



UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich
w Bydgoszczy



URZĄD MARSZAŁKOWSKI
WOJEWÓDZTWA
KUJAWSKO-POMORSKIEGO
W TORUNIU



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Praca wykonana na zlecenie Urzędu Marszałkowskiego
Województwa Kujawsko-Pomorskiego w Toruniu
Badania sfinansowano ze środków Województwa Kujawsko-Pomorskiego
oraz Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Toruniu.



**„Wpływ siłowni wiatrowych na zachowanie się,
wyniki produkcyjne oraz jakość mięsa świń i gęsi na
przykładzie siłowni wiatrowej w miejscowości Rypałki,
gmina Rypin, województwo kujawsko-pomorskie”**

Prof. dr hab. Jan Mikołajczak - Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
Prof. dr hab. Grażyna Odrowąż-Sypniewska - Collegium Medicum UMK w Toruniu
Dr hab. Alina Woźniak, prof. UMK - Collegium Medicum UMK w Toruniu
Dr inż. Sylwester Borowski - Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

BYDGOSZCZ 2013

SPIS TREŚCI

1.	WSTĘP	3
2.	WPROWADZENIE (opis przedmiotu, głównych założeń badania, opis okoliczności towarzyszących badaniu).....	6
3.	CEL BADAŃ	7
4.	UREGULOWANIA PRAWNE DOTYCZĄCE WYKORZYSTYWANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII	8
5.	STAN ENERGETYKI WIATROWEJ W UE I POLSCE	11
6.	ODDZIAŁYWANIE SIŁOWNI WIATROWEJ NA ORGANIZMY ŻYWE.....	17
7.	METODYKA BADAŃ	27
7.1.	Czas i miejsce badań.....	27
7.2.	Dobór zwierząt doświadczalnych	28
7.3.	Pomiary hałasu	29
8.	WYNIKI BADAŃ.....	32
8.1.	Pomiar drgań.....	32
8.2.	Pomiary hałasu	36
8.3.	Zachowanie się zwierząt w czasie badań.....	41
8.4.	Wzrost i rozwój zwierząt.....	42
8.5.	Jakość mięsa	45
8.6.	Badania hematologiczne krwi	47
9.	WNIOSKI.....	51
10.	POSŁOWIE.....	52
	LITERATURA	53

1. WSTĘP

Województwo Kujawsko-Pomorskie jest jednym z wiodących regionów kraju w dziedzinie rolnictwa. Zajmuje jedno z przodujących miejsc w hodowli świń, a także jest bezsprzecznym liderem w chowie gęsi.

Polska gęś często jest nazywana kołodzką lub owsianą. Kołodzka, ponieważ około 98% populacji pochodzi z Kołudy Wielkiej z Instytutu Zootechniki PIB, który znajduje się pod Inowrocławiem, natomiast owsianą, bo na 3 tygodnie przed ubojem gęsi karmione są tylko owsem. Rocznie w Polsce ubija się około 7 mln gęsi, co daje to ok. 22 mln ton mięsa drobiowego. Dawniej gęsi utrzymywano prawie w każdym gospodarstwie rolnym, ze względu na pozyskiwane pierze, jednak obecnie uległo to zmianie, ze względu na niskie zainteresowanie pierzem.

W przypadku produkcji trzody chlewnej region Kujawsko-Pomorski jest również zauważalny. Tutaj mieści się Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej POLSUS. Nasze województwo jest eksporterem wieprzowiny. Tutaj są siedzibę mają zakłady mięsne i przetwórnice. Na terenie Województwa Kujawsko-Pomorskiego funkcjonują czołowe w kraju Ośrodki Hodowli Zarodowej.

Z tych względów wpływ czynników antropopresyjnych, jakimi są siłownie wiatrowe na obydwie gatunki zwierząt użytkowych stanowiły tematykę niżej opisanych działań.

Fale dźwiękowe dzielą się na infradźwięki, dźwięki słyszalne oraz ultradźwięki [Pawlas, 2009]. Infradźwięki są to takie dźwięki, których widmo zawarte jest głównie w paśmie częstotliwości od 1 do 20 Hz [Augustyńska, 2009]. Odbierane są nie, jako słyszenie tonów w „normalnym” sensie, ale jako dudnienie oraz uczucie „nacisku” w uszach [Pawlas, 2009]. Źródła infradźwięków są dwójakiego pochodzenia - naturalnego, związanego ze zjawiskami przyrody oraz sztucznego, czyli generowanego przez maszyny i urządzenia [Augustyńska, 2009]. Coraz częściej spotykanym źródłem infradźwięków są elektrownie wiatrowe. Poziom hałasu emitowanego przez siłownie wiatrowe rośnie ze wzrostem prędkości wiatru i maleje w miarę oddalania się od turbiny. Jego wartości wahają się w granicach od 100 do 107 dB przy turbinie [Pawlas, 2009], a w odległości 300 metrów od turbiny poziom hałasu mieści się w przedziale 45-50 dB [Kaliski, 2009].

Obecnie brakuje przepisów europejskich i międzynarodowych dotyczących wartości granicznych ekspozycji na infradźwięki [Augustyńska, 2009]. Wyniki badań

przeprowadzonych na zwierzętach, sugerujące dużą uciążliwość i szkodliwość infradźwięków [Buxton, 2006], skłaniają do wyznaczenia bezpiecznych poziomów wartości hałasu.

Wpływ infradźwięków na zwierzęta był powszechnie badany w warunkach laboratoryjnych. Do badania skutków oddziaływania infradźwięków na organizm wykorzystano myszy, szczury, świnki morskie, szynszyle, psy, małpy i inne ssaki. Efekty fizjologiczne infradźwięków zależą od ich poziomów [Augustyńska, 2009]. U zwierząt pod wpływem infradźwięków zaobserwowano negatywne zmiany w układzie sercowo-naczyniowym (zweżenie tętnic i naczyń wieńcowych) [Alekseev i in., 1985] w mózgu (u szczurów i świnek morskich zmiany typu mikrourazów przy częstotliwości 8 Hz na poziomie 120 i 140 dB przy użyciu 40-dniowej ekspozycji) [Nekhoroshev i Glinchikov, 1992] oraz w płucach (pogrubienie pęcherzyków płucnych i wypełnienie erytrocytami gronek, a przy natężeniu o wyższej częstotliwości nawet częściowe zniszczenie gronek i przerwanie ściany naczyń krwionośnych) [Svidivyi i Glinchikov, 1987]. Infradźwięki o bardzo dużym natężeniu mogą doprowadzić do poważnego uszkodzenia struktur ucha. U szynszyli takie zmiany obserwowane są po ekspozycji na infradźwięki o poziomie 172 dB po 60 min dla częstotliwości 1 Hz i po 7,5 min dla częstotliwości 8 Hz [Johnson, 2007]. Ekspozycja ciągła powoduje poważniejsze zmiany od ekspozycji przerywanej. Przy stałym narażeniu na infradźwięki o częstotliwości 0,5 Hz i poziomie 95 dB do uszkodzeń słuchu u szynszyli dochodzi od 20-dniowej do 432-dniowej ekspozycji [Bohn i Harding, 2000]. U ludzi narażonych na ekspozycję na infradźwięki zanotowano zmiany psychologiczne [Pawlas, 2009]. Przy ekspozycji o częstotliwości 6 i 16 Hz o poziomie o 10 dB wyższych od progu słyszenia zanotowano znużenie i zaburzenie w stanie czuwania na skutek zmian w ośrodkowym układzie nerwowym [Landstrom i in., 1983].

W warunkach naturalnych infradźwięki mogą powodować negatywny wpływ na zachowanie, zdolności komunikacyjne oraz zdrowie i zdolność przeżycia ptaków [Barber i in., 2010]. W przypadku osobników wolnożyjących, zasiedlających obszary w bezpośrednim sąsiedztwie turbiny, hałas może zakłócać komunikację zwierząt i ich zdolność do rozpoznawania drapieżników [Rabin i in., 2006]. Dźwięki zwierząt wydawane w celu ustanowienia terytorium lub znalezienia partnera mogą być maskowane. Hałas może zmienić skład ptasiej populacji i zmniejszyć różnorodność gatunków podczas gniazdowania [Francis i in., 2009]. Szczególnie niebezpieczny skutek hałasu można obserwować u zagrożonych gatunków nietoperzy - hałas szerokopasmowy zakłóca ich zdolność słyszenia

szelestu poruszającej się potencjalnej ofiary, a zatem i zdolność do żerowania [Schaub i in., 2008]. Psy i koty są mniej wrażliwe na infradźwięki [Lim i in., 1982]. W przypadku zwierząt żyjących w ogrodzeniu, utrzymywanych bez możliwości swobodnego poruszania się, hałas może prowadzić do zwiększenia poziomu stresu [Flydal i in. 2004]. U zwierząt domowych takich jak owce czy też konie, hałas z turbin wiatrowych na poziomie 60-75 dB może powodować przyspieszenie oddechu, szybsze tętno, zwiększoną czujność i skrócenie czasu wypasu [Ames i Arehart, 1972]. Zaobserwowano również zwiększone wydzielanie kortyzolu u owiec, jako odpowiedź na stres wywołany narażeniem na infradźwięki [Harlow i in., 1987]. Wpływ źródła stresu w postaci hałasu na zmianę poziomu kortyzolu we krwi został udowodniony również u innych gatunków. Brakuje jednak większej ilości badań obrazujących wpływ hałasu emitowanego przez siłownie wiatrowe na zwierzęta gospodarskie.

2. WPROWADZENIE (opis przedmiotu, głównych założeń badania, opis okoliczności towarzyszących badaniu).

Trzoda chlewna jest ważnym gatunkiem zwierząt gospodarskich. Świadczy za tym duża liczebność pogłowa na świecie, a także w Polsce oraz duże znaczenie wieprzowiny w żywieniu ludności. Wielkość pogłowa trzody chlewnej zależy przede wszystkim od dwóch czynników, takich jak: zasoby paszowe ważne do wyżywienia tego gatunku oraz tradycje kulinarne. Wieprzowiny, ze względu na wyznanie, nie konsumują narody muzułmańskie i żydzi, uważając świnie za „zwierzęta nieczyste”. Dlatego ok. 28% ludności na świecie nie spożywa mięsa wieprzowego. W czasach występowania głodu dąży się do dostarczenia ludziom chleba, ziemniaków, tłuszczu a na końcu mięsa [Grudniewska, 1987].

Gęsi należą do ptaków domowych, u których do chwili obecnej nie udało się ujawnić wszystkich możliwości produkcyjnych, mimo, że w ostatnich latach zwiększyło się zainteresowanie tym gatunkiem i zanotowano znaczny postęp w technologii utrzymania tych ptaków.

Efektywność produkcji gęsi zależy od osiągnięć hodowlanych oraz od precyzyjnego określenia potrzeb środowiskowych, żywieniowych i profilaktyki chowu. W systemie ekstensywnym gęsi odznaczają się mniejszymi, w porównaniu z innymi gatunkami ptaków gospodarskich, wymaganiami pokarmowymi i środowiskowymi. Dzięki temu występują często w małych gospodarstwach rolnych. Za wadę uważa się ujemną reakcję gęsi na intensyfikację produkcji i stosunkowo krótki okres reprodukcji, chociaż w ostatnich latach przedłużono czas ich użytkowania w jednym okresie reprodukcji i znacznie zawyżono wskaźniki produkcyjne.

Gąsienia odznaczają się szybkim wzrostem, dobrym wykorzystaniem paszy i małą śmiertelnością, co zapewnia wysokie wyniki produkcyjne. Tuszki gęsi tuczonych owsem wyróżniają się walorami smakowymi i jako takie stanowią produkt eksportowy. Polska gęś znana jest na rynkach krajów Europy Zachodniej. Rozwój produkcji gęsi wiąże się ze zwiększeniem zapotrzebowania krajowego i eksportu. Realizacja programu hodowli gęsi w kraju od szeregu lat, a także wielu doświadczeń z zakresu rozrodu, sztucznego unasieniania i techniki lęgu oraz żywienia i utrzymania gęsi przyczyniła się do zwiększenia efektywności produkcji tego gatunku ptaków gospodarskich.

3. CEL BADAŃ

Przedmiotem opracowania jest przegląd zagrożeń związanych z funkcjonowaniem siłowni wiatrowych na organizmy żywe funkcjonujące w bezpośrednim ich sąsiedztwie. Podstawą opracowania jest stan prawny i technologiczny branży energetyki wiatrowej, funkcjonujący wg wiedzy autorów na miesiąc sierpień 2011 roku. Przy jego tworzeniu posłużono się dostępnymi wydawnictwami książkowymi, periodykami fachowymi, raportami firm doradczych i stowarzyszeń branżowych oraz innymi opracowaniami i referatami z zakresu odnawialnych źródeł energii. W części doświadczalnej wykorzystano badania własne, których metodyka została zaprezentowana poniżej. Jako zwierząt doświadczalnych użyto gęsi (60 szt.) oraz świń (30 szt.).

4. UREGULOWANIA PRAWNE DOTYCZĄCE WYKORZYSTYWANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

Apel w sprawie ochrony środowiska na poziomie międzynarodowym został zapoczątkowany w 1968 roku od Raportu Klubu Rzymskiego o tytule Granice Wzrostu. Od tamtych wydarzeń, temat ochrony środowiska stał się kwestią istotną. W tym celu zwoływano konferencje, które omawiały wszystkie szczegóły, czyli plany i zadania społeczności międzynarodowej. Pierwsza odbyła się w Sztokholmie w 1972 roku [Lewandowski, 2007]. Jednakże najistotniejszymi dla Ziemi były cele, jakie wyznaczyła konferencja w Nowym Jorku w 1992 roku, gdyż został tam stworzony fundament dla całego systemu ochrony klimatu oraz długofalowe zamierzenia dążące do transformacji gospodarki poprzez stabilizację emisji gazów cieplarnianych. Kolejna konferencja odbyła się w 1992 roku w Rio de Janeiro (nazywana Szczytem Ziemi), której celem było uświadomienie przedstawicielom wszystkich uczestniczących 172 państw, jakie spustoszenie w środowisku naturalnym niesie za sobą ekonomiczny rozwój świata [Materiały konferencyjne Przysiek 30 września 2010]. Z kolei konferencja w Kioto w 1997 roku, z której najważniejszą częścią stał się Protokół z Kioto, zakładała redukcję emisji CO₂ na lata 2008 - 2012 do co najmniej 5% w stosunku do 1990 roku. Ów protokół podpisały tylko te państwa, które przyjęły konwencję z Rio de Janeiro z 1992 roku, zobowiązując się tym samym do przestrzegania limitów gazów uwalnianych do atmosfery [Materiały konferencyjne Przysiek 30 września 2010]. Konferencja w Johannesburgu z 2002 roku, odbyła się pod hasłem „RIO+IO i co dalej?”. Celem jej było poinformowanie opinii publicznej o rzeczywistych zagrożeniach. Wszystkie Szczyty - bo tak nazywano konferencję ONZ, były swego rodzaju próbą zbitcia kapitału politycznego na ekologii oraz stworzenia z niej nowej wiary. Istotnym celem było poinformowanie opinii publicznej o istniejących zagrożeniach oraz stworzenie strategii zrównoważonego rozwoju w postaci Agendy 2, według której najważniejszą kwestią jest ograniczenie negatywnego wpływu sektora energetycznego na środowisko.

Państwa, które podpisały końcowe dokumenty z Kioto i Johannesburga zobowiązały się do zwiększenia produkcji energii elektrycznej przez zastosowanie odnawialnych źródeł energii do 12 % do 2010 roku oraz na ograniczeniu emisji

CO₂ o 8% w stosunku do roku 1999. Lata dziewięćdziesiąte stały się czasem znacznego wzrostu świadomości ekologicznej świata. Obecnie jest to jeden z najważniejszych tematów polityki wszystkich państw [Lewandowski, 2007].

Akty prawne Unii Europejskiej względem polityki energetycznej.

Za postawę prawną ustawodawstwa Unii Europejskiej uważa się Białą Księgę z listopada 1997 roku – „Energia dla przyszłości: odnawialne źródła energii”. Na podstawie tego dokumentu, podkreślono konieczność podwojenia udziału energii w bilansie paliwowo-energetycznym pochodzących ze źródeł odnawialnych z 6% do 12% do roku 2010. Jednakże sam dokument pokazuje tylko strategię, a poszczególne Państwa muszą same zdecydować jakie rozwiązania będą dla nich najlepsze. Korzyści płynące z realizacji postanowień Białej Księgi, to przede wszystkim wzrost bezpieczeństwa energetycznego, ochrona środowiska naturalnego, nowe miejsca pracy, regionalny rozwój gospodarczy [Gumula, 2008].

Celem Zielonej Księgi „Ku europejskiej strategii bezpieczeństwa energetycznego” z roku 2000 było zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego, na który ma wpływ zwiększenie wykorzystania źródeł alternatywnych. Rozpoczęła się również trwająca do dnia dzisiejszego debata o bezpieczeństwie energetycznym [Materiały konferencyjne Przysiek 30 września 2010 roku].

Istotnym wydarzeniem było wprowadzenie w życie Dyrektywy 2001/77/WE w sprawie promocji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych na wewnętrznym rynku energii. Komisja Europejska stwierdziła, że odnawialne źródła energii są wykorzystywane w stopniu niewystarczającym. W tym celu zostały wprowadzone zamierzenia pozyskiwania energii elektrycznej z OZE na rynku Unii Europejskiej do 22,1%. Istotnym jest, że poszczególne państwa mają odrębne cele do zrealizowania w tej kwestii [Gumula, 2008].

Kolejnym ważnym dokumentem, który wprowadzono w życie, była Dyrektywa 2003/30/WE w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 w sprawie promowania, stosowania energii ze źródeł odnawialnych, jako dwa najważniejsze cele: zwiększenie bezpieczeństwa dostaw energii oraz ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Został określony ogólny cel wspólnotowy dotyczący 20% udziału OZE w całkowitym zużyciu energii oraz 10% udział biopaliw w transporcie, ale również zagwarantowanie pewności dla inwestorów. Dyrektywa

przewiduje również kryteria zrównoważonego rozwoju w produkcji biopaliw i biopłynów. Oznacza to, iż taka produkcja nie może mieć negatywnego wpływu na środowisko naturalne. W tym celu został wprowadzony obowiązkowy system certyfikacji od 2011 roku. Dyrektywa wprowadziła dolne granice emisji gazów cieplarnianych, przyjmując że do końca 2016 roku będzie wynosiła ona 35%, a od stycznia 2017 roku - 50%, od stycznia 2018 roku - 60 % (dla instalacji działających od 1 stycznia 2017 roku).

Akty prawne dotyczące odnawialnych źródeł energii w Polsce.

Polityka ekologiczna Polski stała się sprawą istotną po zmianach ustrojowych, które dokonały się po roku 1989. Świadomość ekologiczna społeczeństwa jest czynnikiem niezwykle znaczącym dla przyszłych pokoleń. Z uwagi na fakt, iż przez lata środowisko naszego kraju ulegało przyzwolonej degradacji, obecnie odnawialne źródła energii zyskały na znaczeniu. W tym celu zostały wprowadzone w życie akty prawne w polskim prawodawstwie, które wyznaczają kierunki ekologicznej drogi Polski [Lewandowski, 2007].

Ustawa o Prawie energetycznym z dnia 10 kwietnia 1997 roku przewiduje obowiązujące w Polsce reguły gry rynkowej, określa cele prawa energetycznego, a przejawia się to przez zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego całego państwa, a także oszczędnego i racjonalnego użytkowania, zarówno energii jak i paliw. Istotnym celem ustawy był zapis dotyczący przeciwdziałania skutkom monopoli, wprowadzono też regulacje dotyczące wprowadzania umów międzynarodowych. Ustawa gwarantuje dbałość o interesy, zarówno przedsiębiorstw energetycznych jak i odbiorców energii, paliw. Istotnym jest, że ustawa przewiduje obowiązek wykupu w całości energii produkowanej z OZE, wytworzonej energii elektrycznej oraz system świadectw pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych. [Ustawa, 2010 rok].

Z uwagi na fakt, iż Polska od 1 maja 2004 roku jest pełnoprawnym członkiem Unii Europejskiej, konieczne jest przestrzeganie wydawanych dyrektyw i tak Dyrektywa 2009-28-WE określa cele dla Polski w postaci 15% udziału energii odnawialnej w całkowitym bilansie do 2020 roku oraz 10% udział biopaliw w paliwach transportowych do 2020 roku. Aktualnie trwają prace nad przygotowaniem ustawy dotyczącej odnawialnych źródeł energii w naszym kraju. Oczekiwania producentów i całego środowiska gospodarczego są bardzo duże.

5. STAN ENERGETYKI WIATROWEJ W UE I POLSCE

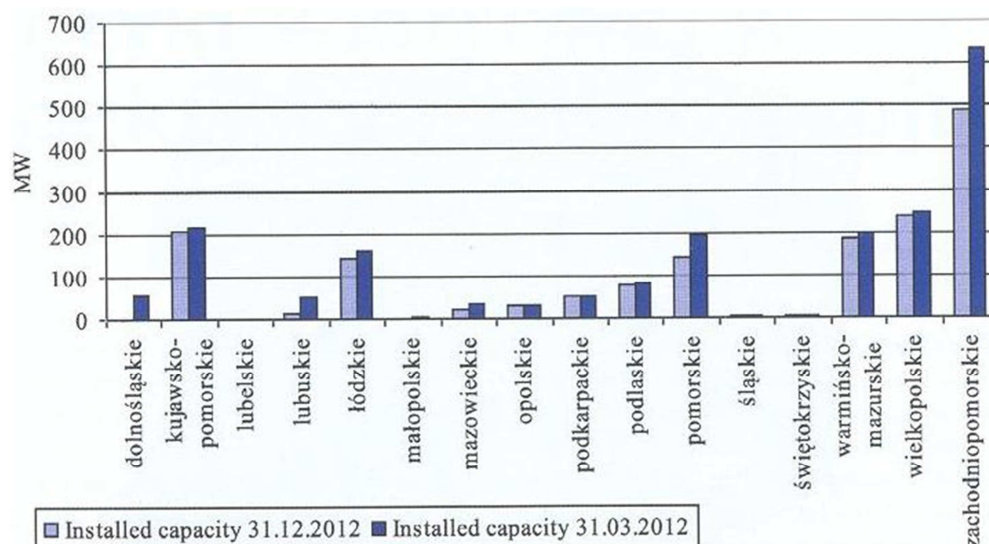
Energia ruchu atmosfery, czyli energia wiatru, jest przekształconą formą energii słonecznej. Wiatr jest wywołany przez różnicę w nagrzewaniu, lądów, mórz, biegunów i równika, czyli przez różnicę ciśnień, między poszczególnymi strefami cieplnymi oraz przez siłę Coriolisa, związaną z obrotowym ruchem Ziemi. Ocenia się, że ok. 1 - 2% energii słonecznej dochodzącej do Ziemi, ulega przemianie na energię kinetyczną wiatru, stanowi to moc ok. 2700 TW. Około 25% tej energii, przypada na stumetrowej grubości warstwę powietrza atmosferycznego, otaczającego bezpośrednio powierzchnię Ziemi. Wiatry wiejące nad powierzchnią lądów (jeśli uwzględni się różne rodzaje strat oraz możliwości rozmieszczania instalacji wiatrowych) mają potencjał energetyczny o mocy ok. 40 TW. Tylko 10% tej wartości przewyższa cały potencjał śródlądowej energii wodnej i wynosi ok. 20 razy więcej niż obecna moc zainstalowanych na świecie elektrowni.

Tabela 1. Moc zainstalowana i energia wyprodukowana w elektrowniach wiatrowych w wybranych krajach UE w latach 2009/10 [Michałowska-Knap, 2013]

Kraj	2009 MW	2010 MW	Przyrost MW	Energia 2009 TWh	Energia 2010 TWh
Niemcy	25 719,4	27 214,7	1 551,1	38,639	36,500
Hiszpania	19 160,1	20 676,0	1 515,9	37,773	42,976
Dania	3 482,0	3 800,0	318,0	6,715	7,808
Włochy	4 897,9	5 797,0	899,1	6,543	8,374
Anglia	4 424,0	5 203,8	779,8	9,304	11,440
Portugalia	3 326,0	3 897,8	571,8	7,577	8,852
Francja	4 626,0	5 660,0	1 034,0	7,819	9,600
Polska	724,7	1 185,0	460,3	1,029	1,980
UE	75 106,4	84 339,0	9 301,3	132,828	147,033

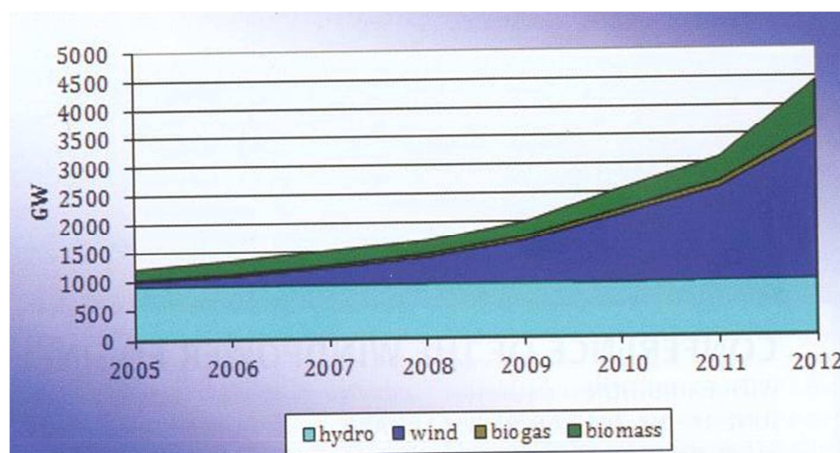
Wiatr z punktu widzenia możliwości wykorzystania go do celów energetycznych, charakteryzują dwie wielkości: prędkość i powtarzalność. Ponieważ prędkość wiatru jest najmniejsza przy ziemi i wzrasta wraz z wysokością, siłownie wiatrowe umieszcza się na wysokości od kilkunastu do ok. 100 m. Optymalna średnia prędkość wiatru do wykorzystania energetycznego wynosi $4 - 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Ograniczenia ze względu na prędkość wiatru, wynikają z minimalnej prędkości, przy której wytworzony zostanie odpowiednio duży moment obrotowy (siła aerodynamiczna) oraz maksymalnej prędkości, po przekroczeniu, której wytworzony moment obrotowy może spowodować mechaniczne uszkodzenie turbiny wiatrowej.

Z danych zawartych w tabeli 1 wynika, że w UE zainstalowano w roku 2009 ponad 75 106 MW mocy i wyprodukowano w elektrowniach wiatrowych ponad 132 TWh. W roku 2010 przyrost ten wyniósł odpowiednio o około 12% oraz o około 10,7%. Z danych tych wynika również, że największą dynamikę zaobserwowano w Polsce (92% - głównie repoweringu). W pozostałych badanych krajach tempo zwiększania potencjału energii wiatrowej było wyraźnie mniejsze (np. Francja 23%, Hiszpania 13,7%). U naszych zachodnich sąsiadów udział energii wiatrowej uległ w ostatnim roku zmniejszeniu (-6%). Gwałtowny wzrost potencjału sektora wiatrowego uległ najwyraźniejszemu wzrostowi w naszym kraju. Obserwując rozwój infrastruktury energii wiatrowej w naszym kraju zauważyć można duże dysproporcje. Analizując rozkład projektów wiatrowych w poszczególnych regionach Polski zauważyć można duże zróżnicowanie pomiędzy poszczególnymi województwami. Na rycinie 1 wykazano, że do województw przodujących należą: zachodniopomorskie, wielkopolskie oraz kujawsko-pomorskie. W pozostałych regionach przyrost liczby siłowni wiatrowych jest minimalny.



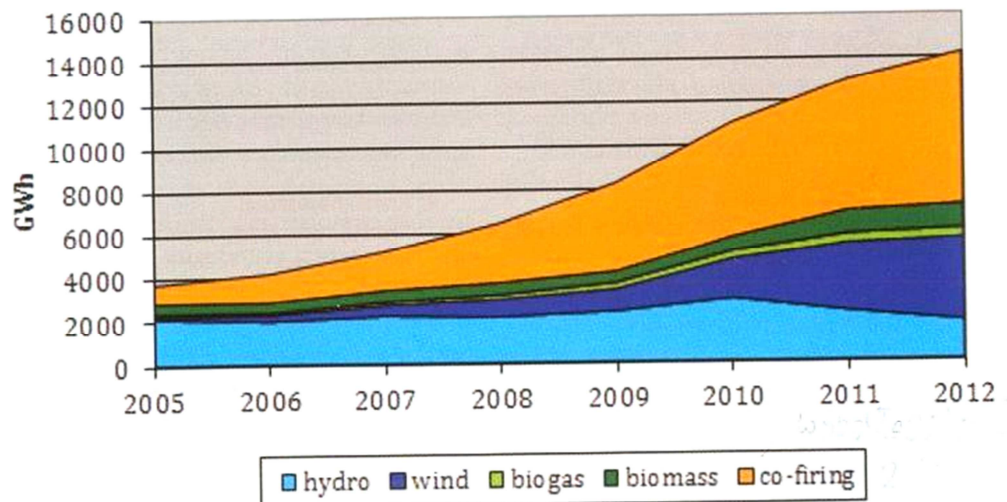
Rycina 1. Moc zainstalowana farm wiatrowych w Polsce, 2011 i 2012 [URE].

Obserwując wzrost wykorzystania energii z OZE w Polsce stwierdzić można, że w ostatnim 7-leciu główny wzrost zainstalowanej mocy miał miejsce w energii wiatrowej (ryc. 2). W przypadku energii wodnej, biogazu oraz biomasy nie zaobserwowano tak wyraźnych zmian w ostatnich latach.

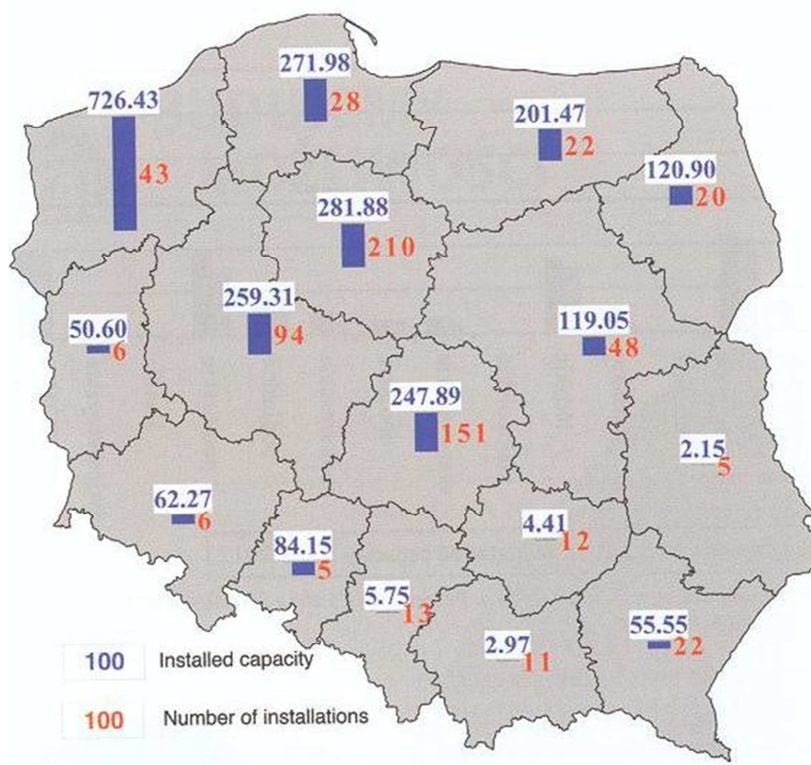


Rycina 2. Moc zainstalowana w energii elektrycznej w Polsce 2005-2012 [Michałowska-Knap, 2013]

Analizując poziom produkcji energii w Polsce ze źródeł odnawialnych zauważyć można, że dominującą formą jest co-firing (czyli współspalanie z węglem). Na przestrzeni ostatnich lat zauważono sukcesywny wzrost tej metody pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych (ryc. 3).



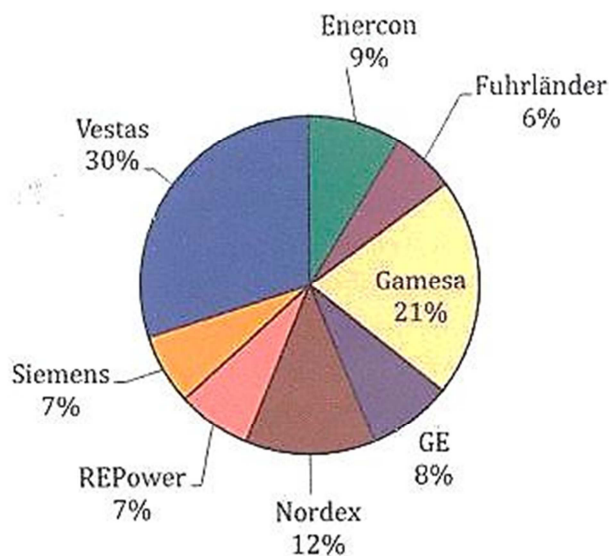
Rycina 3. Produkcja energii ze źródeł odnawialnych w Polsce 2005-2012 [oszacowanie IE0].



Rycina 4. Rozkład projektów wiatrowych w regionach Polski, koniec 2012 roku [Michałowska-Knap, 2013].

Chcąc przeanalizować rozlokowanie siłowni wiatrowych w naszym kraju można dokonać tego przedstawiając liczbę instalacji w każdym województwie oraz podając ich moc. Z danych zaprezentowanych na rycinie 4 wynika, że największą liczebnością siłowni wiatrowych w kraju może się poszczycić województwo kujawsko-pomorskie (210 instalacji wiatrowych) w porównaniu do województw południowo-wschodnich (np. województwa lubelskie i opolskie po 5 elektrowni wiatrowych). Drugą metodą oceny nasycenia siłowni wiatrowych jest ilość zainstalowanej mocy, gdzie bezsprzecznym liderem jest województwo zachodniopomorskie – 726,43 MW (dla porównania w województwie lubelskim – 2,15 MW).

Analizując pochodzenie turbin wiatrowych w naszym kraju należy stwierdzić, że ich producentami jest 8 międzynarodowych koncernów. Największy udział posiada Vestas (30%) oraz Gamesa (21%) (ryc. 5). Z ubolewaniem należy stwierdzić, że dotychczas dominującą metodą pozyskiwania siłowni jest remontowanie używanych turbin wiatrowych (tzw. repowering). Ponad połowa zainstalowanych siłowni wiatrowych w naszym kraju, charakteryzuje się ponad 20 letnim stażem (wiekiem). Wiadomość ta została podana na VIII Konferencji i Targach PSEW w Serocku, która odbyła się w dniach 24-25 kwietnia 2013 roku.



Rycina 5. Udział poszczególnych producentów turbin wiatrowych w realizowanych projektach farm wiatrowych w Polsce w 2011 [Michałowska-Knap, 2013].

W chwili obecnej większość energii z OZE (ponad 50%) produkowana jest we współspalaniu z węglem. Ze względu na mało ambitne cele ilościowe w latach 2010 - 2012 oraz brak spodziewanego wzrostu zużycia energii elektrycznej w Polsce, a także znaczący przyrost nowych inwestycji w latach 2011 - 2012 wytworzyła się znacząca nadpodaż świadectw pochodzenia, oraz powiązany z nią spadek cen świadectw na Towarowej Giełdzie Energii, nawet do ok. 100 PL za MWh (trzykrotny spadek w porównaniu do cen z pierwszej połowy 2012 roku).

Dalszy rozwój rynku jest trudny do prognozowania, jako, że system TGE w przypadku Rynku Praw Majątkowych nie działa w pełni na zasadach giełdowych. Jednakże, jak pokazują symulacje, w przypadku braku szybkiej decyzji o procedowaniu ustawy o OZE w kształcie zbliżonym do propozycji z 5 października, obecne tendencje cenowe utrzymają się do 2014 roku (zależy to od dokładnej daty wejścia w życie ustawy i konkretnych jej zapisów).

Energetyka wiatrowa zanotowała do września 2012 roku rekordowy przyrost mocy zainstalowanej. Jest to spowodowane zarówno realizacją inwestycji, które uzyskały finansowanie (w tym dotacje ze środków UE) przed ogłoszeniem pierwszego projektu Ustawy o OZE, jak i przyspieszeniem działań inwestycyjnych w celu utrzymania współczynnika korekcyjnego równego 1 po wejściu w życie ew. nowych regulacji prawnych. Należy się jednak spodziewać, że to tempo wzrostu jest jedynie efektem przejściowym i już w roku 2013 może osłabnąć, ze względu na trudności z pozyskaniem finansowania. Instytucje finansujące już obecnie wykazują daleko idącą ostrożność przy podejmowaniu decyzji o kredytowaniu inwestycji wiatrowych, ze względu na utrzymujący się od ponad pół roku spadek cen ŚE na giełdzie oraz niepewność, co do kierunku zmian prawa. Uwzględniając stan rozwoju obecnie realizowanych projektów wiatrowych można założyć, że całkowita moc zainstalowana w energetyce wiatrowej na koniec 2013 roku (współczynnik korekcyjny=1) sięgnie 3000 MW.

6. ODDZIAŁYWANIE SIŁOWNI WIATROWEJ NA ORGANIZMY ŻYWE

Hałas słyszalny - hałas jest wynikiem nakładania się różnych dźwięków, które odbieramy jako pozbawione ładu. W rozumieniu potocznym jest rozumiany jako każdy przeszkadzający nam dźwięk. Wpływ hałasu na organizm ludzki jest różny, lecz przede wszystkim atakuje on układ nerwowy. Jest tym bardziej niebezpieczny, że jego skutki rzadko ujawniają się od razu, częściej kumulują się w czasie. Hałas oddziałuje na organizmy żywe w dwojaki sposób. Pierwszym i najczęściej zauważalnym jest oddziaływanie na samopoczucie psychiczne, co w połączeniu z oddziaływaniem na układ nerwowy ma wpływ na zdrowie fizyczne człowieka. Drugim sposobem jest jego fizyczne oddziaływanie na organ słuchu i ośrodkowy układ nerwowy. Fale dźwiękowe, które odbieramy jako dźwięki czy hałas, są zmianami ciśnienia otaczającego nas powietrza mającego bezpośredni kontakt z delikatnym narządem słuchu. Ekspozycja na nadmierny hałas powoduje pojawienie się ostrego lub przewlekłego urazu akustycznego, któremu towarzyszy wiele reakcji obronnych, jak np. zmiany akcji serca, rytmu oddychania, ciśnienia tętniczego krwi, temperatury ciała itp. Efektem przebywania w hałasie może być tzw. zespół pohałasowy obejmujący: bóle i zawroty głowy, osłabienie, zwiększoną pobudliwość nerwową, zaburzenie snu, zwiększoną potliwość, uszkodzenie słuchu. Hałas odbierany przez ucho poprzez połączenia nerwowe z korą mózgową może oddziaływać na inne ośrodki znajdujące się w mózgowiu. Dotyczy to w szczególności ośrodkowego układu nerwowego i układu gruczołów wydzielania wewnętrznego. Graniczną wartością występowania zaburzenia funkcji fizjologicznych jest 75 dB, po przekroczeniu której mogą występować wyraźne zaburzenia funkcji fizjologicznych. Dla wartości ciśnienia akustycznego w granicach 55 ÷ 75 dB może występować rozproszenie uwagi. Taka reakcja organizmu jest jego obroną przed długotrwałą ekspozycją na hałas, która może przyczyniać się do rozwoju różnego typu chorób (np. choroba ciśnieniowa, choroba wrzodowa, nerwice). Natomiast wpływ hałasu na organ słuchu może powodować:

- upośledzenie sprawności słuchu w postaci podwyższenia progu słyszenia, w wyniku długotrwałego narażenia na hałas, o równoważnym poziomie dźwięku A przekraczającym 80 dB,

- uszkodzenia struktur anatomicznych narządu słuchu, będące zwykle wynikiem jednorazowych i krótkotrwałych ekspozycji na hałas o szczytowych poziomach ciśnienia akustycznego powyżej 130 ÷ 140 dB.

Aby nastąpiło fizyczne uszkodzenie narządu słuchu musi wystąpić jeden z warunków:

- poziom dźwięku w skali A (dla hałasu ustalonego) przekraczający 80 dB; poniżej tej wartości bodźce nie uszkadzają narządu słuchu nawet przy długotrwałym nieprzerwanym działaniu (tab. 2);

- czas działania hałasu; skutki działania hałasu zależą od dawki energii akustycznej, przekazanej do organizmu w określonym przedziale czasu;

- ciągła ekspozycja na hałas sprzyja uszkodzeniom, nawet krótkotrwałe przerwy umożliwiają regenerację słuchu;

- hałas impulsowy, który charakteryzuje się bardzo szybkim narastaniem ciśnienia akustycznego do dużych wartości jest szczególnie szkodliwy. Jest to spowodowane tym, że mechanizmy obronne narządu słuchu zapobiegające wnikaniu energii akustycznej do ucha nie zdążą zadziałać;

- hałas, którego widmo jest z przewagą składowych średnich i wysokich częstotliwości (w zakresie największej czułości ucha ludzkiego wynoszącej 3 - 5 kHz;

- indywidualna podatność na uszkodzenia pod wpływem hałasu.

Tabela 2. Ryzyko utraty słuchu w zależności od równoważnego poziomu dźwięku A i czasu narażenia [ISO 1999:1975]

Równoważny poziom dźwięku A, dB	Ryzyko utraty słuchu, %							
	Czas narażenia, lata							
	5	10	15	20	25	30	35	40
mniejsze od 80	0	0	0	0	0	0	0	0
85	1	3	5	6	7	8	9	10
90	4	10	14	16	16	18	20	21
95	7	17	24	28	29	31	32	29
100	12	29	37	42	43	44	44	41
105	18	42	53	58	60	62	61	54
110	26	55	71	78	78	77	72	62
115	36	71	83	87	84	81	75	64

Kryterium dopuszczalnego poziomu dźwięku dla funkcji chronionych zostało określone w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [Dz. U. z dnia 5 lipca 2007 r. Nr 120, poz. 826].

Badania nad wpływem hałasu na organizm człowieka prowadzone są już od dłuższego czasu. Wiąże się to szczególnie z potrzebą opracowania jego wpływu na organizm człowieka w aspekcie wytycznych bezpieczeństwa i higieny pracy. Nieodzowne staje się też posługiwanie wytycznymi przy projektowaniu osiedli mieszkalnych i infrastruktury drogowej. Także w energetyce wiatrowej producenci turbin i inwestorzy posługują się badaniami hałasu w skali A.

Infradźwięki - są to dźwięki, w których widmie występują składowe o częstotliwościach od 0 do 20 Hz. W zakresie tych częstotliwości są one teoretycznie niesłyszalne dla człowieka. Poziom ich odbioru zależy jednak od indywidualnych cech osobniczych oraz poziomu ciśnienia akustycznego. Progi ciśnienia akustycznego dla słyszalności infradźwięków są wysokie (6 - 8 Hz około 100 dB) i obniżają się w miarę zwiększania częstotliwości. Infradźwięki są także odbierane przez receptory czucia wibracji. Progi odczuwania znajdują się o 20 – 30 dB wyżej niż progi słyszenia [Branco, 2001].

Dla ciśnienia akustycznego na poziomie 100 dB infradźwięki mogą być odczuwane jako nieprzyjemne uczucie wewnętrznego wibrowania powodowane zjawiskiem rezonansu narządów wewnętrznych. Innym występującym objawem jest uczucie ucisku w uszach oraz występujący stan nadmiernego zmęczenia, dyskomfortu, senności, zaburzenia równowagi, sprawności psychomotorycznej oraz zaburzenia funkcji fizjologicznych. Zmiany powodowane przez infradźwięki w ośrodkowym układzie nerwowym są podobne do obniżenia stanu czuwania.

Dla ciśnienia akustycznego powyżej 140 – 150 dB, infradźwięki mogą powodować trwałe, szkodliwe zmiany w organizmie [Deluga, 2009].

Źródła powstawania infradźwięków są różne od naturalnych takich jak falowanie oceanów, szelest liści, po pochodzące z cywilizacji (wentylacja, transport samochodowy). Ostatnio zauważalnym źródłem infradźwięków stały się ogromne maszyny przepływowe jakimi są turbiny wiatrowe.

Istniejące w Polsce normy dotyczące infradźwięków dotyczą jedynie ich poziomu na stanowiskach pracy. Dla ośmiogodzinnej ekspozycji wynosi ona 85 dB. Poziom ten jest znacznie wyższy niż w sąsiednich Niemczech gdzie wynosi on 67 dB.

Siłownia wiatrowa jako maszyna wytwarza infradźwięki w wyniku drgań o niskiej częstotliwości.

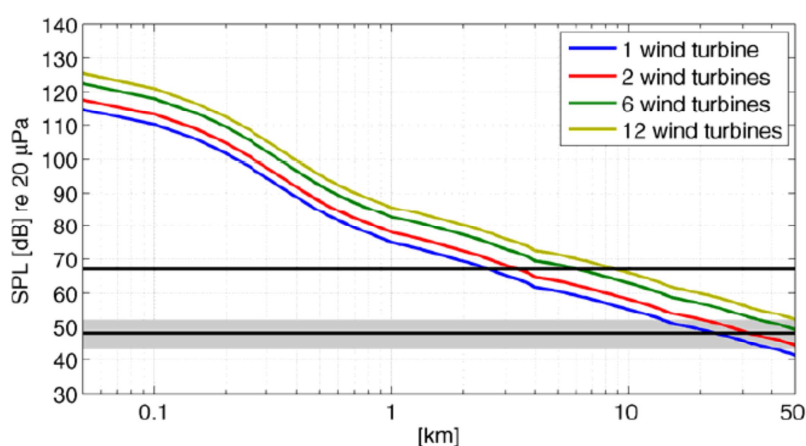
W swojej publikacji profesorowie medycyny Pereira, Nuno oraz Branco [2007] stwierdzają, że „naukowo - eksperymentalnie udowodniono, że odczuwalny w domu hałas turbin wiatrowych prowadzi do tzw. choroby wibroakustycznej (ang. Vibroacoustic Disease – VAD), o czym wspomniano już wcześniej.

Prowadzone badania nad wpływem infradźwięków wykazały między innymi, że długotrwała ekspozycja (10 lat) na dźwięki o niskiej częstotliwości objawia się w fazie końcowej patologiami neurologicznymi i neuropsychiatrycznymi prowadzącymi między innymi do [Ceranna, 2011; Deluga, 2009; Drgania mechaniczne, 2011]:

- zmniejszenia zdolności poznawczych,
- znacznego obniżenia ilorazu pamięci,
- pogłębionych zaburzeń psychicznych,
- zaburzeń neurologicznych charakterystycznych dla rozległego uszkodzenia mózgowia.

Choroby te są spowodowane zmianami na poziomie molekularnym wywołanymi przez infradźwięki.

Interesujące pomiary infradźwięków opisali Ceranna, Hartmann i Henger [2011]. Badania prowadzone były dla siłowni o mocy 600 kW. Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że poziom infradźwięków osiągnął wartość aż 125 dB w skali Lin przy wieży turbiny, a w odległości 50 km od niej wynosił ok. 50 dB(Lin). Wyniki badań przedstawiono na rycinie 6.



Rycina 6. Poziom infradźwięków dla częstotliwości ok. 3 Hz – tj. drugiej harmonicznej częstotliwości obrotu śmigła) elektrowni wiatrowych o mocy 600 kW każda w funkcji odległości (w skali logarytmicznej) od elektrowni [Ceranna, 2011].

Drgania - drgania mechaniczne wytwarzane w siłowni wiatrowej przenoszone są poprzez fundament na otaczający grunt. Człowiek poddany ekspozycji na ten czynnik narażony jest na uszkodzenia tkanek i naczyń krwionośnych. Długotrwałe narażenie na drgania może powodować zmiany chorobowe w układzie naczyniowym, kostno-stawowym oraz nerwowym.

Zmiany w układzie kostno-stawowym ręki powstają głównie na skutek drgań miejscowych o częstotliwościach mniejszych od 30 Hz. Obserwuje się m.in. zniekształcenia szpar stawowych, zwapnienia torebek stawowych, zmiany okostnej, zmiany w utkaniu kostnym. Zaburzenia w funkcjonowaniu narządów wewnętrznych są głównie wynikiem pobudzenia poszczególnych narządów do drgań rezonansowych (częstotliwości drgań własnych większości narządów zawierają się w zakresie $2 \div 18$ Hz). Skutki funkcjonalne wywoływane przez drgania to:

- zwiększenie czasu reakcji ruchowej,
- zwiększenie czasu reakcji wzrokowej,
- zakłócenia w koordynacji ruchów,
- nadmierne zmęczenie,
- bezsensowność,
- rozdrażnienie,
- osłabienie pamięci.

Efekt optyczny (stroboskopowy i cienia) - efekt stroboskopowy występuje w momencie, gdy obracające się łopaty wirnika okresowo odbijają promienie słoneczne. Powstające w ten sposób refleksy świetlne mogą zaburzać pole widzenia żywych organizmów. Jest to zjawisko silnie uzależnione od wędrówki słońca i sytuacji meteorologicznej. Efekt cienia wywołuje rzucany przez konstrukcję siłowni cień. Jest on zależny także od warunków opisanych powyżej. Jego składową jest także efekt cienia rzucanego przez obracający się wirnik.

Ekspozycja na te dwie emisje może wywoływać u ludzi uczucie zagrożenia, pogorszenia warunków życia oraz reakcje zdenerwowania i irytacji. Ich oddziaływanie zależne jest od wielkości konstrukcji elektrowni wiatrowej. Stosowanie matowych farb na łopatach wirnika pozwoliło na wyeliminowanie efektu stroboskopowego.

Migotanie światła - stosowanie turbin wiatrowych których parametry pracy nie pozwalają zachować dopuszczalnych norm napięcia powoduje zmiany napięcia w sieci dystrybucyjnej. Migotanie światła, które może być powodowane przez pulsację napięcia może doprowadzić

do uaktywnienia stanów epileptycznych. Specjaliści nazywają takie zjawisko efektem migotania napięcia (lub efektem turbin wiatrowych). U chorych może ono wywołać nawet atak padaczki.

Pola magnetyczne i elektromagnetyczne (PEM) są naturalnym zjawiskiem występującym w przyrodzie. Jednak od czasu rewolucji przemysłowej człowiek przyczynił się do wprowadzenia znacznie większej ilości źródeł tych pól. Są one emitowane przez różnorodne urządzenia stosowane w przemyśle, łączności czy gospodarstwach domowych. Każda maszyna elektryczna jest ich źródłem. Dodatkowo znacznym emitentem ze względu na swe rozmiary są sieci elektroenergetyczne.

Pola elektromagnetyczne niskiej częstotliwości (1 – 300 Hz) mają korzystny wpływ na rośliny [Dattilo i in., 2006]. Jak podaje Kopeć [1988] nasiona roślin, które były narażone na ekspozycję pola elektrycznego kiełkują lepiej i szybciej wydając silniejsze siewki. Zauważa on także przyrost plonu badanych roślin w granicach od 2,1% dla jęczmienia do 5,8% dla pszenicy. Wykazano także występowanie korzystnego efektu działania pól generowanych przez linie przesyłowe [Soja i in., 2003].

Działanie PEM na organizmy zwierząt związane jest z generowaniem zjawisk bioelektrycznych. Liczne publikacje nie wskazują jednoznacznie negatywnych skutków działania pola elektromagnetycznego niskiej częstotliwości związanych ze zdrowiem. Jednak długotrwała ekspozycja na działanie silnego pola powoduje zmiany zachowania zwierząt: szybkości uczenia się, czas reakcji, wrażliwości na bodźce, aktywności ruchowej, obyczajów społecznych [Liboff i in., 1999]. Niektóre badania [Phillips i in., 1986; Chan i in., 1986; Goodman i in., 1986; Shober i in., 1982; Odintsov, 1963] wykazują jednak, że przemienne pole magnetyczne bardzo niskiej częstotliwości (do 75 Hz) może: przyspieszać wzrost i skracać czas podziału oraz zmieniać metabolizm składników organicznych komórek, zmieniać reakcje komórek na działanie hormonów i mutagenów, wpływać na genetyczną regulację funkcji komórek, powodować morfologiczne zmiany w tkankach, zwykle zanikające po przerwaniu ekspozycji, zwiększać odporność na infekcje.

Stres - w obecnych czasach niemal na każdym kroku można spotkać się z pojęciem stresu. Ze względu na powszechność tego terminu można spotkać się z jego wieloma definicjami.

Według Światowej Organizacji Zdrowia stres określane jest mianem „choroby stulecia”. Selye w swojej książce określa go, jako sumę zjawisk patologicznych, które bez względu, jaki czynnik je wywołał skutek jest taki sam bądź podobny. Cytując: „*Stres to niespecyficzna*

reakcja organizmu na wszelkie stawiane mu wymagania". Ludzie od wieków spotykali się z sytuacjami, które powodowały stres dla ich organizmu.

Wraz z rozwojem cywilizacji życie nabrało zawrotnego tempa. Człowiek jest w ciągłej aktywności, nie mając chwili na zasłużony wypoczynek. Ciągły rozwój wymusił na ludziach funkcjonowanie na najwyższych obrotach. Nieustanna presja związana z obowiązkami rodzinnymi, praca i stawiane przez społeczeństwo wymagania wymusiły na człowieku maksymalną aktywność. Pewna ilość stresu jest wskazana do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Jednak długotrwały stres okazuje się bardziej szkodliwym dla organizmu, niż intensywny stres krótkotrwały. Stres powoduje produkcję hormonu adrenokortykotropowego przez przysadkę mózgową, a co za tym idzie kora nadnerczy wytwarza związki pomagające odnaleźć się organizmowi w stresującej sytuacji. W momencie wydłużenia się takiego stanu dochodzi do wyczerpania organizmu, co w następstwie przyczynia się to do różnorodnych chorób. Wówczas człowiek staje się bardziej podatny na infekcje, jest nadpobudliwy i mniej entuzjastyczny.

Z uwagi na to, iż człowiek spotykał się ze stresem od dawien dawna nie można go jednoznacznie zdefiniować. Jednak można wyróżnić trzy podstawowe odmiany stresu. Pierwsza klasyfikuje stres, jako odpowiedź organizmu na niebezpieczne bodźce, innymi słowy jest reakcją na wymagania fizyko - chemiczne stawiane organizmowi. W drugim przypadku stres rozumiany jest, jako skutek oddziaływań środowiska i traktowany, jako najrozmaitszego rodzaju trudne sytuacje. Zaś trzecia, najmłodsza odmiana pojmuje stres, jako reakcję wynikającą z braku powiązania między jednostką a jej otoczeniem biologiczno-społecznym.

Jednakże sięgając po pierwotną definicję stresu należałoby sięgnąć do książek Hans'a Selye'go. Jest on pierwszą osobą, która wprowadziła do obiegu pojęcie stresu.

Rezultaty jego badań określane są dziś nazwą Uogólnionego Zespołu Adaptacji (z angielskiego General Adaptation Syndrom, tj. GAS) i dotyczą stresu chronicznego.

Zwiększające się zapotrzebowanie cywilizacji na energię wymaga budowy nowych elektrowni dostarczających energię eklektyczną do nawet najodleglejszych miejsc. Jednocześnie wzrastające zagrożenie skażeniem środowiska wynikające z emisji spalin, w skład których wchodzi także gazy cieplarniane, spowodowały wzrost zainteresowania odnawialnymi źródłami energii. Jednym ze sposobów pozyskiwania energii elektrycznej taką drogą jest budowa siłowni wiatrowych [Cempel, 1998; Lewandowski, 2010; Lubośny, 2009].

Rozwój energetyki wiatrowej w Polsce wpisany jest w politykę wspieraną przez Unię Europejską i zobowiązania naszego kraju wynikające z podpisanych umów międzypaństwowych. Jednym z obowiązujących uregulowań w tej kwestii jest Dyrektywa 2001/77/WE w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych. Zgodnie z jej postanowieniami państwa członkowskie zobowiązane są do zwiększania udziału energii wytwarzanej z odnawialnych źródeł w skali opisanej poprzez krajowe cele indykatywne [Kaczmarska i in., 2006, www.mg.gov.pl, 2010].

Źródła energii odnawialnej stanowią w skali świata prawie 13% całkowicie wykorzystywanej energii, z czego energia wiatru wg IPCC stanowi zaledwie 0,2%. Według REN21 zużycie energii odnawialnej jest wyższe o 3%. Różnica wynika zapewne z zastosowania różnych metod obliczeniowych. IPCC wykorzystało metody „direct equivalent”. REN21 podobnie jak UE tworząc cele na 2020 rok wykorzystało metodę substytucyjną. Wykorzystanie energii ze źródeł pierwotnych osiągnęło w 2012 roku około 13000 TWh w porównaniu do roku 1973. Stanowił niemal 100% wzrost źródeł energii pozyskiwanej z wiatru o ok. 0,7%.

Obejmowanie przez siłownie wiatrowe coraz większych przestrzeni oraz terenów bogatych w faunę wolnożyjącą oraz zwierzęta wykorzystywane jako użytkowe stwarza nowe i nieznane zagadnienie związane z egzystencją w warunkach emisji hałasu oraz infradźwięków słyszalnych i innych zjawisk (pole magnetyczne). Dostępne dane literaturowe dotyczyły tylko obserwacji ptaków wolnożyjących [Hatker i in., 2005; Drewitt i Laugston, 2006; Pearce- Higgins i in., 2009]. Powyższe badania wskazują na:

1. Odstraszające oddziaływanie siłowni wiatrowych na ptaki odpoczywające i żerujące znajdujące się na terenach otwartych.
2. „Odpychający” efekt elektrowni wiatrowych.
3. Ptaki znajdujące się w pobliżu turbin żyją w niewielkich stadach - przyczyną tego zjawiska może być unikanie przez nie terenów, sąsiadujących z turbinami.
4. Ptaki przelatujące przez tereny, na których zlokalizowane są farmy wiatrowe, omijają turbiny, a zmiana kierunku lotu w płaszczyźnie poziomej lub pionowej, stanowi czynnik zmniejszający ryzyko kolizji i obniżający wskaźnik śmiertelności ptaków wykorzystujących przestrzeń na obszarze gdzie znajdują się elektrownie wiatrowe.
5. Ptaki zachowują bezpieczną odległość od turbin.

Stwierdzono również oddziaływania siłowni wiatrowych (SW) na chiropterofaunę. Badania wielu autorów [Trapp i in.; 2002; Brinkmann, 2004; Bach i Rahmel, 2006] wykazały, że straty, które wynikają z kolizji nietoperzy poprzez oddziaływania SW mogą być znaczące.

Siłownie wiatrowe mogą być źródłem dwóch rodzajów hałasu:

- mechanicznego emitowanego przez generator i przekładnię;
- aerodynamicznego szumu emitowanego przez obracające się łopaty wirnika, którego natężenie jest uzależnione od tzw. „prędkości końcówek” łopat.

Hałas jest nieunikniony i dominuje w sąsiedztwie SW. Może być on jednak ograniczony, ale niestety nie można go wyeliminować. Siłownie wiatrowe są także źródłem hałasu infradźwiękowego, który według wielu badaczy osiąga duże poziomy oraz stanowi zagrożenie dla otoczenia. Podstawową drogą percepcji infradźwięków są receptory czucia wibracji człowieka oraz zwierząt. Energia towarzysząca tym infradźwiękom może wywołać zjawisko rezonansu narządów wewnętrznych odczuwalne już od 100 dB. Poziom ciśnienia akustycznego 162 dB przy częstotliwości 2 Hz wywołuje u ludzi ból ucha środkowego. W odległości 500 metrów od siłowni wiatrowych uzyskane wartości osiągały maksymalną wartość tj. 82,7 dB oraz 78,4 dB(G). Amerykańskie i Kanadyjskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej powołały w 2002 roku Międzynarodowy Interdyscyplinarny Panel Naukowy. Zadaniem tego zespołu jest przeanalizowanie dotychczasowych osiągnięć naukowych w dziedzinie poznawania oraz zapobiegania wpływu siłowni wiatrowych na środowisko i zdrowie człowieka. Wyniki tych badań wskazują, że brak ewidentnego wpływu wibracji, hałasu emitowanego przez siłownie wiatrowe na zdrowie człowieka pogarszało się przez tzw. efekt nocebo. Uczucie niepokoju, depresja, bezsenność, bóle głowy, mdłości czy też kłopoty z koncentracją to objawy powszechnie występujące u każdego człowieka i nie ma żadnych dowodów na to, że częstotliwość ich występowania wyraźnie wzrasta wśród osób mieszkających w sąsiedztwie SW (powodując tzw. „wind turbine syndrome”). Stwierdzono, że 13-tygodniowa ekspozycja na dźwięki o niskich częstotliwościach (około 100 dB, czyli o ok. 50-60 dB wyższym od tego, które emitują elektrownie wiatrowe) powoduje tzw. chorobę wibroakustyczną (VAD - Vibroacoustic Disease).

Podsumowując należy stwierdzić, że dostępne badania naukowe koncentrowały się głównie na:

- reakcji ludzi na funkcjonowanie SW;

- reakcji ptaków oraz nietoperzy na emisję hałasu i infradźwięków wywoływanych przez SW.

Niestety niedostępne są wyniki eksperymentów nad reakcją zwierząt użytkowych utrzymywanych w pobliżu siłowni wiatrowych. Brak jest informacji na temat zmian w behawiorze, poziomie produkcji, wykorzystaniu pasz oraz rentowności produkcji.

7. METODYKA BADAŃ

7.1. Czas i miejsce badań

Badania terenowe przeprowadzono w miejscowości Rypałki, gmina Rypin, województwo kujawsko-pomorskie, w okresie VII - XI 2012 roku.

Obiektem badań przeprowadzonych w Rypałkach była siłownia wiatrowa V90 2 MW. Siłownia usytuowana jest N53⁰06'34.8'' szerokości geograficznej północnej, E 019⁰26'03.9'' długości geograficznej wschodniej. Badana siłownia wyprodukowana została przez firmę Vestas.

Zainstalowany model V90 2 MW posiada następujące parametry (wg informacji producenta):

Wirnik

Średnica:	90 m
Powierzchnia omiatana:	6362 m ²
Obroty nominalne:	14.9 obr · min ⁻¹
Zakres obrotów:	9.0-14.9 obr · min ⁻¹
Liczba łopat:	3

Wieża

Wysokość piasty:	95 m
------------------	------

Parametry robocze

Startowa prędkość wiatru:	2.5 m · s ⁻¹
Nominalna prędkość wiatru:	13 m · s ⁻¹
Wyłączeniowa prędkość wiatru:	25 m · s ⁻¹

Generator

Nominalna moc wyjściowa:	2,000 kW
Parametry robocze:	50 Hz/60 Hz 690 V

Przekładnia Dwie pozycje planetarne i jedna równoległa pozycja osiowa

Masy:

Gondola:	68 t
Wirnik:	38 t
Wieża:	200 t

7.2. Dobór zwierząt doświadczalnych

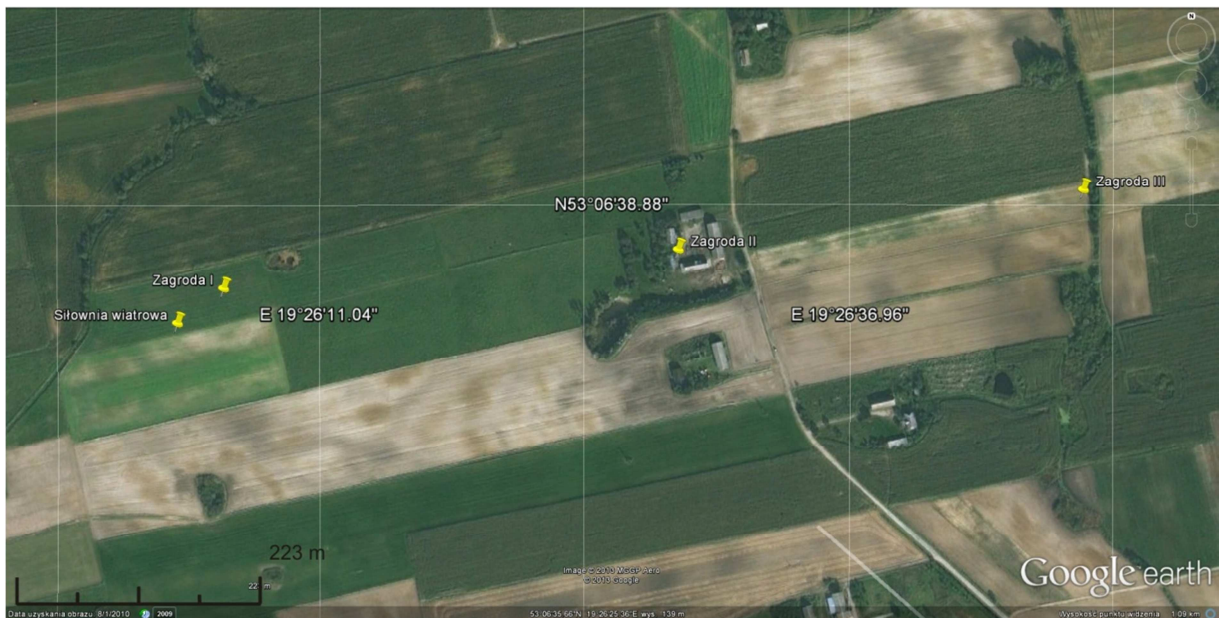
Zwierzęta wykorzystane w doświadczeniu pochodziły z farm hodowlanych gwarantujących duże wyrównanie genetyczne. Do badań użyto 60 szt. gęsi rasy kołudzkiej białej oraz 30 szt. świń, które stanowiły krzyżówkę ras pbz x wbp oraz duroc – pietrain.

Zwierzęta podzielono na 3 grupy doświadczalne:

I – 50 m od siłowni wiatrowej (zagroda I)

II – 500 m od siłowni wiatrowej (zagroda II)

III – 1000 m, od siłowni wiatrowej (zagroda III)



Fotografia 1. Widok na usytuowanie obiektów w doświadczeniu. Zdjęcie historyczne, bez widoku siłowni wiatrowej [opracowanie własne na podstawie Google Earth].

Do każdej z grupy doświadczalnej przydzielono 20 szt. gęsi oraz 10 szt. świń (stosunek płci 1:1)

Wszystkie zwierzęta miały zapewniony stały dostęp do wody oraz paszy (mieszanki komercyjne adekwatne do gatunku) i były utrzymywane w tych samych warunkach środowiskowych (jedynie odległość od siłowni wiatrowej była czynnikiem różniącym grupy eksperymentalne).

Każda z zagród składała się z pomieszczenia dla zwierząt (część chroniąca zwierzęta przed opadami, wiatrami i drapieżnikami) zapewniającego swobodę poruszania się. Jeden raz w miesiącu zwierzęta ważono i pobierano próbki krwi do analiz. Codziennie kontrolowano spożycie paszy. Przez cały okres trwania badań zwierzęta były pod opieką lekarza weterynarii.

7.3. Pomiary hałasu

Przyrządem pomiarowym był analizator dźwięku i drgań klasy 1 – Svantek SVAN 912 AE, który jest szeroko stosowany do pomiarów akustycznych i drganiowych. Umożliwia on analizę częstotliwościową w czasie rzeczywistym, analizę wpływu drgań na człowieka oraz środowisko naturalne. Funkcje realizowane przez SVAN 912 AE to:

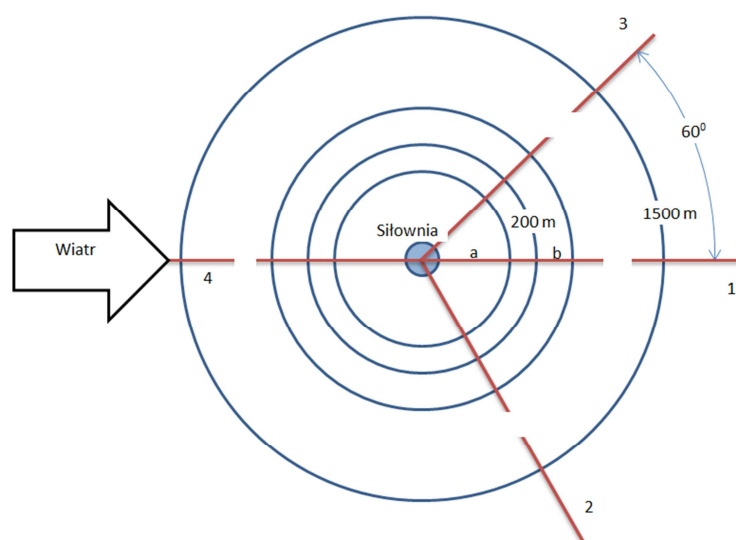
Miernik poziomu dźwięku: pomiar Leq, Lmax, Lmin, LPeak, Spl, SEL, wbudowane filtry korekcyjne A, C, G, Lin (A, C, Lin równoległe), stałe czasowe: Slow, Fast, Impulse oraz możliwość pomiaru infra i ultradźwięków. Miernik wibracji: ogólne pomiary drgań (przyspieszenie, prędkość i przemieszczenie), pomiar drgań miejscowych i ogólnych wbudowane filtry korekcyjne WBxy, WBz, WBC, H-A, możliwość jednoczesnego pomiaru drgań w trzech osiach (za pomocą przystawki czterokanałowej SV 06A).

Moduł akwizycji danych połączono z komputerem pomiarowym z pomocą portu USB. Komputer pomiarowy wyposażono w specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające obróbkę cyfrową danych oraz możliwość wyeksportowania danych postaci plików o rozszerzeniu „xls”.

Pomiary hałasu generowanego przez siłownię wiatrową przeprowadzono według oznaczenia punktów wyznaczonych zgodnie z PN-EN 61400-11, które schematycznie przedstawione zostały na rycinie 7.

Tabela 3. Przenośny analizator dźwięku i drgań SVAN 912A [Opracowanie własne na podstawie danych producenta].

Dane techniczne wejścia mikrofonowego:	
Zakresy pomiarowe	4 podzakresy: 3,16 mV, 31,6 mV, 316 mV, 3,16 V (krok 20 dB).
Napięcie wejściowe	3,16 mVRMS ÷ 10,2 VRMS (10 dB ÷ 140,2 dB; odniesienie: 1 mVRMS).
Filtry górnoprzepustowe:	
HP (tryb analizatora)	1,0 Hz /-0,1 dB (0,165 Hz/-3,0 dB) z nachyleniem 12 dB/oktawę
Lin (tryb miernika)	14,5 Hz /-0,1 dB (5,00 Hz/-3,0 dB) z nachyleniem 18 dB/oktawę
Lin (tryb analizatora)	30,0 Hz /-0,1 dB (5,00 Hz/-3,0 dB) z nachyleniem 12 dB/oktawę
A	Klasa 1 według normy IEC 651
C	Klasa 1 według normy IEC 651



Rycina 7. Schemat pomiaru drgań, hałasu i infradźwięków w otoczeniu siłowni wiatrowej:
 1,2,3,4 – kierunki dokonywania pomiarów; a – średnica pierwszego okręgu wynikająca z normy PN-EN 61400-11, b – odległość pomiędzy następnymi okręgami (100 m)

Pomiary hałasu wykonywane były za pomocą mikrofonu usytuowanego na specjalnej płycie. Uzyskane wyniki pomiarów będą skorygowane w oparciu referencyjną prędkość wiatru i szorstkość terenu. Szczegółowe procedury, w oparciu o które uzyskano wyniki pomiarów, zawarte są w normie PN-EN 61400-11 z załącznikami oraz PN-ISO 7196 (infradźwięki – filtr).

W bardzo obszernej normie PN-EN 61400-11 szczegółowo określono procedury pomiaru hałasu umożliwiające określenie charakterystyki emisji hałasu w miejscach w pobliżu maszyny. Opisane tam procedury są nieco różne od procedur pomiarowych stosowanych podczas badań nad hałasem w środowisku człowieka. Wybrane ważniejsze zagadnienia opisano poniżej.

Procedury opisane w normie obejmują:

- lokalizację miejsc pomiarów akustycznych (punkty 1,2,3,4 na okręgu o średnicy a – rycina 10),
- wymagania dotyczące akwizycji danych akustycznych, meteorologicznych i związanych z ruchem turbiny,
- analizę uzyskanych danych,
- definicję parametrów emisji hałasu wraz z deskryptorami stosowanymi podczas oceny stanu środowiska.

Pozycje mikrofonów do pomiarów akustycznych wg normy powinny znajdować się w położeniu jak na rycinie 10 w odległości referencyjnej R_0 będącą promieniem okręgu oznaczonym na tym rycinie jako a . Dla badanej turbiny wynosiła ona 140 m.

Kierunek położenia podczas pomiarów ustalany jest z dokładnością $\pm 15^\circ$, odległość R_0 z dokładnością $\pm 2\%$, z tolerancją 20%.

Dane meteorologiczne potrzebne do korekcji uzyskano ze strony Obserwatorium Meteorologicznego, Zakładu Klimatologii IG UMK, <http://www.zklim.umk.pl>.

W trakcie doświadczenia wykonano także badania poziomego hałasu w bezpośredniej bliskości pomieszczeń w których utrzymywane były zwierzęta.

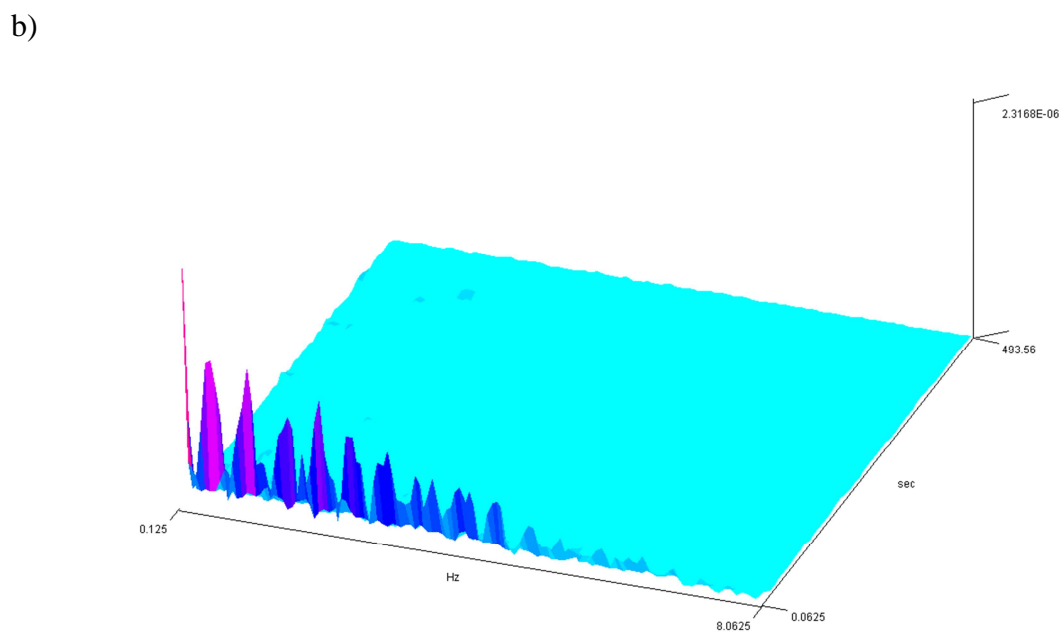
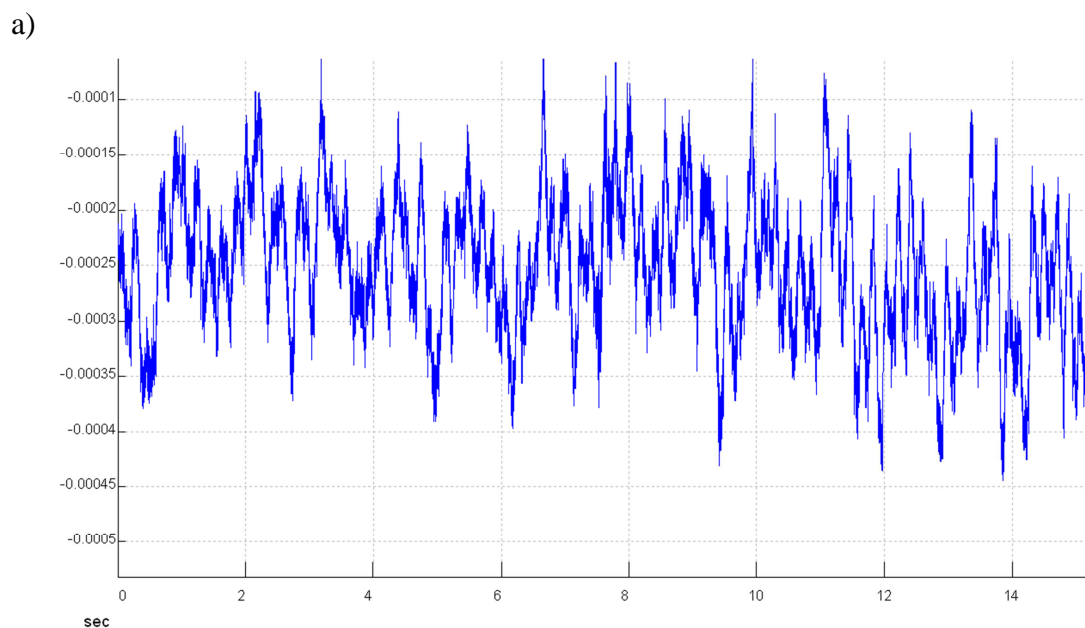
8. WYNIKI BADAŃ

8.1. Pomiar drgań

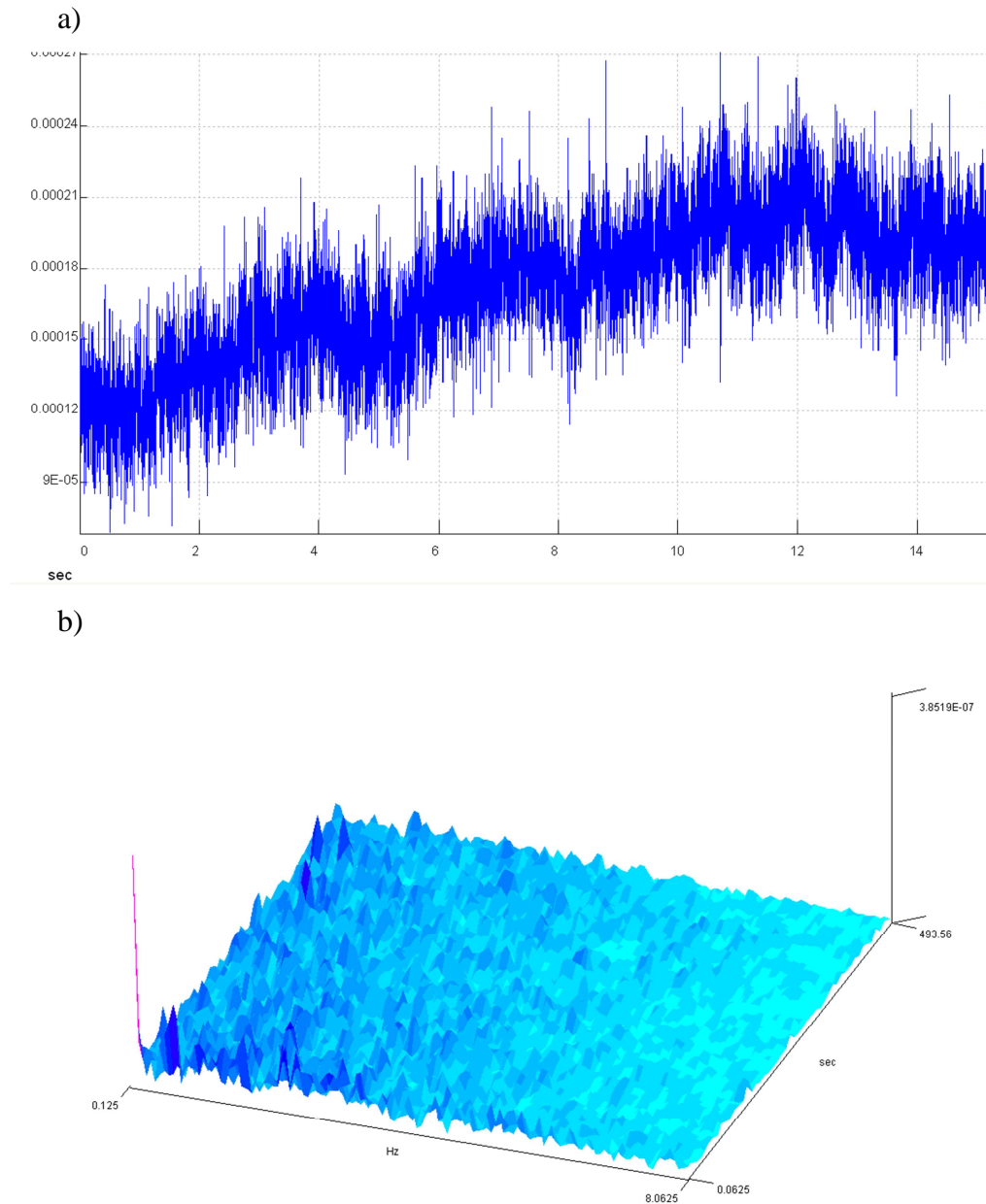
W trakcie badań dokonano pomiarów charakterystyk drganiowych w punktach rozmieszczonych na podstawie fundamentowej wieży siłowni wiatrowej, oznaczonych, jako A, B oraz C, natomiast pozostałe punkty rozmieszczono na działce i ich odległość wyznaczono względem punktu A. Ze względu na dużą ilość uzyskanych wyników omawiane one będą wybrane punkty odbioru sygnału drganiowego.

Prezentacja wyników badań obejmuje przedstawienie graficznej interpretacji uzyskanych przebiegów czasowych drgań oraz wykresu kaskadowego dla widma drgań. Analizie podano wartości skutecznej sygnału procesu drganiowego. Wybrana miara jest jedną z najczęściej wykorzystywanych do opisu i szybkiej oceny poziomu propagacji drgań w diagnostyce drganiowej. Stosowana jest w drganiach niesymetrycznych i uwzględnia wartość średnią w dziedzinie czasu.

Pomiarów dokonano dla prędkości wiatru równej $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na wysokości 2 m nad poziomem gruntu.

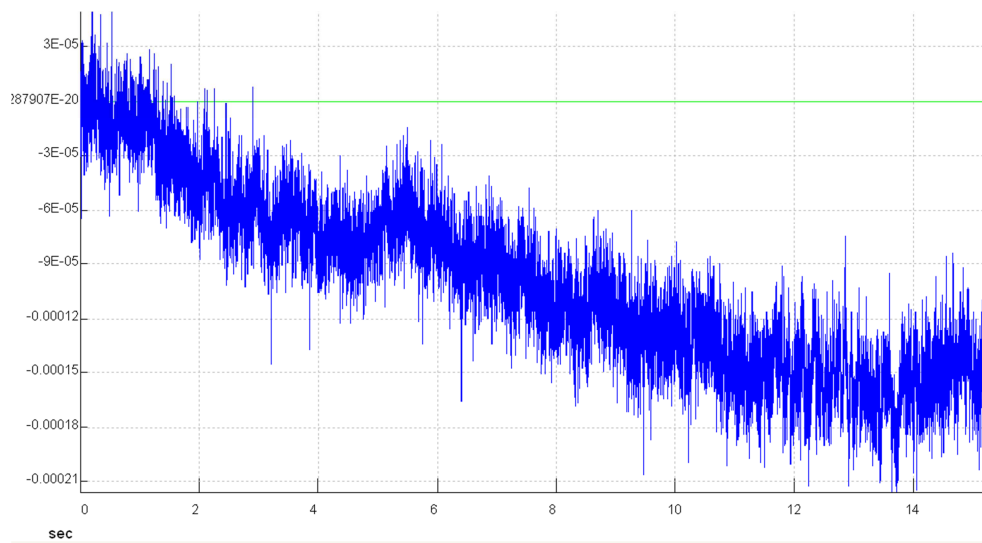


Rycina 8. Graficzna interpretacja wyników badań dla punktu A: a - przebieg czasowy, b - widmo sygnału [Opracowanie własne].

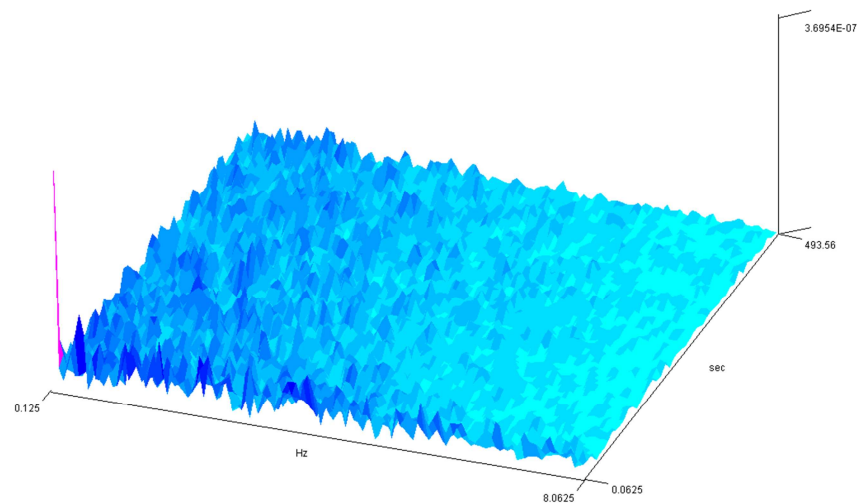


Rycina 9. Graficzna interpretacja wyników badań dla punktu 8:
 a - przebieg czasowy, b - widmo sygnału [Opracowanie własne].

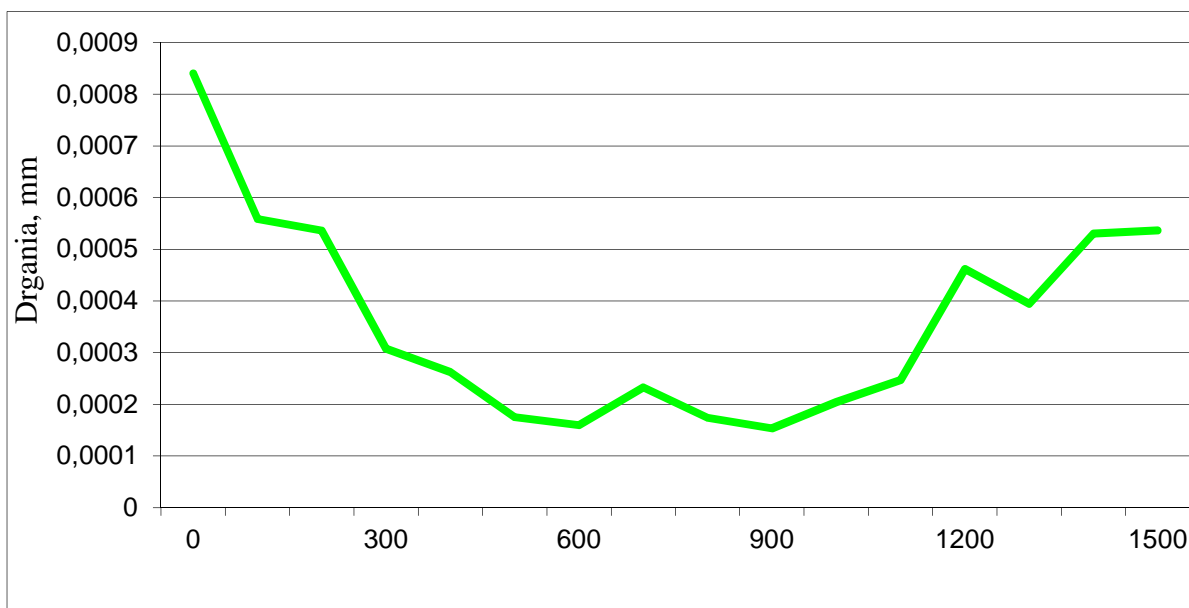
a)



b)



Rycina 10. Graficzna interpretacja wyników badań dla punktu 15: a - przebieg czasowy, b - widmo sygnału [Opracowanie własne].



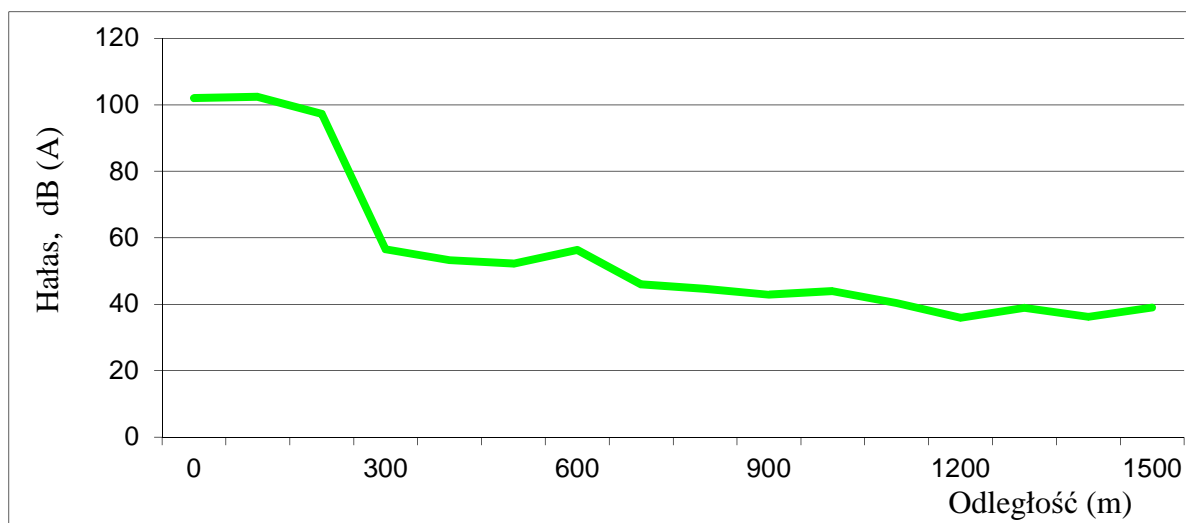
Rycina 11. Wykres wartości skutecznej drgań w zależności od odległości od turbiny [Opracowanie własne]

Jak wykazują badania wzrost poziomu drgań może być spowodowany bliskim sąsiedztwem innych siłowni wiatrowych lub zmianami w składzie gruntu. Własności gruntu nie były obiektem analiz.

8.2. Pomiary hałasu

W trakcie pomiarów wyznaczono prędkość wiatru równą $5,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, (2 metry nad powierzchnią gruntu) który wiał w kierunku 120° Pn-W. Wyniki pomiarów dla poszczególnych punktów dla skali A zestawiono w tabelach wyników.

Pomiarów dokonano dla prędkości wiatru równej $5,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (2 m nad poziomem gruntu) który wiał w kierunku 120° PnW.



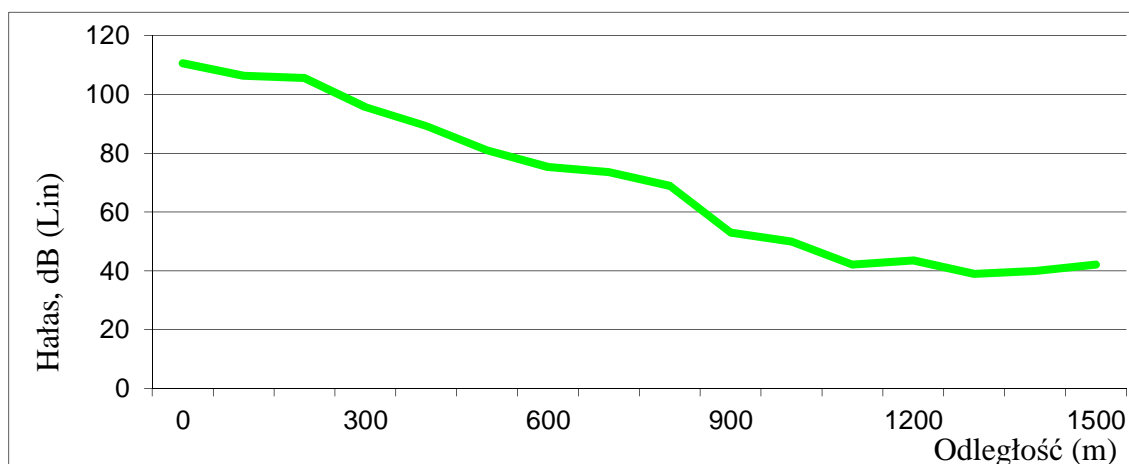
Rycina 12. Hałas (skala A) w zależności od odległości od turbiny (średnie wartości skorygowane) [Opracowanie własne]

Pomiary hałasu (skala A) emitowane przez siłownię wiatrową pozwoliły wyznaczyć wartość natężenia dźwięku w odległości określonej przez PN-EN 61400-11 (140 m) przed czołem łopaty w punkcie 3 o wartości średniej 92,85 dB, za siłownią w punkcie 1 o wartości średniej 81,73 dB oraz w punkcie 2 – 101,55 dB i w punkcie 4 – 101,45 dB. Przykładowe wyniki natężenia hałasu na kierunku 2 przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Przykładowe wyniki natężenia hałasu na kierunku 2 [Opracowanie własne].

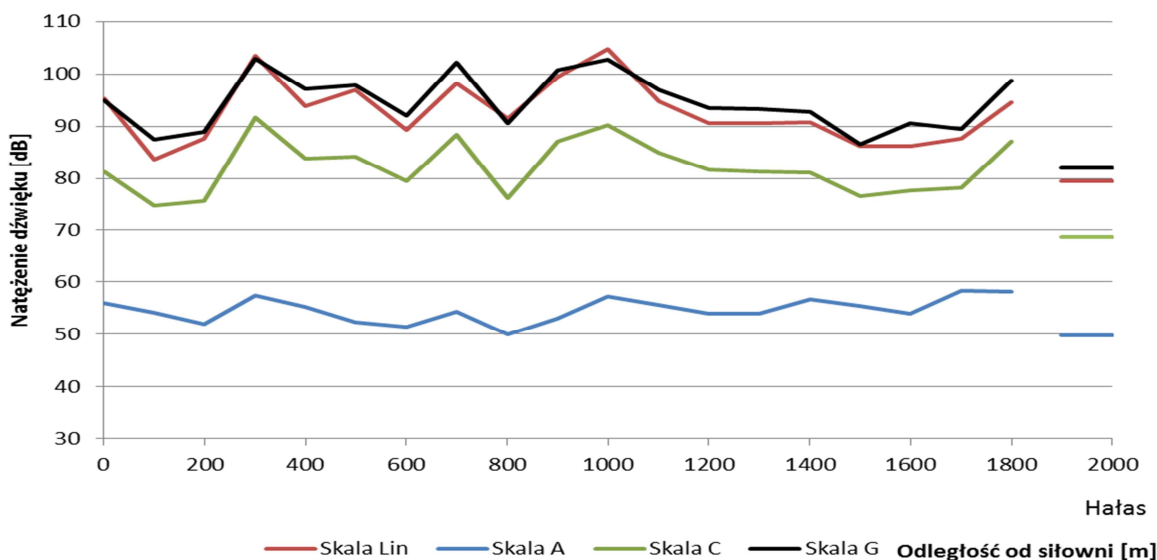
pomiar	Odległość od wieży siłowni, [10 ² m]														
	1,4	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	110,4	100,1	95,9	90,5	55,9	49,8	70,0	55,6	41,0	50,8	42,1	49,1	40,5	36,9	38,5
2	98,5	104,0	103,3	88,1	56,1	57,8	61,4	49,3	46,7	45,4	42,7	41,3	39,6	39,1	47,1
3	95,8	103,8	97,9	80,0	53,0	56,6	62,0	51,4	50,1	40,1	46,5	40,1	38,9	46,8	43,3
Średnia	101,5	102,6	99,0	86,2	55,0	54,7	64,4	52,1	45,9	45,4	43,7	43,5	39,6	40,9	42,9
a	7	3	3	0	0	3	7	0	3	3	7	0	7	3	7

Pomiary hałasu (skala Lin) emitowane przez siłownię wiatrową pozwoliły wyznaczyć wartość natężenia dźwięku w odległości określonej przez PN-EN 61400-11 (140 m) przed czołem łopaty w punkcie 3 o wartości średniej 96,23 dB, za siłownią w punkcie 1 o wartości średniej 99,0 dB oraz w punkcie 2 – 105,0 dB i w punkcie 4 – 98,63 dB.

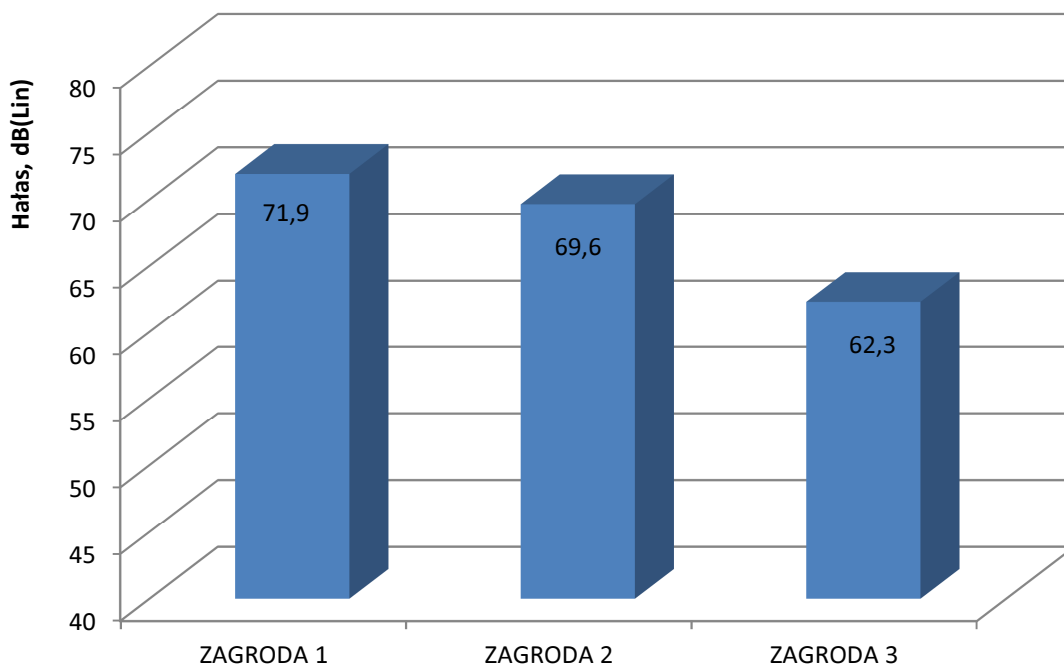


Rycina 13. Hałas - infradźwięki (skala Lin) w zależności od odległości od turbiny (średnie wartości skorygowane) [Opracowanie własne]

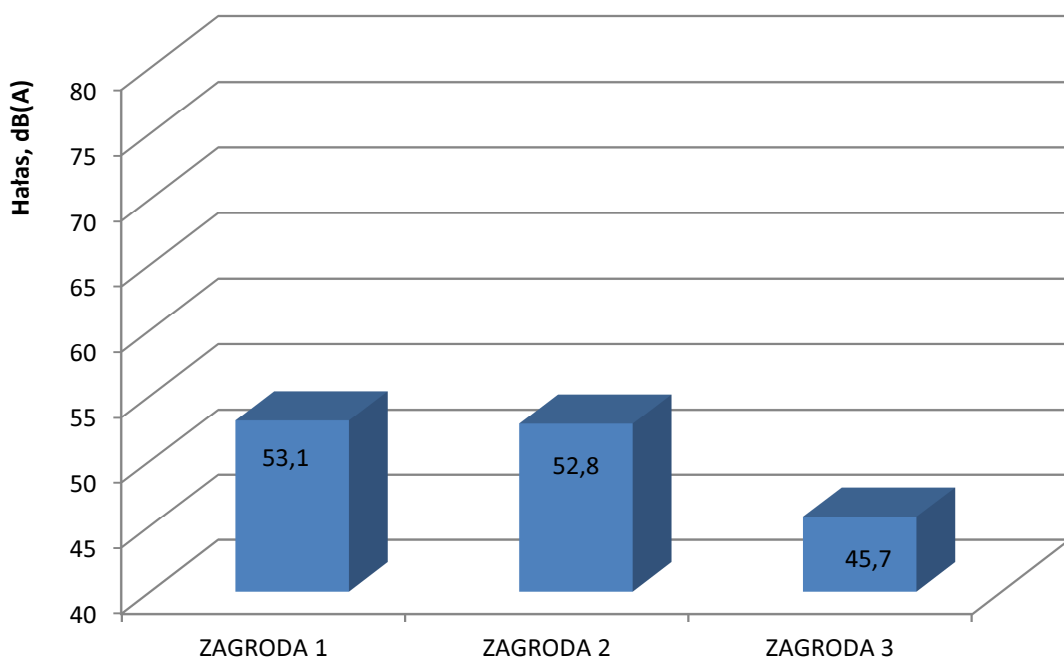
W ramach prowadzonych badań dokonano także pomiarów hałasu rzeczywistego – występującego na poziomie człowieka (1.7 m) – tzw. klimat akustyczny. Pomiarów dokonywane były nocą, w godzinach 01:00 – 04:00. Pomiarów dokonywano zgodnie z metodyką. Wartości średnie uzyskane w trakcie pomiarów przedstawiono na rycinach 13 i 14. W ramach opracowania dokonano dwóch pomiarów hałasu.



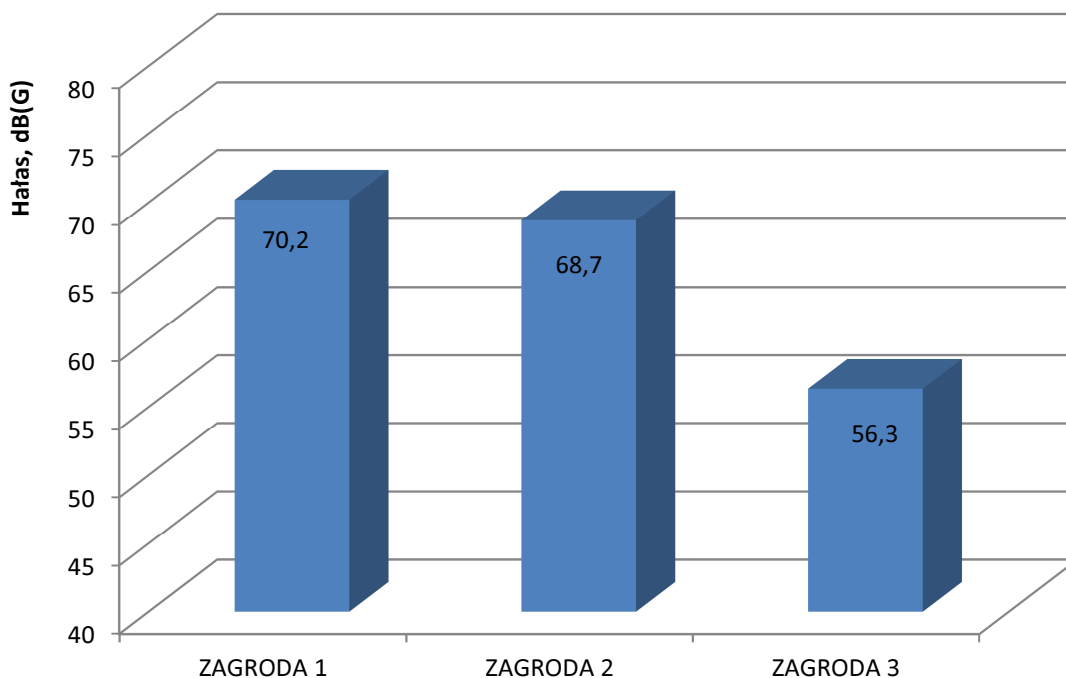
Rycina 14. Hałas – średnie wyniki uzyskane w badaniach. Obiekt – Rypałki. [Opracowanie własne]



Rycina 15. Hałas (Lin) – średnie wyniki uzyskane w miejscach utrzymywania zwierząt. Obiekt – Rypałki. [Opracowanie własne]



Rycina 16. Hałas (A) – średnie wyniki uzyskane w miejscach utrzymywania zwierząt. Obiekt – Rypałki. [Opracowanie własne]



Rycina 17. Hałas (G) – średnie wyniki uzyskane w miejscach utrzymywania zwierząt. Obiekt – Rypałki. [Opracowanie własne]

Jak wynika z uzyskanych w trakcie pomiarów średnich wartości hałasu w zagrodach hałas w zależności od odległości od siłowni wiatrowej maleje. Należy podkreślić, że wielkości te są wielkościami rzeczywistymi uzyskanymi w trakcie 3 powtórzeń w losowo wybrane dni. Porównując ryciny 16 i 17 należy zauważyć, że hałas infradźwiękowy, jest ok. 15 dB wyższy od hałasu słyszalnego.

8.3. Zachowanie się zwierząt w czasie badań

Bliskość siłowni wiatrowych w sposób wyraźny oddziaływała na gęsi. W początkowym okresie doświadczenia zaobserwowano brak pobierania wody oraz paszy przez zwierzęta (gęsi i świnie). Po dwóch dobach zwierzęta zaczęły pobierać wodę, natomiast po trzech dobach – paszę. U gęsi zaobserwowano nietypowe zjawisko, jakim było gromadzenie się w skupisku (fot. 2), przerywane jedynie pobieraniem paszy. W drugiej części okresu badań stan ten ustąpił. U prosiąt wykorzystywanych do doświadczenia zjawiska takiego nie zaobserwowano. Być może przyczyną tego typu zachowania była większa wrażliwość gęsi na nadmierne dźwięki aniżeli świń.



Fotografia 2. Charakterystyczne zachowanie się gęsi w pobliżu siłowni wiatrowych (zbite w grupę, nieruchome, nie wydają dźwięku, u świń tego zjawiska nie stwierdzono) [Opracowanie własne]

8.4. Wzrost i rozwój zwierząt

Dane w tabeli 5 wskazują, że świnie cechowały się na początku badań zbliżoną masą ciała. Pod koniec doświadczenia (tzn. po 119 dniach) masa ciała uległa zróżnicowaniu. Tuczniaki z grupy I (50 m od SW) cechowały się średnią masą ciała 80,83 kg, natomiast z grupy II (500m od SW) – 82,62 kg. Największą masę ciała uzyskały tuczniaki z grupy III (1000 m od SW) – 93,70 kg. Konsumpcja paszy treściwej w czasie badań była zróżnicowana. W efekcie, w przeliczeniu na 1kg przyrostu masy ciała, spożycie paszy wyniosło:

- grupa I (50 m od SW) – 4,62 kg
- grupa II (500 m od SW) – 3,92 kg
- grupa III (1000 m od SW) – 3,70 kg

Tabela 5. Średnie zużycie i wykorzystanie paszy przez rosące świnie [Rypański 2012].

	Grupa doświadczalna		
	I (50 m od SW)	II (500 m od SW)	III (1000 m od SW)
Liczba tuczników (n)	10	10	10
Masa ciała (kg)			
- początkowa	30,70	29,60	29,80
- końcowa	80,83	82,40	93,70
Przyrost masy ciała w trakcie badań			
- kg /szt.	50,13	52,80	63,90
- grupa III = 100%	78,45	82,62	100,00
Zużycie paszy przez 17 tyg. w trakcie badań w przeliczeniu na jednego tuczniaka			
- 1 tucznik	231,60	206,97	236,43
- kg/kg przyrostu masy ciała	4,62	3,92	3,70
- grupa III = 100%	124,80	105,90	100,00
Dobowy przyrost masy ciała w trakcie badań w przeliczeniu na jednego tuczniaka			
- g/dobę	420,00	443,00	536,00
- grupa III = 100%	78,35	82,64	100,00

Porównując tempo przyrostu masy ciała świń należy zauważyć, że najwyższe dobowe przyrosty masy ciała wyniosły 536 g (grupa III), zaś zwierzęta z pozostałych grup przyrastały o około 18% (grupa II) i 22% (grupa I) wolniej. Zauważyć należy, że dobowe przyrosty masy ciała tuczników były relatywnie niższe od tych jakie obserwuje się w tym wieku [Cegiełka 2012]. Przypuszczalnie nienajlepsze warunki zoohigieniczne panujące w pomieszczeniach gdzie przebywały zwierzęta (konstrukcja blaszana) miały na to wpływ. Należy jednak zauważyć, że w każdej z zagród doświadczalnych pomieszczenia były identyczne. Ewentualne różnice w przyrostach masy ciała zwierząt oraz składzie hematologicznym krwi wynikały ze zróżnicowanego czynnika jakim była odległość od siłowni wiatrowej.

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 6 zwierzęta (gęsi) wzrastały w zróżnicowanym tempie. Z grupy I osiągnęły po 17 tygodniach wzrostu przeciętnie 6,89 kg. Był to wynik o około 2% niższy w porównaniu do ptaków z grupy II i aż o 7,52% niższy od ptaków z grupy III. Należy zwrócić uwagę, że zwierzęta przebywały w podobnie wykonanych pomieszczeniach (z tego samego surowca – blachy), miały kojce i wybieg o podobnych powierzchniach, otrzymywały wodę *ad libitum* i tą samą komercyjną mieszankę pasz treściwych. Jedynym czynnikiem różnicującym była odległość od siłowni wiatrowej. W miarę oddalania się zwierząt (miejsca utrzymania) od siłowni wiatrowej, ich masa ciała ulegała wzrostowi.

Z danych zawartych w tabeli 6 wynika także, że końcowa masa ciała gęsi była zbliżona w grupie I i II. U zwierząt z grupy III zaobserwowano ponad 10% większą wartość i wzrost końcowej masy ciała do 7,5 kg.

Tabela 6. Średnie zużycie i wykorzystanie paszy przez rosnące gęsi [Rypański, 2012]

	Grupa doświadczalna		
	I (50 m od SW)	II (500 m od SW)	III (1000 m od SW)
Liczba ptaków (n)	20	20	20
Masa ciała (g)			
- początkowa	110	115	113
- końcowa	6890	7090	7500
Przyrost masy ciała w trakcie badań			
- g/szt.	6780	6975	7387
- grupa III = 100%	91,78	94,42	100,00
Zużycie paszy przez 17 tyg.			
- mieszanki pasz treściwych kg/szt.	25,52	21,98	21,76
- ziarna owsa kg/szt.	10,04	9,50	9,32
- razem pasz kg/szt.	35,56	31,49	31,08
Zużycie paszy			
- na 1 kg przyrostu	5,24	4,51	4,20
- grupa III = 100%	124,76	107,38	100,00
Dobowy przyrost masy ciała			
- g/dobę	56,90	58,60	62,00
- grupa III = 100%	91,80	94,50	100,00

Pobranie paszy przez gęsi (tab. 6) było zróżnicowane. Gęsi z grupy I (50 m od SW) pobrały w rzeczywistości w przeliczeniu na sztukę 36,56 kg paszy przez okres 17 tygodni (w tym około 25 kg mieszanki pasz treściwych oraz 10kg ziarna owsa). Gęsi z grupy II (500 m od SW) i III (1000 m od SW) pobrały około 5 kg/szt. mniej paszy treściwej przez cały okres badań. W efekcie przyrost masy ciała w przeliczeniu na dobę wyniósł 56,9 g (grupa I), 58,69 g (grupa II) i 62,0 g (grupa III). Zużycie paszy na jednostkę przyrostu masy ciała było najniższe w grupie III, natomiast w pozostałych dwóch grupach było odpowiednio wyższe o 7,38% oraz 24,76%.

8.5. Jakość mięsa

Analizując dane zawarte w tabeli 7 można zauważyć, że parametry jakościowe mięsa wieprzowego u poszczególnych grup świń były mało zróżnicowane. Większość analiz wykazała zbliżone do siebie wartości takich oznaczeń jak: pH, L^x, b^x, wyciek termiczny, kruchość, barwniki, swobodny wyciek soku, wodochłonność, indeks nacieku oraz plastyczność. Jedynie, istotne zróżnicowanie statystyczne wykazano w przypadku poziomu tłuszczu śródmięśniowego oraz a^x.

Tabela 7. Jakość mięsa wieprzowego (cechy fizykochemiczne i sensoryczne) w zależności od bliskości siłowni wiatrowej (n=8) [Rypański, 2012]

Parametr		Grupa		
		50 m od SW	500 m od SW	1000 m od SW
pH	x	5,86	5,93	6,02
	SD	0,12	0,14	0,19
L [*]	x	36,24	37,11	37,88
	SD	1,48	1,63	1,92
a [*]	x	17,06	17,31*	19,33*
	SD	0,81	0,76	1,02
b [*]	x	2,22	2,36	3,14
	SD	0,88	1,42	0,91
Wyciek termiczny	x	16,29	16,81	16,23
	SD	1,43	2,11	1,74
Kruchość	x	42,37	42,33	43,11
	SD	4,83	4,71	4,24
Tłuszcz śródmięśniowy	x	4,29	3,58*	5,29*
	SD	1,39	0,49	1,02
Barwniki	x	249,60	259,31	226,88
	SD	26,84	43,19	22,73
Swobodny wyciek soku	x	1,37	1,42	1,61
	SD	0,41	0,37	0,47
Wodochłonność	x	10,41	11,93	10,90
	SD	1,73	1,24	2,76
Indeks nacieku	x	0,62	0,67	0,73
	SD	0,04	0,08	0,12
Plastyczność	x	2,91	2,92	2,97
	SD	0,41	0,45	0,30

pomiar L^{*} - jasność; a^{*} - informacja o odcieniach czerwony – zielony; b^{*} - informacja o odcieniach żółty – niebieski

Tabela 8. Jakość mięsa gęsiego (cechy fizykochemiczne i sensoryczne) w zależności od bliskości siłowni wiatrowej (n=8) [Rypański, 2012].

Parametr		Grupa		
		50 m od SW	500 m od SW	1000 m od SW
pH	x	5,97	5,88	6,05
	SD	0,14	0,17	0,18
L*	x	38,77	38,18	39,63
	SD	1,25	1,42	1,26
a*	X	16,99	16,57*	18,04*
	SD	0,92	0,82	1,16
b*	x	2,10	2,30	3,13
	SD	1,04	1,40	0,75
Wyciek termiczny	x	16,29	16,81	16,89
	SD	1,63	2,06	1,46
Kruchość	x	42,38	42,58	44,99
	SD	5,44	4,60	4,69
Tłuszcz śródmięśniowy	x	4,61	3,62*	5,26*
	SD	1,60	0,58	1,17
Barwniki	x	241,40	260,44	232,73
	SD	23,82	42,65	24,86
Swobodny wyciek soku	x	1,24	1,38	1,54
	SD	0,50	0,57	0,70
Wodochłonność	x	10,89	12,75	1066
	SD	2,49	3,10	4,16
Indeks nacieku	x	0,49	0,45	0,50
	SD	0,08	0,09	0,13
Plastyczność	x	3,01	2,87	2,92
	SD	0,23	0,25	0,30

pomiar L* - jasność; a* - informacja o odcieniach czerwony – zielony; b* - informacja o odcieniach żółty – niebieski

Dane zawarte w tabeli 8 wskazują, że badane parametry fizykochemiczne i sensoryczne mięsa gęsiego nie uległy większym wahaniom pod wpływem oddziaływania siłowni wiatrowej. Takie parametry jak: pH, mierniki barwy (L*, a*, b*), wyciek termiczny, kruchość, swobodny wyciek soku, wodochłonność plastyczność oraz indeks nacieku nie uległy zróżnicowaniom (brak statystycznie istotnych różnic). W przypadku poziomu tłuszczu śródmięśniowego stwierdzono różnice istotne statystycznie pomiędzy grupą II i III.

Podsumowując wyniki analiz jakości mięsa w kontekście ich zależności od bliskości siłowni wiatrowych należy zaakcentować ich małą zależność zarówno w przypadku wieprzowiny jak i gęsiny (brak statystycznie istotnych różnic).

8.6. Badania hematologiczne krwi

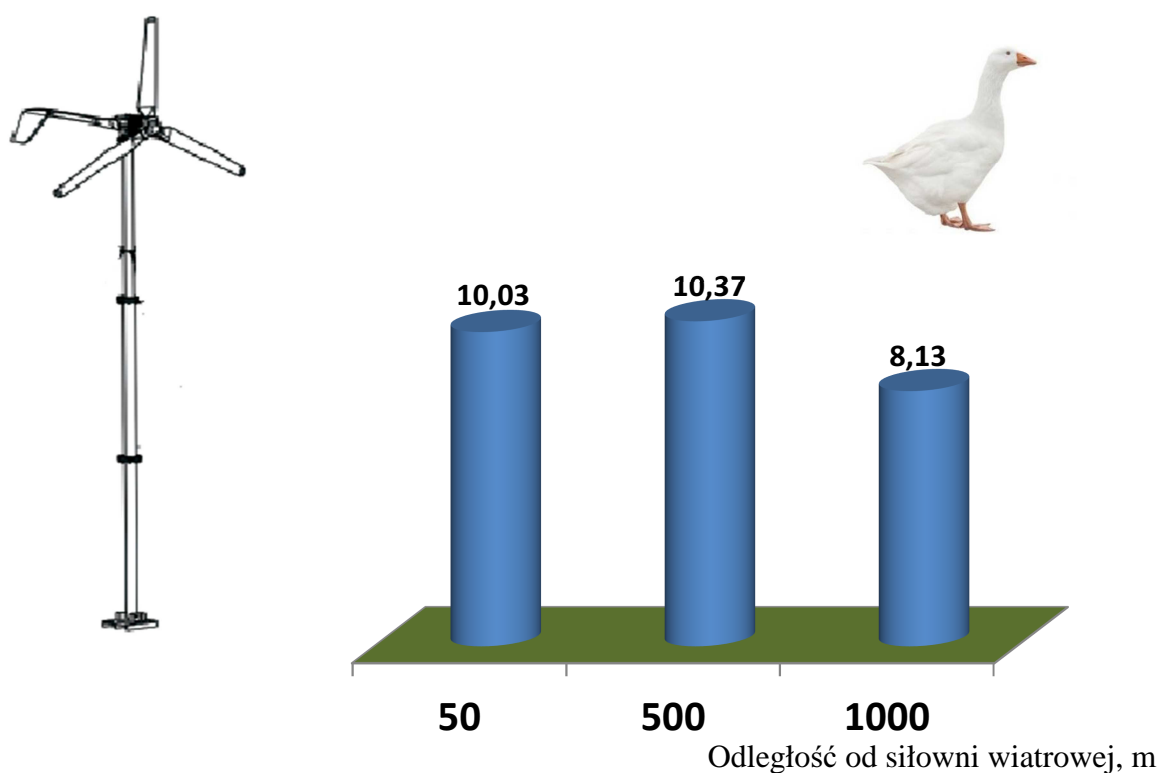
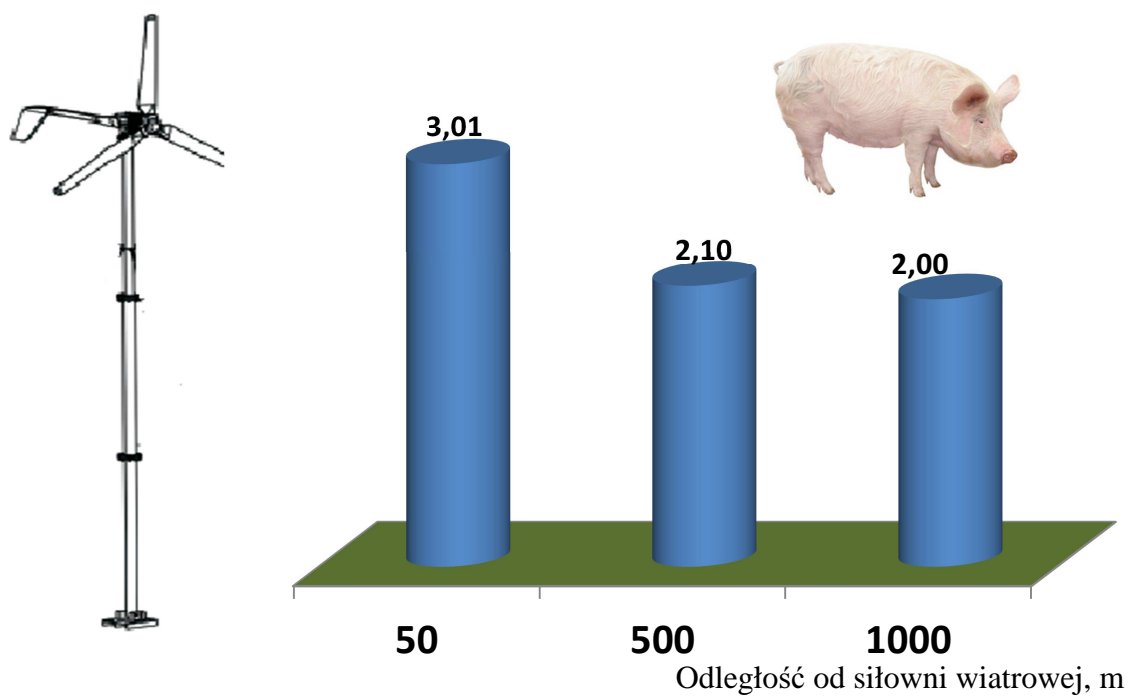
Wyniki badań hematologicznych wykazały, że poszczególne analizowane parametry świadczące o reakcji stresowej organizmów badanych zwierząt były zróżnicowane w przypadku obu gatunków zwierząt (Gsh-px, CAT, kortyzol).

Poziom peroksydazy glutationowej (Gsh-px) u obu badanych gatunków zwierząt był najniższy w przypadku osobników utrzymywanych najdalej od siłowni wiatrowej (grupa III) i wynosił odpowiednio: świnie - $2,0 \mu \cdot l^{-1}$, gęsi $8,0 \mu \cdot l^{-1}$ (ryc. 18).

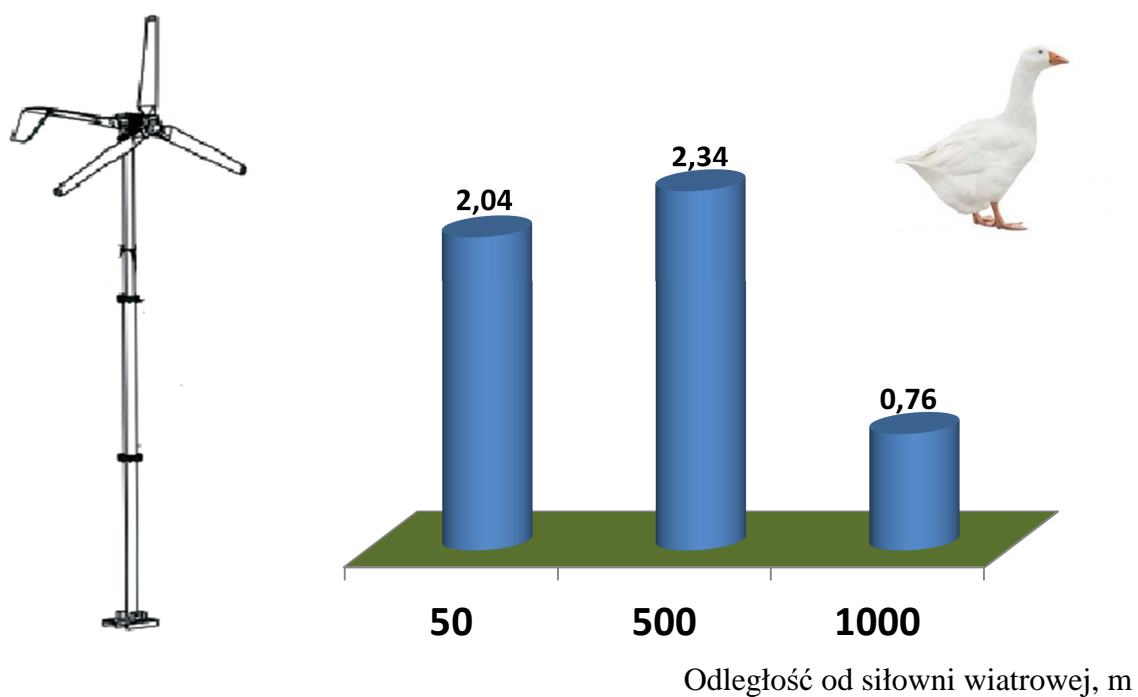
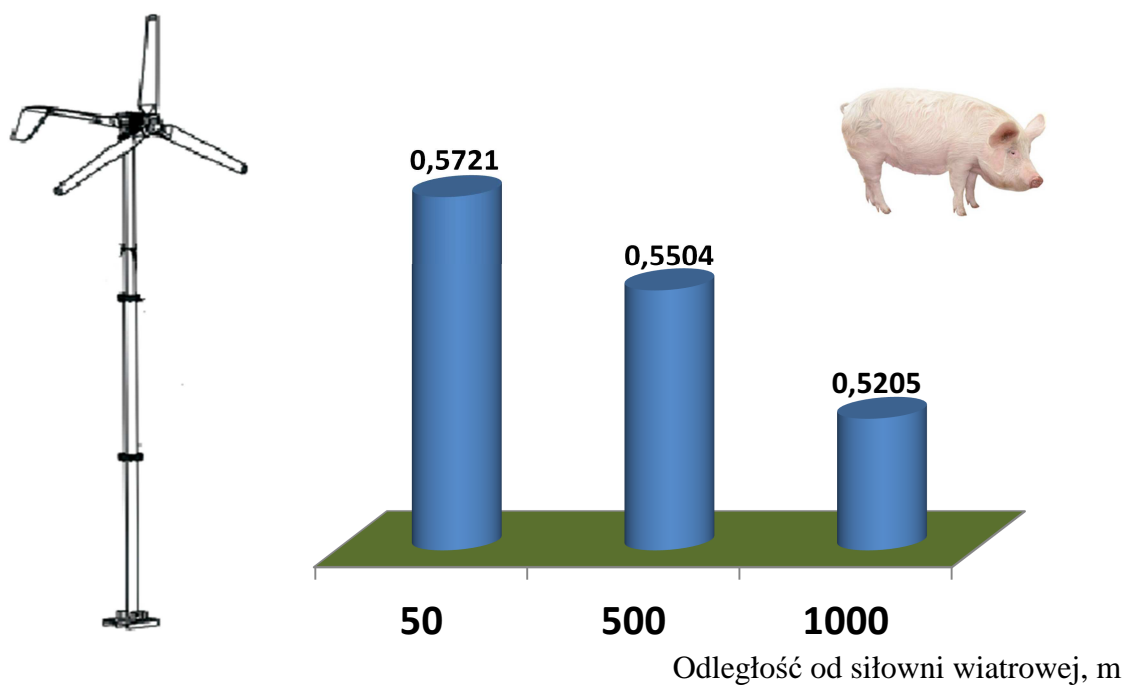
Analizując poziom katalazy (CAT) można zauważyć tą samą zależność, co w przypadku Gsh-px (świnie $2,00 \mu \cdot l^{-1}$, gęsi $8,13 \mu \cdot l^{-1}$) (ryc. 19). Obydwie grupy bytujące bliżej siłowni wiatrowej (Grupa I i II) miały znacznie wyższy poziom CAT i Gsh-px.

Poziom kortyzolu (ryc. 20) wykazał podobne tendencje zarówno u świń jak i gęsi. Zwierzęta utrzymywane w pobliżu siłowni wiatrowej (50 m) charakteryzowały się wyższym poziomem kortyzolu w osoczu krwi w porównaniu ze zwierzętami z grupy III (1000 m). Poziom kortyzolu w osoczu wyniósł odpowiednio: świnie $8,43 \mu \cdot l^{-1}$, gęsi $6,94 \mu \cdot l^{-1}$. W przypadku zwierząt doświadczalnych z grupy III poziom tego parametru był wyraźnie niższy.

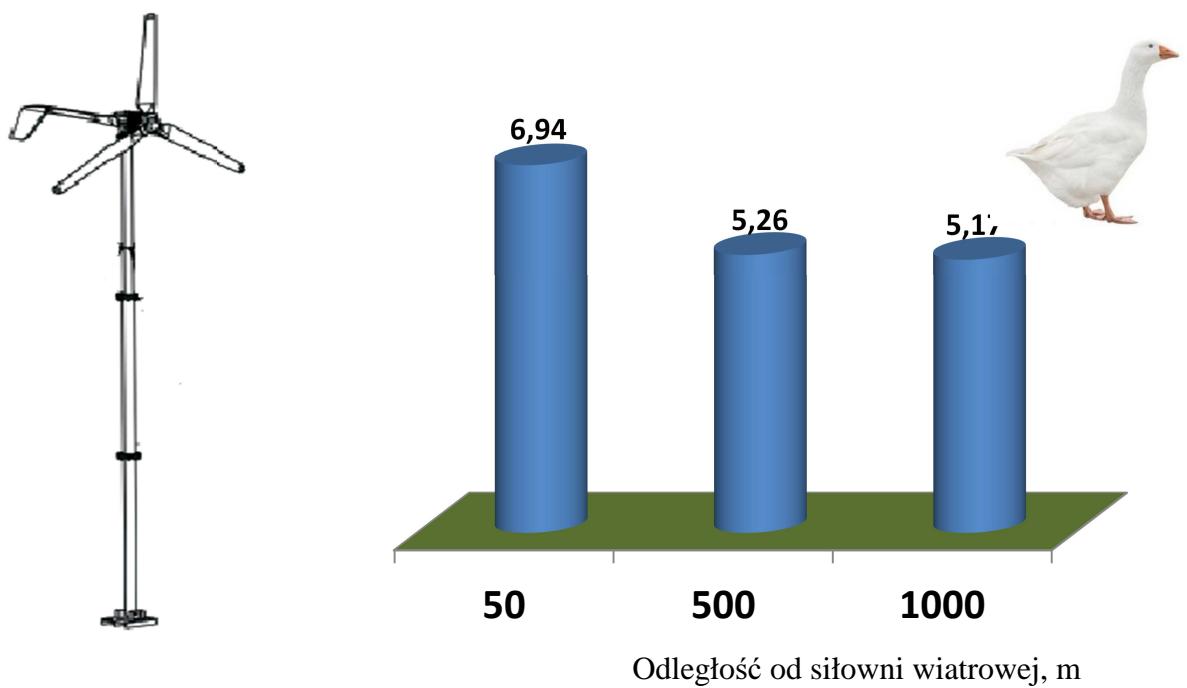
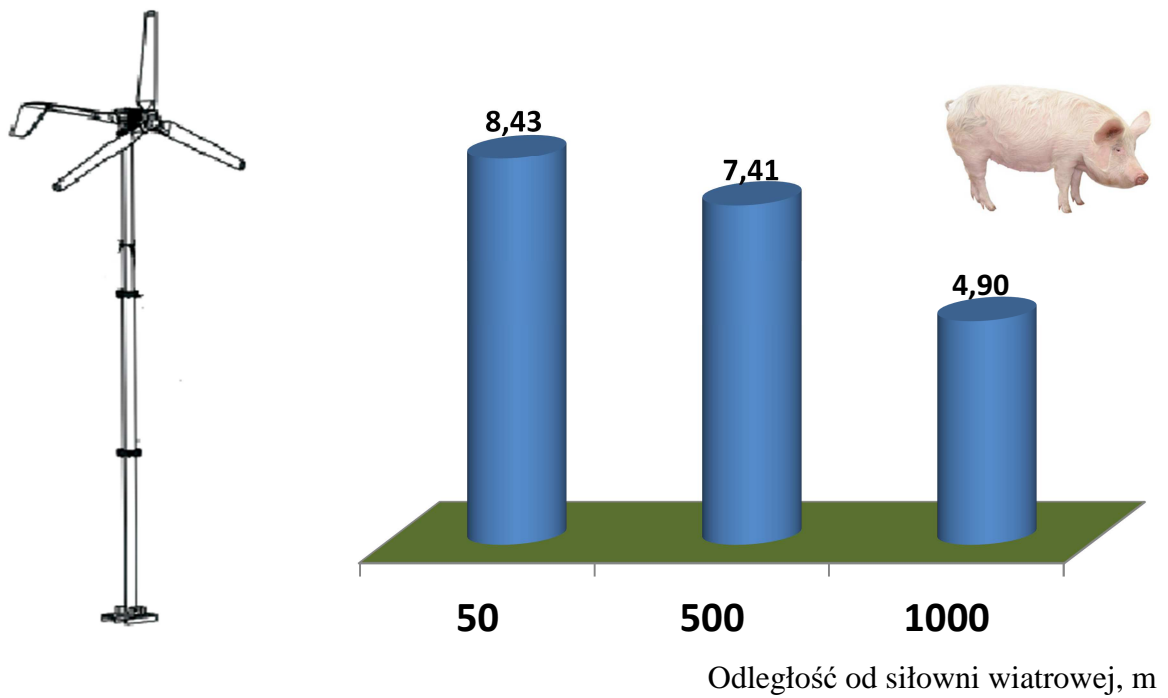
Zaprezentowane dane wskazują, że wszystkie trzy badane testy wykazały stresogenne oddziaływanie siłowni wiatrowych na organizm świń i gęsi.



Rycina 18. Zawartość Gsh-px (peroksydaza glutationowa) we krwi badanych zwierząt ($\mu \cdot \Gamma^{-1}$) [Opracowanie własne]



Rycina 19. Zawartość CAT – katalaza we krwi badanych zwierząt ($\mu \cdot l^{-1}$) [Opracowanie własne]



Rycina 20. Zawartość kortyzolu we krwi badanych zwierząt, ($\mu \cdot l^{-1}$) [Opracowanie własne]

9. WNIOSKI

Zrealizowane w trakcie badań eksperymenty upoważniają do wyartykułowania następujących wniosków:

1. Zachowanie się zwierząt gospodarskich sugeruje, że badane zwierzęta źle się czuły w pobliżu siłowni wiatrowych (np. gęsi skupiały się w grupy i nieruchomiały).
2. Przyrosty masy ciała zwierząt wykorzystywanych do badań ulegały obniżeniu w miarę zmniejszania się odległości ich bytowania od siłowni wiatrowych (w zakresie 1000 m).
3. Zużycie paszy na jednostkę przyrostu masy ciała było o około 20 - 25% wyższe u zwierząt przebywających najbliżej siłowni wiatrowej (50 m od siłowni) oraz o około 5 - 10% w odległości 500 m. Tak wyraźny wzrost zużycia pasz powoduje pogorszenie się rentowności produkcji zwierzęcej, a w konsekwencji sprawia, że będzie ona nieopłacalna.
4. Badania krwi badanych zwierząt (testy: poziom kortyzolu, Gsh-px, CAT) wykazały, że w miarę zbliżania się ich miejsca bytowania do siłowni wiatrowej zauważono tendencje do nasilania się zjawisk charakterystycznych dla stresu.
5. Analizując jakość mięsa uzyskanego w czasie badań nie stwierdzono istotnego (pod względem statystycznym) zróżnicowania między sztukami utrzymywanymi w różnych odległościach od siłowni wiatrowej.
6. Podsumowując należy stwierdzić, że bezpośrednia bliskość (50 m) siłowni wiatrowej wpływa niekorzystnie na wyniki produkcyjne i zdrowie zwierząt a obecne przepisy w tym względzie będą musiały ulec weryfikacji.

10. POSŁOWIE

Kierunki dalszego rozwoju produkcji rolniczej (w tym zwierzęcej) w coraz bardziej zurbanizowanym świecie, wymagać będą badań pojawiających się nowych czynników (w tym akustycznych) i określenia ich wpływu na coraz bardziej wydajne zwierzęta gospodarskie. Przykładem może być występujący przed wielu laty gen RYR (podatność na stres), z którym hodowcy świń poradzili sobie poprzez realizację prac hodowlanych.

Następnym nieodzownym czynnikiem dalszego rozwoju energetyki wiatrowej będzie współpraca rolników, hodowców, weterynarzy z producentami siłowni wiatrowych (również z inwestorami), a także wymiana informacji i obustronnie korzystna dyskusja, w której realizowane będą wspólne zadania np. minimalizacja hałasu w kolejnych nowych modelach siłowni wiatrowych.

Niedopuszczalnym zjawiskiem będzie stawianie społeczności wiejskiej (pośrednio również zwierząt hodowlanych) przed faktem dokonanym (uzyskanie stosowanych zezwoleń). Ludzie – członkowie społeczności lokalnej będą musieli mieć świadomość, jaka siłownia będzie umiejscowiona w danym miejscu tj. jej typ, natężenie hałasu, charakterystyka techniczna i inne parametry, oraz znać jej ewentualną szkodliwość.

LITERATURA

1. AOAC., 1990, *Official methods of analysis*, Association of Analytical Chemists, 15th Edition, Washington, DC
2. Boczar T., 2010. Wykorzystanie energii wiatru. Wydawnictwo PAK, Warszawa.
3. Branco C. Low Frequency Noise: A Major Risk Factor in Military Operations (Hałas niskich częstotliwości: główny czynnik ryzyka w operacjach militarnych) (Portugalia), Proc. of RTO AVT Symposium on "Ageing Mechanisms and Control: Part A – Developments in Computational Aero- and Hydro-Acoustics", Manchester, UK, 8-11 październik 2001. (artykuł zaproszony na konferencję organizowaną przez NATO)
4. Brown Keith I. Nestor Karl E., 1973. Some physiological responses of turkeys selected for high and low adrenal response to cold stress. *Poultry Science* 52, 1948- 1954.
5. Cegiełka B., 2012. Odchów prosiąt. Polskie Wydawnictwo Rolnicze, Kraków.
6. Cempel C. 1998, Diagnostyka Wibroakustyczna Maszyn, 29.08.2011, <http://www.wbc.poznan.pl/dlibra/docmetadata?id=8900&from=publication>
7. Ceranna L., Hartmann G., Henger M., Der unhörbare Lärm von Windkraftanlagen – Infraschallmessungen an einem Windrad nördlich von Hannover - Niesłyszalne dźwięki (infradźwięki) elektrowni wiatrowych – pomiary wykonane na wirnikach wiatraków na północ od Hanoweru”, 29.05.2011, <http://www.buerger-fuer-eggebek.de/downloads/wkalaerminfraschallanwka.pdf>
8. Chan C.Y., Nicholson C.: Modulation by applied electric field of purkinie and stellate cell activity to the isolated turtle cerebellum. *J. Physiol.*, 1986;371:89–114
9. Czysta energia, 2013, Hałaśliwy sąsiad, 4/2013, s. 8.
10. Dattilo A.M., Bracchini L., Loiselle S.A., Ovidi E., Tiezzi A., Rossi C.: Morphological anomalies in pollen tubes of *Actinidia deliciosa* (kiwi) exposed to 50 Hz magnetic field. *Bioelectromagnetics*, 2006;26:153–156
11. Deluga W., 2009: Analiza korzyści, barier i następstw rozwoju alternatywnych źródeł energii na przykładzie energetyki wiatrowej”, Katedra Marketingu i Badań Rynkowych Politechnika Koszalińska, 29.08.2011, <http://www.zsbialybor.neostrada.pl/konkurs/energetyka.pdf>
12. Drgania 2011. Drgania mechaniczne (wibracje), 29.08.2011, <http://www.ciop.pl/6467.html>

13. Dyrektywa rady z dnia 2 kwietnia 1979 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (79/409/EWG) art. 4.
14. Dz. U. 2007, nr 93 poz. 623 - Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r., w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego.
15. Dz. U. 2007, nr 120 poz. 826. Dz. U. Nr 120 poz. 826 z 2007r - Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku
16. Dz.U. 2004 nr 121 poz. 1266 - Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych.
17. Dz.U. 2008 nr 199 poz. 1227 – Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko.
18. Dz.U. z 2006 r., Nr 89, poz. 625 ze zm. - Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne.
19. Dz.U.04.257.2573 z późniejszymi zmianami – Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięć do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko.
20. Fevolden S., E., Roed K., H., Fjalestad K., T., Stien J., 1999. Post stress levels of lysozyme and cortisol in adult rainbow trout: heritability and genetic correlations. *Journal of Fish Biology* 54 issue 4 April, 900- 910.
21. Flizikowski J., B., 2004. Funkcjonalność siłowni wiatrowych; III Międzynarodowa Konferencja Procesów Energii Eco- Euro- Energia czwarc s.325- 332, Bydgoszcz.
22. Frey B.J., Hadden P.J., Noise Radiation from Wind Turbines Installed Near Homes: Effects on Health (Emisja hałasu przez turbiny wiatrowe zainstalowane w pobliżu domów: wpływ na zdrowie) – raport (Wielka Brytania), 12.08.2011 http://www.windturbinoisehealthhumanrights.com/wtnhhr_june2007.pdf
23. Fundamenty: Redukcja kosztów o 30% przy zastosowaniu technologii SSF i SPP, 19.08.2011, <http://polishwindenergy.com/index.php/pl/news/144-fundamenty-redukcja-kosztow-o-30-przy-zastosowaniu-technologie-ssf-i-spp>

24. Głócko W., 2006. Bariery rozwoju energetyki wiatrowej; III Międzynarodowa Konferencja Procesów Energii Eco- Euro- Energia czwartej s.181- 183, Bydgoszcz.
25. Goodman R., Henderson S.A.: Sine waves enhance cellular transcriptions. *Bioelectromagnetics*,1986;7:23–30
26. Gronowicz J., 2008. Niekonwencjonalne źródła energii. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy, Poznań.
27. Harry A. Wind Turbines, Noise and Health (Turbiny wiatrowe, hałas i zdrowie) - raport (Wielka Brytania), 12.08.2011
http://www.windturbinenoisehealthhumanrights.com/wtnoise_health_2007_a_barry.pdf
28. <http://bio-study.pl>, 29.08.2012
29. <http://www.audytekologiczny.pl>, 29.08.2012
30. <http://www.baza-oze.pl>, 29.08.2012
31. <http://www.czysta-energia.ovh.org>, 29.08.2012
32. <http://www.czystaenergia.pl>, 29.08.2012
33. <http://www.elektronikab2b.pl>, 29.08.2012
34. <http://www.elektroonline.pl>, 29.08.2012
35. <http://www.energiazwiatru.w.interia.pl>, 29.08.2012
36. <http://www.mrr.gov.pl>, 29.08.2012
37. <http://www.stop.eko.org.pl/portal>, 29.08.2012
38. Human response to wind turbine noise - perception, annoyance and moderating factors (Reakcja człowieka na hałas turbin wiatrowych – percepcja, rozdrażnienie i czynniki moderujące) - praca doktorska (Szwecja) dr Eja Pedersen, 05.09.2011
http://gupea.ub.gu.se/dspace/bitstream/2077/4431/1/gupea_2077_4431_1.pdf
39. Igliński B., Buczkowski R., Cichosz M., 2008. Energia alternatywna w województwie kujawsko- pomorskim. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.

40. Influence of low frequency noise on health and well-being (Wpływ hałasu niskich częstotliwości na zdrowie i samopoczucie) - raport (Holandia), Martin van den Berg, Ministry of Environment, Hague, 29.08.2011, Netherlands <http://www.unece.org/trans/doc/2005/wp29grb/TRANS-WP29-GRB-41-inf08e.doc>
41. Infradźwięki szkodzą, ale i leczą, Rozmowa z dr. Zbigniewem Damijanem z Laboratorium Akustyki Strukturalnej i Inżynierii Biomedycznej Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej, Atest 02/2007 http://www.atest.com.pl/article.php?id=aa0702_2
42. Inglis G., C., Ingrom M., C., Holloway C., D., Swan J., 1999. Familial pattern of corticosteroids and their metabolism in adult human subjects- the Scottish Adult Twin Study. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 84 (11), 4132- 4137.
43. In-Home Wind Turbine Noise Is Conducive to Vibroacoustic Disease (Odczuwalny w domu hałas turbin wiatrowych prowadzi do choroby wibroakustycznej) (Portugalia), M. ALVES-PEREIRA, Nuno A. A. CASTELO BRANCO, M.D., prof. med. na Lusofona University, Lisbona, Proc. of 2nd Wind Turbine Noise Conference 2007, Lyon, France, 20-21 wrzesień 2007
44. Jabłoński R., Brudnicki W., Skoczylas B., Nowicki W., 2006. Oddziaływanie elektrowni wiatrowych na bioróżnorodność przyległych siedlisk. III Międzynarodowa Konferencja Procesów Energii Eco- Euro- Energia czwarc, s.191- 196, Bydgoszcz.
45. Jabłoński W., Wnuk J., 2009. Zarządzanie odnawialnymi źródłami energii aspekty ekonomiczno-techniczne. Wydawnictwo HUMANITAS, Warszawa.
46. Jastrzębska G., 2007. Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne. Wydawnictwo Naukowo- Techniczne, Warszawa.
47. Jaworski S., 1995. Świnie- poradnik tuczu. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
48. Johnson G.D., Strickland M.D, Erickson W.P., Young Jr. D.P, 2007. Use of data to develop mitigation measures for wind power development impacts to birds; *Birds and wind farms: risk assessment and mitigation*, s. 242–256.
49. Kaczmarek A., Mikulski W, Pawlaczyk-Łuszczynska M., „Badania uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach do prac biurowych i koncepcyjnych”, *Bezpieczeństwo Pracy*, nr 1 (412) styczeń 2006, strony 16-19.

50. Kaliski K., 2009. Calibrating Sound Propagation Models for Wind Power Projects, State of the Art. In Wind Siting Seminar, October, National Wind Coordinating Collaborative, Washington.
51. Kania B., F., Matczuk J., Cieciera M., 2001. Neurofarmakologiczne podstawy łagodzenia stresu. *Medycyna weterynaryjna* 57 (10), 719- 722.
52. Kirschbaum C., Wüst S., Faig H., G., Hellhammer D., H., 1992. Heritability of cortisol responses to human corticotrophin- releasing hormone, ergometry and psychological stress in human. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 75, 1526- 1530.
53. Kopeć B. :Wykorzystanie energii pola elektrycznego dla przedsewnej obróbki nasion. *Postępy Nauk Rolniczych*, 1988; 3:51–64
54. Krajewska K., 2006. Szanse i ograniczenia rozwoju energetyki odnawialnej z punktu widzenia ochrony środowiska. III Międzynarodowa Konferencja Procesów Energii Eco-€uro- Energia czerwiec s.205- 2010, Bydgoszcz.
55. Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych - www.mg.gov.pl - grudzień 2010
56. Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M., 1994. Energetyka, a ochrona środowiska. Wydawnictwo Naukowo- Techniczne, Warszawa.
57. Lewandowski W. M., 2007. Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wydawnictwo Naukowo- Techniczne, Warszawa.
58. Lewandowski W.M., 2010. Proekologiczne odnawialne źródła Energii. Wydanie IV. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 2010
59. Liboff A.R., Thomas J.R., Schrot J. Magnetically induced behaviour modification in rats. *Bioelectromagnetics*, 1999;22:69–75
60. Lubośny Z., 2007. Elektrownie Wiatrowe w systemie elektroenergetycznym. Wydawnictwo Naukowo- Techniczne, Warszawa.
61. Lubośny Z.: Farmy wiatrowe w systemie elektroenergetycznym. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2009
62. Lyons T.P., Jacques K.A., 2004, Nutritional biotechnology in the feed and food industries, Nottingham University Press, UK, s. 531
63. Maj D., Żarnecki A., Wrońska- Fortuna D., Sechman A., 2001. Zmienność genetyczna stężenia kortyzolu w osoczu krwi królików przed i w czasie stresu; *Prace i Materiały Zootechniczne*, nr 59, s. 127- 134.

64. Mazanowski A., 2012. Hodowla i chów gęsi, Wydawnictwo Aptra, Osielsko, ss. 402.
65. Mężyk A., Jureczko M., 2006. Optymalizacja wielokryterialna łopat elektrowni wiatrowej ze względu na minimalizację drgań. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
66. Michałowska-Knap K. 2013. Rynek energetyki wiatrowej w POLSCE i perspektywy jego rozwoju. Wind energy Poland A special publication of biznes Polska. PL. s.40-42
67. No Resolution, 5.09.2011, <http://www.basinandrangewatch.org/SearchlightWind-June.html>
68. Norwisz J., T. Musielak, B. Boryczko, 2006. Odnawialne źródła energii - polskie definicje i standardy, Rynek Energii nr 1/2006.
69. Nowak W., Stachel A., Borsukiewicz- Gozdur A., 2008. Zastosowanie odnawialnych źródeł energii. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin.
70. NWCC 2007. Mitigation toolbox; NWCC Mitigation Subgroup & Jenny Rectenwald; The National Wind Coordinating Collaborative zamieszczone na stronie: <http://www.oddzialywaniawiatrakow.pl/upload/file/440.pdf>
71. Obwieszczenie Ministra Gospodarki z dnia 15 listopada 2001 r. w sprawie raportu zawierającego analizę realizacji celów ilościowych i osiągniętych wyników w zakresie wytwarzania energii elektrycznej w odnawialnych źródłach energii.
72. Odintsov Y.N.: The effect of magnetic field on the nature resistance of white mice to *Listera* infection. Tr. Tomsk. Vaksyn. Syvarotok, 1963;16:234–238
73. Parameter TM, Cortisol, R&D Systems.
74. Paska J., Kłos M., 2009. Elektrownie wiatrowe w systemie elektroenergetycznym – stan obecny i perspektywy, stosowane generatory i wymagania; Rynek Energii – nr 10/2009.
75. Pawlas K., 2009. Wpływ infradźwięków i hałasu o niskich częstotliwościach na człowieka -, przegląd piśmiennictwa, Podst. Met. Oceny Środ., Pr. 2(60), s-27.64.
76. Pawlik M., Strzelczyk F., 2009. Elektrownie. Wydawnictwo Naukowo- Techniczne, Warszawa.
77. Pedersen, E., Hallberg, L.R.-M., Persson Waye, K. 2007. Living in the vicinity of wind turbines – a grounded theory study (Życie w pobliżu turbin wiatrowych – badanie ugruntowanej teorii) (Szwecja), Qualitative Research in Psychology, Vol. 4, Issue 1 & 2, str. 49-63.

78. Pedersen, E., Larsman, P. 2008. The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines (Wpływ czynników wizualnych na rozdrażnienie hałasem ludzi żyjących w pobliżu turbin wiatrowych) (Szwecja), *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 28, No. 4, str. 379-389
79. Phillips J.L., Rutledge L., Winters W.D.: In vitro exposure to electromagnetic fields changes in tumoral cell properties. *Int. J. Radiat. Biol.*, 1986;49:463–469;
80. Pierpont N., Wind Turbine Syndrome: Noise, shadow flicker, and health (Syndrom turbin wiatrowych: hałas, migotanie cienia i zdrowie), 29.08.2011 <http://www.windturbinesyndrome.com/wp-content/uploads/2008/07/wind-turbine-syndrome-noise-shadow-flicker-and-health-pdf1.pdf>
81. Pierzchała-Koziec K., Kepys B., Drożdż A., 2000. Opioids modulate the plasma cortisol level in sheep; *Act Agraria et Silvestria Series Zootechnica*, vol.38, s. 101- 107.
82. PN-86/N-01338 - Hałas infradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
83. PN-EN 61672-1:2005, Elektroakustyka - Mierniki poziomu dźwięku – Część 1: Wymagania
84. PN-ISO 7196:2002, Akustyka - Charakterystyka częstotliwościowa filtru do pomiarów infradźwięków
85. Raport - Energetyka wiatrowa w Polsce - Instytut Energii Odnawialnej - IEO - www.ioe.pl - grudzień 2010
86. Raport „Wizja rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce do 2020 r.” - Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej - styczeń 2010r.
87. Rekiel A., 2005. Chów i hodowla trzody chlewnej. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
88. Rochalska M., 2007. Wpływ pól elektrowni wiatrowych na organizmy żywe: rośliny, ptaki i zwierzęta; *Medycyna pracy* 58(1):37- 48, Warszawa.
89. Romaniuk U. Wiatr to niebezpieczne fale i migotanie światła, *Gazeta Wrocławska*, 2009-01-29 22 http://www.gazetawroclawska.pl/stronaglowna/81848,wiatr-to-niebezpieczne-fale-i-migotanie-swiatla,id,t.html#drukuj_dol
90. Rozporządzenie ministra środowiska z 9 stycznia 2002 r. w sprawie wartości progowych poziomów hałasu (Dz. U. 2002 r., nr 8, poz. 81)

91. Sabo J., Sokol J., 1996, Anaeróbne infekcie hospodárskych zvierat, Vydavateľstvo Neografie, Martin (Slovensko), s. 245
92. Selye H., 1977. Stres okieľznany. Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa.
93. Shober A., Yark M., Fisher G.: Electrolyte change in the white mice under the influence of a weak magnetic field. Zbl. Bakterirol. Hyg., 1982;B176:305–315
94. Smallwood K.S., Thelander C.G. 2004. Developing methods to reduce bird mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area. Final Report by Bio Resource Consultants to the California Energy Commission, Public Interest Energy Research-Environmental Area, Contract No. 500-01-019.
95. Soja G., Kunsch B., Gerzabek M., Reichenauer T., Soja A.M., Rippar G. i wsp.: Growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum L.*) and corn (*Zea mays L.*) near a high voltage transmission line. Bioelectromagnetics, 2003;24:91–102
96. Stephens D., B., 1980. Stress and its measurement in domestic animals: a review of behavioral and physiological studies under field and laboratory situations. Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine 24, 179- 182.
97. Stryjecki M., Mielniczuk K., 2011. Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływań na środowisko farm wiatrowych; Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
98. Szewczyk A., 2003. Changes in serum cortisol level and incidence of stereotyped behavior in piglets weaned at different times, as an indicator of their welfare; Annals of Animal Science, vol.3 nr 2, s. 345- 353.
99. Tangl H., 1961. Witaminy, hormony i antybiotyki w hodowli zwierząt. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
100. Tytko R., 2011. Odnawialne źródła energii, wyd. piąte, ss. 576.
101. Ustawa 2011. Ustawa z 2 kwietnia 2004 r. o zmianie ustawy Prawo energetyczne, i ustawy Prawo ochrony środowiska (Dz. U. nr 9 1, poz. 875)
102. Ustawa 1997. Ustawa Prawo Energetyczne Dz. U. 1997, nr 54. poz. 34H wraz z późniejszymi zmianami ostatnie z dnia 14 czerwca 2010 roku Dz.U. 2010. nr 21 poz 104 i nr 81, poz. 530
103. V90 – 1.8 MW oraz 2.0 MW, 29.08.2011
http://www.vestas.com/Files%2FFiler%2FPL%2FBrochures%2FV90_2_PL.pdf
104. Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signalling (Choroba wibroakustyczna:

- biologiczny wpływ infradźwięków i hałasu niskich częstotliwości wyjaśniony przez mechanotransdukcijną sygnalizację komórkową) (Portugalia), Alves-Pereira, Mariana; Castelo Branco, Nuno A.A., prof. med. na Lusofona University, Lisbona, Progress in Biophysics and Molecular Biology, Vol. 93, Issue: 1-3, January - April, 2007, str. 256-279, IF>5
105. Vibroacoustic disease: the new attitude towards noise (Choroba wibroakustyczna: nowe podejście do hałasu) – materiały międzynarodowej konferencji *International Conference on Public Participation and Information Technologies*, Lizbona, 20 - 22 październik 1999 (Portugalia)M. ALVES-PEREIRA, Nuno A. A. CASTELO BRANCO, M.D., prof. med. na Lusofona University, Lisbona, PortugaliaCITIDEP & DCEA-FCT-UNL, edited by Pedro Ferraz de Abreu & João Joanaz de Melo © CITIDEP (Research Center on Information Technologies and Participatory Democracy) 2000
106. WAYE K.P., OHRSTROM E. 2002. Psycho-acoustic characters of relevance for annoyance of wind turbine noise (Psycho-akustyczny charakter związku rozdrażnienia z hałasem turbin wiatrowych) *Journal of Sound and Vibration* (Szwecja), 250(1), str. 65-73
107. Wcisło G., 2006. Układy elektroniczne w elektrowniach wiatrowych dużej mocy; *Elektronika* 7/2006, zamieszczone na stronie: <http://elektronikab2b.pl>.
108. Wind Turbine Configuration, 29.08.2011
<http://www.northernpower.com/technology/turbine-configuration.php>
109. Wiśniewski K. „Generacja energii elektrycznej pochodzącej z elektrowni wiatrowej w świetle wymagań dotyczących jakości energii”, URE, 07.06.2005
http://www.ure.gov.pl/portals/pl/429/930/Generacja_energii_elektrycznej_pochodzacej_z_elektrowni_wiatrowej_w_swietle_wyma.html
110. Włoch P., 2004. Możliwości rozwoju sektora energetyki wiatrowej w Polsce w aspekcie osiągnięć technologicznych; III Międzynarodowa Konferencja Procesów Energii Eco-Euro- Energia czerwiec s.315- 324, Bydgoszcz.
111. Wpływ hałasu na organizm człowieka i jego skutki, 29.08.2011
<http://www.ciop.pl/6538.html>
112. Wrońska- Fortuna D., Sechman A., Żarnecki A., Bieniek J., Maj D., 1998. Aktywność osi podwzgórzowo- przysadkowo- nadnerczowej u stresowanych królików. Materiały

XII Ogólnopolskiego Seminarium: Mechanizmy służące utrzymaniu życia i regulacji fizjologicznych, Kraków, 12 Września, 133- 134