

Parametry charakteryzujące środowisko akustyczne w wielkoprzestrzennych pomieszczeniach do pracy umysłowej

Autor: dr inż. Witold Mikulski

2017 r.

Materiał opracowany na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

1. Parametry charakteryzujące środowisko akustyczne w wielkoprzestrzennych pomieszczeniach do pracy umysłowej

1.1 Pomieszczenia wielkoprzestrzenne do pracy umysłowej

Jednym z podstawowych zadań związanych z organizacją pracy, jest zapewnienie pracownikom odpowiednich warunków pracy. W tym zakresie konieczne jest dostosowanie środowiska pracy do realizowanych przez pracownika zadań. Ważnym elementem tego procesu jest zapewnienie pracownikowi odpowiednich warunków bezpieczeństwa i ergonomii pracy. Jednym z elementów środowiska pracy jest akustyczne środowisko pracy, zarówno jako szkodliwy lub uciążliwy czynnik fizyczny, jak również czynnik umożliwiający pracę (komunikacja werbalna oraz sygnały informacyjne i bezpieczeństwa). Jest oczywiste, że akustyczne środowisko pracy musi być dostosowane do charakteru wykonywanych czynności pracy.

W niniejszych wytycznych rozpatruje się stanowiska pracy umysłowej (tj. biurowych) w pomieszczeniach wielkoprzestrzennych. Typowe wady wielkoprzestrzennych pomieszczeń biurowych, jednoznacznie wskazywane zarówno przez ekspertów jak i pracowników to:

- nieprawidłowa wentylacja i klimatyzacja pomieszczeń (bardzo trudne zindywidualizowanie warunków środowiska),

- zapewnienie bilateralnej komunikacji werbalnej przy jednoczesnej minimalizacji hałasu, w tym od rozmów innych pracowników,
- zapewnienie właściwego oświetlenia w pomieszczeniach podzielonych na boksy lub w pomieszczeniach z dużym gabarytowo wyposażeniem.

W pomieszczeniach wielkoprzestrzennych do pracy umysłowej, a więc pomieszczeniach o dużych powierzchniach i o stosunkowo niewielkiej wysokości, pracuje wielu pracowników (często ich liczba zawiera się w zakresie od 70 do 150 pracowników) wykonujących prace umysłowe (biurowe lub rzadziej koncepcyjne). Specyfika pracy pracowników polega na tym, że część pracy polega na komunikowaniu się werbalnym między pracownikami oraz komunikowaniu się przez telefony. Podstawową przyczyną oddziaływania hałasu na pracownika jest więc gwar rozmów, w których rozpatrywany pracownik nie bierze udziału, więc traktuje go, jako hałas. Dodatkowo wypadkowy hałas powodują: urządzenia w pomieszczeniu (w tym środki pracy), wyposażenie techniczne budynku oraz źródła hałasu spoza pomieszczenia (w tym ruch drogowy itp.) tworząc tło akustyczne. Tło akustyczne na tych stanowiskach pracy może pozytywnie wpływać na akustyczne warunki środowiska pracy, a więc i komfort pracy. Przypadek ten ma miejsce, gdy tło akustyczne (nieabsorbujące uwagi pracownika oraz nie stwarzające zagrożenia dla jego zdrowia) maskuje dźwięki, które rozpraszają jego uwagę lub powodują jego nadmierne zmęczenie. Dlatego kryteria oceny warunków akustycznych środowiska pracy w pomieszczeniach wielkoprzestrzennych do pracy umysłowej będą się składały z: kryteriów ograniczenia hałasu (wypadkowego od wszystkich źródeł oraz niezależnie od wyposażenia technicznego budynku) oraz zasad zapewnienia odpowiednich warunków zrozumiałości mowy i separacji akustycznej między stanowiskami (w tym minimalnego poziomu dźwięku tła akustycznego). Kryteria oceny właściwości akustycznych środowiska w pomieszczeniach wielkoprzestrzennych do pracy umysłowej oparte na porównaniu wartości wielkości fizycznych (dalej zwanych parametrami) i ich wartości dopuszczalnych podano w rozdziale następnym.

W tym miejscu przytacza się kilka wymagań określonych w przepisach dotyczących pomieszczeń wielkoprzestrzennych, głównie wynikających z innych przesłanek niż akustyczne, które choć nie bezpośrednio, to jednak w istotny sposób wpływają na warunki akustyczne. Są nimi:

- Na każdego z pracowników jednocześnie zatrudnionych w pomieszczeniach stałej pracy (tj. tych, w których pracownicy przebywają powyżej 4 godzin dziennie) powinno

przypadać, co najmniej 13 m³ wolnej objętości pomieszczenia oraz co najmniej 2 m² wolnej powierzchni podłogi.

- Wysokość pomieszczeń stałej pracy nie może być mniejsza niż 3 m w świetle.
- Dopuszcza się obniżenie wysokości tych pomieszczeń do 2,5 m w świetle, jeżeli: (w pomieszczeniu zatrudnionych jest nie więcej niż 4 pracowników, a na każdego przypada, co najmniej po 15 m³ wolnej objętości pomieszczenia).
- Wysokość pomieszczeń, w których pracownicy przebywają jedynie od 2 do 4 godzin w ciągu doby, nie może być mniejsza niż 2,2 m.
- W pomieszczeniach pracy należy zapewnić odpowiednią wentylację lub klimatyzację (urządzenia wentylacji mechanicznej powinny być tak instalowane, aby strumień powietrza nie był kierowany bezpośrednio na stanowiska pracy), w tym utrzymywać temperaturę nie niższą niż 18°C.
- Jeżeli w pomieszczeniach, w których praca wymaga stałej łączności między stanowiskami, przestrzeń należy podzielić na strefy pracy grupowej, lub boksy biurowe.
- Szerokość przejścia w biurach powinna być nie mniejsza niż 60 cm, a przy ruchu dwukierunkowym 100 cm; minimalna wysokość 200 cm.
- Standardowe wymiary stołu biurowego: szerokość 150 cm, głębokość 75 cm.

1.2 Parametry charakteryzujące środowisko akustyczne w wielkoprzestrzennych pomieszczeniach do pracy umysłowej

Parametrów charakteryzujących środowisko akustyczne w wielkoprzestrzennych pomieszczeniach do pracy umysłowej jest bardzo dużo. Mając na uwadze możliwość ich wykorzystania w praktyce poniżej, ograniczono ich liczbę do minimum tj. do kilkunastu. Można je podzielić, z punktu widzenia fizyki charakteryzowanych zjawisk lub charakteryzowanych właściwości środowiska akustycznego, na trzy grupy:

- Parametry charakteryzujące dopuszczalny hałas na stanowiskach pracy i miejscach pracy:
 - oddziaływający na pracownika ze względu na ochronę słuchu (w tym NDN – Najwyższe Dopuszczalne Natężenie hałasu) : poziom ekspozycji na hałas $L_{EX,8h}$ lub $L_{EX,w}$, maksymalny poziom dźwięku A L_{Amax} i szczytowy poziom dźwięku C L_{Cpeak} ,

- od wszystkich źródeł hałasu łącznie (ze względu na możliwość realizowania podstawowych czynności pracy): równoważny poziom dźwięku A $L_{Aeq,Te}$ i równoważny poziom dźwięku G $L_{Geq,Te}$,
- od wyposażenia technicznego budynku: równoważny poziom dźwięku A w pomieszczeniu $L_{Aeq,tech}$,
- Parametry charakteryzujące pomieszczenie:
 - chłonność akustyczna pomieszczenia A i chłonność akustyczna pomieszczenia odniesiona do $1m^2$ rzutu pomieszczenia (w większości przypadków powierzchni podłogi), A_{1/m^2} ,
 - czas pogłosu T,
- Parametry charakteryzujące pomieszczenie oraz hałas w pomieszczeniu (z wykorzystaniem źródła dźwięku mowy – tzw. wzorcowego):
 - rozkład wskaźnika transmisji mowy STI w pomieszczeniu $STI(x,y)$, w szczególności wskaźnik transmisji mowy STI w funkcji odległości (od źródła mowy) $STI(r)$ oraz dwie wielkości go charakteryzujące (przy zadanym poziomie tła akustycznego):
 - promień rozproszenia r_D ,
 - promień prywatności r_p ,
 - rozkład poziomu dźwięku mowy w pomieszczeniu $L_{p,A,S}(x,y)$, w szczególności poziom dźwięku A mowy w funkcji odległości (od źródła mowy) $L_{p,A,S}(r)$ oraz dwie wielkości go charakteryzujące (przy uwzględnieniu zadanego poziomu tła akustycznego):
 - poziom dźwięku A mowy w odległości 4m (od źródła mowy) $L_{p,A,S,4m}$,
 - spadek poziomu dźwięku A mowy na podwojenie odległości $D_{2,S}$,
 - tło akustyczne, w tym sygnał maskujący dźwięki mowy (niepożądane) $L_{p,A,B}$.

W powyższych symbolach nie ujednolicono pisowni, starając się stosować terminologię stosowaną w normach, dlatego poziom dźwięku A oznacza się jako L_A , $L_{p,A}$ i $L_{p,A,B}$.

W „Metody pomiarów i kryteria oceny parametrów charakteryzujących środowisko akustyczne w wielkoprzestrzennych pomieszczeniach do pracy umysłowej” podano definicje oraz metody pomiaru ww. parametrów.

Literatura

1. Bradley J.S., Predictors of speech intelligibility in rooms, *Journal of the Acoustical Society of America*, 80(3), 837-845, 1986.
2. Ciesielka W., Gołaś A.: Active sound control in open space, 58th Open Seminar on Acoustics joined with 2nd Polish-German Structured Conference on Acoustics: 13–16 September 2011, Jurata.
3. Davidsson F., Hodsman P.: Speech propagation in open-plan office: a cross over designed field study. The 24th International Congress on Sound and Vibration. London. 2017.
4. Ebissou A., Parizet E., Chevret P.: Use of the speech transmission index for the assessment of sound annoyance in open-plan offices. *Applied Acoustics* 88. 2015. 90-95.
5. Edgington C., Stevens M.: Practical considerations and experiences with sound masking's latest technology. The 24th International Congress on Sound and Vibration. London. 2017.
6. Evans G.W., Johnson D.: Stress and open-office noise. *J. Appl. Psychol.*, 2000; 85(5): 779-783, <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.85.5.779>.
7. Gołaś A.: *Metody komputerowe w akustyce wewnątrz i środowiska*. Kraków, AGH, 1995.
8. Haapakangas A., Hongisto V., Hyönä J., Kokko J., Keränen J.: Effects of unattended speech on performance and subjective distraction: The role of acoustic design in open-plan offices. *Applied Acoustics*. 2014. Vol. 86, pp. 1-16. Elsevier
9. Harvie-Clark J., Larrieu F., Dobinson N.: Comparison of open plan office design implications of different national standards. The 24th International Congress on Sound and Vibration. London. 2017.
10. Hongisto V, Keränen J.: Prediction of spatial decay of speech in open-plan offices applying ISO 3382-3 principles. 2015.
11. Jabłoński M., Kruczek A.: Problemy związane z jakością akustyczną pomieszczeń typu „open space”. *Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce*. 2015. Vol. 7(3), pp. 23-28.
12. Jarosz M., *Opracowanie materiałów informacyjnych dotyczących obecnie stosowanych rozwiązań technicznych przy kształtowaniu akustyki pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji werbalnej*, Materiały Saint-Gobain Construction Products Polska Sp. z o.o., 2011.
13. Keränen S. J.: *Measurement and Prediction of the Spatial Decay of Speech in Open-Plan Offices*, Aalto University publication series Doctoral Dissertations 23/2015, Finland 2015.
14. Kłosak A. K.: *Kształtowanie akustyki w budynkach – poprawne rozwiązania w projektowaniu i wykonawstwie*, Izolacje, 2013, 6, 28-35.
15. Kostallari K., Parizet E., Chevret P., Amato J.-N., Galy E.: Irrelevant speech effect in open plan offices : a laboratory study. The 24th International Congress on Sound and Vibration. London. 2017.
16. Kurt T.T, Demirel F., Kandemir M.H.: *An Investigation Into The Acoustic Conditions Of An Open Plan Office Located In Ankara*. 2016.
17. Mikulski W., Schemat postępowania przy projektowaniu adaptacji akustycznej pomieszczeń edukacyjnych, *Bezpieczeństwo Pracy - Nauka i Praktyka*, 03/2013, 20-23.
18. Mikulski W.: Wpływ dźwiękochłonnych sufitów podwieszanych na właściwości akustyczne sal lekcyjnych. *Bezpieczeństwo Pracy - Nauka i Praktyka*, 2014, 3:22-24.
19. Mikulski W.: Wpływ zastosowania adaptacji akustycznej na wskaźnik transmisji mowy i czas pogłosu pomieszczenia. *Materiały Budowlane*, 2014, 8 (nr 504) :25-28.

20. Mikulski W.: Warunki akustyczne w otwartych pomieszczeniach do prac administracyjnych – wyniki pilotażowych badań własnych”, *Medycyna Pracy* 2016, 67,5: 653-662, DOI 10.13075/mp.5893.00425.
21. Mikulski W.: Warunki akustyczne w pomieszczeniach biurowych open space – zastosowanie metod obliczeniowych do projektowania środków technicznych w typowym pomieszczeniu. Case study, *Medycyna Pracy* 2018; 69(2): DOI 10.13075/mp.5893.00574.
22. Mikulski W., Radosz J., *Acoustics of Classrooms in Primary Schools – Results of Reverberation Time and Speech Transmission Index Assessment in Selected Buildings*, *Archives of Acoustics*, 0, 2011, 36, 4, 777-794.
23. Mikulski W., Warmiak I.: Kryteria oceny właściwości akustycznych wieloprzestrzennych pomieszczeń biurowych, *Bezpieczeństwo Pracy Nuka i Praktyka*, 11/2015.
24. Mikulski W., Warmiak I.: Obiektywne kryteria oceny właściwości akustycznych otwartych pomieszczeń biurowych. *Bezpieczeństwo Pracy Nuka i Praktyka*, 2015, 11: 18-21.
25. Niemas M., Obecnie stosowane parametry charakteryzujące właściwości akustyczne pomieszczeń oraz określenie niepewności pomiarów metod ich wyznaczania, *Materiały informacyjne AKU-KONSULT MAREK NIEMAS*, 2011.
26. Nowicka E.: Klasyfikacja metod i parametrów oceny akustycznej pomieszczeń. *Prace Instytutu Techniki Budowlanej*, 2006, 35, 3-15.
27. Radosz J., Global index of the acoustic quality of classrooms, *Archives of Acoustics* 38 (2): 159-168, 2013.
28. Rindel J.H.: Prediction of acoustical parameters for open plan offices according to ISO 3382-3. *Konferencja Acoustics*. 2012.
29. Rindel J.H., Christensen C.L.: Acoustical simulation of open-plan offices according to ISO 3382-3, *Konferencja Euronoise 2012*, Czechy.
30. Rindel J.H.: Prediction of acoustical parameters for open plan offices according to ISO 3382-3, *Konferencja Acoustics 2012*, Chiny.
31. Rindel J. H., Christensen C. L., Acoustical simulation of open-plan offices according to ISO 3382-3. *Seminarium: Projekty akustyczne nowoczesnych biur typu open space - norma PN-EN ISO 3382-3 w praktyce, materiały szkoleniowe*, Warszawa, 2016.
32. Sadowski J.: *Akustyka architektoniczna*. Warszawa, PWN, 1976.
33. Smith V.: Using acoustical modeling software to predict speech privacy in open-plan offices. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2017. Vol. 141(5), pp. 3598-3598. ASA.
34. Szubert M.: *Akustyka biur w nowej polskiej normie*. Technika w architekturze, Zawód architekt 2016.
35. Vellenga-Persoon S., Hongens T., Bouwhuis T.: Proposed method for measuring liveliness in open plan offices. *The 24th International Congress on Sound and Vibration*. London. 2017
36. Virjonen, P., Keränen, J., Hongisto, V.: Determination of acoustical conditions in open-plan offices: proposal for new measurement method and target values. . *Acta. Acust. United Ac.*, 2009; 95: 279-290.
37. Yadav M., Kim J., Cabrera D., De Dear R.: Auditory distraction in open-plan office environments: The effect of multi-talker acoustics. *Applied Acoustics*. 2017 Vol. 126, pp. 68-80. Elsevier.
38. Projekt Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Budownictwa z 14 listopada 2017r zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (opublikowanego w Dz.U. z 2016 r. poz. 290).

Załącznik 1. Wykaz polskich norm powołanych w tym rozporządzeniu paragraf 323 ust.2.

39. Obwieszczenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dn. 7 czerwca 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 1348 z 7 lipca 2017) w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.
40. Rozporządzenie Rady Ministrów z 3 kwietnia 2017 w sprawie uciążliwych, niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet w ciąży i kobiet karmiących dziecko piersią (Dz.U.2017 poz. 796)
41. PN – EN ISO 18233:2006 „Akustyka – Zastosowanie nowych metod pomiarowych w akustyce budynku i pomieszczeń”.
42. PN-N-01307:1994 „Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonania pomiarów”.
43. PN-B-02151-02:1987 „Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach”.
44. PN-B-02151-3:2015 „Akustyka budowlana Ochrona przed hałasem w budynkach Część 3: Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania”.
45. PN-B-02151-4:2015 „Akustyka budowlana Ochrona przed hałasem w budynkach Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach”.
46. PN-B-02153:2002 „Akustyka budowlana. Terminologia, symbole literowe i jednostki”.
47. PN-Z-01338:2010 „Akustyka - Pomiar i ocena hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy”.
48. PN-EN 60268-16:2011 „Urządzenia systemów elektroakustycznych - Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy”.
49. PN-EN ISO 3382-1:2009 „Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń – Część 1: Pomieszczenia specjalne”.
50. PN-EN ISO 3382-2:2010 „Akustyka - Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń - Część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach”.
51. PN-EN ISO 3382-3:2012 „Akustyka - Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń - Część 3: Pomieszczenia biurowe typu open space”.
52. PN-EN ISO 10052:2007 „Akustyka - Pomiar terenowe izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych oraz hałasu od urządzeń wyposażenia technicznego - Metoda uproszczona”.
53. PN-EN ISO 11654:1999 „Akustyka. Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie. Wskaźnik pochłaniania dźwięku”.
54. PN-EN ISO 11690-1:2000 „Akustyka -- Zalecany sposób postępowania przy projektowaniu miejsc pracy o ograniczonym hałasie, wyposażonych w maszyny -- Wytyczne redukcji hałasu”.
55. PN-EN ISO 11690-2:2000 „Akustyka -- Zalecany sposób postępowania przy projektowaniu miejsc pracy o ograniczonym hałasie, wyposażonych w maszyny -- Środki redukcji hałasu”.
56. PN-EN ISO 11690-3:2002 „Akustyka -- Zalecany sposób postępowania przy projektowaniu miejsc pracy o ograniczonym hałasie, wyposażonych w maszyny -- Część 3: Propagacja dźwięku i prognozowanie hałasu w pomieszczeniach pracy”.
57. PN-EN ISO 17624:2008 „Akustyka -- Wytyczne dotyczące ograniczania hałasu w biurach i pomieszczeniach pracy za pomocą ekranów akustycznych”.
58. PN-EN ISO 16032:2006 „Akustyka -- Pomiar poziomu ciśnienia akustycznego od urządzeń wyposażenia technicznego w budynkach -- Metoda dokładna”.

59. PN-EN ISO 11821:2005 „Akustyka -- Pomiar tłumienia dźwięku przez przestawny ekran w warunkach terenowych”.
60. PN-EN ISO 9921:2005 „Ergonomia - Ocena porozumiewania się mową”.
61. PN-ISO 9613-2:2002 „Akustyka - Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej -- Ogólna metoda obliczania”.
62. PN ISO 9612:2011 „Akustyka - Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas - Metoda techniczna”.
63. Materiały katalogowe Isover Saint-Gobain, Warszawa 2015.
64. <http://ecophon.com/acousticweb>.
65. www.rockfon.com.pl.