplatser med god ljudkvalitet.



Exempel på struktur. Förslag på stadsplan i Årsta. Bild: Stockholms stadsarkiv.

I områden som ska förtätas och där den befintliga strukturen inte är buller-anpassad, är det möjligt att utnyttja förtätningen för att samtidigt skapa en bättre ljudmiljö även för befintliga bostäder.



Exempel på lamellhus. Foto: Stockholms stad.



Kvarteret Örlen i Göteborg före förtätning. Husen står med gaveln mot väg och järnväg och gården är oskärmd. Foto: Ljudlandskap för bättre hälsa.



Kvarteret Örlen i Göteborg efter förtätning. Ny byggnad med genomgående lägenheter. Byggnaden minskade ljudnivån på gården med 6–10 dBA. Foto: Ljudlandskap för bättre hälsa.



## Andra planeringsåtgärder

Förtätning som en åtgärd för att minska buller kan användas vid alla typer av byggnader. Om man förtätar ett bostadsområde kan parkeringsytor försvinna, men dessa kan eventuellt ersättas med avskärmande parkeringshus i buller-exponerat läge. Ytor nära vägar och järnvägar kan vara bra skyltlägen för kontor som även kan fungera som bullerskärmar för bakomliggande bostäder eller rekreatiomsområden.

I större stadsbyggnadsprojekt finns möjlighet att se över trafiklösningar. Trafiken kanske kan ledas om och samlas på färre gator eller byggas över för att minska bullerexponeringen i området.

Andra planeringsåtgärder kan vara att lägga till grönska i befintliga miljöer genom att omvandla stenlagda och asfalterade ytor till naturlig mjuk mark med planteringar och träd för att öka absorptionen, till exempel kan gräs mellan spåren ge effekt. Grönska minskar dessutom både upplevelsen av buller och bidrar med andra positiva ekosystemtjänster och ger förutsättningar för ökad trivsel. Se vidare kapitel 5, Designåtgärder och grönska.

## Åtgärder i andra miljöer än bostäder

Det finns riktvärden för buller för bostäder, men det saknas för flera andra områden. Vi påverkas dock av buller i hela vår omgivning. Ljudmiljön på offentliga platser, på torg och i parker, på skolgårdar, längs gång- och cykelvägar med mera är nog så viktig även om den inte är lika reglerad som ljudnivån vid bostäder.

En pågående trend i bostadsbyggande är förtätning. Förtätning har många positiva effekter, både ekonomiska och miljömässiga, men kan även leda till att allt fler människor bor i bullerutsatta miljöer. Platser för rekreation och återhämtning blir färre samtidigt som platser för lek, förskolegårdar och skolgårdar blir mindre. Därför är det av stor vikt att de platser som återstår har en både ljudmässigt och visuellt god kvalitet.

Med god ljudkvalitet menas inte nödvändigtvis att en plats är tyst, utan snarare en attraktiv ljudmiljö och att platsens egen karaktär dominerar. I naturen innebär det att ljudbilden domineras av ljud från vind, vegetation, vatten, fåglar och djurliv. I staden att vi hör ljud från mänskliga aktiviteter, sorl från uteserveringar och skratt från en lekpark. Det innebär också att vi kan uppfatta platsens rymd och karaktär i ljudet, som volymen hos ett öppet torg och bredden på en gata samt att vi kan identifiera ljud från fordon och uppfatta varifrån de kommer.

Vad som är god ljudkvalitet varierar därför från plats till plats beroende på platsens funktion. En plats med liv och rörelse kan ha mer bakgrundsbuller än en plats för vila. Innan man vidtar åtgärder bör man därför analysera platsens funktion idag och vilken funktion man vill att den ska ha i framtiden.

Akustisk design är ett hjälpmedel som innebär att begränsa oönskade ljud och förstärka positiva ljud, både i planeringsprocessen och vid förtätning av befintliga miljöer. Rätt utformade designåtgärder kan ge flera fördelar utöver förbättrad ljudkvalitet. Trivseln ökar, staden blir attraktivare, möjligheter att bygga fler bostäder och positiva effekter på andra områden som ökad biologisk mångfald, hantering av dagvatten och förbättrad trafiksäkerhet. Se vidare kapitel 5, Designåtgärder och grönska.

### **Offentliga platser, torg och parker**

En stad har flera olika typer av offentliga platser med olika funktion och karaktär. Det finns mer eller mindre definierade platser och torg som i första hand består av stenlagda ytor med lite naturlig grönska. Torgen har historiskt sett varit mötesplatser men i dagens städer finns många torg där man sällan vistas längre stunder. Infrastrukturen har tagit över och möten mellan människor har bytts ut mot möten mellan fordonsslag och kollektivtrafik. Platserna är ofta kraftigt påverkade av trafikbuller och det är ovanligt med bullerdämpande åtgärder.

Även om vi bara vistas kort tid på dessa platser påverkas vi av ljudmiljön. Höga bullernivåer är en av de faktorer som gör att många av dessa platser upplevs som stressiga.

Torg som inte präglas av trafik kan behålla sin funktion som mötesplats med exempelvis torghandel och uteserveringar. Att skapa en god ljudmiljö på ett sådant torg handlar inte nödvändigtvis om att torget ska bli så tyst som möjligt. Ljud från människor, och liv och rörelse kan bidra till upplevelsen av platsen och platsens identitet. Identiteten kan dessutom öka genom att man förstärker eller tillför positiva ljud.

För att förbättra ljudmiljön på torg och andra platser kan man behöva vidta flera olika åtgärder. Många åtgärder har en ganska begränsad effekt men genom att kombinera dem kan slutresultatet bli bra. Några exempel på åtgärder beskrivs nedan:

- › Trafikbuller från stora motorleder på avstånd bör begränsas och dämpas. Det kan göras genom att täppa igen öppningar mot större genomfartsvägar.
- › Vägbeläggningar med mindre stenstorlek eller så kallade tätsläta beläggningar kan minska bullret några decibel och dränerande beläggningar kan ge ännu större effekt.

- Trafik inom eller i utkanten av platsen bör begränsas till 30 km/h. Den beräknade ljudnivån sjunker med 2 dB om man sänker hastigheten på en väg från 50 km/h till 30 km/h. Det mjukare körsättet som ofta följer med en lägre hastighet kan i realiteten ge ännu lägre ljudnivåer.
- Är trafikflödena låga kan gator omvandlas till gångfartsområden.
- Låga skärmar nära vägar och spår, med absorption och gärna grönska, håller nere hastigheten från vägtrafik och dämpar bullret från fordonen.
- För mindre torg och slutna ytor kan absorberande material på fasader mot torget dämpa ljudet vid omkringliggande områden. Ju större platsen är, desto mindre blir dock effekten.
- Karaktären på en plats kan förstärkas och upplevelsen av störande ljud minskas genom att tillsätta ljud, till exempel genom fontäner, porlande vatten eller via högtalare.
- Hållplatser kan förses med ljuddämpande kurer så att de som väntar på buss eller spårvagn kan göra det i en mindre bullrig miljö.
- Spårvagnsspår kan omges av gräsyta i stället för i asfalt.
- Den verktygslåda av bullerdämpande åtgärder som sammanfattas i tabellen nedan har även andra positiva effekter. Införandet av grönska kan som nämnts utöver att dämpa buller även vara visuellt tilltalande.

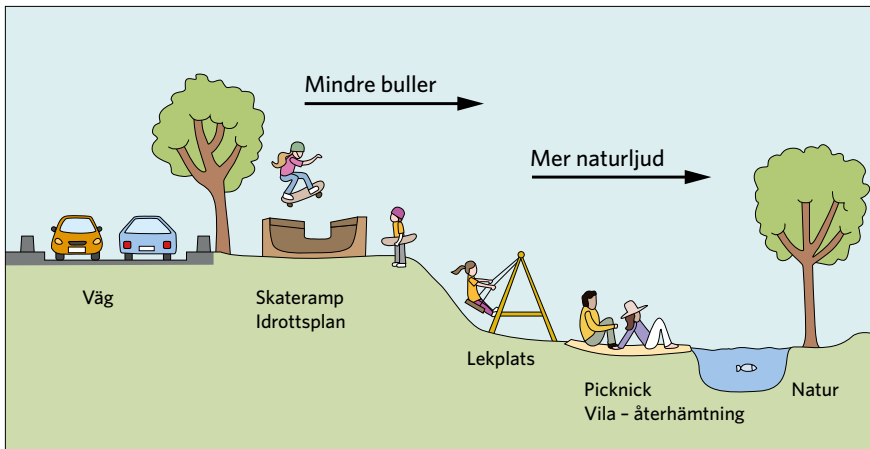
TABELL 3. Sammanställning av akustiska verktyg

Byggnader		Skärmar		Mark-beläggning	Trafik	Ljud-kvalitet
Grön fasad	Fasad med balkonger	Hög skärm - växtlighet	Låg skärm - växtlighet	Slät asfalt	Shared space	Ljud-installation
Perforerad fasad	Utåt-skjutande skärmtak	Hög skärm perforering	Lågskärm perforering	Mjuk mark-beläggning	Hastighet	Naturljud - lövbrus
Placering mot ljud-källan	Inglasning	Hög skärm dynamisk	Låg skärm - dynamisk	Rälsspår med gräs-beläggning		Naturljud - fontän
Takvinkel	Sedumtak	Gabion-möbel	Högskärm - gabioner			

Källa: Tyréns.

I parker är upplevelsen av natur en viktig faktor för trivseln. Att gå, jogga, umgås eller vila i naturområden är för många en viktig del av livskvaliteten. Möjligheten till återhämtning i kontakt med naturen kan kompensera för en i övrigt stressig och bullrig vardag. I parker bör bakgrundsnyvån vara så låg att man har möjlighet att uppleva naturens ljud. I ett samarbete mellan Stockholms universitet och Stockholms stad genomfördes en studie av upplevd ljudkvalitet i ett antal stadsnära parkområden. Studien visar att i stadsnära rekreatiomsområden och parker bör ljudmiljön för att upplevas som god vara under 50 dBA under den tid man vistas i området. I större naturområden bör ljudnivån vara ännu lägre.<sup>7,8</sup>

Även i parker påverkas upplevelsen av ljudmiljön av platsens funktion. Anordnade platser med mycket liv och rörelse är tåligare mot buller än naturområden med få besökare. Om man planerar en ny park eller ska bygga om en park bör man placera funktioner med hög aktivitet närmare bullerkällan och koncentrera naturlig mark och platser för lugn och vila till de tystare områdena.



Exempel på planering av park med bullertåliga funktioner nära vägen och lugnare områden längre bort.

Not. 7. <http://docplayer.se/7733840-Upplevd-ljudkvalitet-i-parker-och-gronomraden-i-stockholm-mats-e-nilsson-magnus-lindqvist.html>

Not. 8. "Tystare parker och friluftsområden". [http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/mhu/9/0611\\_tystare\\_parker.pdf](http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/mhu/9/0611_tystare_parker.pdf)

I tabellen nedan beskrivs tre olika typer av platser som är vanliga i en tätort, med förslag till lämplig ljudnivå och möjliga förbättringsåtgärder.

TABELL 4. Exempel på målnivå och lämpliga åtgärder för olika platser och funktioner

Funktion och vistelsetider	Önskvärd ljudnivå (L <sub>eq</sub> )	Lämpliga åtgärder
Trafiknav Hållplats/station	Lokalt < 55 dBA	- Ljuddämpande busskurer - Sänkt hastighet på angränsande gator
Vistelsetid < 30 minuter		- Avskärmning vid trafikleder
Torghandel Uteservering Umgänge	Större delen av torgytan < 55 dBA	- Sänkt hastighet på angränsande gator, alt. gångfartsområden - Låga väg/spårnära skärmar
Vistelsetid > 30 minuter		- Absorberande material på fasader - Spårväg på gräsyta istället för asfalt - Förstärka positiva ljud
Picknick Umgänge Lek Vila Promenad/jogging	Större delen av parkytan < 50 dBA	- Sänkt hastighet på angränsande gator - Skärmar längs angränsande gator - Planering av funktioner (minst känsligt närmast väg/spår)
Vistelsetid > 1 timme		- Förstärka positiva ljud

### Skol- och förskolegårdar

Barn är mer känsliga för buller än vuxna och påverkas negativt i bullriga miljöer. Skillnaden mellan barns och vuxnas utsatthet för buller beror bland annat beror på barns längre vistelsetid utomhus, lägre riskmedvetande och sämre kontroll över sin ljudmiljö. Buller i hemmet och i skolmiljön har en negativ inverkan på barns inlärning, deras kognitiva förmåga, långtidsminne och studiemotivation.<sup>9</sup> Barnens aktiviteter på skolgårdar och förskolegårdar kan i sig medföra höga ljudnivåer. Mätningar visar att medelljudnivån på en förskolegård kan ligga en bra bit över 70 dBA när många barn är ute samtidigt. Om gården exponeras för trafikbuller är det naturligt att både barn och vuxna höjer rösterna och därmed ökar den totala ljudnivån. Buller på skol- och förskolegårdar är också en arbetsmiljöfråga för skolans personal och elever.

Not. 9. "Åtgärdsanalys för bullerutsatta skolor längs statliga vägar" [https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/12320/RelatedFiles/2012\\_246\\_atgardsanalys\\_for\\_bullerutsatta\\_skolor\\_statliga\\_vagar.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/12320/RelatedFiles/2012_246_atgardsanalys_for_bullerutsatta_skolor_statliga_vagar.pdf)

Utemiljöerna vid förskolor och skolor har flera funktioner. Det ska finnas plats och förutsättningar för både aktiv lek, lugn lek, vila och återhämtning samt pedagogisk verksamhet. Gården bör planeras så att det mesta av den pedagogiska verksamheten kan bedrivas på dess lugnare och tystare delar och där bör också finnas möjlighet till stillsam lek och vila. På förskolor där barn sover i vagn utomhus är det givetvis viktigt att vagnplatserna så långt som möjligt är skyddade mot buller.

Boverket har tagit fram ett allmänt råd och vägledning för planering, utformning och förvaltning av skolors och förskolors utemiljöer. I det allmänna rådet anges ingen ljudnivå utan enbart att friytan bör kännetecknas av god ljudkvalitet. I vägledningen finns dock riktlinjer för buller formulerade enligt följande:

*”På skolgårdar eller förskolegårdar är det önskvärt med högst 50 dBA ekvivalentnivå dagvärde på de delar av gården som är avsedda för lek, rekreation och pedagogisk verksamhet. En målsättning kan vara att resten av vistelseytorna ska ha högst 55 dBA.”*

Vägledningen kan även användas för andra utemiljöer i närheten av förskolor och skolor om dessa ska användas regelbundet av skolverksamheten<sup>10</sup>.

Vid åtgärder på befintliga skol- och förskolegårdar är 55 dBA ekvivalent ljudnivå ett lämpligt mål för de delar där barn och personal vistas mest. En lägre nivå, under 50 dBA, bör som Boverket anger, eftersträvas på avgränsade delar av skol- eller förskolegården.

För att åtgärda buller på skol- och förskolegårdar bör man i första hand minska ljudalstringen från trafiken. Därefter kan man utreda möjligheten att skärma av hela eller begränsade delar av gården.

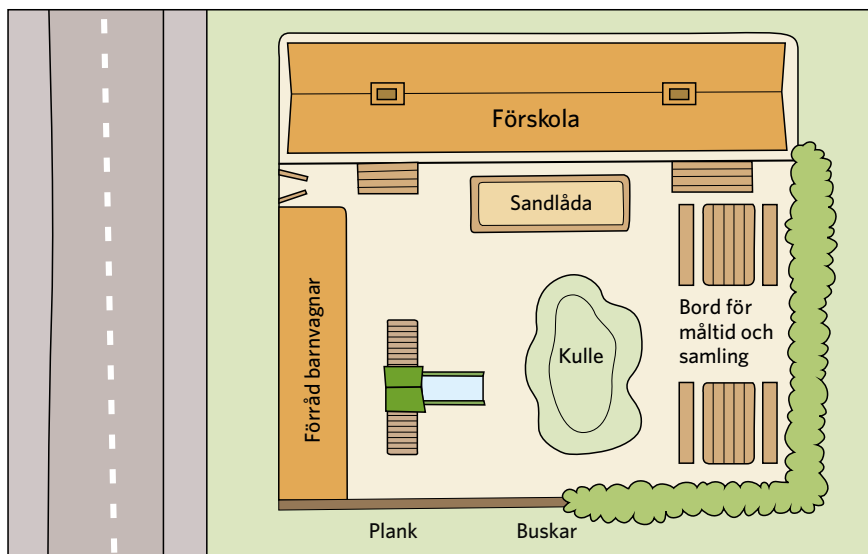
Åtgärder som minskar ljudalstringen kan vara att:

- › Leda bort trafik på andra gator.
- › Sänka hastigheten.
- › Sätta upp låga, absorberande skärmar nära vägen.

En stor källa till trafikbuller vid skolor och förskolor är föräldrarnas bilar då de hämtar och lämnar barn. Det kan därför vara bra att se över trafikflödena kring skolan eller förskolan för att ta reda på om det går att minska trafiken. Man bör också se till att det finns god kollektivtrafik till skolan eller förskolan och uppmuntra föräldrar att välja bort bilen.

Längs gårdens gräns kan man bygga bullerskärmar. Förråd eller uppställningsplatser för barnvagnar kan användas som bullerskärmar. Skärmar bör göras absorberande för att även minska ljudnivån inom gården.

Not. 10. <http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2015/gor-plats-for-barn-och-unga1/>



Exempel på planering av förskolegård.

Ur akustisk synvinkel är det bra att ha så mycket mjuka material som möjligt på gården för att öka ljudabsorptionen. Naturliga material som gräs, buskar och planteringar dämpar ljudet. Det blir dock mycket slitage på naturliga ytor, speciellt på små förskolegårdar och skolgårdar, så avvägningar om vad som är mest praktiskt i längden kan behövas.

### Rekreatiomsområden

I större grönområden avsedda för rekreation och friluftsliv är ljudmiljön en mycket viktig faktor. Frihet från störande buller är en av de kvaliteter som gör att vi söker oss till naturen. Oavsett om vi promenerar, joggar, fiskar, badar, plockar bär eller svamp, jagar eller tältar vill vi uppleva naturen och dess ljud.

Vikten av att bevara och tillgängliggöra tysta områden har lyfts fram allt mer de senaste åren. Enligt EU-direktivet för omgivningsbuller ska alla större städer ta fram en åtgärdsplan för att minska buller och även skydda områden med god ljudkvalitet. I skriften *Good Practice Guide on quiet areas*, utgiven av European Environmental Agency (EEA)<sup>11</sup>, finns exempel på hur man kartlägger och kategoriserar tysta områden.

Även kommuner som inte berörs av EU-direktivet om omgivningsbuller kan vilja identifiera tysta områden för att skydda dessa mot exploatering. Områden som i kommunens översiktsplan utpekats som rekreatiomsområden där ljudmiljön är en viktig faktor, kan motivera strängare riktvärden för trafik-

Not. 11. <http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-quiet-areas>

och industribuller vid ombyggnad och nyetablering. Att peka ut och uppmärksamma vissa områden i översiktsplanen medför därmed ett visst skydd. Det första steget för att kartlägga tysta områden bör vara att göra en bullerkartläggning och identifiera större sammanhängande områden som har lägre än 50 dBA och 45 dBA dygnsekvivalent ljudnivå. För de områden som har under 45 dBA bör man komplettera med information om vilken typ av buller som förekommer och hur ofta.

Även om man inte gör en kartläggning baserad på beräkningar bör man kunna identifiera viktiga områden med god ljudkvalitet genom den lokal-känedom som finns på kommunen och hos organisationer i kommunen, som scoutkårer, naturskyddsornitologiska föreningar, jaktlag, sportfiskeföreningar, friluftsrämjandet m.fl.

När man identifierat rekreations- och grönområden med god ljudkvalitet är nästa steg att besluta om områdena ska skyddas eller förbättras på något vis. Vissa tysta områden utgörs av orörd naturmark som kanske bör bevaras som sådan, eventuellt genom upprättande av naturreservat. I andra fall finns det snarare anledning att informera om och tillgängliggöra området för att fler ska kunna ta del av det. För att uppmuntra människor att söka sig ut till tysta områden med god ljudkvalitet bör kommunen underhålla stigar och viloplatsar.

Gångtytor bör göras så pass breda och släta att de även är tillgängliga för människor som har svårt att gå eller sitter i rullstol och för barnvagnar. Informationsskyltar vid vissa platser kan uppmuntra besökarna att tänka på ljuden de hör.<sup>12</sup> Flera kommuner i Stockholmsområdet har arbetat med att öka in-tresset för, visa vägen till och öka tillgängligheten till områden och platser i stadens närhet som erbjuder en kombination av relativ tystnad, stillhet och gröna upplevelsevärden. Projektet som benämns Guide till tystnaden, innehåller även beskrivningar av arbetssätt för att inspirera fler kommuner till motsvarande satsningar.

Att åtgärda befintligt buller i ett rekreationsområde kan medföra höga kostnader. Större grönområden påverkas ofta av buller på avstånd, i första hand från vägar, järnväg, industrier och flyg. Skärmar och vallar inom själva rekreationsområdet eller vid dess gräns har därför mycket begränsad effekt. För att sänka ljudnivån i ett grönområde krävs att åtgärder vidtas på eller nära källan, genom bullerskärmar, bullervallar, översyn av hastigheter eller lågbullrande vägbeläggningar. Alternativt kan man göra en större omledning av trafiken eller lägga vägar och spår i tunnel.

Not. 12. Länk till Guide till tystnaden Stockholm stad och Sundbybergs stad:  
[www.stockholm.se/KulturFritid/Park-och-natur/Naturreservat-i-Stockholms-stad1/Guide-till-tystnaden-i-Stockholm/](http://www.stockholm.se/KulturFritid/Park-och-natur/Naturreservat-i-Stockholms-stad1/Guide-till-tystnaden-i-Stockholm/)  
[www.sundbyberg.se/download/18.75b5012914d75d247e276501/1432558599709/Guide+till+tystnaden+i+Sundbyberg.pdf](http://www.sundbyberg.se/download/18.75b5012914d75d247e276501/1432558599709/Guide+till+tystnaden+i+Sundbyberg.pdf)



## **Frihet från bullerstörningar och förslag till kvalitetsnivå**

I Sverige har ett antal myndigheter, inom projektet Ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer, tagit fram förslag till kriterier för kategorisering av tysta områden. Beskrivningen nedan och de avslutande tabellerna med fem olika bullerklasser och bullermått, baseras på studien.<sup>13</sup>

Hur störd man blir av negativa ljud beror på bullrets karaktär, den miljö man vistas i samt på inställning/attityd till bullerkällan och känslighet mot bullret i den situation man befinner sig i. Olika individer av utsatta kan bli olika mycket störda och dessutom varierande från gång till gång. Så fort ett ljud hörs så kan någon bli störd och eftersom någon fullständig frihet från samhällsbuller inte kan garanteras för våra utemiljöer så kan nollstörning inte uppnås.

Bullerfrihet är således inte absolut och det är orimligt att kräva total frihet från störningar. God ljudkvalitet finns ändå vid tillräcklig låg grad av störningar (störningsfrihet), eftersom önskvärda ljud också träder fram. Vid diskussionen om vad som är god ljudkvalitet i rekreativmiljöer bör följande beaktas:

- Ljudmiljön är en av flera kvaliteter i ett område. Beskrivningen av de olika kvaliteterna bör göras på ett sätt som gör det möjligt att relatera dem till varandra. God kvalitet för ljudmiljö bör ligga på en nivå som är rimlig i förhållande till ”god kvalitet” med avseende på andra aspekter.
- God kvalitet för ljudmiljö bör utgå från störningsfrihet hos den som vistas i området. Samma grad av störning bör ge samma kvalitetsnivå för olika miljöer och bullerslag, situationer och berörd kategori människor under den tid man vistas i området.
- En mindre andel störda bör accepteras vid kvalitetsnivån god ljudkvalitet. En lämplig utgångspunkt bör förslagsvis vara att minst 80 procent av besökarna i ett område anser att de har upplevt en god ljudmiljö.

## **Samband mellan ljudkvalitet, bullerfrihet samt ljud- och bullermått**

Kvalitetsnivån för god ljudmiljö är utgångspunkt för bestämning av mått och mätetal för ljud. Kvalitetsnivåer bör kopplas till hur ofta det förekommer ljud och vilka ljud som förekommer och hur påverkade människorna i området blir av positiva och negativa ljud.

Då påverkan även beror på förväntningar, så innebär detta, att de absoluta, fysikaliska ljudmått kan variera avsevärt mellan olika områden, men ändå ge samma påverkan. För att kunna jämföra ljudkvalitet och bullerfrihet i olika sammanhang måste en påverkan för en viss situation kalibreras och kopplas till någon form av värdering.

Not. 13. Ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer. <http://www.naturvardsverket.se/>

Exponering av ljud är förutsättningen för störning. Ljudet som påverkar kan beskrivas som en eller flera ljudhändelser med en viss karaktär under den tid som människor befinner sig i betraktat område. Antalet ljudhändelser och ljudkaraktär under händelserna beror inte bara på emissionens variation (ljudvariation vid bullerkällan) utan också på spridningens variation på grund av väder och avstånd. Antal exponerade (personer, känsliga fåglar) är också viktigt att veta, eftersom det ger underlag för värdering av hur betydelsefull aspekten är för området. Exponering för ljud kan beskrivas genom att väga in hur många som utnyttjar området och hur ofta.

### **Mått för bullerfrihet**

Bullerupplevelsen är starkt färgad av förväntningar och inställning till bullerkällan. I områden där man inte förväntar sig buller, och dit man kanske sökt sig för att slippa höra samhällsbuller, blir man störd redan av att alls höra ljud som man inte anser hör hemma i området. Om bullerkällan dessutom är sådan, att man anser att det är okynne eller onyttiga som ligger bakom bullret, så blir man än mer störd. I vissa kulturmiljöer finns dock typer av buller som kan sägas utgöra själva förutsättningen för att kulturmiljön ska kunna brukas och därmed överleva. Till denna kategori kan skoterbuller i samband med rennäring och buller från fiskebåtar i skärgården räknas. Dessa ljud får accepteras av besökare.

Under en vistelseperiod finns alltid något ljud och för det mesta många ljud. Ett visst ljud ingår oftast tillsammans med andra ljud i en sammansatt ljudbild (ett ljudlandskap). Om ett ljud uppfattas eller inte beror på dess förhållande till andra ljud. Ett ljud kan beskrivas uppstå när det är så avvikande eller tillräckligt annorlunda än andra ljud att det ger en påverkan. I allmänhet inträffar många ljudhändelser under en vistelsetid. Vissa ljudhändelser är oönskade. Då blir de buller.

Den enklaste beskrivningen är att summera alla bullerhändelser till en A-vägd ekvivalent ljudnivå. Vid få bullerhändelser är dock sambandet mellan ekvivalent ljudnivå och störning svagt, särskilt om man jämför olika bullerkällor.

De i dag vanligen använda måtten för att beskriva buller (ekvivalent ljudnivå för dygn samt maximal ljudnivå), som främst används vid bostäder, är således inte tillräckliga för att beskriva ljudkvaliteten i rekreationsområden med förhållandevis låga ljudnivåer. Ett lämpligare mått kan vara den A-vägda ekvivalentnivån under den enskilda bullerhändelsen tillsammans med dess varaktighet. Ett sådant mått blir mer representativt för att beskriva graden av störning av den enskilda bullerhändelsen. I tabellerna nedan beskrivs bullerklasser och de mått för bullerfrihet som valts inom projektet Ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer.

TABELL 5. Miljötyper, bullerklasser och mätertal kopplade till klasserna

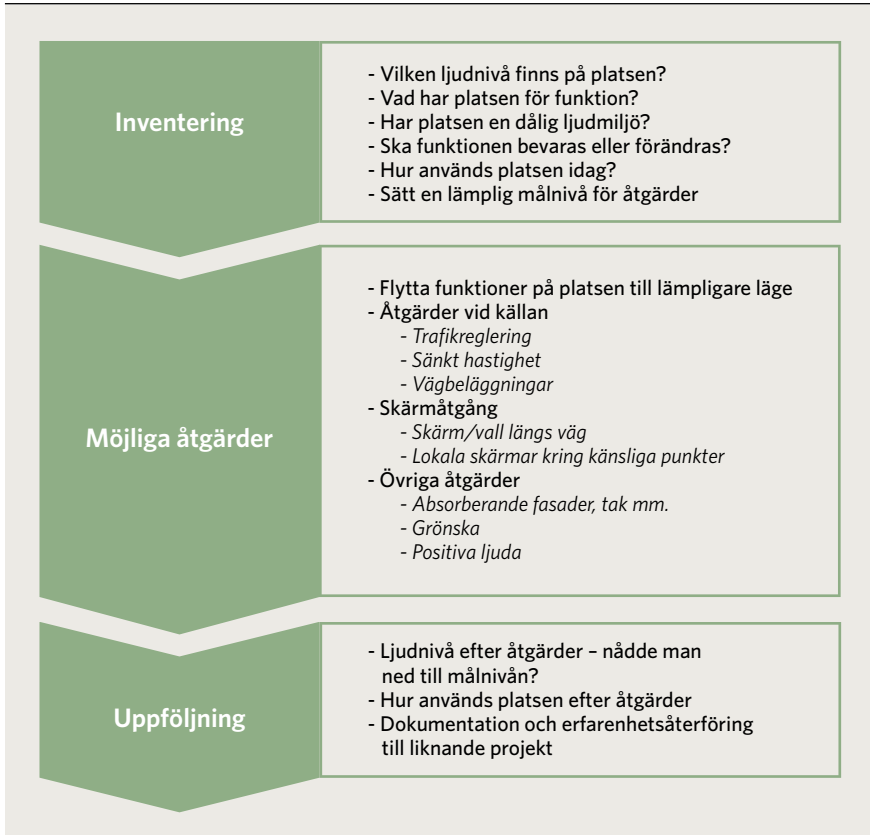
Bullerklass	Typ av miljö, exempel
A	Otillgängliga delar av fjällen, vissa skärgårdsområden, vissa skogsområden
B	Mer lättillgängliga delar av fjällkedjan, skärgårds- och större skogsområden med höga rekreativvärden
C	Friluftsområden med höga värden på rimligt avstånd för dagsutflykter och över helger
D	Tätorts nära rekreativområden som kan nås under dagar och kvällar
E	Relativt tysta parker

TABELL 6. Miljötyper, bullerklasser och mätertal kopplade till klasserna

Bullerklass	Tröskelvärde dBA momentan	Överskridande tid minuter	Antal bullerhändelser
A	25	5 per vecka	1-2 per vecka
B	35	5 per dygn	3-4 per dygn
C	45	60 per dag	60-120 per dag
D	45	120 per dag	120-240 per dag
E	LAeq 45-50 eller 20 dBA lägre än omgivande gator	-	-



FIGUR 4. Arbetsgång för att förbättra ljudmiljön



### **Läs mer:**

- › Bland annat finns en Good Practice Guide som tagits fram genom arbetet inom EU. [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu)
- › På nationell nivå har SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (numera RISE), utarbetat anvisningar för kartläggning av buller. [www.sp.se](http://www.sp.se)
- › Centrum för arbets- och miljömedicin vid Stockholms läns landsting har tillsammans med akustisk expertis tagit fram en vägledning, med rekommendationer och tips på hur man kan arbeta med bullerkartläggningar. [www.sll.se](http://www.sll.se)
- › Exempel på åtgärdsprogram. ISBN 6500/978-91-620-6534-8. [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)
- › Upplev ljudkvalitet i parker och grönområden i Stockholm. [www.stockholm.se](http://www.stockholm.se)
- › Tystare parker och friluftsområden. [www.stockholm.se](http://www.stockholm.se)
- › Åtgärdsanalys för bullerutsatta skolor längs statliga vägar. [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)
- › Gör plats för barn och unga. [www.boverket.se](http://www.boverket.se)
- › Guide till tystnaden Stockholm stad. [www.stockholm.se](http://www.stockholm.se)
- › Guide till tystnaden. Sundbybergs stad. [www.sundbyberg.se](http://www.sundbyberg.se)
- › Ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer. [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)
- › Trafikbuller och planering I-V. [www.lansstyrelsen.se](http://www.lansstyrelsen.se)



## Åtgärda källan

En minskning av bullret vid källan är viktigt då det minskar bullret överallt, inte enbart bakom en skärm eller annan skyddsåtgärd. Att förhindra att buller alls uppstår är den mest effektiva lösningen.

Nivån på det samhällsbuller som når en mottagare bestäms av två faktorer: källstyrka och utbredning, dvs. hur bullret alstras och sprids. För att minska bullret från trafik behöver man reducera vid källan (emissionsåtgärder), under utbredningsvägen och/eller vid mottagaren.

Generellt sett har arbetet med åtgärder mot buller under många år varit fokuserat mot annat än källbuller, som skyddsåtgärder vid mottagaren. Enligt flera oberoende bedömningar finns en stor potential till betydande reduktion av både väg- och järnvägsbuller vid källan.

En viktig del av källbullerfrågan handlar om internationell samordning och överenskommelser på EU-nivå. Men det finns också möjliga åtgärder på både nationell och lokal nivå.

Eftersom ansvaret ofta delas mellan flera olika förvaltningar/aktörer är det viktigt med ökat samarbete, både inom en kommun och med andra aktörer.

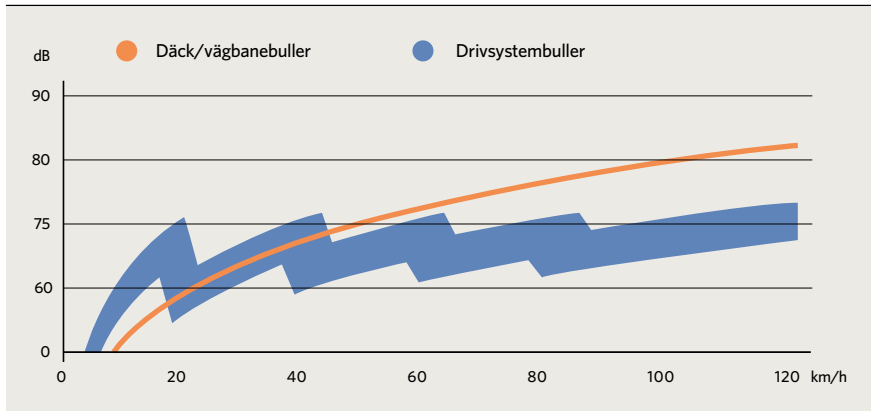
### Vägtrafik - källbuller

För vägfordon kommer bullret från två huvudkällor: *däck-vägljud*, som uppstår i kontakten mellan däck och väg, vilket alstrar vibrationer i däcken som strålar ut ljud, och *framdrivningsljud*, vilket inbegriper motor och transmission, och för explosionsmotorer även avgassystem och luftintag.

Bulleremissionen från vägfordon har flera problemägare: fordonsindustrin, däckindustrin och väghållaren. Framdrivningsljudet är kopplat till fordonsindustrin. Däck-vägljudet är kopplat till samtliga problemägare vilket försvårar uppbyggnaden av ett effektivt regelverk inom EU och internationellt. Till exempel saknas styrning av vägytor. Väghållare kan vara statlig, kommunal eller enskild.

För lätta fordon med förbränningsmotor, dominerar bullret från drivsystemet vid gaspådrag för jämn hastighet vid hastigheter upp till 20–40 km/h beroende på individuellt fordon. Se diagram 1.

DIAGRAM 1. Samband hastighet - ljudnivå. Avstånd 7,5 m

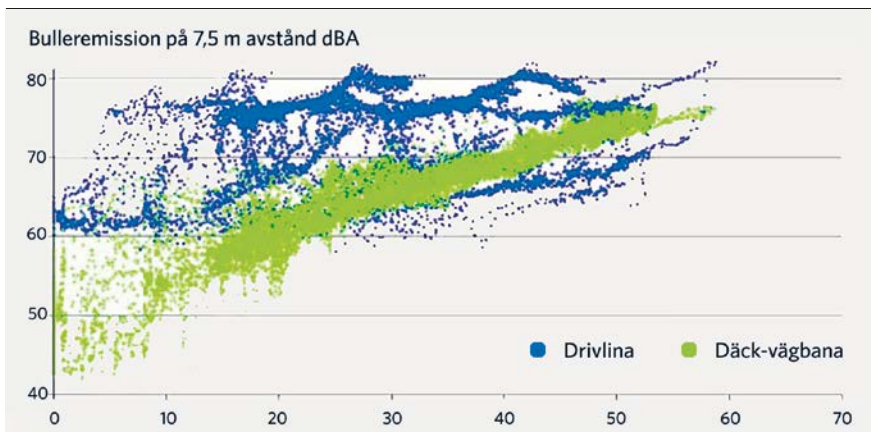


Källa: Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweiz.

Vid accelerationer vanliga i stadsmiljö kan motorbullret dominera upp till omkring 50 km/h. För personbilar med eldrift dominerar bullret från däck-vägbana över omkring 15 km/h vid jämn hastighet. Detta trots att elbilar har betydligt tystare däck.

För medeltunga och tunga fordon dominerar för det mesta drivsystemets buller under 60 km/h i verklig stadstrafik. För hastigheter över 60 km/h dominerar bullret från däck-vägbana. Vid 30 km/h är bullret från drivsystemet omkring 10 dB högre jämfört med bullret från däck-vägbana. Se diagram 2 nedan

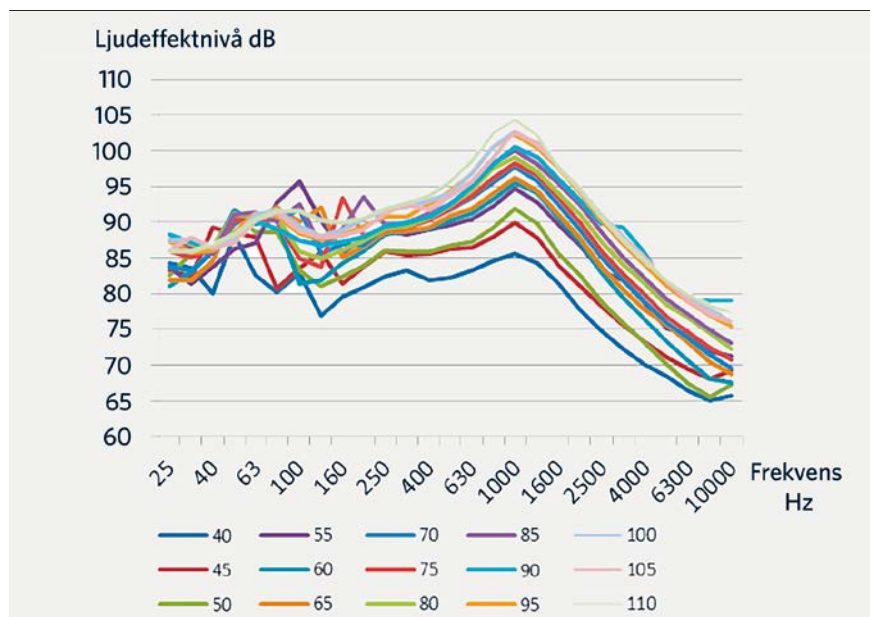
DIAGRAM 2. Lastbil 18 ton. Buller från drivlina eller drivsystem (motor, avgassystem, transmission, hjälppaggregat) samt däck-vägbana. Bulleremission vid 7,5 m avstånd





Bullret från drivsystemet har mer energi i lägre frekvensområden jämfört med bullret från däck-vägbana. Medan bullret från drivsystemet mest varierar med gaspådrag och inte med hastigheten är det tvärt om med bullret från däck-vägbana. Det framgår i exempel på spektrum för lätta fordons totala ljudeffektnivåer vid hastigheter mellan 40–110 km/h enligt diagram 3.

DIAGRAM 3. Ljudeffektnivåer som funktion av hastighet baserat på mätningar på 4 m höjd vid 7,5 m från fordonsmitt



Ljudemissioner från förbränningsmotordriva personbilar, bussar och lastbilar vid korsningar och cirkulationsplatser varierar beroende på fordonskategori.

Ljudeffekten ökar för tyngre fordon efter korsningen eller rondellen då accelerationen ökar. Rullningsljudet minskar nära korsningen och cirkulationsplatsen då hastigheten blir lägre medan framdrivningsljudet ökar när motorn belastas under acceleration.<sup>14</sup>

Förändringen av ljudeffektnivån på grund av korsning eller cirkulationsplats blir större vid lägre hastigheter för lätta fordon, medan hastighetsberoendet är mindre för medeltunga och tunga fordon. Den A-vägda ljudeffektnivån ökar till exempel med 3,6 dB vid 25 km/h jämfört med 0,3 dB vid 50 km/h för lätta fordon i en korsning. Cirkulationsplatsen ger cirka 1 dB lägre ljudeffektnivå för lätta fordon jämfört med konstant hastighet i 50 km/h, medan de ger en ökning med cirka 1 dB jämfört med konstant hastighet i 25 km/h.

Not. 14. SP Rapport 2015:72 Uppdaterade beräkningsmodeller för vägtrafikbuller. Krister Larsson; Hans Jonasson.

## Gränsvärden för vägtrafik

### Fordon och däck

EU-förordning nr 540/2014 om motorfordons ljudnivå reglerar via gränsvärden hur mycket nya fordon maximalt får bullra. De fordon som omfattas är olika typer av personbilar, bussar samt varutransport- och lastbilar. Gränsvärdena skärps under tre faser och den sista fasen med de strängaste gränsvärdena gäller från och med 1 juli 2026 (för första registrering). För vanliga bussar och lastbilar gäller de strängaste gränsvärdena från 1 juli 2027. För personbilar innebär det en skärpning med mellan 0 och 4 dBA jämfört med kraven före 1 juni 2016 och för övriga fordon en skärpning med omkring 2 dBA.

I praktiken kommer minskningen av bulleremissionerna uppskattningsvis att vara mindre. Det beror på att det redan finns fordon som är tystare än tidigare krav.

Det finns också specifika krav på fordonens komponenter, bland annat däck. EU-förordning nr 661/2009 fastställer maximal ljudnivå från olika typer av däck och förordning EG nr 1222/2009 reglerar hur bullernivåer och andra väsentliga parametrar ska presenteras via märkning vid försäljning av däck. Förordningarna omfattar vanliga däck men inte regummerade däck eller dubbdäck. Detta innebär generellt en sänkning av tillåtna bullernivåer, men motverkas för personbilar av att bredare däck tillåts bullra mer än smalare däck och att trenden länge varit att fordonen förses med allt bredare däck. Nettoeffekten uppskattas ändå vara positiv, bullernivån från nya däck kommer att minska någon dB framöver. Större betydelse kan märkningen ha (om den utnyttjas vid val av däck). Bullernivåerna varierar avsevärt (flera dB) mellan olika däck.

### Vägfordon med eldrift

Elfordon har förutsättningar att vara tystare, renare och mer energieffektiva än konventionella fordon. De saknar i stort sett buller från drivsystemet. Bullret från däck-vägbana är dessutom lägre jämfört med konventionella fordon genom att smalare däck används för att minska rullmotståndet. De har också betydligt lägre utsläpp av klimatgaser under sin livscykel. Hittills har höga priser och begränsad räckvidd hämmat försäljningen. Tekniken med eldrift och energiförsörjning är dock under snabb utveckling mot högre prestanda och lägre priser, särskilt på batterier. Alternativ till batterier utvecklas också, främst elproduktion med bränsleceller.

Andelen vägfordon med eldrift kan förväntas öka kraftigt framöver. De globala klimatproblemen samt svåra smogproblem i Kina och Indien kan leda till en utveckling av bilar med eldrift. Lagstiftning, förordningar och statliga subventioner för att minska miljöbelastningarna och som berör Sverige, gynnar fordon med eldrift. För att elfordonens andel ska få någon tydlig effekt på bullersituationen krävs att en majoritet, åtta av tio bilar, är eldrivna.

EU-parlamentet har beslutat att från 2019 ska alla eldrivna fordon vara utrustade med ett auditivt varningssystem, benämnt AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System). Avsikten är att fordonen ska ge ifrån sig ett ljud då de framförs i lägre hastigheter och därmed förebygga olyckor. Detaljerna kring bestämmelserna, typ av tillfört ljud och om det även kommer inbegripa tunga fordon som bussar, är inte fastställt. Det pågår forskningsprojekt kring ljudkoncept med tester i olika simulerade trafiksituationer. Generellt är det olyckligt att tillföra ytterligare ljud i en trafikmiljö och det är viktigt att påverkan till övrig omgivning begränsas<sup>15</sup>.

### Supermiljöbilar

En supermiljöbil är en personbil som uppfyller EU:s senaste avgaskrav, Euro 5 eller Euro 6, och som dessutom inte släpper ut mer än 50 gram koldioxid per kilometer ur avgasröret vid blandad körning. Bilen måste vara typgodkänd i Sverige och tagen i trafik tidigast 1 januari 2012. För 2016 var premien 40 000 kronor för elbilar och 20 000 kronor för laddhybrider.

Kommuner och landsting som är intresserade av att köpa elbilar och laddhybrider, men som inte vill göra en egen upphandling, kan vända sig till SKL Kommentus Inköpscentral AB som har elbilar och laddhybrider inkluderade i det ordinarie fordonsavtalet.

#### Krav på nya egna bilar

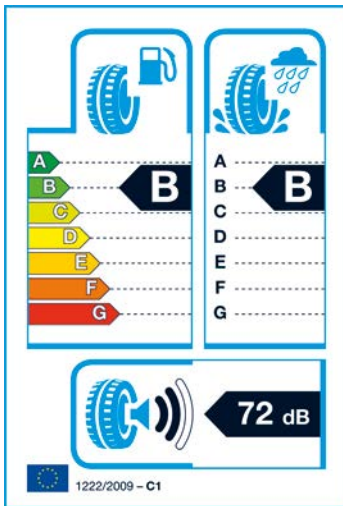
Kommuner och landsting kan ställa krav på att nya egna bilar och uppdragstagares bilar uppfyller kravet på minst 4 dBA tystare än högsta tillåtna bullernivå enligt EU-förordning nr 540/2014.

Not. 15. EU Regulation no 540/2014. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0540&from=EN>

## Däck

En stor del av bullret från vägtrafiken kommer från däckens kontakt med vägytan. Valet av däck har stor påverkan på bullret.

Kommuner, statliga myndigheter, företag och enskilda personer har numera goda möjligheter att ställa krav på tystare däck. Några av de stora kommunernas åtgärdsprogram mot buller tar också upp det som en av åtgärderna. Dessutom har en del kommuner ambitionen att genom information påverka val av tystare däck. Detta förenklas av att det finns märkning av däck vad gäller bullernivåer och andra väsentliga parametrar (Förordning EG nr 1222/2009). Märkningen ska finnas där däck finns till försäljning och ser ut så här:



Märkning av däck. Bild: Energimyndigheten.

Symbolen med bränslepump avser drivmedelseffektivitet via däckets rullmotståndskoefficient. A är den högsta klassen för effektivitet med cirka hälften så stort rullmotstånd som för lägsta klass. Skillnaden i bränsleförbrukning i stadstrafik mellan klasserna kan uppskattas till omkring två procent. Vid jämnare och högre hastigheter blir skillnaden större.

Symbolen med regn och vattenplask avser väggrepp i vått väglag. A är högsta klassen för väggrepp enligt index för väggreppet i föreskrifter nr 117 från FN/ECE. Indexet är en kvot för högsta bromskraftskoefficient mellan aktuellt däck och ett referensdäck. Kvoten skiljer högst tolv procent mellan klasserna.

Symbolen med högtalare med tre ljudvågor avser externt däck- och vägbanebuller uppmätt enligt föreskrifter nr 117 från FN/ECE. Siffervärdet i symbolen är från mätresultatet. *Tre fyllda bågar* innebär en bullernivå över däckklassens gränsvärde och får inte säljas efter 1 november 2016. *Två fyllda bågar* har bullernivåer i spannet däckklassens gränsvärde och ner till 3 dBA lägre. *En fylld båge* innebär att däckets bullernivå är ännu tystare, minst 3 dBA lägre än däckklassens gränsvärde. Märkningen är inte helt anpassad till svenska vägbeläggningar. Det innebär att skillnaden mellan olika däck blir något mindre i Sverige.

Uppgifter om däck enligt märkningen finns i databaser, varav en del är tillgängliga för alla.<sup>16</sup>

Märkningen omfattar inte dubbdäck eller regummerade däck. Dubbdäck genererar i sig mer buller än dubbfria vinterdäck. Däcksbredden har också betydelse och breda däck ger upphov till mer buller än smala däck. Val av däck innebär en balans mellan de tre parametrarna samt urval och pris. Däck som är bra i alla avseenden har i allmänhet högre pris. Urvalet är mycket begränsat för däck med högsta betyg i alla de tre parametrarna. Råd om kravnivå kan fås från Upphandlingsmyndigheten. Parametrarna kan prioriteras utifrån olika förhållanden där respektive parameter passar särskilt bra.

#### Krav på däck på egna bilar

Kommuner och landsting kan kräva att däck på egna bilar och uppdragstagares bilar uppfyller bullerkravet för en fylld båge enligt förordning EG nr 1222/2009. Samtidigt bör krav på energieffektivitet samt krav på väggrepp i vått väglag inte underskrida Klass C för respektive krav enligt förordningen.

Kommuner och landsting, utom i de nordvästligaste delarna av Sverige, kan ställa krav på att vinterdäck på egna bilar och uppdragstagares bilar ska vara av typ nordiska dubbfria vinterdäck.

## Bussar

Stadsbussar med förbränningsmotorer ger oproportionellt mycket buller och kan vara mycket störande. Det innebär stora kostnader för samhället. Stadsbussar som drivs med förbränningsmotorer kan kosta samhället fyra gånger så mycket som bussar under framdrift med enbart elmotor.<sup>17</sup>

Not. 16. Ett exempel är [www.reifenetikette.ch/#reifenliste](http://www.reifenetikette.ch/#reifenliste)

Not. 17. Se rapport Kunskapsammanställning - EURO VI stadsbussar, Avgasemissioner Buller Miljöpåverkan Kostnader. Ecotrafic Rapport nr 157078.

I rapporten framkommer att störningskostnaderna minskar med cirka 25 procent för varje dB tystare buss. Betydelsen av tystare bussar kan knappast underskattas, eftersom de ofta trafikerar genom bostadsområden. De bidrar till en trivsammare stad där människor vill bo, mötas och verka, till ökat välbefinnande och bättre hälsa samt till ökad kreativitet, inlärningsförmåga och arbetskvalitet.<sup>18</sup>

Tystare stadsbussar ökar möjligheterna att förtäta staden och samtidigt bygga ut kollektivtrafiken och minska bullret. Hänsyn behöver också tas till högtalarutrop. Tystare bussar kan också minska behovet av bullerskyddsåtgärder. De minskar bullerstörningarna mer effektivt än andra bullerreducerande åtgärder, till exempel dämpande fönster och vägbeläggningar. Totalt sett bör därför en utveckling av tystare bussar efterfrågas. Hållplatser kan placeras mer optimalt, samtidigt behöver beaktas att busshållplatser alltid utgör en störningsrisk, bland annat genom ljud från högtalarutrop och väntande resenärer.

Tystare bussar kan kosta mer och ändå vara en god affär för alla; staden, medborgarna, näringslivet och fordonsindustrin.<sup>19</sup>

Förordningen (EU) nr 540/2014, med gränsvärden för ljudnivåer fram till 2027, kommer förmodligen inte att innebära en utveckling av tystare bussar. Sedan ett antal år tillbaka har redan de flesta stadsbussar i Sverige ljudnivåer på högst 77 dBA, vilket motsvarar förordningens slutliga krav 2027. Det beror på krav från köparna och inte på nuvarande gränsvärde som anger högst 80 dBA. Framöver kan teknikutvecklingen, med bussar helt eller delvis drivna av elmotorer, minska bulleremissionerna jämfört med dagens stadsbussar. Bussar med förbränningsmotorer blir också tystare då de nya Euroavgaskraven resulterar i partikelfilter som dämpar avgasbullret. Denna utveckling tar förordningen inte hänsyn till. Det finns därför goda skäl för köpare att fortsätta ställa strängare bullerkrav än lagstiftningen.

#### Ställa krav på nya bussar

Den regionala kollektivtrafikmyndigheten eller kommun med befogenhet att ingå avtal om allmän trafik, kan ställa krav på nya bussar som begränsar bulleremissioner. Om övriga krav enligt förordning om elbusspremie tillgodoses, kan bidrag ges.

Not. 18. Tystare stadsbussar. Se ovan.

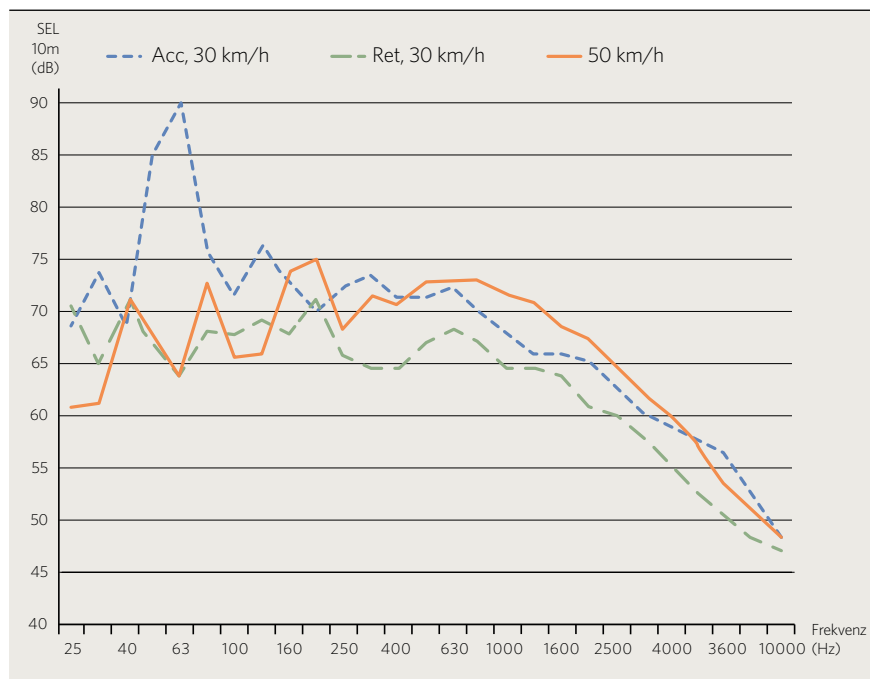
Not. 19. Tystare stadsbussar – kravställning vid upphandling för minskat källbuller  
Koucky & Partners AB, Hanna Ljungblad, 2013, på uppdrag av Trafikverket  
[http://www.koucky.se/images/PDF/TystareStadsbussar\\_kravställning\\_vid\\_upphandling.pdf](http://www.koucky.se/images/PDF/TystareStadsbussar_kravställning_vid_upphandling.pdf)

## Ljudemissioner från förbränningsmotordriva fordon vid busshållplatser

Diagram 4 visar resultaten för tre 3-axliga tunga fordon där en buss bromsar in för att stanna vid hållplatsen, en buss startade och accelererade förbi mätplatsen och en 3-axlig lastbil passerade förbi i konstant hastighet på cirka 50 km/h. Medelhastigheten inom mätsträckan för bussarna som stannade vid hållplatsen var cirka 30 km/h. Ett spektrum av ljudexponeringsnivån på 10 meter visas i figuren.

De A-vägda ljudexponeringsnivåerna var 78,4 för den accelererande bussen, 74,5 för den retarderande bussen samt 80,2 för lastbilen i konstant hastighet. Den accelererande bussen har tydligt mer lågfrekvent ljud, medan den retarderande bussen och lastbilen i konstant hastighet visar tämligen lika lågfrekvent framdrivningsljud. Vid högre frekvenser bidrar även rullningsljudet från däck-väggkontakten till ljudemissionen.

DIAGRAM 4. Ljudemissioner från förbränningsmotordriva fordon vid busshållplatser, SP Rapport 2015:72



Det lågfrekventa bullret kring 63 Hz för accelererande bussar går relativt lätt igenom fasader och kan orsaka störningar inomhus trots i övrigt låga bullernivåer.

## Ljuddämpande vägbeläggningar

### Beläggning och däck-vägbaneljud

Vid låga hastigheter dominerar ljudet från motor och avgassystem, medan bullret från däck- vägbeläggningar tar över vid högre hastigheter. För personbilar ligger gränsen i intervallet 20–40 km/tim och för tunga fordon vid 50–70 km/tim. Vid kraftigt motlut eller vid kraftig acceleration så förskjuts övergångshastigheterna uppåt. En stor del av bullret från vägtrafiken kommer alltså från däckens kontakt med vägytan. Bullret från däck-/vägbanekontakten är mer högfrekvent än buller från motor och avgassystem. Typ av däck och beläggning har stor påverkan på bullret.

Alla vägbeläggningar minskar sin bullerdämpande förmåga med tiden. Att underhålla beläggningen kontinuerligt, oavsett typ av beläggning, är därför viktigt.

### Vägbeläggningar och buller

Det finns olika inriktningar för att förbättra beläggningars bulleregenskaper:

- › Standardbeläggning med mindre stenstorlek.
- › Tunn, tät eller halvtät, slät beläggning.
- › Porös eller dränerande lågbullerbeläggning.

### Standardbeläggning med mindre stenstorlek

I Sverige förekommer dubbade vinterdäck, av den anledningen används också beläggning med stor stenstorlek för att klara slitaget. Den ger upphov till mer buller än en beläggning med mindre stenstorlek. För att minska bullret kan man alltså välja en beläggning med mindre stenstorlek. Att gå ner 4 mm i stenstorlek kan jämföras med att trafiken, och därmed även bullret, minskar med runt en tredjedel, eller 1–3 dB. En nackdel är att beläggning med mindre stenstorlek kan vara något dyrare att underhålla på grund av tätare omläggningar.

### Tunna beläggningar

En tunn beläggning ger en bullerdämpande effekt dels genom sin mindre stenstorlek, dels genom att ytstrukturen är öppen och jämn utan uppstickande stenar. Sammansättningen varierar i ganska hög grad och beläggningstjockleken är normalt mellan 15 och 25 mm. Den exakta tjockleken har dock ingen större betydelse för bullret.



Denna typ av beläggningar kräver extra mycket omsorg vid val av insatsmaterial liksom vid proportionering och utförande. Risk finns annars för att beständigheten blir sämre än vid helt täta beläggningar. Den största fördelen med tunna beläggningar, jämfört med porösa bullerdämpande beläggningar, är att de inte behöver underhållsrengöras särskilt och att anläggningskostnaden är lägre. De behåller också till stor del den bullerreducerande effekten under sin livslängd. Tunna beläggningar har dock en mindre bullerdämpande effekt än nylagda porösa beläggningar, effekten uppgår till cirka 2–4 dBA.

### **Porösa eller dränerande lågbullerbeläggningar**

Porösa beläggningar kallas också dränerande beläggning och kan bestå av ett eller två lager. De utvecklades ursprungligen för att minska risken för vattenplaning men fokuseras nu mer på de särskilt lågbullrande egenskaperna. Porösa beläggningar är helt vattengenomsläppliga och dämpar bullret dels genom mindre så kallade luftpumpningar mellan däck och vägbanan, dels genom att ytan absorberar en del av ljudet. Den bullerdämpande effekten blir bättre ju högre porositeten är. Porösa beläggningar bör ha en hög porositet, minst 20 procent, dels för att få en god bullerdämpande effekt, dels för att porerna inte ska sätta igen för snabbt.

Porösa beläggningar dämpar bullret mer än standardbeläggningar med mindre stenstorlek och en tunn beläggning. Den är lämplig vid höga ljudnivåer, vid hastigheter över 50 km/tim och där det är bor många människor eller man av annan anledning vill prioritera en tystare miljö. Beroende på typ av lågbullerbeläggning kan man få en dämpning på 4–8 dB. De högre frekvenserna dämpas bättre än de lågfrekventa.

Porösa beläggningar kräver ett tätt och jämt underhåll med god vattenavrinning. Eftersom hålrummen kan fyllas igen behöver beläggningen tvättas regelbundet. Vid lägre hastigheter och vid sandning kan ytan täppas igen mer. De bör därför inte sandas utan endast saltas vintertid. Den slits ner snabbare än en konventionell beläggning och behöver tätare omläggningar.

Även om livslängden är kortare och kostnaderna är högre för en lågbullerbeläggning än en traditionell beläggning, är det inte mot en sådan som jämförelser bör ske, utan mot andra bullerdämpande åtgärder. Lågbullerbeläggning är ett viktigt sätt att komma åt bullerkällan och kan också kompletteras av bullerdämpande åtgärder som till exempel bullerskärmar eller fasadåtgärder. Även de som färdas i fordonen märker stor skillnad i ljudnivå när man kör på en lågbullerbeläggning.

Det pågår en hel del forskning kring lågbullerbeläggning och utvecklingen går framåt både vad gäller beständighet och underhåll.

## Regleringar med mera

### Trafikreglering

Trafikregleringar kan bestå av olika åtgärder som minskat trafikflöde, lägre hastighet, förbud mot vissa fordonstyper och åtgärder som gör att trafiken flyter mjukare. Miljözon kan införas för tung trafik. Likaså kan förbud mot genomfartstrafik för tunga fordon vara en lösning.

En halvering av trafiken på en väg minskar ljudalstringen med 3 dB. I tabellen nedan redovisas hur mycket den ekvivalenta ljudnivån ändras om trafikflödena ändras. Exemplet förutsätter att fördelningen mellan personbilar och tung trafik är densamma och att körstilen är oförändrad.

TABELL 7. Ljudnivåförändring vid förändrad trafikmängd

Ändrad trafikmängd procent	25 %	50 %	75 %	100 %	125 %	150 %	200 %
Förändrad ekvivalent ljudnivå (dBA)	-6	-3	-1	0	+1	+2	+3

### Hastighetsreglering

En sänkning av hastigheten på en vägsträcka innebär att ljudalstringen blir lägre. Dels är ljudalstringen hos ett fordon direkt beroende av hastigheten men lägre hastighet brukar innebära färre accelerationer vilket också minskar bullret. Accelerationer vid en trafiksignal kan ge en lokal ökning av ljudnivån i direkt anslutning till trafiksignalen. Generellt kan accelerationer stå för tio procent av den totala bulleralstringen i en stadskärna.

Körstilen beror på individen bakom ratten och på de för stunden rådande trafikförhållandena och kan inte modelleras i beräkningarna. Beräkningsmodellen utgår från en blandning av körstilar, samt att man gör en korrektion och ökar ljudalstringen i uppførsbackar då fordon ofta går på ett högre varvtal.

Förhållandet mellan hastighet och ljudnivå enligt beräkningsmodellen redovisas i tabell 7.

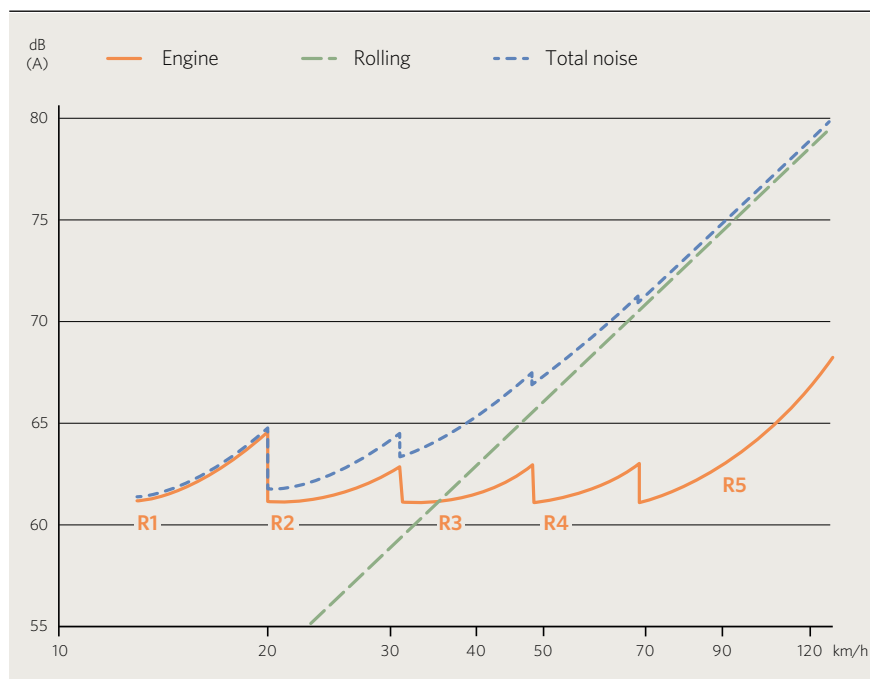
TABELL 8. Förändrad ekvivalent och maximal ljudnivå relativt 50 km/h enligt den Nordiska beräkningsmodellen

Hastighet (km/h)	30	40	50	60	70	90	110
Förändrad ekvivalent ljudnivå (dBA) relativt 50 km/h	-2	-1	0	2	3	6	9
Förändrad maximal ljudnivå (dBA) relativt 50 km/h	0	0	0	1	2	4	5

Om man jämför beräkningsmodellens resultat med mätningar tenderar modellen att underskatta effekten av hastighetsbegränsningar. Exempelvis är den beräknade skillnaden i ekvivalent ljudnivå 2 dBA vid sänkning från 50 km/h till 30 km/h. För maxnivån får man ingen beräknad skillnad alls eftersom ljudalstringen från tunga fordon är densamma för alla hastigheter från 50 km/h och nedåt. Men mätningar indikerar att ljudnivån sänks mer, upp till cirka 5 dBA för både lätta och tunga fordon när hastigheten sjunker från 50 km/h till 30 km/h.

I verkligheten kan ljudalstringen från ett specifikt fordon se ut som i diagrammet nedan.

DIAGRAM 5. Ljudalstring från motor och däck i relation till hastighet



Att sänka hastigheten inom ett bostadsområde eller en hel tätort från 50 km/h till 30 km/h eller 40 km/h kan tyckas ge liten effekt på den totala ljudalstringen men om det är många människor som påverkas kan hastighetssänkningar vara av stort värde. Dessutom ger det andra positiva effekter, som ökad trafik-säkerhet.

## Farthinder

Att förse gatan med farthinder är ett sätt att säkerställa att bilisterna håller hastighetsbegränsningen och dämpar farten. Farthinder är en effektiv metod för att sänka hastigheten och kan också leda till att ljudnivåerna sänks. En omfattande dansk studie visar att ljudnivån sjunker med cirka 3 dBA vid farthindret, och med 1–3 dB cirka 10 m efter och mellan farthindren<sup>20</sup>.

Det är dock inte ovanligt att vissa fordon bara saktar ned för själva passagen och därefter accelererar. Variationer i bulleralstringen kan leda till att ljudet uppfattas som mer störande. Att fordonen accelererar från låg hastighet medför också att bullret blir något mer lågfrekvent. Eftersom fönster och fasader har sämre ljuddämpning i låga frekvenser kan det medföra en något ökad störning lokalt vid farthindret.

Det finns också exempel på att vägbulor orsakat vibrationer i marken då bussar och annan tung trafik kört över dem. Förutom att detta kan leda till störningar hos de boende är det ett arbetsmiljöproblem för förarna. Man bör därför välja farthinder, och utplaceringen av dessa, med omsorg.

Som tumregel bör man alltid ha flera farthinder placerade efter varandra.

Lämpligt avstånd beror på hastigheten, se nedan:

- › 30 km/h – 75 m avstånd mellan farthindren.
- › 40 km/h – 100 m avstånd mellan farthindren (max 150 m).
- › 50 km/h – 150 m avstånd mellan farthindren (max 250 m).

Farthindren bör placeras med minst 30 m till närmaste bostadsfasad.



Farthinder "Mushroom", färdiga betongelement som monteras i befintlig asfalt.  
Foto: Exempelbanken.se

Not. 20. Stoj ved bump på veje, Rapport 2 2001. Danmarks transportforskning  
[www.vejforum.dk](http://www.vejforum.dk)

Farthinder i form av avsmalnande väg sänker hastigheten utan att skapa vibrationer.

På vägar där det är enkelt att köra för fort kan farthinder ha en mycket god hastighetssänkande effekt. På Dag Hammarskjölds väg i Uppsala finns en raksträcka förbi en skola. Under skoltid är hastigheten begränsad till 30 km/h men andelen fortkörare har varit hög. I gatan installerades ett aktivt farthinder. En kamera mäter fordonens hastighet och om hastighetsgränsen överskrids fälls en lucka ned och bilisten upplever ett gupp. Fordon som håller hastigheten märker ingenting.

Efter åtgärden minskade andelen fordon som överskred hastighetsgränsen från 75 procent till 21 procent och den ekvivalenta ljudnivån över dygnet minskade med 4 dBA. Farthinder av den här typen är dock betydligt dyrare än traditionella gupp.

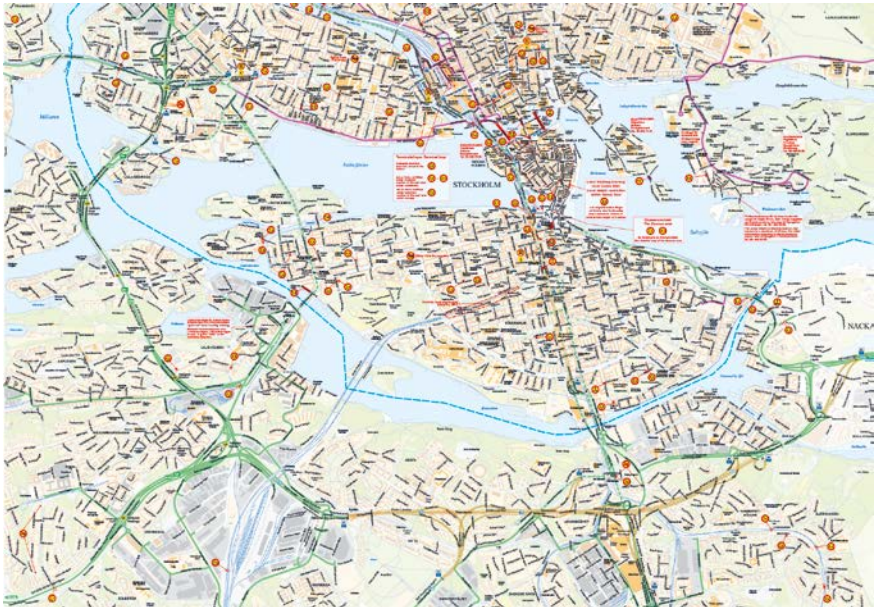


Aktivt farthinder på Dag Hammarskjölds väg i Uppsala. Foto: [www.exempelbanken.se](http://www.exempelbanken.se)

### **Förbud mot tung trafik**

På de flesta vägar har tunga fordon en begränsad inverkan på den ekvivalenta ljudnivån. Däremot ger tunga fordon upphov till de högsta maxnivåerna. För att undvika sömnstörningar bör maximalnivån inomhus inte överskrida 45 dBA mer än några gånger per natt. Ofta tillämpas en gräns om högst fem överskridanden per natt. För nybyggnation är maxnivåer utomhus reglerade i trafikbullerförordningen och bör inte överskrida 70 dBA på den bullerskyddade sidan. Inomhus gäller Boverkets Byggregler, BBR, som anger högst fem överskridanden som gräns.

En lastbil som kör på en stadsgata ger upphov till ljudnivåer vid fasad på över 80 dBA och det krävs en god ljudisolering hos fönster och fasad för att inte överskrida 45 dBA inomhus. En effektiv metod att begränsa bullerstörningar under natten är att förbjuda tunga transporter nattetid. Det finns sällan anledning för tunga fordon (annat än vissa typer av fordon, som bussar eller snöröjningsfordon) att köra på mindre gator i bostadsområden nattetid. Tung transporter kan i stället koncentreras till större genomfartsvägar och industriområden, se figur nedan. Ett annat sätt är att premiera tunga distributionsfordon med eldrift nattetid.



Exempel på karta för tung trafik. Tung transporter nattetid är enbart tillåtet på grönmarkerade vägar och inom gråa områden (industriområden). Illustration: <http://www.foretag.stockholm.se/Tillstand/Trafik/Yrkestrafik/>

### Intelligent trafikstyrning

Acceleration vid trafikljus skapar onödigt buller på många platser i tätorterna. Att få fordonsförare att köra i en jämn, lugn takt har stor påverkan på bulleralstringen. Det finns därför mycket att vinna genom att ha en intelligent styrning av trafiksignaler så att bilarna slipper stanna framför flera trafikljus. Det uppmuntrar också förarna till att hålla den skyltade hastighetsbegränsningen.

## Spårtrafik – källbuller

Bulleralstring från spårburen trafik är beroende av trafikeringen dvs. tågtyp, hastighet, tåglängd och antal tåg. Även faktorer som bankroppens uppbyggnad, olika typer av spårkomponenter, spårets underhåll och tillstånd, terräng- och markförhållanden i omgivningen och intilliggande byggnaders konstruktion har betydelse för vilka bullernivåer som uppstår. Beroende på fordonstyp kan fläktar, generatorer och andra system också bidra till framdrivningsljudet. För att bullerdämpande åtgärder ska ha bra effekt är det viktigt att beakta trafikeringen och de lokala förutsättningarna.

Viktiga buller- och vibrationskällor för järnvägssystemet:

- Kontakt mellan hjul och räls, rullningsljud.
- Motorer, kraftöverföring, växlar, transformatorer, luftkonditionering, kylare etc.
- Fordonens aerodynamiska egenskaper och aerodynamiskt buller.
- Vagnsdelar som är lösa och skramlar.
- Fordonens bromssystem, gnissel och bromsljud.
- Kurvskrik.
- Stötljud (vid växel och skarv).
- Signalljud (signalhorn och ringverk).

Olika ljudkällor dominerar vid olika hastigheter. Grovt kan man dela upp i följande intervall:

- < 30 km/h: Motorljud dominerar.
- 30–250 km/h: Rullningsljud dominerar.
- > 250 km/h: Aerodynamiskt ljud dominerar.

De flesta trafikeringssituationer i Sverige innebär att den dominerande bullerkällan är kontakten mellan hjul och räls, utom för höghastighetståg som även ger upphov till aerodynamiskt buller. Här kan även nämnas att spårväg i gata ofta trafikeras med låga hastigheter, under 30 km/h. För att vidta effektiva bullerdämpande åtgärder är det viktigt att ha kännedom om både hur bullret uppkommer och hur det strålar ut från järnvägsspåret och fordonen.

### Bullrets spridning

Det går att förutsäga ljudnivån i en given mottagarposition när man har detaljkunskap om ljudkällan, marken och väderleken. Tabellen nedan visar exempel på hur den ekvivalenta (ej den maximala) ljudnivån generellt förändras med avståndet, relativt ett avstånd på 25 meter från järnvägen, se tabell 8. Ljudnivån förändras mest på korta avstånd från spåret. Värdena i tabellen gäller vid fritt fält och plan mjuk mark. Tabellen kan bara användas för översiktliga bedömningar av bullerförändringen. För maximala ljudnivåer och mer detaljerade bedömningar måste bullerberäkningar göras. Vid spårtrafik är ofta de maximala ljudnivåerna dimensionerande vid behov av åtgärder.

TABELL 9. Generell förändring av ljudnivån relativt avståndet 25 m från spårmit

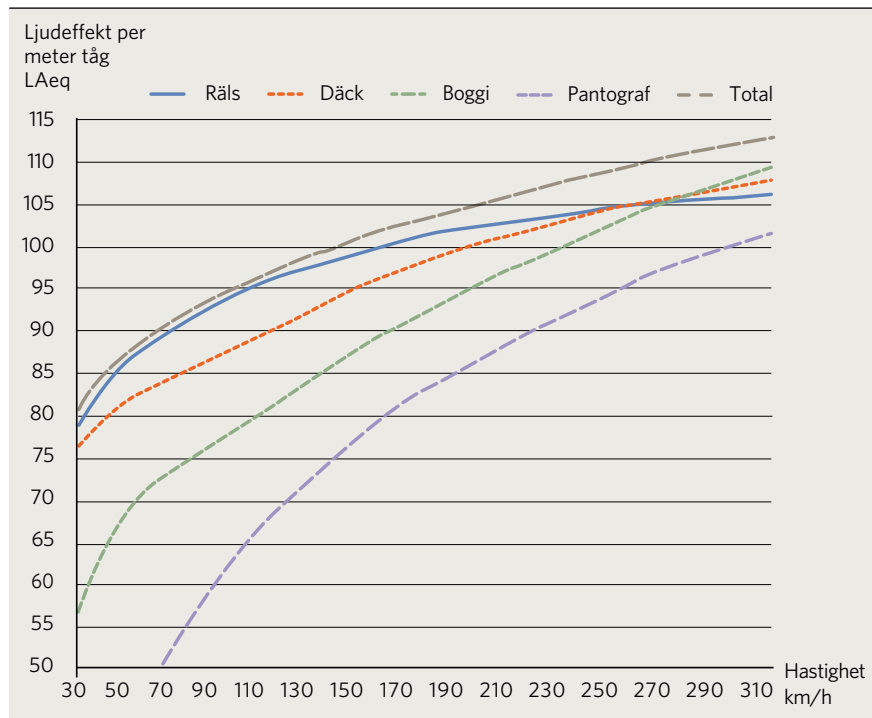
Avstånd från spår	Ljutförändring relativt avståndet 25 m från spårmit, ( $L_{eq}$ )
10 m	5 dBA
20 m	1 dBA
25 m	0 dBA
30 m	-1 dBA
40 m	-3 dBA
50 m	-4 dBA
75 m	-6 dBA
100 m	-8 dBA
125 m	-9 dBA
150 m	-10 dBA
200 m	-12 dBA
250 m	-13 dBA
300 m	-15 dBA



## Källstyrkor

För tågtyper som uppfyller TSD-kraven<sup>21</sup> på buller kan källstyrkor för räl och hjul samt aerodynamiskt buller från hjulhus och strömavtagare (pantograf) vara enligt diagram 6.

DIAGRAM 6. Emissionsdata



Det aerodynamiska bullret ökar mycket snabbare med hastigheten jämfört med rullningsljudet. Mellan 200 km/h och 320 km/h är ökningen 27 gånger. Som synes är det aerodynamiska bullret från hjulhusen (boggier) den dominerande bullerkällan vid 320 km/h. Det har mycket lågfrekvent inslag som innebär svårighet att dämpa ljudet med skärmar eller fasadåtgärder. Strömavtagarens höga läge gör att bullret från den är svårt och kostsamt att dämpa.

Not. 21. TSD-krav är ett EU-regelverk med tekniska specifikationer för driftskompatibilitet (TSD) för järnvägens delsystem. Det innehåller bland annat bullerkrav på järnvägsfordon.

### **Buller från kontakt mellan hjul och räls, rullningsbuller**

Ljud och vibrationer som uppstår från kontaktytan där hjulet rullar fram mot rälsen, sprids som luftljud, och överförs i vissa fall även som stomljud. Stomljud uppkommer genom att vibrationer fortplantas via marken till huskonstruktionen där de strålar ut som luftljud.

Förutom tågtyp, tåglängd och hastighet har även underhållet av fordonen stor betydelse för bulleremissionerna. Hjulstatusen kan variera mellan vagnar och lok i varje enskilt tågset. Hjulet på rälsen rullar inte helt jämnt mot underlaget. Ojämnheterna ger upphov till vibrationer i hjulet och rälsen. Vibrationerna sprids också ner i slipern. De vibrerande strukturerna orsakar tryckförändringar i den omgivande luften och genererar på detta sätt buller, så kallat rullningsbuller. Bullret ökar med hastigheten och är beroende av rälsytans och hjulringens ojämnheter, så kallad ytjämnhet.

Hjul som bromsas med gjutjärnsblockbromsar har mer ojämnheter på hjulringen än hjul som bromsas med bromsblock av andra material (komposit eller sintermaterial) eller av skivbromsar. Därför ger tåg med gjutjärnsblockbromsar, till exempel flertalet godsvagnar i Sverige, upphov till mer buller än andra tåg.

Motor- och traktionsljud uppkommer vid ett antal källor på fordonen såsom framdrivningsmotorer, avgassystem, fläktar och luftkonditioneringsystem. Motor- och traktionsljud är sällan beroende av tågets hastighet utan bidrar främst till bullerstörningar när fordonen är stillastående eller startar, samt vid låga hastigheter. Denna typ av buller är ett större problem med dieselmotorer än med elektriska motorer. En viktig aspekt är att dessa ljudkällor ofta är placerade högt upp på fordonen och därför svåra att dämpa med till exempel skärmar.

Aerodynamiskt buller är ljud som uppstår p.g.a. turbulens i luften när fordonet framförs. Allteftersom tågets hastighet ökar så ökar även luftrörelserna och ljudvågorna kring olika delar av tåget. Det aerodynamiska bullrets bidrag till den totala bullernivån har betydelse först vid hastigheter över 250 km/h. Höghastighetståg ger upphov till aerodynamiskt buller. Uppkomsten av aerodynamiskt buller är kopplad till fordonsutformningen som till exempel utformningen av fordonets front, strömvtagare och boggi.

Motorvagnar genererar generellt betydligt lägre bullernivåer än andra tågtyper och är den "tystaste" svenska tågtypen. Motorvagnar som tagits i trafik i Sverige sedan år 2000 är cirka 1–6 dBA tystare än äldre motorvagnar. En delförklaring till de lägre ljudnivåerna är att motorvagnar är försedda med skivbromsar istället för blockbromsar. Från och med 2006 måste nya fordon uppfylla krav på högsta tillåtna bullernivåer. Gränsvärdet för förbifartsbuller för elmotorvagnar vid 80 km/h, 7,5 meter från spårmittpunkt, är 81 dBA. Ljudnivån från nyare typer av motorvagnar är cirka 80–86 dBA. Ljudnivån från äldre typer av motorvagnar i Sverige beräknas vara några decibel högre.

Snabbtåget X2 är också relativt tyst vid låga hastigheter, men bullret ökar med hastigheten. Vid hastigheter över 200 km/h är maximalnivån från X2 till och med högre än från godståg. Nya snabbtågstyper är tystare än X2.

Godståg genererar normalt de högsta bullernivåerna. Merparten av godsvagnarna som trafikerar järnvägen i Sverige är utrustade med bromsblock av gjutjärn som förorsakar räfflor och andra ojämnheter i hjulringarna. Ojämnheterna ger upphov till rullningsbuller. Sedan 2006 finns inom EU bullerkrav på nya godsvagnar som innebär att de måste ha lågbullrande kompositbromsblock istället för gjutjärnsbromsblock<sup>22</sup>. En möjlighet är också att byta ut gjutjärnsbromsblock på godsvagnar mot tystare kompositbromsblock som kan ge en minskning av bullret med cirka 6 dBA<sup>23</sup>. "Tysta" bromsblock är på stark frammarsch i Europa. Flera länder tillämpar EU-regelverk för bullerdifferentierade banavgifter och har infört eller kommer att införa kompensations-system (bonus- eller bonusmalussystem). Tyskland och Nederländerna betalar redan idag ut en nationell subvention för efterkonverteringen av godsvagnar. Bytet medför ökade kostnader för branschen. Vinterförhållanden i Sverige gör att särskild hänsyn behöver tas till trafiksäkerheten för att säkerställa att bytet inte leder till bristfällig bromsföring.

Not. 22. Kommissionens förordning (EU) 1304/2014 om en teknisk specifikation för driftskompatibilitet avseende delsystemet "Rullande material - buller", om ändring av beslut 2008/232/EG och om upphävande av beslut 2011/229/EU.

Not. 23. Enligt uppskattning från VTI.



### Riktvärden för tunnelbana och spårvagnstrafik

Trafikförvaltningen vid Stockholms Läns Landsting har tagit fram riktlinjer för buller och vibrationer. Syftet är att i de fall vägledning saknas – i till exempel allmänna råd, vägledning, standarder – ska riktlinjerna visa på förvaltningens tolkning avseende till exempel hur bullerberäkningar/bullermätningar ska utföras. Vidare ska riktlinjerna skapa en samsyn med myndigheter och andra intressenter om tolkningar, ge intern vägledning i förhållningssätt avseende buller samt ge tydligt underlag till utvecklingsplaner för bullerskyddsåtgärder.<sup>24</sup>

Not. 24. Se vidare [www.sll.se](http://www.sll.se)

### **Läs mer:**

- Skriften Tysta gatan ISBN 978-91-7164-517-3, SKL. [www.skl.se](http://www.skl.se)
- Lågbullerbeläggningar i Sverige, State-of-the-art, Ulf Sandberg, VTI/ Metodgruppen, 2012. [www.metodgruppen.nu](http://www.metodgruppen.nu)
- Erfarenheter av bullerreducerande beläggningar, Torbjörn Jacobson, Leif Viman, VTI rapport 843, 2015
- SP Rapport 2015:72 Uppdaterade beräkningsmodeller för vägtrafikbuller. Krister Larsson; Hans Jonasson.
- EU Regulation no 540/2014.
- Kunskapssammanställning – EURO VI stadsbussar, Avgasemissioner Buller Miljöpåverkan Kostnader. Ecotraffic Rapport nr 157078. [www.ecotraffic.se](http://www.ecotraffic.se)
- Tystare stadsbussar – kravställning vid upphandling för minskat källbuller Koucky & Partners AB, Hanna Ljungblad, 2013, på uppdrag av Trafikverket. [www.koucky.se](http://www.koucky.se)
- Stoj ved bump på veje, Rapport 2 2001. Danmarks transportforskning. [www.vejforum.dk](http://www.vejforum.dk)
- Kommissionens förordning (EU) 1304/2014 om en teknisk specifikation för driftskompatibilitet avseende delsystemet ”Rullande material – buller”, om ändring av beslut 2008/232/EG och om upphävande av beslut 2011/229/EU.
- Trafikförvaltningens (SL) – Riktlinje Buller och Vibrationer. [www.sll.se](http://www.sll.se)



# Skyddsåtgärder

Om bullret inte kan minskas i tillräcklig omfattning där det uppkommer behöver skyddsåtgärder vidtas. Skyddsåtgärder mot buller kan antingen vidtas nära källan, mellan källa och mottagare eller vid mottagaren. Vilka metoder som är mest effektiva beror på omständigheterna i den aktuella situationen. Skyddsåtgärder i befintlig miljö är ett viktigt arbete eftersom exponeringen av bullret redan idag påverkar hälsa och livskvalitet för flera miljoner människor.

Skyddsåtgärder placeras normalt nära källan i form av skärmande åtgärder eller vid mottagaren genom skärm eller ljudreducerande fasadåtgärder. Även användning av absorberande material vid till exempel fasader räknas som skyddsåtgärd. Källåtgärder brukar anges som den bästa och mest effektiva åtgärden, men skyddsåtgärder är en både nödvändig och viktig del av åtgärdsarbetet, inte minst för att reducera ljudnivån för de mest utsatta. Skyddsåtgärder är dessutom ofta samhällsekonomiskt lönsamma och ett viktigt komplement i befintlig miljö.

Det är viktigt med bra kunskapsunderlag för att kunna välja den åtgärd som är mest optimal utifrån aktuell situation. I Sverige finns både hos kommuner och inom Trafikverket en lång erfarenhet av att arbeta med fasadåtgärder, antingen utformat som bidrag till berörda fastighetsägare eller att ansvarig väg- spårhållare genomför arbetet. Eftersom fönstren ofta utgör den svagaste delen i en fasad så är fasadåtgärderna främst inriktade mot att förbättra fönstrens ljudreducerande förmåga. Men även vägg, snedtak eller ventilation kan vara dimensionerande. Fönsteråtgärder och andra åtgärder på fasaden kan också ge andra synergieffekter så som ett behagligare inomhusklimat och minskad energiförbrukning. Väg- eller spårhållaren har ett ansvar som verksamhetsutövare enligt miljöbalken att begränsa de störningar som vägen eller järnvägen orsakar.

Detta kapitel handlar om skyddsåtgärder på befintliga byggnaders fasad samt bullerskyddsskärm och vall. Olika åtgärder beskrivs och vad man bör tänka på för att på bästa sätt nå den ljudreduktion som man vill åstadkomma.

## Bullerskyddsskärmar och vallar

När det gäller avskärmning av buller med konventionella bullerskärmar är höjden på skärmen den viktigaste faktorn, under förutsättning att den är tillräckligt lång och att ljudisoleringen är god, så att det ljud som går igenom skärmen är försumbart. Insättningsdämpningen ökar om skärmen flyttas närmare antingen källan eller mottagaren. Normalt är en placering nära källan mest effektiv, särskilt om källhöjden är låg. För att ytterligare öka skärmens effekt kan dess topp göras bredare. Dessutom är valet av material viktigt, både på skärmens topp och dess sidoytor. Ett akustiskt mjukt material (till exempel med hög porositet) är lämpligt.

I typisk stadsmiljö, med stark inverkan av reflexer, bör materialen även ha god akustisk absorptionsförmåga (som till exempel mineralull, porös fiberbetong, vitrumit eller vissa växtsubstrat). Betydande reflexer kommer ofta från fasader vid dubbelsidig bebyggelse, från skärmars sidoytor och från fordon, speciellt bussar, lastbilar och spårfordon. Se vidare i avsnittet om ljudabsorberande skärmar.

Effekten av olika bullerskyddsåtgärder behöver beaktas ur ett brett spektrum. Till exempel kommer det lågfrekventa ljudet bakom en bullerskärm inte att minska med lika många dBA som oskärmat trafikbuller när det transmitteras genom en fasad. Detta på grund av fönsters och övriga fasaddelars sämre ljudisolering vid låga frekvenser. Om flera åtgärder genomförs samtidigt, går det inte alltid att beräkna den totala effekten som summan av de enskilda effekterna i dBA. Det är enklare att dämpa ljud vid högre frekvenser än vid lägre, till exempel med passiva metoder som använder absorption, ljudisolering och skärmning. För att reducera lågfrekvent buller krävs ofta mer omfattande bullerskyddsåtgärder som högre skärmar.

Den viktigaste egenskapen som utmärker en bullerskyddsskärm är att den måste vara helt tät och dessutom ha en viss minsta ytvikt för att förhindra att ljudet går rakt igenom den. Människor värderar alltid den totala närmiljön och det är summan av alla intryck som speglar helhetsupplevelsen. Ett vackert bullerskydd som är väl anpassat efter miljön och i övrigt utgör ett positivt inslag kan förstärka upplevelsen av bullerminskningen.

**Täthet:** En bullerskyddsskärm måste vara helt tät, både mot marken och mellan olika sektioner/delar. Det får inte finnas några springor eller glipor. Skärmens



funktion försämras påtagligt om det finns långa springor, glipor eller andra otätheter mot marken eller mellan olika delar av skärmen. Förutsatt att den är tät kan flera olika material vara aktuella. Det är viktigt att de delar som ligger an mot marken är beständiga och hållbara även i ett längre tidsperspektiv.

**Ytvikt:** En enkel tumregel är att bullerskyddsskärmen ska ha en ytvikt på minst 15 kg/m<sup>2</sup>. Detta för att förhindra att ljudet går genom skärmen. Med en ytvikt på minst 15 kg/m<sup>2</sup> kan skärmens material i övrigt väljas fritt.

#### Europastandard SS-EN-1793 och SS-EN-1794-1

I Europastandarden SS-EN-1793 Vägutrustning – Bullerskydd – Provningsmetod för bestämning av akustiska parametrar, del 1 och 2 finns testmetoder som kan användas för att klassa bullerskyddsskärmars egenskaper. Standarden är antagen som svensk standard. Metoder för att klassa bullerskyddsskärmarna finns i SS-EN 1793 del 1 och 2:

Del 1 behandlar produkttegenskaper för ljudabsorption.

Del 2 behandlar produkttegenskaper för ljudreduktion dvs. hur lätt det är för ljudet att transporteras genom skärmen.

I Europastandarden SS-EN-1794-1 Vägutrustning – Bullerskydd – Icke-akustiska egenskaper – Del 1 och 2 finns testmetoder som kan användas för att klassa de icke akustiska parametrarna som i längden kan påverka bullerskyddets livslängd.

Del 1 behandlar mekaniska egenskaper och stabilitetskrav.

Del 2 behandlar säkerhets- och miljökrav.

Ovanstående standarder samt ytterligare standarder gällande bullerskydd vid vägar finns samlade i SS-EN 14388:2015 Vägutrustning – Bullerskydd – Specifikationer.

## Val av material

En bullerskyddsskärm kan utföras i valfritt material så länge ovan angivna krav på ytvikt och täthet uppfylls. Exempel på material är:

- › Skärmar av trä.
- › Skärmar av betong, till exempel murar eller tegel.
- › Skärmar av glas/plexiglas.
- › Skärmar med tät kärna omgiven av sten, gabioner.
- › Jordvallar uppfyller både kraven på täthet och ytvikt, och kan vara ett alternativ till skärm där det finns plats. Bullerskyddsvallar tar ofta större plats i anspråk då de har slänter på båda sidor. Vallens krön riskerar att hamna längre bort från bullerkällan dvs. Vägen/järnvägen på grund av slänten mot vägen/järnvägen. Därför kan en vall behöva vara högre än en skärm för att bli lika effektiv, alternativt kompletteras med en låg skärm på vallens krön.

Standarden, SS-EN 14388:2015, används för att klassa bullerskyddsskärmens egenskaper när det gäller ljudreduktion och ljudabsorption. Det är dessa egenskaper som utmärker en bullerskyddsskärm och dess förmåga att minska trafikbullernivån. Ju högre skärmdämpning som eftersträvas desto högre är kravet på skärmens ljudreduktion. Vid val av en klassad produkt bör man sträva efter en skärm som uppfyller kraven för någon av de båda högre ljudklasserna (dvs. B2 eller B3).

Trots att teknik för tillverkning av absorberande bullerskydd från återvunnet avfall av polymer och elastomer har funnits i många år, används till stor del material som innehåller betong, murverk, trä, metall och akrylglas i tillverkningen av bullerskärmar. Förändring pågår dock och flera typer av bullerskärmsystem som inkluderar återvunnet material börjar bli tillgängliga. De vanligaste typerna är bullerskydd med träfiberbetong, granulerade gummidäck och skärmar tillverkade av återvunnen plast, ofta blandad med andra återvunna material. Man kan styra de akustiska egenskaperna hos det återvunna materialet genom att kontrollera porstorleksfördelning, proportion av öppna och sammanbundna porer, samt densitet.



Bullerskärm vid perrong. Foto: Polyplank.



Lokal skärm vid en förskola. Foto: Stockholms stad.



Bullerskärm invid väg. Foto: Polyplank.



Skärm av trä och glas vid uteplats. Foto: Marie Lundqvist, Trafikverket.

### **Skillnaden mellan ljudreduktion och skärmdämpning**

Ljudreduktionen är en material- eller produktgenskap som främst beror på skärmens material och konstruktion. Ljudreduktionen anger hur effektivt skärmen hindrar ljudet från att fortplantas genom skärmaterialet. Skärmdämpningen är ett mått på vilken bullerminskning man får inom ett visst område, till exempel ett bostadsområde, då en skärm placeras på ett givet avstånd från till exempel en väg. Skärmdämpningen bestäms främst av hur stor andel av ljudet som passerar över (eller bredvid) skärmen respektive hur stor andel av ljudutbredningen som hindras av skärmen.

Flera samarbets- och forskningsprojekt har undersökt hur man kan utforma skärmar och skärmkrön för att öka skärmens dämpande förmåga relativt ett traditionellt vertikalt plank. Syftet är att med bibehållen skärmhöjd uppnå en högre dämpning.

Den slutliga skärmdämpningen beror i varje situation på skärmens höjd, placering och utsträckning i längsled i förhållande till aktuell bullerkälla, till exempel en trafikled, och den plats man vill bullerskydda, till exempel ett bostadsområde eller en skola. Skärmdämpningen kan alltså variera för en och samma typ av skärm med samma höjd beroende på skärmens placering och utsträckning. De enskilda förhållandena på varje plats är avgörande för den slutliga skärmdämpningen.

### **Dimensionering av bullerskyddets höjd, utsträckning och placering**

En bullerskyddsskärm eller vall måste ha en viss sammanhängande utsträckning och en viss höjd över bullerkällan för att vara effektiv. Placeringen av skärmen mellan en väg/järnväg och den plats som ska skyddas har också stor påverkan på resultatet. Avskärmningens placering, och övriga förhållanden på respektive plats, avgör vilken utsträckning och höjd som behövs för att få en önskad bullerminskning. De nationella beräkningsmodellerna för trafikbuller kan användas för att dimensionera avskärmningens höjd och utsträckning. Man kan modellera effekten av olika placeringar och vad som krävs för att nå en viss minskning av trafikbullernivån. För att få god effekt ska bullerskyddet i första hand placeras så nära bullerkällan, dvs. vägen eller järnvägen, som möjligt. I andra hand kan bullerskyddet placeras nära den plats man önskar skydda. En placering ”mitt emellan” bullerkällan och den plats som ska skyddas ger sämre effekt och bör undvikas. Skärmen bör sträckas ut och avslutas gradvis för att undvika störande effekter när fordon passerar utanför skärmen.



Bullerreducering med hjälp av mjuk mark och växtlighet.

Mer information om beräkningsmodeller finns i kapitel 6.

### **Öppningar för passage**

Ibland behövs det öppningar i ett bullerskydd, till exempel för en gångväg. För att inte öppningen drastiskt ska minska skärmens dämpande effekt kan man låta skärmen gå omlott. En tumregel är att överlappningen mellan skärmarna ska vara minst 3 gånger så långt som avståndet mellan den främre och den bakre skärmen och öppningen inte större än avståndet mellan de två skärmarna.

### **Tätning mot mark**

En grundförutsättning för att bullerskyddsskärmen ska fungera är att den är tät mot marken. Tätheten mot marken måste också vara bestående över tid, vilket kan uppnås genom att utföra den nedersta delen av bullerskyddet i ett material som är beständigt mot fukt.

### **Tätt mellan skärmens paneler, sektioner och material**

Skärmar kan vara uppbyggda av olika material. På samma sätt som det krävs täthet mot marken måste det även vara tätt mellan skärmens paneler och sektioner eller mellan olika material. Skärmens täthet över hela dess livslängd måste säkerställas utifrån skärmens material, till exempel trä, glas, minerit eller plåt.

Träpanel torkar ut och riskerar att böjas – ”slå sig”. Detta kan kompenseras genom tillräckligt långt överlapp eller tätning på annat sätt, till exempel med ett beständigt skivmaterial bakom träpanelen.

### Impregnering av virke

Impregnerat virke är oftast furu och impregneringen utförs industriellt. Splintveden är den del av virket som kan ta upp impregneringsmedel. De träskyddsmedel som kan användas finns upptagna i SP:s (SP heter numera RISE) *Förteckning över godkända träskyddsmedel*. Medlen indelas efter det lösningsmedel som används:

1. Vattenlösliga medel (salter), till exempel koppar- och kromhaltiga medel.
2. Oljor och oljelösliga medel, till exempel kreosot respektive tennorganiska medel.

Ytterligare information om trä när det gäller beständighet, hantering med mera finns på Träguiden.<sup>25</sup> Välj underhåll, samt ytbehandling.

### Underhåll

Vid val av träskärm är träslag, impregnering, målningsintervall och överdel som leder bort regnvatten viktiga parametrar för beständigheten. Likaså att marken sluttar bort från skärmen så att markvatten leds bort och att ändträet skyddas, samt att eventuellt klotterskydd används. Det är väsentligt att tätheten bevakas. En skruvad skärm är säkrare än en spikad, eftersom träet alltid rör på sig. Brist på underhåll kan på bara några år försämra effekten av bullerskyddet och resultatet av den ursprungliga investeringen blir liten.

En öppning i anslutning mot marken kan uppkomma genom att marken sätter sig mellan skärmens stöd eller att fundamentet till skärmens stolpar lyfts av tjälen. En lösning kan vara en särskild skärmdel i marken som är lätt utbytbar. Det är av vikt att skärmen utformas så att vatten inte blir stående så att virket börjar ruttna.

### Ljudabsorberande skärmar

Bullerskyddsskärmar kan ge upphov till ljudreflexer. Risken är störst för skärmar med stor slät yta men avsevärt mindre för bullerskyddsvallar eller skärmar som inte är helt vertikala, dvs. lutar i en viss vinkel. Ett annat sätt att minimera risken för ljudreflexer är att förse skärmen med ett ljudabsorberande ytskikt.

Metoder för att klassa bullerskyddens ljudabsorbenter finns i SS-EN 1793, del 1, som behandlar produkttegenskaper för ljudabsorption. Vid val av en klassad ljudabsorberande skärm bör man sträva efter en produkt som uppfyller kraven för någon av de båda högre absorptionsklasserna, dvs. A3 eller A4.

Not. 25. [www.traguiden.se](http://www.traguiden.se)

Exempel på en ljudabsorbent som kan användas är 50 mm mineralull. Mineralullen behöver väderskyddas med ett ytskikt, till exempel av gles träpanel, streckmetall, träullsskivor eller kantställd håltegel.

I de flesta situationer ger absorberande material positiv effekt på bullerdämpningen. I följande fall är det särskilt viktigt att välja en ljudabsorberande skärm:

- Då bullerskyddsskärmar eller stödmurar placeras på båda sidor om en trafikled.
- Enkelsidig skärm vid trafikled, då det finns bostäder eller känslig bebyggelse på andra sidan vägen (om det finns risk för ogynnsamma ljudreflexer).
- Då bullerskyddsskärm placeras nära järnväg med risk för ogynnsamma reflexer mellan skärmen och tågsidan.
- Vid öppning, till exempel då en GC-väg ska passera genom skärmen. Ljudabsorbent placeras på skärmens insida där de går omlott.
- Vid tunnelmyningar och stödmurar utanför tunnelmyning.
- Vid placering som ”mittskärm” dvs. mellan spåren vid flerspårs järnväg.
- Vid mittbarriär mellan körfält, till exempel ”betongsuggor”.
- I de fall en effektiv minskning av trafikbullernivåer behövs ska skärmen alltid ha en ljudabsorberande yta.

### **Låga spårnära bullerskärmar**

Ett alternativ till att placera bullerskärmar nedanför banvallen, är att placera låga skärmar på banvallen, nära spåret. Sådana skärmar placeras på samma avstånd ifrån spåret som en vanlig perrong och har också oftast samma höjd. Det innebär att denna typ av skärmar kan reducera buller med cirka 5–11 dB beroende på bland annat typ av skärm och vilka tågtyper som trafikerar spåret, utan att samhällsbilden påverkas negativt av barriäreffekter.

Det finns två olika typer av låga spårnära bullerskärmar: de som förankras i banvallen och de som står själva av egenvikt. En skärm som förankras i banvallen kan vara tunnare och tar då mindre plats, medan en skärm som står av egenvikt har en enklare grundläggning och möjlighet att agera plattform för utrymning av tåg. Det är viktigt att beakta det korta avståndet mellan tåg och skärm.

I Sverige har låga spårnära bullerskärmar använts sedan mitten av nittiotalet.



Låg spårnära bullerskärm. Foto: Z-bloc Norden AB.



Låg spårnära bullerskärm. Foto: Z-bloc Norden AB.



Låg spårnära bullerskärm. Foto: ATA.





Roslagsbanan Stockholm. Foto: Soundblock.



Låg spårnära bullerskärm. Illustration: Z-bloc Norden AB.

## Bullervallar

Där det finns mer utrymme kan en jordvall användas för skärmning, vilket ger en mer öppen terräng med till exempel vegetation på vallen. Andra fördelar är en mycket lång livslängd med begränsad underhållskostnad.

Det finns ett val mellan jordvall och skärm vid bullerskydd. Vi förutsätter att skärmen uppfyller de krav som diskuterats ovan. En jordvall och en skärm som placeras så att krönet är på samma avstånd från väg/järnväg och som i övrigt har samma utsträckning och höjd ger i princip samma bullerminskning.

Då jordvallen har en utbredning i sidled kan en skärm i praktiken oftast placeras närmare vägen eller järnvägen. Jordvallen måste då vara högre för att ge samma bullerminskning.

Bullerskyddsvallar bör ha en lutning mot vägen som inte är brantare än 1:2 för att inte utgöra en trafikfara. Bullerskyddsvallar måste utformas med hänsyn till markens bärighet och eventuella ledningsstråk längs eller tvärs vägen. Vid dåliga markförhållanden kan marken behöva stabiliseras för att vallen inte ska sjunka ihop med tiden. Lutningen måste också anpassas så att vallen går att sköta. För brantare lutningar kan vallen behöva armeras eller kombineras med gabioner/stödmur.

### Masshantering

Masshantering syftar oftast till att så långt möjligt se till att projektets befintliga jord-, grus- och bergmassor är tillräckliga för den planerade anläggningen. Detta innebär att massor som uppfyller kraven för de material som ska ingå i olika delar av anläggningen återanvänds inom projektet. Det kan till exempel gälla massor till bullerskyddsvallar. Infrastrukturprojekt strävar mot att nå massbalans i så stor utsträckning som möjligt. Massbalans innebär kortfattat att alla överskottsmassor som uppkommer (utom förorenade massor) återanvänds.



Genomsiktig bullerskärm invid väg. Foto: SKL.

## Krav på tillstånd

Det krävs tillstånd från kommunen för att uppföra bullerskyddsskärmar eller vallar inom detaljplanelagt område eller där bygglov krävs.

## Ljudreduktion

Skärmar bör dimensioneras för att ge minst 5 dBA bullerminskning för att ljudmiljön ska uppfattas som förbättrad. I vissa fall kan det vara motiverat att uppföra en skärm även om bullerminskningen är mindre än 5 dBA.

Då trafikbuller passerar över en skärm sker, förutom en minskning av den totala bullernivån, även en viss förändring av frekvensfördelningen. Bullret bakom skärmen har större andel ljud med låga frekvenser jämfört med frekvensfördelning ”utan skärm”.

## Andra skyddsåtgärder för att minska buller

Exempel på andra åtgärder som kan minska buller är:

- › Att placera ny bebyggelse så att den skyddar bakomliggande bebyggelse mot buller.
- › Nedsänkning av väg/järnväg, eventuellt kompletterad med en överdäckning.
- › ”Bullerskyddsskärmar” på fordonen istället för längs vägar och järnvägar.

## Kombination av skärm och andra skyddsåtgärder

En kombination av olika skyddsåtgärder kan i många fall vara nödvändig för att minska trafikbullernivåerna på ett effektivt, estetiskt och ekonomiskt sätt. För att begränsa bullerskyddsavskärmningens höjd kan en inriktning vara att skärma av bottenvåningen och eventuell uteplats. Denna åtgärd kan kompletteras med en lokal skärm vid uteplats och fönsteråtgärder på de högre våningsplanen.

Som nämnts i tidigare avsnitt kan en vall kombineras med skärm på vallens krön. På detta sätt kan man få tillräcklig höjd och därmed bullerminskning. Om man önskar förstärka intrycket av ett ”grönt bullerskydd” kan växter planteras utmed skärmen.



Grön skärm konstruerad av Stockholms stad. Foto: Stockholms stad.



Detalj grön skärm. Foto: Stockholms stad.

## Fasadåtgärder

En mängd olika variabler påverkar möjligheten att nå en hög ljudreduktion i befintliga bostäder. Det handlar exempelvis om byggnadens konstruktion, material och utförande av fasadens olika delar. De vanligaste fasaddelarna som har betydelse för den totala ljudreduktionen är yttervägg, fönster, eventuell friskluftsventil och snedtak. I fotot nedan visas de delar av byggnaden som kan ha betydelse för vilken trafikbullernivå man får inomhus i bostaden.



Byggnadsdelar som påverkar ljudnivån inomhus.

Ibland är det tillräckligt att förbättra fönstrens ljudreduktion eftersom dessa i många fall är den del av fasaden som kan vara den ljudmässigt svagaste delen av fasaden. Det gäller till exempel flertalet byggnader med tung yttervägg såsom t.ex. äldre byggnader med stenfasad. I andra fall kan flera delar av fasaden behöva åtgärdas. Upphandling av byggdelar såsom fönster, fönsterdörrar och yttervägg ska som alltid avse ljudklassade produkter med tillräcklig ljudreduktion.

Trafikverket har genomfört ett utvecklingsprojekt<sup>26</sup> med syfte att förbättra metoder och produkter för att säkerställa att de bullerskyddande åtgärder som görs får avsedd effekt. Projektet har bland annat tagit fram ungefärliga tumregler för vilka fasaddelar som ska beaktas vid en första bedömning av åtgärdsbehov för att klara riktvärdena inomhus. Åtgärdsbehovet beror på trafikbullernivåerna men påverkas även av trafikslag och hastighet. Tumreglerna baseras på omfattande mätningar av fasaders ljudreduktion.<sup>27</sup>

› ***Fönsteråtgärder är vanligen tillräckliga***

Vanligen räcker det med att fönster åtgärdas. Dessutom kan friskluftsventiler behöva ersättas med ljuddämpande ventiler.

› ***Kontrollera även vägg***

En kontroll av ytterväggen kan behöva göras för att ge en uppfattning om väggens ljudreducerande förmåga. Friskluftsventiler bör ersättas med ljuddämpande ventiler genom vägg. Friskluftsventiler i fönsterkarmar bör undvikas.

› ***Ta hänsyn till vägg***

För att nå riktvärdet inomhus kan det krävas åtgärder på yttervägg. Friskluftsventiler bör ersättas med ljuddämpande ventiler genom vägg. I många fall behövs även utanpåliggande ljudfällor.

› ***Tekniskt svårt och mycket kostsamt att nå riktvärden***

Det kan bli tekniskt svårt och mycket kostsamt att nå riktvärdet inomhus. Alla delar av fasaden bör inventeras, projekteras och utföras med största noggrannhet. Friskluft bör tas in från bullerskärmad sida.

Fasadprojektet innehåller även annan information om vad som krävs för att befintliga hus med behov av bullerskyddande åtgärd, ska få en god ljudmiljö inomhus.

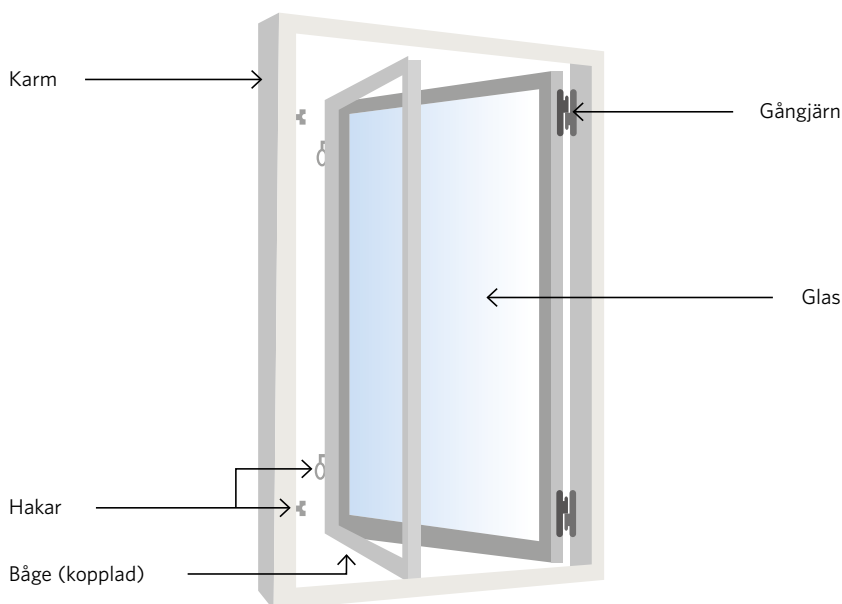
Not. 26. Fasadåtgärder som bullerskydd – Ett branschgemensamt utvecklingsprojekt, slutrapport. [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)

Not. 27. Fasadåtgärder som bullerskydd – Ett branschgemensamt utvecklingsprojekt, slutrapport. [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)

## Fönster

När man planerar att åtgärda befintliga fönster för att förbättra fönstrens ljudreduktion mot trafikbuller bör man passa på att överväga om man kan hitta åtgärder som samtidigt minskar byggnadens energibehov. Genom att ta fram lösningar som både minskar bullernivån och samtidigt sparar energi, kan både individen och samhället spara mycket pengar och få en bättre miljö.<sup>28, 29</sup>

Grundkonstruktion av ett fönster består av följande delar:



Fönster och dess delar. Bilden visar ett exempel på en vanlig grunduppbyggnad för fönster från 1930-talet och framåt.

### › Karm

Fönsterkonstruktionen bärs upp av en kraftig ram, så kallad karm. Karmen skruvas fast i ytterväggen, ibland i träreglar, som utgör husets fönsteröppning.

Not. 28. Stockholms Stad. <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=94588>

Not. 29. Optimering av ljud- och energiåtgärder i fönster. Stockholms miljöförvaltning juni 2009.

› Glas

I skiss på föregående sida visas ett fönster med två glasrutor. Glasets tjocklek är idag oftast 4 mm. Äldre glasrutor är i de flesta fall 2 eller 3 mm tjocka.

› Gångjärn

Ett öppningsbart fönster förses med gångjärn. Beroende på hur fönstret öppnas krävs olika typer av gångjärn.

› Hakar

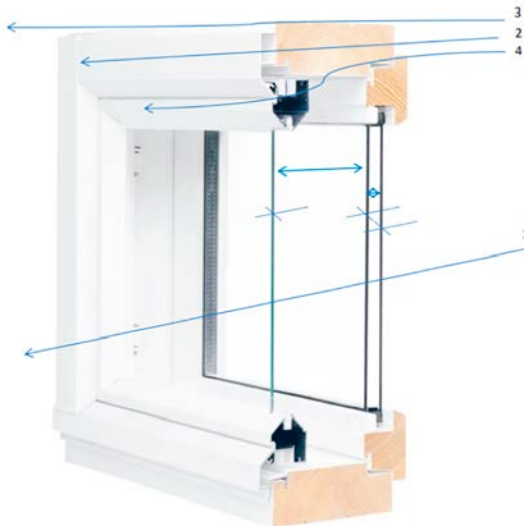
För att öppna och stänga fönstret används hakar i de enklaste fallen. På bilden visas ett exempel på enkla hakar.

› Båge

Den ram som håller glasdelen kallas för båge eller fönsterbåge. Bågen kan hålla flera glas beroende på konstruktion.

› Möjliga vägar för ljudet att ta sig genom ett fönster

Bilden visar exempel på var ljudet kan ta sig in genom ett fönster:



1. Genom glasrutan.

2. Genom karmen/bågen.

3. Genom springan mellan vägg och karm.

4. Genom otätheter mellan karm och båge.

Domlux. Trafikbullernivån inomhus bestäms i många byggnader huvudsakligen av fönstrens ljudisolering mot utifrån kommande trafikbuller. Trafikbullernivån inomhus är i dessa fall summan av det totala trafikbullret som tar sig in genom fönstrets olika delar.



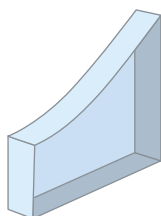
Ljudnivån inomhus avgörs av den ljudenergi som de fyra vägarna/delarna sammantaget släpper igenom. Om någon av transmissionsvägarna är akustiskt mycket svagare än de andra kommer den att ensamt styra vilken ljudnivå som uppstår inomhus.

Generellt är det helt avgörande att fönstret är lufttätt för att minska trafikbullernivån utifrån. En viktig detalj är att det måste finnas fungerande tätningsslister mellan karm och fönsterbåge samt att utrymmet mellan karm och vägg är tätat. Näst efter att fönstret är lufttätt avgörs ljudreduktionen i glasdelen av fönstrets glastjocklek, antal glas och avståndet mellan glasrutorna. Förenklat gäller att ju tjockare glasrutor och ju längre luftavstånd desto bättre blir ljudreduktionen. Då det finns två eller fler glasrutor i ett fönster bör glasrutorna ha olika tjocklek och glasavstånd för att fönstret ska få så bra ljudreduktion som möjligt.

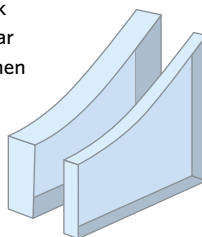
## Faktorer som påverkar fönsters ljudreduktion

De ljudreducerande egenskaperna beror, förutsatt att fönstret är tätt och fullgott monterat, på glasrutorna och/eller spalterna mellan glasen. De fyra skisserna nedan i visar glasrutornas betydelse för den totala ljudreduktionen.<sup>30</sup>

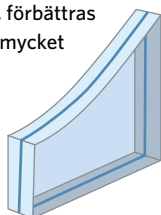
Med tjockare glas förbättras ljudreduktionen



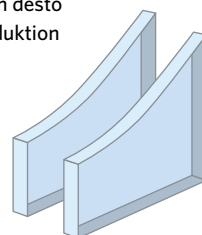
Olika tjocklek på glasen ökar ljudreduktionen



När flera glas lamineras ihop t.ex. med folie, så att man får lägre böjstyvhet, förbättras ljudreduktionen mycket effektivt



Ju större avstånd mellan glasen desto högre ljudreduktion



Tjockare glas och olika tjocklek på glasrutorna ökar ljudreduktionen. Laminerat glas och större avstånd mellan glasrutorna ökar ljudreduktionen.

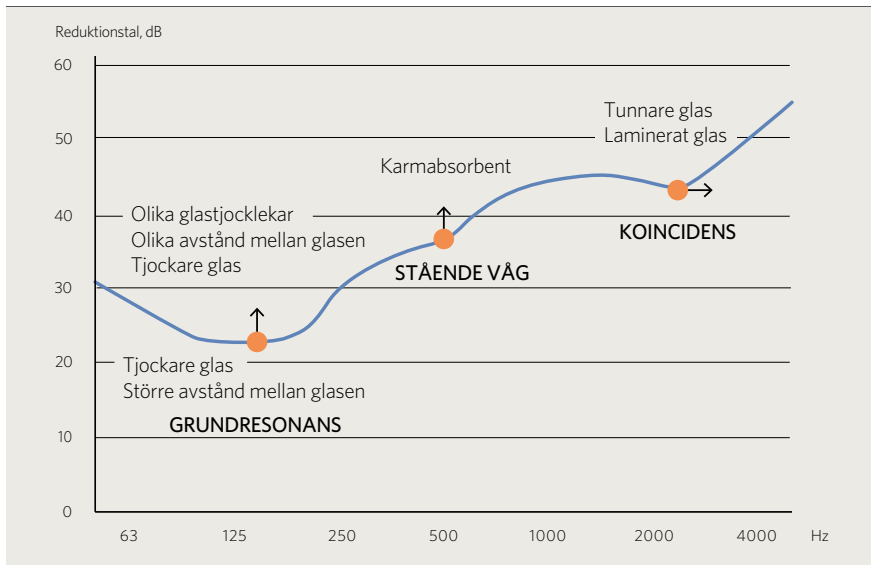
Not. 30. Referens: Pilkington.com Glasfakta 2012.

## Glaset utformning och egenskaper

När man ökar glasets tjocklek blir rutan tyngre och ljudvågorna kan inte sätta den i svängning lika lätt. Glasrutans reduktionstal ökar med 6 dB vid varje fördubbling av tjockleken. Det gäller från lågfrekvent ljud upp till den frekvens där koincidens inträffar, se de två nedre skisserna på föregående sida. Vid koincidens överensstämmer det yttre ljudets svängningsmönster med glasets svängningsmönster och ljudreduktionen försämras. Med lägre böjstyvhet och lägre massa inträffar koincidensen vid högre frekvenser vilket är önskvärt då fönstrets ljudisolering därmed generellt blir bättre. När glaset är tjockare än 4 mm kan det därför vara bra att istället laminera ihop flera glasskivor eftersom det ger lägre böjstyvhet. Två 4 mm glasskivor som lamineras ihop ger bättre ljudreduktion än en 8 mm homogen glasruta. Det finns olika typer av laminering med olika filmtjocklek, till exempel 0,36 eller 0,76 mm, vilket också påverkar den totala ljudreduktionen. För de lågfrekventa ljuden, upp till cirka 1 000 Hz, märks däremot ingen förbättring.

I ett fönster med flera glasrutor kan rutorna svänga i takt. Detta kallas grundresonans och försämrar ljudreduktionen, se diagram 7. Med asymmetri, dvs. med olika tjocklek på glasen, blir försämringen inte lika kraftig och fönstrets ljudreduktionstal höjs.

DIAGRAM 7. Åtgärder såsom glastjocklek, luftavstånd med mera ger effekt i olika frekvensområden



## Avstånd mellan glasen

När glasens tjocklekar är givna är det avståndet mellan dem som avgör vid vilken frekvens grundresonansen uppstår. Ju större avstånd desto längre ned i frekvensområdet uppstår resonansen. Vid avstånd upp till 20 mm är förbättringen mycket marginell, men vid större avstånd får man en rejäl förbättring av ljudreduktionen. Detta kan man åstadkomma till exempel i fönster med kopplade bågar eller med tillsatsrutor. Det är oftast en fönsterkonstruktion med mycket stort avstånd mellan glasrutorna för att öka ljudreduktionen i frekvensområdet runt 500 Hz, och det kan då behövas en karmabsorbent i mellanrummet mellan glasen. Glasen ska helst också monteras i separata bågar. I treglasfönster kan man skapa asymmetri genom att välja olika avstånd mellan glasrutorna och olika tjocklek på glasen. Detta ger mindre utpräglad grundresonans, och höjer reduktionstalskurvan, vilket förbättrar det totala reduktionstalet.

## Lågfrekvent ljud

I vissa situationer kan trafikbullret orsaka en större andel lågfrekvent buller än i "normalfallet".

Exempel i stadsmiljö är busshållplatser och stationer där bussarna dels går på tomgång och dels accelererar från stillastående. Även vid gatukorsningar där körmönstret ofta omfattar tomgångskörning och kraftig acceleration kan andelen lågfrekvent ljud bli mer dominerande.

Det bästa är att jämföra uppmätt reduktionstalskurva för olika fönster/väggar och välja det som har bäst reduktion i lågfrekvensområdet. Det framgår av den reduktionstalskurva som tillverkaren redovisar. Denna kommer oftast från en standardiserad ljudisoleringsmätning i laboratorium och redovisar reduktionstalet uppdelat i tersband från 50–5 000 Hz.

En mer översiktlig metod är att jämföra sammanfattningsvärdena  $R_w$  och  $R_w+C_{tr}$ . För flertalet fönster är förhållandet mellan dessa båda värden  $R_w+C_{tr} = R_w-5$  dB. För ett fönster med bättre ljudreduktion i lågfrekvensområdet är skillnaden mindre än 5 dB. En yttervägg med hög ljudreduktion i lågfrekvensområdet är en tung yttervägg av tegel eller betong samt isolerad med mineralull. Ytterväggar kan kontrollmätas i laboratorium med avseende på ljudreduktion på samma sätt som fönster och fönsterdörrar. Vanligen redovisas resultatet både som ett diagram med reduktionen i varje tersband mellan 50–5 000 Hz och ett sammanfattningsvärde.

Friskluftsventiler bör undvikas i fasader med krav på hög ljudreduktion. Spårtrafik orsakar normalt ett mer högfrekvent buller än vägfordon. Ibland kan det dock vara befogat att fokusera på lågfrekvent buller, till exempel på

platser där diesellok används. Det kan vara vid industrispår eller gälla växlingslok vid rangerbangårdar. Vid planering av bostäder på platser där man kan förutse att trafiken kommer att orsaka en större andel lågfrekvent buller, är det viktigt att tidigt säkerställa en god fasaddämpning även i lågfrekvensområdet. Upphandling av byggdelar såsom fönster, fönsterdörrar och yttervägg ska som alltid avse ljudklassade produkter med tillräcklig ljudreduktion såväl i det aktuella lågfrekvensområdet som för det sammanvägda ljudet.

## Befintliga fasader

### Ljuddämpning befintliga fasader

En stor mängd mätresultat från bland annat Stockholm, Malmö och Helsingborg visar att befintliga ”vanliga fasader” i genomsnitt minskar trafikbullret med mellan 27–34 dBA (skillnaden mellan frifältsvärde utomhus vid fasad och inomhusnivån i normalt möblerade rum och med normal fönsterandel på cirka 25–30 procent av fasadytan). Medelvärdet är cirka 29 dBA. Detta resultat är representativt för ett genomsnitt av vanligt förekommande fasader (med 2–3 glasrutor) med olika ålder, täthet med mera och varierande underhåll. Man kan därför som utgångspunkt anta att detta värde är ett vanligt värde för normal minskning av buller från gatutrafik i stadsmiljö för ”befintliga fasader”. Värdet gäller vid fritt flytande trafik med normal andel tung trafik.

På platser där trafiken inte är fritt flytande, eller med högre andel tung trafik, är dämpningen ofta lägre. I genomsnitt kan man räkna med en dämpning i det lägre intervallet vid äldre bebyggelse. Det gäller till exempel om det ofta förekommer tomgångskörning såsom väldigt nära trafikljusreglerade korsningar och busshållplatser eller under andra speciella omständigheter som vid hög andel tunga fordon.

Sammanfattningsvis kan man räkna med följande ungefärliga värden för ”normal” minskning av trafikbullernivån via befintliga fasader:

- › Cirka 30 dBA vid gatuavsnitt med fritt flytande stadstrafik och måttlig andel tunga fordon.
- › < 30 dBA där det frekvent förekommer tomgångskörning till exempel vid busshållplatser eller ljusreglerade korsningar eller vid hög andel tung trafik till exempel bussgator.

Vid detaljerad bedömning av åtgärdsbehov, till exempel vid utredning och projektering av åtgärder, bör ett lägre värde (25–27 dBA) användas som en nedre gräns i urvalsprocess om vilka bostäder som behöver utredas.

## Åtgärder på befintliga fönster

En ljudreduktion med upp till 4 dBA kan uppnås med åtgärder som nya tätningslistor och vid behov drevning mellan vägg och karm, beroende på fönstrets utgångsläge.

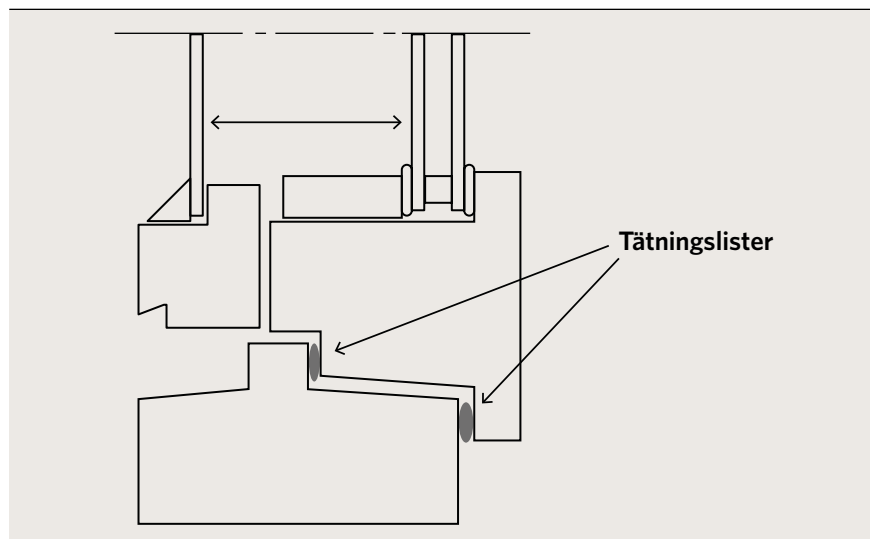
### Tätninglistor mellan karm och båg

Om man överväger att förbättra befintliga fönsters ljudisolering kan man först försöka med enkla medel. Prova att förbättra ett fönsters ljudisolering mot utifrån kommande buller genom att se till att tätningslistorna är hela, passar väl i den aktuella springan och av rätt material. Om tätningslistorna inte är hela eller om de är gamla, dvs. styva och oelastiska, kan det vara dags att byta till nya. Det är viktigt att tätningslistorna är väl anpassade efter den springa de ska täta. För att täta mot buller sak tätningslistor ska vara av silikon eller EPDM-gummi, inte tyg eller skumgummi.

En enkel egenkontroll kan göras med ett vanligt pappersark som utvisar om tätningslistorna är väl avpassade och ligger an med lagom ”tryck” så att det blir tätt mellan fönsterbåge och karm. Provet går till så att ett normalt pappersark läggs mellan båge och karm på en sida i taget och fönstret stängs. Tätninglistan är väl avpassad om pappret går att dra ut med visst motstånd men utan att sitta fast så hårt att det går sönder.<sup>31</sup>

För fönster med riktigt hög ljudisolering är det vanligt att det finns mer än en tätningslist och då kan samtliga behöva bytas.

FIGUR 5. Exempel, fönster med dubbel tätningslist



Not. 31. Boverkets handbok *Bullerskydd i bostäder och lokaler*.

Fönstret kan även behöva justeras på samma sätt som exempelvis innerdörrar om de satt sig och därför inte hänger rakt. På fönsterleverantörens webbplats brukar monteringsanvisningar och information om efterjustering finnas tillgänglig.

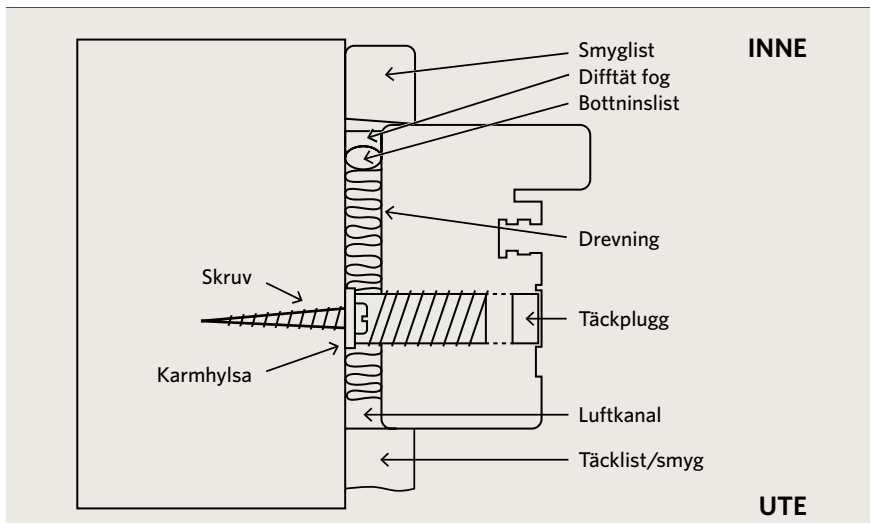
### Drevning av spalten mellan karm och vägg

Mellanrummet mellan fönstrets karm och ytterväggen är ofta en spalt på 1–2 cm runt hela karmen. Även denna spalt måste ha tillräcklig täthet. För att uppnå god total ljudreduktion ska spalten drevas med till exempel mineralullsremsor och sedan tätas med till exempel elastisk fogmassa på insidan, se avsnitt nedan om montering. Observera att fogskum utan elasticitet riskerar att koppla mot fönstrets karm vid expansion, vilket kan försämra passformen mellan karm och båge och därmed försämra ljudreduktionen.

För att förbättra befintliga fönsters ljudreduktion kan drevning och täthet såsom mineralullsremsor och fog mellan karm och vägg behöva kontrolleras och vid behov bytas eller förbättras. Principskiss visas nedan.

### Yttervägg Fönsterkam

FIGUR 6. Exempel på drevning och tätning mellan karm och vägg



I figur 6 visas ett exempel på hur drevning av utrymmet mellan karm och vägg kan utföras. När man önskar riktigt hög ljudreduktion rekommenderas drevning med mineralullsremsor. Drevningen ska fylla ut utrymmet men får inte packas för hårt och definitivt inte så hårt att karmen böjs.

## Ytterligare åtgärder på befintliga fönster

För att det ska vara aktuellt att förbättra befintliga fönsters ljudreduktion utöver tätning (enligt avsnittet ovan) krävs att fönstrens allmänna skick är tillräckligt bra. Till exempel måste tråkvaliteten vara tillfredsställande i såväl karm som båge.

För vissa byggnader, med kulturhistoriskt värde, är det inte alltid tillåtet att förändra utseendet på byggnadens fasad. Det kan till exempel vara så att de befintliga fönstren inte får bytas ut. För dessa byggnader är det enda alternativet att renovera befintliga fönster och förbättra ljuddämpningen i så stor utsträckning som möjligt eller tillåtet i varje enskilt fall till exempel genom tillsatsruta på insidan.

## Byt eller komplettering av glasruta

Efter att ha kontrollerat och vid behov åtgärdat fönstrets täthet är nästa åtgärd för att förbättra ljudreduktionen att se över antalet glas, deras tjocklek samt luftavståndet mellan glasrutorna eller eventuella isolerpaket.

## Byte till en tjockare glasruta

I de fall samtliga glasrutor i ett kopplat fönster har samma tjocklek kan man förbättra ljudreduktionen genom att byta ut någon av glasrutorna till en ny med tjockare glas. Även om rutorna har olika tjocklek kan det vara aktuellt med glasbyte. För isolerglasfönster måste hela isolerpaketet bytas till ett nytt isolerpaket med tjockare glas. Observera att det för denna åtgärd är viktigt att kontrollera att samtliga delar av fönstret klarar belastningen av den ökade vikt som det tjockare glaset medför.

Effekten av denna typ av åtgärd kan variera betydligt beroende på hur fönstret är uppbyggt från början. Ljudreduktionen genom båge och karm påverkas inte, vilket innebär att det inte är någon lämplig åtgärd i de fall då ljudreduktionen genom just karm och båge påverkar fönstrets totala ljudisolering väsentligt. Man bör alltid utföra ett provmontage i till exempel ett rum innan man genomför en åtgärd på ett större antal fönster/lägenheter, det gäller i princip vid alla slags fönsteråtgärder.

Förbättring av ljudreduktion för glas och luftavstånd:

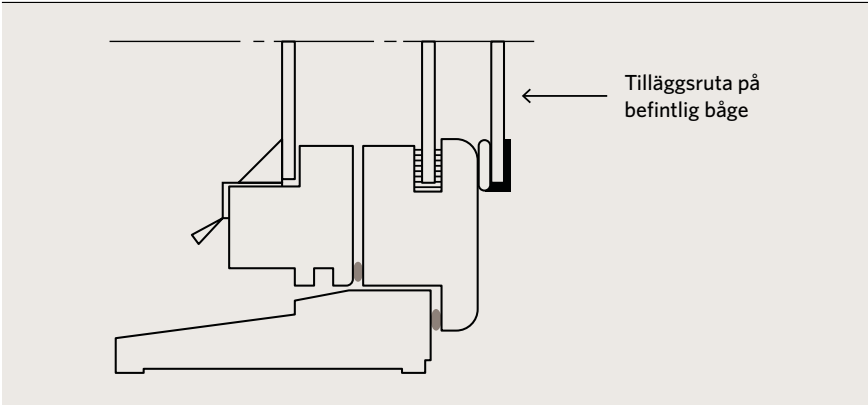
- › Med tjockare glas förbättras ljudreduktionen.
- › Olika glastjocklek ökar fönstrets ljudreduktion.
- › Ett laminerat 6 mm glas har bättre ljudreduktion än ett 6 mm vanligt glas.
- › Ju större luftavstånd mellan glasrutorna i ett fönster desto bättre ljudreduktion.

## Tillsatsruta

En tillsatsruta innebär en komplettering av ett befintligt fönster med ytterligare en glasruta.

Den extra rutan kan monteras på befintlig båge, vilket i många fall minskar trafikbullret med 3–8 dBA beroende på fönstrets utgångsläge. Glastjockleken på den tillkommande rutan samt tjockleken på bågen från befintligt inre glas till tilläggsrutan, dvs. avstånden mellan glasen, påverkar reduktionen. Observera att det måste kontrolleras att samtliga delar av fönstret klarar den ökade vikt som åtgärden medför och att skicket är sådant att åtgärden är skäligen.

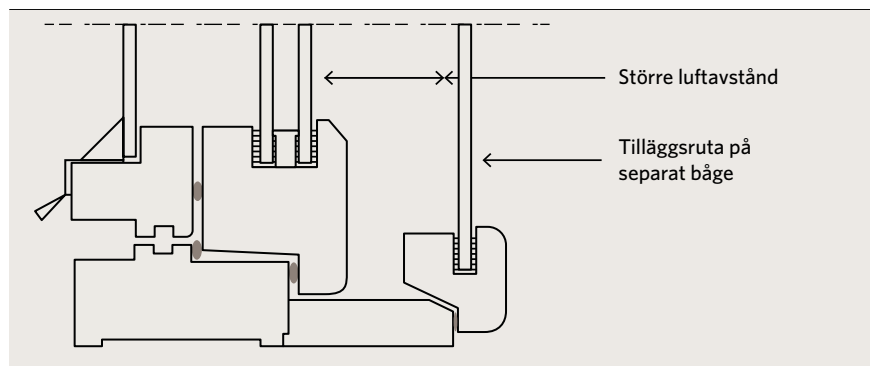
FIGUR 7. Förbättring på upp till omkring 5 dBA för tillsatsruta monterad på befintlig båge



Ytterligare ett alternativ är att en tillsatsruta monteras på en separat båge/karm. Det utgör då ett separat fönster innanför det befintliga fönstret. För att detta ska bli aktuellt krävs att de aktuella fönstren har nischer med tillräckligt djup eller att nischer skapas i samband med montaget. Beroende på utgångsläge kan denna lösning minska trafikbullret inomhus med omkring 10 dBA.



FIGUR 8. Förbättring på upp till omkring 10 dBA för tillsatsruta monterad på en extra båg på 100-200 mm avstånd från befintlig båg



Inglasning av balkong kan ses som en extra glasruta som minskar ljudnivån vid fönstren innanför inglasningen. Man kan ofta uppnå omkring 10 dBA förbättring för fönster innanför inglasningen även om inglasningen inte är helt tät. Dock krävs det även här en översyn av tätningslister i fönsterdörr/dörr och fönster innanför inglasningen.

### Nytt fönster monterad i befintlig karm

Några företag erbjuder andra typer av fönsterkomplettering bland annat i syfte att öka ljudreduktionen. Ett sådant exempel är system för att bygga upp en ny karm inuti den befintliga karmen. Förutsatt att den befintliga karmen och dess tätning mot ytterväggen är i gott skick kan denna lösning nästan likställas med montering av ett nytt fönster.

### Nya ljudklassade fönster

Det absolut säkraste sättet att öka ett fönsters ljudreduktion är att byta hela fönstret inklusive karm mot ett helt nytt ljudklassat fönster. Det säkerställer att samtliga ingående delar har tillräcklig ljudisolering. Med ett fullgott montage, enligt tillverkarens monteringsanvisning, bör den av tillverkaren angivna ljudreduktionen uppnås. Normalt lägger man in en säkerhetsmarginal på grund av att det sällan går att uppnå den ljudreduktion som tillverkaren redovisar utifrån mätresultat i laboratorium. Observera att även äldre fönster kan ha en god reduktionsförmåga då det är relativt vanligt med långa luftavstånd mellan glaset och god träkvalitet så som kärnvirke i karmar. De befintliga fönstren bör kontrolleras så att det önskade resultatet uppnås. Inåtgående fönster dämpar ljud bättre än fönster som är utåtgående.

### Några ljudklasser och exempel på fönster

Det finns flera leverantörer som tillhandahåller fönster med mycket god ljudisolerings mot trafikbuller. Ljudisoleringen anges ofta som  $R_w$ ,  $R_w+C$  respektive  $R_w+C_{tr}$  för spår- och landsvägstrafik (> 80 km/tim) resp. stadstrafik på väg (50 km/tim). De angivna måtten för ljudisolering,  $R_w$ ,  $R_w+C$  respektive  $R_w+C_{tr}$ , avser ljudisolering uppmätt i akustiklaboratorium, vilket är det mått som tillverkarna brukar ange i sina produktblad. Mätning av ljudreduktion utförs vid olika frekvenser. Man får då ett värde för varje frekvens. För att förenkla detta har man infört sammanfattningsvärdena  $R_w+C$  respektive  $R_w+C_{tr}$ .

### Minskning av trafikbuller med omkring 35 dBA

För minskning av trafikbullernivån med omkring 35 dBA krävs i många fall ett fönster med ljudklass  $R_w$  42–43 dB respektive  $R_w+C_{tr}$  38 dB. Läs vidare i bilaga 11, Vilka nivåer är möjliga att nå.<sup>32</sup>

Ett fönster med denna reduktion ingår i flera tillverkares standardsortiment och kan uppnås med kopplade fönster med måttligt luftavstånd mellan det inre isolerglaspaketet och den yttre bågen. Beroende på fönstrets uppbyggnad och mått kan det krävas att någon av glasrutorna är tjockare än de 4 mm som normalt gäller.

### Minskning av trafikbuller med omkring 40 dBA

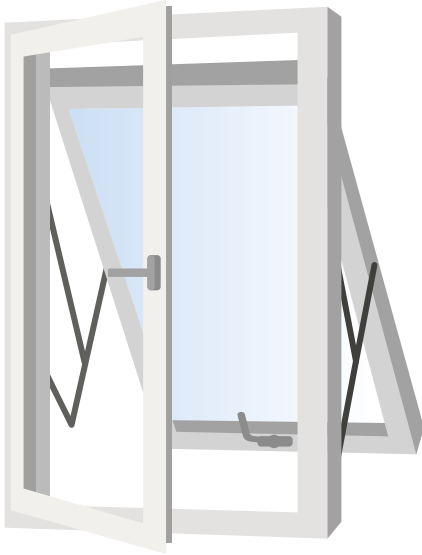
För en minskning av trafikbullernivån med omkring 40 dBA krävs i många fall ett fönster med ljudklass  $R_w$  48 dB respektive  $R_w+C_{tr}$  43 dB.

Ett fönster med denna reduktion ingår i några tillverkares standard-sortiment och kan ofta uppnås med kopplade fönster med måttligt luftavstånd mellan det inre isolerglaspaketet och den yttre bågen. Beroende på fönstrets uppbyggnad och mått kan det krävas att någon av glasrutorna är tjockare än de 4 mm som normalt gäller. Friskluftsventiler, väggar och snedtak kan begränsa effekten av åtgärden.

### Minskning av trafikbuller med omkring 45 dBA eller mer

För att minska trafikbullernivån med omkring 45 dBA eller mer måste man oftast välja ett specialfönster. Det kan vara någon form av ”tvåarmslösning” alternativt en ”specialkarm med dubbla bågar”. Friskluftsventiler, väggar och snedtak kan också behöva åtgärdas. I bilden nedan visas ett exempel på ett specialfönster i form av ett ”kombinerat vridfönster och sidohängt inåtgående fönster” med hög ljudreduktion.

Not. 32. Trafikverkets slutrapport ”Fasadåtgärder som bullerskydd”, bilaga 11, Vilka nivåer är möjliga att nå. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/buller-och-vibrationer---for-dig-i-branschen/Bullerskyddande-atgarder-langs-med-Adalsbanan/slutrapport/>



Kombinerat vridfönster och sidohängt inåtgående fönster.

TABELL 10. Val av fönster

Önskad ungefärlig minskning av trafikbullernivån	Angiven ljudreduktion hos fönster, $R_w$ resp. $R_w+C_{tr}$	Typ av fönster
35 dBA	$R_w$ 43 dB resp. $R_w+C_{tr}$ 38 dB	Standard
40 dBA	$R_w$ 48 dB resp. $R_w+C_{tr}$ 43 dB	Standard
45 dBA eller mera	$R_w$ 55 dB resp. $R_w+C_{tr}$ 50 dB	Specialfönster

## Friskluftsventiler – uteluftsdon

Friskluftsventiler/uteluftsdon monterade i ytterväggen ska sörja för att tillräcklig mängd frisk luft kommer in i bostadsrummen. Förenklat är principen att frisk luft når bostadsrummet via ett öppet håll genom ytterväggen. Genom detta kan även ljud läcka in. Så gott som alla friskluftsventiler har mer eller mindre dålig ljudreduktion i öppet läge. Å andra sidan är den öppna arean oftast så liten att ljudgenomgången ändå begränsas något. Det finns friskluftsventiler som även i stängt läge försämrar väggens totala ljudreduktion. Friskluftsventiler bör undvikas i fasader med krav på hög ljudreduktion.

Friskluftsventiler ljudklassas på ungefär samma sätt som fönster, dörrar och andra byggdelar. En viktig skillnad är dock att ljudreduktionen uttrycks relativt en viss på förhand bestämd area istället för den verkliga ytan som till exempel för fönster och dörrar.

Det idag gällande värdet för ljudklassning av friskluftsventiler är  $D_{n,e,w}$ . Detta värde kallas för Normaliserad nivåskillnad relativt  $10 \text{ m}^2$ . Förenklat kan man säga att värdet anger ventilens ljudreducerande förmåga då den monteras i en  $10 \text{ m}^2$  stor vägg med mycket bra ljudreduktion.

Vid dimensionering av fönster och friskluftsventil i en fasad är det viktigt att de ingående delarna tillsammans ger tillräcklig ljudreduktion. För att få samma reduktion som ett ljudklassat fönster med ett visst  $R_w$ -värde kan man som tumregel välja en ljudklassad friskluftsventil med ett  $D_{n,e,w}$ -värde som är 10 dB högre än fönstrets  $R_w$ -värde. Exempel: ett fönster med  $R_w$ -värde 40 dB ska kombineras med en friskluftsventil med  $D_{n,e,w}$  50 dB för att uppnå samma ljudreduktion för båda produkterna.

Generellt kan en spaltventil monterad i fönsterkarmen inte reducera ljudet lika bra som en friskluftsventil i ytterväggen. Det beror bland annat på att karmen inte har samma tjocklek som en yttervägg.

Observera att en del äldre mätetal för ventiler fortfarande kan förekomma i olika sammanhang. Ett tidigare använt mätetal är till exempel enhetsisolering, DI för friskluftsventiler med referensarean  $1 \text{ m}^2$ . Med dagens värde  $D_{n,e,w}$  (rel  $10 \text{ m}^2$ ) får en och samma produkt ett värde som är 10 dB högre än med den tidigare använda enheten enhetsisolering.

TABELL 11. Exempel på val av ljudreduktion för en friskluftsventil som matchar fönstrets och ytterväggens ljudreduktion

Fönster, $R_w$	Yttervägg, $R_w$	Friskluftsventil, $D_{n,e,w}$ (rel $10 \text{ m}^2$ )
35 dB	45 dB	45 dB, rel $10 \text{ m}^2$
40 dB	50 dB	50 dB, rel $10 \text{ m}^2$

## Ytterväggar

Väggar har i de allra flesta fallen avsevärt högre ljudreduktion än fönster och friskluftsventiler. Det betyder att i de flesta sammanhang där det finns behov av fasaddämpning mot trafikbuller är det tillräckligt att ventiler och fönster åtgärdas. Vid högre krav på ljudreduktion är det dock inte ovanligt att väggen begränsar vilken ljudnivå inomhus som det är möjligt att åstadkomma. Så väggar åtgärdas i de fall som ljudnivå utomhus är mycket hög eller om ljudreduktionen i befintlig vägg är mycket låg.

I hörnrum där båda fasadväggarna exponerade för buller, ger en högre ljudnivå inomhus. Hörnrum med mycket fönster är de rum i en bostad som får de högsta ljudnivåerna. Även snedtak kan begränsa möjligheterna till ljudreduktion.

Ur ljudsynpunkt kan väggtyper delas upp enligt tabell nedan:

TABELL 12. Olika väggtypers ljudreduktion

Typ av vägg	Genomsnittlig ljudreduktion för vägg*
<b>Enkel trävägg</b> Omfattar väl underhållet trähus från tidigt 1900-tal med t.ex. trä, plank, timmer, panel. Vägg till enbostadshus från cirka 1970-80-talet bestående av träregelvägg med isolering.	$R'_w$ 38 dB $R'_w+C$ 37 dB $R'_w+C_{tr}$ 33 dB
<b>Medelbra trävägg</b> Omfattar väl underhållet trähus från tidigt 1900-tal med isolering. Normal vägg till enbostadshus från cirka 1980-90 och 2000-talet bestående av träregelvägg med isolering och gips.	$R'_w$ 44 dB $R'_w+C$ 43 dB $R'_w+C_{tr}$ 39 dB
<b>Trästomme, väl tilläggsisolerad</b> Träregelvägg väl isolerad, korslagda regler.	$R'_w$ 50 dB $R'_w+C$ 48 dB $R'_w+C_{tr}$ 43 dB
<b>Yttervägg av lättbetong</b> Flerfamiljshus och enbostadshus ofta från 1950-60-talet.	$R'_w$ 44 dB $R'_w+C$ 43 dB $R'_w+C_{tr}$ 39 dB
<b>Tegelvägg</b> Fasadtegel med bakomliggande träregelvägg.	$R'_w$ 50 dB $R'_w+C$ 49 dB $R'_w+C_{tr}$ 45 dB
<b>Tung fasad</b> Dubbel betongvägg med tjocklek cirka 25-30 cm eller homogen tegelvägg minst 40 cm.	$R'_w$ 55 dB $R'_w+C$ 54 dB $R'_w+C_{tr}$ 50 dB

\*Uppgift hämtad från Trafikverkets projekt Fasadåtgärder som bullerskydd, inklusive bilagor. Genomsnittlig ljudreduktion är ett bedömt schablonvärde av mätdata från projektets fältmätningar och labbmätningar redovisade i litteratur.

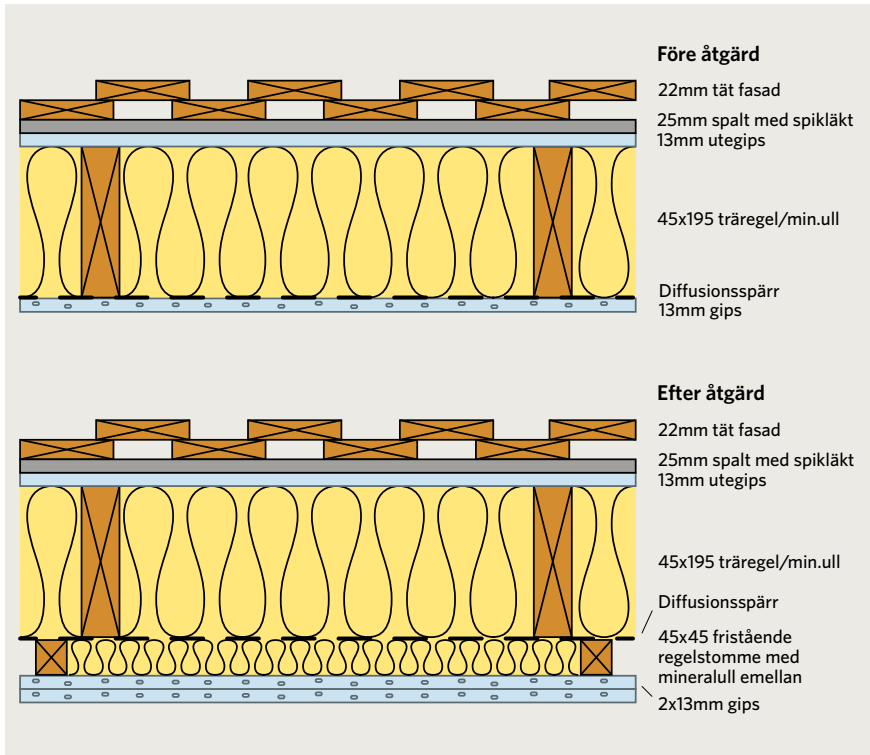
### Tilläggsisolering av yttervägg

Tunga väggar av till exempel betong har ofta tillräckligt bra ljudreduktion. Om det trots allt finns behov av att öka ljudreduktionen hos en betongvägg, kan den till exempel tilläggsisoleras med fristående regler på 10–20 mm distans från betongväggen. I spalten isoleras med mineralull. Observera att reglarna ska vara fristående, dvs. inte ha kontakt med betongväggen.

Lätta ytterväggar med till exempel träpanel kan förbättras genom ytterligare ett eller två lager gips mot rumssidan alternativt utvändigt gips bakom träpanelen. Ytterligare ett alternativ är att tilläggsisolera ytterväggen så att man får ett tjockare lager mineralull kompletterat med ytterligare gipsskivor.

Vid höga trafikbullernivåer och förekomst av takkupor, är det ofta nödvändigt att, utöver att åtgärda fönsterdelen, även förbättra ljudisoleringen i själva takkupan.

Effekten av invändiga åtgärder är helt beroende av befintlig väggkonstruktion. Vid invändiga åtgärder är det viktigt att de projekteras akustiskt och för att undvika risk för fuktskador, med fuktprojektering.



Yttervägg före respektive efter åtgärd.

**Läs mer:**

- › Slutrapporten ”Fasadåtgärder som bullerskydd” inklusive bilagor.  
[www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)
- › Träguiden. [www.traguiden.se](http://www.traguiden.se)







# Designåtgärder och grönska

## God ljudmiljö - mer än bara en ljudnivå?

Det är svårt att fånga vår upplevelse av ljudmiljön med enbart siffervärden som uttrycker ekvivalent eller maximal ljudnivå. Två olika ljudmiljöer, till exempel som att avlägset höra en motorväg eller vara vid en lokalgata, kan ha samma ekvivalentnivåvärde men ändå upplevas som mycket olika. Passager av flyg kan ge samma värde på maximalnivån som lokalgatan, även om ljudets styrka varierar i tid på olika sätt och ger olika intryck. Ljudets spektrum påverkar också. Till exempel kan det dova bullret bakom en skärm vid en motorväg upplevas som mer störande än det förhållandevis klarare direktljudet från en oskärmad gata med samma ekvivalentnivå. Dessutom kan dämpning av högfrekvent ljud, till exempel gnissel från spårvagnar, upplevas som mer positivt än man kan förvänta sig med tanke på sänkningen i dBA-nivå. Dessa faktorer påverkar den upplevda störningen tillsammans med bakgrundsljuden, som kan vara både positiva och negativa, samtidigt som även den övriga miljön inverkar.

Väl genomförda bullerskyddsåtgärder minskar risken för störning och begränsar dess negativa inverkan på aktiviteter som sömn, vila och tal. Bulleråtgärder kan också indirekt påverka den akustiska miljön, genom att göra tidigare maskerade ljud mer framträdande, till exempel fågelsång och ljud av rinnande vatten. Dessutom kan bulleråtgärder förbättra en plats visuellt. Till exempel kan en växtbeklädd bullerskärm eller jordvall visuellt skärma av trafik och öka mängden synlig grönska.

En del bullerminskande åtgärder beaktas lite eller inte alls i vanliga bullerberäkningsprogram, trots betydande effekter. Det gäller till exempel låga hinder med akustiskt absorberande ytor, markojämnhet och förbättringar av marken, trädbälten, gröna tak och gröna fasader. Om effekten inte syns vid

beräkningar, finns risk för att många kostnadseffektiva åtgärder inte genomförs. Därför behöver sådana faktorer beaktas och framtida bullerberäkningsprogram förbättras.

## Åtgärder under utbredningsvägen

De beräknade resultat som beskrivs i detta avsnitt utgår från en situation med en tvåfilig väg i stadsmiljö (50 km/h, fem procent tunga fordon) och en mottagare på 1,5 m höjd, om inte annat anges. De beskrivna åtgärderna kan också tillämpas för spårtrafik.

Flera av de bullerdämpande verktyg som presenteras här representeras ännu inte av produkter eller har genomförts i fasta installationer, därför är det positivt och höjer kunskapsnivån om implementering, testning och ytterligare utvärdering görs, till exempel inom städer eller statliga ansvarsområden.

### Låga skärmar vid väggkant

Ett bullerskydd i stadsmiljö behöver uppfylla många tekniska kriterier utöver tillräcklig akustisk prestanda. Det ställs också estetiska och arkitektoniska krav på utformningen. Beroende på placering kan en låg skärm i stadsmiljö ha olika storlek, till exempel en 1,4 m hög och tunn skärm vid en cykelbana, som samtidigt utgör ett säkerhetsräcke, eller en 1 m hög, tjockare skärm vid väggkant. Dessa låga skärmar minskar framförallt rullningsljudet från bilar eller spårvagnar. Låga skydd kan minska bullerexponeringen avsevärt för fotgängare, cyklister och närboende på lägre våningsplan, förutsatt att skärmarna är väl utformade, försedda med absorbenter och ligger nära ljudkällan, vilket kan vara möjligt vid lägre trafikhastigheter.



Låg, akustiskt absorberand skärm.

En 1,3 meter hög och 0,3 meter tjock skärm, installerad längs en väg på platt mark, ge en minskning av vägtrafikbuller med ungefär 6 dB inom 20 meter bakom skärmen jämfört med en situation utan skärm. Effekten kan försämras med någon dB på en gata med huskroppar på båda sidor, men öka med några dB om en andra, liknande låg skärm placeras mellan vägens körfält. För spår-vagnar längs två spår förväntas en ännu större effekt av att lägga till en andra skärm, upp till cirka 10 dB.

### **Gabioner**

Gabionskärmar, med 15–20 cm stora stenar i en metallbur, kan ge en effekt likvärdig med den vid låg skärm. Om stenarna dessutom byts ut mot en porösare sort, kan effekten ökas med någon decibel.

### **Lätta bevuxna skärmar på broar**

Skärmar längs kanterna på broar kan minska bullret för fotgängare och cyklister i områdena under broarna. Beräkningar för sådana situationer, med 1 meter hög, tunn skärm, har visats minska bullernivåerna i mottagande områden med upp till 4 dB för en fyrfilig motorväg, och med upp till 10 dB för en dubbel-spårig spårväg. Om den låga skärmen är tillverkad av en hård kärna och täckt med ett tjockt skikt av akustiskt absorberande material, till exempel ett poröst substrat för vegetation, beräknas bullerreduktionen öka till 5 dB för motorväg respektive 15 dB för spårväg. Den stora insättningsdämpningen för spårväg beror på att skärmen kan placeras nära spårvagnen och att ljudkällan befinner sig på låg höjd samtidigt som reflexer mellan skärmen och spårvagnskroppen kan absorberas.

### **Skärmtoppar med vegetation**

Högre skärmar, till exempel befintliga bullerskyddsskärmar, kan förbättras genom substrat för plantering av vegetation längs den övre kanten, vilket ökar ljuddämpningen under utbredningsvägen. Många konventionella skärmar har toppar av vanlig betong eller porösare träfiberbetong. Om man byter till akustiskt absorberande material kan prestandan förbättras.

### **Jordvallar**

Överskottsmaterial från byggnadsarbete, som jord och sten, kan tas till vara och användas i bullervallar. Medan en vanlig bullerskärms effektivitet minskar kraftigt i medvindsförhållanden, är vallar mindre känsliga och vid flacka vallar minskar den negativa effekten av vind betydligt. Beräkningar visar också att jordvallar med ickesläta ytor på sidorna och toppen, till exempel en trappstegsformad jordvall, kan minska buller mer än de vanliga släta vallarna med två plana sluttningar och platt topp. Se även avsnittet om vallar, i kapitel 4.

## Träd och buskar

### Ljudinteraktion med vegetation

När en ljudvåg når ett trädbälte får man både en omfördelning av ljudet och en absorption av en del av ljudets energi. Omfördelning, ibland kallad diffusion, sker genom reflektion, diffraktion och spridning vid infall mot stammar, grenar, kvistar och löv.

Dessutom finns en del viktiga indirekta effekter. Den akustiskt mjuka marken under träd och buskar ger en förstärkt bullerminskande markeffekt. Även förändringen i mikroklimat i skogsmiljö kan påverka ljudutbredningen fördelaktigt på längre avstånd.

### Trädbälten kan vara effektiva bullerskydd

Den bullerminskning man kan få genom att ha ett trädbälte mellan väg- eller järnvägen och mottagaren är resultatet av en kombination av den porösa marken och reflektionerna mellan trädstammarna. För att nå en betydande bullersänkning med trädbälten behöver de dock vara tillräckligt breda och ha en viss täthet.



Flera rader av träd längs väg i öppen terräng.

Den grundläggande parameter som påverkar ljudets dämpning är den totala yta som upptas av trädstammar. Genom att minska avståndet mellan stammar eller genom att ha tjockare stammar ökar avskärmningen för en given bredd på ett trädbälte.

Genom beräkningar går det att beskriva hur olika planteringsscheman ger en stor variation i bullerdämpning. Rektangulära planteringsscheman påvisar bättre effekt när separationsavstånden i riktningen längs vägen är mindre, samtidigt som avstånden tvärs vägen kan vara större. Små avvikel-

ser från ett perfekt ordnat planteringsschema kan ge en något förbättrad avskärmning. Sluppmässighet i stamdiameter ger en liknande positiv effekt. Ett sluppmässigt borttagande av träd eller till och med hela rader av träd i det inre av trädbältet ger endast svag inverkan på avskärmningen, samtidigt som den genomsnittliga biomassa-tätheten kan minskas.

Trädstammarnas höjd har liten betydelse för effekten, åtminstone för mottagare i markplan. Beräkningar har även visat att optimerade 15 meter breda trädbälten kan vara likvärdiga med tunna, hårda 2 meter höga bullerskärmar, placerade direkt vid kanten av en flerfilig motorväg. Liksom för skärmar gäller dock att längden ska vara tillräcklig, dvs. att man täcker ett tillräckligt stort vinkelområde av bullerkällan, sett från mottagaren.

## Att förbättra mikroklimatologi med vegetation

Vid temperaturinversion, som ger nedåtkrökta ljudbanor, kan bullret öka från trafik på lite längre avstånd. Områden med träd minskar bildandet av nattliga temperaturinversionsskikt, vilket leder till lägre bullernivåer.

Traditionella bullerskärmar kan påverka luftflödet så att man får en betydligt sämre effekt vid medvindsförhållanden, pga. nedåtböjning av ljudbanorna. Detta kan halvera effektiviteten jämfört med vindstilla förhållanden. Även här kan vegetation vara en lösning. En rad med träd bakom en bullerskärm ger ett effektivt vindsydd vilket leder till en betydande återhämtning av den förlorade avskärmningen. Beräkningar har indikerat att anpassade utformningar av trädkronor kan ge ytterligare förbättring.



Låg, akustiskt absorberand skärm.

## Bullerreducering med hjälp av markbehandlinger

### Markeffekt och ojämnheter

Det är möjligt att minska bullret från väg- och spårtrafik genom att utnyttja markeffekten, dvs. påverka det ljud som reflekteras i marken så att interferensen med det ljud som färdas direkt till mottagaren blir fördelaktigare. Ljudets dämpning på grund av markeffekt ingår i många beräkningsmetoder för samhällsbuller men förbättrad mark som åtgärd har hittills ägnats liten uppmärksamhet. Förutom att ha en porös mark, som gräsmatta eller äng, kan man öka insättningsdämpningen över hård mark om man ökar råheten, till exempel genom att artificiellt tillföra ojämnheter. En sådan ökning av markråheten påverkar det reflekterade ljudet från marken så att det mer liknar det från mjuk mark, som till exempel en porös gräsyta eller ett lager av grus. Andra förbättringar kan vara att tillföra mjukare beläggning på vissa ytor, till exempel grusfyllda diken eller band av gräs. Här bör återigen påpekas att markeffekten ofta behandlas på ett förenklat sätt i bullerkartläggningsmetoder, vilka till exempel inte påvisar fördelen med att göra en konventionell gräsmatta ännu mjukare.

Den akustiska effekten av ojämnheter beror inte bara på den genomsnittliga höjden hos ojämnheterna utan även på medelavstånd, tvärsnittsform och om ojämnheterna är slumpmässiga eller periodiska.



Bullerreducering med hjälp av markbehandling. Foto: Hosannaprojektet.



Detalj, bullerreducering. Foto: Hosannaprojektet.



Bullerreducering med hjälpa av markbehandling.

### Mjuk mark och växtlighet

Stråk av akustiskt mjuka material kan minska trafikbuller betydligt jämfört med om hela markytan är slät och akustiskt hård. Det har gjorts beräkningar av de bullerminskningar man skulle få av att ersätta akustiskt hårda markytor mellan väg och mottagare med en gräsbevuxen yta. Resultaten på 50 meters avstånd, med 45 meter relativt kompakt gräsmark, visar en dämpning på cirka 5 dB för en mottagare på 1,5 meters höjd. En högre dämpning kan uppnås om gräsmarken inte är kortklippt. För en 1,5 meter hög mottagarposition 50 meter från vägen beräknas användning av ängsmark ge upp till 3 dB ytterligare förbättring. Om man dessutom har höga täta grödor kan man nå ytterligare reduktion.

### Håligheter under markytan

Resonatorer är håligheter i marken med öppningar upp mot markytan. De kan genom absorption till följd av sina former, minska ljudnivån inom ett smalt frekvensområde. Resonatorer placerade i en akustiskt hård yta kan minska buller. Beräkningar för en 4 meter bred vägren med resonatorer visade en reduktion på 4 dB vid en mottagare 50 meter från vägen. Resonatorer kan också förbättra den akustiska prestandan hos en porös asfaltsväg.



Detalj, håligheter under markytan. Foto: Hosannaprojektet.



## Vegetation på byggnaders ytor

De akustiskt positiva effekterna av att tillföra nya ytor, till exempel med vegetation, i bebyggelsens gaturum, på innergårdar och torg kan delas upp i tre mekanismer: (1) ökad *absorption*, (2) ökad *diffusion*, vilket sker när en ljudvåg träffar en ojämn eller liten yta och sedan reflekteras i flertalet riktningar, och (3) minskad *transmission*, dvs. bättre isolering mot en ljudvåg som passerar genom ytan. Ökad absorption på ytor kan dämpa buller avsevärt och detta kan uppnås med ett akustiskt fördelaktigt substrat för vegetation. Jämfört med plana, akustiskt homogena ytor som bara reflekterar ljud i en riktning, kan andra ytor reflektera ljudet diffust i många riktningar, till exempel på grund av vegetation och substrat, vilket påverkar ljudets spridning. När det finns flera reflektioner, vilket är typiskt för stadsområden, blir effekten av vegetation större. Ett grönt tak kan leda till minskat buller på gården om den dominerande vägen för ljudet är över taket.

## Vegetation på husfasader

Byggnadsfasader med vegetation kan ha klättrväxter eller väggelement med odlingssubstrat och vegetation. Väggelementens distans till fasaden, för att undvika fuktproblem, är önskvärd även akustiskt i och med att absorptionen till stor del beror på den totala tjockleken inklusive luftspalt, speciellt för lägre frekvenser. I övrigt beror den bullerreduktion som uppnås med gröna fasader på vägens bredd, placering av substrat och vegetation samt på mottagarens position. Reduktionen ökar i smala gaturum och när avståndet från källa till mottagare längs gatan ökar. Eftersom vegetation främst absorberar och diffuserar ljud vid medelhöga och höga frekvenser, får man oftast mindre akustisk effekt av gröna fasader vid låga frekvenser. En heltäckande grön fasad med 20 cm tjocklek beräknas ge 2–3 dBA reduktion på 1,5–4 meters höjd. Liknande reduktion har påvisats för torg med genomfartstrafik.



Bullerreducering med vegetation på husfasader.

### Vegetation på innergårdars fasader och tak

Ett flertal studier visar att en tyst sida vid bostaden minskar upplevd bullerstörning. Vid byggande i bullriga miljöer ställs krav på lägenhetsplanlösningar med tillgång till skyddad sida och låga nivåer på den skyddade sidan, för att skapa goda ljudmiljöer. Metoder som minskar buller på innergårdar är därför värdefulla som komplement till bullerreducering på de direktexponerade fasaderna. Beräkningar har visat att om buller från en närliggande gata utbreder sig över ett hus och in på gården, kan gröna väggar med 20 cm tjocklek på alla gårdsfasader reducera bullret med i genomsnitt cirka 4 dBA jämfört med ett referensfall utan grönt på väggarna. Effekten är störst vid höga frekvenser och för lägre mottagarpositioner.

Gröna tak har stor potential att minska buller, och kan därmed användas för att nå önskad nivå på den skärmade sidan. Om den dominerande ljudvägen går över taket är gröna tak mer effektiva än gröna fasader. För hus med lutande tak, visar beräkningar förbättringar om 7 dBA i förhållande till en typisk hård takyta på en innergård. För platta tak är den beräknade förbättringen lägre, omkring 3 dBA.



Bullerreducering med vegetation på husfasader vid innergård.



Bullerreducering med vegetation på husfasader och tak.

## Beläggningar på fasader i öppningar till gårdar

Innergårdar vid vägar kan ha öppningar i fasaden. Buller från vägtrafik kan förhindra att gården blir tillräckligt tyst. Genom att klä öppningar mot innergårdar med ett akustiskt absorberande material kan en betydande minskning av bullernivån på gården uppnås. En sådan åtgärd är ofta kostnadseffektiv eftersom den beklädda ytan är liten.

## EU-projektet HOSANNA

2009–2013 genomfördes ett EU-finansierat projekt om hur designåtgärder och grönska kan minska bullerspridningen. Projektet, som benämns HOSANNA, beskriver mer detaljerat olika typer av designlösningar och gröna åtgärder.



Bullerreducering med vegetation på husfasad.

### Läs mer:

- › Hosanna-projektet och dess resultat: [www.greener-cities.eu](http://www.greener-cities.eu)
- › Broschyren Novel Solutions For Quieter And Greener Cities. Stockholm, 2013. Nilsson, M., Klæboe, R., Bengtsson, J., et al. [www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)
- › Boken Environmental Methods for Transport Noise Reduction. CRC Press 2014. Nilsson, M., Bengtsson, J., Klæboe, R. (Eds.). Print ISBN: 978-0-415-67523-9, eBook ISBN: 978-1-4822-8877-3.
- › Vetenskapliga artikeln Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors, Applied Acoustics, Volume 92, May 2015, Pages 86–101. Timothy Van Renterghem, Jens Forssén, Keith Attenborough, Philippe Jean, Jerome Defrance, Maarten Hornikx, Jian Kang, ISSN 0003-682X.

↑ P   
↩  Nyköping  
HAMNEN



# Beräkna och mäta buller

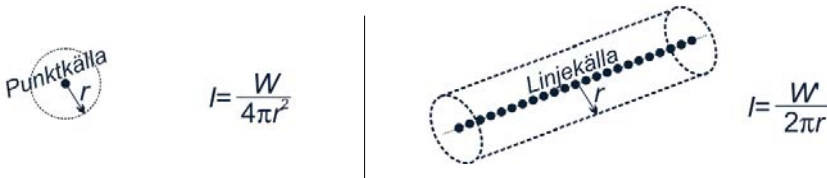
## Avstånd, meteorologi, dämpning

Hur mycket av ljudet från en bullerkälla som når mottagaren bestäms av avståndet mellan källa och mottagare, luftens egenskaper och av egenskaperna hos begränsningsytorna, dvs. markens material och profil samt bullerskärmar och övriga hinder.

### Avstånd

I fri rymd (dvs. utan begränsningsytor), utbreder sig ljudet från en punktkälla sfäriskt och avtar med 6 dB per avståndsdubbling. Ljudet från en linjekälla utbreder sig cylindriskt och avtar med 3 dB per avståndsdubbling. Se skiss nedan. Detta gäller vid beräkning av ekvivalentnivån där ett energimedelvärde beräknas baserat på hela vägens längd.

Maximalnivån, som bestäms av enskilda fordon, beter sig som en punktkälla och avtar med ungefär 6 dB varje gång avståndet till vägen fördubblas, medan ekvivalentnivån beter sig som en linjekälla och avtar med ungefär 3 dB varje gång avståndet till vägen fördubblas. Detta under förutsättning att vägen är lång (i förhållande till mottagaravståndet) och relativt rak samt att påverkan från mark och omgivning är försumbar.



Intensiteten avtar med avståndet i kvadrat för en punktkälla, motsvarande 6 dB per avståndsdubbling, och med avståndet från en linjekälla, motsvarande 3 dB per avståndsdubbling.

### Inverkan av meteorologi

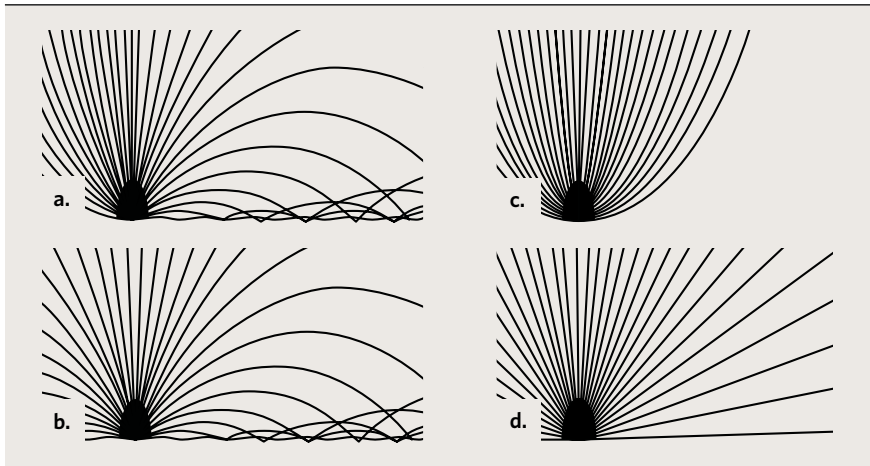
De akustiska egenskaperna hos luften som ljudet utbreder sig i beror på de meteorologiska förhållandena, huvudsakligen vind och temperaturskiktning, men i viss mån också temperatur och luftfuktighet.

Krökning av ljudets bana, så kallad refraktion, uppstår när det blåser på grund av att vindens hastighet är låg vid marken och ökar med höjden. Vid svag vind kan temperaturskiktning ge betydande refraktion. Till exempel kan man en klar och vindstilla morgon höra mer avlägsna ljudkällor än vanligt på grund av temperaturinversion, det vill säga att temperaturen en bit upp i luften ökar med höjden innan den avtar med höjden vilket är det normala. Effekten av refraktion ökar vanligen med avståndet.

Som ett resultat av nedåtkrökning av ljudets bana, till exempel vid medvind från källa till mottagare eller vid temperaturinversion, kan ljudnivån längs marken öka betydligt på längre avstånd. Motvind däremot, som orsakar uppåtkrökning, kan ge skuggzoner, dvs. betydligt svagare ljud längs marken på längre avstånd.

FIGUR 9. Krökning av ljudbanor vid vind eller temperaturskiktning:

(a) vind (från vänster i figuren), (b) temperatur som ökar med höjden, (c) temperatur som minskar med höjden, (d) homogen atmosfär.



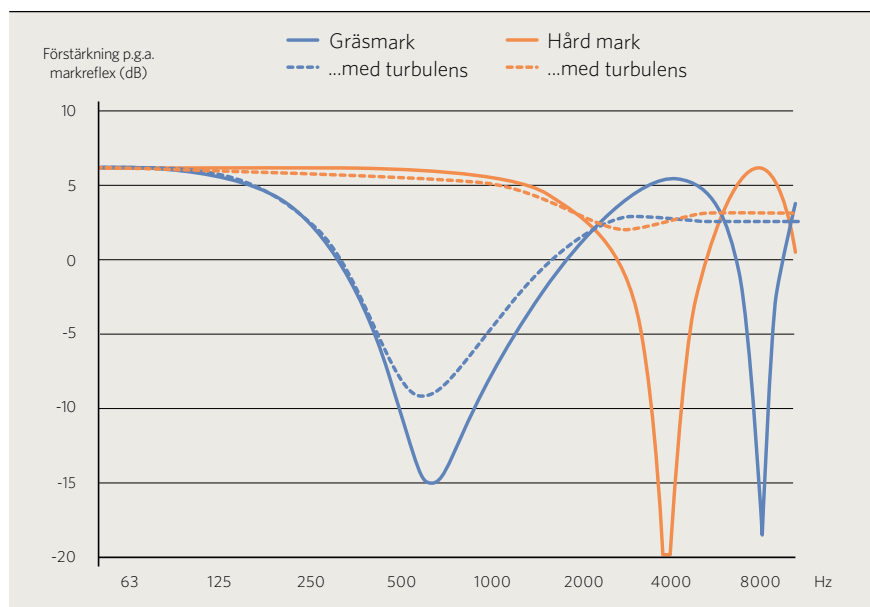
Ljudet kan också absorberas i luften. Effekten blir stark vid högre frekvenser och beror främst på temperatur och luftfuktighet. Turbulens, i form av varierande vindhastighet och temperatur, kan orsaka ljudspridning till skuggzoner, så att det inte blir lika tyst bakom en skärm eller i en ljudskugga. Se kapitel 8. Vad är ljud?

## Begränsningsytor: mark och skärmning

När en ljudvåg som reflekterats i marken når en mottagare tillsammans med direktljudet, som bara gått genom luften, kan en förstärkning eller försvagning av ljudet uppstå, ett så kallat interferensmönster. Den resulterande effekten i decibel brukar kallas markeffekt, vilken varierar med ljudets frekvens. I en del frekvensområden släcker det markreflekterade ljudet delvis ut det direkta, vilket leder till en lägre ljudnivå, medan man i andra frekvensområden får en förstärkning jämfört med direktljudet. För trafikbuller som utbreder sig över hård mark, till exempel vanlig asfalt, innebär markreflexen vanligen en förhöjd nivå. Däremot kan markreflexen ge en försvagning av ljudet över akustiskt mjuk mark, till exempel en gräsmatta.

Diagram 8 illustrerar markeffekten vid ljudutbredning 50 m över gräs eller asfalt. Resultat visas för både homogen atmosfär och för ett exempel med turbulens. Man kan se att markeffektens toppar når cirka 6 dB, vilket motsvarar en fördubbling av ljudtrycket. För gräsmark ser man en bredbandig försvagning som blir betydande för trafikbuller vid 500–1000 Hz. När man tar med turbulens får man ett mer realistiskt interferensmönster där dipparna inte är lika djupa, d.v.s. utsläckningen inte lika framträdande.

DIAGRAM 8. Markeffektens förstärkning [dB] för ljudutbredning 50 m från en punktkälla på 0,75 meters höjd till en mottagare på 1,5 meters höjd



## Beräkningsmodeller och mätmetoder

Det finns standardiserade modeller och metoder för beräkning och mätning av trafikbuller. För att få tillförlitliga resultat är det bättre med beräkningar, bland annat för att dessa inte påverkas av meteorologiska förhållanden. Beräkningar kan i vissa fall kompletteras med mätningar, bland annat för att verifiera beräkningarna. Noggrannheten i beräkningsmodellerna är omkring +/- 2 dBA.

Överlag gäller att både mätningar och beräkningar ska utföras av en person som är utbildad inom området och har kunskap om metodernas giltighet och begränsningar. Resultaten från de avancerade beräkningsprogrammen ser ofta mycket vederhäftiga ut men som alltid med beräkningar styrs resultatens noggrannhet av kvaliteten på indata. Vem som helst kan mäta ljud med sin telefon, men jämför man resultaten med en mätning utförd enligt standard kan skillnaderna vara mycket stora.

### Beräkningsmodell – vägtrafik

I Sverige används den nordiska beräkningsmodellen för vägtrafik (Naturvårdsverkets rapport 4653) för i princip alla beräkningar av vägtrafikbuller. Modellen som togs fram på 1990-talet är relativt enkel och i vissa fall går det att räkna ut nivåerna för hand med hjälp av diagram som finns i rapporten. Boverket och Sveriges Kommuner och Landsting har tagit fram ett förenklat diagram som kan användas för översiktliga beräkningar. Beräkningsdiagrammet beskrivs i en folder från Boverket.<sup>33</sup> För mer utförliga beräkningar behövs beräkningsprogram. De vanligaste är Trivector, CadnaA och SoundPlan. Trivector beräknar ljudnivån i en mottagarpunkt medan CadnaA och SoundPlan kan beräkna nivåerna över större områden i rutnät och vid fasad.

Modellen tar hänsyn till ljudalstringen från vägen genom inmatning av avstånd, årsmedeldygnstrafik, andel tung trafik, hastighet, vägglutning och vägbeläggning. Den tar också hänsyn till skärmning och reflexer från terräng, byggnader och eventuella bullerskydd. Marken delas in i mjuk eller hård mark. Meteorologiska förhållanden som motsvarar svag medvind i alla riktningar antas. Om man räknar för hand eller i Trivector kan man lägga in korrektioner för reflexer in på innergårdar och angränsande gaturum. I ett något mer avancerat beräkningsprogram kan man få fram dessa effekter genom att ta med tillräckligt många reflexer i beräkningen.

Not. 33. Hur mycket bullrar vägtrafiken. <http://www.boverket.se/>





Modellen kan ta hänsyn till dämpning från vegetation. Denna korrektion rekommenderas dock inte eftersom det råder stor osäkerhet om hur mycket vegetationen faktiskt dämpar beroende på växtlighet och årstid.

Vägtrafikmodellen är en dBA-modell vilket innebär vissa begränsningar. Den tar inte hänsyn till hur ljudets frekvensinnehåll förändras när det skärmas av. Den tar inte heller hänsyn till luftabsorptionen vilket medför att den bara gäller upp till 300 m från källan. På längre avstånd tenderar modellen att överskatta ljudnivåerna. Bullerregnet, dvs. bullret från mer avlägsna trafikleder, beaktas inte heller i programmet.

Vägtrafikmodellen är något föråldrad, dels för att det är en dBA-modell och dels för att ljudalstringen baseras på mätningar från äldre fordon. Diskussioner pågår om att ersätta modellen, bland annat inom den Nationella bullersamordningen.

## Beräkningsmodell – spårtrafik

För spårtrafik används den nordiska beräkningsmodellen (NMT96) *Buller från spårburen trafik* (Naturvårdsverkets rapport 4935) från 1998. Till skillnad från modellen för vägtrafik räknar den här modellen ljudnivåerna i oktavband från 63–8 000 Hz. Den tar även hänsyn till luftabsorptionen. Detta gör att modellen gäller upp till 1 km från spår.

Även för spårburen trafik finns det möjlighet att räkna för hand genom en förenklad metod med diagram i modellrapporten. Det vanliga är dock att man använder beräkningsprogram som Trivector, CadnaA eller SoundPlan.

Beräkningsmodellen tar hänsyn till ljudalstringen från spåren genom inmatning av tågtyper, maxlängd per tågtyp, total längd per tågtyp och år, hastighet, spårets skick, växlar och broar. Just växlar och broar ger ett signifikant tillskott till bulleralstringen och det är viktigt att dessa tas med i beräkningarna. Modellen räknar med ett normalslitet spår, men i verkligheten alstras lägre nivåer när spåret är nyslipat och högre nivåer när spåret är slitet.

Den tar också hänsyn till skärmning och reflexer från terräng, byggnader och eventuella bullerskydd. Marken delas in i hård, porös eller delvis porös mark. Modellen antar meteorologiska förhållanden som motsvarar svag medvind i alla riktningar.

Modellen innehåller indata från vanliga tågtyper i de nordiska länderna. Under åren har indata kompletterats med nyare tågtyper. Som användare kan man också lägga in egna tågtyper. Modellen gäller för tåg med högsta hastighet av 200 km/h.

För beräkningar över denna hastighet räcker inte NMT96 till utan Nordisk beräkningsmodell Nord 2000/2006 bör användas för högre hastigheter.

## Mätmetoder – vägtrafik och spårtrafik

Naturvårdsverket publicerade 1987 en mätmetod för vägtrafikbuller.<sup>34</sup> Mätmetoden omfattar mätningar både utomhus och inomhus.

Mätningen ska göras med en ljudmätare av klass 1 som kalibreras årligen av ett certifierat institut. Dessutom ska man kalibrera mätaren inför och efter varje mätning med en egen kalibrator. Man ska även mäta vindhastighet, vindriktning och temperatur.

En övervakad trafikbullermätning ska göras över en tid då det passerar minst 500 fordon. Därefter beräknar man den dygnsekvivalenta ljudnivån utifrån årsmedeldygnstrafiken. Den här metoden fungerar bra om det bara är trafik från en väg som orsakar bullret och vid relativt mycket trafik. Ju längre

Not. 34. Naturvårdsverkets rapport 3298. <http://www.naturvardsverket.se/>

tid det tar för 500 fordon att passera ju större är risken att mätningen påverkas av andra störningar. Är förutsättningarna de rätta är det en säkrare mätmetod än att mäta oövervakat.

I mer komplexa situationer, med flera vägar som ger buller, kan den enda lösningen vara att mäta under en längre tid vilket i de flesta fall innebär att mätningen görs oövervakat. Mätningen bör då pågå under flera dygn med korrekta meteorologiska förhållanden för att ge ett tillförlitligt resultat. Oövervakad mätning bör kombineras med inspelning av höga bullerhändelser för att kunna filtrera ut störningar som inte beror av vägtrafiken.

Mätningar av vägtrafikbuller, både övervakade och oövervakade, ska göras när det är barmark och vägbanan är torr. Oövervakade mätningar ska göras vid normal trafik, dvs. inte under lov eller storhelger. Det ska inte vara dubb-däckssäsong. Mäter man på ett kortare avstånd än 30 meter är meteorologin inte av någon större vikt men på längre avstånd ställs krav på svag medvind, högst 5 m/s från vägen mot mätpunkten. På avstånd över 100 m ska himlen vara molntäckt för att mätningen inte ska påverkas av kraftiga temperaturvariationer.

Riktvärden för buller är angivna som frifältsvärden, vilket innebär att man i de flesta fall behöver korrigera mätresultatet med hänsyn till reflexer i fasader.

Om det är möjligt ska mätningen göras på en plats där reflexer inte påverkar. Annars är den bästa lösningen ofta att fästa mikrofonen dikt an fasadytan. Man måste då dra av 6 dB från resultatet på grund av reflexen i fasaden. Det är också möjligt att mäta en bit framför byggnaden och dra av 3 dB. Detta är dock en osäker metod som bör undvikas.

För mätning av buller från spårburen trafik är kraven på mätförhållanden desamma som för vägtrafik. Mätningen ska utföras under flera passager av varje tågtyp som trafikerar sträckan. Tågtyperna och tågens aktuella längd ska dokumenteras under mätningen. På Trafikverkets webbplats hänvisas till Nordtest mätmetod, NT ACOU 098.

Mätning av vibrationer görs enligt Svensk standard SS 460 48 61: *Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader*.<sup>35</sup>

Not. 35. I skriften *Buller och vibrationer från spårburen linjetrafik, Riktlinjer och tillämpning*, dnr SO24235/SA60, anges hur resultatet från mätningen ska rapporteras. <http://www.trafikverket.se/>

## När ska man beräkna och när ska man mäta?

Beräkningar är det som förordas av bland annat Boverket och Naturvårdsverket. Med den beräkningsmodell som används får man oftast mer tillförlitliga resultat än vid mätningar.

När man beräknar buller använder man sig av den Nordiska beräkningsmodellen för väg- och spårtrafik. Några av parametrarna man tar hänsyn till är trafikförhållande, marktyp, höjder och hus. I en beräkning råder det alltid medvindsförhållande till mottagarpunkten. När man beräknar får man en ljudnivå utan störmoment såsom ljud från människor, lövprassel eller fåglar. Vid planering av nya områden är det i tidigt skede ofta omöjligt att mäta ljudnivåerna då exempelvis en väg eller ett bullerskydd inte är byggt. Med beräkning kan man utreda stora områden och flera scenario med framtida väg eller bullerskyddsåtgärd. Man sparar ofta både tid och pengar och får ett säkrare resultat om man gör en beräkning i stället för en mätning.

När man mäter buller använder man sig av Naturvårdsverkets mätmetod ”Buller från vägtrafik (1987–03)” eller Nordtest NT ACOU 098 för spårtrafik. Mätningen ska utföras under specifika meteorologiska samt väg- och markförhållanden. Att mäta buller är komplicerat och beror av många faktorer såsom till exempel väder, vind och enskilda händelser. Under mätningar sker ofta störmoment, såsom ljud från människor, lövprassel eller fåglar, vilket gör det svårt att utföra en mätning med endast det ljud man avser att mäta. Ett mätvärde är svårt att reproducera då förhållandena omkring ändras (ex vind) och det är svårt att kunna avgöra effekten av en åtgärd man vill utföra. Att invänta rätt meteorologiska förhållanden är ofta tidskrävande. Fördelen med mätning är att det är relativt enkelt sätt att få en indikation och ett momentant värde på ljudnivåerna. Mätning har också en pedagogisk fördel och ofta kan de, kanske i kombination med beräkningar, skapa ett högre förtroende för resultatet.

Om man behöver utreda inomhusnivån är den säkraste metoden att beräkna utomhusnivån och göra en fasadisoleringsmätning för att sedan räkna ut inomhusnivån.

I vissa situationer kan det vara motiverat att göra mätningar:

- Mycket *komplexa geometrier*, till exempel med många broar, multipla skärmar, påfartsramper etc. Man kan ofta modellera broar med mera på olika sätt i beräkningsprogrammen och hur man gör detta kan påverka resultatet. I dessa lägen kan en mätning vara att föredra.
- *Onormalt trafikflöde*. Beräkningarna utgår ifrån att fordonen kör i skyltad hastighet. Om det ofta blir köbildning, eller mycket ryckig körning, kan mätningar vara mer tillförlitliga. Köbildning kan både ge högre och lägre ljudnivåer än beräknat.
- *Särskilda ljudkaraktärer*. Om man har stillastående fordon (särskilt spårfordon) kan dessa orsaka lågfrekvent buller eller rena toner som kan upplevas som störande. Även impuls ljud kan ge ökad störning även om dessa sällan orsakas av väg- och spårtrafik. För att utreda omfattningen av dessa ljudkaraktärer, som även kan handla om ofta förekommande särskilt bullrande fordon som ambulans, flygplan, MC med mera kan det vara nödvändigt att göra mätningar. Bedömning av lågfrekvent buller, stomljud, tonalitet och impulser ska göras genom mätningar, inte subjektiva åsikter.
- *Pedagogiska orsaker*. Allmänheten har ofta mycket större tilltro till mätningar än beräkningar. I första hand bör man dock alltid försöka förklara att beräkningar är mer tillförlitliga.

#### **Läs mer:**

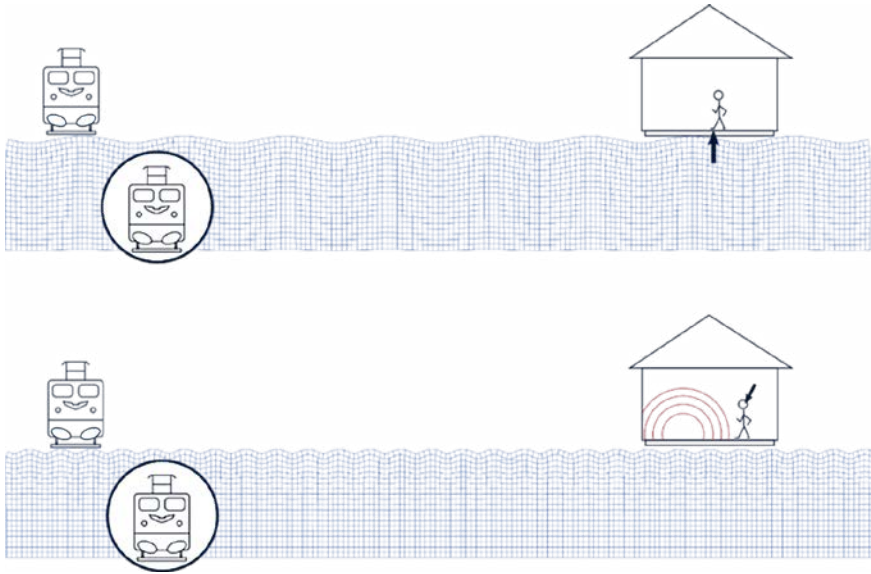
- Hur mycket bullrar vägtrafiken. [www.boverket.se](http://www.boverket.se)
- Naturvårdsverkets rapport 3298. [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)
- I skriften Buller och vibrationer från spårburen linjetrafik, Riktlinjer och tillämpning, dnr S024235/SA60, anges hur resultatet från mätningen ska rapporteras. [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)



# Stomljud och vibrationer

## Vibrationer och stomljud inomhus från väg- och spårtrafik

Ett fordon på väg eller järnväg ger upphov både till ljud som sprids som tryckvågor i luften, och vibrationer som på liknande sätt sprids som vågor i marken. Vibrationer kan ge upphov till skakningar i byggnadens golv, väggar och tak. Vibrationerna kan också övergå till ljud inne i byggnaden, så kallat stomljud eller markburet ljud, se skiss nästa sida. Vibrationer leder egentligen alltid till ljudvågor inne i rummet, men vid de allra lägsta frekvenserna, ungefär 5 Hz, är dessa ljudvågor inte hörbara. Vid något högre frekvenser, ungefär 200 Hz, är det tvärt om, dvs. ljudvågorna blir hörbara men inte kännbara. Dessa svaga vibrationer som inte är kännbara kan ändå ge upphov till tydligt hörbara ljud i rummet. I frekvensområdet däremellan kan man ha både kännbara och hörbara effekter, dvs. både vibrationer och stomljud.



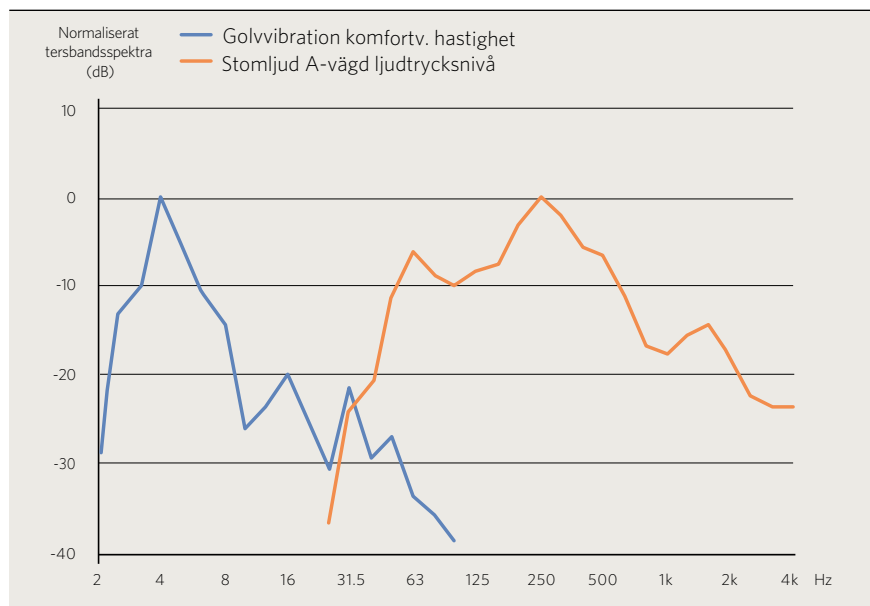
Vibrationer i marken fortplantas in som golvvibrationer i bostaden (överst), eller vid högre frekvens och kortare våglängd strålar in som stomljud i bostaden (nederst). Källan kan finnas ovan mark eller i tunnel.

I ovanstående skiss finns två exempel på mätningar av golvvibrationer och stomljud inomhus. I vibrationsexemplet består marken av en mjuk lera som leder lågfrekventa vibrationer in i huskonstruktionen från en närliggande järnväg. Vibrationerna uppträder främst vid frekvenser lägre än 10 Hz, vilket beror på att golvbjälklaget har en resonans och att den mjuka marken har begränsad dämpning vid låga frekvenser. Stomljudsexemplet visar mätning i en bostad byggd på berg med en underliggande järnvägstunnel. Ljudet har mest energi (för A-vägd nivå) i tersbandet 250 Hz, men det finns också en tydlig topp vid 63 Hz. Exempler illustrerar att problem med kännbara vibrationer uppstår vid mjuk mark, och stomljud vid fastare mark eller massivt berg. Det finns dock situationer där det omvända gäller, oftast vid mycket korta avstånd mellan källan och bostaden.



### DIAGRAM 9. Exempel på frekvensinnehåll för golvvibration vid passage av godståg och för stomljud vid passage av persontåg i tunnel på två olika mätplatser

Tersbandspektra är normaliserat till 0 dB för det starkaste tersbandet för respektive signal. Vibrationshastigheten är filterrad med komfortvägningsfiltret och ljudtrycksnivån redovisas som A-vägt spektra.



Sedan några år pågår ett samordningsarbete mellan olika myndigheter med syfte att skapa en gemensam syn på råd och riktvärden inom bullerområde. En del av arbetet handlar om stomljud<sup>36</sup> och vibrationer<sup>37, 38</sup>.

## Stomljud

Stomljud beskrivs ofta som ett lågfrekvent buller som inte går att riktningsbestämma i rummet. Stomljud har en lågfrekvent ljudkaraktär eftersom marken, grundläggningen och byggnadens golv och väggar släpper igenom låga frekvenser och hindrar höga. Då stomljudet överförs från hela golvytan eller från en vägg kan det upplevas som mer störande än luftburet buller som tydligt kan identifieras komma från en riktning, till exempel ett fönster. Undantag från dessa exempel kan förekomma.

Not. 36. Tomas Jerson, 2015. Stomljud - Beskrivning och genomgång av riktvärden för spår- och vägburen trafik. WSP Rapport 10186107. Stomljud - Naturvårdsverkets hemsida (PDF).

Not. 37. Mikael Ögren, 2016. Vibrationer inomhus från trafik. Arbets- och miljömedicin, Göteborg. Vibrationer - Naturvårdsverkets hemsida (PDF).

Not. 38. Se: [www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Buller/Nationell-samordning-av-omgivningsbuller/](http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Buller/Nationell-samordning-av-omgivningsbuller/)

Stomljud kan uppkomma från såväl spårburna fordon som vägfordon i rörelse. Fordonens hastighet och totala vikt är viktiga parametrar men många andra faktorer spelar in<sup>39</sup>. Då ett spårbundet fordon är i rörelse uppstår vibrationer i hjul och räl. Även nya hjul och räl har små ojämnheter som skapar vibrationer när hjulet rullar över rälen. Vibrationerna sätter hjulet och rälen i svängning och rörelserna fortplantas till omgivande konstruktioner och slutligen till underliggande mark.

Genom ett återkommande underhåll av lok och vagnar med hjulsvarvning samt regelbunden slipning av rälsen kan stomljudet hållas på en så låg och jämn nivå som möjligt. Dessa åtgärder har även stor betydelse för luftburet buller och ger en positiv effekt i boendemiljöer där trafiken går ovan jord.

De vibrationer i rälen som transmitteras till underliggande banvall och vidare ut i omgivande mark kan nå fram till närliggande bostäder. Där kan vibrationerna fortplantas i golv, väggar och tak och sedan ge upphov till stomljud i fastigheternas utrymmen. Markens egenskaper har stor betydelse för markvibrationens spridning, och hur stomljudet upplevs i omgivande byggnader. Om spåren går på berg ovan mark eller genom en tunnel kan vibrationerna föras vidare långa sträckor ( $\geq 100$  m) innan de reducerats till så låga nivåer att stomljudsstörningar inte uppstår i byggnader. I de fall spåren går på jordarter med stor elasticitet som till exempel lera minskar risken för stomljudsstörningar men samtidigt ökar risken för vibrationer. Anledningen är att dessa jordarter har en hög dämpning av frekvenser som överför stomljud, men en liten dämpning av låga frekvenser som kan leda till komfortstörande vibrationer.

Om järnväg och bostäder är anlagda på gemensam berggrund ovan jord, är risken stor för både luft- och stomljud i intilliggande bostäder. I dessa sammanhang är det ändå vanligast att luftljudet dominerar eventuella bullerstörningar inomhus. Det beror på att energiförlusterna ofta är större för stomljudsöverföringen i marken jämfört med det luftburna buller som företrädesvis kommer in genom fönstren. Om antingen järnvägen eller byggnaden är grundlagd på mjuk mark, men inte båda, förekommer normalt inga höga stomljuds nivåer.

Not. 39. Tomas Odebrant, 2010. Högastighetsprojekt Stomljud. ÅF PM10-552777.

## Störning

Externt inkommande ljud i ett rum, vare sig det är stomljud eller luftljud, har mer likheter än olikheter. Båda ljudtyperna filtreras på sin väg in i rummet och upplevs som lågfrekvent. För att ett ljud ska uppfattas måste det överstiga hörtröskeln hos en normalhörande individ. Hörtröskeln har inte ett absolutvärde utan varierar för olika frekvenser och individer. Vid vilken nivå som ett ljud går från uppfattbart till störande skiljer sig också åt mellan individer. Förekomst av stomljud påverkar människor på olika sätt. Stomljud förekommer frekvensmässigt till största delen inom de lägre delarna, 50–300 Hz av normalhörande människors hörselområde 20–20 000 Hz. Mer än två miljoner människor i Sverige i olika åldrar har en hörselnedsättning<sup>40</sup>. Av dessa har cirka 30 procent en måttlig till svår hörselnedsättning. Hörselförändringar har olika orsaker, såsom buller i yrkeslivet eller på fritiden. Öronsjukdomar kan också påverka och hörseln försämras vanligen med stigande ålder.

Inom audiologin är det väl känt att människor med hörselnedsättning har svårt att delta i samtal om ovidkommande buller förekommer. Detta funktionshinder är ofta proportionerligt mot skadans omfattning och ökar ju större hörselförlusten är. Med nedsatt diskant- och mellanregisterhörsel, dvs. med normal hörsel först vid 2 000 Hz, är känsligheten för störande buller i det kvarvarande området betydande. Det är därför inte förvånande om ett hörbart men oönskat och i vissa fall kanske till och med maskerande ljud kan skapa mer irritation hos individer med redan begränsad hörselförmåga än hos normalhörande.

## Åtgärder

Det har under årens lopp utvecklats allt bättre metoder för att reducera stomljud. Den grundläggande lösningen är att bryta eller reducera överföringen av vibrationsenergin från passerande tåg ned i marken eller berget. Detta sker vanligtvis med hjälp av något vibrationsisolerande material till exempel stenull eller syntetgummi som i skivform placeras någonstans mellan spårkonstruktionen och marken. Risken för att stomljudsstörningar ska uppkomma i bostäder och olika arbetsmiljöer har därför minskats då nya tunnlar anläggs. Att åtgärda befintliga tunnlar eller närliggande bostäder för att minska stomljud är dock mycket mer komplicerat och betydligt kostsammare.

Not. 40. Socialstyrelsen, 2009. Hälsa- och sjukvårdsrapport 2009.

## Riktvärde

Sverige saknar nationellt beslutade riktvärden för stomljud från trafik men sedan ett antal år tillbaka så används så kallade projektspecifika riktvärden vid planering och byggande av infrastruktur nära bostäder. Det finns även kommuner som antagit riktvärden för stomljud. Merparten av dessa riktvärden har varit angivna som en maximalnivå med tidsvägning slow,  $L_{pASmax}$  30 dBA.

Internationellt saknas riktvärden/gränsvärden/praxis för maximalt stomljud i flera länder. I de fall då sådana förekommer varierar dessa mellan 30–40 dBA och tidsvägningen är oftast slow, men tidsvägning fast förekommer också. I några länder används riktvärdet för vanligt luftljud även för stomljud.

Inom den nationella bullersamordningen har två riktvärden föreslagits, ett maximalt med tidsvägning fast  $L_{pAFmax}$  35 dBA, och ett gällande ekvivalent nivå under ett dygn  $L_{pAEq,24h}$  30 dBA.<sup>41</sup>

## Vibrationer

När tunga väg- eller järnvägsfordon färdas på spår eller väg genereras vibrationer i marken. När marktypen är mjuk som till exempel lera fortplantas de låga frekvenserna och kan uppstå som vibrationer i omgivande bostäder. Om den mjuka marken är ett relativt tunt skikt ovanpå fastare grund, till exempel ett fem meter tjockt lerskikt på berggrund, kan det mjuka lagret fungera som en vågledare som då innebär att vibrationerna sprids ännu mer.

När markvågorna når fram till en byggnad kan dessa leda till vibrationer i golv, väggar och tak. Hur starka vibrationerna blir bestäms bland annat av byggnadens grundläggning. Är byggnaden grundlagd på pålar till fast berg så påverkas den relativt lite av markvibrationer, men om den är grundlagd som platta på mark eller en källarkonstruktion nedgrävd i mjuk mark, leds vibrationer in i högre grad. Om det dessutom finns en stark resonans i någon konstruktionsdel som sammanfaller med det frekvensområde där marken leder vibrationerna som bäst kan även svaga vibrationer i mark leda till tydligt kännbara vibrationer i byggnaden. Samtidiga mätningar i marken och inomhus visar att i olyckliga fall kan huskonstruktionen förstärka vibrationerna i marken upp emot tio gånger. Detta gör att byggnadens konstruktion är en viktigare faktor för vibrationer inomhus än avståndet till källan. En vibrationskänslig byggnad på ett avstånd av 250 meter kan vibrera lika mycket som en stabil byggnad på 10 meter avstånd från väg/järnväg.

Not. 41. Naturvårdsverkets nationella bullersamordning. <http://www.naturvardsverket.se/bullersamordning>

För svenska förhållanden är vibrationerna oftast i frekvensområden 5–20 Hz, men hela området 1–80 Hz omfattas av den svenska standarden, SS 460 48 61<sup>42</sup>. Vibrationer kan mätas med olika typer av givare men redovisas normalt som maximalt effektivvärde (RMS) av den frekvensvägda hastighetsnivån i mm/s. RMS-värdet och frekvensvägningen motsvarar en förenklad bild av kroppens känslighet för vibrationer på liknande sätt som A-vägningen är en förenklad modell av örats känslighet för ljud.

Mätningen genomförs oftast mitt på golvet där spännvidden är störst i golvbjälklaget. Även andra positioner kan användas. Mätningen genomförs i tre riktningar (horisontellt parallellt med väg/järnväg, tvärs och vertikalt). Resultatet redovisas för den riktning som ger det högsta mätvärdet.

För vibrationer från väg och järnväg finns inte en officiell beräkningsmetod på samma sätt som för buller. Det finns dock beräkningsmetoder framtagna av konsultföretag verksamma inom området som kan användas, men de är inte offentliga i sina detaljer och kan endast användas i samarbete med respektive konsult. Det är också mycket svårt att beräkna vibrationshastighet inomhus, framförallt för att detaljerna i huskonstruktionen är så avgörande. Istället får man vid översiktliga bedömningar utgå från statistiska samband baserade på många mätningar, som till exempel att en villa med trästomme har en viss typisk känslighet för markvibrationer som skiljer sig åt från till exempel betongkonstruktioner.

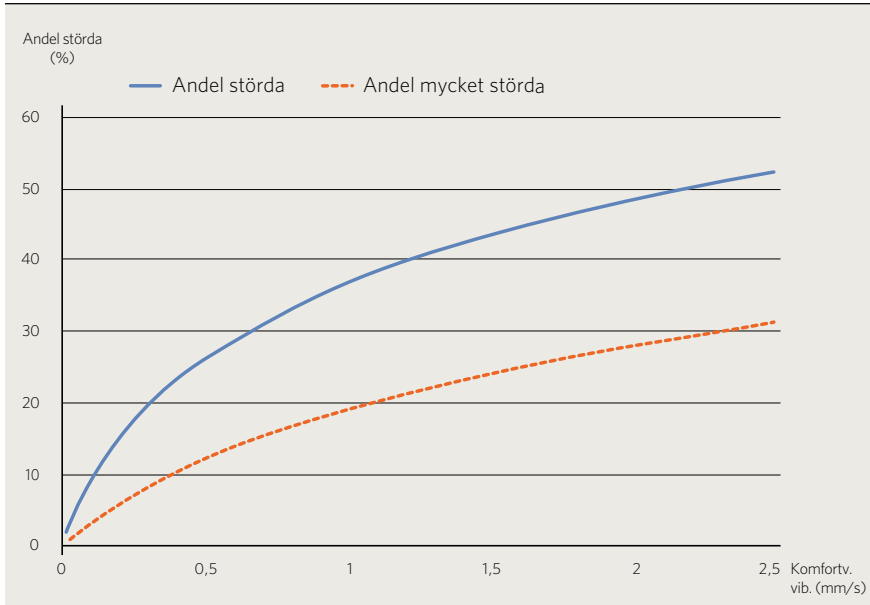
## Störning

Människan påverkas av vibrationer inomhus på många olika vis. Vibrationerna kan leda till störning dels genom att de uppfattas direkt, men också indirekt via synliga rörelser eller sekundära ljud som uppstår i konstruktionen eller möblemang. Typexemplet är klingande glas i ett skåp eller på en hylla. Känsletröskeln ligger normalt i intervallet 0,1–0,3 mm/s vägd RMS, men varierar mellan individer och beror också på kroppsställningen<sup>43</sup>. I enkätundersökningar i Sverige så har man fått en störningsgrad på cirka 20 procent vid en vibrationshastighet av 0,3 mm/s. Dessa siffror är dock baserade på ett fåtal stickprovsmätningar av vibrationshastigheten och är osäkra. Inom EU-projektet CargoVibes<sup>44</sup> så sammanställde man ett dos respons samband för störning av vibrationer och vibrationshastighet, se diagram 10. Även här är resultaten osäkra, de bygger på undersökningar i olika länder med helt olika vibrationsmått och mätmetoder som är svåra att jämföra med varandra.

Not. 42. SIS, 1992. SS 460 48 61. Vibrationer och stöt - mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader.

Not. 43. SS-ISO 2631-1 Vibration och stöt - Vägledning för bedömning av helkropps vibrationers inverkan på människan - Del 1: Allmänna krav.

Not. 44. Cargovibes - Attenuation of ground-borne vibration affecting residents near freight railway lines. Hemsida: [www.cargovibes.eu](http://www.cargovibes.eu)

**DIAGRAM 10.** Dos respons samband för andel störda och mycket störda av vibrationer från tågtrafik i hemmet

Källa: EU-projektet CargoVibes.

Sömnen kan också påverkas negativt av vibrationer i bostaden. För att man ska riskera skador på hus behövs en högre vibrationsnivå än vad trafiken orsakar. I laboratorieförsök har man påvisat att påverkan på hjärtrytm och sömndjup börjar bli mätbara vid 0,3–0,4 mm/s vägd RMS. Resultaten från CargoVibes redovisar ett dos respons samband för sömnstörning; vid 0,5 mm/s vägd RMS störs ungefär 25 procent av de exponerade i den meningen att de svarar ja på frågan ”Störs din sömn av vibrationer från järnvägstrafik?”

### Åtgärder

Att åtgärda vibrationsproblemet vid källan är mycket svårt, förutom i de fall där det rör sig om en skada eller ojämnhet på vägen eller järnvägen som går att reparera eller på annat sätt eliminera. De viktigaste parametrarna för fordonen är hastigheten, den ofjädrade massan och hjulens orundhet/ojämnhet. För järnvägsfordon har studerats vad man kan vinna genom att påverka ofjädrad massa och hjulstatus med god design och förbättrat underhåll, men tyvärr är förbättringarna mycket små eller inga under 20 Hz där vibrationsproblemet är som viktigast för svenska förhållanden.

För järnväg är det tänkbart att införa elastiska material i bankonstruktionen för att minska överföringen av vibrationsenergi från hjul/räl till marken på liknande sätt som för stomljud, men återigen visar mätningar och teoretiska beräkningar att effekterna är mycket små vid låga frekvenser. Störst effekt får man istället om man stabiliserar marken under banan med pålning eller olika typer av cementpelare. Detta är dock svårt och kostsamt som åtgärd för befintlig järnväg. Vid nybyggnation är det en bra åtgärd som dessutom kan vara viktig av andra skäl än vibrationsbegränsning, till exempel stabilitet.

För vägar finns sällan möjlighet att införa elastiska material i väggkroppen som för järnväg, istället får man arbeta med stabilisering eller att minska källstyrkan. Det är vanligt att vibrationerna alstras av ojämnheter; hastighetsbultor eller skador på vägytan. I dessa fall åtgärdas vibrationerna enklast genom att göra vägytan jämn igen.

På samma sätt som en bullerskärm verkar genom att skärma av ljudvågor kan man tänka sig att underjordiska skärmar kan ge viss effekt. Fältförsök och beräkningar visar på i bästa fall en halvering av vibrationshastigheten för en nedgrävd betongskärm eller spontvägg. Dock fås förbättringen endast för hus direkt bakom skärmen.

## **Riktvärde**

Trafikverket har antagit riktlinjer för vibrationer från tåg- och vägtrafik. För nya banor och vägar vid väsentlig ombyggnad av banor/vägar ska åtgärder övervägas om den maximala komfortvägda vibrationshastigheten överskrider 0,4 mm/s vägd RMS mer än fem gånger per trafikmedelårsnatt (kl. 22–06), och ingen passage får överskrida 0,7 mm/s vägd RMS mer än fem gånger per natt. Åtgärder övervägs även längs befintlig järnväg om vibrationshastigheten 0,7 mm/s vägd RMS överskrider fler än fem gånger per årmedelnatt och om minst en av dessa störningshändelser också överskrider 1,4 mm/s vägd RMS. Det finns också kollektivtrafikbeställare som har tagit fram egna riktlinjer.





## Vad är ljud?

Buller är definitionsmässigt oönskat ljud. Inställningen till ljudkällan har stor betydelse för hur ljudet upplevs. Även platsen och tiden för ljudupplevelsen kan påverka störningen mer än ljudnivån.

Ljudet från en passerande motorcykel upplever vissa människor som ”ljud musik” medan andra uppfattar det som buller. Fågelsång under skogspromenaden är troligen ett trevligt ljud för de flesta, men då samma fåglar sjunger utanför ett öppet sovrumsfönster klockan fyra på morgonen upplevs det som buller, även om ljudnivån är lägre i sovrummet än i skogen. Myggan i sovrummet eller en droppande kran som inte ger högre ljudnivå än 25 dBA upplever nog många som störande.

- › För beskrivning av trafikbuller används **ljudnivån i dBA**.
- › **Ekvivalent ljudnivå** är en form av medelnivå under en tidsperiod till exempel ett dygn.
- › **Maximal ljudnivå** är den högsta ljudnivån under en viss tidsperiod.
- › Då två lika bullerkällor adderas fås 3 dBA högre total ljudnivå, dvs.  $30 + 30 = 33$ .

Trafikbuller hörs ofta mer på natten än dagtid, trots glesare trafik. Förklaringar finns i ljudets olika egenskaper.

### Ljud och spektra

Ljudvågor är för det mesta sammansatta av delvågor med både långa och korta våglängder.

Vägtrafikbuller och buller från spårburen trafik ger olika bullerspektra. Vägtrafikbuller är mer lågfrekvent, dvs. har relativt sett högre nivå vid låga frekvenser, än buller från spårburen trafik.

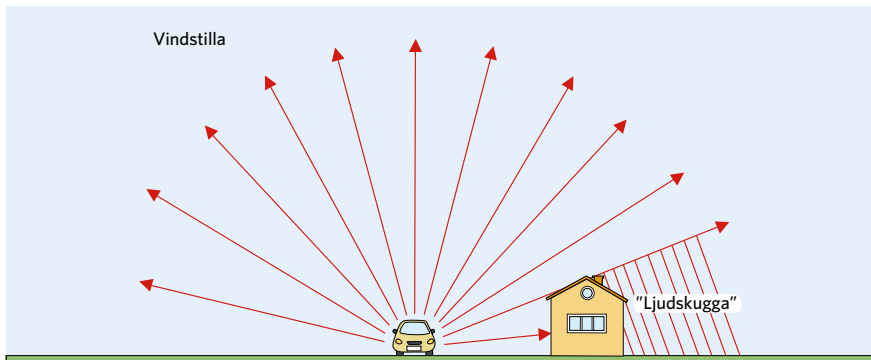
Det finns även skillnad i spektra mellan skärmat och oskärmat trafikbuller. Det skärmade bullret är mer lågfrekvent än det oskärmda bullret.

### Våglängd och ljudutbredning

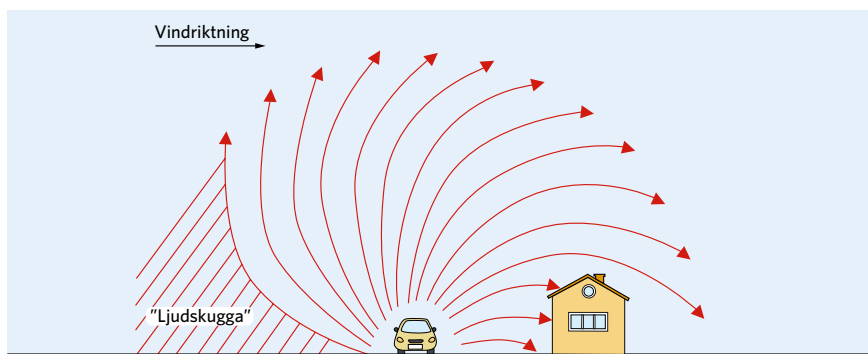
Hur ljud påverkas av hårda föremål i utbredningsvägen beror på föremålets storlek i förhållande till ljudets våglängd. Vid höga frekvenser med kort våglängd beter sig ljud ungefär som ljus. Ljudet reflekteras av föremålets yta, som i en spegel, och bakom föremålet uppstår "ljudskugga". Fenomenet kan ses då de små vattenvågorna från en liten sten, som kastas i vattnet, träffar ett hinder. Ljudvågor med lång våglängd passerar föremålet i stort sett opåverkade, på samma sätt som motorbåtssvall passerar bryggstolpen. Det är en av orsakerna till att en bullerskyddsskärm dämpar höga frekvenser mycket bättre än låga.

### Ljudets avböjning

Om luftmassan över en ljudkälla är helt ostörd kommer ljudet att utbreda sig sfäriskt, som ett expanderande halvklot, se figur nedan. Om vinden blåser kommer luftmassans hastighet att öka med höjden över marken och ljudutbredningen kan då se ut som i figuren nedan. Ljudet förstärks i lä om ljudkällan och dämpas på vindsidan. Liknande effekter kan uppstå då ljudhastigheten ändras med höjden över marken. När det är varmast vid marken och temperaturen faller med höjden, avtar även ljudhastigheten med höjden och ljudet böjs bort från marken så att det blir tystare i omgivningen. Om det motsatta inträffar, så kallad temperaturinversion, böjs ljudet av mot marken så att ljud hörs på stort avstånd, även bakom skärmande föremål.

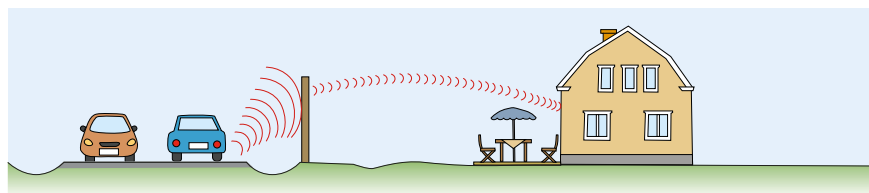


Ljudets avböjning vid vindstill.

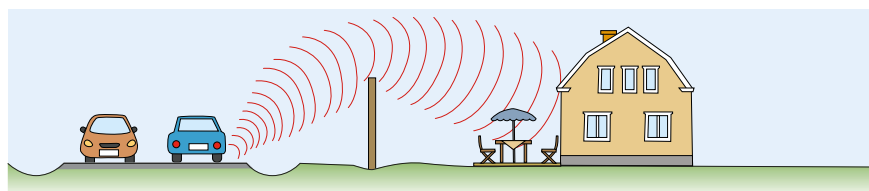


Ljudets avböjning vid vindriktning.

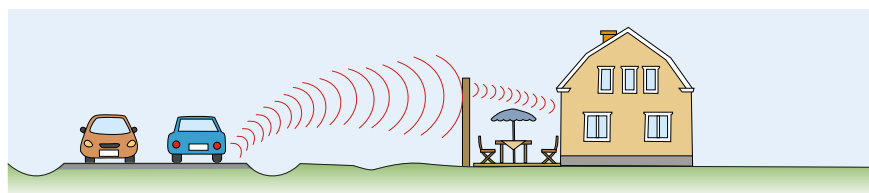
Avböjningen av ljudet mot marken som uppstår vid medvind och/eller temperaturinversion är en av orsakerna till att bullerskyddsskärmar gör störst nytta nära bullerkällan eller nära mottagaren.



Bullerskyddsskärmen ger bäst effekt då den placeras nära bullerkällan.



Ljudets utbredningsväg gör att bullerskyddsskärmens effekt blir begränsad vid denna placering.



Bullerskyddsskärmen kan även ge god effekt då den placeras nära mottagaren.

Ljudets utbredning vid bullerskärm.

## Bullerregn

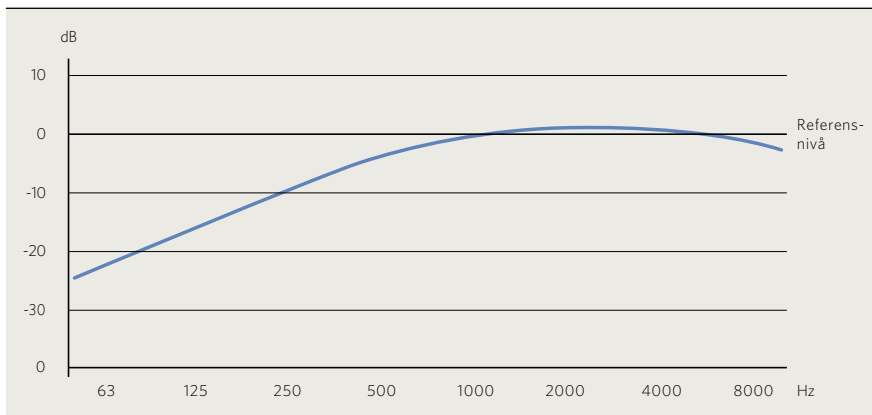
En speciell form av ljudutbredning är den som sker på större avstånd, det så kallade bullerregnet. Ljudutbredningen börjar i princip som beskrivs ovan. Bullerskyddsskärmar, bebyggelse eller terräng har ingen inverkan på ljudutbredningen.

Beteckningen ”bullerregn” förklarar att ljudet faller ner likt regn vid exempelvis mottagarbebyggelsen. Ljudnivån blir då lika hög på byggnadens alla sidor vilket gör att skärmade uteplatser exponeras för bullerregnet.

## Ljudnivå

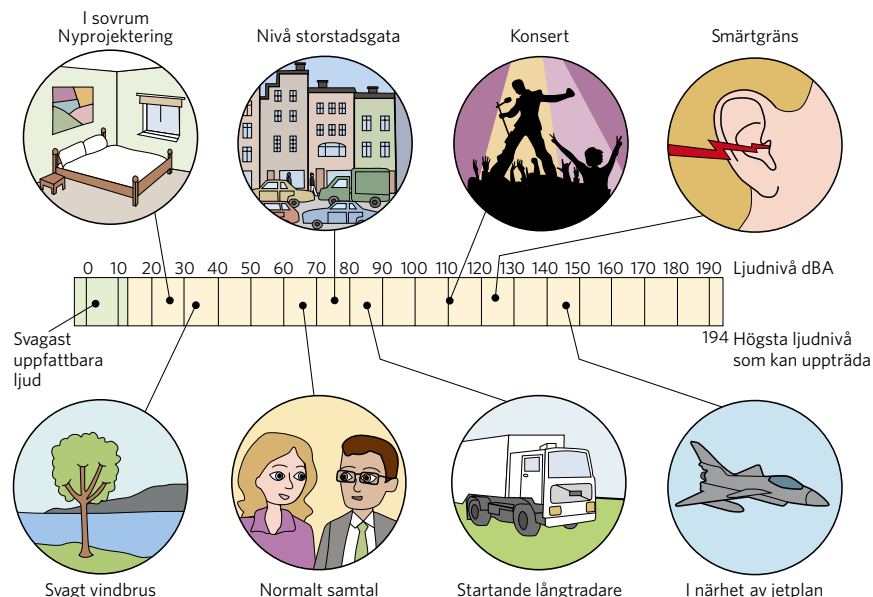
Hur starkt ett ljud upplevs beror framförallt på nivån och frekvensen. Örat uppfattar låga frekvenser sämre än höga frekvenser. För att kunna ange uppmätta bullervärden med ett tal som stämmer överens med hörseln, används så kallad frekvensvägning. Den så kallade A-vägningen är ett försök att efterlikna örats uppfattning av olika frekvenser. A-vägningen dämpar mer vid låga frekvenser och förstärker en del höga frekvenser. Mätvärdena får då enheten dBA.

DIAGRAM 11. A-vägning eller ”A-kurvan”. A-filtrets dämpning av ljudet vid olika frekvenser. För trafikbuller används i dag enbart dBA



## Exempel på ljudnivåer

För att ge en viss uppfattning om vad olika ljudnivåer innebär följer exempel på ljudnivåer vid olika aktiviteter.



Exempel på ljudnivåer. Boverket.

## Störningsmått

För beskrivning av buller vars styrka är konstant i tiden uttrycks ljudnivå i dBA. Det är ett enkelt störningsmått att arbeta med som direkt kan mätas med ljudnivåmätare. Undersökningar har visat att ljudnivån kan användas som grund för mer sofistikerade störningsmått som beskriver fluktuerande buller. I Sverige används bland annat ekvivalent respektive maximal ljudnivå för trafikbuller och industribuller.

**Ekvivalent ljudnivå** avser en medelljudnivå under en given tidsperiod, för trafikbuller ofta ett dygn.

**Maximal ljudnivå** avser den högsta ljudnivån under en viss period, till exempel för en serie fordonspassager.

Ljudnivåns variation under 5 minuter på en stadsgata. Ekvivalentnivå 66 dBA, maximalnivå 74 dBA.

DIAGRAM 12. Ljudnivåns variation på en stadsgata

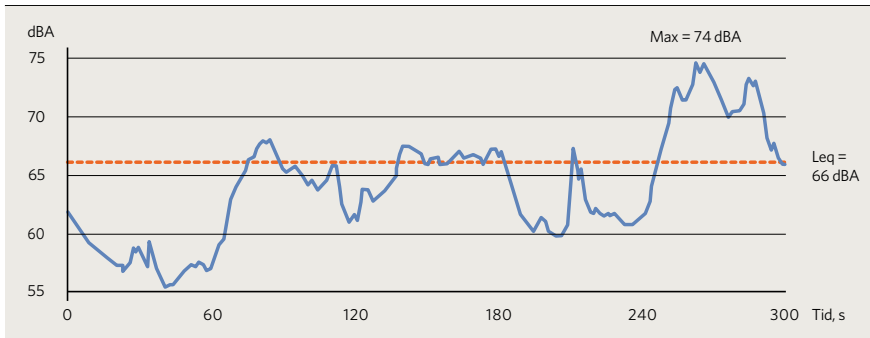
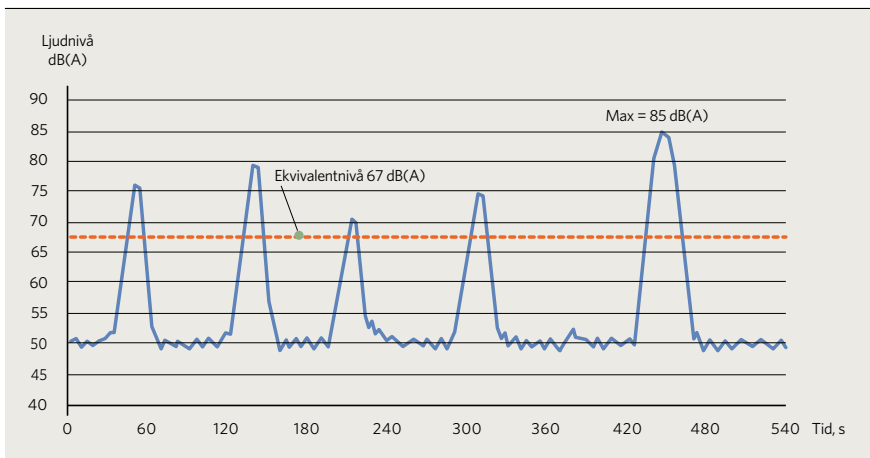


DIAGRAM 13. Ljudnivåns variation från tågtrafik



$L_{DEN}$  är ett medelvärde över dygnet, vägd ekvivalentnivå, med högre värdering av bullret kvälls- och nattetid. Trafiken kvällstid (18.00–22.00) vägs 5 dB högre och trafiken nattetid (22.00–06.00) 10 dB högre.

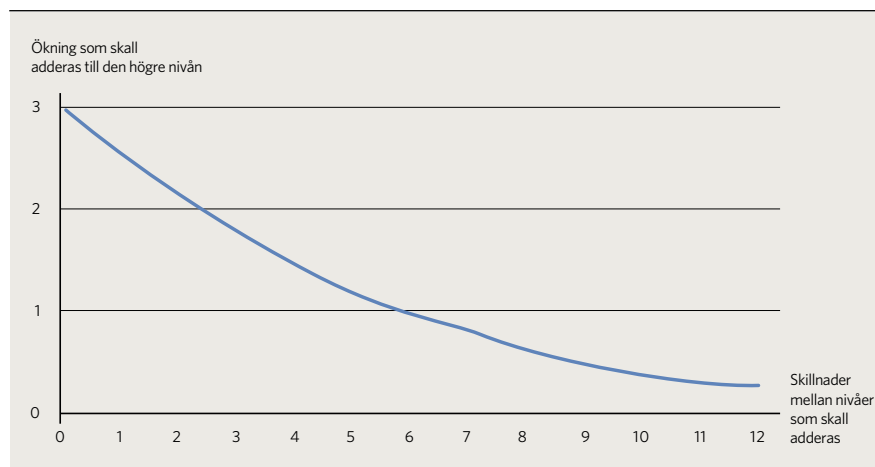
$L_{NIGHT}$  är ett medelvärde, ekvivalentnivå, för natten, 22.00–06.00.

### Addition av ljud

Decibel är ett logaritmiskt begrepp. Det innebär bland annat att vid addition av buller från två lika starka bullerkällor, ökar ljudnivån med 3 dBA. På samma sätt ger en fördubbling/halvering av trafikmängden 3 dBA högre/lägre ekvivalent ljudnivå.

Addition av bullerkällor som inte är lika starka kan överslagsmässigt ske enligt figur nedan.

DIAGRAM 14. Addition av ljud



TABELL 13. Addition av ljudnivåer - exempel

Skilnad mellan två nivåer som ska adderas	Ökning av det högsta värdet
0-1 dBA	3 dBA
2-3 dBA	2 dBA
4-9 dBA	1 dBA
> 10 dBA	0 dBA

### Akustiska nyckeltal

Även om små skillnader i ljudnivå inte är direkt uppfattbara påverkar varje dB störningsupplevelsen.

En fördubbling eller halvering av trafikmängden ändrar den ekvivalenta ljudnivån med 3 dBA. Den maximala nivån berörs inte av mängden trafik, utan det bullrigaste fordonet bestämmer nivån. Men antalet händelser har förstås stor betydelse för störningen.

En hastighetsminskning från 70 km/h till 50 km/h ger teoretiskt cirka 4 dBA lägre ekvivalentnivå. En minskning från 50 km/h till 30 km/h ger 2 dBA lägre nivå. I verkligheten kan ljudnivån sänkas något mer, se kapitel 3.

museer 11





# Hälsopåverkan

## Buller

Buller definieras som oönskat ljud och är idag ett av våra större miljöhälso-problem. Vi utsätts i det närmaste konstant för ljud eller buller i någon form och de tysta områdena i samhället blir allt färre. Buller kan påverka människors hälsa och välbefinnande både direkt och indirekt. Exempel på direkta effekter är kommunikationsstörning, möjlighet till avkoppling och störning på sömn (men även hörselpåverkan och öronsus så kallad tinnitus, dock mycket sparsamt av trafikbuller). Indirekta effekter är påverkan på (sömn, möjlighet att uppfatta tal samt vila och avkoppling, prestationer och inläring även psykologiska och fysiologiska stressrelaterade symtom som ger försämrad livskvalitet, kan förekomma. Forskning tyder på att det finns ett samband mellan trafikbullerexponering och högt blodtryck, men även för hjärtkärlsjukdom och stroke.

Buller från trafik, fläktar och andra källor i boendemiljön, är så kallat samhällsbuller. De viktigaste källorna är väg-, tåg- och flygtrafik, där vägtrafiken dominerar. Trafikbuller är ett utbrett miljöproblem och sannolikt den miljöstörning som påverkar flest människor.

## Hörselskador

Den vanligaste orsaken till hörselskadligt buller är höga ljudnivåer i arbetsmiljön. Höga ljudnivåer som kan ge hörselskada förekommer också i den allmänna miljön. Exempel är exponering vid utekonserter, på diskotek, musik via hörlurar och vid skjutbanor. Trafikbuller är däremot normalt inte av sådan styrka att det kan orsaka hörselskador.

## Sömnstörningar

Sömnstörningar är en av de vanligaste och mer välkända effekterna av trafikbuller som människor inte ens efter flera års exponering kan vänja sig vid. Vissa data tyder på att det finns en tillvänjningseffekt vad gäller väckningsreaktioner, men däremot inte när det gäller andra negativa effekter på sömnen. Antalet uppvaknanden kan minska med tiden eller till och med försvinna helt, men sömnen kan i stället bli ytligare. Både kontinuerligt och intermittent ljud kan ge upphov till sömnproblem. De känsligaste perioderna är vid insomnandet och innan uppvaknande.

En störd nattsömn leder till en upplevelse av minskad sömnkvalitet, trötthet, nedstämdhet eller olustkänslor och minskad prestationsförmåga.

Risk för väckning har påvisats vid maximala ljudnivåer inomhus från 45 dBA och uppåt. Därför är det viktigt att begränsa antalet bullerhändelser med maximalnivåer över 45 dBA inomhus nattetid samt att inte överskrida ekvivalentnivån 30 dBA, vilket motsvarar minimikraven i Boverkets Byggregler, BBR. Vid en högre ambitionsnivå för ljudnivåer inomhus är risken för sömnstörning betydligt lägre. Detta gäller givetvis med stängda fönster.

## Svårigheter att föra samtal

Buller från olika typer av trafik kan maskera talet och direkt försvåra möjligheten att föra samtal, eller indirekt genom att det är ansträngande att höja rösten eller upprepa sig. För acceptabel förståelse bör ljudnivån på talet överskrida bakgrundsljudet med minst 10 dBA. Gränsen för acceptabel kommunikation vid normalt samtal går vid en trafikbullernivå om cirka 55 dBA. När buller stör talkontakten uppstår bland annat koncentrationsproblem, missuppfattningar, irritation, trötthet och stress. Särskilt utsatta är äldre, personer med hörselnedsättning, barn under språkinläring samt de som är mindre bekanta med det språk som talas.

## Sämre prestationsförmåga och inlärningssvårigheter

Prestationsförmågan kan försämrans vid bullerexponering. Studiemöjligheter och annan verksamhet som kräver koncentration försvåras.

Barn är särskilt sårbara eftersom buller hindrar inläring under en kritisk utvecklingsperiod och de har mindre kapacitet än vuxna att förutse, förstå och klara av miljöbetingad stress. Störningen kan variera betydligt beroende på individens känslighet för bullerpåverkan. Redan vid lägre bullernivåer uppstår effekter på grund av försvärad kommunikation och störd koncentration. Arbete påverkas alltid om viktig information maskeras. Det går inte att ange

en generell nivå som inte får överskridas, utan riktvärden varierar för olika miljöer beroende på vilken typ av arbete som utförs. Låga inomhusnivåer av buller från exempelvis trafik och installationer bör alltid eftersträvas och går oftast att uppnå även vid mycket höga trafikbullernivåer utomhus.

Områden kring bostäder och skolor bör planeras så att bullernivåerna blir låga även utomhus. Se även avsnitt 2.9 om skol- och förskolegårdar.

### **Psykosociala effekter och symptom**

Buller kan ge upphov till allmänt obehag och besvär som irritation, huvudvärk och trötthet. Det är också en stressfaktor som i samverkan med andra belastningsfaktorer, och beroende på individens känslighet och förmåga att hantera stress, kan ge olika psykosomatiska besvär och psykosociala konsekvenser. Hur mycket buller man utsätts för kan också bero på den socioekonomiska situationen, bland annat genom att inkomst påverkar möjligheten att välja bostad.

Någon "säker" bullernivå kan inte anges, bland annat för att människor är olika känsliga och har varierande motståndskraft mot bullerexponering. Även en persons attityd till bullerkällan har betydelse. Om den som exponeras har en positiv koppling till bullerkällan, förstärks vanligtvis den individuella försvarsmekanismen och risken för stresspåslag och störningsupplevelse minskar.

### **Fysiologiska effekter**

Hjärt- och kärlsjukdomar, främst hjärtinfarkt, orsakar drygt hälften av den totala dödligheten i Sverige. I vissa avseenden är dock kunskapen om riskfaktorer bristfällig.

Höga ljudnivåer kan utlösa olika akuta fysiologiska reaktioner, exempelvis förändringar i hjärnans elektriska aktivitet, förhöjt blodtryck, stegrad andnings- och pulsfrekvens samt ökad insöndring av stresshormoner. Flera forskningsstudier visar på ökad risk för dödsfall på grund av buller. Beräkningarna visar att den samlade trafikbullerexponeringen i Sverige ger upphov till cirka 1 000 hjärtinfarkter och 1 000 fall av stroke per år och att cirka 500 av dessa leder till dödsfall. I bostäder med en utformning som anpassats till det omgivande trafikbullret och med hög ljudisolering som innebär låga nivåer inomhus, är riskerna för hälsopåverkan lägre.

## Upplevelse av besvär

Bullerstörning är ett subjektivt begrepp. Nivån på störningen varierar med typ av aktivitet och hur aktiviteten påverkas. Dessutom varierar den mellan individer med olika känslighet för bullerpåverkan och med andra faktorer som individens inställning till bullerkällan. På gruppnivå har dock ett samband mellan faktisk exponeringsnivå och besvärsförekomst påvisats i ett flertal studier. Störningsnivån varierar också beroende på typ av buller. Vid ett ekvivalent dygnsmedelvärde för vägtrafikbuller på 55 dBA, visar tidigare undersökningar att cirka 15 procent blir mycket störda.

Sambandet mellan trafikbuller och störning har utretts i flera olika sammanhang. Den mest genomarbetade sambandsanalysen av andelen störda som funktion av exponeringsnivåer för väg-, flyg-, och järnvägsbuller bygger på en sammanställning av ett stort antal studier. Dessa analyser som vanligen presenteras som kurvor ("Miedema-kurvorna") används som modeller för beräkning av andelen bullerstörda i Europa för olika trafikslag.

Allmänna effekter relaterade till bullerstörning är koncentrationssvårigheter, irritation, nedstämdhet och initiativlöshet. Störningen kan i samverkan med andra belastningsfaktorer, och beroende på individens känslighet och förmåga att hantera stress, på längre sikt ge upphov till olika psykosomatiska besvär och psykosociala konsekvenser.

Med "bullerstörning" menas i enkätundersökningar normalt en allmän och sammantagen bedömning av hur störande en eller flera ljudkällor upplevts under en viss tidsperiod och i en viss miljö, vanligen de senaste 12 månaderna i hemmiljö. Bullerstörning är kopplad till störning av aktiviteter, vila och sömn, samt upplevelser av obehag och irritation.

Aktuell forskning visar att tillgång till en tyst sida av bostaden i vissa fall kan kompensera för en hög bullerbelastning från väg- eller spårtrafik på andra sidor av bostaden. Enkätstudier har visat att andelen bullerstörda är betydligt högre i bostäder med sovrum mot trafikerad gata än i bostäder med sovrum mot tyst sida, vid likartad exponering av bostadens mest utsatta fasad.

I Boverkets rapport Enkätstudier om bullerstörning, beskrivs utformning av enkätundersökningar om bullerstörning och vad man bör tänka på vid genomförande av enkätstudier.<sup>45</sup>

Not. 45. <http://boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2012/enkatstudier-om-bullerstoring/>

## **Tillgång till platser för rekreation**

Tillgång till grönområden med god ljudkvalitet anses stimulera till motion, höja livskvaliteten och verka förebyggande vad gäller både psykisk och fysisk ohälsa, och är därmed viktig ur folkhälsosynpunkt. På senare tid har allt mer forskning visat att vistelse i ostörd naturmiljö är gynnsam för återhämtning efter stress. Även låga nivåer av samhällsbuller kan vara störande i detta sammanhang.

## **Kombinerat buller**

En faktor som kan vara av stor betydelse är kombinerat buller. Människor som exponeras för flera bullerkällor störs ofta mer än de som utsätts för buller från en källa trots samma totala ljudnivå. Därför är det olämpligt att behandla de olika källorna var för sig. I tätorter utsätts många bostäder för buller från flera trafikslag och i en del fall även från andra källor än trafik.

Kombinerat trafikbuller medför totalt sett en hög belastning och därmed kan en högre störning befaras. Detta gäller även vid exponering för trafikbuller från vägar på olika avstånd, eftersom ljudets karaktär varierar.

### **Läs mer:**

- › Metod för DALY-beräkningar inom transportsektorn Uppdragsgivare Trafikverket. Utförare WSP, Umeå Universitet och Karolinska Institutet.
- › Flygbuller och barns hälsa. Bluhm G och Eriksson C. Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet, 2014. På uppdrag av Swedavia.
- › Houthuijs D.J.M et al., RIVM, 2014.
- › Environmental Noise and Health 2013 Eriksson C, Nilsson ME och Pershagen G. Naturvårdsverket 2013.
- › Miljöhälsorapport 2009 (se kap. 8). [www.folkhalsomyndigheten.se](http://www.folkhalsomyndigheten.se)
- › Miljöhälsorapport 2013 (se kap. 4). [www.folkhalsomyndigheten.se](http://www.folkhalsomyndigheten.se)
- › Miljöhälsorapport 2017 (se kap. 3). [www.folkhalsomyndigheten.se](http://www.folkhalsomyndigheten.se)

# Förordning om omgivningsbuller och EU-direktiv

## Förordning (2004:675) om omgivningsbuller

### *Inledande bestämmelser*

1 § Genom kartläggning av omgivningsbuller samt upprättande och fastställande av åtgärdsprogram ska det eftersträvas att omgivningsbuller inte medför skadliga effekter på människors hälsa (miljökvalitetsnorm enligt 5 kap. 2 § första stycket 4 miljöbalken).

### *Förordningen är meddelad*

1. med stöd av 5 kap. 4 § miljöbalken i fråga om 3 och 8 a §§,
2. med stöd av 5 kap. 5 § miljöbalken i fråga om 8 a §,
3. med stöd av 5 kap. 7 § miljöbalken i fråga om 12, 13 och 18 §§,
4. med stöd av 5 kap. 9 § miljöbalken i fråga om 3, 7, 8, 9–11 och 13–15 §§, och
5. i övrigt med stöd av 8 kap. 7 § regeringsformen. Förordning (2012:51).

2 § I denna förordning avses med

omgivningsbuller: buller från vägar, järnvägar, flygplatser och industriell verksamhet,

industriell verksamhet: verksamhet som är tillståndspliktig eller omfattas av ett tillstånd enligt miljöprövningsförordningen (2013:251) med en verksamhetskod som slutar med -i eller som är en tillståndspliktig hamn enligt den förordningen,

direktiv 2002/49/EG: Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49/EG av den 25 juni 2002 om bedömning och hantering av omgivningsbuller, i lydelsen enligt Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1137/2008,

$L_{den}$ : bullermått för allmän störning definierat på det sätt som anges i bilaga punkt 1 i direktiv 2002/49/EG, och

$L_{night}$ : bullermått för sömnstörning definierat på det sätt som anges i bilaga punkt 2 i direktiv 2002/49/EG. Förordning (2016:1197).

### ***Skyldighet att kartlägga buller och upprätta åtgärdsprogram***

3 § Kommuner med mer än 100 000 invånare ska senast den 30 juni vart femte år ha kartlagt omgivningsbullret inom kommunen och tagit fram strategiska bullerkartor som visar bullersituationen under det närmast föregående kalenderåret. Förordning (2012:51).

4 § Trafikverket ska senast den 30 juni vart femte år ha kartlagt buller från vägtrafik vid vägar med en trafiktäthet på mer än tre miljoner fordon per år och tagit fram strategiska bullerkartor som visar bullersituationen under det närmast föregående kalenderåret. Förordning (2012:51).

5 § Trafikverket ska senast den 30 juni vart femte år ha kartlagt buller från järnvägstrafik vid järnvägar med en trafiktäthet på mer än 30 000 tåg per år och tagit fram strategiska bullerkartor som visar bullersituationen under det närmast föregående kalenderåret. Förordning (2012:51).

6 § Trafikverket ska senast den 30 juni vart femte år ha kartlagt buller från flygtrafik vid civila flygplatser med en trafiktäthet på mer än 50 000 flygrörelser per år och tagit fram strategiska bullerkartor som visar bullersituationen under det närmast föregående kalenderåret. Vid fastställandet av antalet flygrörelser ska inte starter och landningar som utförs enbart för övningsändamål med lätta luftfartyg räknas. Förordning (2012:51).

7 § Buller från trafik vid en sådan väg, järnväg eller flygplats som avses i 4–6 §§ och som är belägen inom en kommun som avses i 3 §, skall med undantag av vad som anges i 11 § första stycket 3 inte kartläggas av de myndigheter som anges i 4–6 §§, utan av kommunen. Kartläggningen skall ingå i de strategiska bullerkartor som kommunen skall utarbeta.

8 § Den som ska upprätta bullerkartor enligt 3, 4, 5 eller 6 § ska vid behov se över och ändra en bullerkarta även om det inte har gått fem år från det att kartan togs fram. Förordning (2012:51).

8 a § Den som ska upprätta bullerkartor enligt 3, 4, 5 eller 6 § ska vart femte år upprätta ett förslag till åtgärdsprogram och fastställa det. Programmet ska vara fastställt senast den 18 juli året efter det att bullerkartorna senast ska ha tagits fram.

Om det sker en större förändring av förhållandena som påverkar bullersituationen, ska åtgärdsprogrammet omprövas och vid behov ändras även om det inte har gått fem år från det att programmet fastställdes. Förordning (2012:51).

### **Kartläggningen**

9 § Vid bullerkartläggningen skall bullermåtten  $L_{den}$  och  $L_{night}$  användas. Utöver  $L_{den}$  och  $L_{night}$  får kompletterande bullermått användas om det behövs för att i ett särskilt fall ge en mer rättvisande bild av omgivningsbullret.

10 § Vid kartläggning av buller enligt 3 § skall separata bullerkartor utarbetas för buller från vägtrafik, järnvägstrafik, flygtrafik och industriell verksamhet. Till var och en av bullerkartorna skall fogas

1. en beräkning av antalet människor som bor i bostäder som utsätts för buller  $L_{den}$  i intervallen 55–59 dB, 60–64 dB, 65–69 dB, 70–74 dB och >75 dB,
2. en beräkning av antalet människor som bor i bostäder som utsätts för buller  $L_{night}$  i intervallen 50–54 dB, 55–59 dB, 60–64 dB, 65–69 dB och >70 dB,
3. en redogörelse för i vilken omfattning buller från de vägar, järnvägar och flygplatser som omfattas av 4–6 §§ bidrar till situationen, och
4. en redovisning av de beräknings- eller mätmetoder som tillämpas. Beräkningen av antalet människor enligt första stycket 1 och 2 skall för varje intervall ske separat för buller från vägtrafik, järnvägstrafik, flygtrafik och industriell verksamhet.

En kommun som avses i 3 § skall, om det av kommunen bedöms som ändamålsenligt, kartlägga buller från annan spårbunden trafik än järnvägstrafik. Vid en sådan kartläggning skall en separat bullerkarta upprättas. Till kartan skall de uppgifter fogas som framgår av första stycket 1, 2 och 4.

11 § Till en bullerkarta som utarbetats enligt 4, 5 eller 6 § skall fogas

1. en beräkning av antalet människor som bor i bostäder utanför en kommun som kartlagts enligt 3 § och som utsätts för buller  $L_{den}$  i intervallen 55–59 dB, 60–64 dB, 65–69 dB, 70–74 dB och > 75 dB,
2. en beräkning av antalet människor som bor i bostäder utanför en kommun som kartlagts enligt 3 § och som utsätts för buller  $L_{night}$  i intervallen 50–54 dB, 55–59 dB, 60–64 dB, 65–69 dB och > 70 dB,
3. uppgift om den sammanlagda areal i kvadratkilometer, inbegripet kommuner som kartlagts enligt 3 §, som utsätts för buller  $L_{den}$  över 55 dB, 65 dB respektive 75 dB samt beräknat antal bostäder och människor som bor i vart och ett av dessa områden, och
4. en redovisning av de beräknings- eller mätmetoder som tillämpas. Vid redogörelse för uppgifter enligt första stycket 3 skall gränslinjerna för de områden som utsätts för buller  $L_{den}$  på 55 respektive 65 dB visas på en eller flera kartor, där det dessutom skall anges var samhällen, städer och tätbebyggelse är belägna inom dessa gränslinjer.



## **Åtgärdsprogrammen**

12 § Ett åtgärdsprogram skall innehålla

1. en uppgift om att åtgärdsprogrammet är upprättat i enlighet med denna förordning och vilken myndighet eller kommun som upprättat åtgärdsprogrammet,
2. en beskrivning av vilka bullerkällor som myndigheten eller kommunen skall kartlägga enligt 3–6 §§ och bullerkällornas omgivningar,
3. en sammanfattning av bullerkartläggningen som skall innefatta en uppskattning av det antal personer som beräknas vara utsatta för buller,
4. en beskrivning av situationer som behöver förbättras samt problem som bedöms vara prioriterade och kriterierna för hur dessa valts ut,
5. en sammanställning över de samråd som skett enligt 5 kap. 4 § miljöbalken,
6. en beskrivning av de bullerminskande åtgärder som vidtagits eller planeras, däribland åtgärder som planeras att vidtas under de kommande fem åren,
7. en beskrivning av åtgärder för att skydda områden där ljudnivån ansetts utgöra en särskild kvalitet såsom parker, rekreationsområden, friluftsområden och andra natur- och kulturmiljöer,
8. en långsiktig strategi för hantering av buller och effekten av buller, vid behov även minskning av buller,
9. en beskrivning av hur åtgärdsprogrammets genomförande och resultat avses att utvärderas,
10. en analys av kostnaderna i förhållande till åtgärdsprogrammets effektivitet och nytta, och
11. en sammanfattning av åtgärdsprogrammet på högst tio sidor.

13 § Bestämmelser om samråd finns i 5 kap. 4 § miljöbalken.

En myndighet eller en kommun, som i ett förslag till åtgärdsprogram föreslås vidta åtgärder, får begära att den myndighet eller kommun som upprättat förslaget ger regeringen möjlighet att pröva förslaget i denna del. Den myndighet eller kommun som upprättat förslaget till åtgärdsprogram skall då ge regeringen sådan möjlighet innan åtgärdsprogrammet fastställs.

## **Information till allmänheten**

14 § En myndighet eller en kommun som har utarbetat en bullerkarta eller fastställt eller omprövat ett åtgärdsprogram skall på lämpligt sätt göra kartan och programmet tillgängliga för allmänheten och andra som är berörda eller har intresse av dem.

### **Sammanställning av information och rapportering till Europeiska kommissionen**

15 § En myndighet eller en kommun som har tagit fram en bullerkarta eller fastställt ett åtgärdsprogram ska senast en månad efter den tidpunkt då kartan eller programmet enligt 3, 4, 5, 6 eller 8 a § ska tagits fram respektive fastställts, sända en kopia av kartan eller programmet till Naturvårdsverket och andra myndigheter och kommuner som berörs.

En myndighet eller en kommun ska när en bullerkarta varit föremål för översyn enligt 8 § eller ett åtgärdsprogram omprövats enligt 8 a §, sända en kopia av kartan eller programmet till Naturvårdsverket och andra myndigheter eller kommuner som berörs.

Naturvårdsverket ska sammanställa informationen från bullerkartläggningarna och åtgärdsprogrammen. Förordning (2012:51).

16 § Naturvårdsverket skall fullgöra de uppgifter i fråga om rapportering till Europeiska kommissionen som framgår av artiklarna 4.2, 7.1, 7.2 och 10.2 i direktiv 2002/49/EG.

17 § Naturvårdsverket skall tillhandahålla det underlag som behövs för att regeringen skall kunna lämna den information till Europeiska kommissionen som framgår av artiklarna 5.4 och 8.3 i direktiv 2002/49/EG. Underlaget skall vara regeringen tillhanda senast två månader innan informationen skall sändas till kommissionen.

### **Samverkan**

18 § Trafikverket och de kommuner som avses i 3 § ska

1. samarbeta med varandra samt med Transportstyrelsen och de myndigheter som enligt miljötillsynsförordningen (2011:13) utövar tillsyn över miljöfarlig verksamhet så att Trafikverket och kommunerna kan fullgöra sina skyldigheter enligt denna förordning, och
2. samarbeta med Naturvårdsverket så att verket kan fullgöra sin rapportering till Europeiska kommissionen enligt 16 § och till regeringen enligt 17 §. Förordning (2012:51).

### **Övergångsbestämmelser**

2012:51

1. Denna förordning träder i kraft den 1 mars 2012.
2. Bullerkartor enligt 3–6 §§ i sin nya lydelse ska för första gången ha tagits fram senast den 30 juni 2012.

## Direktiv om omgivningsbuller 2002/49/EG

### EUROPAPARLAMENTET OCH EUROPEISKA UNIONENS RÅD HAR ANTAGIT DETTA DIREKTIV

- med beaktande av Fördraget om upprättandet av Europeiska gemenskapen, särskilt artikel 175.1 i detta,
- med beaktande av kommissionens förslag (1),
- med beaktande av Ekonomiska och sociala kommitténs yttrande (2),
- med beaktande av Regionkommitténs yttrande (3),
- i enlighet med förfarandet i artikel 251 i fördraget (4), på grundval av det gemensamma utkast som godkändes av förlikningskommittén den 8 april 2002, och av följande skäl:

- (1) Det ingår i gemenskapspolitiken att uppnå en hög hälso- och miljöskyddsnivå, och ett av målen är skydd mot buller. I grönboken om framtida bullerpolitik behandlar kommissionen omgivningsbuller som ett av de viktigaste miljöproblemen i Europa.
- (2) I sin resolution av den 10 juni 1997 (5) om kommissionens grönbok, uttryckte Europaparlamentet sitt stöd för grönboken, förordade att särskilda åtgärder och initiativ skulle fastställas i ett direktiv om minskning av omgivningsbuller samt noterade bristen på tillförlitliga och jämförbara uppgifter om situationen för de olika bullerkällorna.
- (3) Ett gemensamt bullermått och en gemensam metod för att beräkna och mäta buller runt flygplatser fastställs i kommissionens meddelande av den 1 december 1999 om luftfarten och miljön. Detta meddelande har beaktats i bestämmelserna i detta direktiv.
- (4) Vissa kategorier av buller från produkter omfattas redan av gemenskapslagstiftning, till exempel rådets direktiv 70/157/EEG av den 6 februari 1970 om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om tillåten ljudnivå och avgassystemet för motorfordon (6), rådets direktiv 77/311/EEG av den 29 mars 1977 om tillnärmning av medlemsstaternas lagar och andra författningar om bullernivån på förarplatsen i hjulburna jordbruks- eller skogstraktorer (7), rådets direktiv 80/51/EEG av den 20 december 1979 om begränsning av buller från underljudsluftfartyg (8) med kompletterande direktiv, rådets direktiv 92/61/EEG av den 30 juni 1992 om typgodkännande av två- och trehjuliga motorfordon (9) samt Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/14/EG av den 8 maj 2000 om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om buller i miljön från utrustning som är avsedd att användas utomhus (10).

- (5) Detta direktiv bör bland annat ge en grund för utveckling och komplettering av nuvarande gemenskapsåtgärder när det gäller buller som härrör från större källor, i synnerhet väg- och järnvägsfordon och infrastruktur, flygplan, utrustning som används utomhus och industriell utrustning samt mobila maskiner, och för att utveckla ytterligare åtgärder på kort, medellång och lång sikt.
- (6) Vissa kategorier av buller, till exempel buller inuti transportmedel och buller från hushållsaktiviteter, bör inte omfattas av detta direktiv.
- (7) I överensstämmelse med subsidiaritetsprincipen i artikel 5 i fördraget kan fördragets mål avseende en hög nivå i fråga om miljö- och hälsoskydd bättre uppnås genom att medlemsstaternas insats kompletteras med en gemenskapsinsats för att uppnå en gemensam uppfattning om bullerproblemet. Uppgifter om omgivningsbullernivåer bör därför samlas in, sammanställas och rapporteras i enlighet med jämförbara kriterier. Detta förutsätter användning av harmoniserade mått och bedömningsmetoder samt kriterier för bullerkartläggning. Sådana kriterier och metoder kan bäst fastställas av gemenskapen.

- (1) EGT C 337 E, 28.11.2000, s. 251.
- (2) EGT C 116, 20.4.2001, s. 48.
- (3) EGT C 148, 18.5.2001, s. 7.
- (4) Europaparlamentets yttrande av den 14 december 2000 (EGT C 232, 17.8.2001, s. 305), rådets gemensamma ståndpunkt av den 7 juni 2001 (EGT C 297, 23.10.2001, s. 49) och Europaparlamentets beslut av den 3 oktober 2001 (EGT C 87 E, 11.4.2002, s. 118). Europaparlamentets beslut av den 15 maj 2002 och rådets beslut av den 21 maj 2002.
- (5) EGT C 200, 30.6.1997, s. 28.
- (6) EGT L 42, 23.2.1970, s. 16. Direktivet senast ändrat genom kommissionens direktiv 1999/101/EG (EGT L 334, 28.12.1999, s. 41).
- (7) EGT L 105, 28.4.1977, s. 1. Direktivet senast ändrat genom direktiv 97/54/EG (EGT L 277, 10.10.1997, s. 24).
- (8) EGT L 18, 24.1.1980, s. 26. Direktivet senast ändrat genom direktiv 83/206/EEG (EGT L 117, 4.5.1983, s. 15).
- (9) EGT L 225, 10.8.1992, s. 72. Direktivet senast ändrat genom direktiv 2000/7/EG (EGT L 106, 3.5.2000, s. 1).

- (10) EGT L 162, 3.7.2000, s. 1.
- (8) Det är också nödvändigt att fastställa gemensamma metoder för bedömning av omgivningsbuller och definitioner för gränsvärden med hjälp av harmoniserade mått för bestämning av bullernivåer. Det ankommer på medlemsstaterna att bestämma gränsvärdenas storlek, bland annat med hänsyn till behovet av att tillämpa principen om förebyggande för att tysta områden i tätbebyggelse skall kunna bevaras.
- (9) De gemensamma bullermått som har valts är  $L_{den}$  för bedömning av störning och  $L_{night}$  för bedömning av sömnstörning. Medlemsstaterna bör också tillåtas att använda kompletterande mått för att övervaka eller kontrollera särskilda bullersituationer.
- (10) Strategisk bullerkartläggning bör föreskrivas för vissa områden av särskilt intresse, eftersom en sådan kan fånga upp de uppgifter som behövs för att ge en bild av hur bullernivåerna uppfattas i det området.
- (11) Handlingsplanerna bör behandla prioriteringar i sådana områden av särskilt intresse, och de bör utarbetas av de behöriga myndigheterna i samråd med allmänheten.
- (12) För att informationen skall få så stor spridning som möjligt bland allmänheten, bör de lämpligaste informationskanalerna väljas.
- (13) Insamling av uppgifter och konsolidering av relevanta gemenskapsomfattande rapporter är en nödvändig förutsättning för den framtida gemenskapspolitiken och för ytterligare information till allmänheten.
- (14) Kommissionen bör regelbundet utvärdera genomförandet av detta direktiv.
- (15) De tekniska föreskrifterna för bedömningsmetoderna bör vid behov kompletteras och anpassas till den tekniska och vetenskapliga utvecklingen och till utvecklingen i fråga om europeiska standarder.
- (16) De åtgärder som krävs för att genomföra detta direktiv bör antas i enlighet med rådets beslut 1999/468/EG av den 28 juni 1999 om de förfaranden som skall tillämpas vid utövandet av kommissionens genomförandebefogenheter (1).

## HÄRIGENOM FÖRESKRIVS FÖLJANDE

### **Artikel 1**

#### Mål

1. Syftet med detta direktiv är att fastställa ett gemensamt tillvägagångssätt för att på grundval av prioriteringar förhindra, förebygga eller minska skadliga effekter, inbegripet störningar, på grund av exponering för omgivningsbuller. För detta ändamål skall följande åtgärder succesivt genomföras:
  - (1) EGT L 184, 17.7.1999, s. 23
  - a) Exponering för omgivningsbuller skall fastställas genom kartläggning av buller genom bedömningsmetoder som är gemensamma för medlemsstaterna.
  - b) Information om omgivningsbuller och dess effekter skall göras tillgänglig för allmänheten.
  - c) Medlemsstaterna skall besluta om handlingsplaner på grundval av resultaten från kartläggningen av buller för att förhindra och minska omgivningsbuller där det behövs, särskilt där exponeringsnivåerna kan medföra skadliga effekter på människors hälsa, och för att förhindra en höjning av bullernivån där den är tillfredsställande.
2. Detta direktiv har också till syfte att ge en grund för utveckling av gemenskapsåtgärder för att minska buller från större källor, i synnerhet väg- och järnvägsfordon och infrastruktur, luftfartyg, utrustning som används utomhus och industriell utrustning samt mobila maskiner. Kommissionen skall i detta syfte senast den 18 juli 2006 för Europaparlamentet och rådet lägga fram lämpliga lagförslag. I dessa förslag bör resultaten av den rapport som avses i artikel 10.1 beaktas.

### **Artikel 2**

#### Tillämpningsområde

1. Detta direktiv skall tillämpas på omgivningsbuller som människor utsätts för särskilt i bebyggda områden, i offentliga parker eller andra tysta områden i tätbebyggelse, i tysta områden på landsbygden, nära skolor, sjukhus och andra bullerkänsliga byggnader och områden.
2. Detta direktiv skall inte tillämpas på buller som orsakas av den exponerade personen själv eller buller från hushållsaktiviteter, buller från grannar, buller på arbetsplatser eller buller inuti transportmedel eller från militär verksamhet i militärområden.

### Artikel 3

#### Definitioner

I detta direktiv avses med:

- a) omgivningsbuller: oönskat eller skadligt utomhusljud som orsakas av människors verksamhet, däribland buller från transportmedel, vägtrafik, järnvägstrafik, flygtrafik och från områden med industriell verksamhet enligt definitionen i bilaga I till rådets direktiv 96/61/EG av den 24 september 1996 om samordnade åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar (2),
- b) skadliga effekter: negativa effekter på människors hälsa,
- c) störning: graden av bullerstörning hos befolkningen fastställd på grundval av fältstudier,
- d) bullermått: fysikalisk storhet för att beskriva sådant omgivningsbuller som har ett samband med en skadlig effekt, (2) EGT L 257, 10.10.1996, s. 26
- e) bedömning: varje metod för att beräkna, förutse, uppskatta eller mäta ett värde på ett bullermått eller de därmed sammanhängande skadliga effekterna,
- f)  $L_{den}$  (dag-kväll-natt-bullermått): bullermått för allmän störning enligt närmare definition i bilaga I,
- g)  $L_{day}$  (dagbullermått): bullermått för störning under dagtid enligt närmare definition i bilaga I,
- h)  $L_{evening}$  (kvällsbullermått): bullermått för störning under kvällstid enligt närmare definition i bilaga I,
- i)  $L_{night}$  (nattbullermått): bullermått för sömnstörning enligt närmare definition i bilaga I,
- j) dos-effekt-samband: sambandet mellan ett värde på ett bullermått och en skadlig effekt,
- k) tätbebyggelse: en av medlemsstaten avgränsad del av territoriet med mer än 100 000 invånare och en sådan befolkningskoncentration att medlemsstaten betraktar delen som ett område med stadskaraktär,
- l) tyst område i tätbebyggelse: ett av den behöriga myndigheten avgränsat område, till exempel där  $L_{den}$ -värdet eller något annat lämpligt bullermått för samtliga bullerkällor inte överstiger ett visst värde som fastställts av medlemsstaten,
- m) tyst område på landsbygden: ett av den behöriga myndigheten avgränsat område som inte är utsatt för buller från trafik, industri eller fritidsaktiviteter,
- n) större väg: en av medlemsstaten angiven regional, nationell eller internationell väg med en trafiktäthet på mer än tre miljoner fordon per år,

- o) större järnvägslinje: en av medlemsstaten angiven järnvägslinje med en trafiktäthet på mer än 30 000 tåg per år,
- p) större flygplats: en av medlemsstaten angiven civil flygplats med en trafiktäthet på mer än 50 000 starter eller landningar per år, med undantag av starter och landningar som utförs enbart för övningsändamål med lätta flygplan,
- q) bullerkartläggning: presentation av uppgifter om en befintlig eller förväntad bullersituation uttryckt i ett bullermått, som visar överskridanden av gällande relevanta gränsvärden, antalet berörda personer i ett visst område eller om antalet bostäder som utsätts för vissa värden på ett bullermått i ett visst område,
- r) strategisk bullerkarta: karta avsedd för en övergripande bedömning av bullersituationen i ett visst område till följd av olika bullerkällor eller för generella prognoser för detta område,
- s) gränsvärde: ett av medlemsstaten fastställt värde på  $L_{den}$  eller  $L_{night}$ , och där så är lämpligt  $L_{day}$  och  $L_{evening}$ , som om det överskrids föranleder de behöriga myndigheterna att överväga eller vidta åtgärder för bullerdämpning; gränsvärdena kan vara olika beroende på bullerkälla (vägtrafik-, järnvägstrafik- och flygtrafikbuller, industribuller osv.), omgivning, bullerkänslighet hos befolkningen liksom beroende på rådande omständigheter och nya omständigheter (om situationen ändras med avseende på bullerkällan eller användningen av omgivningen),
- t) handlingsplan: plan som syftar till att hantera bullerfrågor och effekten av buller, vid behov även minskning av buller,
- u) akustisk planering: planerade åtgärder mot framtida buller, såsom fysisk planering, systemteknik för trafik, trafikplanering, bullerdämpning genom ljudisolerande åtgärder och bullerbekämpning vid källan,
- v) allmänheten: en eller flera fysiska eller juridiska personer samt, i enlighet med nationell lagstiftning eller praxis, föreningar, organisationer eller grupper bestående av sådana personer.

#### **Artikel 4**

##### Genomförande och ansvarsområden

1. Medlemsstaterna skall utse behöriga myndigheter och organ på lämplig nivå som skall ansvara för genomförandet av detta direktiv, bland annat myndigheter med ansvar för:
  - a) utarbetande och i förekommande fall godkännande av bullerkartor och handlingsplaner för tätbebyggelse, större vägar, större järnvägslinjer och större flygplatser,
  - b) insamling av bullerkartor och handlingsplaner.



2. Medlemsstaterna skall göra den information som avses i punkt 1 tillgänglig för kommissionen och för allmänheten senast den 18 juli 2005.

### **Artikel 5**

Bullermått och användningen av dessa

1. Medlemsstaterna skall använda bullermåtten  $L_{den}$  och  $L_{night}$  enligt bilaga I för utarbetande och översyn av strategiska bullerkartor i enlighet med artikel 7. Till dess att det blir obligatoriskt att använda gemensamma bedömningsmetoder för att fastställa  $L_{den}$  och  $L_{night}$  får medlemsstaterna för detta ändamål använda befintliga nationella bullermått och därmed sammanhängande uppgifter, som bör konverteras till ovannämnda mått. Uppgifterna får inte vara äldre än tre år.
2. Medlemsstaterna får använda kompletterande bullermått för särskilda fall, till exempel sådana som anges i punkt 3 i bilaga I.
3. För akustisk planering och bullerzonsindelning får medlemsstaterna använda andra bullermått än  $L_{den}$  och  $L_{night}$ .
4. Medlemsstaterna skall senast den 18 juli 2005 informera kommissionen om på deras territorium gällande eller planerade relevanta gränsvärden uttryckta i  $L_{den}$  och  $L_{night}$ , och där så är lämpligt  $L_{day}$  och  $L_{evening}$ , för vägtrafikbuller, järnvägstrafikbuller och flygplansbuller runt flygplatser samt buller på industriområden, tillsammans med förklaringar om genomförandet av gränsvärdena.

### **Artikel 6**

Bedömningsmetoder

1. Värdet på  $L_{den}$  och  $L_{night}$  skall bestämmas med hjälp av de bedömningsmetoder som anges i bilaga II.
2. Gemensamma bedömningsmetoder för att fastställa  $L_{den}$  och  $L_{night}$  skall fastställas av kommissionen i enlighet med förfarandet i artikel 13.2 genom en översyn av bilaga II. Till dess att dessa metoder antas, får medlemsstaterna använda bedömningsmetoder anpassade till bilaga II och grundade på de metoder som fastställts i deras egen lagstiftning. I sådana fall måste de visa att dessa metoder ger likvärdiga resultat jämfört med de resultat som erhållits med de metoder som anges i punkt 2.2 i bilaga II.
3. Skadliga effekter får bedömas med hjälp av de dos-effekts samband som avses i bilaga III.

## **Artikel 7**

### Strategisk bullerkartläggning

1. Medlemsstaterna skall säkerställa att de behöriga myndigheterna senast den 30 juni 2007 har utarbetat och i förekommande fall godkänt strategiska bullerkartor som visar situationen under det föregående kalenderåret för all tätbebyggelse med mer än 250 000 invånare och alla större vägar med en trafiktäthet på mer än sex miljoner fordon per år, större järnvägslinjer med en trafiktäthet på mer än 60 000 tåg per år och större flygplatser på deras territorium.  
Medlemsstaterna skall senast den 30 juni 2005 och därefter vart femte år underrätta kommissionen om de större vägarna med en trafiktäthet på mer än sex miljoner fordon per år, de större järnvägslinjerna med en trafiktäthet på mer än 60 000 tåg per år, de större flygplatserna och all tätbebyggelse med mer än 250 000 invånare på deras territorium.
2. Medlemsstaterna skall vidta de åtgärder som är nödvändiga för att säkerställa att de behöriga myndigheterna senast den 30 juni 2012 och därefter vart femte år har utarbetat och i förekommande fall godkänt strategiska bullerkartor som visar situationen under det föregående kalenderåret för all tätbebyggelse och alla större vägar och större järnvägslinjer på deras territorium.  
Medlemsstaterna skall senast den 31 december 2008 underrätta kommissionen om all tätbebyggelse och alla större vägar och större järnvägslinjer på deras territorium.
3. De strategiska bullerkartorna skall motsvara minimikraven i bilaga IV.
4. Medlemsstater som gränsar till varandra skall samarbeta när det gäller strategisk bullerkartläggning nära gränserna.
5. De strategiska bullerkartorna skall ses över och vid behov ändras åtminstone vart femte år efter den tidpunkt då de upprättades.

## **Artikel 8**

### Handlingsplaner

1. Medlemsstaterna skall säkerställa att de behöriga myndigheterna senast den 18 juli 2008 har utarbetat handlingsplaner som syftar till att inom sina territorier hantera bullerfrågor och effekter av buller, vid behov även minskning av buller för
  - a) platser nära större vägar med mer än sex miljoner fordon per år, större järnvägslinjer med mer än 60 000 tåg per år och större flygplatser,

- b) tätbebyggelse med mer än 250 000 invånare; planerna skall också syfta till att skydda tysta områden i tätbebyggelse mot ökat buller. De behöriga myndigheterna får välja vilka åtgärder planerna skall innehålla, men de skall särskilt inriktas på prioriterade frågor som kan fastställas på grund av att något relevant gränsvärde överskridits eller enligt andra kriterier som medlemsstaterna valt och särskilt gälla de viktigaste områdena som fastställts genom den strategiska bullerkartläggningen.
2. Medlemsstaterna skall säkerställa att de behöriga myndigheterna senast den 18 juli 2013 har utarbetat handlingsplaner, särskilt för prioriterade frågor som kan fastställas på grund av att något relevant gränsvärde överskridits eller enligt andra kriterier som medlemsstaterna valt för tätbebyggelse och alla större vägar samt större järnvägslinjer på deras territorium.
  3. Medlemsstaterna skall underrätta kommissionen om de andra relevanta kriterier som avses i punkterna 1 och 2.
  4. Handlingsplanerna skall uppfylla minimikraven i bilaga V.
  5. Handlingsplanerna skall ses över och vid behov ändras när det sker en större förändring av förhållandena som påverkar den befintliga bullersituationen och åtminstone vart femte år efter den tidpunkt då de godkändes.
  6. Medlemsstater som gränsar till varandra skall samarbeta när det gäller handlingsplaner för gränsområden.
  7. Medlemsstaterna skall säkerställa att allmänheten rådfrågas om förslag till handlingsplaner och ges faktiska möjligheter på ett tidigt stadium att delta i utarbetandet och översynen av handlingsplanerna, att resultaten av allmänhetens deltagande beaktas och att den informeras om de beslut som fattas. Tidsramarna skall vara rimliga så att det finns tillräckligt mycket tid för varje stadium av allmänhetens deltagande.

Om skyldigheten att genomföra ett förfarande med allmänhetens deltagande följer både av detta direktiv och av någon annan gemenskapslagstiftning, får medlemsstaterna föreskriva gemensamma förfaranden för att undvika dubbelarbete.

### **Artikel 9**

#### Information till allmänheten

1. Medlemsstaterna skall säkerställa att de strategiska bullerkartor som de har utarbetat och i förekommande fall godkänt och de handlingsplaner som de har upprättat görs tillgängliga och sprids till allmänheten i överensstämmelse med relevant gemenskapslagstiftning, särskilt rådets direktiv 90/313/EEG av den 7 juni 1990 om rätt att ta del av miljöinformation (1), och i enlighet med bilagorna IV och V i detta direktiv, bland annat genom tillgänglig informationsteknik.
2. Denna information skall vara tydlig, begriplig och tillgänglig. Det skall ges en sammanfattning av de viktigaste punkterna.

### **Artikel 10**

#### Medlemsstaternas och kommissionens insamling och offentliggörande av uppgifter

1. Senast den 18 januari 2004 skall kommissionen till Europaparlamentet och rådet lägga fram en rapport som innehåller en översyn av de befintliga gemenskapsåtgärderna när det gäller källor till omgivningsbuller.
2. Medlemsstaterna skall se till att den information från strategiska bullerkartor och de sammanfattningar av handlingsplanerna som avses i bilaga VI sänds till kommissionen inom sex månader efter de tidpunkter som anges i artikel 7 respektive artikel 8.
3. Kommissionen skall upprätta en databas med uppgifter om strategiska bullerkartor för att underlätta sammanställningen av den rapport som avses i artikel 11 och andra tekniska skrifter och informationsskrifter.
4. Vart femte år skall kommissionen offentliggöra en sammanfattning av uppgifterna från strategiska bullerkartor och handlingsplaner. Den första rapporten skall läggas fram senast den 18 juli 2009.

(1) EGT L 158, 23.6.1990, s. 56.

### **Artikel 11**

#### Översyn och rapportering

1. Kommissionen skall senast den 18 juli 2009 överlämna en rapport till Europaparlamentet och rådet om direktivets genomförande.
2. Rapporten skall särskilt innehålla en bedömning av behovet av ytterligare gemenskapsåtgärder för omgivningsbuller och i förekommande fall förslag till genomförandestrategier när det gäller
  - a) mål på lång och medellång sikt för att minska antalet personer som påverkas skadligt av omgivningsbuller, med särskild hänsyn till olika klimat och kulturer,

- b) kompletterande åtgärder för att minska omgivningsbuller från särskilda källor, särskilt utrustning som används utomhus, transportmedel och transportinfrastruktur och vissa typer av industriverksamhet, som bygger på de åtgärder som redan genomförts eller som är under diskussion inför antagande,
  - c) skydd av tysta områden på landsbygden.
3. Rapporterna skall innehålla en översyn av kvaliteten på den akustiska omgivningen i gemenskapen på grundval av de uppgifter som avses i artikel 10 och med hänsyn till den vetenskapliga och tekniska utvecklingen och annan relevant information. Minskningen av de skadliga effekterna och kostnadsnyttförhållandet skall vara de viktigaste kriterierna för valet av strategier och åtgärder.
  4. När kommissionen har fått den första uppsättningen av strategiska bullerkartor skall den överväga
    - om det är möjligt att göra sådana mätningar på 1,5 meters höjd som avses i punkt 1 i bilaga I när det gäller områden för envåningshus,
    - den lägre gränsen för det uppskattade antalet människor som utsätts för olika intervall av  $L_{den}$  och  $L_{night}$  i bilaga VI.
  5. Rapporten skall ses över vart femte år eller oftare vid behov. Den skall innehålla en bedömning av genomförandet av detta direktiv.
  6. Rapporten skall vid behov åtföljas av förslag till ändring av detta direktiv.

## **Artikel 12**

### Anpassning

Kommissionen skall i enlighet med det förfarande som avses i artikel 13.2 anpassa punkt 3 i bilaga I samt bilaga II och bilaga III till detta direktiv till den tekniska och vetenskapliga utvecklingen.

## **Artikel 13**

### Kommitté

1. Kommissionen skall biträdas av den kommitté som inrättats genom artikel 18 i direktiv 2000/14/EG.
2. När det hänvisas till denna punkt skall artiklarna 5 och 7 i beslut 1999/468/EG tillämpas, med beaktande av bestämmelserna i artikel 8 i det beslutet. Den tid som avses i artikel 5.6 i beslut 1999/468/EG skall vara tre månader.
3. Kommittén skall själv anta sin arbetsordning.

### **Artikel 14**

#### Överföring

Medlemsstaterna skall sätta i kraft de lagar och andra författningar som är nödvändiga för att följa detta direktiv senast den 18 juli 2004. De skall underätta kommissionen om detta.

När medlemsstaterna antar dessa bestämmelser skall de innehålla en hänvisning till detta direktiv eller åtföljas av en sådan hänvisning när de offentliggörs. Närmare föreskrifter om hur hänvisningen skall göras skall varje medlemsstat själv utfärda.

Medlemsstaterna skall till kommissionen överlämna texten till de bestämmelser i nationell lagstiftning som de antar inom det område som omfattas av detta direktiv.

### **Artikel 15**

#### Ikraftträdande

Detta direktiv träder i kraft samma dag som det offentliggörs i Europeiska gemenskapernas officiella tidning.

### **Artikel 16**

#### Adressater

Detta direktiv riktar sig till medlemsstaterna.

Utfärdat i Luxemburg den 25 juni 2002.

På Europaparlamentets vägnar

På rådets vägnar

P. COX J. MATAS I PALOU Ordförande

Ordförande

# BILAGA I

## BULLERMÅTT

som avses i artikel 5

### 1. Definition av dag-kväll-natt-nivå $L_{den}$

Dag-kväll-natt-nivån  $L_{den}$  i decibel (dB) definieras av följande formel:

där

- $L_{day}$  är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån enligt definition i ISO 1996-2: 1987, fastställd över ett års samtliga dagsperioder,
- $L_{evening}$  är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån enligt definition i ISO 1996-2: 1987, fastställd över ett års samtliga kvällsperioder,
- $L_{night}$  är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån enligt definition i ISO 1996-2: 1987, fastställd över ett års samtliga nattperioder,

där

- dagen har 12 timmar, kvällen 4 timmar och natten 8 timmar; medlemsstaterna kan förkorta kvällsperioden 1 eller 2 timmar och förlänga dag- och/eller nattperioden i motsvarande grad under förutsättning att detta val är samma för samtliga källor och att de informerar kommissionen om den systematiska differensen i förhållande till standardalternativet,
- tidpunkten för dagens början (och därmed också för kvällens och nattens början) skall väljas av varje enskild medlemsstat (detta val skall i så fall gälla för allt buller, oberoende av källa), varvid standardtidsintervallen är kl. 07.00–19.00, 19.00–23.00 och 23.00–07.00 lokal tid,
- ett år är det berörda året i fråga om bulleremission och ett genomsnittligt år i fråga om meteorologiska förhållanden, och där
- det infallande ljudet beaktas, dvs. buller som reflekteras från fasaden på den bostad som berörs skall inte räknas med (som allmän regel innebär detta en korrigering med 3 dB vid mätning).

Höjden för bedömningspunkten för  $L_{den}$  beror på tillämpningen enligt följande:

- Vid beräkning för strategisk bullerkartläggning av bullerexponering i och kring byggnader skall bedömningspunkterna väljas på en höjd av  $4,0 \pm 0,2$  m (3,8–4,2 m) över marken och vid den mest exponerade fasaden; för detta syfte är den yttervägg som vetter

mot och befinner sig närmast den specifika bullerkällan den mest exponerade fasaden (för andra syften kan andra val göras).

- Vid mätning för strategisk bullerkartläggning i samband med bullerexponering i och nära byggnader får andra höjder väljas, men de får aldrig vara mindre än 1,5 m över marken och resultaten bör korrigeras i överensstämmelse med en motsvarande höjd på 4 m.
- För andra ändamål, till exempel akustisk planering eller bullerzonsindelning, kan andra höjder väljas, men bedömningspunkterna skall aldrig vara lägre än 1,5 m över marken, till exempel för följande:
  - Landsbygdsområden med envåningshus.
  - Utformning av lokala åtgärder för att minska bullereffekterna i vissa bostäder.
  - Detaljerad bullerkartläggning av ett begränsat område, med angivelse av enskilda bostäders bullerexponering.

## **2. Definition av bullermått för natt**

Nattbullermåttet  $L_{\text{night}}$  är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån enligt definition i ISO 1996-2: 1987, fastställd över ett års samtliga nattperioder, där

- natten är 8 timmar lång enligt definitionen i punkt 1,
- ett år, enligt definitionen i punkt 1, är det berörda året i fråga om bulleremission och ett genomsnittligt år i fråga om meteorologiska förhållanden,
- det infallande ljudet beaktas, i enlighet med vad som fastställs i punkt 1,
- bedömningspunkten är samma som för  $L_{\text{den}}$ .

## **3. Ytterligare bullermått**

I en del fall kan det utöver  $L_{\text{den}}$  och  $L_{\text{night}}$  och i förekommande fall  $L_{\text{day}}$  och  $L_{\text{evening}}$  vara fördelaktigt att använda särskilda bullermått och tillhörande gränsvärden. Nedan ges några exempel:

- Om den berörda bullerkällan endast är aktiv under en liten del av tiden (t.ex. mindre än 20 % av tiden för de sammanlagda dags-, kvälls- eller nattperioderna under ett år).
- Om det under en eller flera perioder i genomsnitt uppträder mycket få bullerincidenter (t.ex. färre än en bullerincident per timme, varvid en bullerincident kan definieras som buller som varar kortare tid än fem minuter; bullret från ett passerande tåg eller flygplan är exempel på detta).



- Om bullret har en stor andel låga frekvenser.
- L<sub>max</sub> eller ljudexponeringsnivå för skydd under nattperioden vid bullertoppar.
- För extra skydd under veckoslut eller en bestämd del av året.
- För extra skydd under dagperioden.
- För extra skydd under kvällsperioden.
- När buller från flera olika källor kombineras.
- För tysta områden på landsbygden.
- Om bullret uppvisar starkt framträdande tonelement.
- Om bullret har en impulsartad karaktär.

## BILAGA II

### BEDÖMNINGSMETODER FÖR BULLERMÅTT

som avses i artikel 6

#### 1. Inledning

Värdena på  $L_{den}$  och  $L_{night}$  kan bestämmas antingen genom beräkning eller mätning (vid bedömningspunkten). För prognoser är endast beräkning möjlig. I punkterna 2 och 3 redogörs för preliminära beräknings- och mätmetoder.

#### 2. Tillfälliga beräkningsmetoder för $L_{den}$ och $L_{night}$

##### 2.1 Anpassning av befintliga nationella beräkningsmetoder

De medlemsstater som redan har nationella metoder för att fastställa långtidsmått kan använda dessa metoder, förutsatt att de är anpassade till den definition av mått som anges i bilaga I. För de flesta nationella metoderna innebär detta att kvällstid måste införas som en separat period och att årsgenomsnitt måste införas. Vissa befintliga metoder måste dessutom anpassas så att reflektion från fasader inte tas med, samt vid införande av nattperiod och/eller fastställande av en annan bedömningspunkt.

Fastställande av årsgenomsnittet kräver extra uppmärksamhet. Variationer i bulleremissioner och bulleröverföring kan bidra till fluktuationer under året.

##### 2.2 Rekommenderade tillfälliga beräkningsmetoder

Medlemsstater som inte har egna, nationella beräkningsmetoder eller som vill byta till en annan beräkningsmetod rekommenderas följande metoder:

För INDUSTRIBULLER: ISO 9613-2: "Akustik – Dämpning av ljud under utbredning utomhus – Del 2: Allmän beräkningsmetod". Lämpliga bullerdata (indata) för denna metod kan erhållas genom mätning med hjälp av någon av följande metoder:

- ISO 8297: 1994 "Akustik – Bestämning av ljudeffektnivå från industrianläggningar för bedömning av omgivningsbuller – Teknisk metod".
- EN ISO 3744: 1995 "Akustik – Bestämning av ljudeffektnivåer för bullerkällor med användning av ljudtryck – Teknisk metod för frifältsförhållanden över en reflekterande yta".

- EN ISO 3746: 1995 "Akustik – Bestämning av ljudeffektnivåer för bullerkällor med användning av ljudtryck – Överslagsmetod på omslutande yta över en reflekterande yta".

För FLYGPLANSBULLER: ECA. CEAC dok. 29 "Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports", 1997. Bland de olika tillvägagångssätten för att modellera flygvägar skall den segmenteringsteknik som avses i avsnitt 7.5 i EECA C.CEAC dok. 29 tillämpas.

För VÄGTRAFIKBULLER: Den franska nationella beräkningsmetoden "NMPB-routes-96 (SETRA-CERTU-LCPCSTB)", som det hänvisas till i "Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6" samt i den franska standarden "XPS 31-133". Vad gäller bullerdata (indata) hänvisas det i dessa dokument till "Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores, CETUR 1980".

För JÄRNVÄGSBULLER: Den nationella nederländska beräkningsmetoden, som offentliggjorts i "Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaa i '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 november 1996".

Metoderna skall anpassas till definitionerna av  $L_{den}$  och  $L_{night}$ . Senast den 1 juli 2003 skall kommissionen offentliggöra riktlinjer, i enlighet med artikel 13.2, om de reviderade metoderna samt fastställa utsläppsdata för flygplans-, vägtrafik- och järnvägsbuller, utifrån tillgängliga uppgifter.

### **3. Tillfälliga mätmetoder för $L_{den}$ och $L_{night}$**

Om en medlemsstat önskar använda sin egen officiella mätmetod, skall metoden anpassas i överensstämmelse med definitionerna av måtten i bilaga I och principerna för genomsnittliga långtidsmätningar enligt ISO 1996-2: 1987 och ISO 1996-1: 1982.

I de medlemsstater där det inte förekommer några mätmetoder, eller där man föredrar att tillämpa en annan metod, kan metoder fastställas på grundval av definitionen av måttet och de principer som anges i ISO 1996-2: 1987 och ISO 1996-1: 1982.

Mätuppgifter som erhållits framför en fasad eller en annan reflekterande del skall korrigeras så att den andel som reflekteras från fasaden eller delen utesluts (som allmän regel innebär detta en korrigerings med 3 dB vid mätning).

## BILAGA III

### BEDÖMNINGSMETODER FÖR HÄLSOEFFEKTER

som avses i artikel 6.3

Dos-effekt-samband bör användas för att bedöma inverkan av buller på befolkningen. De dos-effekt-samband som införs genom framtida revideringar av denna bilaga i överensstämmelse med artikel 13.2 kommer bland annat att gälla följande:

- Sambandet mellan störning och  $L_{den}$  beträffande väg-, järnvägs- och flygtrafikbuller samt industribuller.
- Sambandet mellan sömnstörning och  $L_{night}$  beträffande väg-, järnvägs- och flygtrafikbuller samt industribuller.

Vid behov kan specifika dos-effekt-samband läggas fram för följande:

- Bostäder med särskild bullerisolering enligt definitionen i bilaga VI.
- Bostäder med tyst fasad enligt definitionen i bilaga VI.
- Olika klimat/olika kulturer.
- Sårbara befolkningsgrupper.
- Tonalt industribuller.
- Industribuller av impulskaraktär och andra speciella fall.

# BILAGA IV

## MINIMIKRAV FÖR STRATEGISK BULLERKARTLÄGGNING

som avses i artikel 7

1. En strategisk bullerkarta är en presentation av uppgifter om någon av följande aspekter:
  - En nuvarande, tidigare eller förutsedd bullersituation, i form av ett bullermått.
  - Överskridandet av ett gränsvärde.
  - Det beräknade antalet bostäder, skolor och sjukhus i ett visst område som utsätts för vissa fastställda bullervärden.
  - Det beräknade antalet personer som befinner sig i ett område som utsätts för buller.
2. Strategiska bullerkartor kan presenteras för allmänheten på följande sätt:
  - Som grafiska tabeller.
  - Som sifferuppgifter i tabeller.
  - Som sifferuppgifter i elektronisk form.
3. Strategiska bullerkartor för tätbebyggelse skall särskilt betona buller från följande:
  - Vägtrafik.
  - Järnvägstrafik.
  - Flygplatser.
  - Områden med industriell verksamhet inklusive hamnar.
4. Strategisk bullerkartläggning har följande syften:
  - De skall utgöra grunden för de uppgifter som skall lämnas till kommissionen i enlighet med artikel 10.2 och bilaga VI.
  - De skall utgöra en informationskälla för allmänheten i enlighet med artikel 9.
  - De skall utgöra grunden för handlingsplaner i enlighet med artikel 8.För vart och ett av dessa tillämpningsområden krävs olika typer av strategiska bullerkartor.
5. Minimikraven för de strategiska bullerkartor som avser uppgifter som skall lämnas till kommissionen anges i punkterna 1.5, 1.6, 2.5, 2.6 och 2.7 i bilaga VI.
6. För information till allmänheten i enlighet med artikel 9 samt för utarbetandet av handlingsplaner i enlighet med artikel 8 krävs kompletterande uppgifter som är mer detaljerade, såsom:
  - Grafiska framställningar.
  - Kartor som visar överskridandet av gränsvärden.

- Differenskartor som visar dagens situation i jämförelse med olika möjliga framtida situationer.
- Kartor som visar bullervärdena på en annan höjd än 4 m i förekommande fall.

Medlemsstaterna kan införa bestämmelser om sådana bullerkartors typ och format.

7. Strategiska bullerkartor för lokalt eller nationellt bruk måste utarbetas för bedömningshöjden 4 m och de intervall på 5 dB för  $L_{den}$  och  $L_{night}$  som fastställs i bilaga VI.
8. För tätbebyggelse måste separata strategiska bullerkartor utarbetas för buller från väg-, järnvägs- och flygtrafik samt från industrikällor. Kartor för andra källor kan läggas till.
9. Kommissionen kan komma att utarbeta riktlinjer med ytterligare vägledning i fråga om bullerkartor, bullerkartläggning och programvara för bullerkartläggning i överensstämmelse med artikel 13.2.

# BILAGA V

## MINIMIKRAV FÖR HANDLINGSPLANER

som avses i artikel 8

1. Handlingsplanerna skall minst omfatta följande:
  - En beskrivning av tätbebyggelsen, de större vägarna, större järnvägslinjerna eller större flygplatserna med beaktande av andra bullerkällor.
  - Ansvarig myndighet.
  - Det rättsliga sammanhanget.
  - Befintliga gränsvärden i enlighet med artikel 5.
  - En sammanfattning av resultaten av bullerkartläggningen.
  - En uppskattning av det antal personer som beräknas vara utsatta för buller och identifiering av problem och situationer som behöver förbättras.
  - En förteckning över de samråd med allmänheten som anordnas i överensstämmelse med artikel 8.7.
  - Bullerminskande åtgärder som redan vidtagits eller planeras.
  - Åtgärder som de behöriga myndigheterna har för avsikt att vidta under de kommande fem åren, inbegripet åtgärder för att bevara tysta områden.
  - Långsiktig strategi.
  - Uppgifter om finansieringen (om sådana finns): budgetar, kostnadseffektivitetsanalys och kostnadsnyttoanalys.
  - Planerade åtgärder för utvärdering av handlingsplanens genomförande och resultat.
2. Åtgärder som de behöriga myndigheterna ämnar vidta inom ramen för sina befogenheter kan till exempel omfattas följande:
  - Trafikplanering.
  - Fysisk planering.
  - Tekniska åtgärder vid bullerkällor.
  - Val av tystare källor.
  - Minskning av bulleröverföringen.
  - Lagstiftningsåtgärder eller ekonomiska åtgärder eller incitament.
3. Handlingsplanerna bör innehålla uppskattningar i fråga om minskat antal personer som påverkas (besvärade, medsömnstörningar eller annat).
4. Kommissionen kan komma att utarbeta riktlinjer med ytterligare vägledning i fråga om handlingsplanerna i överensstämmelse med artikel 13.2.

## BILAGA VI

### UPPGIFTER SOM SKALL SÄNDAS TILL KOMMISSIONEN

och som avses i artikel 10

Följande uppgifter skall lämnas till kommissionen:

#### 1. För tätbebyggelse

- 1.1 En kortfattad beskrivning av tätbebyggelsen: belägenhet, storlek, antal invånare.
- 1.2 Ansvarig myndighet.
- 1.3 Genomförda och pågående program för bullerbekämpning.
- 1.4 Beräknings- eller mätmetoder som tillämpats.
- 1.5 Beräknat antal människor (i hundratal) som bor i de bostäder som utsätts för vart och ett av följande intervall av  $L_{den}$ -värden i dB på en höjd av 4 m över marken vid den mest exponerade fasaden: 55–59, 60–64, 65–69, 70–74,  $\Delta$ 75, separat för buller från väg-, järnvägs- och flygtrafik samt från industrikällor. Siffrorna skall avrundas till närmaste hundratal människor (t.ex.: 5200 = mellan 5150 och 5249; 100 = mellan 50 och 149; 0 = färre än 50).

När det är lämpligt och uppgifter finns bör det dessutom anges hur många personer i dessa olika kategorier som bor i bostäder med följande egenskaper:

- Särskild isolering mot bullret i fråga, vilket innebär särskild isolering av en byggnad mot en eller flera typer av omgivningsbuller, i kombination med ventilations- eller luftkonditioneringsanläggningar som garanterar ett gott skydd mot omgivningsbuller.
- En tyst fasad, vilket innebär en fasad på en bostad där  $L_{den}$ -värdet på fyra meters höjd ovanför marken och två meter framför fasaden för en specifik bullerkälla är mer än 20 dB lägre än vid den fasad som har det högsta  $L_{den}$ -värdet.

Det måste även anges hur större vägar, större järnvägslinjer och större flygplatser, enligt definitionen i artikel 3 i detta direktiv, bidrar till bullersituationen.

- 1.6 Det beräknade sammanlagda antalet människor (i hundratal) som bor i de bostäder som utsätts för vart och ett av följande intervall av  $L_{night}$ -värden i dB på en höjd av 4 m över marken vid den mest exponerade fasaden: 50–54, 55–59, 60–64, 65–69,  $\Delta$ 70, separat för buller från väg-, järnvägs- och flygtrafik samt från industrikällor. Dessa uppgifter kan också bedömas för intervallet 45–49 före det datum som anges i artikel 11.1.



När det är lämpligt och uppgifter finns bör det dessutom anges hur många personer i dessa olika kategorier som bor i bostäder med följande egenskaper:

- Särskild isolering mot bullret i fråga enligt definitionen i punkt 1.5.
- En tyst fasad enligt definitionen i punkt 1.5.

Det skall även anges hur större vägar, större järnvägslinjer och större flygplatser bidrar till bullersituationen.

- 1.7 Vid grafisk framställning skall de strategiska kartorna åtminstone visa gränslinjerna för 60, 65, 70 och 75 dB.
- 1.8 En sammanfattning av handlingsplanen, med en redogörelse för alla de relevanta aspekter som avses i bilaga V. Denna sammanfattning skall inte vara längre än tio sidor.

## **2. För större vägar, större järnvägslinjer och större flygplatser**

- 2.1 En allmän beskrivning av vägarna, järnvägslinjerna eller flygplatserna: belägenhet, storlek och trafikflödesdata.
- 2.2 En redogörelse för omgivningen: tätbebyggelse, samhällen, landsbygd eller liknande, uppgifter om markanvändningen, andra viktigare bullerkällor.
- 2.3 Genomförda och pågående program för bullerbekämpning.
- 2.4 Beräknings- eller mätmetoder som tillämpats.
- 2.5 Det beräknade sammanlagda antalet människor (i hundratal) utanför tätbebyggelse som bor i bostäder som utsätts för vart och ett av följande intervall av  $L_{den}$ -värden i dB på en höjd av 4 m över marken och vid den mest exponerade fasaden: 55–59, 60–64, 65–69, 70–74,  $\Delta$ 75.  
När det är lämpligt och uppgifter finns bör det dessutom anges hur många personer i dessa olika kategorier som bor i bostäder med
  - särskild isolering mot bullret i fråga enligt definitionen i punkt 1.5,
  - en tyst fasad enligt definitionen i punkt 1.5.
- 2.6 Det beräknade sammanlagda antalet människor (i hundratal) utanför tätbebyggelse som bor i bostäder som utsätts för vart och ett av följande intervall av  $L_{night}$ -värden i dB på en höjd av 4 m över marken vid den mest exponerade fasaden: 50–54, 55–59, 60–64, 65–69,  $\Delta$ 70. Dessa uppgifter kan också bedömas för intervallet 45–49 före det datum som anges i artikel 11.1  
När det är lämpligt och uppgifter finns bör det dessutom anges hur många personer i dessa olika kategorier som bor i bostäder med
  - Särskild isolering mot bullret i fråga enligt definitionen i punkt 1.5.
  - En tyst fasad enligt definitionen i punkt 1.5.
- 2.7 Den sammanlagda areal (i km<sup>2</sup>) som utsätts för  $L_{den}$ -värden över 55, 65 respektive 75 dB. Dessutom skall det beräknade sammanlagda antalet

bostäder (i hundratal) och människor (i hundratal) som befinner sig respektive bor i vart och ett av dessa områden anges. Dessa siffror skall inbegripa tätbebyggelse.

Gränslinjerna för de områden som utsätts för bullernivåer på 55 respektive 65 dB skall även visas på en eller flera kartor, där det dessutom skall anges var samhällen, städer och tätbebyggelser är belägna inom dessa gränslinjer.

- 2.8 En sammanfattning av handlingsplanen där alla relevanta aspekter enligt bilaga V skall ingå. Denna sammanfattning skall inte vara längre än tio sidor.

### **3. Riktlinjer**

Kommissionen kan utarbeta riktlinjer som ger kompletterande vägledning om hur dessa uppgifter skall presenteras i överensstämmelse med artikel 13 Förordning (2004:675) om omgivningsbuller

Svensk författningssamling 2004:675

t.o.m. SFS 2016:1197

SFS nr: 2004:675

Departement/myndighet: Miljö- och energidepartementet

Utfärdad: 2004-07-01

Ändrad: t.o.m. SFS 2016:1197

Ändringsregister: SFSR (Lagrummet)

Källa: Regeringskansliet/Lagrummet.se



# Skapa goda ljudmiljöer

## HANDBOK I TRAFIKBULLERSKYDD

Det är viktigt att både arbeta strategiskt med trafikbuller och att genomföra åtgärder för att skapa goda ljudmiljöer. Syftet med handboken är att sammanställa dagens kunskap och uppdatera handböcker som SKL tidigare publicerat inom området. Den vänder sig främst till handläggare inom kommunerna som arbetar med trafikplanering och åtgärder inom bullerområdet. Handboken beskriver åtgärder som begränsar buller från väg- och spårtrafik, störst utrymme ges åt vägtrafikbuller. Ett kapitel ägnas även åt stomljud och vibrationer. Nyttänkande och lösningar som utvecklats i forskningsprojekt lyfts också fram.

Handboken är framtagen av SKL i samarbetet med Trafikverket och Stockholms stad. En referensgrupp med fem kommunala representanter har följt projektet och kommit med viktiga synpunkter.



**Stockholms  
stad**



**TRAFIKVERKET**

ISBN 978-91-7585-574-5

Beställ eller ladda ner på [webbutik.skl.se](http://webbutik.skl.se)

Post: 118 82 Stockholm | Besök: Hornsgatan 20

Telefon: 08-452 70 00 | [www.skl.se](http://www.skl.se)



**Sveriges  
Kommuner  
och Landsting**