

# ANALIZA PRZEWIETRZANIA I WENTYLACJI MIASTA BIAŁEGOSTOKU

Kamil RAWSKI\*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

**Streszczenie:** W miastach o słabej wentylacji zauważyć można tendencję do nadmiernego gromadzenia się zanieczyszczeń w powietrzu. W artykule przeanalizowano teren miasta Białegostoku pod kątem dynamiki mas powietrza, aby sprawdzić czy jest odpowiednio przewietrzane. Analizy oparte zostały na podstawie zdjęć lotniczych miasta, dzięki czemu wyszczególniono następujące tereny: z dominacją procesów regeneracji powietrza, przewietrzających i regenerujących powietrze, dynamizujących wymianę powietrza, z dominującym procesem przewietrzania, z przeważającą stagnacją powietrza oraz te, które utrudniają wymianę powietrza. Poruszone zostały również zagadnienia związane z planowaniem przestrzennym mającym na celu polepszenie funkcji przewietrzających miasta.

*Słowa kluczowe:* planowanie przestrzenne, dynamika mas powietrza, wentylacja, korytarze przewietrzające.

## 1. Wprowadzenie

W dobie nadmiernej urbanizacji coraz częściej przekraczane zostają normy z zakresu ochrony czystości powietrza, co w przypadku niekorzystnych zjawisk atmosferycznych może objawić się jako smog. Istnieje wiele czynników odpowiedzialnych za dany stan rzeczy w zespołach miejskich. Wśród nich można wymienić ukształtowanie terenu czy klimat, a także wszelkiego rodzaju źródła emisji zanieczyszczeń powietrza oraz planowanie przestrzenne. W niniejszym artykule poruszone zostaną kwestie związane przede wszystkim z ostatnim czynnikiem, ponieważ poprzez kształtowanie przestrzeni w odpowiedni sposób można wpłynąć na ruch mas powietrza, a co za tym idzie – zmniejszyć niekorzystny wpływ pozostałych czynników.

Zjawiska, które źle oddziałują na dynamikę powietrza w obrębie tkanki miejskiej przyczyniają się do jego stagnowania. W przeciwieństwie do planowania przestrzennego, aspekty związane z ukształtowaniem terenu niezależne są od działalności człowieka. Obszary położone w zagłębieniach, bądź też otoczone znacznymi wzniesieniami, będą miały ograniczony przepływ powietrza. Istotną kwestią jest również kierunek napływu mas powietrza. Oczywiście niekorzystnym zjawiskiem w tym przypadku są przeważające wiatry znad terenów zanieczyszczonych w kierunku wysokiej zabudowy (Ng, 2008). Bardzo korzystne są natomiast obszary mające dużą zdolność regeneracji powietrza, jak na przykład tereny leśne.

Podczas planowania przestrzennego miasta powinno uwzględniać się powyższe czynniki, tak aby wentylacja

była utrzymywana na odpowiednim poziomie. Takie działanie wpisuje się w ideę zrównoważonego rozwoju, która zakłada iż bieżący rozwój powinien uwzględniać potrzeby przyszłych pokoleń, a nie odbywać się ich kosztem (Zaręba, 2012).

## 2. Charakterystyka ukształtowania i warunków klimatycznych miasta Białegostoku

W celu przeprowadzenia analizy przewietrzania miasta Białegostoku zaznajomiono się z ukształtowaniem jego terenu oraz podstawowymi warunkami klimatycznymi. Informacje te można znaleźć w opracowaniu Ekofizjografia Białegostoku (Kwiatkowski i Gajko, 2011 i 2012), gdzie scharakteryzowano środowisko przyrodnicze miasta. Powołując się na regionalizację klimatologiczną województwa Podlaskiego przedstawioną przez Górniaka (2000), zakwalifikowano Białystok do podlaskiego regionu klimatycznego, w subregionie białostockim. Klimat miasta opisano jako umiarkowany, przejściowy o zwiększonych wpływach kontynentalizmu. Okres letni z dużą ilością dni słonecznych dynamizuje pionowy ruch mas powietrza, co przyczynia się do polepszenia jego jakości.

Ważną z punktu widzenia analiz jest charakterystyka występujących na danym obszarze wiatrów. Dominują wiatry zachodnie oraz południowo-zachodnie i południowo-wschodnie (Bartocha i in., 2008). W ponad połowie przypadków (54%) osiągają one prędkość 1-3 m/s, co klasyfikuje je jako słabe. Kolejnym ważnym aspektem jest ukształtowanie powierzchni miasta. Obszar

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: k.rawski@pb.edu.pl

Białegostoku stanowi część rozległej wysoczyzny morenowej, uformowanej podczas stadiału środkowego zlodowacenia Warty. Na podstawie mapy hipsometrycznej miasta (Kwiatkowski i Gajko, 2011) wywnioskowano, iż lokalne obniżenia terenu powiązane są z doliną rzeki Białej. Ogólnie można również przyjąć, że teren stopniowo obniża się w kierunku północno-zachodnim. Najniżej położony punkt znajduje się w dolinie rzeki Narwi. W północno-wschodniej części miasta znajdują się wysoczyzny moreny czołowej wznoszące się na wysokość 150-175 metrów nad poziomem morza. Moreny czołowe odznaczają się tam wyraźną asymetrią zboczy. Od strony południowo-zachodniej zbocza mają łagodne nachylenie, zaś od strony północno-wschodniej są bardzo strome (Kwiatkowski i Gajko, 2011). Zwrócono również uwagę na tereny zieleni przylegające do granic miasta, a także na te, które zaczynają się w obrębie miasta i mają swoją kontynuację poza jego obszarem, w szczególności Las Pietrasze, Las Antonik, Las Zwierzyniecki, Las Turczyński, Las Bacieczki oraz Las Bagno. Warto również odnotować obecność Puszczy Knyszyńskiej w północno-wschodnim sąsiedztwie Białegostoku.

### 3. Wymiana mas powietrza

#### 3.1. Procesy wymiany powietrza

W celu określenia systemu wymiany powietrza scharakteryzowano następujące procesy (Szulczewska i in., 2009):

- Wymianę poziomą mas powietrza – czyli rozkład wiatrów w nawiązaniu do układu rzeźby terenu i rodzaju zagospodarowania. Dogodnymi terenami do zajścia owego procesu są głównie dna dolin o niewielkiej szorstkości podłoża, czyli z niewielkim udziałem roślinności wysokiej lub zabudowy oraz tereny komunikacji kolejowej, gdzie nie występują zabudowania. Takie kanały przewietrzające umożliwiają sprawne przemieszczanie się powietrza, zwłaszcza w obrębie zwartej zabudowy miejskiej.
- Wymianę pionową mas powietrza – która umożliwia konwekcyjną (pionową) wymianę powietrza. Proces ten zachodzi szczególnie na terenach o ograniczonej poziomej wymianie powietrza, takich jak: zagłębienia, polany śródleśne czy tereny intensywnej zabudowy. Konwekcja może być ograniczona (zaburzone stosunki wymiany powietrza) jeśli na danym obszarze brakuje terenów zieleni dynamizujących pionową wymianę powietrza, zwłaszcza w sąsiedztwie znacznych powierzchni pokrytych nawierzchniami nieprzepuszczalnymi. Określając warunki pionowej wymiany mas powietrza istotna jest liczba dni z ciszą, w których wymiana pozioma jest ograniczona.
- Strefę zasilania klimatycznego – są to stosunkowo duże obszary terenów otwartych położone zgodnie z dominującym kierunkiem wiatrów. Strefa ta zależna jest przede wszystkim od stanu czystości, a także od układu terenów otwartych, ich szerokości oraz

powiązań z kanałami przewietrzającymi. Jej głównym zadaniem jest poprawa poziomej wymiany powietrza. Powyższe procesy mają również bezpośrednie odniesienie w przypadku analizy dynamiki mas powietrza przeprowadzanej dla miasta Białegostoku. Ruch wiatrów w śródmieściu podlega zjawisku bryzy miejskiej. Na jego miejską bryzę składają się dwa strumienie powietrza. Jeden sprowadza do miasta powietrze z otaczających terenów, co przyczynia się do lepszego przewietrzania miasta. Natomiast drugi – dolny strumień – stanowi prąd odwrotny i nakłada się na cyrkulację skierowaną do wnętrza miasta, co nazywa się zjawiskiem „antybryzy” (Kwiatkowski i Gajko, 2011).

#### 3.2. Klasyfikacja terenów ze względu na funkcję wymiany powietrza

Kwiatkowski i Gajko (2012) wyróżnili dla obszaru miasta Białegostoku następujące kategorie terenów o różnych funkcjach wymiany powietrza:

- Tereny z dominacją procesu regeneracji powietrza – są to przede wszystkim rozległe płaty lasów. Najważniejszymi spośród tak zwanych funkcji pozaprodukcyjnych lasów są funkcje: ochronna i bioklimatyczna. Kompleksy leśne mają największe znaczenie w produkcji tlenu i odświeżania powietrza.
- Tereny regeneracji powietrza i przewietrzania – cechuje je mniejsza intensywność regeneracji, jednocześnie proces przewietrzania zyskuje na znaczeniu. Są to głównie tereny otwarte pokryte trwałą roślinnością o niewielkiej szorstkości podłoża. Wraz z dolinami rzecznyymi i terenami o rozproszonej zabudowie jednorodzinnej sprzyjają powstawaniu klinów i pasm przewietrzalności. Tereny te mogą pełnić funkcję regeneracji powietrza dzięki częściowemu pokryciu drzewami i zaroślami.
- Tereny z dominującym procesem przewietrzania – na terenach o małej szorstkości podłoża proces przewietrzania jest kluczowy. Z powodu braku trwałej pokrywy roślinnej lub występowaniem jej jedynie sezonowo, funkcja regeneracji powietrza traci na znaczeniu.
- Tereny z dominacją procesu stagnacji powietrza – są to obniżone, nieckowate formy terenu i płaskie fragmenty dolin rzecznych. Na terenach zabudowanych obszary te cechuje ograniczenie wymiany poziomej powietrza, jednak wzrasta ich rola jako terenów kontrastowych termicznie. Natomiast ich znaczenie w kontekście wymiany powietrza zanika na terenach otwartych.
- Tereny utrudniające przewietrzanie – główną przeszkodą dla przepływu powietrza są elementy wnętrza krajobrazowych oraz urbanistycznych tworzących ścianę konkretną. Dlatego obszary o znacznej szorstkości podłoża oraz wyższym stopniu zwartości zabudowy utrudniają ten proces klimatyczny, który w skali miasta jest najbardziej pożądanym.
- Tereny dynamizujące wymianę powietrza – są to tereny kontrastowe termicznie, dynamizujące

wymianę konwekcyjną powietrza. Dzięki temu cyrkulacja powietrza może ulec poprawie również wśród zwartej zabudowy. Do takich powierzchni zaliczyć można tereny zieleni i wód otwartych otoczone zabudową. Im większe pokrycie terenu roślinnością wyższą oraz wodą, tym większa siła oddziaływania.

#### 4. Planowanie przestrzenne

Znając procesy wymiany powietrza oraz charakterystykę terenów, na których one zachodzą, można poprzez planowanie przestrzenne objąć ochroną korzystne obszary oraz przyczynić się do powstania nowych. W celu wykrycia takich miejsc przydatna może okazać się metoda odwzorowywania szorstkości miejskich powierzchni, która bazuje na bazie danych przestrzennych modeli budynków (Gál i Unger, 2008). Ważnym aspektem jest zachowanie sieci klinów i korytarzy przewietrzających, a także rozwijanie jej z uwzględnieniem dominujących kierunków wiatru. Praktykę taką można zauważyć w Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Białegostoku, gdzie kładzie się nacisk na zachowanie oraz rozwój terenów będących systemem przyrodniczym miasta (rys. 1). Oprócz struktury przyrodniczej, tworzą one zarazem kliny przewietrzające ze zdolnościami regeneracyjnymi, dzięki czemu wspomagają procesy wymiany mas powietrza. Takie działanie jest bardzo istotne z punktu widzenia utrzymania wentylacji miasta na optymalnym poziomie.

Przytoczone wcześniej zjawisko bryzy miejskiej, wywołane jest efektem miejskiej wyspy ciepła. Ciepłe powietrze znad terenów silnie zurbanizowanych ulatnia się i zastępowane jest chłodniejszym powietrzem znad terenów podmiejskich, dzięki czemu zachodzi jego cyrkulacja (Su i in., 2016). Innym decydującym czynnikiem mającym wpływ na siłę procesów przewietrzania jest układ budynków oraz arterii komunikacyjnych. Planując przestrzeń w odpowiedni sposób można zatem wywrzeć korzystny wpływ na jakość powietrza w mieście lub w przeciwnym razie, obniżyć ją. Obecność zabudowy w zależności od jej konfiguracji w znacznym stopniu zaburza przepływ powietrza i ma bardzo złożony charakter (Ng, 2008; Gnatowska, 2013; Zielonko-Jung, 2014). Wyróżnić można trzy główne efekty kształtujące wiatr (Laskowski, 1987):

- efekt próżni – powstaje przy wypływie powietrza z gęsto zabudowanego obszaru do otwartej przestrzeni; powstają lokalne zawirowania i spadek prędkości powietrza;
- efekt dyszy – powstaje w przypadku dwóch szeregów budynków sukcesywnie zbliżających się do siebie – siła wiatru stopniowo wzrasta lub maleje (w zależności od kierunku wiania);
- efekt zmiany kierunku – powstaje gdy powietrze napotyka przeszkodę i gwałtownie hamuje; pod wpływem ciśnienia zostaje zassane, co powoduje lokalne zawirowania i wzrost prędkości wiatru.

W zależności od nakładania się na siebie poszczególnych

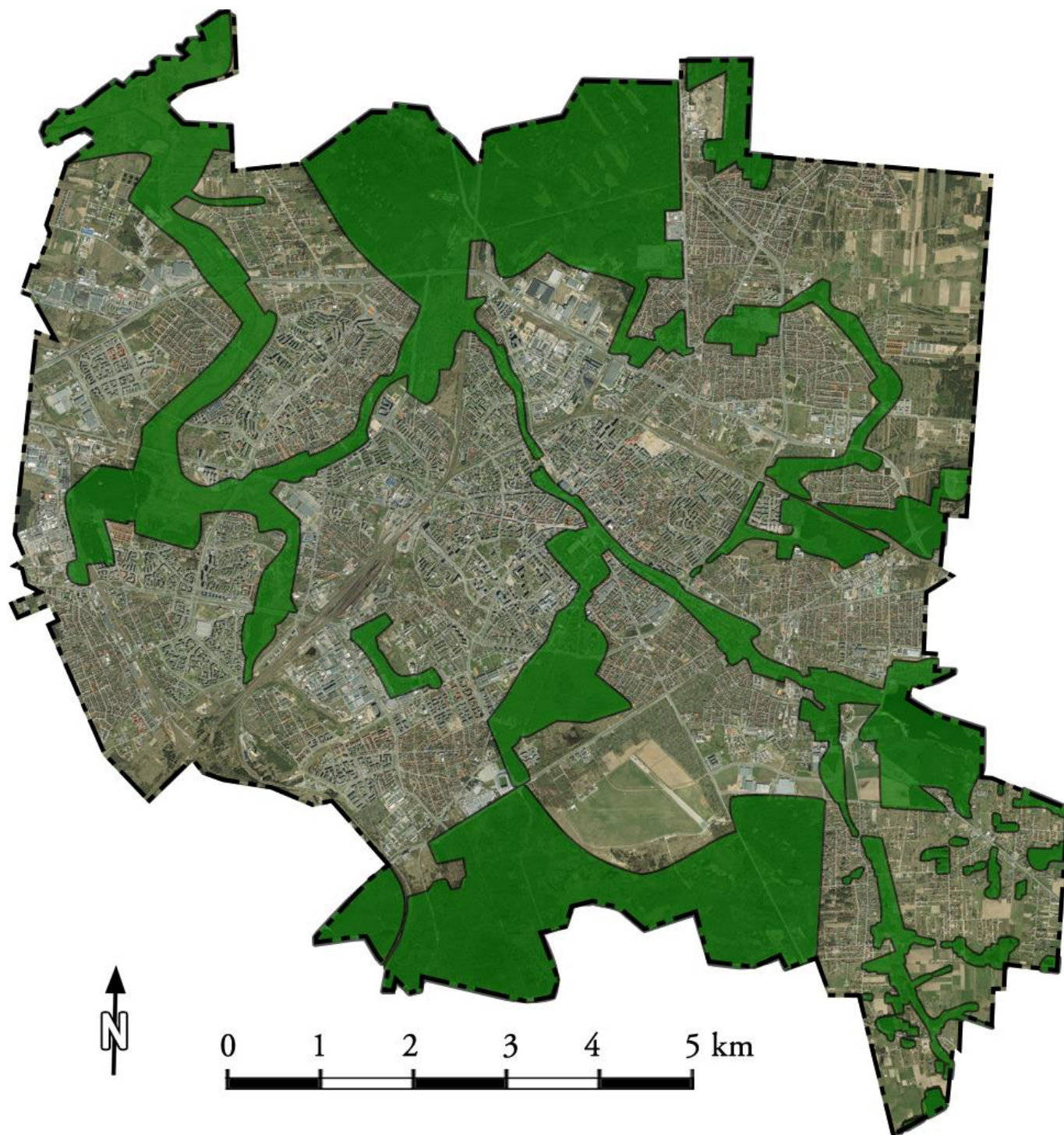
efektów, powietrze może stagnować lub też objawiać się w postaci silnych wiatrów. Optymalnym rozwiązaniem jest eliminowanie lokalnych stref dużej prędkości, nie zakłócając przy tym swobodnego przepływu mas powietrza przez miasto. Najlepiej, aby zanieczyszczone powietrze trafiało nad tereny o wysokich zdolnościach regeneracyjnych. W tym celu konieczna jest integracja systemów zieleni miejskiej i pozamiejskiej z dominującymi kierunkami wiatrów.

Amado i in. (2016) opisują szereg kryteriów do przekształcania miejsc, które mogłyby znacznie poprawić wentylację, lecz w wyniku niekontrolowanego rozrostu miast oddziałują wręcz przeciwnie. Przyczyny takiego stanu rzeczy wskazują Huchzermeyer i Karam (2006), którzy twierdzą, iż problem taki występuje głównie na terenach, gdzie rozwój zachodzi nierównomiernie ze względu na ograniczenia wywołane migracjami na dużą skalę. Ma to przełożenie na destabilizację polityczną i w konsekwencji w dużej mierze wpływa na nieformalny rozwój miasta.

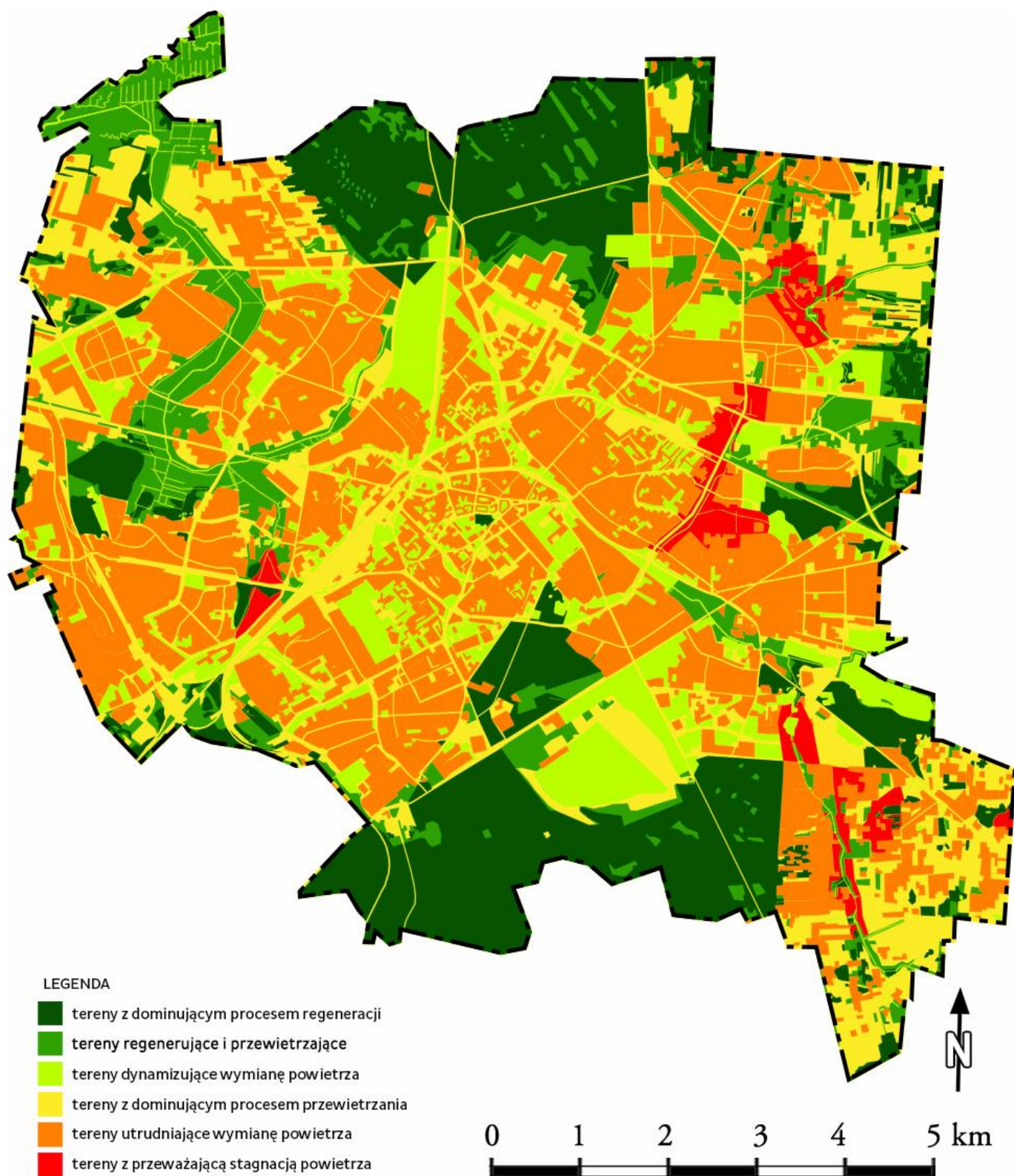
#### 5. Analiza wymiany powietrza na terenie miasta

Korzystając z ortofotomapy z 21.04.2016 roku dostępnej na stronie internetowej Miejskiego Systemu Informacji Przestrzennej (<http://www.gisbialystok.pl>) możliwe było zlokalizowanie oraz oznaczenie opisanych wcześniej terenów o różnych funkcjach wymiany powietrza. Dzięki przeanalizowaniu obszaru całego miasta, utworzona została mapa obrazująca dynamikę mas powietrza w Białymstoku (rys. 2).

Do terenów z przeważającym procesem regeneracji zaliczyć można tereny zieleni znajdujące się w pobliżu granic miasta. Obszary pełniące rolę korytarzy usprawniających wymianę powietrza to w głównej mierze szerokie ciągi komunikacji kołowej, a w szczególności obwodnica miasta zwana „trasą generalską” oraz ulice wylotowe. Do takich korytarzy zaliczyć można również nasypy torów kolejowych skierowanych na wschód oraz na linii Warszawa – Białystok – Sokółka. Dolina rzeki Białej tworzy tereny regeneracji powietrza i przewietrzania, szczególnie w zachodniej części miasta. Zalicza się tu również obszary o rozproszonej zabudowie jednorodzinnej, częściowo pokryte drzewami i zaroślami. Tereny, które charakteryzują się optymalnymi warunkami termicznymi i wilgotnościowymi, a także są dobrze przewietrzane i nasłonecznione, znajdują się na północy i wschodzie Białegostoku oraz na jego południowym skraju. Dominują tam rzeźby faliste i falisto-pagórkowate (Kwiatkowski i Gajko, 2012). Obszary utrudniające przewietrzanie to przede wszystkim centrum miasta oraz osiedla z zabudową mieszkaniową wielorodzinną szczególnie w jego zachodniej oraz południowej części. Natomiast do terenów dynamizujących wymianę powietrza zalicza się głównie obszary śródmiejskich parków i skwerów, a także ogrodów działkowych i większych powierzchni zadarnionych. W Białymstoku znajduje się również kilka nieznacznych zagłębień, gdzie występować może proces stagnacji powietrza.



Rys. 1. Tereny zakwalifikowane na system przyrodniczy miasta (źródło: opracowanie własne na podstawie mapy z Miejskiego Systemu Informacji Przestrzennej)



Rys. 2. Analiza dynamiki mas powietrza w Białymstoku

Na podstawie przeprowadzonych analiz można wnioskować, iż Białystok jest miastem o dość dobrej wentylacji. W głównej mierze jest to zasługa doliny rzeki Białej oraz pokryciu się głównych ciągów przewietrzających z dominującymi kierunkami wiatrów. Na północy i południu znajdują się tereny leśne odpowiedzialne za odświeżanie powietrza. Korzystnym układem przestrzennym jest również w tym przypadku klin utworzony przez zielen miejską, który łączy Las Zwierzyniecki z parkami: Konstytucji 3 Maja, Planty, Pałacowym i ks. J. Poniatowskiego, wraz z fragmentem doliny rzeki Białej usytuowanej wzdłuż alei Piłsudskiego. Znalaziono również obszary cechujące się słabszą wentylacją. Są one w głównej mierze utworzone poprzez zwartą, wysoką zabudowę wielorodzinną na osiedlach mieszkaniowych. Dobrym przykładem może być pas osiedli Skorupy, Bojary i Sienkiewicza, gdzie zwiększająca się w kierunku centrum szorstkość powierzchni wraz z lokalnymi zagłębieniami terenu, przyczynia się do ograniczenia przepływu mas powietrza. Pozytywnym aspektem w tym przypadku jest jednak układ zabudowy na linii NW-SE, dzięki czemu nie stanowi ona przeszkody dla wiatrów wiejących z dominujących kierunków. Przeciwnie sytuacja wygląda w przypadku osiedli Wysoki Stoczek oraz Dziesięciny I i II, gdzie układ zabudowy odcina część miasta od dostaw powietrza znad doliny rzeki Białej. Powinno się zatem unikać lokalizowania budynków w jej obrębie. Na obszarach o ograniczonej wentylacji, duży udział w cyrkulacji powietrza mają obszary dynamizujące wymianę konwekcyjną, w tym dobrze rozwinięta zielen osiedlowa.

## 6. Podsumowanie

Korytarze przewietrzające miasta Białegostoku w większości usytuowane są zgodnie z przeważającymi kierunkami wiatru, dzięki czemu dobrze spełniają swoje funkcje. Istotne jest utrzymanie możliwie najmniejszej szorstkości powierzchni obszarów położonych na głównych kierunkach nawietrzania. Dzięki temu, poziomy przepływ powietrza będzie przyczyniać się do poprawy warunków przewietrzania miasta. W tym celu poprzez zapisy prawne, należy unikać lokalizowania budynków zwiększających szorstkość powierzchni, a w konsekwencji obniżających znaczenie funkcji przewietrzania. Korzystnym działaniem jest natomiast dążenie do zwiększania się udziału powierzchni biologicznie czynnych na obszarze korytarzy przewietrzających. Wśród zwartej zabudowy potrzebne są powierzchnie kontrastowe termicznie, które dynamizują wymianę konwekcyjną powietrza. Przyczyni się to do poprawy cyrkulacji powietrza na terenach słabo przewietrzanych. W Białymstoku oddziaływanie takich powierzchni ma w głównej mierze charakter lokalny. Biorąc pod uwagę ciągły rozwój terenów zurbanizowanych, należy je planować w taki sposób, aby masy powietrza zachowywały się w sposób pożądany.

## Literatura

- Amado M. P., Ramalhete I., Amado A. R., Freitas J. C. (2016). Regeneration of informal areas: An integrated approach. *Cities*, Vol. 58, 59-69.
- Bartocha A., Chmura U., Kuczer M., Rosicki M., Wahlig W. (2008). Program ochrony powietrza dla aglomeracji białostockiej (powiatu grodzkiego białostockiego). *ATMOTERM® S.A.*, Opole.
- Gál T., Unger J. (2008). Detection of ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping in a large urban area. *Building and Environment*, Vol. 44, 198-206.
- Gnatowska R. (2013). Planowanie terenów zabudowanych w zgodzie z zasadami zrównoważonego rozwoju z zastosowaniem metod modelowych. *Inżynieria Ekologiczna*, 33/2013, 35-40.
- Górnica A. (2000). Klimat województwa podlaskiego. *Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej*, Białystok.
- Huchzermeyer M., Karam A. (2006). Informal settlements: A perpetual challenge? M. Huchzermeyer, A. Karam (Eds.), *University of Cape Town Press*, Cape Town.
- Kwiatkowski W., Gajko K. (2011). Ekofizjografia Białegostoku. Tom I: Wstęp i Diagnoza Stanu Środowiska Przyrodniczego, Białystok, 23-28.
- Kwiatkowski W., Gajko K. (2012). Ekofizjografia Białegostoku. Tom II: Ocena i Funkcjonowanie Środowiska, Uwarunkowania Ekofizjograficzne. Białystok, 107-111.
- Laskowski L. (1987). Wybrane Zagadnienia Fizyki Miasta. *Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa*, Warszawa.
- Ng E. (2008). Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities – air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong. *Building and Environment*, Vol. 44, 1478-1488.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, Uchwała Nr XVII/254/16 Rady Miasta Białystok z dnia 18 stycznia 2016 r.
- Su N., Zhou D., Jiang X. (2016). Study on the application of ventilation corridor planning in urban new area – A case study of Xixian New Area. *Procedia Engineering*, Vol. 169, 340-349.
- Szulczewska B., Cieszevska A., Giedych R. (2009). Opracowanie ekofizjograficzne wykonane na potrzeby Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Kielce. *SGGW*, Warszawa, 201-205.
- Zaręba K. (2012). Zrównoważony rozwój warunkiem zabezpieczenia funkcji rekreacyjnych uzdrowisk. *Inżynieria Ekologiczna*, 30/2012, 206-218.
- Zielonko-Jung K. (2014). Zwarta przestrzeń miejska jako środowisko budynków energooszczędnych. *Architectus*, Vol. 38, Nr 2, 49-57.

## ANALYSIS OF VENTILATING BIAŁYSTOK CITY

**Abstract:** In cities with insufficient ventilation a tendency to excessive accumulation of pollutants in the air can be observed. In the paper, the area of Białystok city was analysed in terms of the air masses dynamics to evaluate the way of its air ventilation. Analyses were based on aerial photographs of the city detailing the following areas: with dominance of the processes of air regeneration, air ventilation and regeneration, boosting the exchange of air, with dominance of the processes of air ventilation, with dominance of air stagnation and those that impede the exchange of air. There were also discussed issues related to the spatial planning aimed at improving the function of ventilation system of the city.

Pracę wykonano w ramach pracy statutowej S/WBiŚ/2/16 realizowanej na Politechnice Białostockiej.

