

PRZEGLĄD  
BADAŃ  
NAUKOWYCH

# WPŁYW HAŁASU NA UCZNIÓW I NAUCZYCIELI



**Ecophon**  
SAINT-GOBAIN

## WPŁYW HAŁASU NA UCZNIÓW I NAUCZYCIELI

Jest ogólnie wiadomym, że poziomy hałasu w budynkach szkolnych mogą być dostatecznie wysokie, aby mieć negatywny wpływ na uczniów i nauczycieli.

Ale jak silny jest ten związek? I co trzeba zrobić, aby ten negatywny wpływ zminimalizować i aby przestrzeń szkoły ułatwiała przekazywanie wiedzy a nie je utrudniała?





### Niniejsze opracowanie pokazuje co mówią badania naukowe na temat:

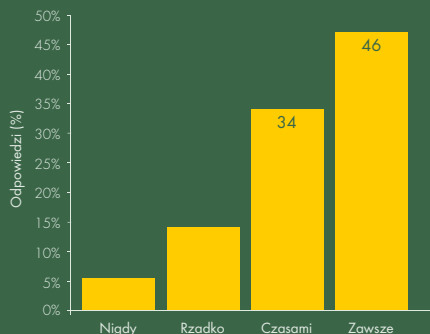
- Zalecanych, bezpiecznych poziomów dźwięku, oraz tych rzeczywistych, występujących w szkołach
- Koniecznych kroków prowadzących do ograniczenia hałasu w szkołach
- Wpływu hałasu na zdolność uczenia się i zachowanie uczniów
- Wpływu hałasu na zdrowie nauczycieli (fizyczne i psychiczne)
- Wpływ hałasu na koncentrację i poziom rozdrażnienia nauczycieli i uczniów
- Optymalnych warunków akustycznych dla edukacji włączającej
- Poziomów dźwięku w otwartych przestrzeniach edukacyjnych
- Wpływ hałasu na osoby najbardziej wrażliwe

Niniejsze opracowanie nie powstałoby bez pracy prof. Bridget Shield, autorki kompleksowego przeglądu literatury tematu, na którym się oparliśmy.

# WPŁYW HAŁASU NA UCZNIÓW I NAUCZYCIELI

Wiemy, że sposób nauczania prowadzonego przez nauczycieli\* ma największy wpływ na poprawę uczenia się uczniów. Chcielibyśmy pomóc utalentowanym nauczycielom pracować jeszcze efektywniej przyczyniając się do poprawy warunków akustycznych, w których muszą uczyć. A warunki te mają istotny wpływ m.in. na ich zdrowie:

## 80% nauczycieli jest zestresowanych hałasem w klasach lekcyjnych<sup>1</sup>



- Ponad 65% ankietowanych nauczycieli doświadczyło problemów z głosem w trakcie swojej kariery<sup>2</sup>
- 32% nauczycieli stwierdziło, że miało kiedykolwiek problem z głosem; wśród ogółu populacji ten odsetek wynosi 1%<sup>3</sup>

Musimy wspierać uczniów w coraz bardziej różnorodnych zajęciach, które przygotowują ich do funkcjonowania w naszych szybko zmieniających się społeczeństwach. Uczniowie obecnie potrzebują nowych, dodatkowych kompetencji\*\*, takich jak umiejętność współpracy i komunikacji, kreatywność czy zdolność krytycznego myślenia. Nauka tych zdolności wymaga od uczniów większego zaangażowania i bardziej intensywnej komunikacji, co z kolei sprawia, że jakość środowiska akustycznego staje się jeszcze ważniejsza.

## Uczniowie korzystający z pomieszczeń o lepszej akustyce:

- Mają większe osiągnięcia: liczba uczniów pomyślnie zdających testy państwowe zwiększa się o 13%<sup>4</sup>
- Lepiej pracują zespołowo, dotyczy to również uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi<sup>5</sup>
- W czasie pracy w grupach wytwarzają poziom dźwięku o 13 dB niższy<sup>6\*\*\*</sup>
- Są bardziej skoncentrowani i mniej zmęczeni<sup>7</sup>

\*W. Imms University of Melbourne 2019 \*\*OECD 21st Century Skills \*\*\*[podczas gdy z samego zwiększenia chłoności akustycznej pomieszczenia wynikałaby redukcja tylko o 3 dB]

# POZIOMY DŹWIĘKU I HAŁASU

## TYPOWE I ZALECANE



### Pomiar poziomu dźwięku

Poziom dźwięku jest mierzony w skali logarytmicznej i wyrażany decybelach (dB)\*. W skali logarytmicznej podwojenie energii dźwiękowej (spowodowane na przykład podwojeniem liczby głośników w pomieszczeniu) powoduje wzrost poziomu dźwięku o 3 dB. Zwiększenie poziomu dźwięku o 10 dB jest subiektywnie odbierane jako dwukrotne zwiększenie głośności dźwięku.

### Odpowiednie poziomy dźwięku w szkołach i typowe zalecenia akustyczne

Wsparte badaniami naukowymi zalecenia akustyczne określają różne wymagania dla klas lekcyjnych. Wymagania różnią w zależności od tego, czy klasy te są przeznaczone dla uczniów pełnosprawnych, czy też dla tych ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi (w tym także dla uczniów niedosłyszących). Poniżej zalecane wartości parametrów akustycznych,

których osiągnięcie pozwala zapewnić dobrą zrozumiałość mowy i sprawną komunikację słowną w klasach:

- Maksymalny poziom dźwięku w pustej klasie (okna i drzwi zamknięte), 30-35 dB<sup>7,8</sup>
- Skuteczna komunikacja słowna wymaga odstępu (różnicy) sygnału od szumu (SNR) na poziomie co najmniej 15-20 dB<sup>9</sup>
- Pożądana długość czasu pogłosu (T) w pomieszczeniach do komunikacji słownej powinna wynosić ok. 0.5 s (normy skandynawskie zalecają różne wartości w zakresie 0.3 - 0.6 s).

### Typowe poziomy dźwięku w decybelach

Czterosiłnikowy odrzutowiec w odległości 100 m	<b>120</b> dB
Nitowanie stalowych płyt w odległości 10 m	<b>105</b> dB
Młot pneumatyczny w odległości 10 m	<b>90</b> dB
Piła tarczowa w odległości 10 m	<b>80</b> dB
Ruchliwa ulica w odległości 10 m	<b>75</b> dB
Dzwonek telefonu w odległości 10 m	<b>65</b> dB
Męski głos (spokojny) w odległości 10 m	<b>50</b> dB
Szept w odległości	<b>25</b> dB

\*Gdziekolwiek w broszurze wspomina się o dB, ma się na myśli dB(A)



## TYPOWE POZIOMY DŹWIĘKU W KLASACH LEKCYJNYCH

### **Na hałas panujący w szkołach składa się głównie:**

- Hałas środowiskowy (głównie komunikacyjny: lotniczy, kolejowy i kołowy)
- Hałas wytwarzany przez uczniów, który zwykle jest dominujący
- Hałas instalacyjny (system wentylacyjny, projektory, komputery)

Niedawne badania<sup>9</sup> dokumentują poziomy dźwięku mierzone w pomieszczeniach szkolnych (zarówno w pustych jak i wypełnionych). Wyniki wskazują, że charakter akustyczny tych pomieszczeń ma decydujący wpływ na poziom dźwięku w nich występujące.

**HAŁAS W KLASIE  
LEKCYJNEJ  
WPŁYWA NA  
OSIĄGNIĘCIA  
SZKOLNE  
UCZNIÓW:**

Badania pokazały, że dzieci uczące się w głośnych klasach lekcyjnych gorzej sobie radziły z nauką czytania niż ich rówieśnicy w cichych salach. Świadczy to o tym, że adaptacje akustyczne w istniejących szkołach przyspieszą naukę czytania.

**ZMIANY  
W PRAWIE  
PROWADZĄ TO  
PRAWDZIWYCH  
ZMIAN:**

Kiedy w 2003 wprowadzono w Anglii i Walii wymagania prawne dotyczące akustyki szkół, liczba budynków szkolnych z optymalną akustyką wewnątrz wzrosła dwukrotnie. Pokazuje to jak korzystne dla uczniów i nauczycieli może być wprowadzenie zagadnień akustyki do prawa budowlanego i norm.

**AKUSTYKA KLASY  
LEKCYJNEJ MA  
WPŁYW NA  
MOŻLIWOŚCI  
POZNAWCZE I  
ZACHOWANIE  
UCZNIÓW:**

Długi czas który jest potrzebny uczniom na ponowne zebranie myśli (kiedy zostaną rozproszeni przez niechciane dźwięki) świadczy o tym, że wysoki poziom dźwięku w klasie lekcyjnej pogarsza ich zdolność do koncentracji uwagi<sup>4,10</sup>. Poziom dźwięku w klasie lekcyjnej jest także skorelowany z wynikami testów czytania i testów ortograficznych<sup>4</sup>. Ten związek jest jeszcze wyraźniejszy w przypadku uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi<sup>11</sup>.

**Pomiar  
równoważnego  
poziomu dźwięku  
w trakcie  
274 godzin  
lekcyjnych<sup>10</sup>**









# JAK ZADBAĆ O AKUSTYKĘ

## ODPOWIEDNIĄ DLA EFEKTYWNEJ KOMUNIKACJI SŁOWNEJ?

Są dwa czynniki silnie wpływające na zrozumiałość mowy: hałas i czas pogłosu\*.

W klasach lekcyjnych hałas może pochodzić z wielu źródeł: od źródeł zlokalizowanych poza klasą lekcyjną (zarówno w innych pomieszczeniach jak i poza budynkiem), od wyposażenia technicznego budynku (instalacje grzewcze i wentylacyjne, oprawy oświetleniowe), od sprzętu IT (komputery, rzutniki), ale głównie od samych użytkowników tych pomieszczeń: uczniów.

O pogłosie w pomieszczeniu możemy mówić, kiedy do słuchacza dociera, oprócz dźwięku bezpośredniego od źródła, duża ilość dźwięków wielokrotnie odbitych od powierzchni ograniczających to pomieszczenie. Poszczególne szybko po sobie następujące odbicia zlewają się w jeden zanikający dźwięk, który maskuje i zniekształca kolejne dźwięki emitowane przez źródło. Dodatkowo odbicia dźwięku znacząco podnoszą ogólny poziom dźwięku w klasie.

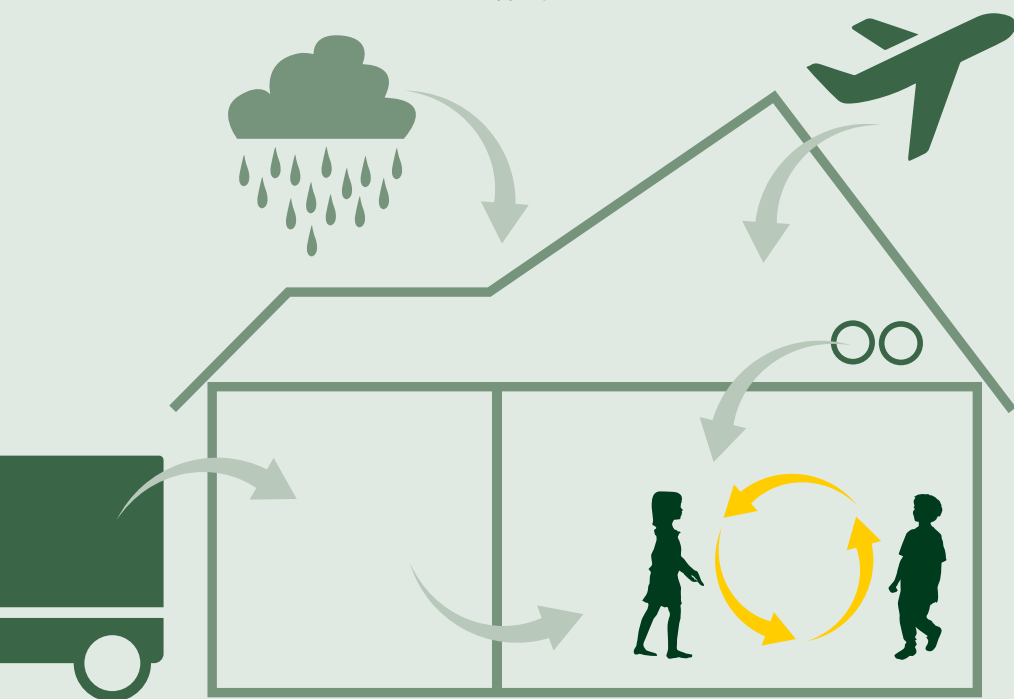
**W celu ułatwienia komunikacji słownej w różnych jej aspektach (mówienie, słuchanie i zrozumienie) trzeba przy projektowaniu pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji słownej pomyśleć o:**

- Ograniczeniu poziomu hałasu instalacyjnego i bytowego
- Ograniczenia czasu pogłosu\* poprzez wytłumienie niechcianych odbić dźwięku
- Zapewnienia niezbędnego dla zrozumiałości mowy odstępu sygnału od szumu (SNR)



## Ochrona przed hałasem zewnętrznym

Izolacja akustyczna od źródeł hałasu środowiskowego i bytowego oraz ograniczenie hałasu instalacyjnego.



\*Czas pogłosu (T) pomieszczenia. Jest to czas (wyrażony w sekundach) potrzebny na to, żeby po wywołaniu impulsu dźwiękowego poziom dźwięku w pomieszczeniu opadł o 60 dB. Czas pogłosu w pomieszczeniach do komunikacji słownej powinien być stosunkowo krótki (ok. 0,5 s), podczas gdy w salach koncertowych pożądane są znacznie większe jego wartości (nawet 2,0 s). Czas pogłosu może być ograniczony przez zwiększenie chłonności akustycznej pomieszczenia (wprowadzenie materiałów dźwiękochłonnych).

# WPŁYW NA EFEKTYWNOŚĆ UCZNIÓW

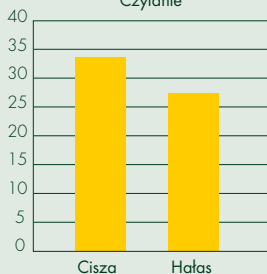
To badanie<sup>4</sup> polegało na wykonaniu w odmiennych warunkach akustycznych szeregu testów sprawdzających sprawność uczniów w różnych dziedzinach. Testy wykonywane były w warunkach ciszy (kiedy nikt w klasie nie rozmawia) oraz przy typowym dla klasy lekcyjnej gwarze (ok. 65 dB).

Ustalono, że w cichszym otoczeniu uczniowie byli w stanie szybciej przetwarzać informacje udzielając bardziej precyzyjnych odpowiedzi. Badanie wykazało też, że uczniowie ze starszych klas są bardziej wrażliwi na wpływ hałasu w klasie lekcyjnej niż ich młodszy koledzy. Podobnie uczniowie, którzy są przeziębieni, niewyspani lub których sprawność jest ograniczona w inny sposób są dużo bardziej wrażliwi na niekorzystny wpływ hałasu w klasie lekcyjnej.

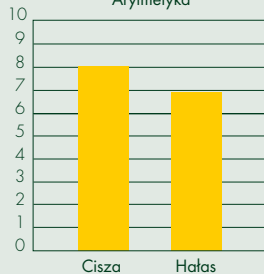
*Typowy gwar w klasie lekcyjnej na poziomie 65 dB ma wyraźny wpływ na poziom wykonania zadań słownych (np. słuchanie ze zrozumieniem) i arytmetycznych, a także na szybkość udzielania odpowiedzi.*

## Wpływ hałasu w klasie lekcyjnej na efektywność uczniów szkół podstawowych

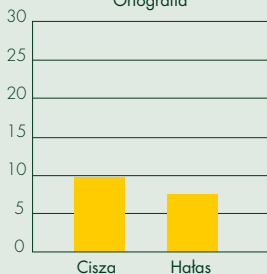
Czytanie



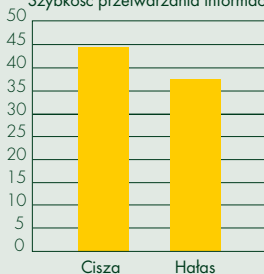
Arytmetyka



Ortografia



Szybkość przetwarzania informacji

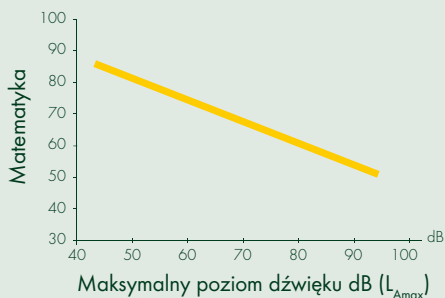
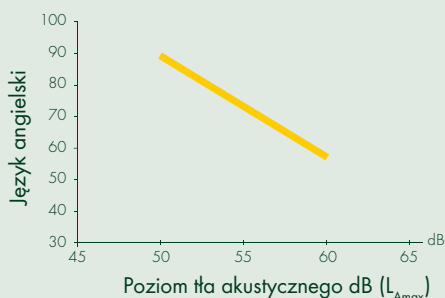


# HAŁAS ZABURZA NAUKĘ JĘZYKA ANGIELSKIEGO

To samo badanie pokazuje także niekorzystny wpływ hałasu w klasie lekcyjnej na wyniki testów okresowych (ustandaryzowanych testów, które w Anglii i Walii piszą wszystkie 7 i 11-latki). Najlepiej to widać na wynikach testów z języka angielskiego.

W trakcie badania zebrano dla wybranych szkół wyniki testów oraz wyniki pomiarów poziomu dźwięku w klasach lekcyjnych. Po porównaniu tych danych ze sobą stwierdzono istnienie wyraźnej negatywnej korelacji między poziomem tła akustycznego w klasach a poziomem ocen w testach. Ta niekorzystna zależność była najlepiej widoczna w przypadku testów z języka angielskiego.

**Zwiększeniu poziomu hałasu w klasach lekcyjnych towarzyszy spadek ocen z dwóch podstawowych przedmiotów.**



# DOBRA AKUSTYKA W KLASIE LEKCYJNEJ

## ZWIĘKSZA ZROZUMIAŁOŚĆ MOWY O PRZESZŁO 35%

Badacze dowiedli<sup>11</sup>, że głównym źródłem hałasu w klasach (w czasie lekcji) nie jest ruch lotniczy, samochodowy czy kolejowy tylko aktywność samych uczniów.

### **Dowiedziano także, że dzięki instalacji sufitów podwieszanych o najwyższej klasie dźwiękochłonności (klasa A):**

- Zdolność uczniów do rozumienia słów wzrosła o przeszło 35%
- Subiektywnie odczuwany poziom głośności spadł o połowę

### **Obniżenie poziomu dźwięku w klasie wpływa na zachowanie uczniów**

Spodziewana po instalacji sufitów dźwiękochłonnych (klasa A) redukcja poziomu dźwięku wynosiła 3 dB, co wynikało z obliczeń uwzględniających zwiększenie chłonności akustycznej pomieszczenia. Ale nawet takie, stosunkowo niewielkie obniżenie hałasu wpłynęło bardzo mocno na zachowanie uczniów – skoro wszyscy mogą być usłyszani i rozumiani bez potrzeby podnoszenia głosu - nikt tego nie robi. Dzięki temu ogólny poziom hałasu spadł o kolejne 7 dB. Tym samym w klasach z zainstalowanymi sufitami dźwiękochłonnymi jest o 10 dB ciszej!

### **Lepsze warunki do pracy w grupach**

Modernizacja akustyczna klas doprowadziła do redukcji poziomu tła akustycznego i skrócenia czasu pogłosu. To z kolei pozwoliło uczniom osiągnąć lepsze wyniki w teście słownym (rodzaj dyktanda sprawdzającego zrozumiałość mowy). Zmiana jest szczególnie odczuwalna w sytuacji kiedy wielu uczniów w klasie równocześnie rozmawia ze sobą.

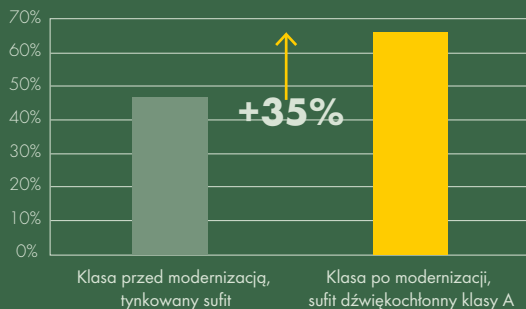




*“Nauczyciele pracujący w zmodernizowanych akustycznie klasach opowiadają o ogromnej zmianie, której doświadczają. Nie tylko nie muszą już krzyżeć, żeby być zrozumianym, ale atmosfera w klasie jest ogólnie spokojniejsza i bardziej odprężająca. Wszyscy jesteśmy zachwyceni”.*

CATHERINE DOUGLAS, DYREKTOR BALGREEN PRIMARY SCHOOL

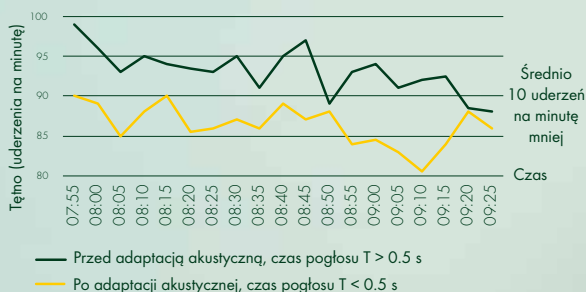
### **Odsetek poprawnie zapisanych słów w teście słownym**



# DOBRA AKUSTYKA OBNIŻA TĘTNO

Kiedy zdano sobie sprawę, że 80% nauczycieli odczuwa stres z powodu z powodu hałasu<sup>1</sup>, badacze zdecydowali się sprawdzić czy ten stres można by obniżyć poprawiając akustykę pomieszczenia. Chcieli też dokładniej się przyjrzeć w jaki sposób hałas wpływa na nauczycieli i uczniów<sup>6</sup>.

**Po instalacji w klasie lekcyjnej paneli dźwiękochłonnych klasy A poziom tętna nauczyciela spadł o 10 uderzeń na minutę.**




## Jak to jest możliwe?

Jeśli klasa lekcyjna ma wyłącznie twarde wykończenie (tynek, szkło, wykładzina PCW), to każdy dźwięk w niej wytwarzany jest silnie wzmacniany przez odbicia od sufitu i ścian. Prowadzi to do podniesienia poziomu tła akustycznego oraz do zwiększenia zjawiska pogłosu, a w konsekwencji do obniżenia zrozumiałości mowy. Poziom dźwięku rośnie jeszcze bardziej ponieważ w takich warunkach nauczyciel i uczniowie są zmuszeni do podnoszenia głosu – nazywamy to efektem Lombarda<sup>15</sup>. Takie środowisko jest mocno stresujące i zwykle ten stres narasta w ciągu dnia nauki. (Patrz: badanie na stronie 20 dotyczące koncentracji uwagi i efektu Lombarda).



### **Ograniczenie hałasu i pogłosu pozwala obniżyć stres**

Klasy lekcyjne, które zostały poddane modernizacji akustycznej stają się miejscami gdzie panuje spokojniejsza, bardziej odprężająca atmosfera – a to oczywiście prowadzi do redukcji stresu objawiającej się spadkiem poziomu tętna. Nauczyciele są w znacznie mniejszym stopniu podatni na stres w klasach lekcyjnych o czasie pogłosu krótszym niż 0,5 s.



*Poziom tętna  
jest medycznie  
uznanym  
wskaźnikiem  
stresu*

DR GERHART  
TIESLER

# SCHORZENIA NARZĄDU GŁOSU

## **SĄ POWAŻNYM PROBLEMEM ZDROWOTNYM NAUCZYCIELI**

Niestety, nauczyciele są grupą zawodową najbardziej podatną na choroby narządu głosu.

### **Statystyki zagrożenia**

Z licznych badań wynika, że nauczyciele są narażeni na schorzenia narządu głosu dwukrotnie bardziej niż inne grupy zawodowe.

- Ponad 65% ankietowanych nauczycieli doświadczyło problemów z głosem w trakcie swojej kariery<sup>2</sup>
- Nauczyciele stanowią 16,4% w grupie osób ze zdiagnozowanymi schorzeniami narządu głosu, chociaż reprezentują tylko 2% ogółu badanych pracowników.<sup>12</sup>
- 32% nauczycieli stwierdziło, że miało kiedykolwiek problem z głosem; wśród ogółu populacji ten odsetek wynosi 1%<sup>3</sup>





Nauczyciele  
tracą  
**dwa razy  
więcej**  
dni pracy niż  
przedstawiciele  
innych zawodów.

## KONSEKWENCJE PROBLEMÓW Z GŁOSEM

### OGRANICZENIE AKTYWNOŚCI I ABSENCJA

To duże badanie<sup>13</sup> polegało na porównaniu danych związanych ze schorzeniami głosu dla dwóch grup pracowników: nauczycieli i przedstawicieli innych grup zawodowych. Brano pod uwagę absencje chorobowe i inne problemy pracownicze związane z tą dolegliwością. Badanie trwało rok i objęło 2400 pracowników. Wyniki pokazują, że nauczyciele w porównaniu z innymi zawodami są znacznie częściej zmuszani przez problemy z głosem do ograniczenia swojej aktywności zawodowej.

**Częstotliwość występowania w ciągu roku ograniczeń w pracy zawodowej. Porównanie wykonane dla nauczycieli i innych grup zawodowych.**

	Odsetek (%)	
	Nauczyciele	Inne zawody
Ograniczenie aktywności przez co najmniej 1 dzień	43	16
Opuszczony co najmniej 1 dzień pracy	18,3	7,2
Opuszczonych co najmniej 5 dni pracy	3	1,3
Problemy z głosem trwające co najmniej 5 dni	35	22
Potrzeba zmiany zawodu	2.0	0.78

# WPŁYW HAŁASU NA UCZNIÓW

## KONCENTRACJA I ZACHOWANIE

### **Warunki akustyczne w klasie lekcyjnej mają wpływ na zachowanie uczniów**

To badanie<sup>14</sup> pokazuje jak zmiany w poziomie dźwięku w klasie lekcyjnej wpływają na zachowanie uczniów. W ciągu pięciu przedpołudniowych lekcji liczba zachowań dysfunkcyjnych rosła w klasach o gorszej akustyce (z czasem pogłosu  $T = 0,6 - 0,75$  s), podczas gdy w tych o lepszych warunkach akustycznych ( $T = 0,4 - 0,5$  s) pozostawała na podobnym poziomie.

### **Efekt Lombarda<sup>15</sup>**

Im głośniejsze jest otoczenie tym głośniej prowadzone są rozmowy. Im głośniejsze są rozmowy, tym głośniejsze jest otoczenie. Na tym polega efekt Lombarda. Hałas rozprasza uczniów, którzy stają się coraz głośniejsi z każdą lekcją.

### **Modernizacja akustyczna poprawia zachowanie uczniów**

Dźwiękochłonne sufity podwieszane obniżają poziom tła akustycznego co sprawia, że uczniowie zachowują się ciszej i spokojniej.

### **Także lepsza zrozumiałość mowy poprawia zachowanie uczniów**

W trakcie badania monitorowano liczbę zachowań dysfunkcyjnych w trakcie każdej z lekcji. Pod tym pojęciem rozumie się wszelkie działania uczniów niezwiązane z tematem lekcji, a utrudniające jej prowadzenie. W cichszych klasach lekcyjnych tych niepożądanych zachowań było znacznie mniej, co tłumaczy się wyższym poziomem koncentracji uczniów.

**Kiedy poziom hałasu w klasach lekcyjnych jest niższy, uczniom łatwiej jest utrzymać wysoki poziom koncentracji na kolejnych lekcjach. Ta prawidłowość wskazuje drogę do ograniczenia stresu i zmęczenia.**

### **Poziom tła akustycznego ( $L_{A95}$ ) w czasie lekcji przed i po modernizacji**



# SŁABA AKUSTYKA PROWADZI DO ROZDRAŻNIENIA

**Analizując wpływ akustyki sali lekcyjnej na uczniów i nauczycieli, badacze odkryli ścisłą zależność między poziomem czasu pogłosu a poziomem rozdrażnienia u obu tych grup.**

Uczniowie uczący się w bardziej pogłosowych klasach lekcyjnych gorzej oceniali swoją motywację oraz relacje z nauczycielami i rówieśnikami. Częściej również uważali, że nauczyciele są zniecierpliwieni.

(Normy i wytyczne w różnych krajach określają zwykle pożądaną wartość czasu pogłosu w salach lekcyjnych na poziomie 0,5 s.)



Rodziców pytano o to, czy ich dzieci są rozdrażnione z powodu hałasu wytwarzanego w szkole przez innych uczniów. Ich odpowiedzi wskazują, że najrzadziej się to zdarza w klasach lekcyjnych o najkrótszym czasie pogłosu.

Czas pogłosu w klasie (T)	% rozdrażnionych
<0.6 s	44%
0.7-0.9 s	51%
>1.0 s	61%

**Redukcja czasu pogłosu prowadzi do obniżenia poziomu rozdrażnienia wśród uczniów.**



# ŹRÓDŁA DŹWIĘKU,

## WARUNKI AKUSTYCZNE I ZROZUMIAŁOŚĆ MOWY

Jak hałas i pogłos wpływają na zrozumiałość mowy\* w klasie lekcyjnej? Analizowano tą zależność poprzez porównanie wyników badań obiektywnych (pomiar STI\*\*) jak i subiektywnych (listy słowne) starając się określić jaki rodzaj hałasu w klasie lekcyjnej najbardziej przeszkadza uczniom.

Jednym ze sposobów obiektywnego określenia zrozumiałości mowy w pomieszczeniu jest pomiar wartości STI (Speech Transmission Index).

Im wyższe są wartości STI w danym pomieszczeniu, tym sprawniejsza komunikacja słowna jest w nim możliwa. Ta zależność najwyraźniej jest widoczna w przypadku uczniów młodszych (ok. 8 lat). Wartość STI może być obniżona poprzez silny pogłos, a także wysoki poziom dźwięku w pomieszczeniu.

Wykazano także, że dźwięk rozmów prowadzonych w klasie w dużym większym stopniu upośledza zrozumiałość mowy niż hałas wytwarzany przez wentylację mechaniczną.

Zrozumiałość mowy	STI
Zła	0,30
Słaba - dostateczna	0,45
Dostateczna - dobra	0,60
Dobra - doskonała	0,75

**Zakres wartości wskaźnika STI zawiera się w przedziale 0 – 1.**

\* Zrozumiałość mowy zależy w dużym stopniu od odstępów sygnału od szumu (SNR), czyli różnicy między poziomem sygnału użytecznego (mowy) a poziomem tła akustycznego w pomieszczeniu. STI\*\* (Speech Transmission Index) jest miarą zrozumiałości mowy (wartości STI mogą być policzone lub pomierzone).



# GŁOS NAUCZYCIELA MUSI BYĆ DOBRZE SŁYSZALNY

## W OGÓLNYM GWARZE

Jeśli nauczyciel ma być dobrze zrozumiany, to w miejscu, w którym znajduje się uczeń poziom dźwięku głosu nauczyciela musi być zdecydowanie wyższy niż poziom tła akustycznego (czyli łączny poziom wszystkich innych dźwięków w pomieszczeniu). Ta różnica nazywana odstępem sygnału od szumu (SNR) musi być tym większa im młodszy są słuchacze.

Badania dotyczące zrozumiałości mowy<sup>9</sup> wykazały, że odstęp sygnału od szumu (SNR) na poziomie 15 dB może być uznany jako zadawalający w przypadku starszych uczniów (11 lat), jednak najmłodsi (6 lat) dla dobrej zrozumiałości mowy potrzebują SNR na poziomie 20 dB.

## Młodszy uczniowie potrzebują większego SNR aby zrozumieć nauczyciela

Wiek uczniów	Poziom SNR konieczny aby 75% uczniów osiągnęło wynik 95% w teście zrozumiałości mowy
6-latków	+20 dB
8-latków	+18 dB
11-latków	+15 dB

W późniejszych badaniach badacze analizowali testy zrozumiałości mowy wykonywane w klasach lekcyjnych (uczniowie w wieku 6-11 lat) celem określenia maksymalnego dopuszczalnego poziomu tła akustycznego, które umożliwi dobrą zrozumiałość mowy. Dla 6-latków poziom tła akustycznego w takiej sytuacji powinien być  $\leq 35,8$  dB, dla 8-latków  $\leq 37,8$  dB a dla 11-latków  $\leq 40,8$  dB.

# OPTYMALNA AKUSTYKA

## DLA UCZNIÓW ZE SPECJALNYMI POTRZEBAMI EDUKACYJNYMI

W trakcie badań<sup>5</sup> sprawdzano funkcjonowanie uczniów i nauczycieli w czterech salach lekcyjnych o różnym standardzie akustycznym, w tym takiej, która spełniała wymagania dla nauczania uczniów niedosłyszących. Im bardziej wytłumiona była klasa tym uczniowie zachowywali się ciszej i spokojniej, a nauczyciele mogli coraz bardziej obniżać poziom swojego głosu.

Rezultaty badań dowodzą, że klasa spełniająca wymogi akustyczne sali dla uczniów niedosłyszących jest także doskonałym środowiskiem nauki dla pozostałych uczniów.

### W wyniku poprawy akustyki:

- Uczniowie chętniej włączają się w dyskusje
- Lekcje są prowadzone bardziej efektywnie (mniej powtórzeń)
- Obniżony jest poziom stresu u nauczycieli

### Im więcej materiałów dźwiękochłonnych tym ciszej

Typowy sufit dźwiękochłonny pozwala na silną redukcję poziomu dźwięku w średnich i wysokich częstotliwościach. Dodanie dodatkowych absorberów niskoczęstotliwościowych umożliwia uzyskanie podobnego efektu także w niskich częstotliwościach. Dzięki temu dźwięk w pomieszczeniu brzmi naturalniej, co poprawia zrozumiałość mowy.



**W klasie spełniającej zalecenia BATOD\*  
nauczyciel jest lepiej słyszany chociaż mówi ciszej  
– wszystko dlatego, że poziom tła akustycznego  
jest tu dramatycznie obniżony.**



Teoretycznie przy dwukrotnej redukcji czasu pogłosu, można spodziewać się obniżenia poziomu dźwięku o 3 dB. W rzeczywistości redukcja poziomu dźwięku była znacznie większa. Jeśli mierzono ogólny poziom dźwięku (uwzględniający głos nauczyciela) wynosiła 5 dB, a jeśli pomiar dotyczył tła akustycznego (wszystko poza głosem nauczyciela) to nawet 9 dB. Odstęp sygnału od szumu (SNR) wzrósł ze słabych 8 dB do 18 dB. Oznacza to, że spełnienie zaleceń BATOD w dowolnej klasie lekcyjnej pozwala na osiągnięcie SNR na poziomie 15-20 dB, a tym samym stworzenie idealnych warunków nauki nie

tylko dla uczniów niedosłyszących, ale także dla tych najmłodszych<sup>17</sup>.

Im mocniej wyłumiona jest klasa lekcyjna, tym bardziej rośnie odstęp sygnału od szumu (SNR), a zrozumienie nauczyciela kosztuje uczniów mniej wysiłku. Maleje także stres i wysiłek głosowy nauczycieli.

Klasa lekcyjna spełniająca najostrzejsze wymagania (BATOD) była oceniana przez uczniów i nauczycieli jako ta, która zapewnia najlepsze warunki do komunikacji słownej.

\* British Association of the Teachers of the Deaf (Brytyjskie Towarzystwo Nauczycieli Uczniów Niedosłyszących)

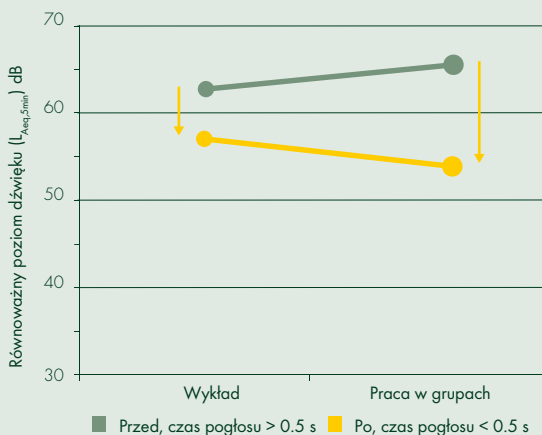
# POPRAWA AKUSTYKI UŁATWIA

## WSPÓŁPRACĘ W TRAKCIE PRACY ZESPOŁOWEJ

Badania przeprowadzone w Niemczech sprawdzały co dzieje się w czasie lekcji prowadzonych w dwóch grupach sal lekcyjnych różniących się długością czasu pogłosu. Wykazano głęboką redukcję poziomu dźwięku w czasie zajęć prowadzonych w salach po modernizacji akustycznej. Dzięki temu:

- praca w grupach jest bardziej efektywna, bo hałas jej towarzyszący jest znacznie niższy
- nauczyciele mogą mówić ciszej, co ogranicza ich wysiłek głosowy
- poziom stresu u nauczycieli jest niższy

**W klasach poddanych modernizacji akustycznej redukcja poziomu dźwięku wyniła 6 dB w czasie wykładu i 13 dB w czasie zajęć w grupach. Kolor zielony oznacza poziom dźwięku przed modernizacją a żółty po.**



**Klasy poddane modernizacji akustycznej są szczególnie doceniane w trakcie pracy w grupach, ponieważ umożliwiają komunikację słowną bez podnoszenia głosu.**

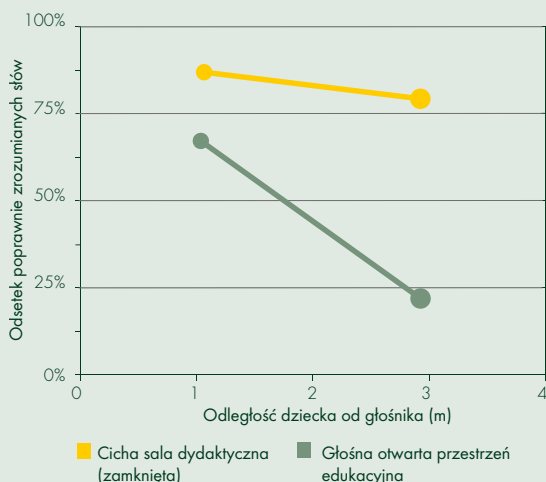
*“Kupujesz 3dB redukcji poziomu dźwięku, a dostajesz 10 dB za darmo”.*

DR G. TIESLER

# OTWARTE PRZESTRZENIE EDUKACYJNE\*

Australijskie badania<sup>19</sup> zostały przeprowadzone w czterech różnych przestrzeniach przedszkolnych: tradycyjnej sali dydaktycznej dla jednej grupy dzieci, sali podwójnej (dla dwóch grup), potrójnej oraz dużej otwartej przestrzeni edukacyjnej przeznaczonej dla ok. 200 dzieci.

Poziom hałasu był mierzony w czasie cichych zajęć (wykład) oraz tych najgłośniejszych (w grupach). Hałas był tym większy im większe było pomieszczenie i im więcej grup dzieci się w nim znajdowało. Ta prawidłowość obowiązywała zarówno w trakcie cichych jak i głośnych zajęć.



**W głośnej, otwartej przestrzeni edukacyjnej odsetek poprawnie zrozumianych słów gwałtownie spadał w miarę oddalania się pozycji dziecka od głośnika.**

W przedszkolu zaprojektowanym na planie otwartym, w wyniku wysokiego poziomu hałasu dzieci bardziej oddalone od nauczyciela cierpiały z powodu bardzo słabej zrozumiałości mowy. Było tak nawet wtedy kiedy sąsiednie grupy dzieci zajęte były cichymi zadaniami. Powyższy wykres pokazuje, że w cichej, zamkniętej sali dydaktycznej, odizolowanej od zewnętrznych źródeł hałasu, zrozumiałość mowy jest poprawna nawet w jej tylnej części.

W znacznie głośniejszym przedszkolu otwartym zrozumiałość mowy jest nieakceptowalna już w odległości 3 m od mówcy. Pokrótkie można powiedzieć, że w przypadku dużych pomieszczeń edukacyjnych przeznaczonych dla wielu grup dzieci, grupa słuchająca swojego nauczyciela musi być znacznie bardziej skupiona wokół niego, ponieważ ogólny hałas jest w tych pomieszczeniach bardziej uciążliwy.

\* Tym terminem określamy strefy w budynku szkolnym, które są przeznaczone do prowadzenia lekcji dla więcej niż jednej klasy (grupy) równocześnie.

## REAKCJA NA HAŁAS

### **W OTWARTYCH PRZESTRZENIACH EDUKACYJNYCH**

Opierając się na szerokich badaniach<sup>20</sup>, naukowcy stwierdzili, że poziomy dźwięku mierzone w czasie zajęć prowadzonych w typowych salach dydaktycznych są zbliżone do tych mierzonych w otwartych przestrzeniach edukacyjnych.

**Pomimo powszechnego przekonania, że w otwartych przestrzeniach edukacyjnych poziomy dźwięku są wyższe niż w małych salach przeznaczonych dla pojedynczych grup dzieci, poziomy te są bardzo zbliżone.**

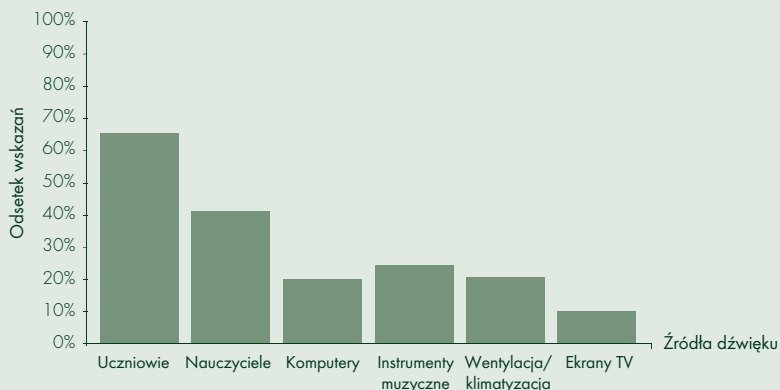


Czasami poziomy dźwięku są tu wyższe niż w typowych klasach lekcyjnych, czasami na odwrót, ale wydaje się, że zależy to przede wszystkim od chłonności akustycznej tych pomieszczeń (a więc ich wykończenia i wyposażenia), a także od sposobu prowadzenia zajęć.

Uczniowie skarżą się jednak na hałas dobiegający do nich od innych klas (grup) pracujących równocześnie w tym samym pomieszczeniu. Ponieważ hałas ten niesie przekaz informacyjny (rozmowy uczniów, wypowiedzi nauczyciela itp.) jest szczególnie uciążliwy w czasie wykonywania zadań wymagających wysokiej koncentracji uwagi.<sup>21</sup>

Kiedy poproszono uczniów o wskazanie najbardziej denerwujących dźwięków na jakie są narażeni w otwartych przestrzeniach edukacyjnych, najwięcej z nich (65%) wskazało na głosy uczniów z sąsiednich grup. Na drugim miejscu były wymieniane głosy nauczycieli z tych grup.

### Źródła dźwięków najbardziej denerwujących uczniów szkół podstawowych o planie otwartym



## NAJWRAŻLIWSI CIERPIĄ NAJBARDZIEJ

W każdej dowolnej klasie znajdziemy zawsze kilkoro uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi (SPE) czy komunikacyjnymi. Problemy z komunikacją mogą być spowodowane niedosłuchem, deficytami koncentracji uwagi, czy też niedoskonałą znajomością języka wykładowego. Co ciekawe, problem z komunikacją dotyczą także osób, które czasowo nie są w najlepszej formie (przeziębienie, niewyspanie itp.).

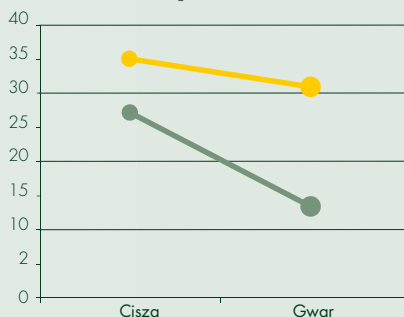
Niedosłuch (permanenty lub czasowy) sprawia, że osoba nim dotknięta szybciej się męczy i jest bardziej podatna na stres. Musi także wkładać znacznie więcej wysiłku w zrozumienie mowy, co może zniechęcać ją do nauki i obniżać osiągnięcia szkolne.

Badacze przeprowadzili badania dotyczące wpływu typowego hałasu w klasie lekcyjnej na wyniki uczniów szkół podstawowych w testach sprawdzających zdolność czytania i pisania oraz szybkość przetwarzania. Porównywano wyniki uczniów pełnosprawnych oraz tych ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi. Testy przeprowadzono zarówno w warunkach względnej ciszy jak i przy dźwiękach rozmów odtwarzanych na poziomie 65 dB (hałas typowy pod względem poziomu i charakteru dla klas lekcyjnych).

Wyniki pokazują, że uczniowie ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi są bardziej podatni na negatywne oddziaływanie hałasu w klasie lekcyjnej, zwłaszcza jeśli jest to gwar rozmów innych uczniów. W ich przypadku wyniki testów gwałtownie spadają jeśli wokół robi się głośniejsze. W przypadku uczniów pełnosprawnych ta zależność, chociaż obecna, jest znacznie słabsza.

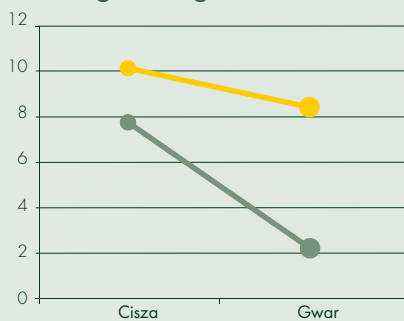


## Wyniki testów z matematyki



■ Uczniowie pełnosprawni    ■ Uczniowie z deficytami słuchowymi

## Wyniki testów z angielskiego



■ Uczniowie pełnosprawni    ■ Uczniowie z deficytami słuchowymi

# SPECJALNY STANDARD AKUSTYCZNY

## **POMIESZCZEŃ DLA UCZNIÓW NIEDOSŁYSZĄCYCH**

Uczniowie z deficytami słuchowo-komunikacyjnymi są szczególnie wrażliwi na warunki akustyczne pomieszczeń w których się uczą. Często jednak uczęszczają do szkół masowych, których pomieszczenia nie są dostosowane do ich potrzeb.

Do tej grupy trzeba zaliczyć uczniów niedosłyszących, mających problemy z przetwarzaniem słuchowym i koncentracją uwagi, ale także uczniów, dla których język wykładowy jest językiem obcym. Również dzieci ze spektrum autyzmu wykazują nasilenie nerwowych zachowań kiedy poziom dźwięku wokół nich rośnie.<sup>22</sup>

### **Lista przyczyn deficytów słuchowo-komunikacyjnych obejmuje:**

- Trwały ubytek słuchu
- Czasowe upośledzenie słuchu (np. na skutek infekcji)
- Zaburzenie przetwarzania słuchowego (APD)
- Zaburzenia mowy, problemy językowe i komunikacyjne
- Zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD)
- Spektrum zaburzeń autystycznych (ASD)
- Słaba znajomość języka wykładowego

*Pomieszczenia umożliwiające edukację włączającą powinno się charakteryzować dobrą zrozumiałością mowy.*

*Mówią o tym normy, które zalecają silne ograniczenie czasu pogłosu w tego typu pomieszczeniach – również w niskich częstotliwościach.*

Zapewnienie odpowiednich warunków akustycznych dla uczniów z deficytami słuchowo-komunikacyjnymi służy też pełnosprawnym uczniom, a także ich nauczycielom. Należy także pamiętać, że oprócz uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi jest jeszcze inna grupa dzieci szczególnie wrażliwa

na warunki akustyczne – chodzi o tych najmłodszych, których percepcja słuchowa jeszcze się rozwija. Potrzebują one większego odstępu sygnału od szumu (SNR) aby zrozumieć nauczyciela w ogólnym gwarze.<sup>9,18</sup>

**Poniżej znajduje się zestawienie brytyjskich wymagań akustycznych dla sal przeznaczonych dla uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi.**

Acoustic criteria - additional listening needs	BB93 (2015) BATOD	
	Nowobudowane	Remontowane
Poziom 1ta akustycznego	≤ 30 dBA	≤ 35 dBA
Czas pogłosu	≤ 0,4 s, średnia dla pasm oktaowych 125-4000 Hz	
Odstęp sygnału od szumu (SNR)	> 20 dB, (125-750 Hz)	
	>15 dB, (750-4000 Hz)	



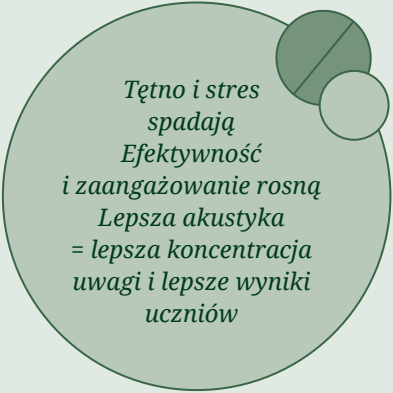


## KONKLUZJE

Dla zapewnienia optymalnego środowiska pracy i nauki, umożliwiającego rozwój edukacji – w tym nauczania nowych kompetencji XXI wieku – dobra akustyka jest niezbędna.

Wierzymy, że niniejszy przegląd badań naukowych może dostarczyć cenną wiedzę dotyczącą pozytywnego wpływu poprawionej akustyki pomieszczeń szkolnych. Wierzymy, że dobra akustyka jest kluczowa dla uczniów i nauczycieli, dla ich efektywności, samopoczucia i zdrowia w czasie zajęć szkolnych. W rezultacie może zwiększyć zaangażowanie ich wszystkich.

Kiedy pomieszczenia szkolne są projektowane z dbałością o właściwą akustykę, wszyscy mogą się w nich łatwo komunikować, a dzielenie się wiedzą i pomysłami jest sprawniejsze. Można sobie wyobrazić wręcz wykładniczy wzrost efektywności nauczania, gdyby nauczyciel mógł się skupić wyłącznie na nauczaniu, a nie na uspokajaniu klasy, a uczniowie mogli dłużej utrzymać koncentrację uwagi i być bardziej zaangażowanymi.



*Tętno i stres  
spadają  
Efektywność  
i zaangażowanie rosną  
Lepsza akustyka  
= lepsza koncentracja  
uwagi i lepsze wyniki  
uczniów*

**Nauczyciele cytowani w badaniach<sup>5,14</sup> opisując zmiany po adaptacjach akustycznych mówią o:**

- Znaczącej poprawie warunków pracy nauczycieli i uczniów (jest ciszej i spokojniej)
- Poprawie zachowania uczniów i ich zdolności poznawczych
- Obniżeniu poziomu stresu (dotyczy zwłaszcza młodszych nauczycieli)
- Pełniejszym uczestnictwie w zajęciach uczniów niedosłyszących

Więcej na temat wpływu hałasu na uczniów i nauczycieli można przeczytać na naszym blogu Acoustic Bulletin ([www.acousticbulletin.com](http://www.acousticbulletin.com)), gdzie wchodzimy głębiej w tematykę badań i norm związanych z akustyką budynków szkolnych.

## ŹRÓDŁA PRZYWOŁANE W TEKŚCIE ZA POMOCĄ NUMERÓW:

1. Schönwälder, H.-G., Berndt, J., Ströver, F., Tiesler, G. Professional stress and strain in teachers (in German), Schriftenreihe de 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., Dockrell J. E. The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *The Journal of 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. Departament 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., Conetta, R., Dockrell, J., Connolly, D., Cox, T., Mydlarz, C. 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. Ray, N., Merrill, N.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, Lang and Hearing Research*, 47. 2004.
14. Tiesler, G. Communication behaviour and workload of students and teachers in highly absorbentclassrooms. In *Proceedings of Euronoise*. 2018.
15. Brumm, H. & Zolinger, 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 wellbeing in elementary school children: A field study. 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 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. 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 is the leading supplier of acoustic solutions. We contribute to healthier indoor environments, improving quality of life, wellbeing and working performance. As evolution has adapted the human senses to a life outdoors, our focus is to bring the ideal acoustic environments of nature into our modern indoor spaces. We know they will have a sound effect on people.

The principles guiding our work are grounded in our Swedish heritage, where a human approach and a common responsibility for people's lives and future challenges come naturally. Ecophon is part of the Saint-Gobain Group, a world leader in sustainable habitat solutions. This is also one of the top 100 industrial groups in the world, constantly innovating to make living spaces more comfortable and cost-efficient. Saint-Gobain offer solutions to the major challenges of energy efficiency and environmental protection. No matter what new needs emerge in the habitat and construction markets, the future is made of Saint-Gobain.



**Ecophon**  
SAINT-GOBAIN