Katalog STRUMIENI POWIETRZA WYWOŁANYCH DZIAŁALNOŚCIĄ CZŁOWIEKA

Katalog powstał w ramach projektu LIFE–UrbanWind.PL zgodnie z programem priorytetowym LIFE (2014–2020) (LIFE – Climate Change Mitygation)

Projekt jest współfinansowany przez Komisję Europejską i NFOŚiGW

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

European Commission

Katalog
STRUMiENi POWiETRZA
WYWOŁANYCH DZIAŁALNOŚCIĄ CZŁOWIEKA

Opracowując katalog podjęto próbę usystematyzowania strumieni powietrza wymuszonych działalnością człowieka w przestrzeni zurbanizowanej pod względem miejsc ich występowania oraz pod względem ich charakterystyk.

KATALOG STRUMIENI POWIETRZA - CZĘŚĆ I

Charakterystyka według miejsc występowania strumienia powietrza

- obszary miejskie, zabudowane
- strumienie przemysłowe
- tereny zielone kształtowane przez człowieka
- wiadukty, mosty
- tunele kolejowe, przemysłowe, metra, trasy szybkiego ruchu
- ciągi wewnętrzne nie produkcyjne

KATALOG STRUMIENI POWIETRZA - CZĘŚĆ II

Charakterystyka strumieni powietrza względem ich cech i parametrów

- Techniczny system telemetryczny. Dane wyjściowe
- Kryteria i metodologia podziału strumieni
- Charakterystyka skatalogowanych strumieni powietrza powstałych w wyniku ingerencji człowieka (schemat blokowy)
- Charakterystyka ilościowo-jakościowa poszczególnych strumieni (opis)

Podstawą i pierwszymi pomiarami uwzględnianymi w katalogu były zaplanowane lokalizacje miejsca instalacji urządzenia Urban Wind Power Station w wybranych lokalizacjach, mianowicie:

- w Warszawie ..... (patrz zał. 1),
- w Krakowie ..... (patrz zał. 2),
- w Czosnowie ..... (patrz zał. 3),
- Sobieniach Jeziory .... (patrz zał. 4).

Badania w miejscach instalacji i testów prototypu było bardzo istotne z uwagi na możliwość odwzorowania głównych cech wybranych strumieni powietrza na warunki testu w tunelu aerodynamicznym, aby stworzyć dla testów urządzenia stan zbliżony do warunków rzeczywistych.

W miejscach lokalizacjach - miejscach instalacji zbierane były dane dotyczące właściwości strumieni powietrza, które pozwolą doprecyzować stan aktualnych warunków wietrznych w każdej z badanych lokalizacji, a także potwierdzą siłę strumieni technologicznych. W przypadku zaskakującego efektu zastrzeżono możliwość zmiany lokalizacji, aby doprowadzić do zapewnić optymalizację efektu ekonomicznego i ekologicznego.

W pierwszej części skatalogowano i usystematyzowano strumienie powietrza według **miejsc ich powstawania,** a w części drugiej skatalogowano i usystematyzowano strumienie powietrza według i**ch cechy i zdefiniowanych parametrów.**

Na bazie wcześniejszej diagnozy i rozpoznania w zakresie **miejsc występowania** strumieni powietrza w Katalog strumieni dokonano podziału strumieni na grupy, które zostały zweryfikowane, uszczegółowione i rozbudowane. Jak wcześniej wspomniano w drugiej części strumienie powietrza zostały skatalogowane i pogrupowane według cech i zdefiniowanych parametrów omawianych strumieni powietrza.

Wykorzystanie strumieni powietrza wymuszonych działalnością człowieka w terenach zurbanizowanych, a zwłaszcza w dużych miastach jest ogromnie istotne z punktu widzenia zmian klimatu. Metropolie zmieniają się w Miejskie Wyspy Ciepła. Zjawisko skomplikowane, nad którym klimatolodzy i urbaniści pochylają się od lat, nie tylko po to, aby je wyjaśnić, ale także, aby znaleźć rozwiązania problemów z nim związanych.

KATALOG STRUMIENI POWIETRZA w terenach zurbanizowanych oraz zbudowany i przetestowany w ramach projektu LIFE-UrbanWind.PL może stać się jednym z istotnych i wielce przydatnych narzędzi w tej walce.

Na bazie wcześniejszej diagnozy i rozpoznania chcemy/należy zwrócić uwagę i podkreślić, że:

BRAK WYKORZYSTANIA WYMUSZONTCH STRUMIENI POWIETRZA DO PONOWNEJ PRODUKCJI CZYSTEJ ENERGII TO TWORZENIE ODPADÓW ENERGETYCZNYCH W CZASACH WYSTĘPOWANIA KONIECZNOŚCI TWORZENIA I OPTYMALIZACJI SYSTEMÓW RECYKLINGU ENERGII ROZPROSZONEJ, ODPADOWEJ I SZCZĄTKOWEJ.

Choć od lat prospołeczną i proekologiczną działalnością jest odzysk surowców wtórnych ze strumienia odpadów, to mimo wzrostu świadomości proekologicznej jak dotychczas we wszelkiego rodzaju działaniach pominięto „odpady energetyczne" oraz zaniechano wszelkie działania lub próby, które miałyby na celu odzysk energii, a w szczególności wszędzie tam gdzie jest to możliwe, uzasadnione ekonomicznie i pozytywne dla środowiska naturalnego i klimatu. Należy podkreślić, że biorąc pod uwagę obecną sytuacje i uwarunkowania jakie występują w systemach energetycznych państw Unii Europejskiej oraz uwarunkowania geopolityczne i ekonomicznych RECYKLING ENERGII można uznać działanie za działanie szczególnie zasadne – wręcz konieczne i opłacalne tak dla gospodarki jaki i społeczeństwa poszczególnych państw Unii Europejskiej.

W ramach projektu LIFE-UrbanWind.PL chcemy zwrócić uwagę wszystkich, a nawet zbudować świadomość i przekonanie w tym przede wszystkim decydentów, że recykling energii rozproszonej jest możliwy i ze wszech miar zasadny – wręcz konieczny.

KOSZTY ZANIECHANIA DZIAŁAŃ UMOŻLIWIAJĄCYCH ODZYSK I WYKORZYSTANIE OPISANYCH WYŻEJ STRUMIENI W SYSTEMACH BEZPOŚREDNIEGO WYKORZYSTANIA LUB DO PRODUKCJI CZYSTEJ ENERGII, A PRZEZ TO ZANIECHANIE WYKORZYSTANIA NOWEGO ŹRÓDŁA OZE, DZIĘKI KTÓREMU MOŻEMY DZIAŁAĆ NA RZECZ SPOWOLNIENIA ZMIAN KLIMATU MOGĄ OKAZAĆ SIĘ BARDZO GROŹNE CO DO KONSEKWENCJI WYNIKAJĄCYCH ZE ZMIAN KLIMATYCZNYCH I NIESŁYCHANIE KOSZTOWNE CO DO WYWOŁANYCH TYMI ZMIANAMI SKUTKÓW EKONOMICZNYCH W NIEDALEKIEJ PRZYSZŁOŚCI A ZWŁASZCZA DLA NASTĘPNEGO POKOLENIA.

W roku 2019-2020 eksperci rynku energetycznego i paliwowego przewidywali, że w najbliższej dekadzie nastąpi co najmniej 100% wzrost cen energii, przy średnim rocznym 10% wzroście cen. Zmiany cen, które już nastąpiły obecnie na przełomie lat 2020-2021 są znacznie wyższe niż prognozy ekspertów sprzed 2 lat. Biorąc lata 2020/2021 rachunki za energie elektryczną w 2022 roku wzrosły o 24% w

stosunku do roku ubiegłego i należy przewidywać, że centy energii elektrycznej i paliw nadal będą rosły i to znacznie szybciej niż przewidywano wobec czego szczególne znaczenie uzyskują wszelkie źródła energii odnawialnej, zwłaszcza w systemach energetyki rozproszonej.

Wśród źródeł energii odnawialnej istotną pozycję zajmują: siłownie wiatrowe niewielkiej mocy do kilkuset watów (maksymalnie kilku kilowatów) z racji tego, że obecnie urządzenia wiatrowe w terenach zurbanizowanych praktycznie nie występują, a mogłyby doskonale współpracować w synergicznych systemach z urządzeniami fotowoltaiki. Szczególną rolę w działaniach mających na celu poszanowanie i recykling energii może odgrywać wprowadzenie i powszechne stosowanie urządzeń wykorzystujących miejskie strumienie powietrza, tak jak w systemie Urban Wind Power Station testowanym w projekcie LIFE-UrbanWind.PL w ramach programu priorytetowego LIFE (2014-2020), podprogram LIFE Climate Change Mitigation.

KATALOG STRUMIENI POWIETRZA stanowi opracowanie dotyczące rozpoznania ilościowego, jakościowego oraz ścieżek przepływu strumieni powietrza wywołanych działalnością człowieka na terenach zurbanizowanych oraz w miejscach zabudowanych budowlami, infrastrukturą techniczną i komunikacyjną.

Dla jasnego i jednoznacznego zrozumienia opisów stosowanych w KATALOGU STRUMIENI POWIETRZA zamieszczamy objaśnienia zastosowanych definicji i terminologii

Tereny zurbanizowane

jednostka morfologiczna o miejskim charakterze zabudowy i infrastruktury, gdzie wyraźne przekształcenia zabudowy i zagospodarowania związane są z pozarolniczą działalnością gospodarczą lub wynikają z przyjęcia miejskiego stylu życia i pracy.

Budowle

to obiekty budowlane niebędące budynkami ani obiektami małej architektury. Budowlą może być również urządzenie budowlane zapewniające możliwość

korzystania z obiektu budowlanego do jakiego należy zgodnie z jego przeznaczeniem.

Infrastruktura techniczna

urządzenia, sieci przesyłowe i związane z nimi obiekty świadczące niezbędne usługi dla danej jednostki przestrzenno-gospodarczej (osiedla, dzielnicy, miasta, zakładu przemysłowego) w zakresie energetyki, dostarczania ciepła, wody, usuwania ścieków i odpadów, transportu, teletechniki itp.

Infrastruktura komunikacyjna

obejmuje sieci drogowe, kolejowe i żeglugi śródlądowej, autostrady morskie, porty żeglugi morskiej i śródlądowej, porty lotnicze oraz inne punkty wzajemnego połączenia między sieciami modalnymi.

W dostępnych źródłach brak jest informacji na temat badania strumieni powietrza wywołanych działalnością człowieka, a w szczególności rozpoznania ilościowego co do masy powietrza oraz przebiegu strumieni powietrza w terenie zurbanizowanym.

Niniejszy KATALOG STRUMIENI POWIETRZA, porządkuje i systematyzuje zbiór zebranych danych pomiarowych z dotychczas nierozpoznanego i nie zdefiniowanego obszaru jakim są tereny zurbanizowane lub w lokalizacjach położonych na obszarach instalacji infrastruktury technicznej lub budowli.

Warunkiem ekonomicznej pracy typowej elektrowni wiatrowej jest jej lokalizacja na terenie o dobrych warunkach wiatrowych. W zespole Urban Wind Power Station przywołany wyżej warunek nie odgrywa zbyt istotnej roli z racji tego, że głównym źródłem napędzającym silnik wiatrowy jest strumień wymuszony, będący efektem działalności ludzkiej

W katalogu zawarto ustalenia i spostrzeżenia jakich dokonano podczas wykonywania pomiarów strumieni powietrza oraz wstępne, przybliżone wnioski i sugestie co do kierunku dalszych prac i założeń wstępnych co do zintegrowanej systemowej koncepcji recyklingu energii rozproszonej oraz sposobu wykorzystania energii strumieni wymuszonych.

W ramach analizy danych pomiarowych zebranych przy użyciu stacjonarnych i mobilnej (przenośnej) stacji monitorowania oraz w oparciu o mapę rozkładu potencjału energetycznego w Polsce wyselekcjonowano miejsca w których prowadzono pomiary strumieni powietrza na terenach zurbanizowanych, używając stacjonarnych stacji monitorowania oraz stacji mobilnej przenośnej.

Każda stacja monitorowania działa z wykorzystaniem zestawu w skład, którego wchodzą niżej wymienione urządzenia, elementy, podzespoły i czujniki: sterownik cyfrowy, moduł transmisji danych cyfrowych GSM/GPRS, ciśnieniomierz, wilgotnościomierz, prędkościomierz przepływu gazu system zasilania sieciowego i awaryjnego.

Badania przeprowadzono na wysokości, gdzie strumień wykazuje najbardziej stabilną prędkość w najdłuższym okresie czasu.

Pomiary notowano w układzie tabelarycznym z podaniem daty i określeniem miejsca badania.

CZĘŚĆ I

Charakterystyka miejsc występowania strumieni powietrza

I. OBSZARY MIEJSKIE, ZABUDOWANE

Miasto to organizm funkcjonujący jako system naczyń połączonych, nawet niewielka zmiana średniej temperatury może mieć katastrofalne skutki.

Zwiększanie się populacji i rozwój miast przekłada się na:

- zagęszczenie zabudowy
- stawianie wyższych budynków
- rozszerzanie obszarów zabudowanych,

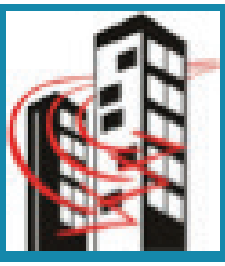
a to przekłada się na trudności w odprowadzaniu ciepła poza teren miejski co wzmaga miejskie wyspy ciepła, gdyż im gęstsza jest zabudowa, tym większa akumulacja cieplna budynków.

Wykorzystanie strumieni powietrza wymuszonych działalnością człowieka w terenach zurbanizowanych, a zwłaszcza w dużych miastach jest ogromnie istotne z punktu widzenia zmian klimatu. Metropolie zmieniają się w Miejskie Wyspy Ciepła. Zjawisko skomplikowane, nad którym klimatolodzy i urbaniści pochylają się od lat, nie tylko po to, aby je wyjaśnić, ale także, aby znaleźć rozwiązania problemów z nim związanych.

Miejska Wyspa Ciepła powstaje w wyniku właściwej miastom struktury funkcjonalno-przestrzennej, czyli nagromadzenia powierzchni sztucznych, niewielkiego udziału terenów zieleni miejskiej oraz osłabionego przewietrzania.

Materiały, takie jak beton, asfalt, cegła, pochłaniają więcej promieni słonecznych niż ich odbijają, a następnie oddają energię, podwyższając temperaturę w otoczeniu. Do podniesienia temperatury powietrza w mieście dokłada się aktywność człowieka – ogrzewanie i klimatyzowanie w budynkach, ruch samochodowy, produkcja towarów.

KATALOG STRUMIENI POWIETRZA w terenach zurbanizowanych oraz zbudowanych przetestowany w ramach projektu LIFE-UrbanWind.PL może stać się narzędziem w tej walce.



1.1 Obszary o wysokiej i bardzo wysokiej zabudowie mieszkalnej i biurowej o wysokości powyżej IV pięter

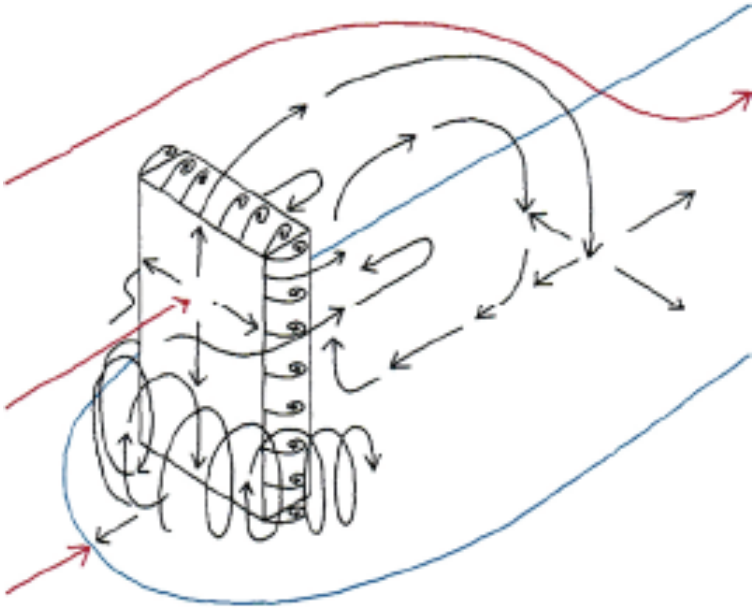
Osiedla mieszkaniowe, szczególnie duże skupiska wysokich budynków typu „blokowisko", wywołują silne zaburzenia naturalnych przepływów powietrza tzw. korytarzy napowietrzających. Często osiedle wysokich budynków zlokalizowane na obrzeżach aglomeracji miejskiej może stanowić przegrodę zakłócającą lub wręcz uniemożliwiającą swobodny przepływ powietrza w naturalnym kanale napowietrzającym wywołując jego deformację lub wymuszając zmianę naturalnej ścieżki korytarza. Tego typu efekty uzyskiwane w ramach rozbudowy aglomeracji miejskich są nieuniknione, szczególnie wówczas, jeżeli na etapie projektowania nie zostanie uwzględnione zagadnienie aerodynamiki projektowanego osiedla lub miasta. Na etapie tworzenia planów przestrzennego zagospodarowania oraz we wszelkiego rodzaju strategiach gospodarczych powinno się uwzględniać tego typu zagadnienia w taki sposób, aby w ramach działalności ludzkiej tego typu zjawiska minimalizować, a w szczególności wszelkie negatywne skutki z tym związane.

Na obszarach zurbanizowanych zjawiska aerodynamiczne są bardzo złożone. Powietrze trafia na silnie zdeformowaną utwardzoną powierzchnię, nagrzewającą się intensywniej, niż otaczający teren.

Charakterystyka geometryczna zabudowy jest czynnikiem najsilniej wpływającym na charakter zjawisk aerodynamicznych w miastach, przy czym tylko częściowo można je przewidzieć — ich pełne rozpoznanie wymaga badań doświadczalnych.

W tym samym czasie na niewielkim obszarze ruch powietrza może się odbywać w różnych kierunkach i z różnymi prędkościami. Strefa zastoju powietrza może sąsiadować z miejscami jego gwałtownego przyspieszenia.

Pokazuje to poniższy schemat ruchu powietrza wokół budynku (wg Klausa Danielsa).



Schemat z archiwum Katarzyny Zielonko-Jung z Wydziału Architektury Politechniki Gdańskiej

Aerodynamika, stosowana początkowo na potrzeby przemysłów samolotowego i motoryzacyjnego rozszerzyła swoje zastosowania na nowe pola, zwłaszcza na architekturę i urbanistykę.

Różnorodność urbanistyczna zabudowy miejskiej skutkuje wywołaniem trzech podstawowych efektów związanych z przepływem strumieni powietrza:

POWSTAWANIA PRÓŻNI wówczas, kiedy mamy do czynienia z wypływem powietrza z gęsto zabudowanego obszaru do przestrzeni otwartej.

POWSTAWANIA DYSZY, którą tworzy zabudowa szeregowo-równoległą, szczególnie wówczas, jeżeli mamy do czynienia z takim usytuowaniem budynków, że sukcesywnie zbliżają się do siebie lub oddalają.

ZMIANY KIERUNKU RUCHU STRUMIENIA, która występuje najczęściej wówczas, gdy strumień powietrza napotykając przegrodę gwałtownie wyhamowuje, co wywołuje lokalne zawirowania oraz znaczny wzrost prędkości strumienia.

W grupie tej znajdują się hotele, biurowce, budynki mieszkalne, obiekty sportowe, galerie, etc.

Badaniem strumieni objęte zostały:

- dachy,
- narożniki,
- zewnętrzne ściany budynków,
- ciągi pomiędzy budynkami,
- zewnętrzne strumienie wentylacyjne.

W złożonej strukturze ekosystemu istnieje szereg wzajemnych powiązań i uzależnień w tym także w sferze klimatycznej związanej z przepływami powietrza oraz lokalnymi mini i mikro strefami klimatycznymi. Zauważono, że „agresywne" i korzystne dla człowieka zachowania w jednym miejscu mogą wywołać wiele negatywnych skutków w innym nawet bardzo oddalonym miejscu z racji ww. wzajemnych powiązań i uzależnień jakie występują w ekosystemie.

Zagadnienia będące przedmiotem niniejszego katalogu dotyczą etapu *„post factum"*, czyli okresu kiedy ingerencja człowieka już zaistniała, a określone efekty (dobre lub złe) już wystąpiły. Celem projektu jest wskazanie na korzyści w sferze energetyki nawet jeżeli działalność, ingerencja ludzka spowodowała zakłócenia naturalnego przepływu strumieni powietrza, zmieniła, zablokowała lub utrudniła naturalne korytarze napowietrzania.

Mając na uwadze okoliczność tego, że prawie każda działalność człowieka wywołuje zazwyczaj pozytywne i negatywne skutki, celowym jest starać się neutralizować i minimalizować wszelkie negatywne skutki lub kompensować je innymi pozytywnymi efektami, które jeżeli nie w całości, to choć częściowo skompensują wywołane szkody lub zakłócenia.

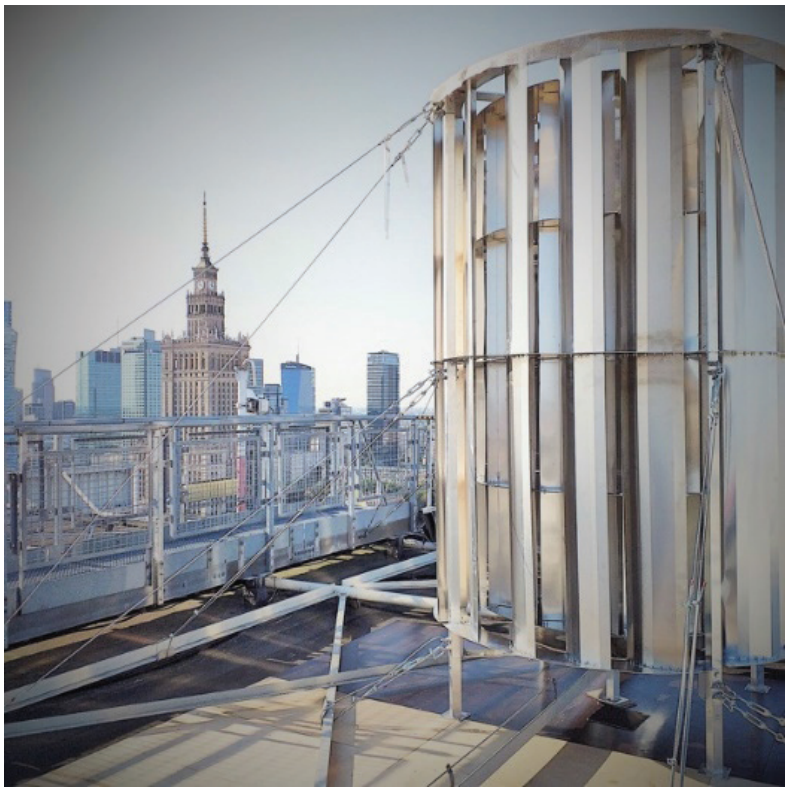
W przypadku **wysokiej zabudowy** mamy do czynienia z wielkimi powierzchniami elewacji budynków o zróżnicowanym, uzależnionym od usytuowania, pory roku naświetleniu słonecznym.

W związku z wyżej wymienionym zróżnicowanym naświetleniem powstają lokalne zróżnicowane uwarunkowania stopnia ogrzania mas powietrza. Występujące różnice

skutkują pojawieniem się lokalnej różnicy ciśnienia, wywołującego przemieszczanie się masy powietrza, które może być wykorzystane do napędzania silników wiatrowych.

Podczas pomiarów zauważono interesujące zjawisko, występowania szczególnie korzystnych warunków do instalacji siłowni wiatrowych na wszelkiego rodzaju narożnikach budynków, czyli wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z występowaniem obok siebie dwóch płaszczyzn (elewacji) o zróżnicowanym naświetleniu słonecznym.

Podczas projektu LIFE-UrbanWind.PL zmierzono i zbadano takie strumienie powietrza występujące na dachu hotelu Novetel Warszawa Centrum, gdzie testowane jest urządzenie Urban Wind Power Station o mocy 5,0 kW.



W tej kategorii zabudowy badano również strumienie powietrza w biurowcach w Łodzi przy ul. Lutomierskiej Nr 111 (por. zał. 5) oraz ul. Odolanowskiej Nr 7 (por. zał. 6), a także w Warszawie przy ul. Domaniewskiej Nr 73 (por. zał. 7)

Szczegółowe wyjaśnienie zagadnienia występowania korzystnych warunków do zamontowania siłowni wiatrowej na narożnikach budynków wymaga dodatkowych badań i pomiarów, celem ustalenia powtarzalności występowania tego typu zjawiska, a przede wszystkim przyczyn, które je wywołały i warunków występowania tego typu zjawiska.

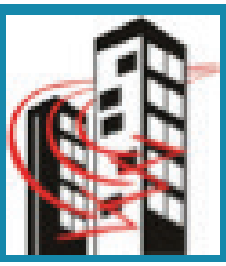
Zauważono, że jedne z najkorzystniejszych warunków predysponowanych do instalacji siłowni wiatrowych stanowią narożniki budynków w których mamy do czynienia z takim usytuowaniem budynku, gdzie jedna z elewacji budynku jest znacznie nasłoneczniona a druga zacieniona. Na takich narożnikach zauważono występowanie najkorzystniejszych uwarunkowań do umiejscowienia siłowni wiatrowych. Aby ustalić współczynnik powtarzalności tego zjawiska i ostatecznie określić czy wykonane pomiary stanowiły przypadek odosobniony i nietypowy czy zaobserwowane zjawisko jest powtarzalne i typowe dla tego typu zabudowy należałoby powtórzyć testy w podobnych warunkach

Wykorzystanie strumieni powietrza wymuszonych działalnością człowieka w terenach zurbanizowanych, a zwłaszcza w dużych miastach jest ogromnie istotne z punktu widzenia znaczącego wpływu na zmiany klimatu. Metropolie zmieniają się w Miejskie Wyspy Ciepła, które stanowią skomplikowane zjawisko, nad którym klimatolodzy i urbaniści pochylają się od wielu lat, nie tylko po to, aby je wyjaśnić, a przede wszystkim aby znaleźć ekonomicznie i klimatycznie uzasadnione, neutralne rozwiązania problemów związanych z tym zjawiskiem.

KATALOG STRUMIENI POWIETRZA w terenach zurbanizowanych oraz zbudowany i przetestowany w ramach projektu LIFE-UrbanWind.PL mogą stać się jednym z ważniejszych i niesłychanie przydatnym narzędziem zwalczania i przeciwdziałania powstawaniu Miejskich Wysp Ciepła.

Urządzenie UWPS z miejskich strumieni powietrza może produkować bezemisyjną energię elektryczną. Jeśli myślimy, czy warto wprowadzać nowe rozwiązania, pomyślmy jaka będzie cena kosztów zaniechania, jeżeli już dzisiaj nie podejmiemy zdecydowanych działań w tym obszarze.

1.2 Obszary o średnio wysokiej zabudowie głównie zbiorowej mieszkalnej i administracyjno-biurowej do wysokości IV pięter.



W grupie tej znajdują się budynki należące do spółdzielni mieszkaniowych, szpitale, szkoły, niższe biurowce, niskie hotele, obiekty wojskowe, obiekty sportowe i rekreacyjne, etc.

Badaniem strumieni objęte były głównie:

- dachy,
- narożniki.

W tej kategorii zabudowy badano również strumienie powietrza w niższych biurowcach w Łodzi przy Sacharowej 45 (por. zał. 8), Służbowej 33 (por. zał. 9), w Skierniewicach, a także w Warszawie przy Wale Miedzeszyńskim 438 (por. zał. 11)

1.3 Obszary o niskiej zabudowie głównie indywidualnej mieszkalnej jedno i dwupiętrowe, ale również pawilony biurowe.

Badaniem strumieni objęte zostały głównie dachy, choć dokonano badań również na kontenerze magazynowym.

Fot D.

Do ustawienia zespołu prądotwórczego dachy muszą być płaskie tak, jak na foto D. W przypadku dachu spadzistego możemy wykorzystać inny element zabudowy, jak na fot E - kontener magazynowy, a nawet konstrukcja lekka , jak w przypadku Strzeszkowic Dużych Foto F.

Fot .E Fot F

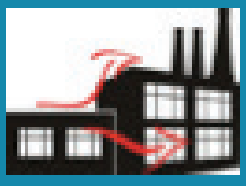
Badania strumieni tego typy były prowadzone w Kazimierzu Dolnym (patrz zał. 11), Krychowie (patrz zał. 12 i fot D), Kaczkach k. Pruszcza Gdańskiego (patrz zał. 13 i Fot E) , Strzeszkowicach dużych k/Lublina (patrz zał. 14 i Fot F)

W terenach zurbanizowanych nie można intuicyjnie wskazać optymalnego miejsca pod instalację siłowni wiatrowej z racji złożonych ścieżek i kanałów przepływu strumieni powietrza uzależnionych od wielu czynników takich jak:

- rozkład brył poszczególnych budynków,
- ich wysokość,
- stopień naświetlenia słonecznego w ciągu dnia,
- ukształtowanie terenu,
- obecność terenów zielonych w postaci drzewostanu
- i wiele innych.

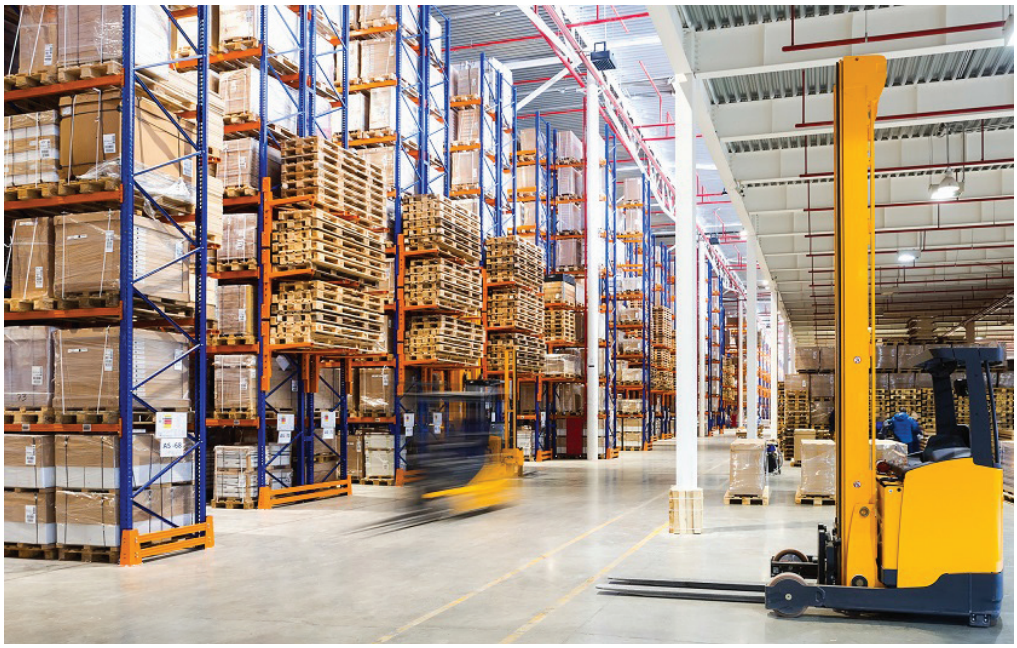
Podczas wykonywanych na takim terenie pomiarów zauważono możliwość występowania znacznych różnicy w prędkości przepływu strumieni powietrza przy przesunięciu (przeniesieniu) punktu pomiarowego o odcinek 1,5 do 2,0 m. Tego typu przesunięcie (niewielkie) skutkowało bardzo często znaczącą zmianą prędkości przepływu strumienia (zwiększeniem lub zmniejszeniem) powietrza, często nawet o 50-100%.

W związku z ograniczeniami formalno-prawnymi, a przede wszystkim ze względu na treść przepisów prawa budowlanego w zakresie dopuszczalnych rozmiarów siłowni wiatrowych montowanych bez pozwolenia na budowę na obszarach o niskiej zabudowie główny wysiłek optymalizacji należy skupić na siłowniach wiatrowych o mniejszej mocy jednostkowej zbudowanych w postaci modułowej o zestandaryzowanej mocy dla pojedynczego modułu . Taki układ wielu mniejszych jednostek Urban Wind Power Station znakomicie sprawdzi się na osiedlu domków jednorodzinnych, gdzie kilka turbin wiatrowych będzie mogło być podłączonych do jednego układu automatyki i sterowania.



II. Strumienie przemysłowe

Najczęściej działki zabudowane halami przemysłowymi są utwardzone i w większości pozbawione terenów zielonych i drzewostanu. Same hale stanowią konstrukcję stalową obudowaną płytami warstwowymi z powłoką zewnętrzną w postaci cienkościennej blachy aluminiowej z nałożoną powłoką ochronną. W południowej części Polski obiekty przemysłowe wtopiły się najczęściej w zabudowę miejską. Nowo wybudowane hale przemysłowe – to przede wszystkim hale magazynowe centrów logistycznych, hurtowni oraz centra sieciowych struktur handlowych w których występuje znaczne natężenie ruchu pojazdów oraz osób wobec czego działania mające na celu odzyskiwanie energii ze strumieni powietrza jest znacznie utrudnione szczególnie w centrach handlowych ze względu na przemieszczające się osoby.



Analiza zebranych danych wykazała, że ze względu na zainstalowane moce opłaca się odzyskiwać energię z wymuszonych przepływów powietrza związanych z instalacjami obsługi technicznej takimi jak: systemy wentylacyjne, chłodnie oraz systemy klimatyzacyjne, a ze względu na duże natężenie ruchu pojazdów na drogach dojazdowych oraz wyjazdowych korzystnym byłoby zainstalować systemu odzysku energii ze strumieni powietrza (podmuchów) wywołanych ruchem przejeżdżających pojazdów. Na terenach otwartych (tereny poza granicami miasta) gdzie najczęściej zlokalizowane są centra logistyczne warunki przepływu strumieni powietrza są zbliżone do uwarunkowań jakie występują na polach golfowych.

Badaniem objęte zostały zakłady przemysłowe, magazynowe centra logistycznych, hurtownie oraz centra sieciowych struktur handlowych, a w nich:

Strumienie powietrza wymuszone przez człowieka wewnątrz obiektów

- Ciągi wewnętrzne wentylacyjne
- Ciągi wewnętrzne komunikacyjne

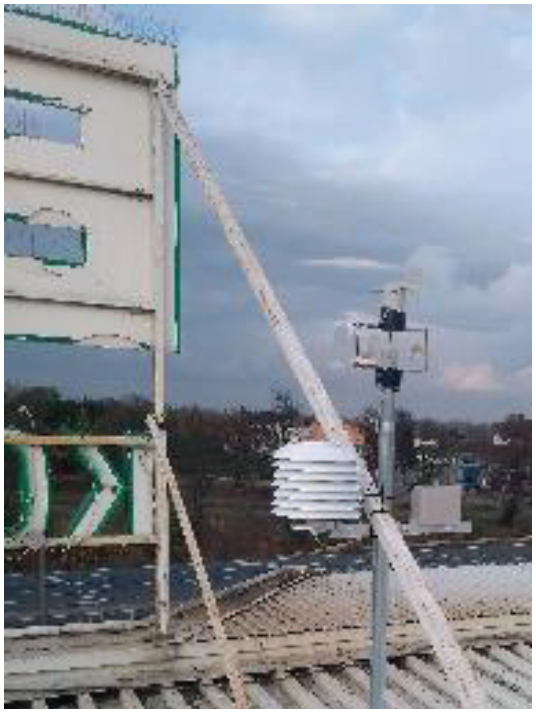
Strumienie powietrza wymuszone przez człowieka na zewnątrz obiektów

- Strumienie zasysane do systemów wentylacyjnych
- Strumienie powietrza wydmuchiwane na zewnątrz po wykonaniu pracy

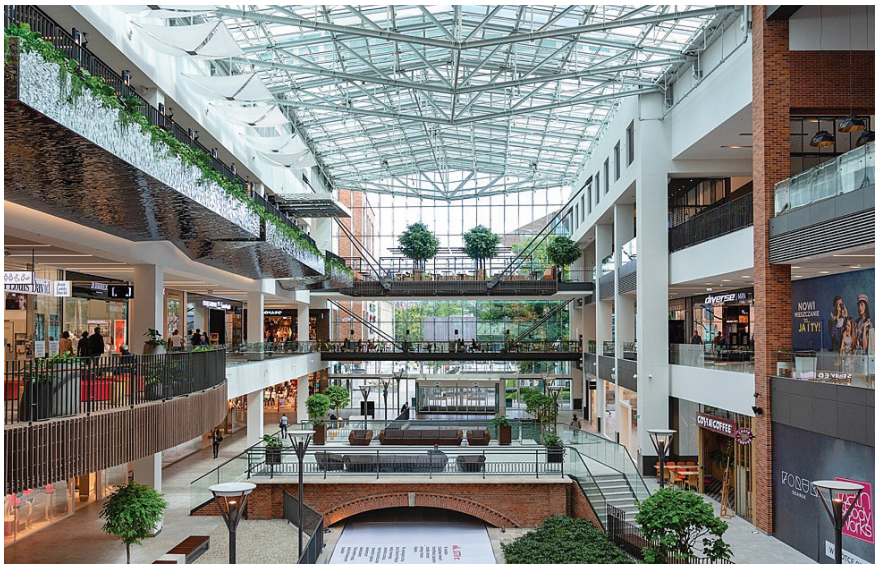
W warunkach kiedy mamy do czynienia ze strumieniami powietrza wywołanymi działalnością człowieka czas nominalnej pracy zmierza do wartości granicznej 8760 godzin/rok ze względu na to że praktycznie wiele z tych przepływów występuje nieomal w sposób ciągły i prędkości strumienia znacznie większej od typowej prędkości granicznej dla silników wiatrowych 2,5 m/sek.

Należy podkreślić, że w większości przypadków ludzkiej działalności zjawisko przepływu mas powietrza umożliwia instalację elektrowni wiatrowych o mikro lub małej mocy tj. do maksymalnie 5,0 – 20,0 kW. Tego typu ograniczenie mocy maksymalnej możliwej do uzyskania wynika przede wszystkim z ograniczenia maksymalnych rozmiarów silników wiatrowych oraz konstrukcji mocujących jakie można zastosować w przypadku elektrowni instalowanych w terenie silnie zurbanizowanym w którym mamy także do czynienia z wieloma ograniczeniami

wynikającymi między innymi z okoliczności tego, że to środowisko stanowi naturalną przestrzeń w której żyją i pracują ludzie, wobec czego zagadnienia związane z możliwością zapewnienia maksymalnie komfortowych, możliwych do osiągnięcia warunków stanowi wartość i wymóg nadrzędny, a sprawa taka jak możliwość realizacji procesu odzysku energii (recyklingu) traktowana jest jako sprawa wtórna i warunkowa wartość dodana.



W strumieniach przemysłowych wymuszonych działalnością człowieka bardzo często mamy do czynienia z jej niewielkimi jednostkowo zasobami i znacznym rozproszeniu, co utrudnia lub wręcz całkowicie uniemożliwia budowę urządzeń o znacznej mocy,



Spektakularne strumienie powietrza (jak w wentylatorniach dużych galeri handlowych, metrze czy hotelu) mają często tak wiele ograniczeń technicznych, ze i w ich przypadku lepiej sprawdzać się mogą zestawy modułów o mniejszej mocy niż urządzenie znacznej mocy , ale choćby z uwagi na wagę kłopotliwe wymogi związane z przemieszczaniem się ludzi.

Widzimy jednak duży potencjał aby zagadnienie recyklingu energii przemysłowych strumieni powietrza wywołanych działalnością człowieka realizować za pomocą wielu mniejszych urządzeń zorganizowanych w strukturę sieciową o znacznym rozproszeniu i niewielkiej mocy jednostkowej (1,5-2 kW) w miejsce niewielkiej ilościowo sieci urządzeń i o mocy jednostkowej z zakresu 10 do 20 kW.

Badania przeprowadzono w Warszawie (patrz zał. 15) , Skierniewicach (patrz zał. 16) oraz w Kutnie patrz zał. 17)

III Tereny zielone kształtowane przez człowieka

Badaniami objęte zostały pola golfowe, jako miejsca wykorzystujące lokalnie ogromne ilości energii elektrycznej.

Pola golfowe podobnie jak osiedla mieszkaniowe są efektem działalności ludzkiej. Najczęściej pola golfowe powstają na terenach podmiejskich, terenach „zielonych", częściowe zadrzewionych i zakrzaczonych nieużytkach. Klasa szorstkości takich terenów przed przekształceniem ich na pola golfowe jest zazwyczaj znacznie wyższa niż wówczas, kiedy dany teren stanie się polem golfowym. Różnica w szorstkości może wynosić nawet kilku rzędów. Współczynnik szorstkości terenu przed przekształceniem go w pole golfowe może zawierać się w granicach od 0,1 do 0,5 [teren z pasami krzewów i drzew, tereny rolnicze z niewielkimi przeszkodami] a po przekształceniu w pole golfowe współczynnik szorstkości może zawierać się w granicach: 0,005-0,0002 [powierzchnie wody, tereny otwarte]. Jak wynika z powyższego przekształcenie zróżnicowanego krajobrazowo i roślinnie terenu w pole golfowe, sprzyja procesowi pojawienia się warunków predysponowanych do montażu siłowni wiatrowych z racji tego, że na terenach otwartych, bez przeszkód (o małej szorstkości) przepływające masy powietrza przemieszczają się ze znaczną prędkością wobec czego potencjalna energia jaką można pozyskać z siłowni wiatrowej zamontowanej w takim terenie, teoretycznie przy braku ograniczeń co do rozmiarów silnika wiatrowego może wynosić od kilku do kilkudziesięciu kW.

Miejsca te z racji olbrzymiego potencjału zostały przebadane w kontekście różnych strumieni powietrza, mianowicie:

- Strumienie powietrza koncentrowane na skutek utrzymywania rozległej pustej przestrzeni (np. między drzewami)
- Strumienie powietrza powstałe na skutek ingerencji architekta zieleni i powstałych wyniesień na terenie.
- Strumienie powietrza nad brzegami dużych, utworzonych specjalnie dla pola zbiorników wodnych
- Przy budynku klubowym i przy apartamentowcach (tu badania zgodnie z pkt 1.1-1.3).

Badano strumienie w kontekście ustawienia urządzeń UWPS-05, UWPS-10 i UWPS-20 w jednej linii w poprzek strumienia powietrza oraz na planie prawie trójkąta.

Badania przeprowadzono na polach golfowych Sobienie Królewskie Golf & CountryClub k. Warszawy (patrz zał. 18) , Mazury Golf &Country Club (patrz zał. 19), Postołowo Golf Club k/ Gdańska(patrz zał 20), Krakow Valley Golf & Cantry Club (patrz zał. 21)

IV Wiadukty i mosty

Współczesne budowle w postaci mostów, wiaduktów oraz wielopoziomowych węzłów komunikacyjnych to złożone i rozległe budowle rozłożone na powierzchni od kilku do kilkudziesięciu hektarów, posiadające znaczne wysokości, często osiągające 100 i więcej metrów.

Badaniami obęte zostały :

- Strumienie powietrza koncentrowane przez wiadukty lub mosty jako efekt zderzenia naturalnych ciągów -ruchów powietrza z zabudową częściowo burzącą swobodny ruch powietrza tj strumienie pod mostami i wiaduktami
- Strumienie wynikające z ruchu powietrza wymuszonego ruchem pojazdów wzdłuż dróg szczególnie tranzytowych o dużym natężeniu ruchu dużych pojazdów kołowych wyłapywane jako strumienie:
- Strumienie wywołane ruchem pojazdów w jednym kierunku jazdy
- Strumienie wywołane ruchem pojazdów w obu kierunkach jazdy
- Połącznie ruchu powietrza wywołanego ruchem pojazdów z efektem koncentracji wiaduktów i mostów tj Strumienie wywołane ruchem pojazdów w obu kierunkach i koncentrowane pod wiaduktami) ,

Przeprowadzone pomiary wykazały, że instalacja siłowni wiatrowych na konstrukcjach wiaduktów i mostów może przynieść konkretne korzyści w zakresie recyklingu energii, pod warunkiem, że istnieją techniczne możliwości odbiór wytworzonej energii lub że występuje lokalne zapotrzebowanie i możliwość wykorzystania wytworzonej energii.

KKonstrukcje wiaduktów i mostów są silne i masywne wobec czego potencjalnie istnieją techniczne uwarunkowania do instalacji siłowni wiatrowych nawet o znacznej wadze i rozmiarach, ale z drugiej strony ze względu na charakter i przeznaczenie tych obiektów istnieją silne ograniczenia formalno-prawne co do możliwości mocowania siłowni wiatrowych do konstrukcji tego typu budowli.

Badania przeprowadzono w Legionowie ,Strykowie, Warszawie i Łodzi

V. Tunele kolejowe, przemysłowe, metra, trasy szybkiego ruchu

5.1 POJAZDY SZYNOWE

Chociaż zagadnienie wymuszonych strumieni powietrza dotyczy różnych środków transportowych: pociągów metra, kolei czyli tzw. pojazdów szynowych z jednej strony a pojazdów występujących w transporcie drogowym takich jak pojazdy ciężarowe (tzw. TIR) oraz osobowe z drugiej strony to ze względu na charakterystykę i parametry strumieni powietrza wywoływanych przez te, ww. środki transportu zasadnym jest aby je rozpatrywać wspólnie, ponieważ strumienie generowane przez te ww. środki transportu posiadają bardzo zbliżone parametry i cechy szczególnie jeżeli ze strony pojazdów szynowych weźmiemy pod uwagę transport miejski i podmiejski. Takie podejście sprawia, że tak w przypadku pojazdów szynowych jak i pojazdów samochodowych mamy do czynienia z przemieszczaniem się jednostek transportowych z podobną lub zbliżoną prędkością. W przypadku pociągów metra, prędkość przemieszczania się składu pociągu zawiera się w granicach od 0 do 80 km/h, a częstotliwość w okresie szczytu to 1 skład / 3-5 minut.

Badaniami objęte zostały:

- Strumienie wywołane ruchem pociągów w tunelach generuje ruch strumieni powietrza o prędkości równej prędkości pociągu
- Szczególnym przypadkiem jest kolej podziemna metra o dużej częstotliwości ruchu W przypadku pociągów metra, prędkość przemieszczania się składu pociągu zawiera się w granicach do 80 km/h, a częstotliwość w okresie szczytu to 1 skład / 3-5 minut.
- Strumienie powietrza w strefie torowiska miejskiego tramwajów.

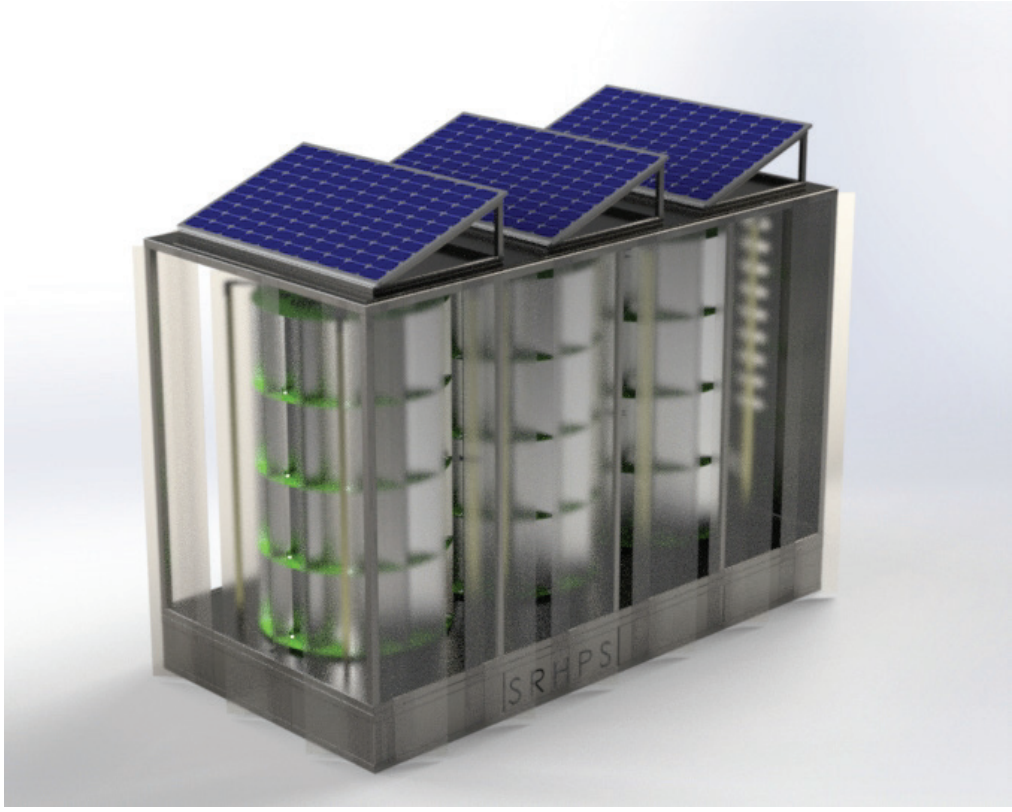
5.2 POJAZDY KOŁOWE

W przypadku pojazdów ciężarowych na drogach szybkiego ruchu i autostradach mamy do czynienia z podobną prędkością pojazdu samochodowego (TIR-a) najczęściej 60-90 km/godz., a w przypadku samochodów osobowych do 140 km/godz. Dla pojazdów samochodowych mamy do czynienia ze znacznie większą częstotliwością przemieszczania się pojazdów i tak np. średnie natężenie ruchu pojazdów na drodze szybkiego ruchu A2 w rejonie węzła Stryków wynosi ponad: 55.000 pojazdów na dobę, w rejonie węzła Konotopa około: 75.000 pojazdów na dobę, a na obwodnicy m. Poznania natężenie ruchu pojazdów wynosi około:

82.000 pojazdów na dobę

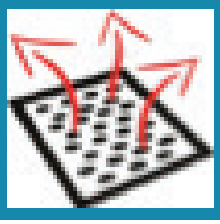
Strefę pasa rozdzielającego pasy ruchu oraz pobocza pasów ruchu drogowego, szczególnie na granicach końca i początku ekranów dźwiękochłonnych należy uznać, jako miejsce najkorzystniejsze do instalacji pionowych siłowni wiatrowych małej mocy. Ze względy na specyficzny przepływ strumienia powietrza wymagany będzie specjalny kształt wirnika oraz dyfuzora siłowni, przystosowany do pracy na granicy dwóch obszarów: obszaru w którym przemieszczają się pojazdy oraz obszaru za ekranem dźwiękochłonnym.

Na podstawie wykonanych pomiarów oraz analizy zebranych materiałów strumienie powietrza wymuszone przez przejeżdżające pojazdy szynowe(pociągi kolei podmiejskie, kolejki metra) oraz pojazdy samochodowe należy zaliczyć do najbardziej atrakcyjnych energetycznie i biznesowo z punktu widzenia działania mającego na celu odzysk energii powstałej w wyniku działalności człowieka.



W ramach prac analitycznych uznano, ze należy rozwinąć zagadnienie hybrydyzacji siłowni wiatrowych (synergicznego działania z fotowoltaiką) celem zaproponowania rozwiązania z zastosowaniem hybrydowych bloków wytwarzania energii elektrycznej do budowy HYBRYDOWEJ PLATFORMY ZASILANIA POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH poprzez zasilanie przy drogach szybkiego ruchu szybkich ładowarek wykorzystujących zero-emisyjną energię pochodzącą z produkcji zespołu prądotwórczego Urban Wind Power Station wspomaganego synergicznie z fotowoltaiką.

VI. Ciągi wewnętrzne nie produkcyjne. Na wylotach wentylacyjnych i klimatyzacyjne



Każdy współczesny budynek hotelowy oraz biurowy, a także budynki tzw. galerii handlowych posiadają rozbudowane systemy obsługi technicznej takie jak między innymi: systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne. Najczęściej tego typu budynki posiadają znaczną kubaturę, wobec czego systemy wentylacyjne oraz klimatyzacyjne są systemami o dużej lub bardzo dużej mocy, a w związku z tym przez kanały wylotowe w ciągu roku przepływają dziesiątki milionów metrów sześciennych powietrza.

Typowe wydajności systemów wentylacyjnych zawierają się w granicach od kilkuset do kilku tysięcy m na godzinę przy prędkości przepływu strumienia od 2,5 do 3,5 m/sek. Zgodnie z parametrami technicznymi systemów wentylacyjnych roczny przepływ powietrza w takich systemach może zawierać się w przedziale od kilku do kilkudziesięciu milionów m co sprawia, że zagadnienie montażu elektrowni wiatrowych, które byłyby napędzane strumieniem powietrza wylotowego z instalacji wentylacyjnej lub klimatyzacji powinno być w obszarze zainteresowania oraz dalszych badań i pomiarów, a w szczególności zagadnienie określenia poziomu sprzęgnięcia i wykorzystania strumienia powietrza do napędzania silnika wiatrowego bez wpływu na przepływy strumieni powietrza wynikające z podstawowych funkcji jakie spełniają poszczególne instalacje.

Kategoria ta była zasygnalizowana pkt I. wymaga jednak szczególnego zwrócenia uwagi, gdyż każdy współczesny budynek hotelowy oraz biurowy, a także budynki tzw. galerii handlowych posiadają rozbudowane systemy obsługi technicznej takie jak między innymi: systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne. Rozwiązania są jednak różne w

- hotelach
- biurowcach
- metrze

Po analizie miejsc charakteryzujących występowanie strumieni powietrza należy usystematyzować je pod względem ich cech .

CZĘŚĆ I I

Charakterystyka miejsc występowania strumieni powietrza

II.1 TECHNICZNY SYSTEM TELEMETRYCZNY. DANE WYJŚCIOWE

W celu opracowania Katalogu strumieni przeprowadzono badania w miejscach ich występowania, a celem zdefiniowania ich właściwości wykonano długookresowe badania wykonując pomiary takich parametrów jak:

- prędość,
- temperatura,
- wilgotność,
- ciśnienie,
- czas i okresy występowania w skali roku.

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem technicznego systemu telemetrii w skład którego wchodziły: stacjonarne stacje pomiarowe, przenośna (ręczna) stacja pomiarowa oraz stacja bazowa obsługująca strukturę sieciową, która zapewniała automatyczny, zdalny zbiór i przechowywanie danych pomiarowych. W skład poszczególnych stacji pomiarowej wchodziły niżej wymienione bloki, moduły, podzespoły i elementy:

- blok sterownika cyfrowego,
- moduł transmisji GSM/GPRS,
- ciśnieniomierz,
- wilgotnościomierz,
- sensor temperatury,
- prędkościomierz przepływu strumienia powietrza,
- wskaźnik kierunku przepływu strumienia powietrza.

Badania przeprowadzono na wysokości, gdzie strumień powietrza wykazuje najbardziej stabilną prędkość w najdłuższym okresie czasu.

Pomiary notowano w układzie tabelarycznym z podaniem daty i godziny pomiaru, wartości rejestrowanych parametrów oraz określeniem miejsca wykonanego badania (pomiaru):

A/B	C dd-mm-rrrrr	D hh-mm-ss	E m/sek	F hPa	G °C	H %	Uwagi

A - miejsce pomiaru
B - wysokość pomiaru [m]
C - data [dd–mm–rrrr]
D - godzina pomiaru [hh-mm-ss]
E - prędkość strumienia [m/s]
F - ciśnienie powietrza [hPa]
G - temperatura [°C]
H - wilgotność [%]
I - uwagi

Pomiary wykonano z dokładnością do około 1,0%, a uzyskane wyniki - zaokrąglono do liczb całkowitych. Dobór czujników, przyrządów pomiarowych oraz telemetrycznego systemu zbierania danych dokonała Firma, która wygrała konkurs ofert na usługi w zakresie monitoringu parametrów strumieni w projekcie LIFE-UrbanWind.PL z zachowaniem warunku, że system zbierania danych będzie spełniał wymagania i oczekiwania Zleceniodawcy zawarte w treści zapytania konkursowego.

Dobór miejsc w których instalowano stacje pomiarowe dokonano w oparciu o wstępną analizę oraz przyjęte wstępne założenia co do potencjalnych miejsc instalacji siłowni wiatrowych, które zgodnie z projektem winny pracować w miejscach gdzie występują strumienie powietrza wywołane procesem urbanizacji oraz budowy lub modernizacji infrastruktury komunikacyjnej (dróg szybkiego ruchu, autostrad, sieci transportu kolejowego, ...).

Na podstawie zebranych wyników pomiarów oraz ich analizy w oparciu o ustaloną metodologię i ustalone kryteria kwalifikacji i podziału strumieni skatalogowano strumienie powietrza zgodnie z ustalonym podziałem i według kryteriów jak na schemacie blokowym w dalszej części (II.2)

Opracowany Katalog strumieni umożliwi podjęcie decyzji co do wyboru miejsca montażu urządzeń UWPS (Urban Wind Power Station), optymalizację ich parametrów i charakterystyki oraz przygotowanie instalacji przyłączenia do sieci i system mocowania. Skatalogowane parametry umożliwią dokonanie wstępnego obliczenia parametrów zespołu prądotwórczego oraz sporządzenie prognozy co do ilości energii jaką można pozyskać w danej lokalizacji.

Wiatrowy zespół prądotwórczy (nazywany niekiedy siłownią lub przy dużych mocach elektrownią wiatrową) wytwarza energię elektryczną tylko wówczas jeżeli silnik wiatrowy (turbina, w tym przypadku spozycjonowana pionowo) pobiera moc od przepływającego przez silnik strumienia powietrza. Należy podkreślić, że w związku z energią pobieraną z przepływającego strumienia powietrza następuje zmniejszenie jego prędkości. Dodatkowo w zjawisku wymiany energii między strumieniem powietrza, a turbiną znaczącym czynnikiem mającym istotne znaczenie ma także ciśnienie powietrza jakie występuje w bezpośrednim sąsiedztwie turbiny wiatrowej (wirnika).

Wyniki przeprowadzonych pomiarów pozwalają na sformułowanie wniosków, które mogą być traktowane jako istotne wskazówki dla osób, które będą chciały pozyskiwać energię z wykorzystaniem pionowych zespołów prądotwórczych.

Podstawowe wnioski jakie wynikają z przeprowadzonych pomiarów są następujące:

1. istotnymi czynnikami dla poprawnej pracy turbiny wiatrowej oraz wytworzenia maksymalnej ilości energii są:

a. wybór miejsca lokalizacji (instalacji) turbiny,

b. otoczenie wokół miejsca jej instalacji

Zagadnienia wpływu otoczenia miejsca instalacji zespołu prądotwórczego bywa często I niesłusznie bagatelizowane lub traktowane jako mało istotne. Przeprowadzone pomiary jednoznacznie wykazały, że dla poprawnej pracy turbiny wiatrowej (oprócz stałych dla danej instalacji parametrów technicznych i kształtu, rozmiarów) istotną rolę odgrywa otoczenie miejsca instalacji w tym przede wszystkim jego ukształtowanie oraz sąsiedztwo innych budowli lub instalacji itp.

W warunkach rzeczywistej pracy pionowej turbiny wiatrowej przed wirnikiem występuje wzrost ciśnienia strumienia powietrza (jego spiętrzenie), a bezpośrednio za wirnikiem - jego zmniejszenie, a następnie w zależności od parametrów wirnika oraz otoczenia wokół siłowni ciśnienie powraca do ciśnienia jakie występuje w otoczeniu siłowni. Różnica ciśnień przed i za turbiną wiatrową przekłada się bezpośrednio na zmianę prędkości strumienia powietrza, która ma bezpośredni wpływ na moc potencjalną jaką może wytworzyć zespół prądotwórczy w danej lokalizacji.

Współczynnik wykorzystania wiatru (czyli wyższy współczynnik przejęcia przez wirnik energii z przepływającego przez wirnik strumienia powietrza), koniecznym jest wykonanie pomiarów trzech prędkości celem sprawdzenia czy spełniają one zależność i proporcje: V0 : V1 : V2 tak jak 3 : 2 : 1.

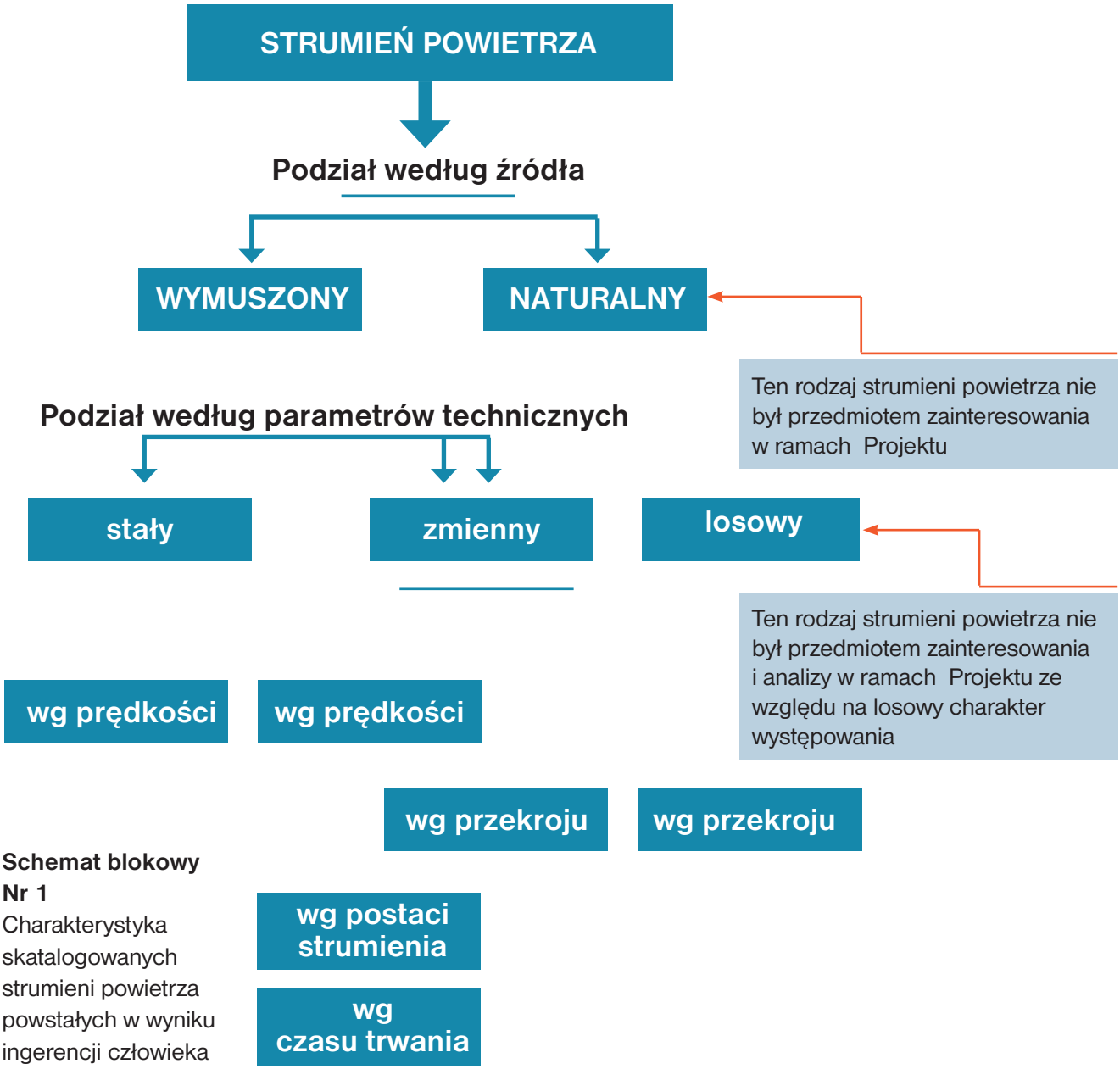
Spełnienie tej zależności i zachowanie proporcji między prędkością: przed, wewnątrz i za wirnikiem zależy od wielu zmiennych, między którymi występują złożone powiązania i zależności, wobec czego podczas praktycznego doboru miejsca instalacji siłowni wiatrowych należy dokonać dwuetapowo, gdzie:

I etap - powinien polegać na wstępnym doborze miejsca instalacji na podstawie wyników czasowych pomiarów przepływów strumieni powietrza

II etap - powinien polegać na optymalizacji miejsca instalacji, która polegać powinna być dokonana metoda prób, polegającą na przemieszczeniu siłowni wiatrowej wokół wybranego wstępnie miejsca instalacji w układzie 3-ch współrzędnych x, y, h.

W ramach przedmiotowego projektu wykonano szereg badań z wykorzystaniem stacjonarnych oraz przenośnej stacji pomiarowej, aby potwierdzić prawidłowe działanie Urban Wind Power Station w rożnych warunkach

II.2 CHARAKTERYSTYKA SKATALOGOWANYCH STRUMIENI POWIETRZA POWSTAŁYCH W WYNIKU INGERENCJI CZŁOWIEKA (SCHEMAT BLOKOWY



Schemat blokowy Nr 1
Charakterystyka skatalogowanych strumieni powietrza powstałych w wyniku ingerencji człowieka

II.3 OPIS. CHARAKTERYSTYKA ILOŚCIOWO-JAKOŚCIOWA POSZCZEGÓLNYCH STRUMIENI

Niniejszy katalog strumieni obejmuje tylko i wyłącznie strumienie wymuszone, które powstają jako efekt celowej działalności związanej z ingerencją człowieka. Drugi rodzaj strumieni powietrza wynikając z naturalnych przepływów strumieni nie był przedmiotem zainteresowania w ramach przedmiotowego projektu LIFE-UrbanWind.PL.

W projekcie LIFE-UrbanWind.PL wymuszone strumienie powietrza to takie które stanowią efekt celowej działalności człowieka.

Przykładowo do tej grupy strumieni zaliczamy:
- strumień powietrza jaki powstaje za wentylatorem jako efekt wymuszonego mechanicznie procesu tłoczenia powietrza przez wentylator,
- strumień powietrza jaki powstaje w wyniku przemieszczania się pojazdu szynowego w tunelu podziemnym metra,
- strumień powietrza jaki powstaje w wyniku przemieszczania się pojazdu mechanicznego po drodze,
- strumień powietrza jaki powstaje w wyniku ruchu powietrza wywołanego zróżnicowaniem stopnia nagrzania, współczynikiem pochałaniania I przenikalności powierzchni budynków i innych,
- wiele innych.

Każdy z wymuszonych strumieni powietrza powstałych jako efekt ingerencji człowieka ma indywidualne cech i parametry fizykochemiczne, które pozwalają na sporządzenie jego opisu-charakterystyki umożliwiającej porównanie i ocenę przydatności danego strumienia do zastosowań w systemach energetyki wiatrowej. Jak zaznaczono na wstępie projekt LIFE-UrbanWind.PL obejmuje wszelkiego rodzaju strumienie powietrza, które generowane są jako efekt działalności człowieka. Wobec powyższego tego typu grupę wszelkiego rodzaju strumieni w przeciwieństwie do strumieni naturalnych należy traktować jako grupę strumieni wymuszonych, gdzie efektem wymuszenia jest strumień, a wymuszeniem działalność, ingerencja lub obecność człowieka lub związanego z jego działalnością obiektu, przedmiotu, budowli itp. Z punktu widzenia fizyki, strumień powietrza stanowi proces przemieszczanie się mas powietrza przebiegający w funkcji czasu. Ze względu na czas obecności (dostępności) strumienia powietrza strumienie mogą być strumieniami stałymi oraz strumieniami zmiennymi.

Zgodnie ze schematem blokowym – rysunek Nr 1, str. 32 w wyniku działalności człowieka mogą powstać następujące strumienie powietrza:
- stały strumień powietrza,
- zmienny strumień powietrza,
- losowy strumień powietrza.

W ramach niniejszego projektu, a także z racji losowości i związanej z nią niskiej przydatności użytkowej w dziedzinie energetyki wiatrowej, losowe strumienie powietrza nie były brane pod uwagę, wobec czego ani ich nie badano ani nie monitorowano w okresie trwania projektu.

III.2 STAŁE STRUMIENIE POWIETRZA

Stałe strumienie powietrza to takie, które występują w sposób ciągły w czasie. Tego typu strumienie powietrza ze względu na stałość ich występowania należy uznać za strumienie najbardziej korzystne i przydatne w dziedzinie energetyki, jednak nie występują one zbyt często i powszechnie. Stałe strumienie występują cały czas, a jedyny parametr który może skutkować dalszymi podziałami w tej grupie jest ich prędkość.

III.2.a PODZIAŁ STAŁYCH STRUMIENI WG PRĘDKOŚCI

Wobec powyższego dokonując podziału strumieni w zależności od ich prędkości możemy wyróżnić:

Rodzaj strumienia wiatru	km/h	m/sek.
Strumień stały **spokojny**	<1	<0,3
Strumień stały **zefirek**	1 – 5	0,3 – 1,5
Strumień stały **lekki**	6 - 11	1,6 – 3,3
Strumień stały **słaby**	12 - 19	3,4 – 5,4
Strumień stały **umiarkowany**	20 - 28	5,5 – 7,9
Strumień stały **świeży**	29 - 38	8,0 – 10,7
Strumień stały **silny**	39 - 49	10,8 – 13,8
Strumień stały **sztywny**	50 - 61	13,9 – 17,1
Strumień stały **burzliwy**	62 - 74	17,2 – 20,7
Opis matematyczny **strumienia**		
$S_{pow.\ (t=const.)} = f(V_{wiatru})$		

III.2.B PODZIAŁ STAŁYCH STRUMIENI WG PRZEKROJU POPRZECZNEGO

Przekrój
punktowy
liniowy
powierzchniowy
stały
zmienny

III.3 ZMIENNE STRUMIENIE POWIETRZA

Zmienne strumienie powietrza to takie, których parametry ilościowo-jakościowe, a w szczególności czas trwania są zmienne w czasie. Tego typu strumienie powietrza występują znacznie częściej niż strumienie stałe. Ze względu na zmienność parametrów ilościowo-jakościowych ich zagospodarowanie jest znacznie trudniejsze niż w przypadku strumieni stałych.

III.3.a PODZIAŁ ZMIENNYCH STRUMIENI WEDŁUG PRĘDKOŚCI

Rodzaj strumienia wiatru	km/h	m/sek.
Strumień zmienny **spokojny**	<1	<0,3
Strumień zmienny **zefirek**	1 – 5	0,3 – 1,5
Strumień zmienny **lekki**	6 - 11	1,6 – 3,3
Strumień zmienny **słaby**	12 - 19	3,4 – 5,4
Strumień zmienny **umiarkowany**	20 - 28	5,5 – 7,9
Strumień zmienny **świeży**	29 - 38	8,0 – 10,7
Strumień zmienny **silny**	39 - 49	10,8 – 13,8
Strumień zmienny **sztywny**	50 - 61	13,9 – 17,1
Strumień zmienny **burzliwy**	62 - 74	17,2 – 20,7
Opis matematyczny **strumienia**		
$S_{pow.(t)} = f(x)$		

Każdy ze strumieni wymienionych w tabeli może być strumieniem o przepływie stałym lub zmiennym. Zmienny strumień powietrza, który powstał w związku z ingerencją człowieka w dane środowisko lub jego obecnością może być przepływem o charakterze zmiennym lub impulsowym oraz przewidywalnej i przeliczalnej charakterystyce ilościowo-jakościowej.

III.3.b PODZIAŁ ZMIENNYCH STRUMIENI WG PRZEKROJU POPRZECZNEGO

Typ - Przekroju	Podgrupa typu
Punktowy typu dysza	Stały lub zmienny
Wielopunktowy	Stały lub zmienny
Liniowy	Pionowy poziomy
Powierzchniowy	Stały - zmienny
Turbulencyjny	Stały - zmienny

W zmiennym strumieniu powietrza typu punktowego lub wielopunktowego, przekrój poprzeczny strumienia może być przekrojem stałym lub zmiennych w czasie. Co do przekrojów strumieni istotną jest także jego orientacja przestrzenna z racji tego, że ma ona istotny wpływ na sposób, rodzaj oraz usytuowanie i zamocowanie siłowni wiatrowej. Ogólnie przy przekrojach strumieni typu liniowego stosować należy uszczegółowienie w postaci podziału na podgrupy, która uszczegóławia charakterystykę strumienia co do orientacji liniowej - pionowej lub liniowej - poziomej.

Przy określaniu przekrojów poprzecznych powierzchniowych strumieni powietrza właściwym było zdefiniowanie czy dany przekrój jest przekrojem powierzchniowym stałym czy zmiennym w czasie, stąd podział w tej grupie na podgrupy podobnie jak w przypadku przekroju poprzecznego strumienia o charakterystyce złożonej (zaburzonej-zmiennej) nazwanej turbulencyjną dlatego, że tego typu zmienność przekroju strumieni poprzecznych występuje wszędzie tam gdzie występują zjawiska turbulencji, zawirowań. Tego typu zjawisko zauważono w przypadku, kiedy badanie strumieni prowadzono wzdłuż ciągów komunikacji drogowej, a w szczególności jego występowania za poruszającymi się pojazdami typu kolej lub metro oraz w przypadku pojazdów typu samochód ciężarowy, ciężarowy z przyczepą lub samochód osobowy. W badanym zakresie prędkości zjawisko turbulencji i zawirowań strumienia powietrza nasilało się wraz ze wzrostem prędkości przemieszczającego się obiektu. W systemach energetyki wiatrowej opartej na strumieniach wymuszonych należy uwzględniać to zjawisko planując zabudowę siłowni w strukturę komunikacji kolejowej lub drogowej, ponieważ opisane wyżej zjawisko może mieć istotny i znaczący wpływ w całkowitym bilansie energetycznym systemu pozyskiwania i odzysku energii ze strumieni wymuszonych działalnością człowieka.

III.3.c PODZIAŁ ZMIENNYCH STRUMIENI WG ICH POSTACI

Postać strumienia
impulsowy
okresowo-impulsowa

Dla poprawnego zdefiniowania i opisania zmiennych strumieni powietrza koniecznym jest określenie czy dany strumień jest strumieniem o charakterze ciągłym czy impulsowym. Aby określić przydatność strumienia powietrza, a w szczególności wykonać obliczenia możliwej do odzyskania energii, a także ze względu na charakterystykę strumienia koniecznym było wprowadzenie parametrów, których w przypadku strumieni naturalnych się nie definiuje bo nie ma takiej potrzeby z racji tego, że znakomita większość procesów naturalnych (w tym także strumieni powietrza) ma zazwyczaj charakter ciągły. W środowisku naturalnym - przyrodnicznym, procesy o charakterze impulsowym (gwałtownym) wiążą się najczęściej ze zdarzeniami typu katastroficznego (np. wybuch wulkanu, zejście lawiny, itp.). W związku z powyższym dokonując podziału strumieni w przedmiotowym Katalogu na strumienie stałe i zmienne, wystąpiła konieczność wprowadzenia dodatkowych definicji i parametrów, które pozwoliłyby precyzyjnie scharakteryzować

i opisać strumienie zmienne o postaci impulsów. Zmienne strumienie powietrza, które mają postać impulsu oprócz charakterystyki częstotliwościowej posiadają różne charakterystyki czasowe takie jak czas trwania impulsu, jego amplituda, a także szybkość narastania czoła impulsu oraz opadania zbocza wobec czego do opisu w przedmiotowym Katalogu zdefiniowano uproszczoną charakterystykę związaną z charakterystyką częstotliwościową opisujący tylko jego postać, a w charakterystyce czasowej zdefiniowano czas jego trwania.

III.3.d PODZIAŁ ZMIENNYCH STRUMIENI WG CZASU TRWANIA

Czas trwania strumienia w postaci impulsu
Bardzo krótki (pik)
Krótki [kilka sekund]
Długi [kilkadziesiąt sekund do kilku minut]

Graficznie wielkość energii pojedynczego impulsu obrazuje pole powierzchni impulsu o amplitudzie A i czasie trwania t. Analiza wzorów nawet tych uproszczonych jakie stosuje się w przypadku, kiedy prowadzona jest wstępna analiza przydatności strumienia powietrza do zastosowań w systemach energetyki odnawialnej pozwala na określenie, który z parametrów ma największy wpływ na moc strumienia powietrza:

$$P_w = 0{,}5 \bullet ß \bullet A \bullet V^3 \qquad [1.1]$$

gdzie:

ß - gęstość powietrza (przyjmuje się 1,225 [kg/m^3],

A - powierzchnia przez którą przepływa strumień,

V - prędkość przepływu powietrza w rozpatrywanym miejscu (prędkość wiatru).

W przypadku jeżeli rozpatrujemy i analizujemy strumienie wymuszone, parametr V jest prędkością strumienia wymuszonego.

Jak wynika ze wzoru [1.1] składnikiem, który ma największy wpływ na moc zawartą w strumieniu powietrza ma jego prędkość, która we wzorze [1.1] występuje w 3-ciej potędze.

W przypadku jeżeli mamy do czynienia z małymi elektrowniami (siłowniami) wiatrowymi najważniejszym czynnikiem, który jest brany pod uwagę oprócz czynnika ekologicznego jest zagadnienie efektu ekonomicznego, który w związku z ostatnimi wzrostami cen energii i prognozy na najbliższe lata staje się coraz bardziej wyrazisty i znaczący. Należy podkreślić, że w przypadku siłowni wiatrowych małej mocy, a do takich można zaliczyć siłownie, które występują w przedmiotowym po skatalogowaniu strumieni wymuszonych można stosować uproszczone postępowanie przy formułowaniu parametrów danej instalacji oraz określeniu mocy siłowni, która umożliwi optymalne zagospodarowanie energii pozyskanej z wymuszonego strumienia powietrza.

III.4.e WNIOSKI KOŃCOWE Z ANALIZY DANYCH POZYSKANYCH Z POMIARÓW I MONITORINGU

UWARUNKOWANIA DLA TERENÓW ZURBANIZOWANYCH (MIEJSKICH)

1 Dynamiczny rozwój miast – ich rozbudowa przy jednoczesnym, znacznym wzroście wysokości zabudowy szczególnie w tzw. ścisłym centrum (city) skutkuje silnym przekształceniem środowiska, w tym również przepływów strumieni powietrza oraz klimatu.

Doskonałym przykładem takiego przekształcenia jest m. Warszawa i wiele innych miast w Polsce.

Widok centrum Warszawy

2 Głównymi, charakterystycznymi cechami klimatu współczesnych miast stała się nadwyżka ciepła oraz osłabiona wymiana powietrza (wentylowania).

3 Wszelkie przepływy strumieni powietrza w terenach zurbanizowanych uległy znacznym przekształceniom w stosumku do przepływów i ich parametrów jakie miały miejsce w minionych latach, a także w stosunku do strumieni powietrza jakie występowały lub występują na terenach otwartych.

4 Wysoka zabudowa (szczególnie w ścisłym centrum miast), znaczna szorstkość powierzchni miast spowodowały znaczne osłabienie prędkości przepływu strumieni powietrza w terenie miejskim. Szacuje się, że prędkość przepływu strumieni powietrza w centrum miast uległa zmniejszeniu średnio o 30%, a w zabudowie osiedlowej strefy zewnętrznej o 15-20%.

5 Znaczne zmiany i modyfikację przepływu (kanałów) powietrza w terenach zurbanizowanych wywołały znaczne różnice ciśnienia jakie występują między obszarem miejskim, a obszarem podmiejskim, które najczęściej związane są z nadwyżką ciepła, którego źródłami są: ciepło promieniowania słonecznego, ciepło zakumulowane przez sztuczną powierzchnię miasta oraz emisję ciepła odpadowego. W takich uwarunkowaniach jak wyżej opisano, a także przy słabej cyrkulacji atmosfery, przypadającej na okres występowania słabych wiatrów i ciszy atmosferycznej bardzo często dochodzi do powstawania tzw. miejskich wysp ciepła i związanych z nimi wiatrów bryzowych skierowanych do wnętrza miasta.

6 W warunkach powszechnie osłabionego przepływu powietrza na terenie miast wnikanie strumieni powietrza z obszarów zewnętrznych (podmiejskich) odbywa się najczęściej dolinami rzecznymi (jeżeli przez miasto przepływa rzeka) oraz głównymi ciągami komunikacyjnymi.

7 Na terenie miasta w wąskich przejściach między budynkami przepływy strumieni powietrza zwalniają i często mają charakter przepływów turbulentnych oraz występują nagłe zmiany kierunku ich przepływu.

8 Wskazane wyżej negatywne skutki procesu rozbudowy terenów miejskich są nieuniknione, wobec czego jedynym racjonalnym wyjściem jakie pozostaje ludzkości jest takie działanie, które miałoby na celu przekształcenie lub wykorzystanie negatywnych skutków i zjawisk w taki sposób, aby stały się one korzystnymi i użytecznymi dla człowieka. Jedną z metod konwersji wyżej opisanych negatywnych skutków zaistniałych zmian klimatycznych na pożyteczne i korzystne efekty jest działanie związane z wykorzystaniem przepływów strumieni powietrza występujących na terenach zurbanizownych do celów energetyki wiatrowej z racji tego, że:

- strumienie powietrza wymuszone działalnością człowieka niosą znaczną energię kinetyczną, która może być odzyskana i przetworzona na czystą energię elektryczną,

- strumienie powietrza wymuszone działalnością człowieka stanowią znakomite źródło energii odnawialnej zarówno w zakresie ciągów technologicznych jak i strumieni swobodnych,
- przestrzeń zurbanizowana wraz ze swoją infrastrukturą może być wykorzystana do instalacji urządzeń prądotwórczych małej mocy produkujących energię elektryczną z energii strumieni powietrza zarówno technologicznych jak i swobodnych za pomocą optymalnie cylindrycznych, bezpiecznych dla otoczenia turbin wiatrowych, które z powodzeniem można stosować w każdym typie zabudowy w tym także zabudowy miejskiej,
- strumienie powietrza w przestrzeni zurbanizowanej stanowią potencjalnie korzystnie źródło zasilania urządzeń prądotwórczych z których wytworzona energia elektryczna może być lokalnie i korzystnie zagospodarowana,
- przestrzeń zurbanizowana właściwie zagospodarowana urządzeniami prądotwórczymi wykorzystującymi strumienie powietrza może stanowić podstawę struktury produkcji czystej energii elektrycznej w systemie rozproszonym,
- urządzenie prądotwórcze Urban Wind Power Station jest dobrym przykładem urządzenia prądotwórczego opracowanego i dedykowanego do wykorzystania strumieni powietrza występujących w przestrzeni zurbanizowanej do produkcji energii elektrycznej, szczególnie przy obecnych i przyszłych cenach energii elektrycznej.

9 Rozbudowa miast i związana z tym budowa nowych, najczęściej wysokich budynków, która skutkuje wyraźnym, negatywnym wpływem na warunki klimatyczne (takie jak: pogorszenie procesu wentylowania terenów zabudowanych, obniżenie napowietrzania, znaczny wzrost zapylenia, zwiększenie stężenia spalin itp) wywołuje skutek w postaci pojawiania się lokalnie stref, obszarów wysokich prędkości przemieszczania mas powietrza i ich zawirowań, co jest zjawiskiem bardzo korzystnym z punktu widzenia wykorzystania przepływających mas powietrza na potrzeby ww. energetyki wiatrowej.

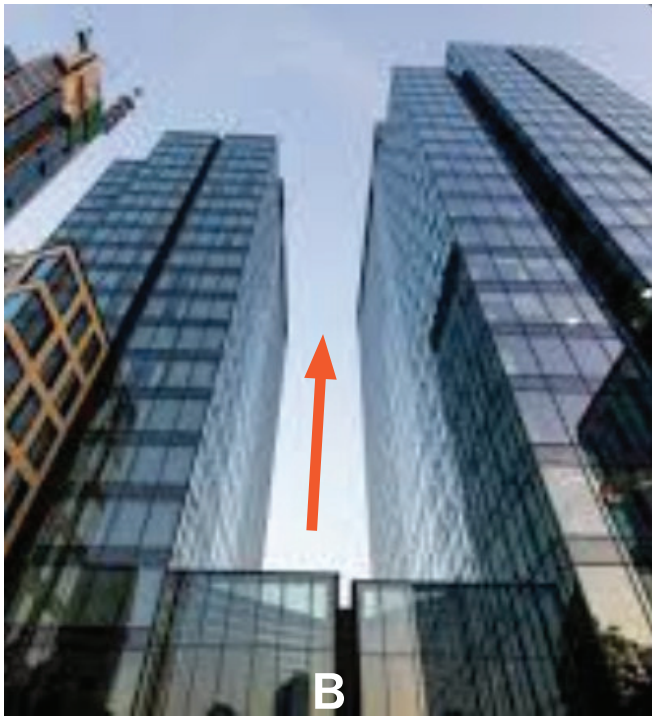
10 Dynamiczny proces rozbudowy miast oraz budowy przede wszystkim infrastruktury komunikacyjnej (dróg szybkiego ruchu i autostrad, linii szybkich kolei, rzecznego transportu wodnego, ...), które wywołują lub wzmacniają negatywne skutki klimatyczne oraz przyśpieszają proces degradacji środowiska naturalnego, stanowią zarazem jeden z najważniejszych, a zarazem korzystnych czynników sprzyjających procesowi rozwoju i budowy lokalnych systemów energetyki wiatrowej, bazujących na wywołanych procesem urbanizacji zmianach i anomaliach klimatycznych, których skutkiem są między innymi zjawiska takie jak te wymienione w pkt. 9 oraz pojawieniem się wymuszonych strumieni powietrza stanowiących efekt celowej lub ubocznej działalności ludzkiej.

11 Uzyskane z pomiarów dane oraz osiągnięte efekty ekologiczne i ekonomiczne potwierdzają, że:

a montaż zespołów prądotwórczych Urban Wind Power Station w miastach oraz przy wszelkiego rodzaju budowlach infrastruktury komunikacyjnej celem odzyskania energii ze strumieni powietrza powstałych jako efekt działalności ludzkiej jest w pełni zasadny, korzystny finansowo, a także organizacyjnie, technicznie, środowiskowo i architektonicznie możliwy do zrealizowania,

b zabudowa miejska jest w wielu przypadkach ukształtowana w taki sposób, że swym kształtem oraz charakterystyką stanowi budowlę typu dysza, tunel lub korytarz, która w sposób niezamierzony wymusza i porządkuje przepływ strumieni powietrza, a zarazem jest predysponowana do tego aby zamontować w niej siłownie wiatrowe,

c proces rozbudowy miast oraz duża wysokość budynków sprzyja procesowi pojawiania się w przestrzeni miejskiej korzystnych do zastosowań w UWPS przepływów strumieni powietrza w tym w szczególności:
- na wlotach do zabudowy miejskiej typu korytarz w których maksymalny współczynnik przyspieszenia może osiągnąć wartość do 1,6
- na wylotach z zabudowy typu korytarz współczynnik przyspieszenia może osiągnąć wartość do 1,2
- na narożnikach (krawędziach) budynków dowietrznych, na których współczynnik przyspieszenia może osiągnąć wartość od 1,6 do 2,2.



A - Zabudowa budynków piętrowych wzdłuż ulicy tworzy kanał przepływu strumien powietrza typu „korytarz”

B – Dwa budynki usytuowane równolegle tworzą kanał przepływu powietrza typu „korytarz”

UWARUNKOWANIA DLA INFRASTRUKTURY I BUDOWLI TERENOWYCH

1. Budowa autostrada oraz przebudowa dróg szybkiego ruchu, linii szybkich kolei, rzecznego transportu wodnego, … skutkuje pojawieniem się stref w których występują przepływy strumieni powietrza wywołane działalnością człowieka.
2. Na autostradach i drogach wymuszone strumienie powietrza powstają w wyniku przemieszczania się pojazdów, a na kolejach w wyniku poruszania się pociągów.
3. Strumienie, mimo że są efektem ruchu pojazdów (pociągów) można określić jako przewidywalne i zdeterminowane, ponieważ znane są parametry (masa, powierzchnia, prędkość, częstotliwość przejazdu itp) związane z ruchem pojazdów, generujące przedmiotowe strumienie.
4. Z racji tego, że strumienie powietrza generowane przez pojazdy, pociągi (metro) są zdeterminowane należy uznać tego typu strumienie za najkorzystniejsze z punktu widzenia ich wykorzystania w systemach energetyki wiatrowej jak w projekcie Urban Wind.
5. Duże nasilenie ruchu w transporcie kołowym sprawia, że turbiny wiatrowe zamontowane na budowlach infrastruktury komunikacyjnej (wzdłuż dróg i torów kolejowych, w tunelach metra, itp.) umożliwiają generowanie energii elektrycznej z wykorzystaniem zespołów wiatrowych napędzanych podmuchami powietrza wygenerowanymi przez przemieszczające się pojazdy lub pociągi nieomal w sposób ciągły. Taki stan rzeczy jak opisano wyżej umożliwia produkcję znacznej ilości energii, a zarazem ze względu na lokalizację pozwala na utworzenie synergicznego z elektromobilnością systemu zasilania pojazdów elektrycznych z OZE w tym także pojazdów ciężarowych

KARTY KATALOGOWE

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA W TUNELU METRO
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny świeży [8,0 - 10,7] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Częstotliwość	okresowo-Impulsowa
Charakterystyka impulsu	krótki czas narastania, krótki czas opadania
Dostępność strumienia	20 h/dobę - docelowo 24/24 h
Moc dostępna w 1 imp.	23,0 kW

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary na stacji metro.
2. Strumień wymuszony przejazdem składu metra ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Ekwiwalent przekroju poprzecznego wymuszonego strumienia powietrza można opisać powierzchnią o nieregularnych bokach i powierzchni od 4-12 m²
4. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości przejazdów składów pociągu

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA W REJONIE MOSTU NAD RZEKĄ
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny świeży [8,0 - 10,7] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Czestotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna w 1 imp.	3,0 kW

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary pod wiaduktem przy autostradzie.
2. Strumień wiatru przemieszczający się pod mostem ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Ekwiwalent przekroju poprzecznego wymuszonego strumienia powietrza można opisać powierzchnią zajmowaną przez wirnik o nieregularnych bokach i wynoszącą 6,5 m².
4. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA NA PERONIE STACJI KOLEJOWEJ
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny świeży [8,0 - 10,7] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Częstotliwość	okresowo-impulsowa [co 3 minuty - szczyt, co 10 min poza]
Charakterystyka impulsu	krótki czas narastania, krótki czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna w 1 imp.	14,0 kW

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary na stacji kolejowej.
2. Strumień wymuszony przejazdem składu pociągu ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Ekwiwalent przekroju poprzecznego wymuszonego strumienia powietrza można opisać powierzchnią o nieregularnych bokach i powierzchni od 5-14 m^2
4. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości przejazdów składów pociągu

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA NA POLU GOLFOWYM W TERENIE GÓRSKIM
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny świeży [8,0 - 10,7] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Czestotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna	uzależniona od parametrów siłowni wiatrowej

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary na polu golfowym na zboczu terenu pagórkowatego.
2. Strumień wiatru przemieszczający się ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA NA POLU GOLFOWYM
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny umiarkowany [5,5 - 7,9] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Czestotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna	uzależniona od parametrów siłowni wiatrowej

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary na polu golfowym w pobliżu zbiornika wodnego.
2. Strumień wiatru przemieszczający się ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA NA BUDYNKACH PRZEMYSŁOWYCH
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny świeży [8,0 - 10,7] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Czestotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna	uzależniona od parametrów siłowni wiatrowej

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary na halach przemysłowych.
2. Strumień wiatru przemieszczający się ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA PRZY AUTOSTRADZIE
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny umiarkowany [5,5 - 7,9] m/sek
Czas trwania	bardzo krótki [pik] + długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Częstotliwość	okresowo-Impulsowa
Charakterystyka impulsu	krótki czas narastania, krótki czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna w 1 imp.	3,0 kW

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary przy drodze szybkiego ruchu.
2. Strumień wymuszony przejazdem składu metra ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Ekwiwalent przekroju poprzecznego wymuszonego strumienia powietrza można opisać powierzchnią o nieregularnych bokach i powierzchni od 6,5 m²
4. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru wytwarzanych przez przejeżdżające pojazdy .

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA POD WIADUKTEM PRZY AUTOSTRADZIE
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny świeży [8,0 - 10,7] m/sek
Czas trwania	bardzo krótki [pik] + długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Czestotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna w 1 imp.	3,0 kW

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary pod wiaduktem przy autostradzie.
2. Strumień wiatru przemieszczający się pod mostem ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Ekwiwalent przekroju poprzecznego wymuszonego strumienia powietrza można opisać powierzchnią zajmowaną przez wirnik o nieregularnych bokach i wynoszącą 6,5 m²
4. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA NA SKRAJU OBSZARÓW ZALEŚONYCH
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny umiarkowany [5,5 - 7,9] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Czestotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna	uzależniona od parametrów siłowni wiatrowej

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary w pobliżu terenów zalesionych.
2. Strumień wiatru przemieszczający się ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA PRZY BUDYNKACH NA ZBOCZACH TERENU WYŻYNNEGO
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny świeży [5,5 - 7,9] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Czestotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna	uzależniona od parametrów siłowni wiatrowej

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary na polu golfowym w pobliżu zbiornika wodnego.
2. Strumień wiatru przemieszczający się ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA BUDYNKI O NISKIEJ ZABUDOWIE NA TERENIE NIZINNYM
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny świeży [8,0 - 10,7] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Częstotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna	uzależniona od parametrów siłowni wiatrowej

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary w pobliżu budynku 1 piętrowego. w terenie nizinnym.
2. Strumień wiatru przemieszczający się ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA DOMY JEDNORODZINNE W DOLINACH GÓRSKICH
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny świeży [8,0 - 10,7] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Częstotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna	uzależniona od parametrów siłowni wiatrowej

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary na dachu budynku 2 piętrowego. w terenie wiejskim.
2. Strumień wiatru przemieszczający się ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA MIĘDZY BLOKAMI MIESZKALNYMI
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny umiarkowany [5,5 - 7,9] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Czestotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna	uzależniona od parametrów siłowni wiatrowej

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary pomiędzy czteropiętrowymi budynkami mieszkalnymi.
2. Strumień wiatru przemieszczający się ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA NA DACHU WYSOŚCIOWCA
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny umiarkowany [5,5 - 7,9] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Częstotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna	uzależniona od parametrów siłowni wiatrowej

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary na dachu budynku 30 piętrowego. w terenie zurbanizowanym.
2. Strumień wiatru przemieszczający się ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
4. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

KARTA KATALOGOWA

Opis	Parametry - typ - dane
Lokalizacja	STRUMIEŃ POWIETRZA MIĘDZY WIEŻOWCAMI (BUDYNKI O WYSOKIEJ ZABUDOWIE)
Nazwa strumienia	wymuszony
Parametry strumienia	
Typ	zmienny
Prędkość	strumień zmienny świeży [8,0 - 10,7] m/sek
Czas trwania	długi [kilkadziesiąt sekund]
Charakterystyka	powierzchniowy
Częstotliwość	okresowo impulsowa
Charakterystyka impulsu	długi czas narastania, długi czas opadania
Dostępność strumienia	24/24 h
Moc dostępna	uzależniona od parametrów siłowni wiatrowej

OPIS STRUMIENIA WYMUSZONEGO ZMIENNEGO

1. Dane do karty katalogowej pozyskano wykonując pomiary pomiędzy budynkami 10 piętrowymi w terenie zurbanizowanym.
2. Strumień wiatru przemieszczający się ma postać impulsu o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu sekund.
3. Częstotliwość impulsów uzależniona jest od częstotliwości podmuchów wiatru.

BENEFICJENT:

eco4life

Fundacja Wspierania Ekologii ECO FOR LIFE

WSPÓŁBENEFICJENCI:

adorea

IB NS&NT

GROMAR