

Załącznik 2: Aspekty zdrowotne oddziaływania hałasu

SPIS TREŚCI

1.	Aspekty zdrowotne oddziaływania hałasu – wybrane zagadnienia.....	3
1.1.	Informacje wstępne	3
1.2.	Wartości progowe poziomów, przy których identyfikowane są reakcje na hałas.....	4
1.3.	Relacje między oddziaływaniem hałasu, a jego dokuczliwością	5
1.3.1.	Relacje „dawka / skutek” dla hałasu drogowego	6
1.3.2.	Relacje „dawka / skutek” dla hałasu kolejowego	7
1.3.3.	Relacje „dawka / skutek” dla hałasu lotniczego.....	8
1.4.	Skutki oddziaływania hałasu w porze nocnej.....	8
1.4.1.	Informacje ogólne	8
1.4.2.	Wyniki badań samooceny zaburzeń snu	10
1.4.3.	Rejestrowane przebudzenia	12
1.5.	Wpływ hałasu na funkcje poznawcze.....	12
1.6.	Wpływ hałasu na układ krążenia	12
1.6.1.	Informacje ogólne	12
1.6.2.	Wpływ hałasu na nadciśnienie	13
1.6.3.	Niedokrwienność serca i ryzyko zawału mięśnia sercowego.....	13
1.7.	ustalanie kryterialnych wartości poziomów hałasu z uwaagi na oddziaływanie zdrowotne 14	
1.8.	Podsumowanie; Wybór wskaźników i skal do numerycznych ocen negatywnego wpływu hałasu 15	
1.8.1.	Proponowane skale ocen zdrowotnego wpływu hałasu na zdrowie.....	15
1.8.2.	Wskaźnik DALY	16

1. ASPEKTY ZDROWOTNE ODDZIAŁYWANIA HAŁASU – WYBRANE ZAGADNIENIA

Rozdział niniejszy powstał głównie w oparciu o wyniki badań wpływu hałasu na zdrowie i działalność człowieka, które zostały podsumowane w:

- [1] Night Noise Guidelines for Europe. WHO, 2009
- [2] Good practice Guide on noise exposure and potential health effects. European Environment Agency, Technical report No 11/2010

Powyższe materiały zawierają od kilkudziesięciu do kilkuset pozycji bibliograficznych, zawierających materiały źródłowe. W niniejszym rozdziale nie sięgano na ogół do źródeł, a więc nie wprowadzono odnośników do nich. Korzystano natomiast z podsumowań najważniejszych ustaleń zawartych w wymienionych dwóch publikacjach.

1.1. INFORMACJE WSTĘPNE

Według rozpowszechnionej przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) i chyba w pełni akceptowanej definicji „*Zdrowiem nazywany stan pełni dobrego samopoczucia w sferze:*

- *fizycznej,*
- *psychicznej (mentalnej),*
- *i społecznej,*

a nie tylko brak konkretnego schorzenia, ułomności czy cierpienia.”

Z powyższą, ogólną definicją zdrowia¹ koresponduje dobrze jedna z definicji hałasu², używana w Polsce, która stanowi, iż hałasem nazywany jest każdy dźwięk, który w danych warunkach jest szkodliwy dla zdrowia, powoduje uciążliwość lub jest po prostu nie akceptowany z różnych powodów.

Z uwagi na drugi z wymienionych w definicji aspektów zjawiska oddziaływania hałasu, w ramach którego podmiotem oceniających jest człowiek z jego bogactwem zindywidualizowanych wrażeń i reakcji, poznanych niezbyt dokładnie, o różnorodnych wpływach hałasu na zdrowie odbiorcy można mówić jedynie w kontekście ogólnych zależności statystycznych. Przyjmuje się, że oddziaływanie hałasu na człowieka ma charakter niespecyficzny, a więc nie w każdym przypadku dany bodziec powoduje wystąpienie określonego, poznanego wcześniej efektu.

Mimo tych niejednoznaczności w ostatnich 15-20 latach dokonał się znaczny postęp w omawianej dziedzinie, a opracowane zależności statystyczne stały się bardziej jednoznaczne na tyle, iż stworzono mniej lub bardziej praktyczne modele pozwalające na oceny skutków oddziaływania hałasu na człowieka wyrażane przy użyciu różnych wskaźników, a także – w jednostkach monetarnych.

W zależności od poziomu dźwięku, skutki zagrożenia hałasem w środowisku sklasyfikować można następująco:

¹ W materiał: Good practice Guide on noise exposure and potential health effects. European Environment Agency, Technical report No 11/2010” podano jeszcze dodatkowych kilka innych definicji zdrowia; sprecyzowana powyżej definicja jest chyba jednak najpowszechniej stosowana

² W Polsce używa się kilku definicji hałasu

- utrata słuchu,
- zakłócenia snu (oceny zarówno obiektywne, jak też subiektywne),
- osłabienie procesów poznawczych,
- osłabienie zdrowia psychicznego,
- psychofizjologiczne reakcje stresowe,
- zwiększone ryzyko chorób krążenia (schorzeń sercowo – naczyniowych),
- uciążliwość i dokuczliwość hałasu,

Oczywiście, przytoczona klasyfikacja jest raczej uproszczona. Zabrakło niej z konieczności (z uwagi na przejrzystość) jeszcze co najmniej podziału na:

- porę dzienną,
- porę nocną

oraz rozróżnienie efektów oddziaływania hałasu w zależności od charakterystyki sygnału akustycznego (rodzaju źródła).

W wyniku badań stwierdzono, że oddziaływanie hałasu na zdrowie ludzkie może mieć charakter:

- bezpośredni,
- pośredni.

1.2. WARTOŚCI PROGOWE POZIOMÓW, PRZY KTÓRYCH IDENTYFIKOWANE SĄ REAKCJE NA HAŁAS

Różnorodne oddziaływania hałasu powodujące konkretny efekt pojawiają się po przekroczeniu pewnych wartości poziomów dźwięku, które nazwano tutaj **wartościami progowymi**.³

Wartości progowe zostały określone na podstawie rezultatów szeregu badań. Zaprezentowano je we wspomnianych wyżej publikacjach WHO (Night Noise Guidelines...) oraz EEA (Good practice Guide...).

W poniższej tabeli zebrano syntetycznie te wyniki.

Tabela 1. Wpływ hałasu na zdrowie i dobre samopoczucie (dane udokumentowane w sposób wiarygodny)

Efekt	Oceny w odniesieniu do:	Wskaźnik hałasu *)	Próg **) efektu zdrowotnego [dB]	Oddziaływanie w czasie
Dokuczliwość, uciążliwość	– wymiaru psychospołecznego, – jakości życia	L_{DWN}	42	długotrwałe
Własna ocena zaburzeń snu	– jakości życia, – efektów somatycznych (brak takich efektów)	L_N	42	długotrwałe
Uczenie się, pamięć	wydajności	L_{Aeq}	50	doraźne (oddziaływanie dojmujące),

³ Nie należy wartości tych mylić z używanymi w kraju przed kilkunastu laty wartościami progowymi poziomów dźwięku

				długotrwałe
Hormony stresu	wskaźników stresu	L_{max}	Brak danych	doraźne, długotrwałe
Sen (polisomnografia)	– podniecenia, – ruchliwości, – jakości snu	$L_{max,wewn}^{***})$	32	doraźne (oddziaływanie dojmujące), długotrwałe
Odnutowane przebudzenia	snu	$L_{AE,wewn}^{***})$ (SEL)	53	doraźne (oddziaływanie dojmujące)
Własna ocena stanu zdrowia	– dobrego samopoczucia, – zdrowia w sensie klinicznym	L_{DWN}	50	długotrwałe
Nadciśnienie	fizjologii zdrowia somatycznego	L_{DWN}	50	długotrwałe
Niedokrwienne choroby serca	zdrowie w sensie braku objawów klinicznych	L_{DWN}	60	długotrwałe
Uwaga: *) L_{DWN} i L_N są definiowane jako poziomy zewnętrznego narażenia (na zewnątrz pomieszczeń w budynkach). L_{max} może być wyznaczany zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz; zaznaczono to w tekście. **) próg, powyżej którego odnotowuje się powstawanie efektów, lub wyraźne wyróżnianie się ich z tła. ***) Indeks „wewn” oznacza, iż wartość poziomu jest określona (zmierzona) w pomieszczeniach, wewnątrz budynku				

(źródło: EPA, 2010)

1.3. RELACJE MIĘDZY ODDZIAŁYWANIEM HAŁASU, A JEGO DOKUCZLIWOŚCIĄ

Zależności między oddziaływaniem hałasu a jego dokuczliwością są od wielu już lat badane w oparciu o znormalizowane kwestionariusze, z użyciem 11 stopniowej skali od „braku dokuczliwości” do „dokuczliwości ekstremalnej”. W ramach tych badań określono są statystycznie uzasadnione, trzystopniowe relacje (z których dalej używane będą dwie) między:

- Ekspozycją na hałas, a
- Odsetkiem populacji, odczuwającej:
 - 1] bardzo wysoką dokuczliwość hałasu (stosować będzie się oznaczenie %WD),
 - 2] dokuczliwość hałasu (stosować będzie się oznaczenie %D),

Relacje te są różne dla różnych źródeł hałasu. W szczególności, najbardziej rozpowszechnione dane i najlepiej przebadane są przypadki w zakresie oddziaływania hałasu komunikacyjnego (drogowego, kolejowego i lotniczego).

Przyjęto, iż opracowane **relacje są na tyle wiarygodne**, iż jest uzasadnione wykorzystywanie ich do **oceny zależności „oddziaływanie / skutek”** w zakresie ekspozycji na hałas.

1.3.1. Relacje „dawka / skutek” dla hałasu drogowego

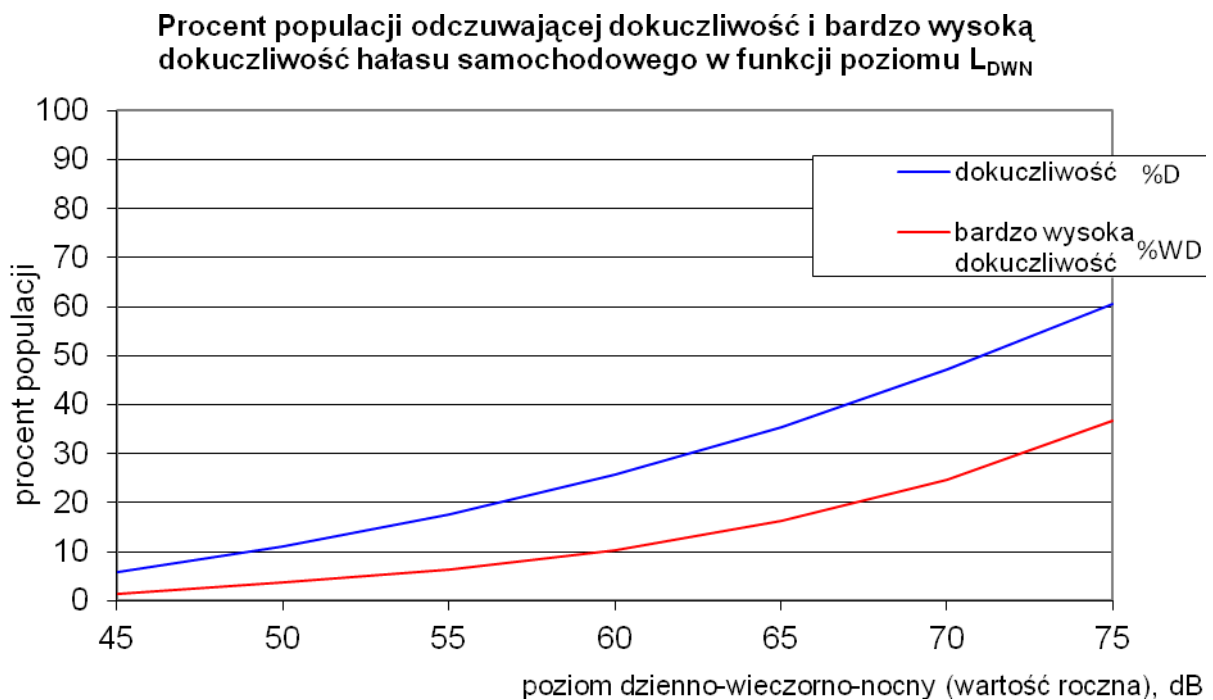
Relacje przedstawione w „Position paper” (UE, 2002) i przyjęte do stosowania oparto na zależnościach:

$$\% D = 1.795 \cdot 10^{-4} (L_{DWN} - 37)^3 + 2.110 \cdot 10^{-2} (L_{DWN} - 37)^2 + 0.5353 (L_{DWN} - 37); \quad (1)$$

oraz

$$\% WD = 9.868 \cdot 10^{-4} (L_{DWN} - 42)^3 - 1.436 \cdot 10^{-2} (L_{DWN} - 42)^2 + 0.5118 (L_{DWN} - 42); \quad (2)$$

Powyższe relacji przedstawiono także graficznie (Rysunek 1).



(źródło: European Commission Working Group on Dose-Effect Relations, 2002. Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance)

Rysunek 1. Odsetek populacji odczuwającej b.wysoką dokuczliwość hałasu drogowego

W „Good Practice Guide...”, EEA, 2010) stwierdzono ponadto, że zapisane wyżej są średnimi relacjami dla hałasu drogowego bez szczególnych uwarunkowań. Badania wskazują, że na rozpatrywane zależności mogą mieć wpływ:

- przerywany charakter potoku ruchu – zwiększenie wartości o ok. + 3 dB;
- zwiększony udział hałasu o niskiej częstotliwości: wzrost dokuczliwości;
- ciche nawierzchnie dróg: stwierdzone zmniejszenie (tj. mniejsza dokuczliwość niż oczekiwana na podstawie tylko fizycznego zmniejszenia).

1.3.2. Relacje „dawka / skutek” dla hałasu kolejowego

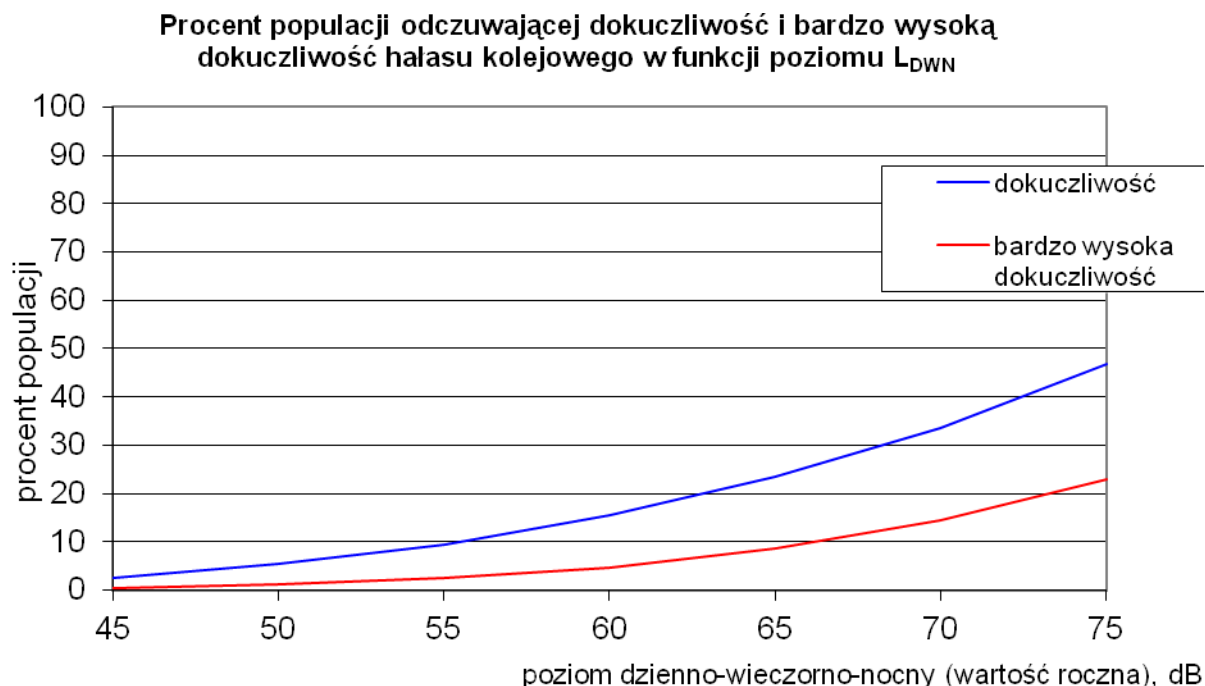
Analogicznie, jak dla hałasu drogowego relacje „dawka / skutek” dla hałasu kolejowego przedstawione w „Position paper” (UE, 2002) i przyjęte do stosowania oparto na zależnościach:

$$\% D = 4.538 * 10^{-4} (L_{DWN} - 37)^3 + 9.482 * 10^{-3} (L_{DWN} - 37)^2 + 0.2129 (L_{DWN} - 37) \quad (3)$$

oraz

$$\% WD = 7.239 * 10^{-4} (L_{DWN} - 42)^3 - 7.851 * 10^{-3} (L_{DWN} - 42)^2 + 0.1695 (L_{DWN} - 42) \quad (4)$$

Powyższe relacje przedstawiono także graficznie (Rysunek 2).



(źródło: European Commission Working Group on Dose-Effect Relations, 2002. Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance)

Rysunek 2. Odsetek populacji odczuwającej b.wysoką dokuczliwość hałasu kolejowego

Podobnie jak w przypadku ruchu drogowego, stwierdzono ponadto (w „Good Practice Guide...”, EEA, 2010), że zapisane wyżej zależności są średnimi relacjami dla hałasu kolejowego bez szczególnych uwarunkowań. Badania wskazują, że na rozpatrywane zależności mogą mieć wpływ:

- Bliskość źródła: bardzo blisko torów (ok. 50 metrów) wartości mogą być wyższe o ok. 5 dB;
- wysoka prędkość: wartości mogą być także wyższe (efekt może wynikać częściowo z bliskości);
- dodatkowy hałas o niskiej częstotliwości lub wibracje mogą zwiększać dokuczliwość (np. mosty stalowe, silniki Diesla);

1.3.3. Relacje „dawka / skutek” dla hałasu lotniczego

Analogicznie, jak dla hałasu drogowego i kolejowego relacje „dawka / skutek” opracowano dla hałasu lotniczego. Wyrażone są one zależnościami („Position paper” ,UE, 2002):

dla hałasu kolejowego przedstawione i przyjęte do stosowania oparto na zależnościach:

$$\% D = 8.588 * 10^{-6} (L_{DWN} - 37)^3 + 1.777 * 10^{-2} (L_{DWN} - 37)^2 + 1.221 (L_{DWN} - 37) \quad (5)$$

oraz

$$\% WD = -9.199 * 10^{-5} (L_{DWN} - 42)^3 + 3.932 * 10^{-2} (L_{DWN} - 42)^2 + 0.2939 (L_{DWN} - 42) \quad (6)$$

Jak wspomniano wcześniej, w opracowaniu niniejszym hałasem lotniczym nie będziemy się zajmować.

1.4. SKUTKI ODDZIAŁYWANIA HAŁASU W PORZE NOCNEJ

1.4.1. Informacje ogólne

W ostatnich latach zauważyć należy istotny zwrot podejścia do ocen hałasu w środowisku, w ramach którego zintensyfikowano rozpoznanie skutków przede wszystkim hałasu nocnego.

Wyrazem tego nowego podejścia są wydane pod koniec roku 2009 przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) „Wytyczne odnośnie hałasu nocnego w Europie”⁴. W materiale tym zebrano w formie syntetycznej najnowsze wyniki badań odnośnie hałasu w środowisku⁵ (głównie dla pory nocnej choć nie tylko), a następnie sformułowano wytyczne i proponowane kierunki ocen i postępowania. Z materiałów tych korzystano także w niniejszym opracowaniu.

Przegląd dotychczasowych wyników badań i ustaleń w zakresie oddziaływania hałasu na człowieka w porze nocnej⁶ prowadzi do następujących konkluzji:

Sen jest biologiczną potrzebą człowieka i jego zakłócenia wiążą się z szeregiem niekorzystnych wpływów na zdrowie.

1. Zarejestrowano niewątpliwe, biologiczne efekty wpływu hałasu na jakość snu, takie jak podwyższenie tętna, pobudzanie, zmiany stanów snu (sen płytki, głęboki etc.), budzenie się.
2. Stwierdzono ponad wszelką wątpliwość, że ekspozycja na nadmierny hałas w porze nocnej jest przyczyną:
 - zakłóceń snu (subiektywnie ocenianym),
 - wzrostu częstości zażywania środków medycznych,
 - wzrostu liczby spontanicznych ruchów ciała podczas snu (motility),
 - bezsenności (środowiskowej).
3. Zakłócenia snu spowodowane oddziaływaniem hałasu są postrzegane jako problem zdrowotny sam w sobie. Powodują one także jednak dalsze konsekwencje zdrowotne i związane z ocenami samopoczucia.

⁴ Poprzednie wytyczne WHO z roku 1999 zatytułowane były „Guidelines for Community Noise”

⁵ Okazuje się, że liczba znaczących publikacji na omawiany temat może już być liczona w setkach.

⁶ Na podstawie wymienionych wytycznych WHO oraz tzw. Position papers Europejskich Grup Roboczych

4. Ograniczona liczba obserwacji wskazuje, że zakłócenia snu są przyczyną przemęczenia, wypadków oraz zmniejszenia jakości i kreatywności w pracy.
5. Ograniczona liczba obserwacji wskazuje także, iż hałas w porze nocnej powoduje zmiany poziomu hormonów, i objawów klinicznych takich jak choroby sercowo – naczyniowe, depresje, i inne choroby o podłożu psychofizjologicznym. Należy podkreślić, że wyniki tych obserwacji są oparte o wiarygodny model biologiczny z wystarczającym udokumentowaniem elementów łańcucha przyczynowo - skutkowego.

Przedziały poziomów dźwięku, w których zidentyfikowano konkretne reakcje zdrowotne zestawiono w poniższej tabeli.

Tabela 2. Obserwowane efekty w populacji związane z oddziaływaniem hałasu w porze nocnej

Długookresowy, średnioroczny poziom dźwięku L_N w porze nocnej	Reakcje zdrowotne zaobserwowane w populacji
do 30 dB	Poza pewnymi indywidualnymi przypadkami, w zakresie tym nie zaobserwowano żadnych istotnych efektów biologicznych. Poziom $L_{night}^7 \approx 30$ dB na zewnątrz budynku może odzwierciedlać wartość NOEL („poziom graniczny braku obserwowanych efektów”) dla pory nocnej
30 do 40 dB	W zakresie tym obserwuje się kilka efektów związanych z przebiegiem snu: spontaniczne ruchy ciała, przebudzenia, subiektywnie oceniane zakłócenia snu, pobudzenie. Intensywność tych efektów związana jest z rodzajem hałasu i liczbą zjawisk akustycznych. Grupy szczególnie wrażliwe (dzieci, przewlekle chorzy, osoby starsze) są bardziej podatne na efekty hałasowe w porze nocnej. Jednakże, nawet najgorsze przypadki w tym zakresie wydają się mieć charakter umiarkowany. Poziom $L_{night} \approx 40$ dB na zewnątrz budynku może odzwierciedlać wartość LOAEL („najniższy poziom hałasu przy którym zaobserwować można zmiany szkodliwe”) dla pory nocnej
40 do 55 dB	Niekorzystne efekty zdrowotne obserwowane w populacjach eksponowanych na hałas. Wiele osób dostosowuje swój sposób życia tak, aby podołać uciążliwym warunkom akustycznym środowiska w porze nocnej. Na wrażliwe na warunki akustyczne grupy ludzi oddziaływanie hałasu w porze nocnej jest szczególnie dotkliwe.
powyżej 55 dB	W tym zakresie poziomów dźwięku istotnie wzrasta niebezpieczeństwo pogarszania się zdrowia publicznego. Niekorzystne zjawiska zdrowotne występują z dużą częstotliwością a istotna część populacji jest narażona na wysoką uciążliwość oraz znaczące zakłócenia snu.

⁷ Cytując w tekście opracowania WHO oraz opracowania Europejskich Grup Roboczych stosowano notację oznaczenia długookresowego poziomu nocnego zgodnie z Dyrektywą 2002/49/WE - L_{night} . W prawodawstwie polskim poziom ten oznaczany jest jako L_N

Ten zakres poziomów dźwięku charakteryzuje się znaczącym ryzykiem wzrostu liczby chorób sercowo – naczyniowych.

Specjalną uwagę warto też zwrócić na efekty chronicznej bezsenności, powodowanej oddziaływaniem hałasu. Zestawiono je w poniższej tabeli (Zorick i Walsh, 2000).

Nie poszerzając już dalej zagadnienia i nie wchodząc w coraz bardziej szczegółową problematykę można stwierdzić w podsumowaniu, że praktycznie do poziomu o wartości:

$$L_N \leq 40 \text{ dB}$$

nie odnotowuje się istotnych efektów zdrowotnych w odniesieniu do populacji jako całości. Ten zakres ekspozycji na hałas można nazwać **komfortem akustycznym**.

Między poziomami dźwięku w porze nocnej, w zakresie:

$$40 \text{ dB} \leq L_N \leq 55 \text{ dB}$$

zidentyfikować już można niekorzystne efekty zdrowotne, lecz większość populacji **dostosowuje swój „sposób życia”** do aktualnych warunków akustycznych. Tylko stosunkowo niewielkie grupy osób odczuwają znaczną irytację z uwagi na niewłaściwe warunki akustyczne.

Natomiast prawdziwe problemy związane z nadmiernym hałasem w porze nocnej zaczynają się w zakresie poziomów:

$$L_N > 55 \text{ dB} \quad (!!!)$$

1.4.2. Wyniki badań samooceny zaburzeń snu

Efekty związane z samooceną zaburzenia snu są szacowane analogicznie jak miało to miejsce w przy omawianiu dokuczliwości hałasu - na podstawie kwestionariusza.

Dla różnych źródeł hałasu komunikacyjnego opracowano skale dla zidentyfikowanych:

- Zaburzeń snu (oznaczenia %ZS) oraz
- Wysokiego stopnia zaburzeń snu (oznaczenie %WZS).

Przyjęte zależności w tym zakresie mają postać⁸ scharakteryzowana niżej.

Hałas drogowy:

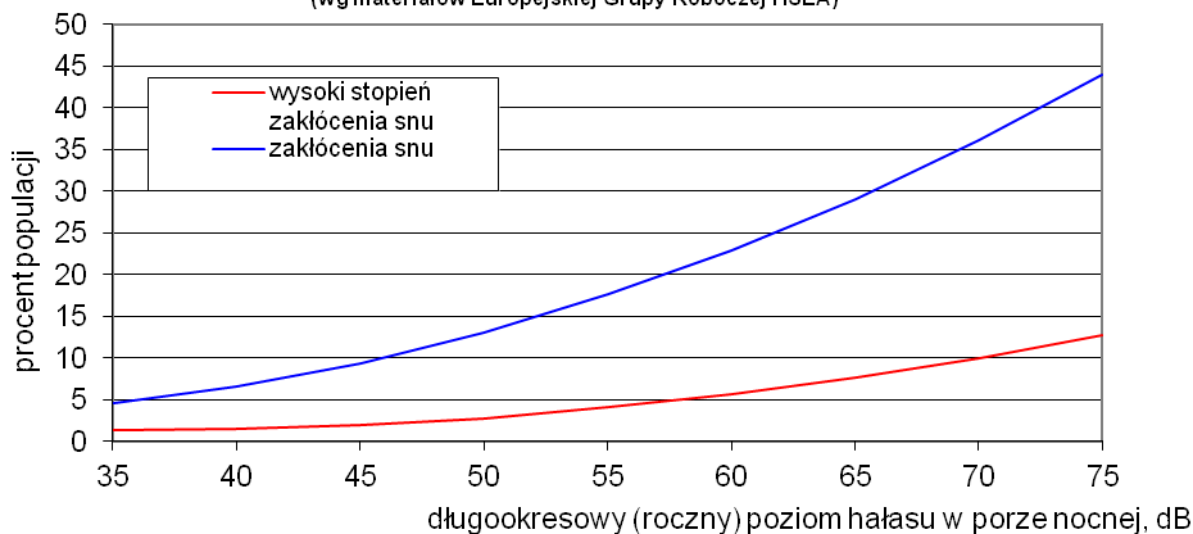
$$\% WZS = 20.8 - 1.05 L_N + 0.01486 L_N^2 \quad (7)$$

$$\% ZS = 13.8 - 0.85 L_N + 0.01670 L_N^2 \quad (8)$$

⁸ European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects, 2004. Position paper on dose-effect relationships for night time noise.

Procent populacji poddany zakłóceniom snu i bardzo wysokim zakłóceniom snu w porze nocnej na skutek ekspozycji na hałas samochodowy, w funkcji poziomu L_N

(wg materiałów Europejskiej Grupy Roboczej HSEA)



Rysunek 3. Odsetek populacji poddany zakłóceniom snu przez ruch samochodowy

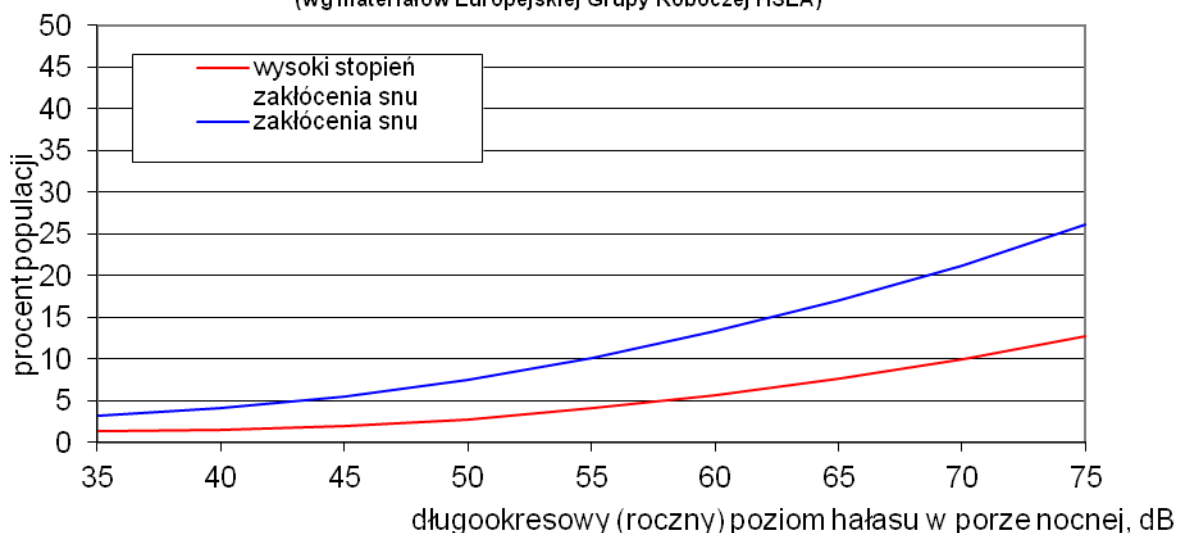
Hałas kolejowy:

$$\% WZS = 11.3 - 0.55 L_N + 0.00759 L_N^2 \quad (9)$$

$$\% ZS = 12.5 - 0.66 L_N + 0.01121 L_N^2 \quad (10)$$

Procent populacji poddany zakłóceniom snu i bardzo wysokim zakłóceniom snu w porze nocnej na skutek ekspozycji na hałas kolejowy, w funkcji poziomu L_N

(wg materiałów Europejskiej Grupy Roboczej HSEA)



Rysunek 4. Odsetek populacji poddany zakłóceniom snu przez ruch kolejowy

1.4.3. Rejestrowane przebudzenia

Eksperymenty medyczne wskazują, że przeciętnie ludzie budzą się w nocy 1 – 2 razy. W momencie, gdy liczba przebudzeń zaczyna wzrastać, należy to traktować jako poważny symptom medyczny biorąc pod uwagę fakt, iż organizm samoistnie tłumi w pewnym zakresie te zjawiska.

Przeprowadzone badania pozwoliły na opracowanie zależności między odsetkiem osób ekspozowanych na hałas a wartością poziomu ekspozycyjnego L_{AE}^9 wewnątrz pomieszczeń mieszkalnych (EEA, Good Practice Guide..., 2010):

$$\text{Odsetek przebudzeń}^{*)} = -0.564 + 1.909 \times 10^{-4} \times (L_{AE_{wewn}})^2 \quad (11)$$

**) spowodowanych hałasem*

1.5. WPŁYW HAŁASU NA FUNKCJE POZNAWCZE

Wyniki badań w omawianym zakresie dalekie są jeszcze od kompletności. Jednakże na podstawie już pozyskanej wiedzy opracowano hipotetyczną krzywą „narażenia-reakcji” dla odsetka osób, na których funkcje poznawcze oddziaływano (Hygge¹⁰). Ryzyko osłabienia funkcji poznawczych wzrasta wraz ze zwiększeniem narażenia na hałas. Krzywa ryzyka ma charakter liniowy i bazuje na założeniu, iż:

- przy bardzo wysokim poziomie dźwięku, tj. $L_{dn} = 95$, hałas wpływa na funkcje poznawcze 100% osób narażonych,
- w przypadku niskiego poziomu, np. $L_{dn} = 50$, nie identyfikuje się wpływu hałas na funkcje poznawcze żadnej osoby.

Zależność powyższą należy traktować orientacyjnie (wstępnie). Inne bowiem badania wykazują, że z uwagi na oddziaływanie hałasu lotniczego obniżenia sprawności funkcji poznawczych występuje już poniżej 50 dB (RANCH)¹¹.

1.6. WPŁYW HAŁASU NA UKŁAD KRAŻENIA

1.6.1. Informacje ogólne

Badania kliniczne przynoszą informacje na temat wpływu hałasu na:

- nadciśnienie tętnicze (wysokie ciśnienie krwi),
- chorobę niedokrwienną serca a w tym ryzyko zawału mięśnia sercowego.

Prezentowane informacje oparte są na najnowszych wynikach badań laboratoryjnych. Badania te wskazywały, że ekspozycja na wysoki, krótkotrwały dźwięk wpływa na układ współczulny i układ hormonalny, prowadząc do **niespecyficznych reakcji fizjologicznych** (obejmujących np. tętno, ciśnienie krwi, skurcz naczyń (zwężenie naczyń krwionośnych), hormony stresu, itp.).

Ogólna teoria stresu stanowi uzasadnienie dla fizjologicznych skutków hałasu niezwiązanych ze słuchem. Hałas wpływa na organizm bezpośrednio przez synaptyczne interakcje nerwowe, lub pośrednio poprzez emocjonalną i poznawczą percepcję dźwięku.

⁹ Czyli inaczej SEL

¹⁰ Hygge, S. Environmental noise and cognitive impairment in children. Document prepared for the WHO working group on Environmental Noise Burden of Disease.

¹¹ Dane na temat hałasu z badania RANCH (odnoszą się częściowo do $L_{dn,16h}$ i zmierzonych poziomów dźwięku podczas zajęć szkolnych).

W warunkach eksperymentalnych badano klasyczne, biologiczne czynniki ryzyka w powiązaniu z oddziaływaniem hałasu. Do czynników tych należały m.in. krótkotrwałe zmiany:

- w układzie krążenia,
- ciśnienia krwi,
- akcji serca i pojemności minutowej serca,
- skurczu naczyń
- uwalniania hormonów stresu (w tym adrenaliny, noradrenaliny i kortyzolu).

Zmiany te były wyższe u osób, które zostały ekspozowane na hałas o wysokim poziomie.

Skutki hałasu nie występują tylko przy wysokich poziomach dźwięku, ale również przy stosunkowo niskich poziomach dźwięku w środowisku, gdy zakłócają pewne działania, takie jak koncentracja, relaksacja lub sen.

Hałas bezpośrednio lub pośrednio wpływa na autonomiczny układ nerwowy i układ hormonalny, który z kolei wpływa na homeostazę metaboliczną (równowagę fizjologiczną) organizmu, w tym biologiczne czynniki ryzyka, a tym samym zwiększa ryzyko oczywistych zaburzeń w dłuższej perspektywie

1.6.2. Wpływ hałasu na nadciśnienie

Na podstawie szeregu badań opracowano zależność „ekspozycji / reakcji” dla nadciśnienia (Good Practice Guide, EEA, 2010):

Funkcja „narażenia-reakcji” dla nadciśnienia (oszacowanie ryzyka względnego):

OR^{12} wzrasta na każde 10 dB(A) o 1.13, (12)

95 % granice ufności => 1.00 - 1.28,

dla zakresu poziomów => 50-70 dB.

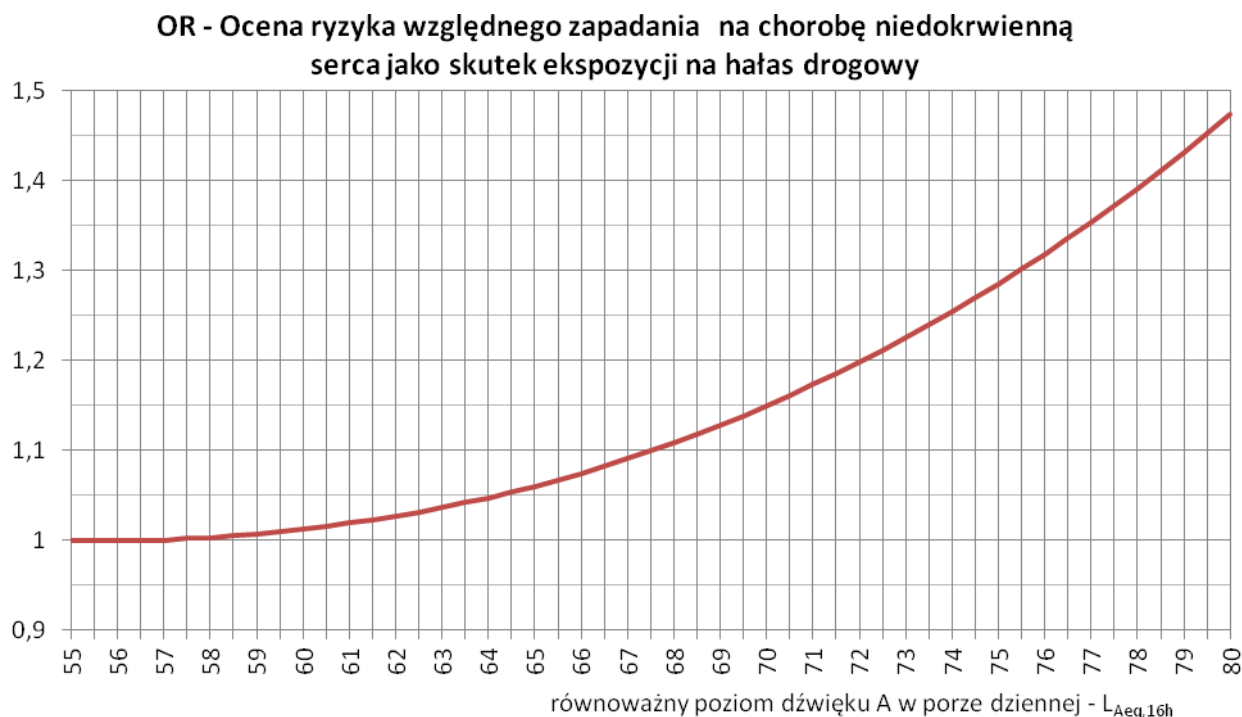
Równocześnie zaproponowano przyjęcie $L_{DWN} \leq 50$ lub $L_{DWN} \leq 55$ dB(A)¹³ jako kategorii odniesienia (ryzyko względne = 1). Odpowiednie względne ryzyko dla osób, które mieszkają w miejscach gdzie L_{DWN} wynosi między 55 a 60 dB(A) i między 60 i 65 dB(A) będzie zatem zbliżone odpowiednio do 1,13 i 1,20 lub 1,06 i 1,13. (EEA, 2010).

1.6.3. Niedokrwienność serca i ryzyko zawału mięśnia sercowego

Badania choroby niedokrwiennej serca, powstającej na skutek oddziaływania nadmiernego hałasu wykonano w odniesieniu do hałasu drogowego. Jako markera użyto przypadków wystąpienia zawału mięśnia sercowego.

¹² Tutaj i w dalszej części tekstu: OR – ocena ryzyka względnego

¹³ Zakładając, że $L_{dn} \approx L_{DWN}$.



Rysunek 5. Ocena względnego ryzyka zapadania na chorobę niedokrwienną serca na skutek ekspozycji na hałas drogowy

Na podstawie wyników badań opracowano model szacowania ryzyka względnego wystąpienia zawału serca, w postaci zależności:

Funkcja narażenia-reakcji dla zawału serca:

$$OR = 1.629657 - 0.000613 * (L_{dzień,16h})^2 + 0.000007357 * (L_{dzień,16h})^3 \quad (13)$$

$$R^2 = 0.96.$$

Przebieg krzywej zaprezentowano także graficznie na **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** (Rysunek 5) na podstawie danych liczbowych podanych przez EEA (Good Practice Guide, EEA, 2010).

1.7. USTALANIE KRYTERIALNYCH WARTOŚCI POZIOMÓW HAŁASU Z UWAAGI NA ODDZIAŁYWANIE ZDROWOTNE

Na podstawie zebranych informacji oraz aktualnych wyników prac (częściowo prezentowanych wyżej), zestawiono w wytycznych WHO (Night Noise Guidelines for Europe) wartości poziomów mających charakter wartości progowych z punktu widzenia zdrowia, zarówno dla pory dziennej, jak i pory nocnej.

Tabela 3. Wartości progowe wyznaczające zakresy zdrowotnego oddziaływania hałasu (wg WHO, 2009)

Lp	Kryterium oceny / ryzyka	Graniczna wartość poziomu dźwięku
1	Ryzyko chorób sercowo - naczynio-	poziom dzienny $L_D > 65$ dB

	wych	
2	Poważna uciążliwość	poziom dzienny $L_D > 55$ dB
3	Umiarkowana uciążliwość	poziom dzienny $L_D > 50$ dB
4	Ryzyko chorób sercowo - naczyniowych	poziom nocny $L_N > 55$ dB
5	Zakłócenia snu	poziom nocny $L_N > 40/45$ dB

Na tej podstawie sformułowano także cele strategiczne WHO odnośnie klimatu akustycznego:

1.	Cel strategiczny (długofalowy):	Osiągnięcie wartości poziomu dźwięku w porze nocnej: $L_N = 40$ dB
2	Cel przejściowy (doraźny):	Osiągnięcie wartości poziomu dźwięku w porze nocnej: $L_N = 55$ dB

Wykorzystując powyższe (i inne dane – w szczególności Agencji Ochrony Środowiska Niemiec (UBA) wyniki badań i wnioski z nich wypływające, można skonstruować podstawową tabelę kryterialną do określenia celów działań w zakresie ochrony środowiska przed hałasem z uwzględnieniem wpływu hałasu na zdrowie.

Tabela 4. Jakościowe cele w zakresie poprawy warunków akustycznych środowiska (zmodyfikowana tabela UBA)

Lp	działanie	perspektywa	graniczna wartość poziomu		ocena z uwagi na:
			L_{DWN} (dB)	L_N (dB)	
1	prewencja	krótkookresowa	65	55	ryzyko utraty zdrowia
2	zmniejszenie hałasu (redukcja)	średniookresowa	60	50	poważna uciążliwość
3	zapobieganie	długookresowa	55	45	poważna uciążliwość

Dane zawarte w powyższej tabeli mogłyby być dobrym przykładem określenia celów operacyjnych przyjmowanych w programach ochrony środowiska przed hałasem, a także raportów oddziaływania na środowisko.

1.8. PODSUMOWANIE; WYBÓR WSKAŹNIKÓW I SKAL DO NUMERYCZNYCH OCEN NEGATYWNEGO WPŁYWU HAŁASU

1.8.1. Proponowane skale ocen zdrowotnego wpływu hałasu na zdrowie

Negatywny wpływ hałasu można liczbowo oceniać za pomocą skal uciążliwości, dokuczliwości i ryzyka za pomocą zależności scharakteryzowanych powyżej, obejmujących:

1. Skale dokuczliwości hałasu w odniesieniu do poziomu L_{DWN} (dla hałasu drogowego i kolejowego),

2. Skale zakłóceń snu w odniesieniu do poziomu L_N (dla hałasu drogowego i kolejowego),
3. **Odsetek przebudzeń spowodowanych hałasem,**
4. Funkcja „narażenia-reakcji” dla nadciśnienia (oszacowanie ryzyka względnego),
5. Funkcja narażenia-reakcji w odniesieniu do wystąpienia zawału serca (oszacowanie ryzyka względnego).

Skale te dotyczą problemów szczególnych. Zastosowano je doświadczalnie w kraju do analiz wyników mapowania akustycznego, w szczególności w roku 2012, a następnie przeniesiono jako propozycje do niniejszych wytycznych.

1.8.2. Wskaźnik DALY

W ostatnich latach wprowadza się coraz szerzej złożone, zagregowane oceny oddziaływania hałasu, które znajdują swe odzwierciedlenia w oszacowaniach nie tylko wpływów zdrowotnych, lecz także – w oszacowaniach monetarnych. Przyjętym do szerszego stosowania wskaźnikiem jest wielkość DALY.

Wskaźnik DALY jest obliczany jako suma lat z potencjalną utratą życia ludzkiego z powodu przedwczesnego zgonu i utraconych lat życia zawodowego: z powodu niepełnosprawności:

$$\text{DALY} = \text{YLL} + \text{YLD}$$

YLL = ND (liczba zgonów) x DW (waga niepełnosprawności) x LD (średnia długość życia określona dla roku zgonu, w latach)

YLD = NI (liczba przypadków) x DW (waga niepełnosprawności) x LI (średni czas trwania niepełnosprawności w latach)

Chociaż nie jest to procedura przyjmowana bez krytyki, może ona posłużyć ustanowieniu stopniowania alternatywnych strategii. Punktem krytycznym jest wybór wag niepełnosprawności. Można podejrzewać, że różnym kulturom, a nawet różnym grupom populacji można przypisać inne wagi. Badania wskazują na istnienie takiego efektu, ale wydaje się on mieć niewielkie znaczenie. Ważne jest jednak, aby wagi były oceniane zgodnie z już wspomnianym protokołem przez doświadczony personel medyczny. Poniżej znajduje się lista odpowiednich wag niepełnosprawności dla zakresu tego dokumentu.

Przykłady te zwracają również uwagę na problem oceny danych. Liczba osób z zawałem mięśnia sercowego jest stosunkowo niska, podczas gdy liczba osób z zakłóceniami snu (i cierpiących z powodu dokuczliwości) jest wysoka. Innym ważnym spostrzeżeniem jest to, że większość ludności znajduje się w średnim lub wysokim zakresie narażenia.

Tabela 5. Przykładowe wagi niepełnosprawności

Stan zdrowia	Współczynnik (waga) „niepełnosprawności” zdrowotnej
Śmiertelność	1.000
Niezakończony zgonem ostry zawał mięśnia sercowego	0.406 (WHO)
Niedokrwienna choroba serca	0.350 (de Hollander, 1999)
Wysokie ciśnienie krwi	0.352 (Mathers, 1999)

Bezsenna pierwotna	0.100 (WHO, 2007)
Zaburzenia snu	0.070 (WHO, 2009)
Dokuczliwość	0.020 WHO (wstępne) 0.010 (Stassen, 2008); 0.033 (Müller-Wenk, 2005)
Zaburzenia poznawcze	0.006 (Hygge, 2009)
<i>Uwaga:</i> Wykorzystując powyższe wagi niektóre państwa członkowskie przystąpiły do przeprowadzania obliczeń dla swych populacji	

Wykorzystując dane na temat narażenia z Holandii, Holenderski Instytut Zdrowia Publicznego (RIVM) dokonał porównania występowania chorób wynikających z kilku czynników środowiskowych. Mimo że stopień niepewności w tych szacunkach jest duży, dostarczają one wartościowych informacji. Ostatnio zespół z tego Instytutu prowadzi prace nad zdrowotną oceną wpływu hałasu na populację europejską.

Autorzy tego badania stwierdzili, że w wskaźnik DALY umożliwia porównawczą ocenę środowiskowych zagrożeń dla zdrowia w odniesieniu do wielu zanieczyszczeń, a w konsekwencji ustalenie priorytetów. Stosowanie wskaźników DALY może poprawić ryzyko przekłamań ponieważ ich wielkość (wskaźników) może być wyrażona jako ułamek całkowitego obciążenia chorobą.

Jednocześnie autorzy przestrzegają przed ich masowym stosowaniem (np. w małych populacjach) i wskazują na zastrzeżenia natury etycznej, ponieważ stosuje się je również do innych systemów oceny (np. analizy kosztów i korzyści).

Podstawy metodyczne wyznaczania wartości wskaźnika DALY znalazły się (jeszcze jako propozycje) w przewidywanych zmianach załącznika nr III do Dyrektywy 2002/49/WE.