

ZBIGNIEW KOSZARNY, DARIA JANKOWSKA

## UWARUNKOWANIA KLIMATU AKUSTYCZNEGO POMIESZCZEŃ SZKÓŁ PODSTAWOWYCH

### DETERMINATION OF ACOUSTIC CLIMATE INSIDE ELEMENTARY SCHOOLS

Z Zakładu Higieny Komunalnej Państwowego Zakładu Higieny w Warszawie  
Kierownik: doc. dr hab. med. S. Maziarka

*Praca omawia wpływ czynników pozaakustycznych na hałas występujący w pomieszczeniach szkolnych. Autorzy próbują określić rolę poszczególnych czynników, a także zakres i możliwości ich wykorzystania dla poprawy sytuacji.*

#### WSTĘP

Świadomość występowania nadmiernego hałasu w szkole jest powszechna. Jest ona najczęściej wyrazem osobistych obserwacji bądź doświadczeń. Kilka prac, które ukazały się w ostatnim okresie wskazuje, że sytuacja akustyczna szkół, szczególnie podstawowych, jest niepokojąca i wymaga zdecydowanego przeciwdziałania [1, 2, 3]. Wspomniane prace koncentrują się przede wszystkim na ilościowym opisie zjawiska, mniej natomiast uwagi poświęcają analizie jego przyczyn i uwarunkowań. Te zaś są niezbędne dla podjęcia działań naprawczych. Dzięki umiejętnemu wykorzystaniu wiedzy o przyczynach można wpływać i świadomie kształtować warunki akustyczne w szkołach. Dotyczy to przede wszystkim właściwego ich projektowania, wyposażenia i organizacji zajęć.

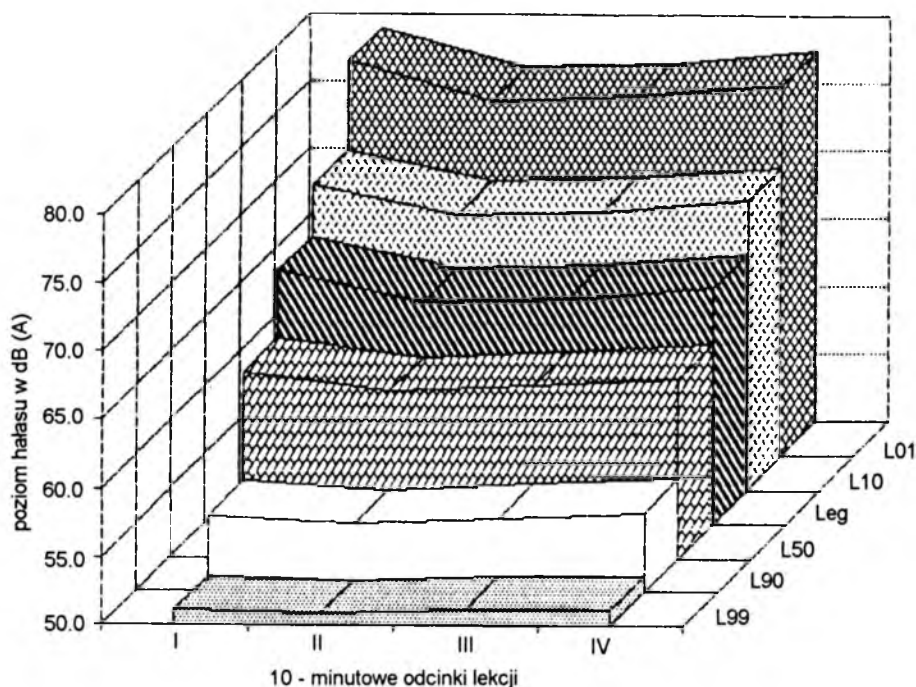
#### MATERIAŁ I METODYKA

Badania zostały przeprowadzone w roku szkolnym 1992/1993 w czterech szkołach warszawskich o różnym statusie. Przebadano dwie szkoły państwowe, szkołę prywatną i społeczną. W powyższych placówkach oceniono klimat akustyczny 152 sal szkolnych i fragmentów korytarzy z uwzględnieniem tych czynników, których wpływ wydawał się prawdopodobny. Oprócz opisu warunków akustycznych w analizie uwzględniono liczne czynniki pozaakustyczne, takie jak: typ placówki, liczbę uczniów, wielkość klas, wyposażenie, lokalizację, rozkład i rodzaj obudowy korytarzy, rok nauki dziecka, dzień tygodnia, kolejność lekcji w ciągu dnia, rodzaj i charakter prowadzonych zajęć, przebywanie dzieci na boisku szkolnym itp. Powyższe czynniki były traktowane jako zmienne niezależne w stosunku do hałasu w klasie, a ich wpływ weryfikowano przy pomocy testów statystycznych. Wykorzystywano przede wszystkim analizę wariancji w klasyfikacji pojedynczej i podwójnej oraz regresji i korelacji.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

## Klimat akustyczny w salach szkolnych

Analiza porównawcza hałasu występującego w salach szkolnych wskazuje na znaczne zróżnicowanie poziomu dźwięku zarówno podczas trwania poszczególnych lekcji, jak również między klasami. Poziom dynamiki zmian hałasu podczas lekcji został przedstawiony na ryc. 1. Przeciętnie zakres tych zmian waha się w granicach ok. 30 dB.



Ryc. 1. Rozkład parametrów hałasu A występującego podczas lekcji w kolejnych odcinkach jej trwania

Distribution of parameters A-weighted sound level in following intervals of lesson

Znaczne różnice zachodzą również między ogólnym klimatem akustycznym występującym w poszczególnych klasach. Obraz tych zmian, charakteryzowany równoważnym poziomem dźwięku A wyraża się wartością 24 dB. W klasie o najniższym z zaobserwowanych poziomów zarejestrowano hałas o wartości 59 dB, maksymalna zaś głośność wyniosła 83 dB.

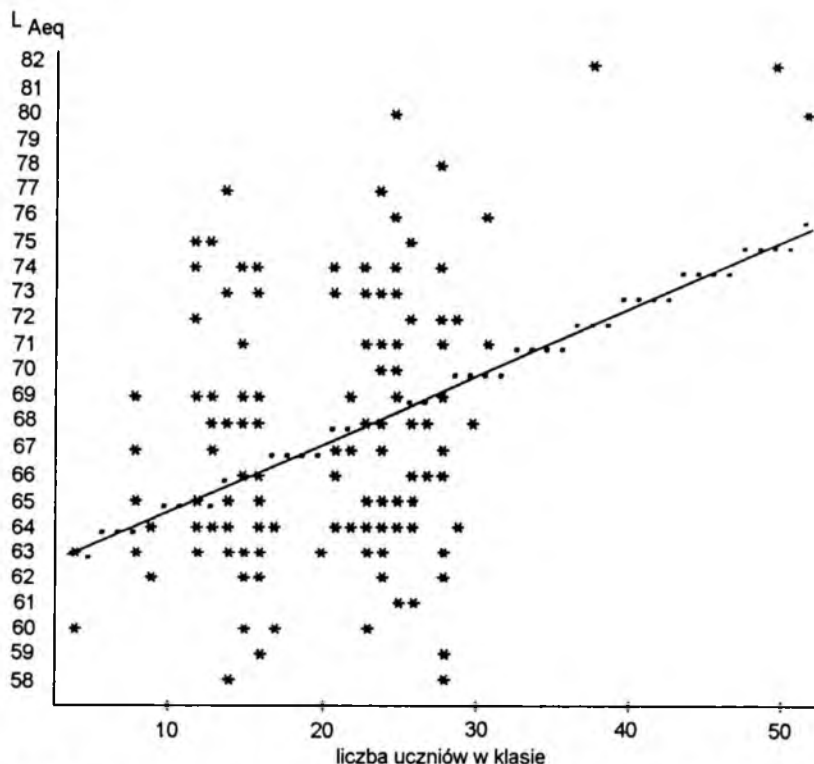
Jeżeli wymienioną wyżej minimalną wartość uzna się za bliską granicy komfortu akustycznego możliwego do osiągnięcia podczas prowadzonych zajęć szkolnych to potrzeby, a zarazem możliwości obniżenia hałasu wydają się być bardzo duże. W odniesieniu do przeciętnego poziomu notowanego w klasach szkół podstawowych

można by uzyskać poprawę sytuacji akustycznej o ok. 8–10 dB. Warunkiem powodzenia jest uwzględnienie czynników, których udział w kształtowaniu wypadkowego poziomu hałasu jest znaczny. Rola tych czynników została przedstawiona w tabeli I.

Tabela I. Wpływ pozaakustycznych czynników kształtujących poziom hałasu w czasie prowadzonej lekcji

Effect of non-acoustic factors on noise level during lesson

L.P. Wyszczególnienie	Poziom hałasu LAeq		F	p <	Różnica istotna między zmiennymi
	Średnia	S.D.			
1. Liczba uczniów w klasie:			3,38	0,037	
1. Do 15	66,6	4,35			
2. Od 16 do 20	67,5	4,38			1/3
3. Powyżej 20	69,6	4,57			
2. Rodzaj szkoły:			13,2	0,001	
1. Państwowa	69,0	5,30			1/2
2. Prywatna	66,0	4,09			
3. Przedmiot zajęć lekcyjnych			8,02	0,000	
1. Biologia	66,0	3,36			
2. Chemia	68,7	4,70			
3. Fizyka	69,8	7,17			3/7
4. Geografia	68,8	6,41			4/7
5. Historia	69,1	1,72			
6. Informatyka	63,8	0,85			
7. Język polski	65,2	3,67			7/10 7/11
8. Język obcy	67,4	3,05			
9. Matematyka	66,1	3,21			
10. Muzyka	70,2	5,20			
11. Plastyka	69,9	6,18			
12. Religia	66,8	4,61			
4. Klasy:			4,40	0,000	
1. I	65,9	3,52			1/6 1/7 1/8
2. II	65,4	3,14			2/6 2/7 2/8
3. III	64,5	3,38			3/4 3/6 3/7
4. IV	68,2	4,35			3/8
5. V	66,2	4,88			5/8
6. VI	68,9	4,89			
7. VII	69,0	4,95			
8. VIII	70,1	3,92			
5. Rodzaj zajęć:			99,7	0,000	
1. Wykład	66,2	3,83			
2. Praca w grupach	73,9	4,27			1/2
6. Kolejne 10 minutowe odcinki lekcji:			15,0	0,000	
1. I 10 minut	68,5	5,65			1/3 1/4 1/2
2. II 10 minut	66,5	5,70			
3. III 10 minut	66,5	5,70			
4. IV 10 minut	67,3	5,81			



Ryc. 2. Zależność między liczebnością uczniów w klasie a równoważnym poziomem hałasu,  $L_{Aeq}$ , występującym podczas lekcji

Relationship between number of children in class and equivalent continuous A-weighted sound pressure level,  $L_{Aeq}$ , during lesson

Średnia X = 20,078, S.D. = 8,207

Mean of X = 20,078, S.D. of X = 8,207

Średnia Y = 67,825, S.D. = 5,084

Mean of Y = 67,825, S.D. of Y = 5,084

Współczynnik korelacji = 0,421

Correlation coefficient = 0,421

Istotność współczynnika korelacji = 0,000

Significance of correlation coefficient = 0,000

Równanie regresji:

Regression equation:  $Y = 0,261 \times X + 62,587$

$Y = 0,261 \times X + 62,587$

t statistic for correlation coefficient = 5,707

t współczynnika korelacji = 5,707

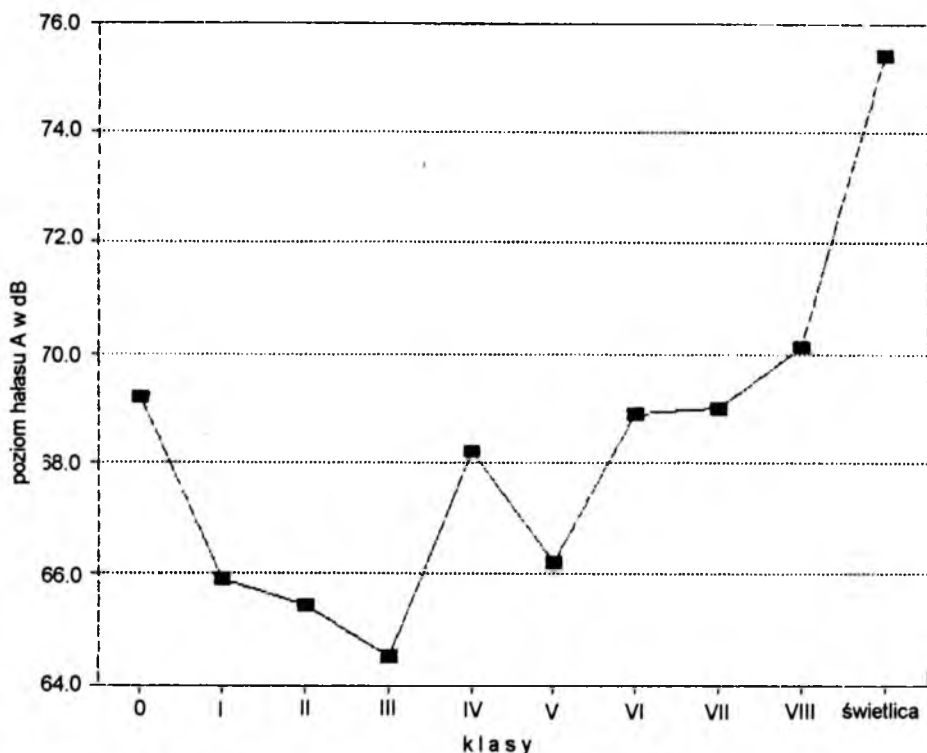
Z analizy danych wynika, że sytuacja akustyczna w klasach jest uzależniona od kompleksu różnorodnych, wzajemnie powiązanych i uzupełniających się czynników. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć liczebność klasy oraz rodzaj prowadzonych podczas lekcji zajęć. Zależność między liczbą uczniów w klasie a równoważnym poziomem dźwięku podczas prowadzonej lekcji przedstawia ryc. 2.

Najkorzystniejsze warunki akustyczne występują w klasach mniej licznych do 15 uczniów, natomiast w klasach, w których przebywa ponad 20 dzieci hałas w klasie wzrasta przeciętnie o ok. 4 dB. Znacznie podnosi się również poziom hałasu w klasie podczas zajęć grupowych, gdy kontrola nauczyciela nad uczniami jest mniejsza. Przeciętnie podczas tego rodzaju zajęć poziom hałasu w klasie wzrasta o ok. 8 dB

w stosunku do lekcji prowadzonej przez nauczyciela. Z tego powodu najbardziej hałaśliwe są zajęcia prowadzone w świetlicy, podczas lekcji muzyki, plastyki i zpt. Szczególne pod tym względem znaczenie mają lekcje wf odbywające się w salach gimnastycznych podczas gier zbiorowych. W czasie tych zajęć równoważny poziom hałasu zwykle przekracza 90 dB, stanowiąc realne zagrożenie narządu słuchu, szczególnie nauczyciela. W klasach, gdzie prowadzone są zajęcia z innych przedmiotów nie związanych z pracą zespołową poziom hałasu jest niższy. Zróżnicowanie głośności na lekcjach z różnych przedmiotów wynosi ok. 6 dB. Najmniej głośne okazały się lekcje informatyki, języka polskiego, matematyki i biologii. Na lekcjach z pozostałych przedmiotów hałas był o 1–3 dB wyższy. Prawdopodobnie pewną rolę w występowaniu wyżej wspomnianych różnic odgrywa umiejętność zainteresowania uczniów przekazywaną przez nauczycieli wiedzą.

Poziom hałasu na lekcjach jest uzależniony również od wieku uczniów. Ilustruje to ryc. 3. Wbrew ogólnemu pogładowi, klasy młodsze nie należą do najgłośniejszych. Dominują pod tym względem klasy starsze VI, VII i VIII. Hałas w tych klasach jest większy o ok. 3 dB.

Mniejsze, ale również istotne różnice związane są z okresem trwania lekcji. Najgłośniej w klasie jest zazwyczaj w pierwszych i ostatnich kilkunastu minutach. W okresie



Ryc. 3. Zależność równoważnego poziomu dźwięku,  $L_{Aeq}$ , podczas lekcji od roku nauki dziecka  
Relationship between year of school and equivalent continuous A-weighted sound pressure level,  $L_{Aeq}$ , during lesson

środkowym poziomem głośności jest o 1–2 dB niższy. Wpływ innych czynników takich jak wielkość pomieszczeń, wyposażenie sal, zabezpieczenie mebli, aczkolwiek kontrolowane podczas badań, nie mogły zostać wykorzystane do analizy ze względu na małe zróżnicowanie szkół pod tym względem. Niewątpliwie mają one znaczenie dla akustyki wewnątrz szczególnie, jeżeli chodzi o generalnie małą chłonność akustyczną pomieszczeń, brak zabezpieczenia ławek i krzeseł oraz ogólnie zły ich stan techniczny.

Układ wymienionych wyżej czynników decyduje prawdopodobnie o tym, że w szkołach państwowych przeciętny poziom hałasu w klasach jest o 3 dB wyższy, aniżeli w szkołach społecznych czy prywatnych.

Dodatkowym czynnikiem wpływającym na klimat akustyczny klas jest hałas występujący z zewnątrz budynku szkolnego oraz hałas na korytarzach. W tym ostatnim przypadku dotyczy to sytuacji, gdy na korytarzu odbywają się zajęcia z wf lub z plastyki. Zależność tą obserwuje się dopiero po przekroczeniu 58 dB. Siła związku między wymienionymi zmiennymi wyniosła 0,38. Poniżej tego poziomu decydującą rolę odgrywają omówione wyżej czynniki pozaakustyczne.

### Hałas na korytarzach

Korytarze stanowią najgłośniejsze pomieszczenia szkolne. Dotyczy to zarówno przerw międzylekcyjnych, jak i okresów podczas trwania lekcji. W czasie przerw poziomy hałas w niektórych fragmentach korytarzy osiąga wartość 95–98 dB. Najczęściej obserwowanym poziomem była wartość 86 dB. Podczas trwania lekcji hałas w korytarzach znacznie się obniża. Średni jego poziom wyniósł 64 dB. Jedynie podczas zajęć wf, odbywających się w korytarzach szkolnych, poziom hałasu wzrasta i w różnych miejscach wynosi od 75 do 80 dB.

Opisana wyżej sytuacja jest bardzo zróżnicowana szczególnie, gdy uwzględnimy różnice występujące między szkołami państwowymi i placówkami innych typów. Szkoły państwowe, które z reguły są placówkami o dużej liczbie dzieci i licznych klasach przedstawiają obraz wysoce niekorzystny. Ilustrują to dane zawarte w tabeli II i III. Różnica między hałasem w korytarzach zarówno podczas przerw, jak i podczas lekcji wynosi ok. 12 dB na niekorzyść szkół państwowych.

Tabela II. Wpływ pozakustycznych czynników na klimat akustyczny w korytarzach podczas lekcji  
Effect of non-acoustic factors on acoustic climate in corridors during lessons

L.P. Wyszczególnienie		Poziom hałasu LAeq		F	p <	Różnica istotna między zmiennymi
		Średnia	S.D.			
1	2	3	4	5	6	7
1.	Rodzaj zabudowy korytarza:			4,12	0,042	
	1. Jednostronny	62,3	7,75			1/2
	2. Obustronny	65,6	9,04			
2.	Lokalizacja klas na piętrach:			17,1	0,000	
	1. Parter	60,6	8,72			1/2
	2. I piętro	67,1	8,01			1/3
	3. II piętro	69,6	6,35			

c.d. tab. II

1	2	3	4	5	6	7
3.	Dzień tygodnia:			1,14	0,232	
	1. Poniedziałek	62,6	9,00		n.i.	
	2. Wtorek	66,2	9,27			
	3. Środa	66,0	8,23			
	4. Czwartek	65,7	8,87			
	5. Piątek	61,7	9,97			
4.	Kolejność lekcji w ciągu dnia:			1,06	0,381	
	1. Lekcja I	62,7	8,95		n.i.	
	2. Lekcja II	64,6	8,64			
	3. Lekcja III	65,8	8,49			
	4. Lekcja IV	66,7	9,46			
	5. Lekcja V	63,4	8,33			
5.	Rodzaj szkoły:					
	1. Państwowa	69,6	6,76	136,5	0,000	1/2
	2. Prywatna	57,2	5,85			
6.	Liczba uczniów w szkole:			55,98	0,000	
	1. 88	54,0	4,33			1/2
	2. 130	58,7	5,90			1/3
	3. 500	66,4	7,14			1/4
	4. 650	70,9	6,25			2/3
						2/4
						3/4

Tabela III. Wpływ pozaakustycznych czynników na klimat akustyczny w korytarzach podczas przerwy  
Effect of non-acoustic factors on acoustic climate in corridors during breaks

L.P.	Wyszczególnienie	Poziom hałasu LAeq w dB		F	p <	Różnica istotna między zmiennymi
		Średnia	S.D.			
1	2	3	4	5	6	7
1.	Rodzaj obudowy korytarza:			8,4	0,005	
	1. Jednostronny	78,1	6,87			1/2
	2. Obustronny	82,7	8,61			
2.	Lokalizacja klas na piętrach:			11,9	0,000	
	1. Parter	77,1	8,69			
	2. I piętro	83,0	8,92			1/2
	3. II piętro	85,0	2,44			1/3
3.	Przebywanie uczniów na boisku szkolnym:			53,77	0,000	
	1. > 50%	68,4	10,73			1/2
	2. 25-50%	76,7	4,57			1/3
	3. < 25%	84,8	5,54			2/3

c.d. tab. III

1	2	3	4	5	6	7
4.	Dzień tygodnia:			1,99	0,099	
	1. Poniedziałek	82,9	6,32		n.i.	
	2. Wtorek	83,1	5,12			
	3. Środa	80,4	8,44			
	4. Czwartek	83,2	7,42			
	5. Piątek	78,0	11,25			
5.	Kolejność lekcji w ciągu dnia:			0,69	0,604	
	1. Lekcja I	81,0	10,12		n.i.	
	2. Lekcja II	82,5	5,80			
	3. Lekcja III	80,6	10,71			
	4. Lekcja IV	82,4	6,97			
	5. Lekcja V	78,5	6,32			
6.	Rodzaj szkoły:			100,9	0,000	
	1. Państwowa	86,5	3,87			1/2
	2. Prywatna	75,4	8,17			
7.	Liczba uczniów w szkole:			6,96	0,000	
	1. 88	78,9	6,62			
	2. 130	73,8	8,37			1/3
	3. 500	86,8	5,25			1/4
	4. 650	86,5	3,87			2/3

Poziom hałasu w korytarzach w znacznie większym stopniu niż to miało miejsce w stosunku do klas szkolnych zależy od liczby dzieci przebywających na korytarzu podczas przerwy. W szkołach o mniejszej liczebności uczniów oraz tam, gdzie spędzają oni więcej czasu na boisku szkolnym, korytarze są znacznie cichsze.

Pewien wpływ ma również lokalizacja korytarzy oraz rodzaj ich zabudowy. Ogólnie korytarze usytuowane na parterze charakteryzują się niższym poziomem niż te z wyższych pięter (poza oczywiście okresem przychodzenia i wychodzenia ze szkoły). Również mniejszy hałas obserwuje się w korytarzach, które są obudowane klasami jedynie po jednej stronie. Zwykle są one szersze i gromadzą mniejszą liczbę uczniów. Istotną również rolę dla kształtowania poziomu hałasu w korytarzach odgrywa architektoniczny sposób ich rozwiązania. Najbardziej niekorzystny układ to duży hol, podobny jak w niektórych szkołach Ursynowa w Warszawie, na którym podczas przerwy gromadzi się większość uczniów w jednym miejscu. Najkorzystniejszą sytuację uzyskuje się przy szerokich korytarzach, jednostronnie zabudowanych i o łamanej konstrukcji architektonicznej.

### Ekspozycja uczniów

Określona sytuacja akustyczna w szkołach stanowi zagrożenie dla uczniów i nauczycieli. Zagrożenie to jest zróżnicowane podobnie jak zróżnicowane są warunki pobytu uczniów w szkole. W pracy przeanalizowano poziom energii akustycznej, jaki przeciętnie otrzymuje uczeń podczas pobytu w szkole. Wynosi on w szkołach pań-



stwowych 80 dB, w społecznych i prywatnych 72 dB. Narażenie występujące przeciętnie w szkołach państwowych osiąga granicę, która została ustalona rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 1 grudnia 1990 r. jako dopuszczalna ze względu na ochronę słuchu młodocianych w czasie nauki zawodu [4]. Powyższy poziom jest szczególnie niepokojący ze względu na możliwość negatywnego oddziaływania hałasu na cały organizm oraz jego wpływ na sprawność działania i funkcje psychiczne ucznia.

#### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Analiza warunków akustycznych w placówkach nauczania wskazuje na decydującą rolę, jaka przypada w kształtowaniu klimatu akustycznego szkoły źródłom wewnętrznym, związanym z aktywnością dzieci, przepełnieniem szkół, niedostatecznym stosowaniem technicznych środków ochrony, czy brakiem dbałości o częstsze przebywanie dzieci na boisku szkolnym. Stworzenie systemu pracowni i zbyt duża dbałość o korytarze spowodowała, że coraz mniej uczniów podczas przerwy przebywa na boisku. Wąskie i zagęszczone korytarze sprzyjają nagromadzeniu energii akustycznej o mocy, która może wpływać niekorzystnie na układ nerwowy i psychikę ucznia ale również stanowić potencjalne zagrożenie dla słuchu.

Z przedstawionych badań wynika, że znaczną poprawę sytuacji akustycznej w szkołach podstawowych można uzyskać poprzez:

1. ograniczenie liczby uczniów w klasie do 20,
2. budowę szerokich korytarzy o łamanym przebiegu,
3. stworzenie dzieciom warunków do częstszego przebywania podczas przerwy na boisku szkolnym,
4. stosowanie dźwiękochłonnych materiałów podłogowych oraz mebli zabezpieczonych pod względem akustycznym,
5. produkcję drzwi dla szkół o izolacyjności akustycznej nie niższej niż  $R_w = 27$  dB,
6. ze względu na szczególne obciążenie hałasem nauczycieli w ich pracę powinna być uznana jako ryzyko uszkodzenia słuchu.

Z. Koszarny, D. Jankowska

#### DETERMINATION OF ACOUSTIC CLIMATE INSIDE ELEMENTARY SCHOOLS

##### Summary

The evaluation of acoustic conditions in four elementary schools showed high levels of noise inside schools, especially in corridors. It refers mainly public schools, which generally are overcrowded.

During breaks the most frequent noise level is 86 dB but in some parts of corridors approaches values 95–98 dB. During lessons the noise in corridors decreases to about 64 dB. However during physical exercises which take place in corridors the noise level in corridors increases up to 75–80 dB.

In public schools the noise levels in corridors both during lessons and breaks are higher about 12 dB than in private schools. However during lessons in classrooms those differences are quite lower.

The noise level during lessons depends mainly on number of pupils, subject of the lesson, year of schooling and period of duration of the lesson.

Considerable growth of noise occurs in classes above 20 pupils and at initial and final period of the lesson.

The most favourable acoustic conditions are in classes below 15 pupils but in classes above 20 pupils the noise levels increase average about 4 dB.

In spite of common opinion the noise level is lower in classes with younger children than in classes with older children. In older classes the noise is higher average about 3 dB.

The noise in classroom depends also on manner of teaching and type of tasks performed by schoolchildren.

The work in group is noisiest (average more 8 dB than during lectures). It refers especially to gymnastics lessons during group games. In this case the noise levels usually are above 90 dB. However it was not observed significant differences in daily or weekly distribution of the noise level during lessons.

Resultant daily noise exposure of schoolchildrens during their schooltime is 80 dB (or sometimes 85 dB) in public schools and 72 dB in private schools.

Average noise exposure in public schools approaches critical values accepted for hearing protection for adolescents during apprenticeship.

## PIŚMIENICTWO

1. *Brookhouser P.E., Worthington D.W., Kelly W.J.*: Noise-induced hearing loss in children. *Laryngoscope*, 1992, 102, 645. – 2. *Koszarny Z., Goryński P.*: Narażenie uczniów i nauczycieli na hałas w szkole. *Roczn. PZH*, 1990, 41, 297. – 3. *Koszarny Z.*: Ocena hałasu szkolnego przez nauczycieli oraz jego wpływu na stan zdrowia i samopoczucie. *Roczn. PZH*, 1992, 43, 201. – 4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 1 grudnia 1990 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym (Dz.U. nr 85/1990, poz. 500 i Dz.U. nr 1/1992, poz. 1).

Dn. 1995.05.15

00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24