

HAŁAS TURBIN WIATROWYCH FAKTY I MITY

Dr Włodzimierz Bandera
Mgr Łukasz Bielasiewicz



HAŁAS SŁYSZALNY POCHODZĄCY OD TURBIN WIATROWYCH

UREGULOWANIA PRAWNE

1. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 62, poz. 627 z póź. zm.).
2. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. *w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku* (Dz.U. Nr 120, poz. 826).
3. Polska Norma PN ISO 9613-2: Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej.
4. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r. *w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji* (Dz. U. Nr 206, poz. 1291).

KRYTERIA OCENY HAŁASU

Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowanego przez poszczególne grupy źródeł hałasu, wyrażone wskaźnikami

LAeqD i LAeqN,

podane są w Tabeli 1 załącznika do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku

(Dz. U. Nr 120, poz. 826).



DOPUSZCZALNE POZIOMY HAŁASU W ŚRODOWISKU

Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w dB			
	Drogi lub linie kolejowe		Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu	
	LAeqD Przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	LAeqN Przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom	LAeqD Przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia, Kolejno po sobie następującym	LAeqN Przedział czasu odniesienia równy 1 najmniej korzystnym godzinie nocy,
Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej	55	50	50	40
a. Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b. Tereny zabudowy zagrodowej c. Tereny rekreacyjno- wypoczynkowe d. Tereny mieszkaniowo- usługowe	60	50	55	45

EMISJA HAŁASU DO ŚRODOWISKA

Hałas emitowany podczas pracy elektrowni wiatrowych może być odczuwany przez człowieka jako jeden z czynników oddziałujących na środowisko. Hałas ten jest związany głównie ze zjawiskami aerodynamicznymi towarzyszącymi pracy łopatek osadzonych na wirniku usytuowanym na wieży elektrowni na wysokości kilkudziesięciu metrów ponad poziomem terenu.

Przy sprzyjającym wietrze końcówki łopat mogą poruszać się z prędkością 250 km/h (około 70 m/s) co powoduje emisję dźwięku z wyraźnymi składowymi tonalnymi o częstotliwości w zakresie 700 Hz - 800 Hz. Składowe tonalne w widmie hałasu mają znaczenie tylko wówczas jeśli odległości pomiędzy wirnikiem turbiny a punktem emisji na obszarze chronionym są mniejsze od 300 m.

CZYNNIKI ZMNIEJASZAJACE LUB ZWIĘKSZAJĄCE HAŁAS W OBSZARZE IMISJI

- **odległość** pomiędzy źródłem hałasu a punktem imisji;
- **ekranowanie fali dźwiękowej** przez naturalne i sztuczne przeszkody;
- **odbicia i ugięcia fali dźwiękowej** na przeszkodach;
- **tłumienie dźwięku** przez zwartą zielen, powietrze i grunt.

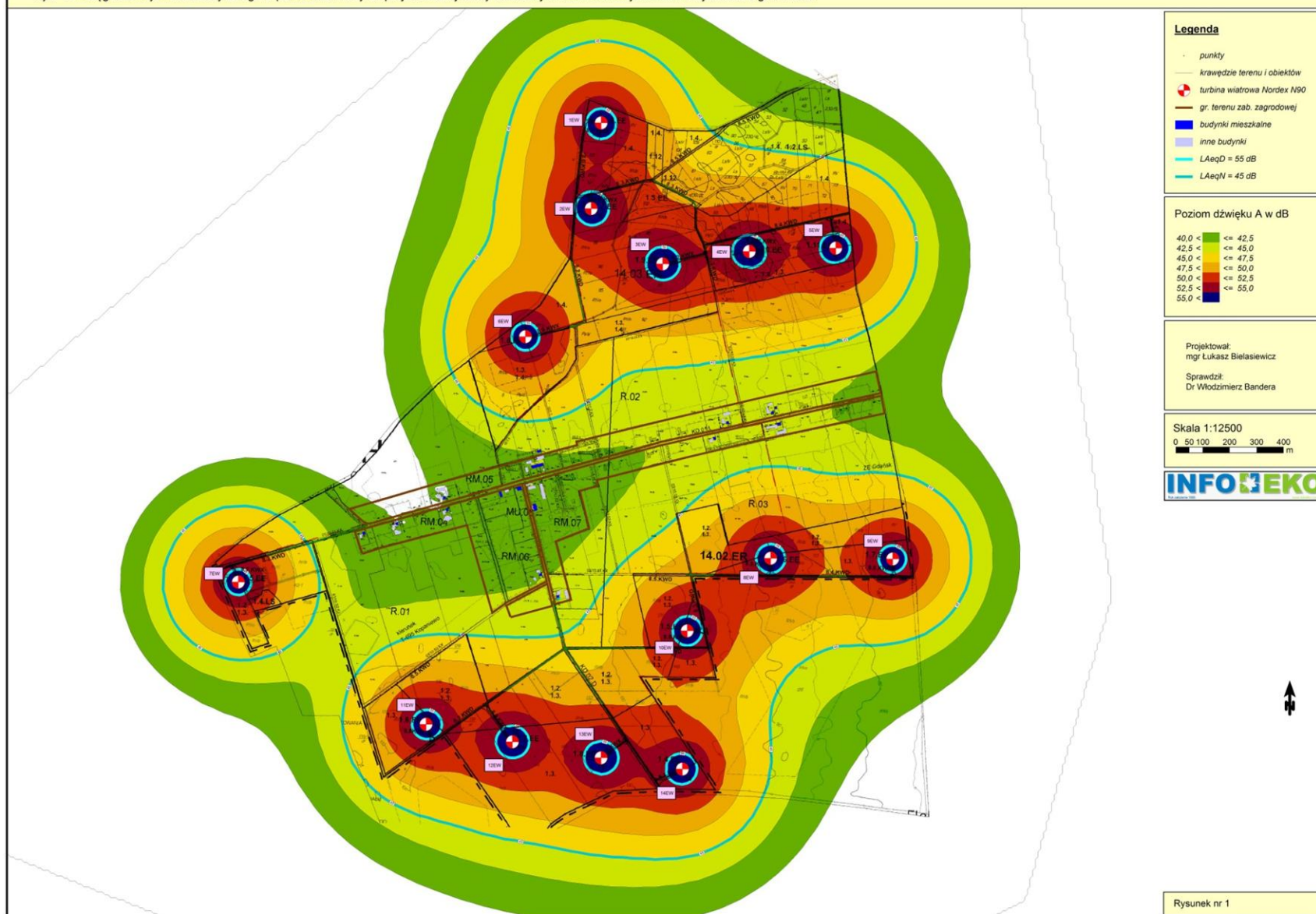
MODEL OBLICZENIOWY

Model obliczeniowy uwzględnia:

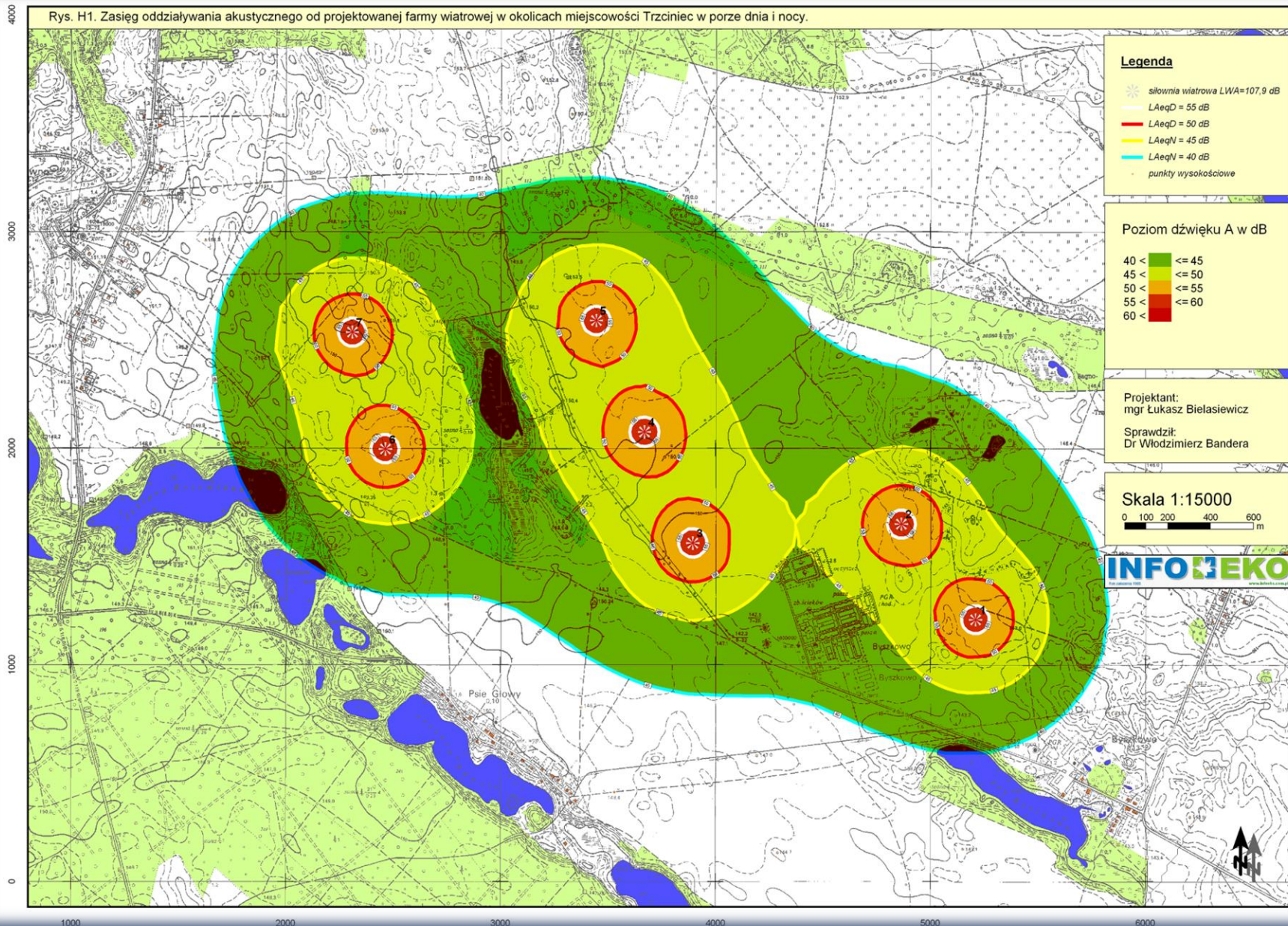
- wpływ temperatury, ciśnienia, kierunku wiatru
- poprawkę na pochłanianie dźwięku w powietrzu
- poprawkę uwzględniającą występowanie zieleni
- tłumienie dźwięku przez grunt
- właściwości odbijające przeszkód znajdujących się w obszarze punktów obserwacji.

Obliczenia przeprowadza się dla maksymalnej emisji energii akustycznej, na podstawie danych podanych przez producenta. Obliczenia wykonuje się jednocześnie dla pory dnia jak i nocy.

Rys. 1. Zasięg oddziaływania akustycznego w porze dnia i nocy od projektowanej farmy wiatrowej w okolicach miejscowości Wojciechowo gm. Wicko



Rys. H1. Zasięg oddziaływania akustycznego od projektowanej farmy wiatrowej w okolicach miejscowości Trzciniec w porze dnia i nocy.



CZYM SĄ INFRADŹWIĘKI?



hałas turbin wiatrowych - fakty i mity

- według **polskiej normy PN-86/N-01338** infradźwiękami nazywamy dźwięki lub hałas, którego widmo częstotliwościowe zawarte jest w zakresie od 2 Hz do 16 Hz;
- według **ISO 7196** infradźwiękami nazywamy dźwięki lub hałas, którego widmo częstotliwościowe zawarte jest w zakresie od 1 Hz do 20 Hz;



JAKA JEST CHARAKTERYSTYKA FAL INFRADŹWIEKOWYCH?

- duża długość (np. 340m dla 1Hz, 17m dla 20 Hz);
- rozchodzenie się w ośrodku sprężystym wszechkierunkowe;
- słabo pochłaniane przez ośrodek, rozprzestrzeniają się na duże odległości od źródła;
- tradycyjne przegrody, tłumiki, ekrany i ustroje dźwiękochłonne są mało skuteczne w ograniczeniu;
- mogą wywołać zjawiska fizjologiczne, przy bardzo dużych natężeniach!



Z JAKĄ PRĘDKOŚCIĄ ROZCHODZĄ SIĘ W ŚRODOWISKU I W JAKI SPOŚÓB WPŁYWA TO NA ORGANIZM LUDZKI?

Prędkość rozchodzenia się infradźwięków
w powietrzu jest zbliżona do tej, z jaką
rozchodzą się dźwięki słyszalne,
tj. ok. 340 m/s.

Długość fali zaś jest odwrotnie
proporcjonalna do częstotliwości

- ...dla infradźwięków o częstotliwości 20 Hz, długość fali wynosi ok. 17 metrów, a to jest znacznie więcej od większości istot żyjących, w tym od człowieka.
- Z tego powodu, ciało, obiekt czy żywa istota poddawana oddziaływaniu infradźwięków powietrznych, podlega zanurzeniu w polu akustycznym bez różnic fazowych - w takich okolicznościach, ponad 90 % otrzymywanej energii mechanicznej odbija się od ciała.

OD CZEGO ZALEŻY I JAKI JEST PRÓG SŁYSZENIA INFRADŹWIEKÓW PRZEZ CZŁOWIEKA?



wartość progu słyszenia infradźwięków
zmienia się znacznie w funkcji
częstotliwości i wynosi od 85-88 dB dla
częstotliwości 20 Hz do 110-115 dB (a
nawet 140 dB) dla częstotliwości 1 Hz.

Wartości progów słyszenia sygnałów o częstotliwościach infradźwiękowych

Częstotliwość w Hz	Wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla progu słyszenia w dB	Wg autorów
1	140, 110-115	Papp, Yeowart
2	121, 115-140	Wysocki, Papp, Yeowart
4	107	Landstrom
6	100-110	Landstrom
8	100	Yamada, Landstrom
10	97	Landstrom
12	95	Landstrom
16	85-95, 92	Landstrom
18	80, 90	Yamada, Landstrom
20	79, 85, 88	Wysocki, Yamada, Landstrom

- Oznacza to, że infradźwięki o poziomie ciśnienia akustycznego niższym od podanych progów słyszenia nie powodują wrażenia słuchowego i nie są odczuwane przez człowieka.
- Na podstawie wielu badań stwierdzono, że infradźwięki o poziomie dźwięku G , L_G , mniejszym od 90 dB nie powodują żadnych dowiedzionych ujemnych skutków na organizm człowieka.



POCHODZENIE INFRADŹWIEKÓW



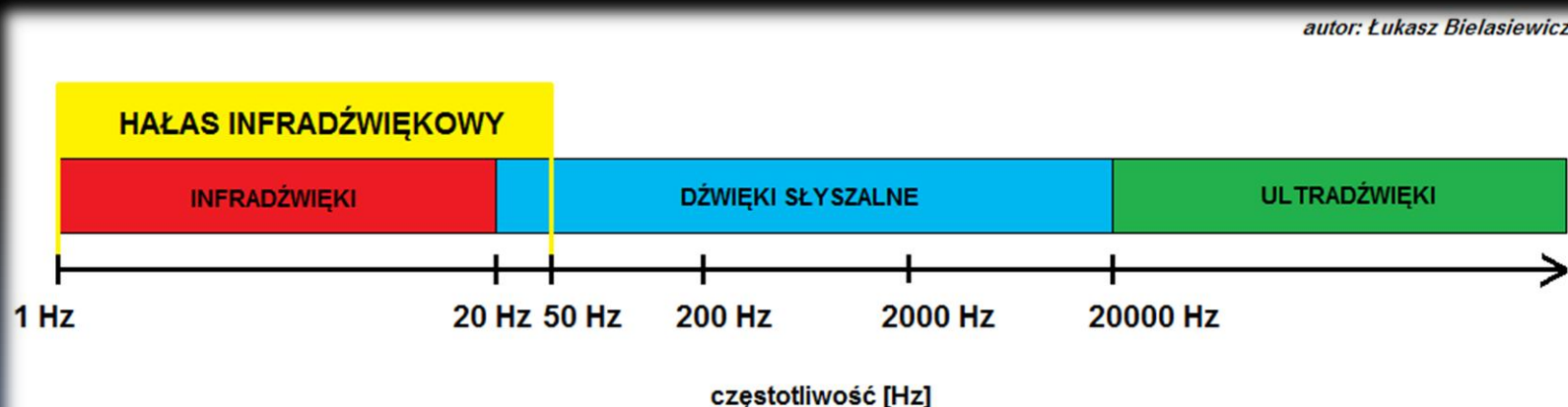




CZYM JEST HAŁAS INFRADŹWIĘKOWY?



Hałas infradźwiękowy to hałas, w którego widmie występują składowe o częstotliwościach infradźwiękowych (1-20 Hz) i częstotliwościach niskich słyszalnych do 50 Hz.



JAKIE SĄ FIZJOPATOLOGICZNE SKUTKI HAŁASU INFRADŹWIĘKOWEGO?

Infradźwięki, które spotykamy w nawet najbardziej hałaśliwych strefach przemysłowych, posiadają natężenia ledwie odczuwalne przez człowieka i w przeciwieństwie do częstotliwości słyszalnych, nie powodują jakichkolwiek, dowiedzionych patologicznych skutków słuchowych!

- w przypadku turbin wiatrowych, natężenie infradźwięków już w odległościach kilkudziesięciu metrów jest tak małe, że stają się niesłyszalne i nie wpływają one na zdrowie człowieka;
- infradźwięki, wytwarzane przez siłownię wiatrowe, mają bardzo umiarkowany charakter i nie stanowią zagrożenia dla ludzkiego zdrowia.

ODCZUWANE ZABURZENIA... CZY RZECZYWIŚCIE SĄ EFEKTEM PRACY TURBIN WIATROWYCH?

Niektórzy wskazują infradźwięki, z interpretacją, iż mogą one być generowane przez turbiny wiatrowe, przy czym natężenia miałyby być wystarczająco wysokie by wywoływać objawy natury przedsionkowej (zmęczenie, mdłości, bóle głowy).

Tego typu interpretacja musi brać pod uwagę następujące fakty:

1. Poziome natężenia infradźwięków, mierzone w bezpośrednim sąsiedztwie siłowni wiatrowych są bardzo małe;
2. Od tych zmierzonych, natężenia rzędu 1000 razy wyższe, zaledwie przekraczają próg słyszalności, a dopiero kolejne 1000 razy wyższe wywołują niewielkie, przejściowe reakcje przedsionkowe, które bywają obserwowane w przeprowadzanych eksperymentach.

INFRADŹWIĘKI OD SIŁOWNI WIATROWYCH

Przykład 1

Próg słyszalności człowieka na infradźwięki (1Hz-20 Hz) i niskich częstotliwości dźwięków słyszalnych

Hz	8	16	32	63	125
dB	105	95	66	45	29

W odległości 100m od turbiny wiatrowej o mocy 1 MW, zmierzono następujące wartości

Hz	8	16	32	63	125
dB	58	69	74	83	90

mierzone w odległości 100m od turbiny wiatrowej, poziomy dla niskich częstotliwości infradźwiękowych plasują się o ponad 30 dB poniżej progu ich słyszalności.

Przykład 2

Wyniki pomiarów hałasu infradźwiękowego, dla 9 siłowni o mocy 2MW.
Prędkość wiatru na wysokości gondoli wynosiła 9 – 11 m/s.

Nr pkt.	Filtr	Pomiar	Częstotliwość środkowa oktawy w Hz				
			2	4	8	16	31,5
1 przy wieży	G dBG	praca	70,4	82,2	91,1	100,1	80,4
		tło	55,6	67,0	74,0	77,1	55,7
	HP dB (Lin)	praca	98,9	98,2	95,1	92,1	84,4
		tło	84,1	83,0	78,0	69,1	59,7
2 w odl. 500m od wieży	G dBG	praca	56,4	66,7	74,2	78,4	57,8
		tło	55,8	63,4	72,4	76,1	58,0
	HP dB (Lin)	praca	84,9	82,7	78,2	70,4	61,8
		tło	84,3	79,4	76,4	68,1	62,0

wg. dr inż. Ryszard Ingielewicz, dr inż. Adam Zagubień – „Pomiary i analiza hałasu infradźwiękowego towarzyszące pracy elektrowni wiatrowych”



PANEL EKSPERTÓW- WNIOSKI

Wind Turbine Sound and Health Effects (D.W. Colby, R. Dobie, G. Leventhall, D.M. Lipscomb, R.J. McCunney, M.T. Seilo, B. Sondergaard, 2009).

Wibracje ciała człowieka wywołane dźwiękiem o częstotliwości rezonansowej, czyli takiej, która wywołuje wzrost amplitudy drgań organów wewnętrznych człowieka (serce, jama brzuszna, gałka oczna itp.) na który dźwięk oddziałuje, mają miejsce tylko w przypadku bardzo głośnych dźwięków, powyżej 100 dB. Biorąc pod uwagę poziom hałasu emitowanego przez turbiny wiatrowe, w ich przypadku z takimi zjawiskami nie mamy do czynienia

Hałas emitowany przez elektrownie wiatrowe nie stwarza ryzyka pogorszenia ani utraty słuchu. Z ryzykiem takim możemy mieć do czynienia dopiero wtedy, gdy poziom ciśnienia akustycznego przekracza poziom 85 dB. Hałas emitowany przez elektrownie wiatrowe nie przekracza tej granicy ciśnienia akustycznego

Przeprowadzone badania wykazały, że infradźwięki emitowane na poziomie od 40 do 120 dB nie wywołują negatywnych skutków zdrowotnych.

Negatywne oddziaływanie elektrowni wiatrowych na zdrowie i samopoczucie człowieka w wielu przypadkach wywołane jest przez tzw. efekt nocebo (przeciwieństwo efektu *placebo*).

Uczucie niepokoju, depresja, bezsenność, bóle głowy, mdłości czy problemy z koncentracją to objawy występujące u każdego człowieka i nie ma żadnych dowodów na to, że częstotliwość ich występowania wyraźnie wzrasta wśród osób mieszkających w sąsiedztwie farm wiatrowych, powodując tzw. „wind turbine syndrome”.

Efekt nocebo łączy występowanie tego typu objawów nie z potencjalnym źródłem poczucia takiego dyskomfortu z powodu turbin wiatrowych, ale z negatywnym nastawieniem do turbin i brakiem akceptacji ich obecności

Nie ma żadnych wiarygodnych badań i dowodów na to, by turbiny wiatrowe wywoływały tzw. chorobę wibroakustyczną (VAD – VibroAcoustic Disease) – jednostkę chorobową powodującą zaburzenia w całym organizmie człowieka.

Badania przeprowadzone na zwierzętach wykazały, że ryzyko zachorowania na tę chorobę pojawia się w przypadku ciągłej, co najmniej 13-tygodniowej ekspozycji na dźwięki o niskich częstotliwościach, emitowane na poziomie ok. 100 dB, czyli o poziomie ok. 50-60 dB wyższym od tego, który emitują turbiny wiatrowe.

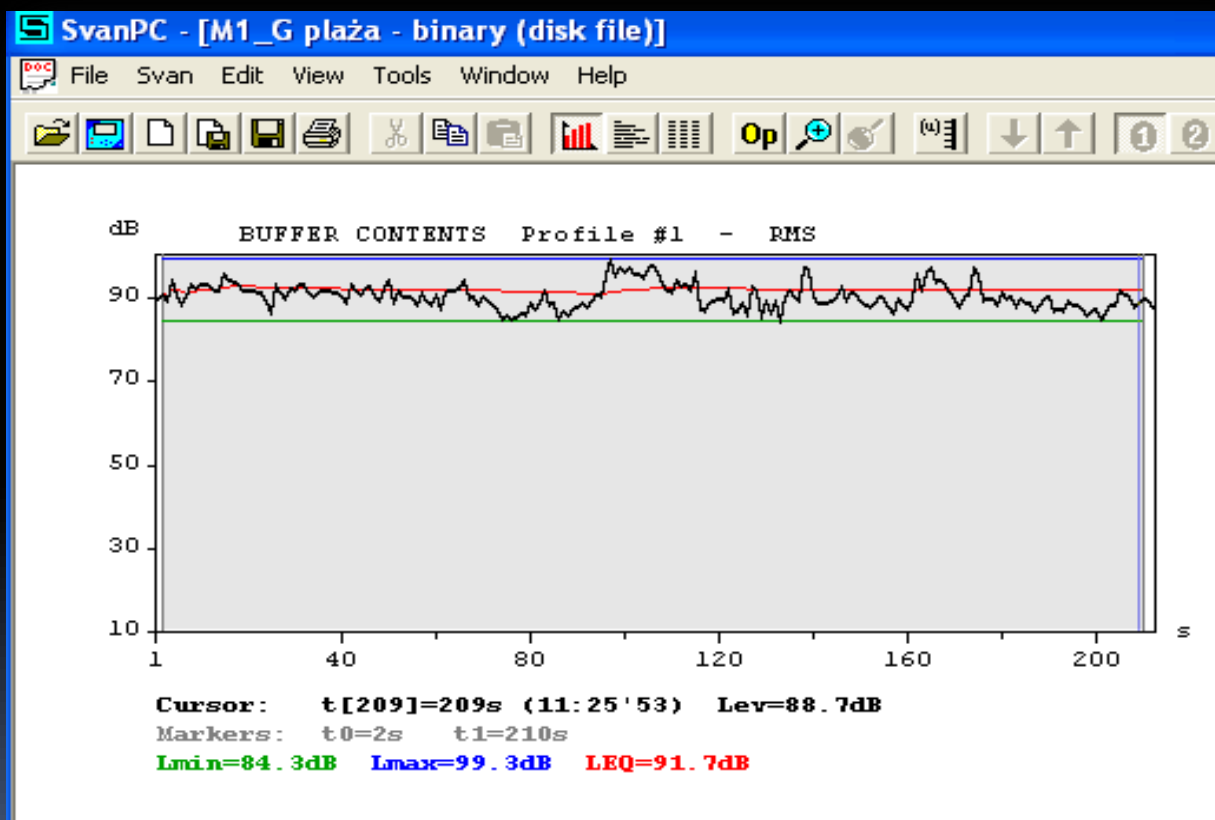
„Wind turbine syndrome” opiera się na niewłaściwej interpretacji danych fizjologicznych osób potencjalnie cierpiących na tę jednostkę chorobową. Jego zidentyfikowane objawy w rzeczywistości składają się na tzw. zespół rozdrażnienia, który może być wywołany przez wiele czynników i którego nie można wiązać tylko i wyłącznie z obecnością farm wiatrowych

W kwestii dźwięków emitowanych przez turbiny wiatrowe, większość naukowców jest zgodnych – nie ma przekonujących dowodów na to, by hałas czy infradźwięki, których źródłem są elektrownie wiatrowe, wywierały negatywny wpływ na zdrowie lub samopoczucie człowieka, o ile turbiny nie są lokalizowane zbyt blisko miejsc stałego przebywania ludzi

POMIARY HAŁASU INFRADŹWIĘKOWEGO POCHODZĄCEGO OD MORZA NA PLAŻY W DĘBKACH



- Poziom dźwięku G hałasu infradźwiękowego tła akustycznego na plaży w Dębках, zmierzony we wrześniu 2008 r., przy stanie morza 1-2 i prędkości wiatru 4 m/s.
- Wartość hałasu infradźwiękowego, dla czasu pomiaru 200 s, wyniosła $L_{Geq}=91,7$ dB, wartość maksymalna $L_{Gmax}=99,3$ dB a wartość minimalna $L_{Gmin}=84,3$ dB.



wg. Dr Włodzimierz Bandera, mgr Łukasz Bielasiewicz – pomiary własne

BIBLIOGRAFIA

1. Reperkusje funkcjonowania siłowni wiatrowych na zdrowie człowieka. Claude-Henri Chouard - członek Francuskiej Narodowej Akademii Medycyny, Paryż 2005.
2. Wind Turbine Sound and Health Effects, An Expert Panel Review, December 2009.
3. PN-86/N-01338 Hałas infradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
4. ISO 7916:1989 - Forestry machinery -- Portable brush-saws -- Measurement of hand-transmitted vibration.
5. Emisja infradźwięków przez projektowaną na Bałtyku w okolicach Dębek i Karwi morską farmę wiatrową Pomorze. Włodzimierz Bandera, Łukasz Bielasiewicz. Gdańsk 2008.

DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ