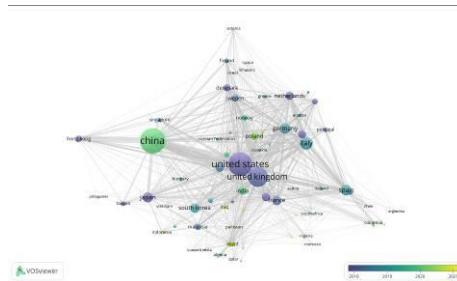


Citation: Bajor, K. (2024) 'Bibliometric review of the topic of shaping ventilation spaces', *Space & Form | Przestrzen i Forma* 60. <http://doi.org/10.21005/pif.2024.60.C-05>

Open access article
Creative Commons Attribution (CC BY)



DOI: 10.21005/pif.2024.60.C-05

BIBLIOMETRIC REVIEW OF THE TOPIC OF SHAPING VENTILATION SPACES PRZEGLĄD BIBLIOMETRYCZNY DO TEMATU KSZTAŁTOWANIE PRZESTRZENI PRZEWIETRZAJĄCYCH

Konrad Bajor

M.Sc. Eng. Arch. Konrad Bajor

Author's Orcid number: 0000-0003-3908-6S7X

University of Zielona Góra, Poland
Faculty of Architecture and Urban Planning

ABSTRACT

Green infrastructure plays a key role in shaping functional urban structures, and taking care of green areas is an essential tool in planning sustainable cities. This review article analyzes publications that consider the problem of ventilation in cities, including ventilation corridors, urban layouts and green urban areas, in the context of their impact on air quality, the urban heat island phenomenon and the comfort of residents' lives. Based on the literature review, poorly researched research areas were identified, in particular in the area of the impact of the shape and layout of buildings on urban ventilation. The analysis of publications indicated the need for further research on optimal ventilation conditions in densely built-up urban areas.

Keywords: bibliometrics, spatial shaping, ventilation, city, review.

STRESZCZENIE

Zielona infrastruktura odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu funkcjonalnych struktur miejskich, a dbałość o tereny zielone jest niezbędnym narzędziem w planowaniu zrównoważonych miast. Niniejszy artykuł przeglądowy analizuje publikacje rozpatrujące problem przewietrzania w miastach, w tym korytarzy wentylacyjnych, układów urbanistycznych i zielone tereny miejskie, w kontekście ich wpływu na jakość powietrza, zjawisko miejskiej wyspy ciepła i komfort życia mieszkańców. Na podstawie przeglądu literatury zidentyfikowano słabo przebadane obszary badawcze, w szczególności w zakresie wpływu kształtu i układu budynków na wentylację miejską. Analiza publikacji wskazała potrzebę dalszych badań w obrębie optymalnych warunków przewietrzania w gęsto zabudowanych obszarach miejskich

Słowa kluczowe: bibliometria, kształtowanie przestrzeni, przewietrzanie, miasto, przegląd.

1. INTRODUCTION

In the conditions of rapidly growing and densifying cities of the 21st century and constantly deteriorating climatic conditions, in order to maintain good air quality in cities, according to the author, more and more attention should be paid to the ventilation of urban areas. The aim of this article was to review and analyze the literature on the issue of ventilation of urban spaces and their impact on the public environment and shaping of cities. Analyses of publications from studies on the impact of building shapes and their spatial layouts on air flow showed that this is a very poorly researched research area. Urban ventilation and city aerodynamics, related to the urban climate, play a key role in the design of both new housing estates and the modernization of existing urban structures (Zheng, Ren, Gao et al. 2022). Spatial planning is one of the key aspects of city management. Appropriate shaping of urban space in terms of ventilation affects the quality of life of residents, sustainable development and environmental protection (Świtalska 2024). Knowledge of the principles of air flow through built-up areas enables urban planning that ensures adequate ventilation of estates and cities (Barclay, Kang, Sharples 2012).

Designing ventilation spaces is beneficial not only for maintaining good air quality in cities, but also for biodiversity and temperature regulation. Using natural wind directions and speeds, these spaces enable effective air flow and reduce the phenomenon of air stagnation (Zheng, Ren, Gao et al. 2022). In studies on the modernization of urbanized areas, attention is paid to energy-efficient building design, which combines both passive and active systems that reduce energy consumption and improve environmental conditions (Bocheński, Bocheńska-Skałicka, Kuczyński 2016), which can have a positive effect on the release of heat by the building, which translates into lower air fluctuations in built-up areas.

As stated by (Bocheński, Bocheńska-Skałicka, Kuczyński 2016), this type of approach, in combination with green infrastructure, ensures better ventilation, reducing pollution and improving air quality in densely built-up urban areas. An important role in the ventilation of cities is played by green spatial structures, such as the green ring (a green zone surrounding a city or metropolitan area), green enclave (a green area in the city center, e.g. a large city park), green wedges (green belts extending into the urban area) and the boundaries of development of development, which determine the natural course of green ventilation corridors (Zheng, Ren, Gao et al. 2022). Green corridors are linear parks that help restore green areas in urban areas, connecting green areas through networks of urban green infrastructure.

Ventilation spaces help reduce the concentration of air pollutants by preventing the negative impact of non-polluting means of transport, as shown by (Barclay, Kang, Sharples 2012). In turn, the lack of consideration of adequate ventilation of cities in the urban planning process can lead to negative phenomena, such as higher temperatures resulting from the urban heat island effect and increased levels of air pollution. However, green infrastructure and ventilation spaces can effectively reduce these problems, promoting social activity and providing refuges for urban nature (Zheng, Ren, Gao et al. 2022).

2. MATERIALS AND METHODS

In order to conduct a literature review and analyze the impact of ventilation spaces on the urban environment, the research work began with the development of a search strategy for materials. The Scopus database was used. The aim was to identify articles that discuss issues related to urban ventilation, green infrastructure, building shape and their impact on air flow. The analyzed publications included works published in the years 2000-2023, with open access.

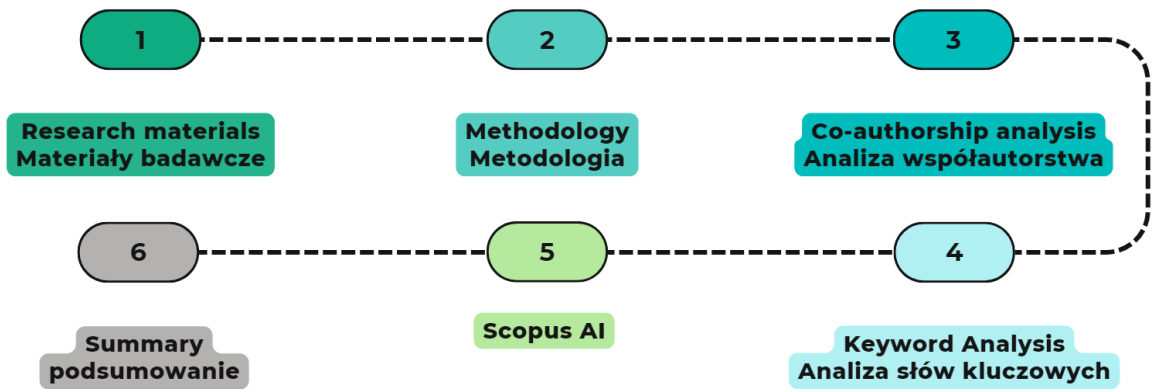


Fig. 1. Operation Scheme. Source: by author
 Ryc. 1. Schemat Działania. Źródło: autor

In the first phase of the review, key words were extracted (Table 1), which were then used to search the articles in the database. The aim of this stage was to identify the most important terms and issues that may affect the design of ventilation spaces in cities.

Using this method allows for obtaining a comprehensive picture of the research field, identification of main authors and topics, and understanding how scientific research is shaped by international cooperation of scientists, thematic connections and temporal dynamics.

Tab. 1. Keywords selected for database search. Source: Own elaboration

Planning and Urban Planning	Architectural	Atmospheric
Urban ventilation	Green roofs	Ventilation
Wind tunnels	Building	Wind
Urban greening	Building ventilation	Air
Street canyon	Green wall	
Urban heat island	Building form	
Street canyon ventilation	Passive cooling	
Urban geometry	Street ventilation	
Urban heat streets	Assessment	
Computational Fluid dynamics		
Geographic Information System		
Urban ventilation		
Wind tunnels		
Urban greening		

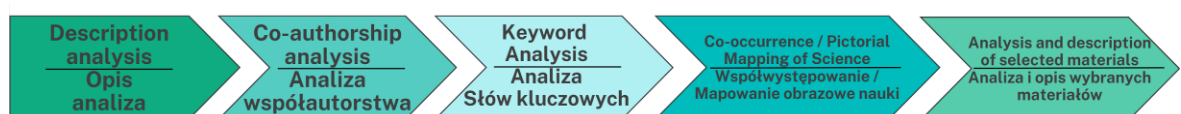


Fig. 2. Methodology. Source: by author
 Ryc. 2. Metodologia. Źródło: autor

The network of connections was created to examine the connections between authors, keywords and countries of origin of publications. This allowed for the identification of the most frequently cited researchers and main thematic areas, which allows for the determination of key topics discussed in the literature on urban ventilation.

Keywords play a significant role in the identification of scientific articles in databases, allowing for precise localization of publications in specific research topics. Analysis of their occurrence helps to Author keywords resulting from the analysis of the VOSviewer program (Fig. 3) may differ from those used in the initial phase of the database search because the most frequent and strongest connecting words were taken into account as the final result. In the analysis process, both author keywords and abstracts and full texts of articles are taken into account, which allows for the discovery of connections between them.

The model of the author keyword co-occurrence network is the result of the limitation of the data set. As an example, the minimum number of keyword occurrences in the article was assumed to be 30 occurrences. In this way, 139 out of 32234 keywords were extracted, between which there are dependencies in the network of connections that are presented in (Fig. 3).

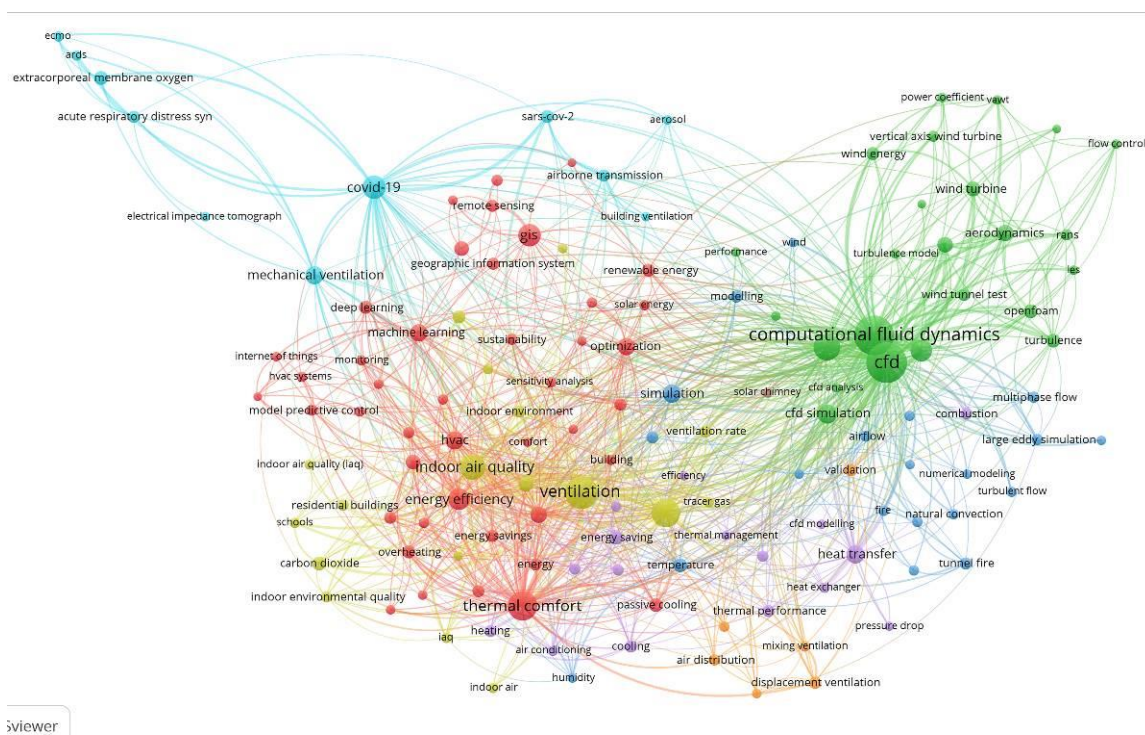


Fig. 3. Keyword Link Network. Source: created based on keywords by VOSviewer

Ryc. 3. Sieć powiązań słów kluczowych. Źródło: stworzono na podstawie słów kluczowych przez program VOSviewer

After the analysis, it can be stated that the largest group of keywords in the studied scope are the entries related to computational fluid simulation (CFD), which is the adopted method for studying air flows in urban areas (green). The next largest group of words is defined by ventilation and its derivatives such as air exchange in rooms or ventilation coefficient (yellow). The third largest group are words related to thermal comfort, energy management and GIS systems (red). We can also mention an additional group of words related to COVID-19, which appeared after the beginning of the pandemic and is connected to the previous groups of keywords such as sars-cov-2, mechanical ventilation or airborne transmission (blue).

Tab. 2. Methods of developing a network of connections.. Source: Own elaboration

Network Type	Type of analysis	Min. Numer of occurrences	Min. Numer of documents	Min. Numer of citations
Co-authorship network	Number of articles and citations	-	20	100
Co-authorship network	Number of article links by country of origin	-	20	100
Co-authorship network	Number of article links by date	-	20	100
Keyword co-occurrence network	Author keywords	30	-	-
Keyword co-occurrence network	Author keywords - date	30	-	-

3. CO-AUTHORSHIP ANALYSIS

Co-authorship analysis was performed to identify networks of researchers collaborating on urban ventilation issues. The method involves analyzing a bibliographic file obtained from the Scopus database in CSV format. The results were obtained after limiting the minimum number of citations to 100 and the number of documents to 20. The analyzed data included articles and their citations in the number mentioned above, allowing the identification of authors whose publications had the greatest impact on the development of research in the area of ventilation.

This analysis aimed to determine how international cooperation affects the shaping of scientific research in the field of urban ventilation. Identification of the main authors and their collaborators allows for a better understanding of which topics are most developed and which research centers are key for a given field.

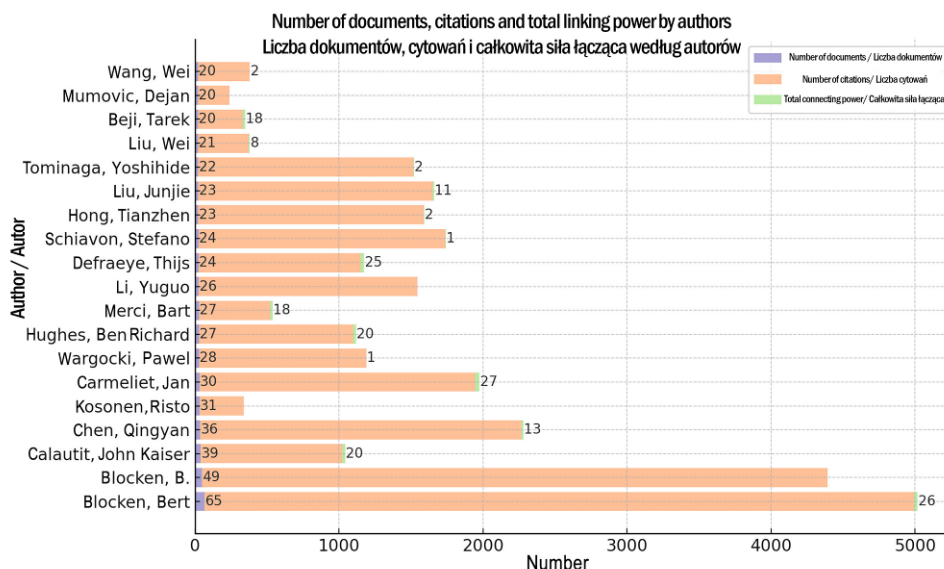


Fig. 4. Co-authorship network. Source: by author
Ryc. 4. Sieć współautorstwa. Źródło: autor

Out of 45,034 authors, after limiting the minimum number of documents to 20, 19 were selected between which connections appeared. Two groups of connections were distinguished, containing four author connections each, with a total connecting power of 40. The largest number of publications belongs to Blocken Bert, followed by Calautit John Kaiser and Chen Qingyan. It can be stated that in this case the number of documents has a significant impact on the number of citations.

In the analysis of the co-author network, the connections between authors from different countries were selected for analysis; the search results were limited to a minimum of 20 documents per country and a minimum of 100 citations. Out of 182 countries, 70 mutual author connections were

obtained and the 20 most important of them are presented in (Fig. 5). Among the countries from which the most publications come from, China (2635), the United States (2346) and the United Kingdom (1746) stand out.

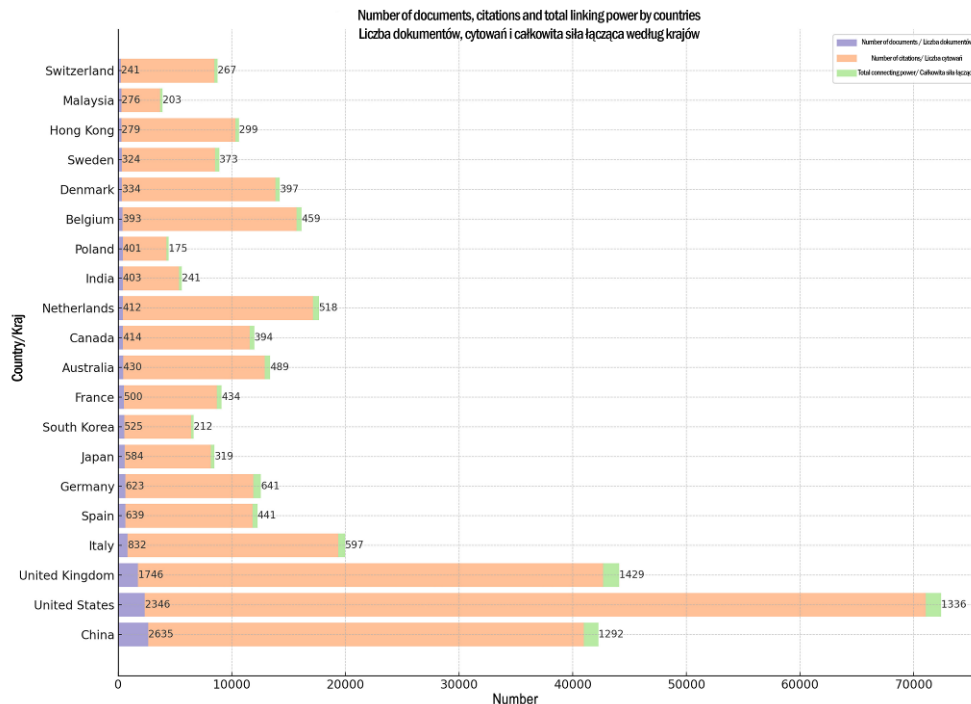


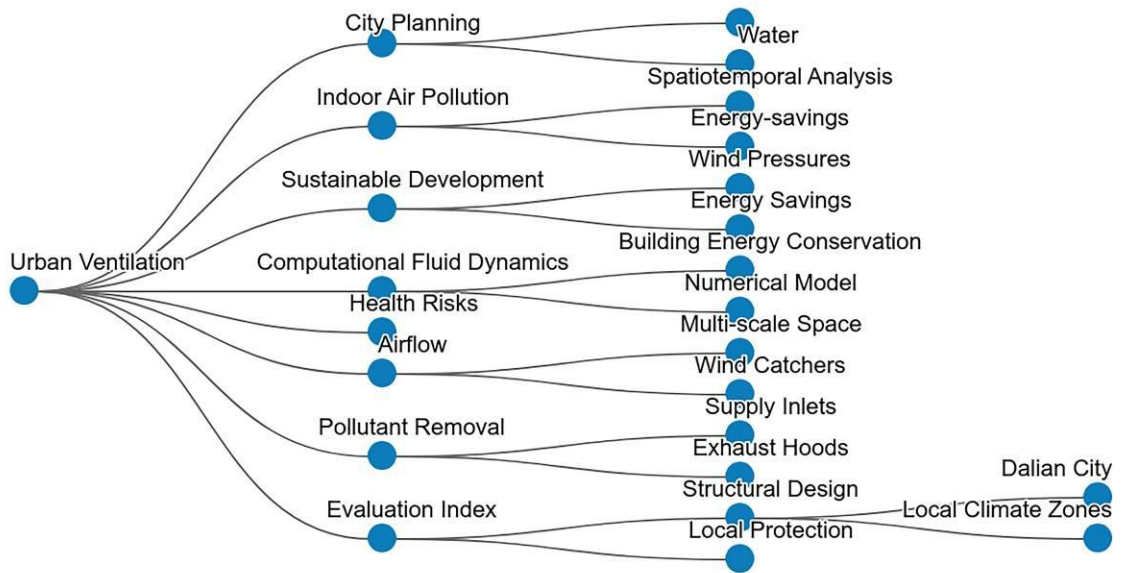
Fig. 5. Co-authorship Chart. Authors' origins. Source: by author

Ryc. 5. Wykres współautorstwa. Pochodzenie autorów. Źródło: autor

4. SCOPUS AI

In order to support the work on this article, the Scopus AI tool was used to automatically extract key concepts from available scientific abstracts on urban ventilation. Using Scopus AI, numerous publications were analyzed, which allowed the identification of four main groups of topics relevant to the considerations of urban ventilation, such as:

- Factors in contact with city ventilation in open spaces - where there is ventilation and closed spaces - where there is no ventilation:
 - Building height
 - Street direction
 - Street length and aspect ratio
- Methods for assessing urban ventilation:
 - Computational fluid dynamics (CFD) (taking into account factors such as frontage density, street direction and building height)
 - Geographic information system (GIS)
- The influence of urban morphology:
 - The study of urban morphology and building height is crucial for optimizing ventilation conditions in cities and regulating environmental problems in cities
- Challenges and strategies:
 - The challenges in urban ventilation planning include unification of the ventilation corridor system
 - Qualitative research and insufficient planning links
 - Strategies to address these challenges are essential to steer urban development



Powered by Scopus AI, Thu May 23 2024

Fig. 6. Scopus AI - Concept Map. Source: created based on scientific abstracts on urban ventilation by Scopus AI
 Ryc. 6. Scopus AI - Mapa koncepcyjna. Źródło: stworzono na podstawie abstraktów naukowych dotyczących przewietrzania urbanistycznego przez Scopus AI

5. PUBLICATION REVIEW RESULTS

After searching the Scopus database, 13,736 authors were found. Then, the search area was narrowed by dividing these authors into two types of networks, concerning co-authorship of publications and keywords. This way, 19 co-author connections, 70 country connections, 139 keywords and the period 2017-2023 were identified. Taking into account the reference and the Scopus AI concept map, 20 articles were selected (Fig. 7).

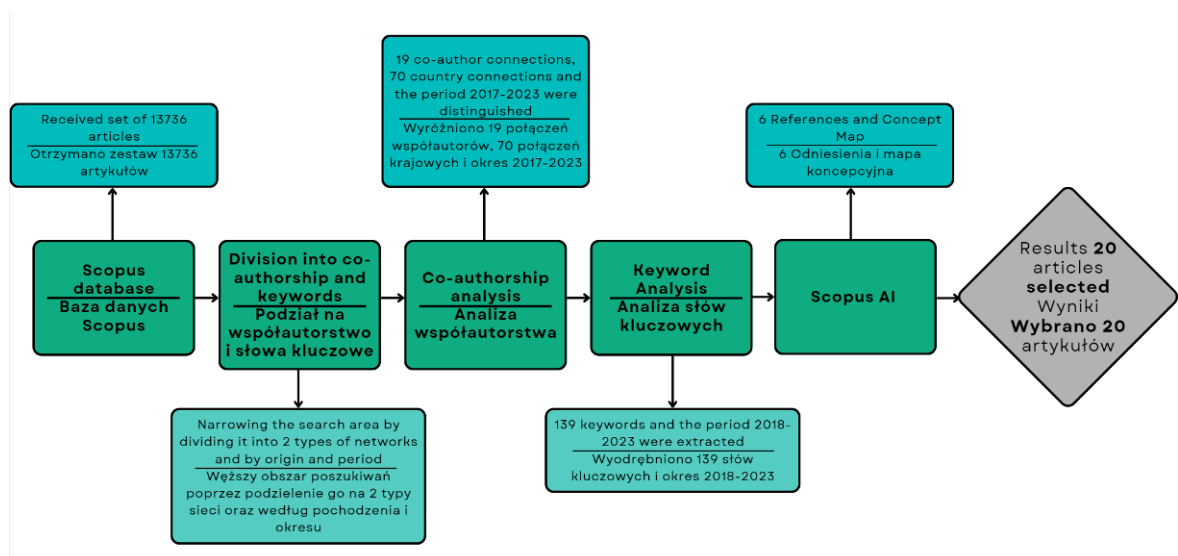


Fig. 7. Results diagram. Source: by author
 Ryc. 7. Rezultaty schemat. Źródło: autor

The results of the main studies are described in (Table 3) and divided into study authors, study title, methodology used to conduct the study, and the outcome.

Tab. 3. Empirical research results. Source: Own elaboration

Authors	Title of the study	Methodology	Results
Jie Yin et al. (2020)	The Ventilation Path Assessment of Urban Street in Wuhan	Computational Fluid Dynamics (CFD)	The results showed that in the case of wind parallel to the street axis, ventilation is more effective, especially at a low street aspect ratio. In the case of perpendicular wind, better ventilation is observed at a higher aspect ratio.
Nestoras Antonioua et al. (2017)	CFD and wind-tunnel analysis of outdoor ventilation	CFD (RANS, LES) and wind tunnel	LES (Large Eddy Simulation) better predicts wind speed and turbulence intensity compared to RANS. LES deviations were 6% in wind speed and 14% in turbulence intensity, while for RANS they were 8% and 31%, respectively.
Abdillah Alwi et al. (2022)	Effect of protruding eave on turbulence structures	LES simulation	The increase in eaves length changes the size of the eddies and the intensity of turbulence in the street canyon. The location of the eaves (on the windward, leeward, or both elevations) has a significant effect on the way air flows, changing the points of detachment of the flow.
Cecilia Ciacci et al. (2023)	Green strategies for improving urban microclimate and air quality	Analysis of the impact of green roofs and tree plantings	Extensive green roofs can reduce outside air temperatures by up to 1.5°C and roof surface temperatures by 15°C. They also reduce wind speeds by 50% at roof level, leading to 15% energy savings in both summer and winter.
Sofia Fellini et al. (2022)	High resolution wind-tunnel investigation of the effect of street trees	Wind tunnel experiment	Trees change the way pollutants are dispersed, but their effect on street ventilation depends on tree density. Despite the effect of trees on air flow, there was no clear trend observed for improved street canyon ventilation.
Haiwei Li et al. (2022)	Impact of green walls on ventilation and heat removal	Analysis of the impact of green walls on the microclimate	Green walls reduce airflow velocity, especially under non-isothermal conditions, which leads to reduced turbulence kinetic energy and ventilation efficiency in urban canyons, especially in the case of steep street canyons.
Guoxing Chen et al. (2021)	Impacts of urban geometry on outdoor ventilation within idealized building arrays	CFD simulations using daily cycles	Increasing the distance between buildings improves ventilation at roof level but reduces volumetric ventilation in urban spaces. Taller buildings increase ventilation in higher layers, but their effect on wind speed varies throughout the day.
Rafał Obuchowicz (2021)	Wind resources in the urban structure – CFD numerical analysis. Possibilities of using wind energy on the example of the Słoneczne estate in Szczecin.	Computational Fluid Dynamics (CFD)	The study showed that only 5.5% of the area of the Słoneczne estate in Szczecin is optimal for the use of wind energy, which suggests limited efficiency of wind turbines in densely built-up urban areas.
Zuofang Zheng et al. (2022)	Urban ventilation planning and its associated benefits	UVP and WRF simulations	Beijing's ventilation corridors can lower the average temperature by 0.18°C, increase wind speed by 0.33 m/s, improve air quality, and reduce the urban heat island intensity by 13.7% and PM2.5 concentration by 11.7%. They also reduce the number of pollution days.

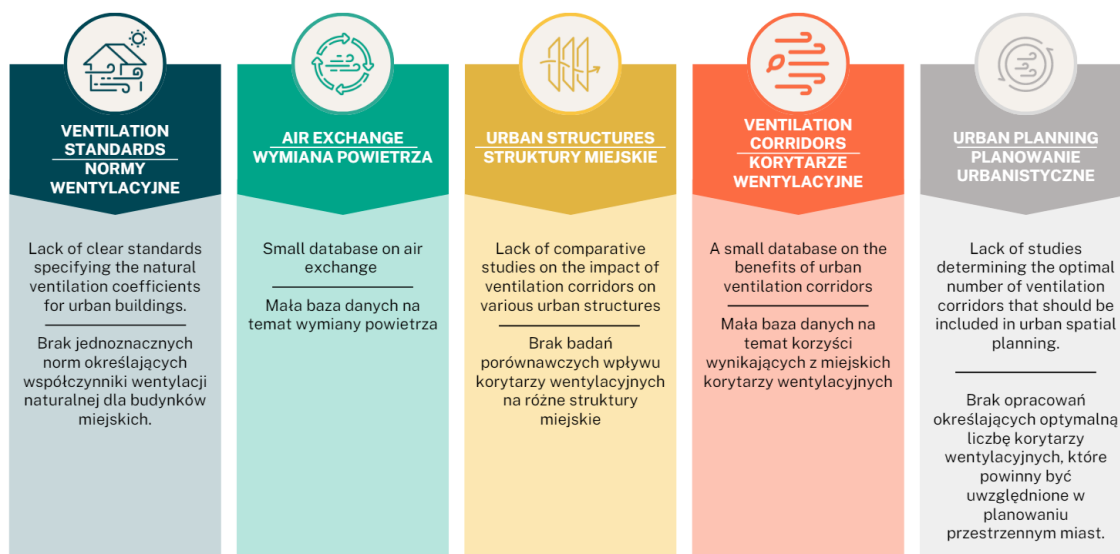
6. CONCLUSIONS

The article reviews the literature on urban ventilation spaces and their impact on the environment and shaping of cities. As a result of the review of publications, it was found that the best-researched keyword related to urban ventilation is greenery. Very little information or no information was found on the remaining entries in the analyzed publications. There is particularly little information on the impact of the shape and spatial layout of buildings on the air flow in urbanized

spaces and a lack of specific guidelines for the creation of ventilation corridors and the spatial layout of streets ensuring a sufficient level of urban ventilation. Poorly recognized research areas are presented in (Fig. 8).

Fig. 8. Research gap. Source: by author
Ryc. 8. Luka badawcza. Źródło: autor

POORLY EXPLORED RESEARCH AREAS SŁABO ZBADANE OBSZARY BADAWCZE



Three areas have been identified in which ventilation spaces have a key impact on improving the functioning of cities in terms of air quality. These three aspects are: impact on the environment; public space; shaping cities. The research results allow for their detailed discussion: (Fig. 9)

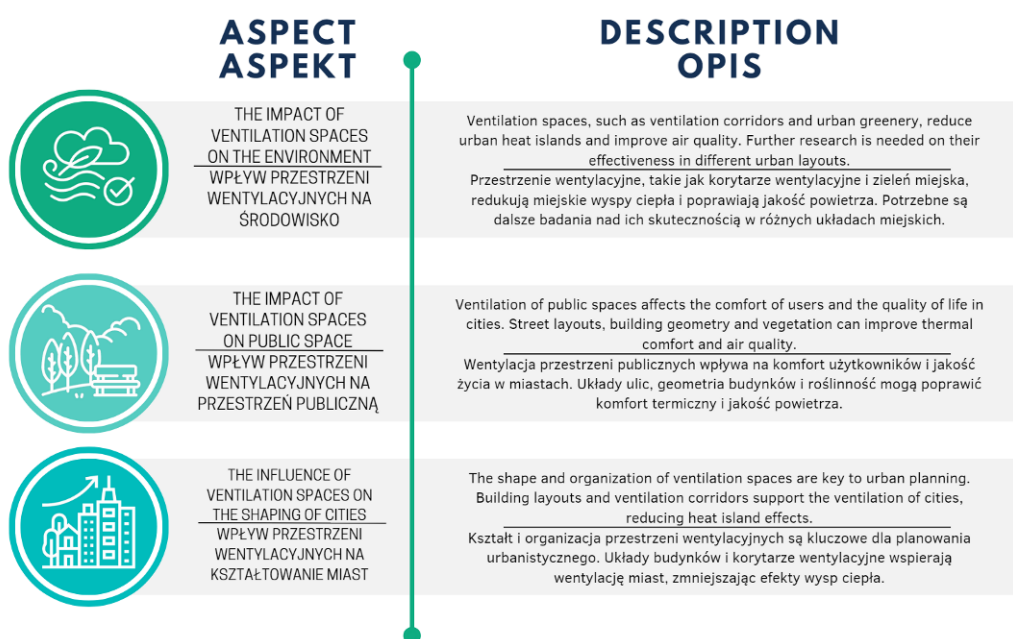


Fig. 9. The main aspects that have a key impact on the functioning of cities. Source: by author
Ryc. 9. Główne aspekty mające kluczowy wpływ na funkcjonowania miast. Źródło: autor

The analysis of the publications indicated the need for further research on the research area of ventilation spaces, especially in the context of the shape and spatial layout of buildings, their materials and the impact on air flow. Further research can help create more comprehensive guidelines for urban and spatial planners, which could translate into counteracting air pollution and improving climatic conditions in cities.

PRZEGLĄD BIBLIOMETRYCZNY TEMATU KSZTAŁTOWANIE PRZESTRZENI PRZEWIETRZAJĄCYCH

1. WPROWADZENIE

W warunkach szybko rosnących i zagęszczających się miast XXI wieku oraz stale pogarszających się warunków klimatycznych, aby zachować dobrą jakość powietrza w miastach, zdaniem autora, coraz większą uwagę powinno przykładać się do przewietrzania obszarów zurbanizowanych. Celem niniejszego artykułu był przegląd i analiza literatury dotyczącej zagadnienia przewietrzania przestrzeni zurbanizowanych oraz ich wpływu na środowisko publiczną i kształtowanie miast. Analizy publikacji z badań dotyczących wpływu kształtów budynków oraz ich układów przestrzennych na przepływ powietrza wykazały, że jest to bardzo słabo przebadany obszar badawczy. Wentylacja miejska i aerodynamika miast, związane z klimatem miejskim, odgrywają kluczową rolę w projektowaniu zarówno nowych osiedli, jak i modernizacji już istniejących struktur miejskich (Zheng, Ren, Gao et al. 2022). Planowanie przestrzenne jest jednym z kluczowych aspektów zarządzania miastami. Odpowiednie kształtowanie przestrzeni miejskiej w aspekcie przewietrzania wpływa na jakość życia mieszkańców, zrównoważony rozwój oraz ochronę środowiska (Świtalska 2024). Znajomość zasad przepływu powietrza przez tereny zabudowane umożliwia takie planowanie urbanistyczne, które zapewnia odpowiednie przewietrzanie osiedli i miast (Barclay, Kang, Sharples 2012).

Projektowanie przestrzeni przewietrzających jest korzystne nie tylko dla utrzymania dobrej jakości powietrza w miastach, ale także dla różnorodności biologicznej i regulacji temperatury. Wykorzystując naturalne kierunki i prędkości wiatrów, przestrzenie te umożliwiają efektywny przepływ powietrza oraz ograniczają zjawisko zastojów powietrza (Zheng, Ren, Gao et al. 2022). W badaniach nad modernizacją zurbanizowanych terenów zwraca się uwagę na ergooszczędne projektowanie zabudowy, które łączy zarówno pasywne, jak i aktywne systemy wpływające na redukcję zużycia energii i poprawę warunków środowiskowych (Bocheński, Bocheńska-Skałicka, Kuczyński 2016), co może wpłynąć pozytywnie na oddawanie ciepła przez budynek co przekłada się na mniejszą fluktuację powietrza na terenach zabudowanych.

Jak stwierdza (Bocheński, Bocheńska-Skałicka, Kuczyński 2016) tego typu podejście, w połączeniu z zieloną infrastrukturą, zapewnia lepsze przewietrzanie, redukując zanieczyszczenia i poprawiając jakość powietrza w gęsto zabudowanych obszarach miejskich. Ważną rolę w przewietrzaniu miast odgrywają zielone struktury przestrzenne, takie jak zielony pierścień (strefa zieleni otaczająca miasto lub obszar metropolitalny), zielona enklawa (obszar zieleni w centrum miasta, np. duży park miejski), zielone kliny (pasy zieleni wchodzące w głąb obszaru miejskiego) oraz granice rozwoju zabudowy, wyznaczają naturalny przebieg zielonych korytarzy wentylacyjnych (Zheng, Ren, Gao et al. 2022). Zielone korytarze to parki linearne, które pomagają przywrócić w miejskich terenach zielonych, łącząc tereny zieleni poprzez sieci miejskiej zielonej infrastruktury.

Przestrzenie przewietrzające pomagają zmniejszyć stężenie zanieczyszczeń powietrza, zapobiegając negatywnemu wpływowi środków transportu, które nie zanieczyszczają środowiska, co wykazali (Barclay, Kang, Sharples 2012). Z kolei brak uwzględnienia odpowiedniego przewietrzania miast w procesie planowania urbanistycznego może prowadzić do negatywnych zjawisk, takich jak wyższe temperatury wynikające z efektu miejskiej wyspy ciepła oraz zwiększone poziomy zanieczyszczeń powietrza. Zielona infrastruktura oraz przestrzenie przewietrzające mogą jednak skutecznie zredukować te problemy, sprzyjając aktywności społecznej oraz stanowić ostoje dla miejskiej przyrody (Zheng, Ren, Gao et al. 2022).

2. MATERIAŁY I METODY

W celu przeprowadzenia przeglądu literatury i analizy wpływu przestrzeni przewietrzających na środowisko miejskie, prace badawcze rozpoczęto od opracowania strategii wyszukiwania materiałów. Wykorzystano bazę danych Scopus. Celem było zidentyfikowanie artykułów, które omawiają zagadnienia związane z wentylacją miejską, zieloną infrastrukturą, kształtem budynków oraz ich wpływem na przepływ powietrza. Analizowane publikacje obejmowały prace opublikowane w latach 2000-2023, z otwartym dostępem.

W pierwszej fazie przeglądu wyodrębniono kluczowe słowa (tab. 1), które następnie posłużyły do przeszukiwania artykułów w bazie danych. Celem tego etapu było zidentyfikowanie najważniejszych terminów i zagadnień, które mogą mieć wpływ na projektowanie przestrzeni przewietrzających w miastach.

Użycie tej metody pozwala na uzyskanie kompleksowego obrazu badanej dziedziny, identyfikację głównych autorów i tematów oraz zrozumienie, jak badania naukowe są kształtowane przez współpracę międzynarodową naukowców, tematyczne powiązania i dynamikę czasową.

Tab. 1. Słowa kluczowe wybrane do przeszukiwania bazy danych. Source: opracowanie własne

Planistyczne i Urbanistyczne	Architektoniczne	Atmosferyczne
Urban ventilation	Green roofs	Ventilation
Wind tunnels	Building	Wind
Urban greening	Building ventilation	Air
Street canyon	Green wall	
Urban heat island	Building form	
Street canyon ventilation	Passive cooling	
Urban geometry	Street ventilation	
Urban heat streets	Assessment	
Computational Fluid dynamics		
Geographic Information System		
Urban ventilation		
Wind tunnels		
Urban greening		

Sieć połączeń została utworzona w celu zbadania powiązań między autorami, słowami kluczowymi i krajami pochodzenia publikacji. Umożliwiło to identyfikację najczęściej cytowanych badaczy oraz głównych obszarów tematycznych, co pozwala na określenie kluczowych tematów poruszanych w literaturze dotyczącej przewietrzania miast.

Słowa kluczowe odgrywają znaczącą rolę w identyfikacji artykułów naukowych w bazach danych, umożliwiając precyzyjne zlokalizowanie publikacji w określonych tematach badawczych. Analiza ich występowania pomaga w identyfikacji głównych zagadnień, nurtów i trendów w danej dyscyplinie oraz poszerza pole wyszukiwania danego zagadnienia.

Autorskie słowa kluczowe, które wynikają z analizy programu VOSviewer (Ryc. 3), mogą różnić się od tych, które zostały użyte w początkowej fazie przeszukiwania baz danych ponieważ jako wynik końcowy, wzięto pod uwagę te o najczęstszym występowaniu i największej sile łączącej. W procesie analizy uwzględnia się zarówno autorskie słowa kluczowe, jak i abstrakty oraz pełne treści artykułów, co pozwala na odkrycie powiązań między nimi.

Model sieci współwystępowania autorskich słów kluczowych jest wynikiem ograniczenia zbioru danych. Jako przykład w artykule przyjęto minimalną liczbę wystąpień słów kluczowych przyjęto 30 wystąpień. W ten sposób wyodrębniono 139 z 32234 słów kluczowych, między którymi zachodzą zależności sieci powiązań które przedstawiono na (Ryc. 3).

Po analizie można stwierdzić iż największą grupę słów kluczowych w badanym zakresie stanowią hasła związane z obliczeniową symulacją płynów (CFD) która jest przyjętą metodą badania przepływów powietrza w terenach zurbanizowanych (kolor zielony). Następną największą grupą słów jest określana wentylacją i jej pochodne takie jak wymiana powietrza w pomieszczeniach czy współczynnik wentylacji (kolor żółty). Trzecią największą grupą są słowa związane z komfortem termicznym, zarządzaniem energią i systemami GIS (kolor czerwony). Można również wymienić dodatkową grupę słów związaną z COVID-19 która pojawiła się po rozpoczęciu pandemii oraz łączy się z poprzednimi grupami słów kluczowych takimi jak sars-cov-2, mechanical ventilation czy airborne transmission (kolor błękitny).

Tab. 2. Sposoby opracowania sieci połączeń. Source: opracowanie własne

Rodzaj sieci	Rodzaj analizy	Min. Liczba wystąpień	Min. Liczba dokumentów	Min. Liczba cytowań
Sieć współautorstwa	Liczba artykułów i cytowań	-	20	100
Sieć współautorstwa	Liczba powiązań artykułów ze względu na kraj pochodzenia	-	20	100
Sieć współautorstwa	Liczba powiązań artykułów ze względu na datę	-	20	100
Sieć współwystępowania słów kluczowych	Autorskie słowa kluczowe	30	-	-
Sieć współwystępowania słów kluczowych	Autorskie słowa kluczowe - data	30	-	-

3. ANALIZA WSPÓŁAUTORSTWA

Analiza współautorstwa została wykonana w celu zidentyfikowania sieci badaczy współpracujących nad zagadnieniami wentylacji miejskiej. Metoda polega na analizie pliku bibliograficznego pozyskanego z bazy danych Scopus w formacie CSV. Wyniki uzyskano po ograniczeniu minimalnej liczby cytowań do 100 oraz liczby dokumentów do 20. Analizowane dane obejmowały artykuły oraz ich cytowania w liczbie wymienionej wyżej, umożliwiając identyfikację autorów, których publikacje miały największy wpływ na rozwój badań w obszarze przewietrzania.

Analiza ta miała na celu określenie, jak współpraca międzynarodowa wpływa na kształtowanie badań naukowych w dziedzinie przewietrzania urbanistycznego. Identyfikacja głównych autorów i ich współpracowników pozwala na lepsze zrozumienie, jakie tematy są najbardziej rozwijane oraz które ośrodki badawcze są kluczowe dla danej dziedziny.

Spośród 45034 autorów, po ograniczeniu minimalnej liczby dokumentów do 20, wybrano 19 między którymi pojawiły się powiązania. Wyodrębniono dwie grupy połączeń, zawierające po cztery połączenia autorskich, z całkowitą siłą łączącą wynoszącą 40. Największą ilość publikacji posiada Blocken Bert, na drugim i trzecim miejscu znajduje się kolejno Calautit John Kaiser i Chen Qingy-

an. Można stwierdzić iż w tym przypadku liczba dokumentów ma znaczący wpływ na liczbę cytowań.

W analizie sieci współautorskiej wybrano do analiz powiązania między autorami z różnych krajów wyniki wyszukiwań ograniczono do minimum 20 dokumentów na kraj oraz minimum 100 cytowań. Ze 182 państw uzyskano 70 wzajemnych powiązań autorów i przedstawiono 20 najważniejszych z nich w (Ryc. 5). Wśród państw, z których pochodzi najwięcej publikacji wyróżniają się Chiny (2635), Stany Zjednoczone (2346) oraz Wielka Brytania (1746).

4. SCOPUS AI

W celu wsparcia pracy nad tym artykułem, wykorzystano narzędzie Scopus AI, które pozwoliło na automatyczne wyodrębnienie kluczowych koncepcji z dostępnych abstraktów naukowych dotyczących przewietrzania urbanistycznego. Przy pomocy Scopus AI przeanalizowało liczne publikacje, co umożliwiło zidentyfikowanie czterech głównych grup tematów istotnych dla rozważań nad wentylacją miejską, takich jak:

- Czynniki wpływające na wentylację miejską w aspekcie przestrzeni otwartych - gdzie jest wentylacja i zamkniętych - gdzie nie ma przewietrzania:
 - Wysokość budynku
 - Kierunek ulicy
 - Długość ulicy i współczynnik kształtu
- Metody oceny wentylacji miejskiej:
 - Obliczeniowa dynamika płynów (CFD) (biorąc pod uwagę takie czynniki , jak gęstość obszaru frontowego , kierunek ulicy i wysokość budynku)
 - System informacji geograficznej (GIS)
- Wpływ morfologii miast:
 - Badanie morfologii miast i wysokości budynków ma kluczowe znaczenie dla optymalizacji warunków wentylacji w miastach i regulowania problemów środowiskowych w miastach
- Wyzwania i strategie:
 - Wyzwania w planowaniu wentylacji miejskiej obejmują ujednoczenie systemu korytarzy przewietrzających
 - Badania jakościowe i niewystarczające powiązania planistyczne
 - Strategie mające na celu sprostanie tym wyzwaniom są niezbędne do kierowania rozwojem miast

5. WYNIKI PRZEGLĄDU PUBLIKACJI

Po przeszukaniu bazy danych Scopus znaleziono 13736 autorów. Następnie zawężono obszar poszukiwań dzieląc tych autorów na dwa rodzaje sieci, dotyczące współautorstwa publikacji oraz słów kluczowych. W ten sposób wyodrębniono 19 połączeń współautorów, 70 połączeń krajów, 139 słów kluczowych oraz okres 2017-2023. Uwzględniając referencję oraz mapę koncepcyjną Scopus AI wybrano 20 artykułów (Ryc. 7).

Wyniki głównych badań opisano w (tab. 3) oraz podzielono na autorów badania, tytuł badania, metodykę za pomocą której było przeprowadzone badanie oraz wynik.

Tab. 3. Wyniki badań empirycznych. Source: opracowanie własne

Autorzy	Tytuł badania	Metodyka	Główne wyniki
Jie Yin et al. (2020)	The Ventilation Path Assessment of Urban Street in Wuhan	Obliczeniowa dynamika płynów (CFD)	Wyniki wykazały, że w przypadku wiatru równoległego do osi ulicy wentylacja jest bardziej efektywna, szczególnie przy niskim współczynniku kształtu ulicy. W przypadku wiatru prostopadłego lepsza wentylacja jest obserwowana przy wyższym współczynniku kształtu.

Autorzy	Tytuł badania	Metodyka	Główne wyniki
Nestoras Antonioua et al. (2017)	CFD and wind-tunnel analysis of outdoor ventilation	CFD (RANS, LES) i tunel aerodynamiczny	LES (Large Eddy Simulation) lepiej przewiduje prędkość wiatru i intensywność turbulencji w porównaniu do RANS. Odchylenia LES wyniosły 6% w prędkości wiatru oraz 14% w intensywności turbulencji, podczas gdy dla RANS wyniosły odpowiednio 8% i 31%.
Abdillah Alwi et al. (2022)	Effect of protruding eave on turbulence structures	Symulacja LES	Wzrost długości okapów zmienia wielkość wirów i intensywność turbulencji w kanionie ulicznym. Położenie okapów (po stronie nawietrznej, zawietrznej lub na obu elewacjach) ma istotny wpływ na sposób, w jaki przepływa powietrze, zmieniając punkty oderwania strumienia.
Cecilia Ciacci et al. (2023)	Green strategies for improving urban microclimate and air quality	Analiza wpływu zielonych dachów i drzew	Ekstensywne zielone dachy mogą obniżyć temperaturę powietrza zewnętrznego nawet o 1,5°C i powierzchni dachów o 15°C. Wpływają także na zmniejszenie prędkości wiatru o 50% na poziomie dachu, co prowadzi do 15% oszczędności energii w sezonie letnim i zimowym.
Sofia Fellini et al. (2022)	High resolution wind-tunnel investigation of the effect of street trees	Eksperyment w tunelu aerodynamicznym	Drzewa zmieniają sposób rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń, jednak ich wpływ na wentylację uliczną zależy od gęstości drzew. Pomimo wpływu drzew na przepływ powietrza, nie zaobserwowano jednoznacznego trendu dotyczącego poprawy wentylacji kanionu ulicznego.
Haiwei Li et al. (2022)	Impact of green walls on ventilation and heat removal	Analiza wpływu zielonych ścian na mikroklimat	Zielone ściany obniżają prędkość przepływu powietrza, szczególnie w warunkach nieizotermicznych, co prowadzi do zmniejszenia energii kinetycznej turbulencji oraz wydajności wentylacji w kanionach miejskich, szczególnie w przypadku stromych kanionów ulicznych.
Guoxing Chen et al. (2021)	Impacts of urban geometry on outdoor ventilation within idealized building arrays	Symulacje CFD z wykorzystaniem cykli dobowych	Wzrost odległości między budynkami poprawia wentylację na poziomie dachu, ale zmniejsza wentylację objętościową w przestrzeniach miejskich. Wyższe budynki zwiększają wentylację w wyższych warstwach, jednak ich wpływ na prędkość wiatru zmienia się w ciągu dnia.
Rafał Obuchowicz (2021)	Wind resources in the urban structure – CFD numerical analysis. Possibilities of using wind energy on the example of the Słoneczne estate in Szczecin.	Obliczeniowa dynamika płynów (CFD)	Badanie pokazało, że jedynie 5,5% powierzchni osiedla Słoneczne w Szczecinie jest optymalne do wykorzystania energii wiatrowej, co sugeruje ograniczoną efektywność turbin wiatrowych w gęsto zabudowanych obszarach miejskich.
Zuofang Zheng et al. (2022)	Urban ventilation planning and its associated benefits	Symulacje UVP i WRF	Korytarze wentylacyjne w Pekinie mogą obniżyć średnią temperaturę o 0,18°C, zwiększyć prędkość wiatru o 0,33 m/s, poprawić jakość powietrza i zmniejszyć intensywność miejskiej wyspy ciepła o 13,7%, a stężenie PM _{2,5} o 11,7%. Zmniejszają także liczbę dni z zanieczyszczeniem.

6. WNIOSKI

W artykule wykonano przegląd literatury dotyczącej miejskich przestrzeni przewietrzających oraz ich wpływu na środowisko i kształtowanie miast. W wyniku przeglądu publikacji stwierdzono iż najlepiej przebadanym słowem kluczowym związanym z przewietrzeniem urbanistycznym jest zieleń. Na temat pozostałych haseł znaleziono bardzo mało informacji lub nie znaleziono żadnych informacji w analizowanych publikacjach. Szczególnie mało informacji jest o wpływie kształtu i układu przestrzennego budynków na przepływ powietrza w Przestrzeniach zurbanizowanych oraz brak konkretnych wytycznych co do tworzenia korytarzy wentylacyjnych i układu przestrzennego ulic zapewniających wystarczający poziom wentylacji urbanistycznej. Słabo rozpoznane obszary badawcze przedstawiono w (Ryc. 8).

Zidentyfikowano trzy obszary, w których przestrzenie przewietrzające mają kluczowy wpływ na poprawę funkcjonowania miast w zakresie jakości powietrza. Te trzy aspekty to: wpływ na środowisko; przestrzeń publiczną; kształtowanie miast. Wyniki badań pozwalają na ich szczegółowe omówienie: (Ryc. 9)

Analiza publikacji wskazała potrzebę dalszych badań nad obszarem badawczym przestrzeni przewietrzających, zwłaszcza w kontekście kształtu i układu przestrzennego budynków ich materiałów oraz wpływu na przepływ powietrza. Dalsze badania mogą pomóc stworzyć bardziej kompleksowe wytyczne dla urbanistów i planistów przestrzennych co mogłoby się przełożyć na przeciwdziałanie zanieczyszczaniu powietrza i poprawie warunków klimatycznych w miastach.

BIBLIOGRAPHY

- Alwi, A., Mohamad, M., Ikegaya, N. Razak, A., (2023) 'Effect of protruding eave on the turbulence structures over two-dimensional semi-open street canyon', *Building and Environment*, 228, pp.1-15, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109921> (Accessed: 12-12-2022).
- Antoniou, N., Montazeri, H., Wigo, H., Neophytou M., Blocken, B., Sandberg, M. (2017) 'CFD and wind-tunnel analysis of outdoor ventilation in a real compact heterogeneous urban area: Evaluation using "air delay"', *Building and Environment*, 126, pp.355-372, <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.013> (Accessed: 13-10-2017).
- Barclay, M., Kang, J., Sharples, S. (2012) 'Combining noise mapping and ventilation performance for non-domestic buildings in an urban area', *Building and Environment*, 52, pp.68-76, doi:10.1016/j.buildenv.2011.12.015
- Bocheński, S., Bocheńska-Skałeczka, A., Kuczyński, T., (2016) 'Energy-efficient shaping of contemporary buildings and their surroundings as an essential element of modernization of built-up areas', *Civil and environmental engineering reports*, ISSN 2080-5187, DOI: 10.1515
- Carlo, O., Fellini, S., Palusci, O. Marro, M., Salizzoni, P., Buccolieri, R., (2024) 'Influence of obstacles on urban canyon ventilation and air pollutant concentration: An experimental assessment', *Building and Environment*, 250, pp.1-18, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111143> (Accessed: 30-12-2023).
- Chen, G., Rong, L., Zhang, G., (2021) 'Impacts of urban geometry on outdoor ventilation within idealized building arrays under unsteady diurnal cycles in summer', *Building and Environment*, 206, pp.1-17, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108344> (Accessed: 14-09-2021).
- Chen, Y., Feng, M., (2022) 'Urban form simulation in 3D based on cellular automata and building objects generation', *Building and Environment*, 226, pp.1-12, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109727> (Accessed: 14-10-2021).
- Ciacchi, C., Banti, N., Di Naso, V. Bazzocchi, F., (2023) 'Green strategies for improving urban micro-climate and air quality: A case study of an Italian industrial district and facility two-dimensional semi-open street canyon', *Building and Environment*, 244, pp.1-17, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110762> (Accessed: 22-08-2023).
- Fellini, S., Marro, M., Del Ponte, A. Barulli, M., Soulhac, L., Ridolfi, L., Salizzoni, P., (2022) 'High resolution wind-tunnel investigation about the effect of street trees on pollutant concentration and street canyon ventilation', *Building and Environment*, 226, pp.1-14, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109763> (Accessed: 04-11-2022).
- He, Y., Yuan, C., Ren, C. Wang, W., Shi, Y., Ng, E., (2022) 'Urban ventilation assessment with improved vertical wind profile in high-density cities – Investigations in nighttime extreme heat', *Building and Environment*, 216, pp.1-17, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109018> (Accessed: 25-03-2022).
- Jareemit, D., Liu, J., Srivanit, M., (2023) 'Modeling the effects of urban form on ventilation patterns and traffic-related PM2.5 pollution in a central business area of Bangkok', *Building and Environment*, 244, pp.1-17, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110756> (Accessed: 22-08-2023).
- Li, H., Zhao, Y., Sützl, B. Kubilay, A., Carmeliet, J., (2022) 'Impact of green walls on ventilation and heat removal from street canyons: Coupling of thermal and aerodynamic resistance', *Building and Environment*, 214, pp.1-15, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108945> (Accessed: 26-02-2022).
- Mei, S., Yuan, C., (2022) 'Urban buoyancy-driven air flow and modelling method: A critical review', *Building and Environment*, 210, pp.1-13, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108708> (Accessed: 24-12-2021).

- Obuchowicz, R., (2021) 'wind resources in the urban structure – cfd numerical analysis. Possibilities of using wind energy on the example of the Słoneczne estate in Szczecin', *Space & Form*, 59, pp.147-164, DOI: 10.21005
- Stasi, R., Ruggiero, F., Berardi, U., (2024) 'Influence of cross-ventilation cooling potential on thermal comfort in high-rise buildings in a hot and humid climate', *Building and Environment*, 248, pp.1-21, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111096> (Accessed: 23-03-2023).
- Świtalska, A., (2024) 'THE SPATIAL DEVELOPMENT VALUATION METHOD', *Space & Form*, 59, pp.79-96, DOI: 10.21005
- Xie, X., Luo, Z., Grimmond, S. Sun, T., (2023) 'Impact of building density on natural ventilation potential and cooling energy saving across Chinese climate zones', *Building and Environment*, 244, pp.1-15, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110621> (Accessed: 24-07-2023).
- Yang, Y., Guo, M., Wang, L. Zong, L., Liu, D., Zhang, W., Wang, M. Wan, B., Guo, Y., (2023) 'Unevenly spatiotemporal distribution of urban excess warming in coastal Shanghai megacity, China: Roles of geophysical environment, ventilation and sea breezes', *Building and Environment*, 235, pp.1-15, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110180> (Accessed: 15-03-2023).
- Yin, J., Qingming, Z., Tayyab, M., (2021) 'The Ventilation Path Assessment of Urban Street in Wuhan', *Building and Pol. J. Environ. Stud.*, Vol. 30, No. 3, pp. 2877-2889, DOI: 10.15244
- Zheng, Z., Ren, G., Gao, H. Yang, Y., (2022) 'Urban ventilation planning and its associated benefits based on numerical experiments: A case study in Beijing, China', *Building and Environment*, 222, pp.1-11, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109383> (Accessed: 14-06-2022).

AUTHOR'S NOTE

The author is a research and teaching assistant at the Faculty of Architecture and Urban Planning of the University of Zielona Góra.

O AUTORZE

Autor jest asystentem badawczo-dydaktycznym na Wydziale Architektury i Urbanistyki Uniwersytetu Zielonogórskiego. Jego zainteresowania badawcze koncentrują się na analizie przewietrzania.

Contact | Kontakt: k.bajor@aiu.uz.zgora.pl