

EN FORSKNINGS-
SAMMANSTÄLLNING

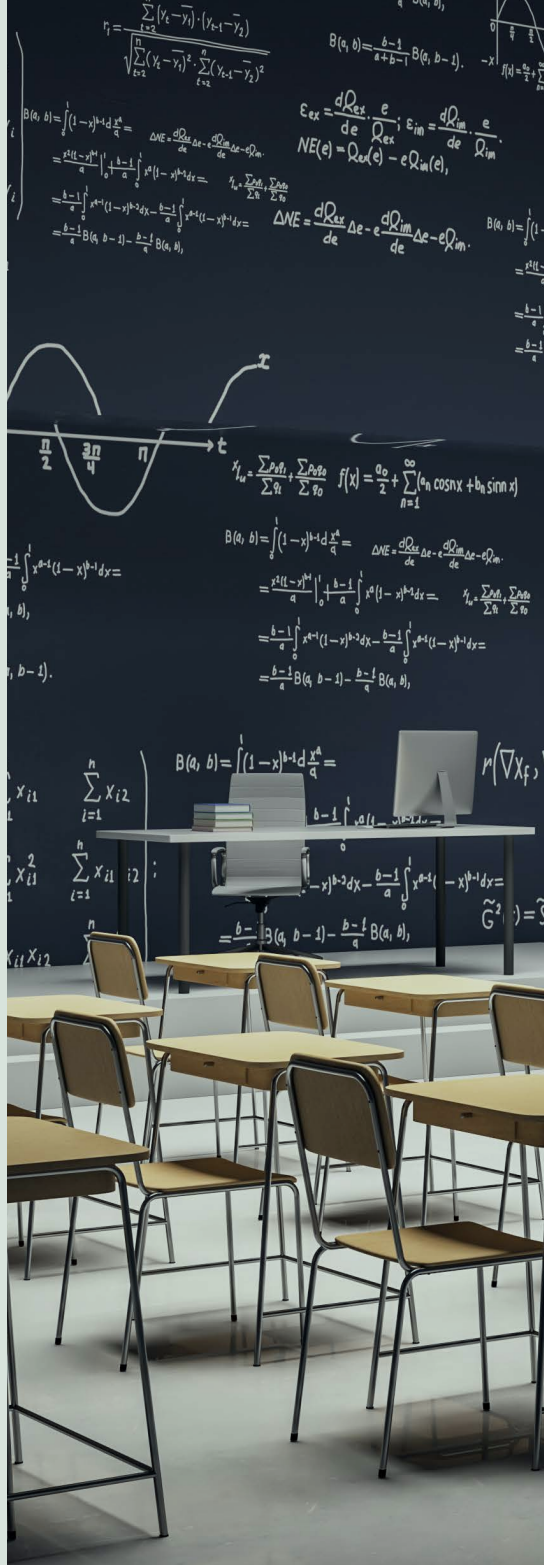
EFFEKTEN AV BULLER I SKOLAN

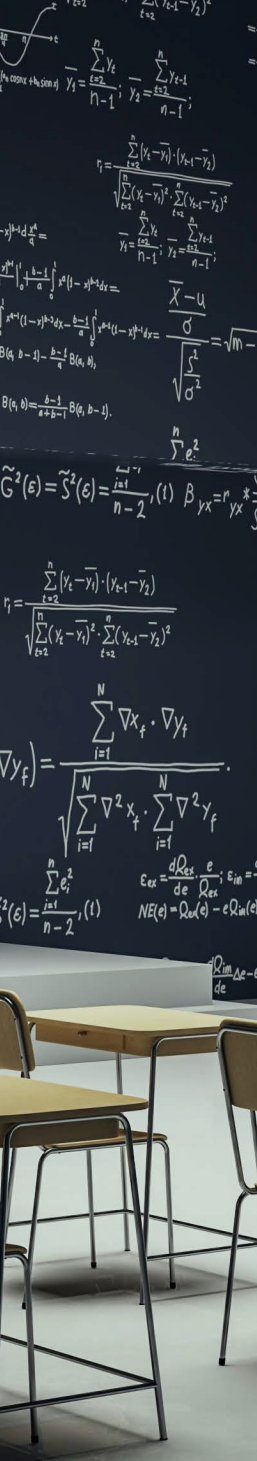


Ecophon
SAINT-GOBAIN

EFFEKTEN AV BULLER I SKOLAN

Ljudnivån i skolor kan vara extremt hög. Det kan få negativa effekter på lärare och elever. Men hur stora och i vilken utsträckning? Och hur kan vi förbättra skolmiljön för att underlätta kunskapsutbytet i stället för att försvåra det?





I den här sammanställningen får du reda på vad forskningen visar:

- Rekommenderade hälsosamma ljudnivåer jämfört med de verkliga genomsnittliga nivåerna i dagens skolor
- Vad som krävs för att säkerställa bra ljudnivåer i skolor
- Hur buller påverkar elevernas inlärningsförmåga och beteende
- Hur buller påverkar lärarna och därmed förknippade fysiska och psykiska hälsorisker
- Hur den upplevda ljudnivån påverkar lärarnas och elevernas koncentrations- och irritationsnivå
- Hur man kan skapa en inkluderande lärmiljö genom att optimera akustiken
- Bullernivåer och klassrum med öppen planlösning
- Hur sårbara elever påverkas mest av buller

Informationen bygger på många års omfattande dokumentgranskning av professor Bridget Shield, vars arbete har möjliggjort denna översikt.

HUR BULLER PÅVERKAR LÄRARE OCH ELEVER

Vi vet att bra undervisning* är det som har absolut störst positiv inverkan på elevers inläring. Vi vill hjälpa lärare att förbättra undervisningen ytterligare genom att tillhandahålla forskningsresultat som visar på ett samband mellan bra akustik och en sund inomhusmiljö. Vi har samlat ihop ett antal undersökningar som pekar på vikten av att minska akustikens negativa effekt på lärare:

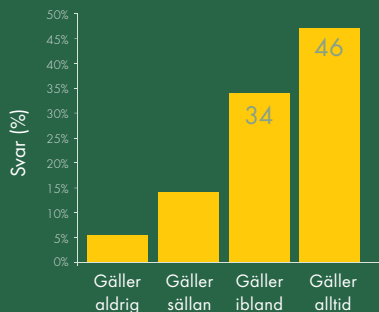
- Över 65 % av de tillfrågade lärarna har haft problem med rösten under sitt yrkesliv²
- 32 % av lärarna uppgav att de haft problem med rösten, jämfört med 1 % för övriga yrkesgrupper³

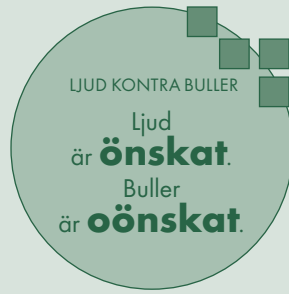
Vi måste erbjuda stöd inom flera områden för att hjälpa eleverna anpassa sig på bästa möjliga sätt i vårt snabbt föränderliga samhälle. Dagens elever behöver framtidskompetenser, de så kallade "21st Century Skills", vilket bland annat omfattar samarbete, kommunikation, kreativitet och kritiskt tänkande. Dessa färdigheter kräver att eleverna engagerar sig aktivt i inlärningsprocessen. Men ökad kommunikation leder till mer buller i klassrummet, vilket innebär att bra akustik har blivit en allt viktigare faktor.

Exempel på fördelar med bra akustik:

- Upp till 13 % fler elever klarar målen för nationella prov⁴
- Bättre och mer inkluderande samarbete mellan eleverna⁵
- 13 dB lägre ljudnivå vid grupparbeten (där teoretiskt sett endast 3 dB kan förväntas)
- Piggare och mer fokuserade elever

80 % av lärarna blir stressade av buller i klassrummet¹





LJUD- OCH BULLERNIVÅER

TYPISKA OCH REKOMMENDERADE

Ljudmätning

Ljud mäts i en logaritmisk enhet som kallas decibel (dB)*. En fördubbling av ljudenergin, till exempel genom att lägga till dubbelt så många högtalare i ett rum, resulterar i en ökning av ljudnivån med 3 dB. En ökning med 10 dB leder till en dubbelt så hög ljudnivå.

Lämpliga ljudnivåer och typiska akustiska riktlinjer för skolor

Forskningsbaserade riktlinjer fastställer rekommenderad klassrumsakustik för såväl genomsnittliga elever som elever med särskilda behov vad gäller inlärning och hörsel. Maximala bullernivåer för att säkerställa tillräckligt hög taluppfattbarhet och bra kommunikation redovisas bredvid. Riktlinjerna

omfattar bakgrundsbuller i tomma klassrum och skillnaden som krävs för tydlig taluppfattning.

- En maximal bullernivå på 30–35 dB i tomma klassrum^{7,8}
- För god talkommunikation ska det vara en tydlig skillnad mellan signal och brus (SNR, Signal to Noise Ratio) på minst 15–20 dB⁹
- Efterklangstiden ska vara cirka 0,5 sekunder för lärmiljöer där muntlig kommunikation är ett viktigt inslag (0,3–0,6 sekunder rekommenderas enligt standarder för klassrumsakustik i olika nordiska länder)

Typiska ljudnivåer i decibel

Fyrmotorigt jetflygplan på 100 m avstånd	120 dB
Nitning av stålplattor på 10 m avstånd	105 dB
Pneumatisk borr på 10 m avstånd	90 dB
Träcirkelsåg på 10 m avstånd	80 dB
Tung trafik på 10 m avstånd	75 dB
Telefonsignal på 10 m avstånd	65 dB
Mansröst på 10 m avstånd	50 dB
Viskning på 10 m avstånd	25 dB

*I samtliga fall som dB nämns i den här broschyren, avses dB(A)



GENOMSNITTLIGA BULLERNIVÅER I KLASSRUM

Buller i skolor utgörs i huvudsak av tre faktorer:

- Externt omgivningsbuller (flygplan, tåg, bilar)
- Ljud från eleverna under lektionerna
- Mekaniska ljudkällor i klassrummet (ventilation, projektorer, datorer)

I en nyligen genomförd studie¹⁰ dokumenterades bullernivåerna under lektionstid i flera hundra klassrum. Resultaten visade att elever i klassrum med högre bullernivå både presterade och uppförde sig sämre.

**BULLERNIVÅN PÅ
LEKTIONERNA
PÅVERKAR
ELEVERNAS
SKOLRESULTAT:**

Forskning visar att resultaten för läsuppgifter var sämre i klassrum med höga bullernivåer än i klassrum med lägre ljudnivåer. Detta talar för att man i många skolor skulle kunna förbättra barns läsförmåga med hjälp av ljuddämpande åtgärder.

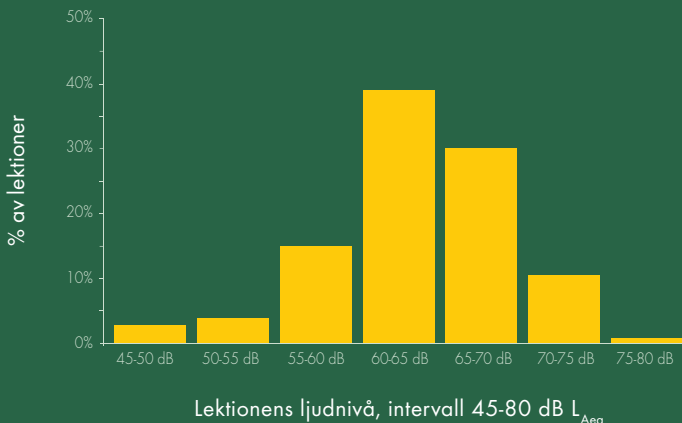
**LAGSTIFTNING
LEDER TILL
KONKRETA
FÖRBÄTTRINGAR:**

Efter att man infört lagstiftning om skolakustik i England och Wales 2003 fördubblades antalet skolor med optimala ljudnivåer för eleverna. Det visar att standardisering och lagstiftning kring akustik skulle kunna ge stora fördelar på skolor över hela världen.

**AKUSTIKEN
PÅVERKAR
ELEVERNAS
BETEENDE OCH
KOGNITIVA
FÖRMÅGA:**

Tiden det tar för eleverna att återgå till skolarbetet efter olika störningsmoment (t.ex. elever som pratar eller ropar) visar att höga bullernivåer kan ha en negativ inverkan på elevernas koncentrationsförmåga^{4,10}. Höga bullernivåer har också kopplats till sämre resultat vid läsning, stavning och liknande uppgifter⁴. Effekterna är ännu större för elever med särskilda behov¹¹.

**Bullerstudie
av 274
lektioner¹⁰**







BRA AKUSTIK ÄR VIKTIGT

FÖR OPTIMAL VERBAL KOMMUNIKATION

Det finns två tydligt identifierade aspekter som påverkar ljudmiljön i en skola: buller och efterklangstid*. I ett klassrum kan det finnas många källor till buller: flyg- och biltrafik utifrån, installationer (värme-, belysnings- och ventilationssystem), teknik (projektorer, datorer) samt ljud från eleverna själva.

Taluppfattbarheten påverkas av såväl bullernivå som ljudreflektioner. Ljud reflekteras och förstärks av ytor i klassrummet, som exempelvis väggar, tak, golv, bord och whiteboardtavlor. Alltför mycket ljudreflektioner från hårda, plana ytor leder till högre bullernivå och lägre taluppfattbarhet.

Vid muntlig kommunikation är det viktigt med bästa möjliga akustik. För att optimera alla aspekter av kommunikation – tala, höra och lyssna – krävs det att man tittar på byggnaden och dess akustiska design utifrån en mängd olika perspektiv.

Exempel på hur man bäst minskar bullret från interna källor:

- Sänkning av bullernivån inomhus (t.ex. från installationer och aktiviteter)
- Minskning av efterklangstiden för att minimera oönskade ljudreflektioner
- Optimering av taluppfattbarheten genom att minska efterklangstiden och öka skillnaden mellan tal och brus



Åtgärder för att minska bullret utifrån

Ljudisolering för dämpning av externa bullerkällor samt minimering av buller från installationer och angränsande rum.



* Efterklangstid är ett sätt att mäta hur ljud reflekteras mot rummets olika ytor. Mättet anger hur lång tid det tar för ett ljud att minska med 60 dB och är direkt beroende av mängden ljudabsorberande material i rummet. I ett klassrum bör efterklangstiden ligga på omkring 0,5 sekunder, medan en efterklangstid på upp till 2 sekunder är acceptabel i rum där talupfattbarheten är mindre viktig, som till exempel musiksalar.

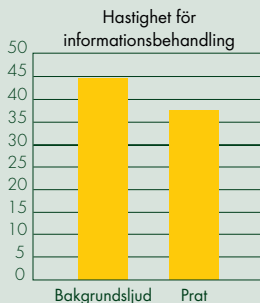
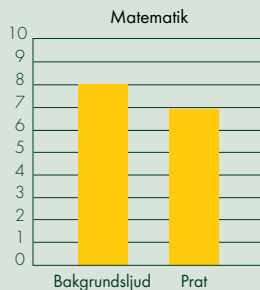
EFFEKTER PÅ ELEVERNAS STUDIERESULTAT

I den här studien⁴ jämfördes olika nivåer av bakgrundsbuller för att bedöma effekten på elevernas inläring. Forskarna upptäckte stora skillnader på resultaten av vanliga skoluppgifter vid "tysta" och "genomsnittliga" nivåer av bakgrundsbuller.

Det visade sig att eleverna kunde bearbeta information snabbare och i högre utsträckning svara rätt på frågor vid lägre bullernivåer. Man kom också fram till att elevernas läsförståelse försämrades vid högre bullernivåer i klassrummet. Elever som kände sig lite hängiga, till exempel på grund av förkylning eller trötthet, påverkades dessutom mer av en pratig ljudmiljö.

Ett klassrum med mycket prat med en genomsnittlig ljudnivå på 65 dB har stor inverkan på såväl matematik som muntliga och kognitiva uppgifter.

Hur grundskoleelever påverkas av en pratig ljudmiljö



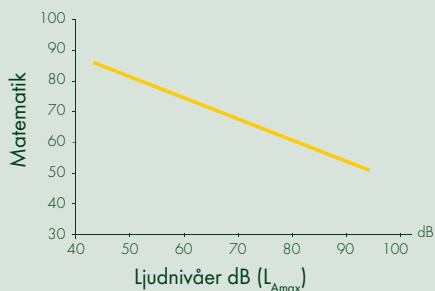
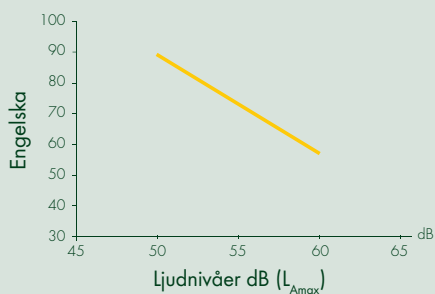
BULLER GÖR DET SVÅRARE ATT BEARBETA SPRÅK

Den här studien⁴ visar att höga bullernivåer har en negativ effekt på elevernas lärande.

Vid en jämförelse av unga elevers prestationer upptäckte man ett tydligt samband mellan bakgrundsbullret i klassrummet och provresultaten i flera ämnen.

Intressant nog visade det sig att sambandet var som starkast i språkrelaterade ämnen. Dessa slutsatser tyder på att bakgrundsbuller i klassrummet gör det svårare att bearbeta språk.

Ökade bullernivåer försämrar resultaten avsevärt inom två basämnena, varav effekten är mest tydlig i engelska.



BRA AKUSTIK FÖRBÄTTRAR TALUPPFATTBARHETEN MED MER ÄN 35 %

Forskare har kommit fram till den viktiga slutsatsen¹¹ att större delen av bullret i skolmiljöer inte orsakas av flygplan, tåg och bilar, utan av eleverna själva under lektionerna.

De kom också fram till att installation av ett högpresterande klass-A akustiktak leder till:

- 35 % bättre orduppfattning bland eleverna
- Hälften så låg upplevd ljudnivå

Minskade bullernivåer har både fysiska och beteendemässiga effekter

Den teoretiska effekten av ett ljudabsorberande undertak i klass A upplevdes som en sänkning av ljudnivån med 3 dB i ett tomt klassrum. Men den verkliga förändringen låg i beteendet hos dem som vistades i klassrummet. Eftersom alla kunde göra sig hörda och förstådda utan att höja sina röster, talade elever och lärare automatiskt hela 7 dB lägre, vilket ledde till en total sänkning av ljudnivån på 10 dB.

Bättre för gruppundervisning

Ljuddämpande åtgärder gav mindre bakgrundsbuller och kortare efterklangstid, vilket ledde till bättre resultat i ordförståelsetester. Förbättringen var särskilt tydlig när många elever pratade samtidigt i klassrummet.

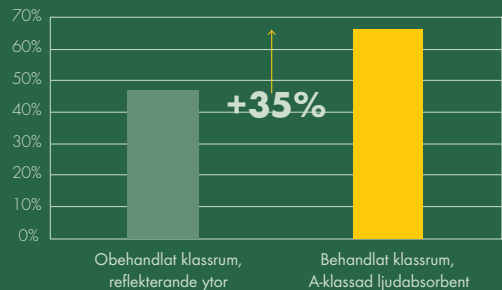




Enligt personalen som arbetar i de renoverade klassrummen är skillnaden enorm. De behöver inte längre skrika för att höras och dessutom har atmosfären i klassrummet blivit lugnare, tystare och mer avspänd. Alla är mycket nöjda.

CATHERINE DOUGLAS, HUVUDLÄRARE PÅ BALGREEN PRIMARY SCHOOL

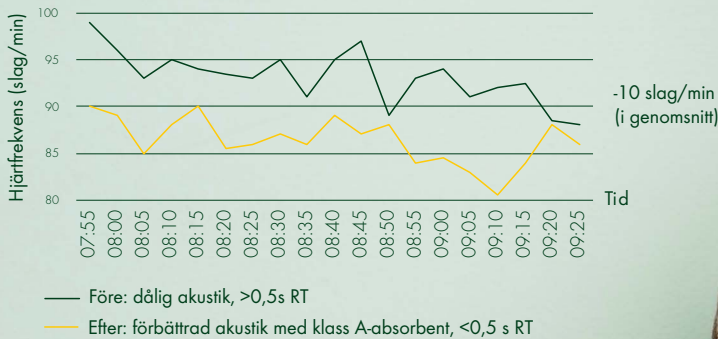
Procentandel korrekt uppfattade ord



BRA AKUSTIK GER LÄGRE HJÄRTFREKVENNS

När forskarna upptäckte att 80 % av lärarna blev stressade av buller ville de ta reda på om man kunde sänka stressnivåerna genom att förbättra ljudmiljön. De ville också veta hur klassrumsbuller faktiskt påverkar lärare och elever under lektionerna¹.

Jämförelser av lärarnas hjärtfrekvens i dåliga respektive bra ljudmiljöer (med klass-A ljudabsorbenter) visade att den sjönk med upp till 10 slag per minut när akustiken förbättrades.



Hur är det möjligt?

Om ett klassrum har dålig akustik förstärks ljudet när det studsar mot reflekterande tak och väggar. Detta ger upphov till bakgrundsbuller som förvränger talet. Då eskalerar ljudnivåerna, eftersom både lärare och elever måste höja sina röster för att göra sig hörda. Detta kallas Lombard-effekten¹⁵. Miljön upplevs då ofta som alltmer stressig. (Se även studien som beskrivs på sidan 20 om hur Lombard-effekten påverkar elevernas beteende.)



Lägre bullernivå och kortare efterklangstid leder till minskad stress

Ljuddämpande åtgärder i klassrum ger en mer avslappnad miljö där alla känner sig lugnare, vilket bidrar till att sänka lärarnas hjärtfrekvens. Med en efterklangstid på under 0,5 sekunder känner lärarna sig betydligt mindre stressade.

*Hjärtfrekvens
är en medicinskt
erkänd
stressfaktor.*

DR GERHART TIESLER

RÖSTPROBLEM

RÖSTPROBLEM VISAR ATT LÄRARNAS HÄLSA ÄR I RISKZONEN


Röstproblem är tyvärr något som har visat sig drabba lärare i större utsträckning än andra yrkesgrupper.

Hot mot lärarnas rösthälsa

Enligt ett flertal studier om lärarnas rösthälsa, löper lärare minst dubbelt så stor risk att drabbas av röstproblem jämfört med andra yrkesgrupper.

- Över 65 % av de tillfrågade lärarna har haft problem med rösten under sitt yrkesliv²
- 16,4 % av alla som diagnosticeras med röstrubbningar är lärare, trots att denna åkomma bara drabbar 2 % av den yrkesarbetande befolkningen¹²
- 32 % av lärarna uppgav att de haft problem med rösten, jämfört med 1 % för övriga yrkesgrupper³





Lärare har **mer än dubbelt** så hög sjukfrånvaro som andra yrkesgrupper.

HUR RÖSTPROBLEM PÅVERKAR

LÄRARNAS ARBETE

I denna omfattande undersökning¹³ studerade man under ett års tid arbetsrelaterade röstproblem och sjukfrånvaro hos 2 400 personer med olika yrken. Resultaten visar att lärare i större utsträckning än andra yrkesgrupper begränsas i sitt arbete och har sjukfrånvaro på grund av röstproblem.

Jämförelse av arbetsrelaterade problem bland lärare och andra yrkesgrupper under det senaste året

	Prevalens (%)	
	Lärare	Övriga yrkesgrupper
Arbetat mindre under minst en dag	43	16
Inte arbetat alls minst en dag	18,3	7,2
Inte arbetat alls mer än 5 dagar	3	1,3
Rösten har inte fungerat som vanligt i mer än 5 dagar	35	22
Kanske behöver byta jobb på grund av rösten	2,0	0,78

HUR BULLER PÅVERKAR

ELEVERS KONCENTRATION OCH BETEENDE

Förbättrad akustik minskar antalet dysfunktionella aktiviteter

I den här studien¹⁴ undersökte man om förändringar av klassrummets bullernivå har ett direkt samband med elevernas beteende. Under fem förmiddagslektioner eskalerade antalet ”dysfunktionella” aktiviteter i klassrum med sämre akustik (efterklangstid 0,6 till 0,75 sekunder), medan de i rum med mycket bra akustik (efterklangstid 0,4 till 0,5 sekunder) låg på ungefär samma nivå hela förmiddagen.

Lombard-effekten¹⁵

Allt eftersom dagen går ökar det dysfunktionella och störande beteendet i klassrum med dålig akustik som en följd av de ökade bullernivåerna¹⁵.

Förbättrad akustik förändrar elevernas beteende

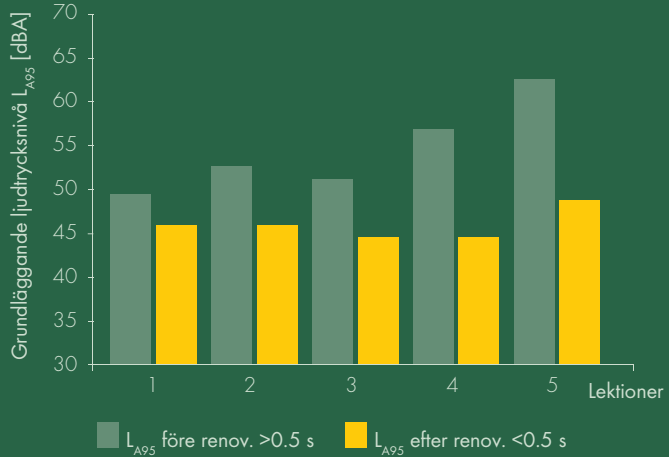
Ett ljudabsorberande undertak sänker den allmänna ljudnivån samt minskar bullret från aktiviteterna i klassrummet, vilket påverkar elevernas beteende på ett mycket positivt sätt.

Bättre taluppfattbarhet leder till bättre beteende

I undersökningen studerade man också ”dysfunktionella aktiviteter” under lektionerna¹⁴, det vill säga avbrott eller störningar som inte har med undervisningen att göra. När ljudnivån sänktes minskade också dessa dysfunktionella aktiviteter, vilket ledde till ökad koncentration under lektionen.

Vid kontrollerade bullernivåer var elevernas koncentrationsgrad densamma under hela lektionen. Detta bidrog i sin tur till att motverka trötthet och stress i klassrummet.

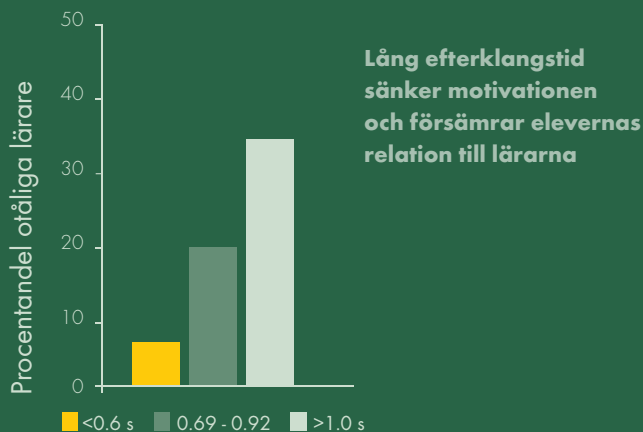
Ökning av ljudnivån på lektionerna (L_{A95}) före och efter renovering



DÅLIG AKUSTIK SKAPAR IRRITATION

När forskarna undersökte vilka effekter klassrummets akustik har på elever och lärare hittade de ett direkt samband mellan efterklangstid och irritation i båda grupperna¹⁶.

Eleverna i klassrum med längre efterklangstid hade sämre motivation och interaktion med sina klasskamrater och lärare. (Den rekommenderade efterklangstiden i ett klassrum brukar ligga på omkring 0,5 sekunder.)



Dessutom fick föräldrarna ta ställning till följande påstående: ”Mitt barn störs av högljudda klasskamrater i skolan.” Resultaten visade att minst irritation förekom hos elever som undervisas i klassrum med åtgärder för att minska efterklangstiden.

Klassrumsakustik (RT):	% irritation
<0,6 s	44 %
0,7-0,9 s	51 %
>1,0 s	61 %

Kortare efterklangstid (RT) minskar irritationen hos eleverna



BULLERKÄLLOR

AKUSTIK OCH TALUPPFATTBARHET

Det har gjorts omfattande undersökningar om hur buller och efterklangstid påverkar taluppfattbarheten. Både objektiva och subjektiva mätningar visar att det kan vara en enorm skillnad på hur man uppfattar tal.

Ett sätt att mäta taluppfattbarheten är talöverföringsindex (Speech Transmission Index, STI). Ju högre STI, desto bättre muntlig kommunikation för alla elever.

Forskning¹⁷ visar att STI-värdena återspeglar taluppfattbarhetens kvalitet* för alla elever. Yngre elever påverkas emellertid i större utsträckning. Vissa typer av buller har också större effekt på STI. Störande prat från andra elever påverkar till exempel taluppfattbarheten mer än icke-mänskliga ljud som ventilation.

Det är därför viktigt med akustiska förbättringar, som att förkorta efterklangstiden för att minska buller i form av prat i klassrummet.

STI-egenskap	STI
Dålig - bristfällig	0,30
Bristfällig - acceptabel	0,45
Acceptabel - bra	0,60
Bra - utmärkt	0,75

Talöverföringsindex (STI) anger graden av taluppfattbarhet från låg till hög på en skala mellan 0 och 1.

* Taluppfattbarheten påverkas också av signal-brusförhållandet, som anger skillnaden mellan signalen (i det här fallet talet) och bakgrundsbullret i ett rum.

TALET MÅSTE VARA

STARKARE ÄN BAKGRUNDSLJUDET

För att höra och förstå vad som sägs i ett klassrum krävs god taluppfattbarhet på en hörbar nivå. Talet måste vara starkare än det omgivande bakgrundsljudet. Detta kallas signal-brusförhållande (Signal to Noise Ratio, SNR).

Ju yngre lyssnaren är, desto högre SNR-värde krävs för att det som sägs ska höras tydligt. Enligt en viktig undersökning⁹ kan 15 dB anses vara ett godtagbart signal-brusförhållande för äldre barn (11-åringar), medan det för yngre barn (6-åringar) krävs upp till 20 dB för att taluppfattbarheten ska vara tillräckligt hög.

Yngre elever behöver ett högre SNR-värde för att uppfatta tal

Ålder	SNR-värde som krävs för att 75 % ska ha en taluppfattbarhet på 90 %
6-åringar	+20 dB
8-åringar	+18 dB
11-åringar	+15 dB

I en senare undersökning¹⁸ studerades taluppfattningen vid förekomst av buller, för att fastställa de högsta godtagbara nivåerna av bakgrundsbuller i klassrum. Det visade sig att yngre barn behöver ett högre SNR-värde än äldre barn för att uppnå en taluppfattbarhet på 95 % vid ett bakgrundsbuller på 35 dB.

OPTIMERA AKUSTIKEN

FÖR ATT INKLUDERA ALLA ELEVER

Forskare gjorde tester för att se hur successiva förändringar av akustiska lösningar påverkar bullernivåerna i klassrummet vid uppgradering enligt rekommendationer för barn med hörselnedsättning⁵. De kom fram till att varje förbättring av akustiken gjorde att både elever och lärare blev tystare och lugnare.

Resultaten visade att man genom att följa dessa rekommendationer kunde skapa en ljudmiljö som var både inkluderande och gynnsam för alla i rummet. Eleverna blev mindre stökiga och lärarna behövde inte prata lika högt eller anstränga rösten.

Förbättrad akustik resulterade i:

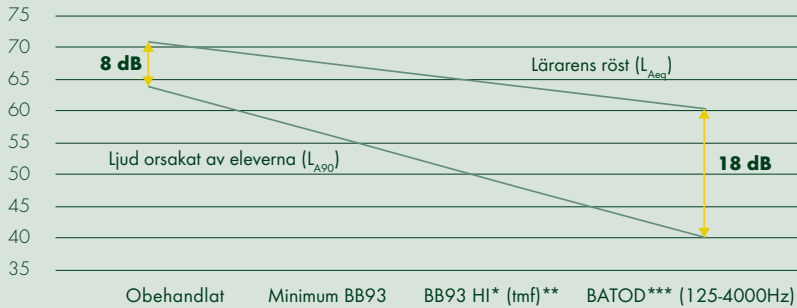
- Fler diskussioner och grupparbeten i klassrummet
- Effektivare undervisning och färre repetitioner
- Lägre stressnivåer för lärarna

Ökad ljudabsorption ger lägre ljudnivå

Ett ljudabsorberande undertak sänker den allmänna ljudnivån och genom att lägga till extra lågfrekvensabsorbenter får man mindre bakgrundsbuller och bättre taltydlighet.



Bullernivån i klassrummet och signal-brusförhållandet förbättrades markant när akustiken anpassades för att uppfylla inkluderande standarder



Den förkortade efterklangstiden i klassrummet skulle teoretiskt sett bara ge en minskning av ljudnivån med 3 dB. Men enligt uppgifterna i studien kunde läraren prata över 10 dB tystare efter åtgärderna eftersom bakgrundsljudet från eleverna var så mycket lägre.

Dessutom ökade signal-brusförhållandet mellan lärarens röst och ljudet från eleverna med upp till 10 dB (från 8 till 18 dB). Det innebär att man genom att följa akustiska rekommendationer kunde uppnå ett SNR-värde på 15–20 dB, vilket innebär idealiska lyssningsförhållanden i bullriga miljöer för såväl personer med

hörselnedsättning som för yngre barn¹⁷.

Den förbättrade akustiken gav ett högre SNR-värde och eleverna behövde inte anstränga sig lika mycket för att förstå läraren, som därmed kunde spara på rösten och kände sig mindre stressad.

Klassrum med högeffektiva ljuddämpande åtgärder, inklusive extra lågfrekvensabsorption, har konsekvent visat sig ge bästa möjliga förutsättningar för både talare och lyssnare.

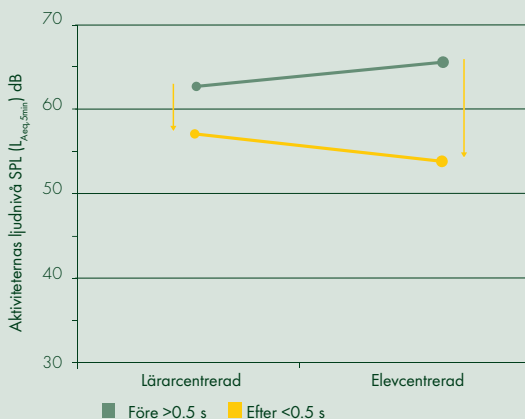
FÖRBÄTTRAD AKUSTIK

FRÄMJAR GRUPPARBETE

I en tysk studie jämförde man klassrum med lång och kort efterklangstid. Det visade sig att bullernivån skilde sig avsevärt när klassrummen användes och eleverna ägnade sig åt olika typer av aktiviteter. Ljudnivåerna i rummet med ljuddämpande åtgärder sjönk kraftigt tack vare kortare efterklangstid, vilket gjorde att:

- man kunde samarbeta mer i grupp, eftersom undervisningen kunde genomföras med en mycket lägre ljudnivå
- läraren kunde prata tystare och behövde därmed inte anstränga rösten lika mycket
- den arbetsrelaterade stressen minskade tack vare den lägre bullernivån

Aktiviteternas ljudnivå före (grönt) och efter (gult) renovering: i rummen med ljuddämpande åtgärder var bullernivån 6 dB lägre vid traditionell undervisning och 13 dB lägre vid grupparbete



Ett rum med ljuddämpande åtgärder är extra lämpligt för grupparbete, eftersom flera personer kan prata samtidigt, fast med lägre röst, utan att behöva överrösta varandra.

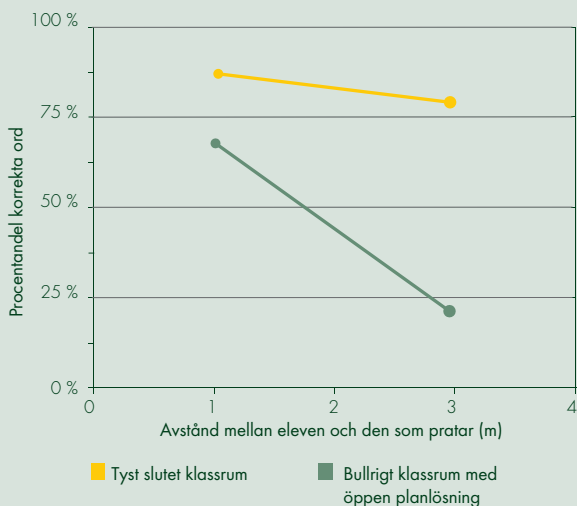
Man köper 3 dB sänkning av ljudnivån och får 10 dB på köpet!

DR G. TIESLER

KLASSRUM MED ÖPPEN PLANLÖSNING

Forskare jämförde bullernivåerna i fyra olika lågstadieskolor med olika planlösning: en med slutna lärmiljöer och tre med öppna lärmiljöer i olika storlekar¹⁹.

Störande ljud mättes vid tysta aktiviteter (helklass) och högljudda aktiviteter (grupparbete) i alla klassrum. För båda aktivitetstyperna var bullernivån högre ju större klassrummet var och ju fler grupper som arbetade där.



I öppna lärmiljöer ökar antalet felaktiga svar ju längre bort från talaren lyssnarna befinner sig.

Till och med när klasserna runt omkring ägnade sig åt tysta aktiviteter hade barnen långt bak i de stora, öppna klassrummen svårt att höra på grund av den högre bullernivån. Diagrammet ovan visar att det i en tyst, sluten lärmiljö utan störande ljud utifrån är möjligt att höra vad som sägs även när man sitter längst bak i klassen.

En annan faktor som bidrar till lägre taluppfattbarhet i öppna lärmiljöer är att den som lyssnar ofta befinner sig längre bort från den som talar. För att uppnå en god taluppfattbarhet i rum med öppen planlösning kan man samla eleverna i en grupp närmare talaren för att minska distraktionen från andra ytor och grupper.

BULLERÅTGÄRDER I ÖPPNA LÄRMILJÖER

Efter att ha granskat ett stort antal studier²⁰ har forskare kommit fram till att ljudnivåerna vid skolaktiviteter inte nödvändigtvis är högre i öppna lärmiljöer än i slutna.

Trots den allmänna uppfattningen att bullernivåerna är högre i öppna miljöer än i slutna verkar skillnaden inte vara så stor.

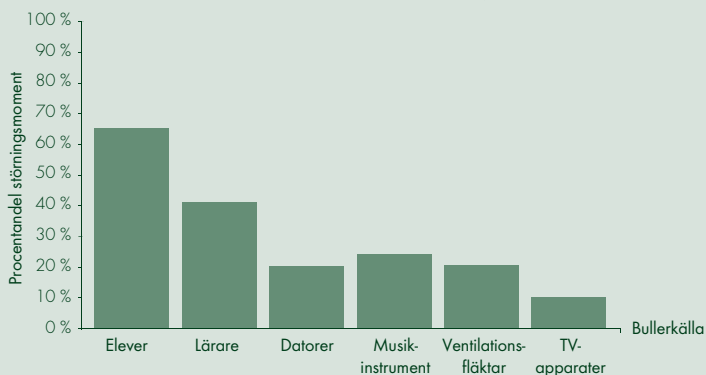


I vissa fall var bullernivån högre i öppna lärmiljöer, men i andra fall var den lägre. Detta har troligen att göra med låg efterklangstid som ett resultat av ökad absorption och/eller effektiv klassrumshantering.

Ljud från andra elever utanför själva klassrummet nämns emellertid ofta som ett störningsmoment i låg- och mellanstadieskolor med öppen planlösning. Barn som undervisas i öppna lärmiljöer är extra känsliga för irrelevant prat, och röster från angränsande ytor har i olika undersökningar beskrivits som den vanligaste typen av störande ljud²¹.

När elever i klassrum med öppen planlösning fick frågan vilka ljud som störde dem mest på lektionerna, svarade 65 % ljud från elever i andra klasser, följt av lärare i andra klassrum.

Ljud som stör grundskoleelever i klassrum med öppen planlösning



DE SÅRBARA DRABBAS VÄRST

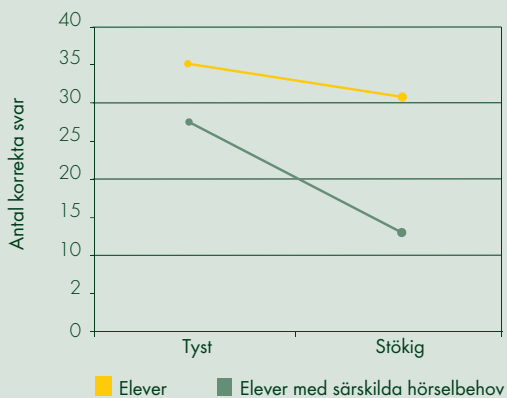
I alla klassrum finns det ett antal elever med särskilda behov, som har svårare för att höra vad som sägs och hantera stökiga miljöer. Särskilda behov kan vara exempelvis nedsatt hörsel, koncentrationssvårigheter eller att undervisas på ett annat språk än sitt modersmål. Intressant nog gäller detta även personer som är trötta eller av andra anledningar känner sig lite hängiga.

Barn med hörselnedsättning blir lättare trötta och stressade, eftersom de måste anstränga sig mer för att lyssna. Stökiga miljöer kan därför ha en negativ inverkan på deras inlärningsförmåga och studieresultat.

För att ta reda på mer jämförde forskare resultaten för lågstadielever med och utan särskilda behov inom en rad områden som läs- och skrivefärdigheter samt bearbetningsförmåga. De fick göra olika uppgifter både under tysta förhållanden och vid ett bakgrundsbuller på 65 dB – en vanligt förekommande bullernivå i de flesta klassrum i studien.

Resultaten visade att barn med särskilda behov påverkades mest negativt, speciellt i pratiga miljöer. De visade också att provresultaten för elever med särskilda behov var sämre i stökiga miljöer, medan övriga elever påverkades i mycket mindre utsträckning.

Matematikresultat i en stökig respektive tyst miljö



Engelskaresultat i en stökig respektive tyst miljö



STANDARDS FÖR HÖRSELNEDSÄTTNING

FASTSTÄLLER KRITERIER FÖR INKLUDERING

Barn med särskilda behov/speciella hörselbehov är känsliga för dåliga ljudmiljöer, men går ofta i vanliga skolor som inte är optimalt anpassade för dem. För att främja dessa barns inlärning i sådana miljöer finns det riktlinjer och rekommendationer för inkludering.

Till speciella hörselbehov räknas vanligtvis hörselnedsättning och kognitiva funktionsnedsättningar, men denna grupp omfattar även elever som undervisas på ett annat språk än sitt modersmål. Barn inom det autistiska spektrat är också känsliga och visar ofta tecken på ett störande beteende i miljöer med högre ljudnivå²².

Nedan följer en omfattande lista över grupper med speciella hörselbehov:

- Permanent sensorineural/konduktiv hörselnedsättning
- Tillfällig konduktiv hörselnedsättning (orsakad av förkylning, öroninfektion etc.)
- Tal-, språk- och kommunikationssvårigheter
- ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder)
- Auditiv bearbetningsstörning (APD)
- Autismspektrumtillstånd (AST)
- Elever som undervisas på ett annat språk än sitt modersmål

För en inkluderande lärmiljö krävs att eleverna har en hög taluppfattbarhet. Detta är precis vad som uppnås med standarder som framhäver vikten av kontrollerad efterklangstid vid låga frekvenser för känsliga lyssnare.

Rekommendationer för elever med speciella hörselbehov har en positiv inverkan även på övriga elever samt lärare, eftersom de skapar en bättre ljudmiljö för alla i rummet.

Utöver grupperna med särskilda behov som nämns ovan finns det också yngre barn i klassrummet,

vars hörselsystem inte är fullt utvecklade. De behöver ett högre SNR-värde för att höra lärarens röst genom bakgrundsbullret^{9,18}. Och genom att följa dessa rekommendationer har det visat sig att man kan uppnå just detta⁵.

Nedan visas en sammanfattning av de brittiska standarderna (BB93⁷ & BATOD⁸) för buller och efterklangstid i klassrum för elever med särskilda behov

Akustiskt kriterium – speciella hörselbehov	BB93 (2015)* BATOD**	
	Ny byggnad	Renoverad byggnad
Omgivningsbuller inomhus*	≤ 30 dBA	≤ 35 dBA
Efterklangstid*	≤ 0,4 s, genomsnittlig, för oktavband 125 Hz till 4 000 Hz	
Signal-brusförhållande**	>20 dB, 125 Hz till 750 Hz	
	>15 dB, 750 Hz till 4 000 Hz	



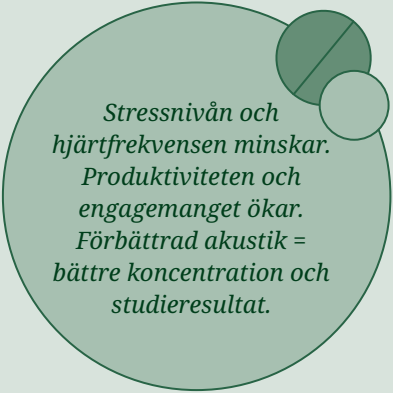


SLUTSATS

En bra ljudmiljö är avgörande för att tillhandahålla goda arbets- och lärmiljöer som främjar undervisningens utveckling.

Vi tror att denna forskningssammanställning kan ge viktig kunskap och medvetenhet om den positiva effekten av att förbättra akustiken. Vi tror att akustik är en nyckelkomponent för att främja lärarnas och elevernas allmänna hälsa och välbefinnande i samband med undervisning och inläring. Bra akustik kan i hög grad bidra till att skapa en positiv kultur inom skolvärlden. Resultatet är ökat deltagande och engagemang från alla.

I skolor med bra akustik är det enklare för alla att kommunicera. Utbytet av kunskap och idéer blir mer produktivt. Tänk om lärarna kunde fokusera helt på undervisningen i stället för att behöva se till att alla är tysta och lugna, så att eleverna kan koncentrera sig på skolarbetet under längre perioder.



*Stressnivån och
hjärtfrekvensen minskar.
Produktiviteten och
engagemanget ökar.
Förbättrad akustik =
bättre koncentration och
studieresultat.*

- Bättre arbetsförhållanden för både personal och elever, eftersom ljudmiljön upplevs som tystare och lugnare
- Bättre beteende och förståelse i klassrummet
- Lägre stressnivåer för lärarna, särskilt de med mindre erfarenhet
- Elever med nedsatt hörsel får bättre förutsättningar att delta i undervisningen på lika villkor

För mer detaljerad information om akustikens inverkan på lärmiljön, se Ecophons blogg *Acoustic Bulletin* (www.acousticbulletin.com), där vi djupdyker i studier, standarder och övriga frågor kopplade till skolans värld.

NUMRERADE REFERENSER. FÖRFATTARE, TITEL, DATUM:

1. Schönwälder, H.-G., Berndt, J., Ströver, F., Tiesler, G. Professional stress and strain in teachers (in German), Schriftenreihe der BAuA, Fb 989, NW-Verlag, Bremerhaven, Germany. 2003.
2. Comins, D. Survey of UK voice clinics 2001/2. Voice Care Network UK. 2002.
3. Smith, E., Lemke, J., Taylor, M., Kirchner, H. L., & Hoffman, H. Frequency of voice problems among teachers and other occupations. *Journal of voice*, 12(4), 480-488. 1998.
4. Shield, B M., and J E. Dockrell. "The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children." *The Journal of the Acoustical Society of America* 123(1). 2008.
5. Canning & James. *The Essex study - Optimising classroom acoustics for all*. 2012.
6. McKenzie & Airey. *Classroom acoustics, a research project - Summary report*. 1999.
7. Department for Education. *Building Bulletin 93 - Acoustic design of schools: performance standards*. Education Funding Agency, London, 2015
8. British Association of Teachers of the Deaf (2001) *Classroom acoustics - recommended standards*. BATOD Magazine, January 2001.
9. Bradley, J. S., & Sato, H. The intelligibility of speech in elementary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(4), 2078-2086. 2008.
10. Shield, B., Conetta, R., Dockrell, J., Connolly, D., Cox, T., & Mydlarz, C. A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(1), 177-188. 2015.
11. Shield, B., Connolly, D., Dockrell, J., Cox, T., Mydlarz, C., & Conetta, R. The impact of classroom noise on reading comprehension of secondary school pupils. In *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 40, 236-244. 2018.
12. Smith, E., Gray, S. D., Dove, H., Kirchner, L., & Heras, H. Frequency and effects of teachers' voice problems. *Journal of voice*, 11(1), 81-87. 1997.
13. Roy, N., Merrill, R.M., Thibeault, S. Parsa, R. A., Gray, S. D., & Smith, E. M. Voice disorders in teachers and the general population: effects on work performance, attendance, and future career choices. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 47. 2004.
14. Tiesler, G. *Communication Behaviour and Workload of Students and Teachers in Highly Absorbent Classrooms*. In *Proceedings of Euronoise*. 2018.
15. Brumm, H., & Zollinger, S. A. The evolution of the Lombard effect: 100 years of psychoacoustic research. *Behaviour*, 148(11-13), 1173-1198. 2011.
16. Klatte, M., Hellbrück, J., Seidel, J., & Leistner, P. *Effects of Classroom Acoustics on Performance and Well-Being in Elementary School Children*. 2009.
17. Astolfi, A., Bottalico, P., & Barbato, G. Subjective and objective speech intelligibility investigations in primary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1), 247-257. 2012.
18. Yang, W., & Bradley, J. S. Effects of room acoustics on the intelligibility of speech in classrooms for young children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(2), 922-933. 2009.
19. Mealings, K. T., Demuth, K., Buchholz, J. M., & Dillon, H. The effect of different open plan and enclosed classroom acoustic conditions on speech perception in Kindergarten children. 2015.
20. Shield, B., Greenland, E., & Dockrell, J. Noise in open plan classrooms in primary schools: A review. *Noise and Health*, 12(49), 225. 2010
21. Greenland, E. E. (2009). *Acoustics of open plan classrooms in primary schools* (Doctoral dissertation, London South Bank University). 2009.
22. Kanakri, S. M., Shepley, M., Tassinary, L. G., Varni, J. W., & Fawaz, H. M. *Observational study of acoustics design and repetitive behaviors on children with autism*. 2017.

Ecophon är en ledande leverantör av akustiklösningar för inomhusbruk som förbättrar människors arbetsprestationer och livskvalitet. Vi tror på den skillnad som ljudet kan göra för vårt vardagsliv och är ivriga förespråkare för att en god rumsakustik kan förbättra människors välmående – oavsett rum, aktivitet eller behov.

“A sound effect on people” är en princip som vägleder allt vi gör. Vi är stolta över vårt svenska arv och den humana grundsyn som vårt löfte bygger på. Vi är kompromisslösa i vår strävan efter en transparent och hållbar affärspraxis, och som medlemmar av Saint-Gobain Group bidrar vi till att göra världen till en bättre plats.



Ecophon
SAINT-GOBAIN