

Streszczenie

Energia wiatru, jako nieprzerwanie dostępne źródło energii, w ciągu ostatniego stulecia znalazła się w obszarze coraz większego zainteresowania i praktycznego znaczenia. Można wyróżnić dwie zasadnicze sfery jej zastosowania. Pierwsza odnosi się do systemów wielkoskalowych, które zbieżnie doprowadziły do ustandaryzowanego rozwiązania w postaci trójkątowego wirnika o poziomej osi obrotu. Rozwiązanie to jest jednak dostępne wyłącznie dla wysoko rozwiniętych gospodarek i wymaga znacznych nakładów finansowych. Druga sfera obejmuje turbiny małej skali, których rozwój w ostatnich dekadach nabrał szczególnej dynamiki. Początkowo wykorzystywane głównie do celów indywidualnych, współcześnie są coraz częściej wdrażane w gęsto zaludnionych obszarach miejskich. W odróżnieniu od systemów wielkoskalowych, sektor ten nie wykształcił jednolitego rozwiązania technologicznego. Zamiast tego charakteryzuje się szerokim spektrum podejść, wynikających z różnorodnych uwarunkowań technicznych, środowiskowych i społecznych, które wymagają pogłębionej analizy. W niniejszej rozprawie przyjęto hipotezę:

Integracja energetyki wiatrowej w środowisku miejskim wymaga uwzględnienia specyficznych właściwości turbin, których dostosowanie jest warunkiem akceptacji zarówno z perspektywy środowiskowej, jak i społecznej.

W celu weryfikacji hipotezy badania koncentrują się na wykorzystaniu energii wiatru w miastach, rozpatrywanym jako obszar obiecujący, lecz wciąż niedostatecznie eksplorowany w kontekście zrównoważonej produkcji energii. W obliczu rosnącego globalnego zapotrzebowania na źródła odnawialne oraz pilnej potrzeby ograniczenia zależności od paliw kopalnych, energetyka wiatrowa jawi się jako szczególnie atrakcyjne rozwiązanie niskoemisyjne. Dotychczas rozwój badań i wdrożeń był zdominowany przez instalacje wielkoskalowe, lokowane na terenach wiejskich bądź morskich, gdzie dostępne są stabilne i niezakłócone przepływy powietrza. W przeciwieństwie do tego, wykorzystanie energii wiatru w środowisku miejskim pozostawało marginalne, mimo istniejącego potencjału dla zdecentralizowanej produkcji energii w miejscach o największej koncentracji zapotrzebowania.

Przedmiotem badań jest analiza przydatności i efektywności turbin wiatrowych typu Savoniusa o pionowej osi obrotu (SVAWT), które ze względu na swoją konstrukcję wykazują szczególną odporność na turbulentne i wielokierunkowe przepływy powietrza charakterystyczne dla obszarów miejskich. Sformułowano główne pytanie badawcze: W jakim stopniu turbiny Savoniusa są przydatne i efektywne w warunkach miejskich, z uwzględnieniem zarówno ich potencjału produkcji energii, jak i oddziaływania akustycznego? W celu udzielenia odpowiedzi zastosowano metody eksperymentalne, obliczeniowe i analityczne.

Cele szczegółowe obejmują: ocenę przydatności różnych technologii turbin wiatrowych w środowisku miejskim, analizę potencjału energetycznego wiatru w wybranych lokalizacjach w dwóch krajach oraz przeprowadzenie szczegółowych badań aerodynamicznych i akustycznych turbin Savoniusa. Badania eksperymentalne, realizowane w tunelach aerodynamicznych oraz na prototypach dachowych, zostały uzupełnione symulacjami CFD, umożliwiającymi analizę wydajności zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i rzeczywistych. Równolegle

prowadzono pomiary akustyczne z wykorzystaniem pojedynczych mikrofonów i macierzy mikrofonowych, co pozwoliło na identyfikację źródeł oraz mechanizmów emisji hałasu. Analiza ta jest kluczowa dla oceny oddziaływania akustycznego turbin w środowisku miejskim, zapewnienia zgodności regulacyjnej oraz minimalizacji uciążliwości dla mieszkańców.

Innowacyjnym elementem rozprawy jest analiza konfiguracji Savoniusa z podwójnym wirnikiem, której celem jest zwiększenie wydajności energetycznej przy zachowaniu skalowalności i opłacalności w zastosowaniach miejskich. Ponadto, poprzez systematyczne badanie relacji pomiędzy generacją mocy a emisją hałasu, określono optymalne parametry eksploatacyjne, umożliwiające równoważenie efektywności z ograniczeniem oddziaływań akustycznych — co stanowi istotny krok w kierunku społecznie akceptowalnej energetyki wiatrowej w miastach.

Rozprawa została podzielona na pięć części: wprowadzenie i sformułowanie problemu badawczego; podstawy teoretyczne; analizy wydajności turbin Savoniusa oparte na eksperymentach i symulacjach; szczegółowe badania akustyczne; oraz integrację turbin w środowisku miejskim, obejmującą analizę wzorców wiatrowych i oceny lokalizacyjne.

Podsumowując, praca wnosi istotny wkład w rozwój praktycznych i skalowalnych rozwiązań dla pozyskiwania energii wiatrowej w środowisku miejskim. Poprzez równoczesne uwzględnienie zagadnień technicznych i akustycznych, wspiera proces projektowania turbin zdolnych do harmonijnego funkcjonowania w gęsto zaludnionych obszarach. W ten sposób potwierdzono zasadność hipotezy o konieczności dostosowania charakterystyk turbin do specyfiki środowiska miejskiego w celu umożliwienia szerszej akceptacji społecznej energetyki wiatrowej.