

Urbanistyczne i architektoniczne aspekty przegrzewania przestrzeni miejskich i budynków na przykładzie Warszawy

dr hab. inż. arch. Katarzyna Zielonko-Jung

Wydział Architektury, Politechnika Gdańska

Niniejszy raport powstał w ramach projektu „Doświadczanie zmian klimatycznych. Transdyscyplinarne badanie przegrzewania miast” (EmCliC). Projekt jest finansowany w ramach grantu IdeaLab przez Narodowe Centrum Nauki we współpracy z Norweską Radą Badań, w ramach Mechanizmu Finansowego EOG na lata 2014-2021 (2019/35/J/HS6/03992).

Wersja oryginalna raportu: Zielonko-Jung, Katarzyna (2021) [Urban planning – architectural report on thermal stress in the city of Warsaw](https://zenodo.org/record/5767263). Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.5767263

Spis treści

Wstęp	3
Rozdział 1. Komfort cieplny z perspektywy architektury	4
1.1 Komfort cieplny	4
1.2 Problem przegrzewania w kontekście budownictwa wielorodzinnego w Polsce	5
1.3 Wpływ budynków i ich otoczenia na zjawiska tworzące komfort termiczny	6
1.4 Czynniki urbanistyczne i architektoniczne wpływające na komfort cieplny	11
1.5 Podsumowanie	22
Rozdział 2. Typologia budynków mieszkalnych w Warszawie. Aspekt zagrożenia przegrzaniem	25
2.1 Podstawowe kryteria.....	25
2.2 Typy zabudowy a ryzyko przegrzewania	33
Rozdział 3. Doświadczenia adaptacyjne do stresu termicznego - kontekst warszawski	40
3.1 Strategie ogólnomiejskie	40
3.2 Strategie lokalne.....	47
3.3 Rozwiązania indywidualne	59
Rozdział 4. Uwarunkowania administracyjne i prawne	64
4.1 Podstawowe mechanizmy prawne dotyczące inwestycji budowlanych w Polsce	64
4.2 Regulacje dotyczące zjawisk termicznych w przestrzeniach miejskich i budynkach.....	65
4.3 Partycypacja społeczna	67
4.4 Udział środowisk naukowych i zawodowych	69
4.5 Podsumowanie sytuacji prawnej w Polsce.....	72
Wnioski końcowe	75
Aneks	80
Bibliografia	81

Wstęp

To opracowanie zostało przygotowane na potrzeby projektu badawczego ‘Doświadczanie zmian klimatycznych. Transdyscyplinarne badanie przegrzewania miast’ (EmCliC). To 3-letni projekt badawczy, który łączy antropologię społeczną, socjologię, klimatologię, epidemiologię, fizykę atmosferyczną z nowymi technologiami, aby zrozumieć w jaki sposób ludzie doświadczają zmian klimatycznych na co dzień. Badania skupiają się na doświadczaniu upału przez osoby starsze mieszkające w Warszawie i Madrycie. Projekt jest finansowany przez Narodowe Centrum Nauki w ramach Mechanizmu Finansowego EOG na lata 2014-2021 (2019/35/J/HS6/03992).¹

To opracowanie dotyczy zagadnień urbanistycznych i architektonicznych, które wpływają na doświadczanie wysokich temperatur przez ludzi na obszarach zurbanizowanych na przykładzie Warszawy. Skupiono się na zabudowie mieszkaniowej wielorodzinnej, tworzącej środowisko codziennego życia mieszkańców (szczególnie tych starszych) na terenach silnie zurbanizowanych, najbardziej dotkniętych efektami zjawiska miejskiej wyspy ciepła. Zakres opracowania i jego ujęcie zostało wypracowane podczas serii konsultacji z członkami zespołu badawczego oraz konsultantem-architektem z Madrytu. Ma ono służyć jako wsparcie dla interdyscyplinarnego zespołu badawczego przy opracowaniu założeń i metodologii badań.

Celem opracowania jest:

- zestawienie i usystematyzowanie czynników urbanistycznych i architektonicznych, które wpływają na zjawisko przegrzewania się miasta,
- zaprezentowanie rozwiązań urbanistycznych i architektonicznych umożliwiających przeciwdziałanie temu zjawisku oraz adaptację przestrzeni miast i budynków w celu poprawy panującego w nich komfortu termicznego w okresach gorących
- diagnoza obecnej sytuacji w Warszawie pod względem zagrożenia przegrzewaniem oraz podjętych i planowanych działań dotyczących architektury i urbanistyki na poziomie krajowym i lokalnym
- opracowanie typologii zabudowy mieszkaniowej w Warszawie uwzględniającej problemy przegrzewania jako punktu wyjścia do dalszych badań projektu.

Układ rozdziałów raportu bezpośrednio wynika z wymienionych celów.

¹ Dane dotyczące projektu znajdują się na stronie <https://www.emclic.com>

Rozdział 1. Komfort cieplny z perspektywy architektury

1.1 Komfort cieplny

W dokumencie zatytułowanym ASHRAE Standard 55, The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers zdefiniowano komfort cieplny jako "ten stan umysłu, który wyraża zadowolenie ze środowiska termicznego". Definicja ta oznacza, że człowiekowi nie jest ani zbyt zimno, ani zbyt ciepło. Taki stan ma charakter subiektywny i nie świadczy o tym, że ta sama temperatura zapewnia komfort każdemu. Stan ten zależy od czynników środowiskowych, takich jak: temperatura powietrza, wilgotność, przepływ powietrza, promieniowanie ciepłe, a także od czynników osobowych, w tym: aktywności fizycznej osoby i noszonej przez nią odzieży (fig.1).

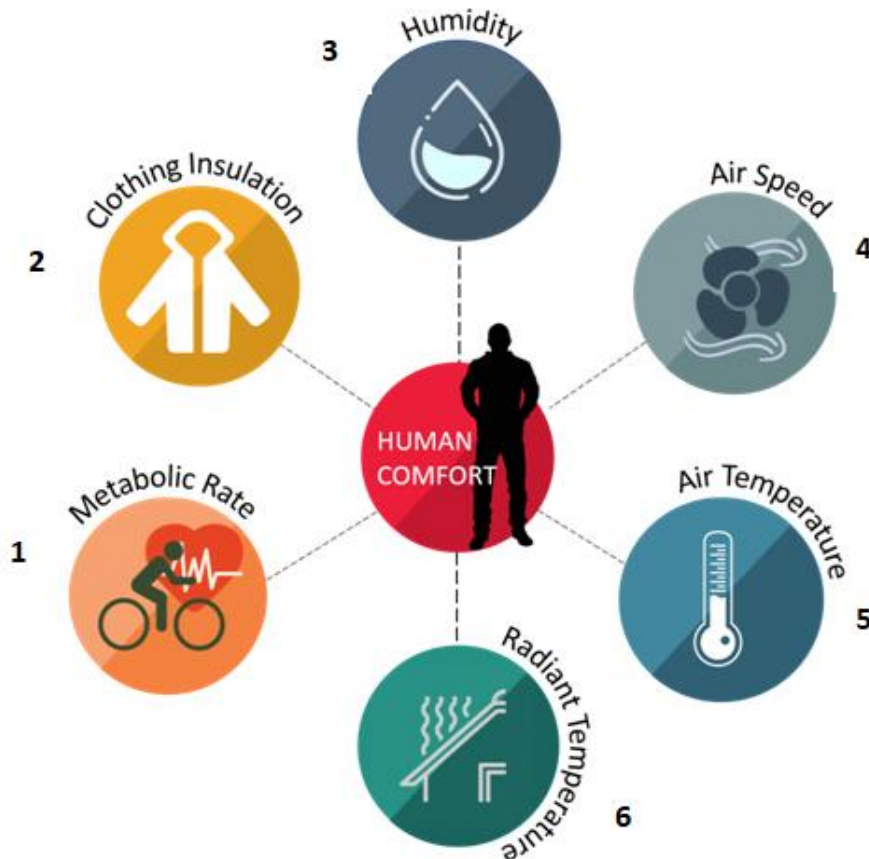


Fig. 1. Środowiskowe i osobowe czynniki wpływające na komfort cieplny człowieka – wysiłek fizyczny (1), ubranie (2), wilgotność powietrza (3), prędkość powietrza (4), temperatura powietrza (5), promieniowanie ciepłe (6): źródło: <https://www.simulationhub.com/blog/role-of-cfd-in-evaluating-occupant-thermal-comfort>.

Zdefiniowanie warunków komfortu termicznego jest skomplikowane, gdyż polega na uchwyceniu właściwych relacji między wszystkimi tymi parametrami, przy czym kombinacje „optymalne” będą różne dla różnych stref klimatycznych na świecie. Opracowano różne standardy określające wymagania dla budynków projektowanych i umożliwiające ocenę komfortu termicznego budynków istniejących. Należą do nich wspomniany ASHRAE Standard 55, ale także standard ISO 7730, jak również EN 16798-1 Standard. W Polsce zagadnienia komfortu termicznego w projektowanych i modernizowanych budynkach regulowane są przez *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* oraz normy regulujące metody projektowania. Na przykład norma PN-EN ISO 52016-1 opisuje szereg metod obliczeniowych pozwalających wyznaczyć zapotrzebowanie na energię użytkową budynków do ich ogrzewania, chłodzenia, nawilżania i osuszania powietrza wewnętrznego, obliczania zmiennej w czasie temperatury wewnętrznej w budynkach oraz wyznaczania obciążenia cieplnego ogrzewania i chłodzenia w budynkach.

1.2 Problem przegrzewania w kontekście budownictwa wielorodzinnego w Polsce

Polska leży w strefie klimatu umiarkowanego w grupie ciepłej w typie przejściowym wg klasyfikacji Okołowicza i w wilgotnym klimacie kontynentalnym wg klasyfikacji Köppena. Charakterystyka tego klimatu powoduje konieczność ochrony przed zimnem przez większą część roku, w porze zimowej i porach przejściowych oraz ochrony przed nadmiarem ciepła w miesiącach letnich. Problem ogrzewania pomieszczeń, szczególnie w budownictwie mieszkaniowym, był jak dotąd problemem wiodącym. Rosnące koszty energii grzewczej powodowały, że współczesne rozwiązania proekologiczne w Polsce w budownictwie mieszkaniowym kierowane były przede wszystkim na energooszczędne systemy grzewcze i możliwości pozyskiwania energii słonecznej do ogrzewania budynków. Problem przegrzewania wewnątrz, który uwidocznił się ostatnio w dużych miastach z racji zmian klimatu i efektu miejskiej wyspy ciepła, jest problemem nowym. Nie zaznaczył się także w tradycyjnych rozwiązaniach historycznych, jak na przykład ma to miejsce w architekturze krajów śródziemnomorskich, gdzie powszechnie stosowano masywne elementy akumulujące energię ciepłą, elementy wspomagające wentylację naturalną oraz elementy zacieniające (podcienia, okiennice).

Tymczasem problem przegrzewania, rozpatrywany dotąd głównie w kontekście budynków usługowych (np. biurowych, handlowych) czy produkcyjnych zaczyna dotyczyć budownictwa wielorodzinnego dużych miast polskich, w tym także Warszawy. Objawia się to znaczącym

wzrostem liczby indywidualnych urządzeń klimatyzacyjnych montowanych w mieszkaniach w ostatnich latach (fig. 2).



Fig. 2. Dane dotyczące liczby domów i mieszkań wyposażonych w klimatyzację w Polsce od 2002 do 2016 roku wg danych Głównego Urzędu Statystycznego w Polsce; źródło: <https://www.muratorplus.pl/biznes/wiesci-z-rynku/juz-150-tys-polskich-domow-i-mieszkan-ma-klimatyzacje-aa-Gd7W-12pg-H7Am.html>

1.3 Wpływ budynków i ich otoczenia na zjawiska tworzące komfort termiczny

Budynki i przestrzenie wokół nich wpływają na komfort termiczny ludzi, gdyż mają bezpośredni wpływ na cztery wymienione i pokazane na fig. 1 czynniki środowiskowe, czyli temperaturę powietrza i powierzchni, wilgotność i prędkość powietrza. Zarówno budynki jak i elementy ich otoczenia przekształcają te czynniki w znaczący sposób. Promieniowanie słoneczne trafiając na bryły budynków oraz powierzchnie je otaczające (utwardzone lub zielone) ulega licznym odbiciom i jest akumulowane jako energia cieplna. Obieg wody jest znacznie zakłócony przez duży udział powierzchni nieprzepuszczalnych dla wody i mały udział zieleni, co wpływa na wilgotność powietrza. Kierunek, prędkość i ciśnienie wiatru w zderzeniu z budynkami ulegają dynamicznym zmianom i powodują różnorodne zjawiska aerodynamiczne. Mikroklimat wokół budynków jest zatem układem złożonych zjawisk. W tym samym czasie, na stosunkowo niewielkim obszarze mogą panować zróżnicowane warunki termiczne, wilgotnościowe i wiatrowe (fig. 3). Mają one znaczenie bezpośrednio dla

komfortu ludzi przebywających w otoczeniu budynków (w przestrzeniach publicznych, sąsiedzkich, prywatnych ogrodach itp.). Wpływają też pośrednio na środowisko fizyczne we wnętrzach budynków, jako zestaw czynników stanowiących „wejście” do systemu energetycznego budynku.

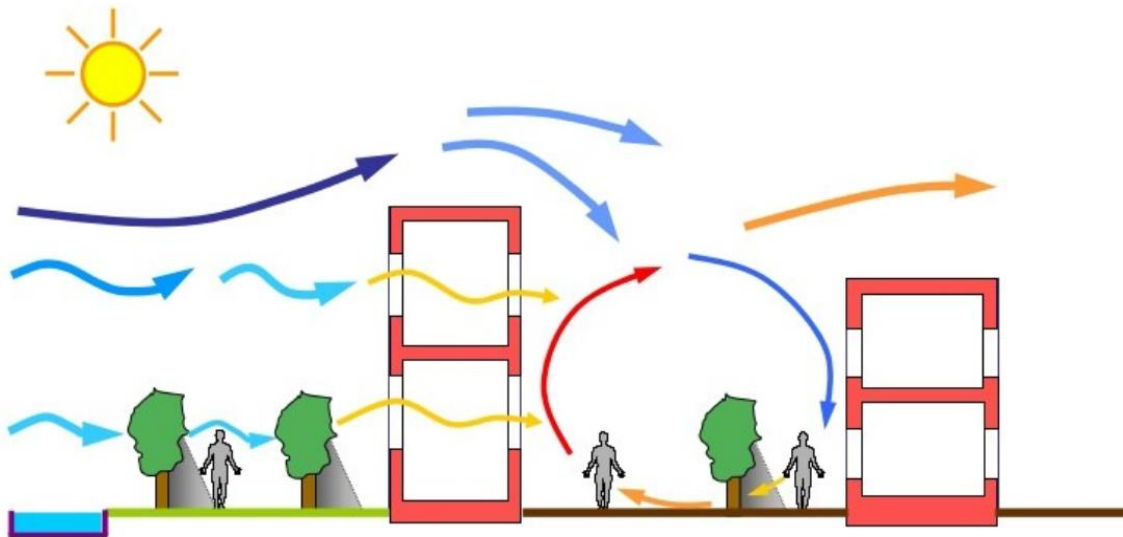


Fig. 3. Schemat zjawisk mikroklimatycznych zachodzących w bezpośrednim otoczeniu budynków na przykładzie przestrzeni ulicy; źródło: Carmeliet J. [23].

Także wewnątrz budynku jest środowiskiem złożonych procesów termicznych, wilgotnościowych i aerodynamicznych. Rozwiązania architektoniczne i budowlane mają ogromne znaczenie dla ich przebiegu (fig. 4). W literaturze tematu można znaleźć pogląd, że budynek, a szczególnie jego elewacje są „trzecią skórą” człowieka [1]. Pierwszą skórą jest ta naturalna, drugą ubranie, a trzecią właśnie obudowa budynku, która oddziela jego wnętrze od otoczenia.

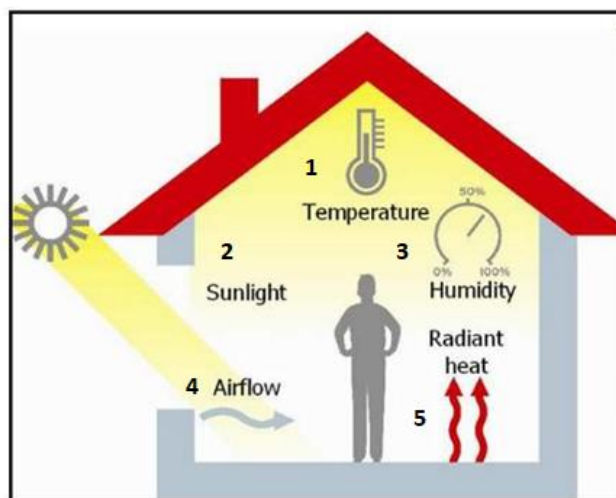


Fig. 4. Schemat zjawisk mikroklimatycznych zachodzących we wnętrzu budynku wpływających na komfort termiczny – temperatura (1), promieniowanie słoneczne (2), wilgotność (3), ruch powietrza (4), ciepło promienistego (5); źródło: https://www.researchgate.net/figure/The-most-important-environmental-factors-affecting-thermal-comfort_fig8_317109298.

We współczesnej architekturze można wyróżnić dwa przeciwstawne podejścia w widzeniu związku klimatu wnętrza budynku z czynnikami zewnętrznymi. W XX wieku narodziło się i ugruntowało podejście technologiczne uniezależniające klimat wnętrza od warunków naturalnych. Rozwój technologii instalacyjnych pozwolił na kreowanie środowiska fizycznego wnętrza w sposób niemal całkowicie sztuczny. Decyzje architektoniczne dotyczące przestrzeni budynku, jego usytuowania względem otoczenia i rozwiązań budowlanych nie podlegają wówczas optymalizowaniu ze względu na klimat, a obudowa budynku jest konstruowana jako szczelna powłoka blokująca dostęp czynników z zewnątrz. Komfort środowiska wnętrza, w tym komfort termiczny polega zaś całkowicie na systemach instalacyjnych (tzw. HVAC – heating, cooling, aircondition). Takie rozwiązania są charakterystyczne dla budynków drugiej połowy XX wieku, choć w większości dla funkcji usługowych i produkcyjnych, w dużo mniejszym zakresie dla funkcji mieszkalnych.

Kryzys energetyczny drugiej połowy XX wieku oraz szereg innych problemów związanych ze stanem środowiska oraz kondycją psychofizyczną mieszkańców miast spowodował rewizję tego podejścia na rzecz silniejszego powiązania wnętrza budynku z jego otoczeniem i uwarunkowaniami naturalnymi. Koncepcją realizującą te powiązania w najpełniejszy sposób jest tzw. podejście bioklimatyczne. Zgodnie z jego zasadami mikroklimat wnętrza budynku powinien w jak największym stopniu opierać się na potencjale naturalnych czynników klimatycznych (np. naturalne oświetlenie, naturalna wentylacja, wykorzystanie zysków

energetycznych ze słońca, zacielenie w porach gorących), a możliwie najmniej na instalacjach sztucznie kreujących mikroklimat wewnątrz, wymagających dostarczania energii spoza odnawialnego systemu (fig. 5). Obudowa zewnętrzna budynku powinna być wówczas projektowana tak, by podobnie jak prawdziwa skóra, była zdolna do efektywnego wykorzystania korzystnych czynników klimatycznych i ochrony przed niekorzystnymi. Takie podejście charakteryzowało architekturę tradycyjną sprzed okresu uprzemysłowienia, kiedy człowiek był znacznie silniej związany ze środowiskiem naturalnym. Współcześnie to podejście wymaga nowych rozwiązań dostosowanych do obowiązujących standardów oraz większej skali budynków i ich złożoności.

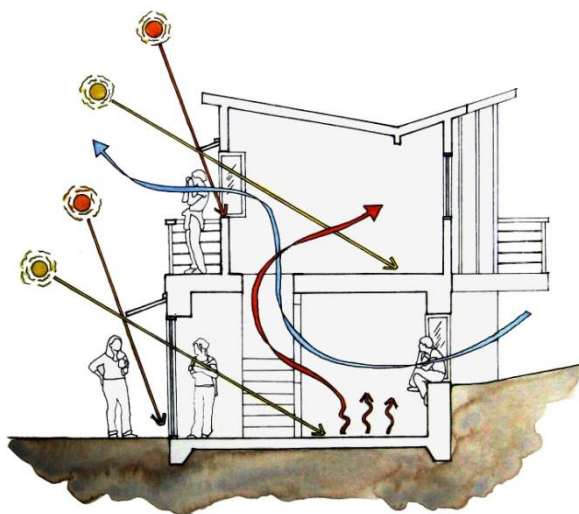


Fig. 5. Przykład bioklimatycznego podejścia w doborze rozwiązań architektonicznych pozwalających właściwie wykorzystać energię słoneczną (zyski ciepłe w okresach zimnych, ochrona przed przegrzewaniem w okresach gorących); źródło:

<https://ecocentricdesign.wordpress.com/2009/10/24/passive-solar-design/>

Nowe możliwości badawcze pozwalają na coraz lepsze rozpoznawanie zjawisk fizycznych zachodzących w skali zespołów zabudowy i fragmentów miast (fig. 6). Coraz bardziej widoczne i uchwytne stają się powiązania między elementami mniejszymi (budynkami i ich otoczeniem) i większymi (osiedlami, dzielnicami), co pozwala widzieć te drobniejsze elementy jako część systemu urbanistycznego wpływającego na klimat miasta i odwrotnie – podlegającego uwarunkowaniom klimatycznym charakterystycznym dla części miasta, w których są zlokalizowane [3]. Bioklimatyczne podejście rozszerza się zatem na koncepcje tworzenia układów zabudowy i zagospodarowania przestrzeni publicznych wokół nich.

Być może posługując się wspomnianą analogią to kolejnych „skór” chroniących człowieka przed działaniem czynników zewnętrznych, struktura urbanistyczna, w której położony jest budynek może być traktowana jako „czwarta skóra”. Podobne wnioski formułuje Jan

Carmeliet [23] wskazując różnice pomiędzy tradycyjną fizyką budowli dotyczącą zjawisk fizycznych (w tym także termicznych) zachodzących w granicach budynku a fizyką miasta, która dotyczy bloków zabudowy, całych dzielnic i miast. Ta druga jest bardziej złożona i znacznie mniej rozpoznana. Jednak oczywiste zaczyna być jej znaczenie dla działań na rzecz poprawy klimatu miast i komfortu życia ich mieszkańców.

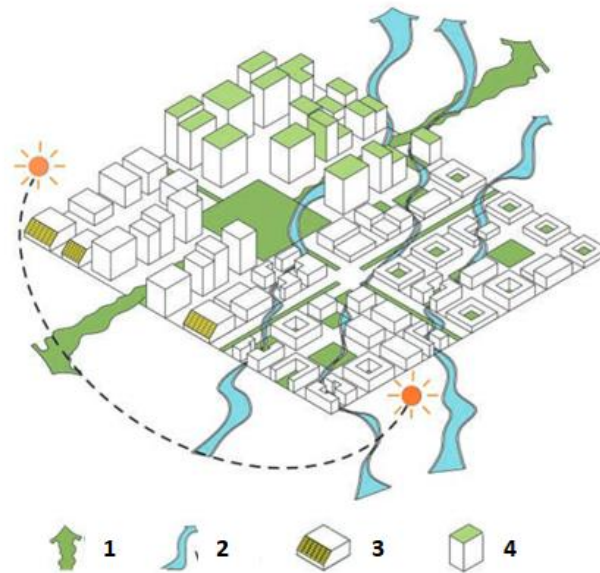


Fig. 6. Schemat bioklimatycznego podejścia w projektowaniu dzielnicy– ciągi zielone (1), korytarze napowietrzające (2), akumulacja energii słonecznej (3), zielone dachy (4); źródło: Raven J. [3].

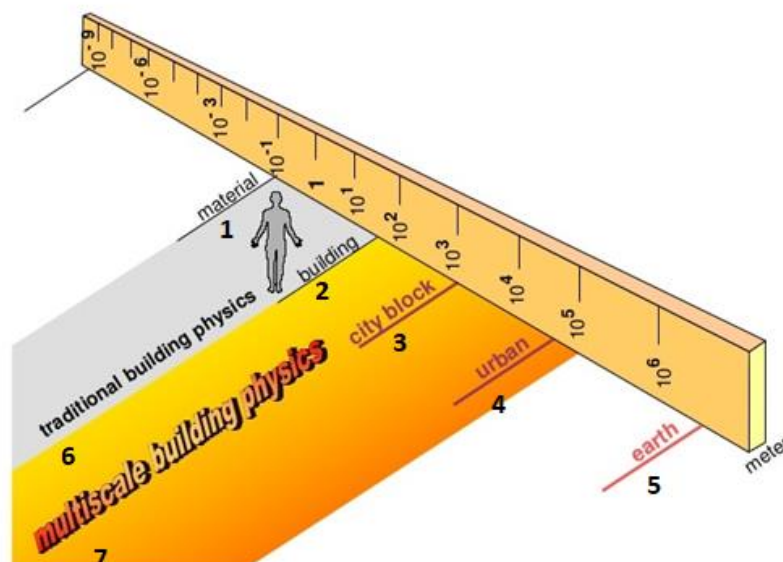


Fig. 7. Dwie różne skale fizyki budowli – tradycyjna i wielkoprzestrzenna (fizyka miasta) – materiał (1), budynek (2), blok urbanistyczny (3), miasto (4), Ziemia (5), tradycyjna fizyka budowli (6), wielko skalarna fizyka budowli/fizyka miasta (7); źródło: Carmeliet J. [23].

Wdrażanie bioklimatycznego podejścia do projektowania w skali urbanistycznej jest jeszcze mało rozpowszechnione. Wymaga uwzględnienia wielu kryteriów nie branych dotąd pod uwagę oraz wypracowania nowych procedur planistycznych i zasad współpracy pomiędzy uczestnikami procesów inwestycyjnych. Próbami taki mogą się pochwalić kraje najbardziej ukierunkowane na cele ekologiczne i zrównoważony rozwój (np. Holandia, Dania, Niemcy). W Polsce podejście to jest sygnalizowane w różnego rodzaju postulatach i programach, jednak nie znajduje jeszcze zastosowania w praktyce.

1.4 Czynniki urbanistyczne i architektoniczne wpływające na komfort cieplny

Czynniki urbanistyczne i architektoniczne wpływające na komfort termiczny wewnątrz budynków i przestrzeni miejskich można podzielić ze względu na skalę działań projektowych – od najbardziej ogólnych dotyczących skali całego miasta, do tych najbardziej szczegółowych związanych z rozwiązaniami budowlanymi w budynkach. Wynika to z rozróżnienia 3 skal klimatu miasta [4]: mezoklimatu, klimatu lokalnego i mikroklimatu (fig. 8).

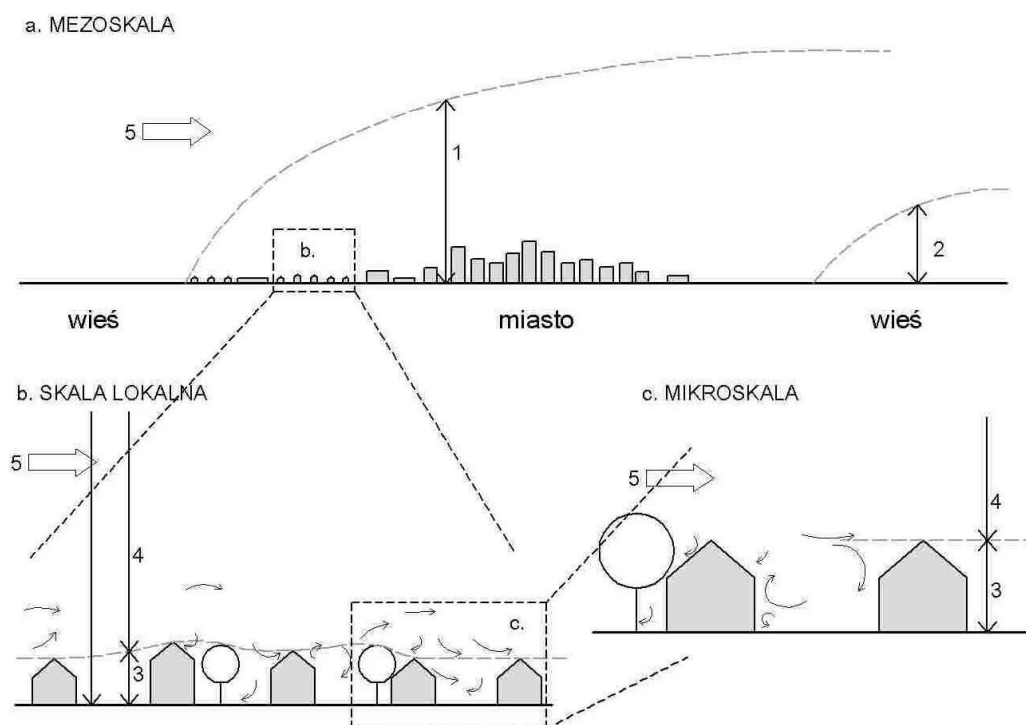


Fig. 8. Schemat ale klimatu miasta - 3 skale oddziaływania: mezoskala (a), skala lokalna (b), mikroskala (c); miejska warstwa graniczna (1), warstwa graniczna na obszarze wiejskim (2), warstwa dachowa (3), warstwa kominowa (4), kierunek wiatru (5); opracowanie własne na podstawie [5].

Na tej podstawie można określić zależności pomiędzy skalami klimatu - od strefy klimatycznej, przez poszczególne poziomy do klimatu wewnątrz budynków oraz

przyporządkować im różne rodzaje projektowania – od planowania przestrzennego większych obszarów przez projektowanie urbanistyczne, architektoniczne, do projektowania wewnątrz (fig. 8). Każdemu z tych zakresów projektowych odpowiadają określone grupy rozwiązań wpływających na zjawiska kształtujące komfort termiczny w budynkach i w ich otoczeniu.

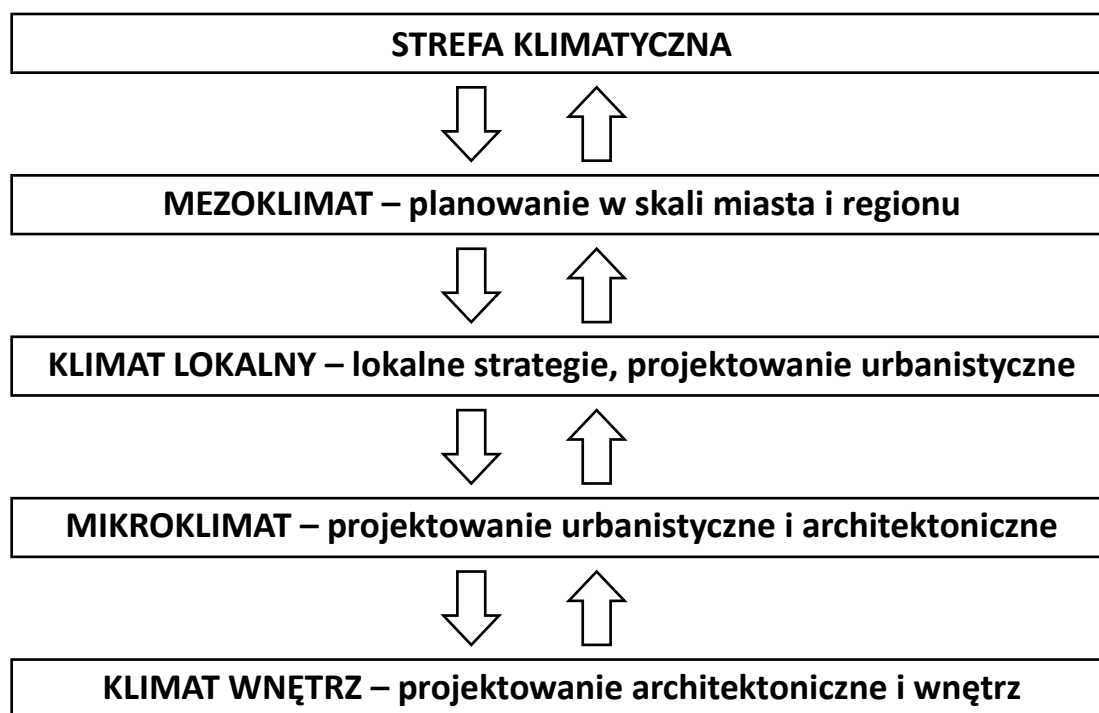


Fig. 9. Skale klimatu i odpowiadające im zakresy planowania i projektowania zabudowy; opracowanie własne.

1.4.1 Skala mezoklimatu miasta

Czynnikami wpływającymi na przepływ energii (w tym także zjawisk termicznych) w skali miasta jako całości są:

1. Wielkość miasta i populacji – miasta zajmujące rozległe obszary, zamieszkane przez dużą liczbę ludności są energochłonne, emitują stosunkowo dużo zanieczyszczeń i odpadów. Generują także znaczne ilości energii cieplnej.
2. Natężenie ruchu i przemysłu – te dwa elementy struktury miasta mają bardzo duży udział w emisji zanieczyszczeń oraz ciepła. Na początku i w połowie XX wieku sektor przemysłowy był bardziej szkodliwy. Jednak wraz z przekształcaniem przemysłu (lżejsze technologie, zwiększenie wymagań dotyczących ograniczenia zanieczyszczeń) oraz powiększaniem się wielkości miast i ich populacji pod koniec

XX wieku, to transport przyczynia się bardziej niż przemysł do problemów klimatycznych stref zurbanizowanych.

3. Ilość i układ terenów przepuszczalnych dla wody i wiatru oraz zieleni – tereny te, niezabudowane i biologicznie czynne, równoważą procesy związane z przegrzewaniem, niedostateczną wentylacją i zaleganiem zanieczyszczeń na terenach miejskich. Ich skuteczność zależy od udziału powierzchniowego względem terenów zabudowanych (im większa, tym są skuteczniejsze) oraz od układu geometrycznego. Kluczowe jest, by tworzyły układ ciągłych, nieprzerwanych systemów, rozmieszczonych w miarę równomiernie na obszarze miasta z uwzględnieniem przeważających kierunków wiatru.
4. Gęstość zabudowy – im więcej budynków, im są wyższe i bliżej siebie położone, tym większa emisja zanieczyszczeń i ciepła przypadająca na jednostkę powierzchni. Na takich obszarach dochodzi do ograniczenia ruchu powietrza. Brak w nich także przestrzeni na zieleni i tereny przepuszczalne dla wody. Trudniej także oświetlić budynki naturalnym światłem słonecznym. Generalnie istnieje prosta (wprost proporcjonalna) zależność pomiędzy gęstością zabudowy a intensywnością efektu miejskiej wyspy ciepła.

W przypadku Warszawy kryteria 1, 2 i 4 powodują zagrożenia związane z jakością klimatu, w tym ze stresem cieplnym. Udział terenów zabudowanych w strefie centralnej sięga 75-100%, bilans zachodnich dzielnic obrzeżnych sięga 60-75%, a północnych, wschodnich i południowych 30-60% (fig. 10, 11).

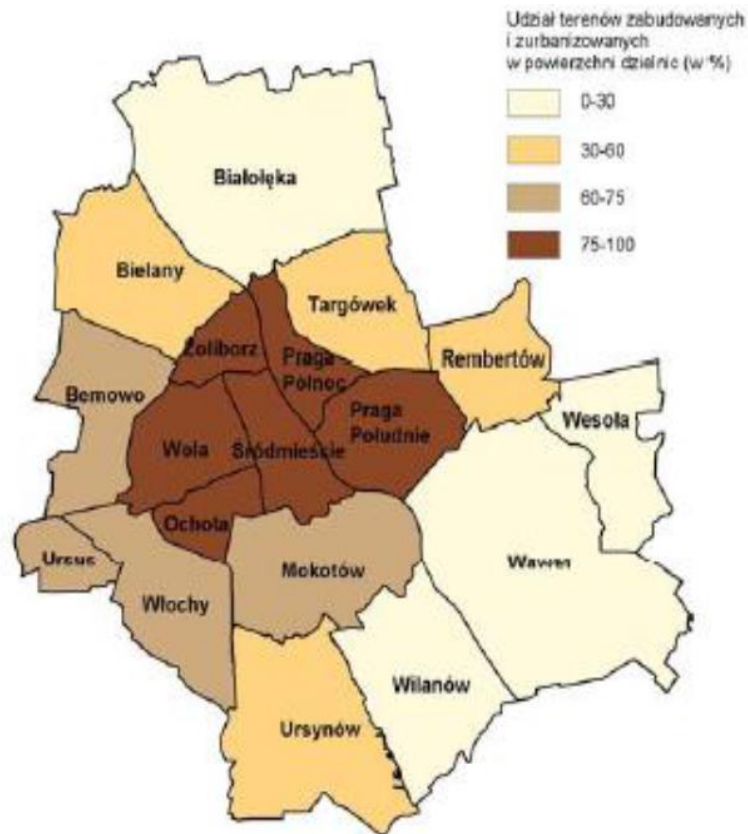


Fig. 10. Tereny zabudowane i utwardzone w Warszawie podane w % w stosunku do powierzchni dzielnic; źródło: [9].

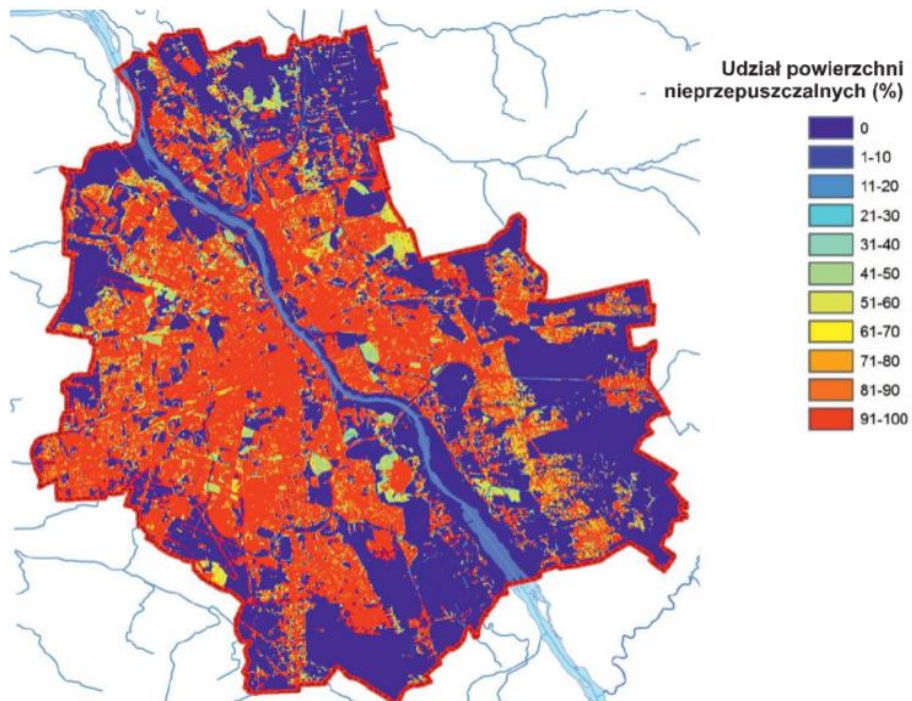


Fig. 11. Tereny nieprzepuszczalne w Warszawie podane w %; źródło: [11]

Wielkim atutem Warszawy jest spełnienie (choć nie w pełnym zakresie) kryterium 2. Jako jedno z nielicznych dużych miast polskich posiada klarowny system przestrzeni otwartych pełniących rolę korytarzy powietrznych. Przykładem decyzji projektowej w tej właśnie skali, mającej fundamentalne znaczenie dla klimatu Warszawy jest koncepcja systemu korytarzy napowietrzających, stworzony w 1916r. przez Tadeusza Tołwińskiego w ramach *Szkiecu Planu Regulacyjnego Warszawy*. Warszawa zajmowała wówczas znacznie mniejsze terytorium niż obecnie, a Szkiec powstał, kiedy zarysowała się konieczność budowy nowych dzielnic i ekspansji terytorialnej. Zawierał on koncepcję rozwoju przestrzennego Warszawy na kolejne dekady. System korytarzy miał oddzielać od siebie nowe dzielnice tworząc dla nich zaplecze rekreacyjne. Wykorzystano przy tym naturalne ukształtowanie terenu (w tym koryto rzeki Wisły) oraz tereny cenne przyrodniczo. Charakterystyczny, bardzo korzystny ze względów klimatycznych jest układ geometryczny tego systemu (fig. 10). Promienisty układ zielonych niezabudowanych pasm stanowi drogę napływu powietrza z obszarów zewnętrznych do centrum. Wywołują go wiatry lokalne lub miejska bryza w dni bezwietrzne (okres wiatrów słabych i ciszy atmosferycznej sięga w Warszawie nawet do 1/3 roku).

Od lat 90-tych, odkąd pasma przewietrzające, uwolnione od administracyjnej ochrony gruntów rolnych, stały się najbardziej atrakcyjnymi lokalizacjami pod inwestycje mieszkaniowe, trwają dyskusje nad jego rzeczywistą efektywnością i możliwościami jego ograniczenia. System ten, choć już uszczuplony, nadal jest jednak chroniony przez *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Warszawy* i pozostaje głównym systemem terenów otwartych i wartościowych przyrodniczo (fig. 12,13).

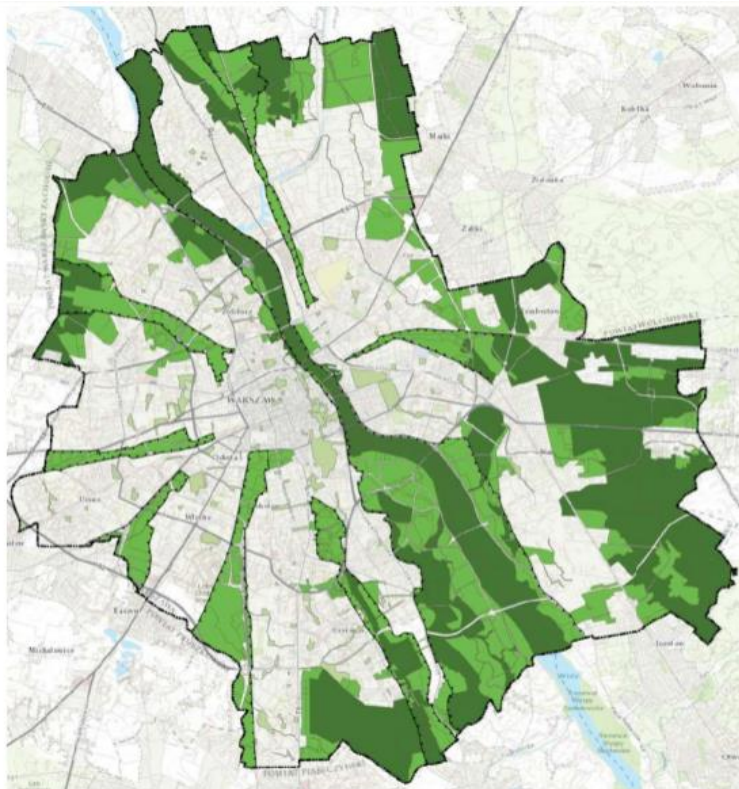


Fig. 12. Układ głównego system terenów zielonych w Warszawie (kolor ciemnozielony- tereny podstawowe, jasnozielone - wspomagające); źródło: [11].

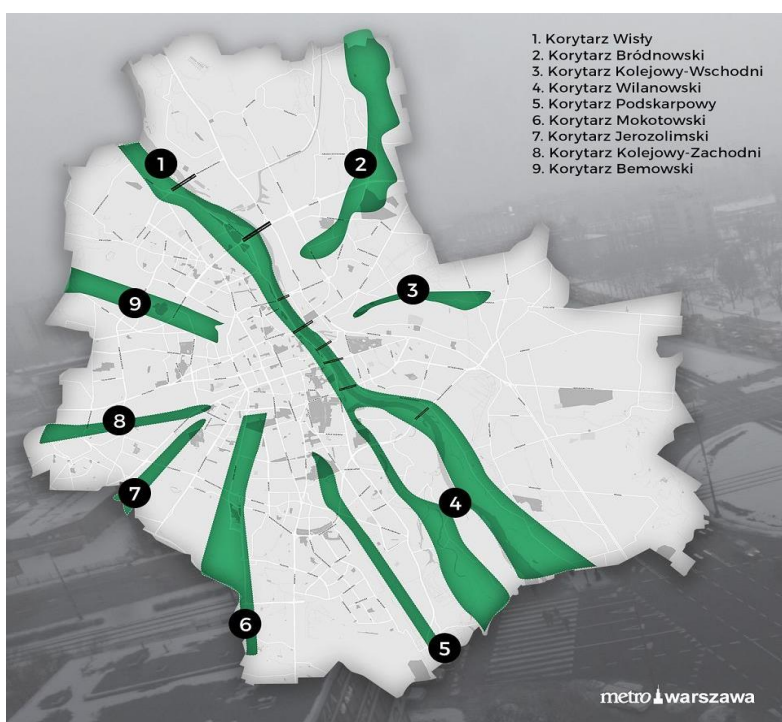


Fig. 13. System korytarzy napowietrzających w Warszawie. 1 – Korytarz Wisły, 2 – Korytarz Bródnowski; 3 – Korytarz Kolejowy-Wschodni; 4 – Korytarz Wilanowski; 5 - Korytarz Podskarpowy; 6 - Korytarz Mokotowski; 7 – Korytarz Jerozolimski; 8 – Korytarz Kolejowy-Zachodni; 9 – Korytarz Bemowski; źródło:

<https://www.google.com/search?q=korytarze+napowietrzaj%C4%85ce+warszawy+metrowarszawa&client>

1.4.2 Skala klimatu lokalnego

Czynnikami wpływającymi na przepływ energii (w tym także zjawisk termicznych) w skali klimatu lokalnego (czyli fragmentów miasta, dzielnic lub osiedli) są:

1. Odległość od centrum i przedmieść – centrum miasta jest zazwyczaj rejonem o największej emisji zanieczyszczeń i ciepła, jest najgęściej zabudowane, a obszary biologicznie czynne są ograniczone. Zatem to tam kumulują się zjawiska związane z miejską wyspą ciepła. Obszary podmiejskie są wyraźniej chłodniejsze, lepiej wentylowane, mniej narażone na zanieczyszczenia powietrza. Zatem im bliżej śródmieścia, tym silniejsze większe ryzyko słabej jakości lokalnego klimatu.
2. Odległość od dużych terenów zielonych czy zbiorników wodnych – te obszary nagrzewają się znacznie wolniej niż tereny zabudowane i utwardzone, zatem działają jak lokalny system chłodzenia w porach gorących dla terenów sąsiednich. Im większy teren zielony lub zbiornik wodny, tym silniejszy efekt lokalnego równoważenia zjawiska miejskiej wyspy ciepła.
3. Gęstość zabudowy, typ zabudowy (funkcja, kształt, wysokość) oraz geometria ich konfiguracji – w gęściej zabudowanych obszarach występują większe problemy z akumulacją ciepła w okresach gorących, szczególnie w przypadku, gdy duża część zabudowy to budynki o dużym obciążeniu termicznym, które wiąże się w ich przeznaczeniu funkcjonalnym (np. budynki usługowe i przemysłowe należą do tej grupy gdyż jako budynki energochłonne emitują duże ilości ciepła). Znaczenie ma także kształt zabudowy. Nawet przy podobnej intensywności jej geometria może być mniej lub bardziej korzystna ze względu na możliwość wentylacji (np. zamknięte układy zabudowy są problematyczne pod tym względem).
4. Ilość i rodzaj zieleni (np. drzewa czy trawniki) – podobnie jak w przypadku mezoklimatu, zieleń pozytywnie równoważy zjawiska klimatyczne w skali lokalnej. Generalnie im większy obszar pokryty zielenią, tym jego skuteczność pod tym względem jest większa. Ważny jest jednak także rodzaj zieleni. Zieleń wysoka w postaci dużych, dojrzałych drzew ma dużo większe znaczenie, szczególnie w aspekcie łagodzenia stresu termicznego niż zieleń niska, np. w postaci trawników lub rabat kwiatowych.
5. Równowaga powierzchni utwardzonych i przepuszczalnych dla wody – powierzchnie utwardzone np. jezdnie, chodniki, place, szczególnie te całkowicie pokryte asfaltem lub materiałami betonowymi w ciemnych barwach, akumulują

energię termiczną przyczyniając się do potęgowania zjawiska miejskiej wyspy ciepła. Ponadto całkowicie blokują przenikanie wody, co nie tylko utrudnia jej właściwą cyrkulację na obszarach miasta, ale także pośrednio pogłębia problem przegrzewania. Zatem im więcej przestrzeni nie zajętej przez budynki pozostaje nieutwardzona, tym korzystniej z punktu widzenia ochrony przed nadmiarem ciepła.

Różnice dotyczące tych cech struktury miasta widoczne są na przykładowych zdjęciach z portalu Google Maps obrazujące fragmenty dwóch dzielnic Warszawy – Mokotowa i Śródmieścia (fig. 14). Mokotów położony jest w sąsiedztwie otwartych terenów zielonych (część systemu korytarzy napowietrzających), zabudowa ma średnią intensywność i tworzy układy prostych brył, otwarte dla przepływu wiatru. Śródmieście jest niemal pozbawione zieleni i terenów nieutwardzonych. Zabudowa jest bardzo intensywna, uformowana w bloki z wewnętrznymi dziedzińcami, zamknięte dla przepływu powietrza. Mokotów ma zatem znacznie korzystniejsze uwarunkowania urbanistyczne wpływające na intensywność zjawiska miejskiej wyspy ciepła i ryzyko stresu termicznego. Znaczenie wymienionych czynników potwierdzają badania dotyczące poszczególnych dzielnic Warszawy opisane w [6] i [7].

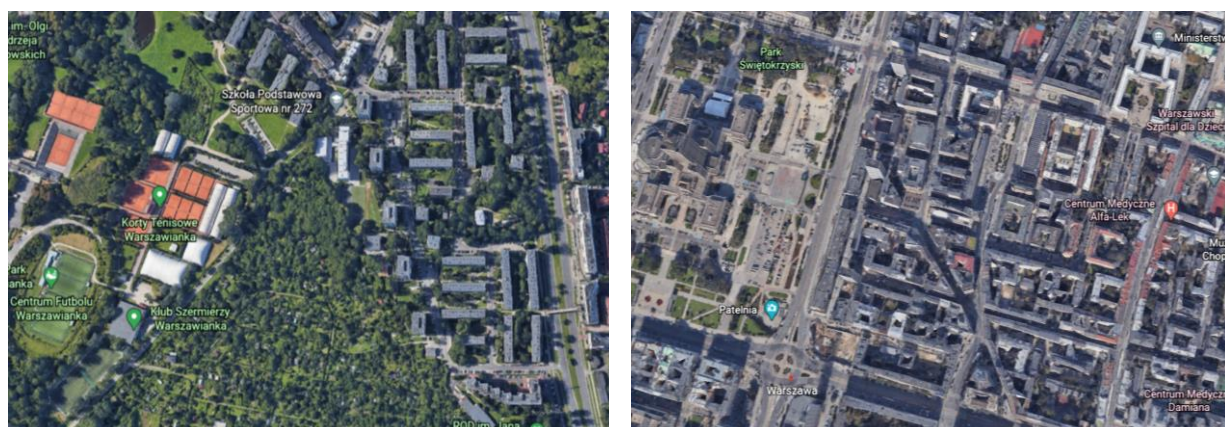


Fig. 14. Fragmenty struktury urbanistycznej dzielnicy Mokotów i Śródmieścia w Warszawie; źródło: Google Maps.

1.4.3. Skala mikroklimatu

Czynnikami wpływającymi na przepływ energii (w tym także zjawiska termiczne) w skali mikroklimatu są:

1. Forma budynków i ich geometryczna korelacja ze sobą i z drogą Słońca – układ geometryczny budynków wpływa na rozkład promieniowania słonecznego. Część

powierzchni ścian i podłóża pozostaje w cieniu, a część jest wyeksponowana na słońce, zatem różne fragmenty tego samego obszaru nagrzewają się inaczej w tym samym czasie. Cechy geometryczne mają także znaczenie dla przepływu wiatru. Obszary nadmiernie osłonięte od wiatru przez budynki są słabo wentylowane, zatem podatne na przegrzewanie.

2. Tereny zieleni i zbiorniki wodne w sąsiedztwie budynków (także zielone dachy i ogrody wertykalne) – nawet niewielkie grupy zieleni i zbiorniki wodne mają znaczenie dla poprawy mikroklimatu. Szczególnie wartościowe są drzewa o korzystnym usytuowaniu względem budynków i miejsc przebywania ludzi na zewnątrz (zaczynają je latem, a zimą, gdy nie ma liści, nie blokują dostępu promieniowania słonecznego). Zielone dachy lub fasady mają uzasadnienie w przypadku braku przestrzeni dla zieleni na gruncie.
3. Rodzaj powierzchni wokół budynku (np. utwardzona, przepuszczająca wodę, pokryta zielenią) – powierzchnie utwardzone w bliskim sąsiedztwie budynku, a szczególnie jego okien są mniej korzystne ze względu na ryzyko przegrzewania niż powierzchnie zielone, ze względu na duże zdolności akumulacji ciepła. Nagrzane powierzchnie w pobliżu okien zmniejszają skuteczność naturalnego wentylowania budynku.
4. Kolor ścian i chodników oraz ich zdolność do odbijania i pochłaniania promieniowania słonecznego – generalnie jasne kolory materiałów wykończeniowych są bardziej wskazane ze względu na mniejsze właściwości absorbowania energii. Należy też unikać materiałów silnie odbijających światło.

Zjawiska mikroklimatyczne występują w bezpośrednim sąsiedztwie budynków i to one najsilniej wpływają na środowisko fizyczne ich wnętrza. Najbardziej złożone i trudne do przewidzenia są te, zachodzące w ciasnych i złożonych przestrzennie układach zabudowy. Szczególnie w przypadku gęstej zabudowy (fig. 15) można się spodziewać lokalnych sytuacji powodujących przegrzewanie, np. nadmiernego zasłonięcia od wiatru, czy niekorzystnego bilansu zieleni.



Fig. 15. Fragmenty nowego osiedla deweloperskiego w dzielnicy Mokotów o wysokiej intensywności zabudowy i częściowo zamkniętych układach niezbyt korzystnych dla płynnej wentylacji, źródło Google Earth.

1.4.4. Skala klimatu wewnątrz budynku

Czynnikami wpływającymi na przepływ energii (w tym także zjawisk termicznych) pomiędzy wnętrzem budynku a jego otoczeniem są:

1. Forma budynku i jego ekspozycja słoneczna - w zależności od kształtu budynku i jego ustawienia względem stron świata różne jego strefy nagrzewają się i wychładzają w różny sposób w różnych porach roku i dnia. Generalnie w polskich uwarunkowaniach klimatycznych korzystne są zwarte formy budynków (mniej się wychładzają w okresach grzewczych), otwarte na strony dobrze nasłonecznione. Takie formy minimalizują straty ciepła, choć powodują ryzyko przegrzewania latem, zatem wskazane jest uwzględnienie elementów zacieniających budynek sezonowo.
2. Układ przestrzenny wewnątrz budynku, rozkład pomieszczeń o różnym przeznaczeniu, powierzchnia i wysokość pomieszczeń – według zasad projektowania bioklimatycznego pomieszczenia powinny być pogrupowane na strefy i odpowiednio ulokowane względem stron świata. Pomieszczenia wymagające dużej ilości światła dziennego i ciepła (np. pokoje dzienne w mieszkaniach) powinny mieć ekspozycję południową lub zbliżoną, a pomieszczenia mniej wymagające np. (łazienki, garderoby) lub emitujące ciepło (np. kuchnie) – północną lub zbliżoną. Korzystniejsze jest także, by pomieszczenia o większych powierzchniach i wysokościach miały lepszą ekspozycję słoneczną (energia słoneczna w okresach grzewczych będzie je dogrzewała, a latem proces przegrzewania będzie utrudniony). Pomieszczenia

niewielkie i niskie nie powinny być eksponowane na słońce ze względu na duże ryzyko przegrzewania.

3. Technologia budowy (materiał i grubość ścian oraz stropów) – budynki wznoszone w ciężkich technologiach (np. z cegły lub betonu) mają duże zdolności akumulacji ciepła (dużą masę termiczną), zatem nagrzewają się wolniej niż te wznoszone w lekkich technologiach (np. szkieletu stalowego lub drewnianego).
4. Izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych budynku – współczynnik termoizolacyjności ścian zewnętrznych i dachów U [W/m^2K] ma znaczenie zarówno dla ochrony budynku przed utratą energii w sezonach grzewczych, jak i ryzykiem przegrzewania latem. W Polsce wartość tego współczynnika regulowana jest przepisami prawa. Aby spełnić współczesne wymagania konieczne jest dodanie warstwy materiału izolującego termicznie (np. styropianu, wełny mineralnej) do ściany konstrukcyjnej (np. ceglanej lub betonowej).
5. Wewnętrzne obciążenia termiczne – różne pomieszczenia budynku mogą się nagrzewać w różny sposób z powodu ciepła powstającego w ich wnętrzu. Do pomieszczeń o dużym obciążeniu termicznym należą te z urządzeniami emitującymi ciepło (np. kuchnie) lub te, w których ludzie są aktywni fizycznie (np. pokoje sportowe).
6. Powierzchnia okien i ich nasłonecznienie – przez powierzchnie przeszklone energia słoneczna przenika w odmienny sposób niż przez przegrody pełne. Okna mają gorsze parametry termoizolacyjności niż ściana, zatem im więcej przeszkleń w budynku, tym większe straty ciepła w sezonach grzewczych (szczególnie niekorzystne jest lokalizowanie dużych przeszkleń od północy). Jednocześnie dzięki tzw. efektowi szklarniowemu możliwe jest pozyskiwanie energii cieplnej ze słońca, co w sezonach przejściowych może równoważyć straty ciepła (gdy okna mają dobrą ekspozycję słoneczną). Latem efekt szklarniowy może z kolei prowadzić do przegrzewania pomieszczeń.
7. Parametry zeszklenia – przez ich dobór można różnicować ilość całkowitej energii promieniowania słonecznego przenikającej do wnętrza lub wybranych zakresów tego promieniowania (na przykład można zredukować dopływ promieniowania cieplnego bez utraty dopływu energii świetlnej).
8. Elementy zacieniające – chronią budynki przed nadmiarem ciepła, szczególnie dotyczy to przeszkleń. Taką rolę mogą pełnić elementy otoczenia (np. drzewa, inne budynki), elementy budynku (np. balkony, galerie, mocno wysunięte okapy dachu) lub

specjalnie zaprojektowane systemy montowane na zewnątrz budynku (np. żaluzje, rolety, markizy).

9. Wydajność wentylacji – wentylowanie pomieszczeń w budynkach mieszkalnych odbywa się przez okna oraz przewody kominowe grawitacyjne. W przypadku budynków wysokich konieczne jest wspomaganie systemami mechanicznymi. Dobrze przewietrzane mieszkania, czyli takie, które mają okna na różnych ścianach budynku (a nie tylko z jednej strony) są mniej podatne na przegrzewanie. W ich przypadku latem możliwe jest usuwanie nagrzanego powietrza przez otwieranie okien „na przestrzał” w porach nocnych, gdy temperatura na zewnątrz jest niższa.
10. Urządzenia chłodzące - umożliwiają chłodzenie pomieszczeń, jednak im bardziej podatne na przegrzewanie jest pomieszczenie (np. kuchnia z bardzo dużymi oknami, nie osłoniętymi od słońca), tym więcej energii potrzeba na jego ochłodzenie. Budynki mieszkalne nie są z zasady wyposażane w instalacje chłodzące (mają je na przykład budynki biurowe, handlowe, sportowe, czyli te o większym obciążeniu termicznym), jednak coraz częściej użytkownicy mieszkań montują je indywidualnie, żeby poprawić komfort termiczny latem.

1.5 Podsumowanie

Podsumowując, grupa czynników wpływających na zagadnienia termiczne z budynkach i otoczeniu (w tym problem przegrzewania) jest liczna i podlega różnym decyzjom projektowym na wszystkich etapach projektowania. Można je podzielić na:

1. rozwiązania urbanistyczne – optymalizacji ze względu na zjawiska termiczne podlegają takie elementy jak: ukształtowanie przestrzenne zespołów budynków i ich orientowanie względem otoczenia, intensywność zabudowy, proporcje między terenami zabudowanymi i otwartymi, rozkład i dobór zieleni, bilans terenów przepuszczalnych dla wody, materiały utwardzające nawierzchnie;
2. rozwiązania architektoniczne – optymalizacji ze względu na zjawiska termiczne podlegają takie elementy jak: forma budynku i jej orientacja względem otoczenia, rozkład funkcji w budynku, układ przestrzeni wewnętrznych (głębokości traktów użytkowych, atria, kominy słoneczne), ilość przeszkleń i ich usytuowanie na elewacjach, elementy otoczenia wokół budynku (utwardzenia, zieleń, instalacje zacieniające), kolorystyka;
3. rozwiązania budowlane – optymalizacji ze względu na zjawiska termiczne podlegają takie elementy jak: materiały użyte do konstrukcji budynku (np. ich właściwości

dotyczące akumulacji ciepła) i wykończeń wewnętrznych i zewnętrznych (kolor i właściwości w zakresie odbijania i pochłaniania promieniowania słonecznego), materiały termoizolacyjne, parametry szklenia.

4. rozwiązania instalacyjne – mogą wspomagać zjawiska naturalne regulujące klimat wnętrza (np. wentylacja hybrydowa) lub wytwarzać go sztucznie (np. wentylacja mechaniczna, klimatyzacja).

Podejście proekologiczne wymaga porównywania skuteczności poszczególnych rozwiązań w zestawieniu z oceną ich obciążenia dla środowiska. Zgodnie z tym podejściem w pierwszej kolejności należy wykorzystywać potencjał rozwiązań pasywnych, prostych (np. racjonalny projekt przestrzenny, materiały i rozwiązania o niskim udziale zaawansowanych technologii) i uzupełniać je tymi bardziej zaawansowanymi czy aktywnymi (np. klimatyzacją).

Powyższy podział na grupy dotyczące działań projektowych w wielu różnych skalach sugeruje modelową drogę dochodzenia do zrównoważonych rozwiązań (korzystnych dla użytkowników, ekonomicznych i o możliwie małym śladzie środowiskowym). To droga od skali urbanistycznej, przez architektoniczną po rozwiązania konstrukcyjne i instalacyjne (od ogółu do szczegółu). Jednak wdrożenie takiego modelu w praktyce jest niezwykle trudne, a czasem niemożliwe z wielu powodów (np. możliwości zmian urbanistycznych są ograniczone, interesy inwestorów nie obejmują wszystkich ważnych środowiskowo i społecznie zagadnień, procedury planistyczne nie są dostosowane do takiego modelu). Najczęstszym sposobem reagowania na problem środowiskowe jest sięganie po rozwiązania, które najłatwiej wdrożyć, a do tych należą zazwyczaj rozwiązania instalacyjne, a więc te z ostatniej pozycji (4). W przypadku problemu przegrzewania mieszkań takim rozwiązaniem jest instalacja urządzeń chłodzących (efekt jest osiągnięty natychmiast), pomimo, że nie jest to rozwiązanie najbardziej właściwe środowiskowo. Tymczasem w dobrze zaprojektowanych osiedlach i dobrze zaprojektowanych (lub zmodernizowanych) domach problem przegrzewania mógłby w ogóle nie wystąpić.

Wdrażanie wymienionych wyżej grup rozwiązań w pełnej palecie ich skal i co ważne – systemowe łączenie ich ze sobą, by uzupełniały się wzajemnie, nie jest na razie powszechne. Największe osiągnięcia w tym zakresie mają kraje najbardziej ukierunkowane na cele środowiskowe (np. Dania, Holandia, Niemcy). Można odnaleźć tam przykłady nowych lub modernizowanych dzielnic i osiedli, w których zastosowano bogatą paletę rozwiązań proekologicznych od skali urbanistycznej, po technologiczną. W dużych miastach polskich, w tym także w Warszawie, we współczesnych budynkach (od końca XX w.) stosunkowo dobrze

można ocenić wdrażanie rozwiązań instalacyjnych i konstrukcyjnych, słabiej architektonicznych, bardzo słabo urbanistycznych. W budynkach z II połowy XX wieku lepiej można ocenić rozwiązania architektoniczne i urbanistyczne ze względu na nacisk na ideę “zdrowych” miast, która była aktualną wówczas doktryną modernizmu popieraną przez władze komunistyczne (jako reakcja na złe warunki zdrowotności miast wczesnoprzemysłowych z początku XX wieku). Jakość techniczna tych budynków (w tym np. termoizolacyjność ścian, parametry szklenia) jest jednak dużo gorsza w stosunku do budynków wznoszonych obecnie. Zagadnienia te w odniesieniu do problemów przegrzewania w budynkach wielorodzinnych w Warszawie rozwinięto bardziej szczegółowo w kolejnym rozdziale.

Rozdział 2. Typologia budynków mieszkalnych w Warszawie. Aspekt zagrożenia przegrzaniem

2.1 Podstawowe kryteria

Istotnym celem tego opracowania jest stworzenie typologii budynków wielorodzinnych w Warszawie, właściwej dla aspektu oceny ryzyka przegrzewania ich wnętrza i bezpośredniego otoczenia. Biorąc pod uwagę zaprezentowany w poprzednim rozdziale przegląd czynników wpływających na zagadnienia termiczne, dokonano wyboru podstawowych kryteriów dla tej typologii. Są to:

- parametry budynku w zakresie izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych.
- technologia budynku i jego wybrane rozwiązania architektoniczne.

Są to czynniki najsilniej wpływające na procesy termiczne we wnętrzach budynków, a na tym koncentruje się projekt badawczy EmCliC. Jednocześnie pozwalają na identyfikację spójnych cech zabudowy i zrozumiałe uporządkowanie ich w grupy.

2.1.1 Izolacyjność termiczna

Termoizolacyjność przegród budynku wyrażana jest w polskich przepisach prawnych za pomocą parametru U . Współczynnik U dla ścian i dachów [W/m^2K] mierzy skuteczność materiału jako izolatora termicznego. Im niższa wartość U , tym lepsze właściwości ma ściana (lub dach) w zakresie ograniczenia przepływu ciepła między wnętrzem a otoczeniem. Jest to szczególnie istotne dla ochrony budynku przed utratą ciepła w okresach grzewczych (jak wspomniano w polskich warunkach klimatycznych jest to ważny cel), jednak, jak wykazują liczne badania, termoizolacja przegród chroni także wnętrza przed nadmiarem ciepła. W Polsce wymagania dotyczące współczynnika U zmieniały się w czasie. Wprowadzono je po raz pierwszy w 1967 roku i od tego czasu wymagania sukcesywnie się zaostrzają wraz z rozwojem podejścia ekologicznego. Ewolucja przepisów w tym zakresie przedstawiono w tabeli 1.

Należy wziąć po uwagę, że podane daty oznaczają rok, w którym weszły w życie przepisy regulujące wymagania względem współczynnika U . Oznacza to, że projekty składane po tej dacie do urzędu z wnioskiem o pozwolenie na budowę musiały spełniać te wymagania. Data oddania do użytku rzeczywistego budynku była późniejsza. Dla budynków wielorodzinnych można przyjąć szacunkowo, że ta różnica wynosiła 2 lata. To oznacza, że na przykład budynek wzniesiony w 2003 roku spełnia wymagania dotyczące U -value obowiązujące dwa

lata wcześniej, w więc w 2001 roku. Zatem współczynnik U jego ścian równy jest 0,55, a nie 0,3 W/M2K.

	Lata	U [W/m2K]
1	przed 1967	brak wymagań (średnio 1,16-1,4)
2	1967-1985	1,16
3	1986-1992	0,75
4	1993- 2002	0,55
5	2003-2013	0,3
6	2014-2017	0,25
7	2017- 2020	0,23
8	po 2020	0,2

Tab. 1. Rozwój regulacji prawnych dotyczących współczynnika U przegród budowlanych w Polsce.

Dynamikę zmian dotyczących wymagań względem współczynnika U obrazuje wykres na fig. 16 (nie uwzględniono w nim wspomnianej różnicy wynikającej z trwania budowy). Generalnie można przyjąć, że jest on zbieżny z tendencją występowania ryzyka przegrzewania pomieszczeń w tych budynkach (im niższy współczynnik, tym, ryzyko przegrzewania mniejsze). Należy jednak skorygować tę zasadę na podstawie dodatkowych kryteriów, które opisano w dalszej części opracowania.

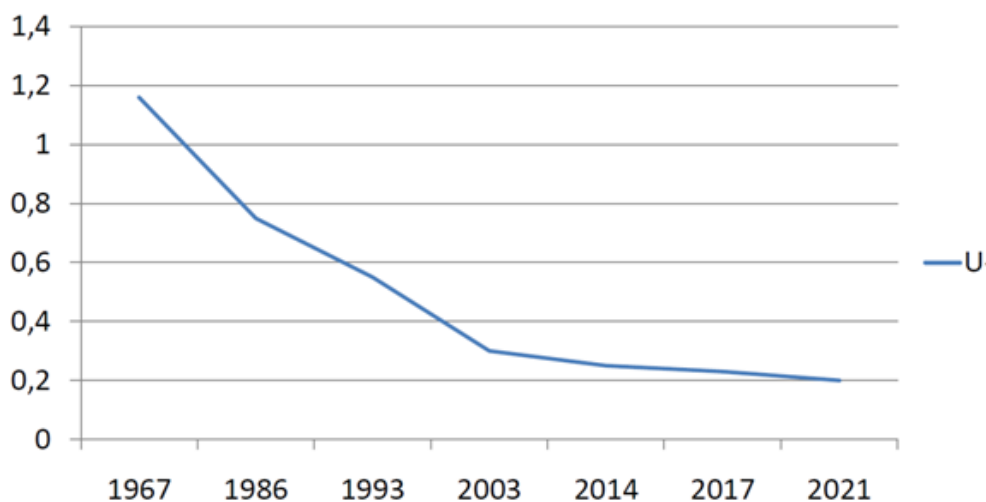


Fig. 16. Wymagania dotyczące współczynnika U w Polsce; źródło: [8]

Istotny jest także fakt, że część budynków została poddana termomodernizacji przez dodanie warstwy izolacji termicznej na ścianach i dachach. Ten proces rozpoczął się w Polsce w latach 90-tych i trwa do dziś. W przypadku ścian murowanych i stropodachów żelbetowych

najbardziej popularną metodą termomodernizacji jest umocowanie warstwy styropianu po zewnętrznej stronie (fig. 17). W przypadku dachów drewnianych umieszcza się wełnę mineralną pomiędzy belkami i poniżej ich.



Fig. 17. Najbardziej popularny sposób termomodernizacji ścian budynków wielorodzinnych w Polsce.

2.1.2 Technologia budowy

Technologie wznoszenia budynków ewaluowały w czasie. W historii budownictwa w Polsce można wyodrębnić przełomowe zmiany technologiczne, swoiste „kamienie milowe” w rozwoju, które stanowią podstawę do różnicowania budynków w tym zakresie. W Polsce wyodrębnić można kilka okresów czasu związanych z wyraźną przewagą konkretnej technologii. Zaprezentowany podział wyodrębnia 5 grup zabudowy wielorodzinnej o odmiennych technologiach budowlanych. Dodatkowo skorelowano z nimi cechy architektoniczne i urbanistyczne charakterystyczne dla danych czasów oraz wymagania dotyczące maksymalnych wartości współczynnika U dla ścian zewnętrznych. Podobną typologię można odnaleźć w opracowaniu wykonanym przez Narodową Agencję Poszanowania Energii w 2011 roku w ramach projektu Tabula współfinansowanego przez Intelligent Energy Europe. Tytuł opracowania to „Podręcznik typologii budynków mieszkalnych z przykładami działań mających na celu zmniejszenie ich energochłonności” [8]. Zaproponowana tam typologia jest bardziej złożona i nie uwzględniono w niej innych aspektów poza technologicznymi. Na potrzeby projektu EmCliC zaproponowano prostszy podział, który wydaje się bardziej właściwy jako podstawa dla typologii umożliwiającej

uwzględnienie innych, ważnych dla projektu aspektów. Daty graniczne należy traktować orientacyjnie. Są to:

1. do 1945 roku - architektura historyczna - historyczne technologie, masywne mury ceglane, brak wymagań termoizolacyjnych, dachy drewniane z poddaszami nieużytkowymi, brak dużych okien, znaczne wysokości kondygnacji (fig. 18).



Fig. 18. Widok i układ przestrzenny zabytkowej kamienicy, ul. Piwna, Stare Miasto, Warszawa

Budynki z tego okresu z reguły nie są poddawane modernizacji w zakresie izolacji ścian ze względu na ich wartość historyczną. Zewnętrzna warstwa izolacji zakryłaby bowiem elementy dekoracyjne elewacji, na co nie zezwala konserwator zabytków. Budynki te są bardzo energochłonne w okresach grzewczych i trudno uzyskać w nich w tym czasie komfort termiczny. Są jednak odporne na przegrzewanie latem ze względu na dużą masę termiczną ścian, znaczne wysokości pomieszczeń oraz stosunkowo niewielkie okna. Ryzyko przegrzewania może dotyczyć mieszkań na strychach zaadoptowanych na cele mieszkalne w II połowie XX wieku. Izolacja termiczna dachu dodawana była od strony wewnętrznej, zatem dążono jak najcieńszych warstw, by nie obniżyć wysokości pomieszczeń. Problematiczne może okazać się także otoczenie budynków. Historyczne ulice są z reguły wąskie, całkowicie utwardzone i pozbawione zieleni, zatem powierzchnie nagrzewają się znacznie podczas dni gorących, co potęguje zjawisko miejskiej wyspy ciepła.

Typowe budynki historyczne Warszawy znajdują się przede wszystkim na Starym Mieście i w innych częściach Śródmieścia, ale także w najstarszych fragmentach Woli, Ochoty i Pragi. Niewielka ich część to budynki oryginalne, większość, szczególnie na Starówce została

zniszczona w II wojnie światowej i odbudowana zaraz po jej zakończeniu z zachowaniem cech historycznych, także w zakresie technologii.

2. 1946 ~ 1966- odbudowa zniszczeń wojennych i nowych osiedli z wykorzystaniem cegły rozbiórkowej, tanie, ekonomiczne budownictwo, nie tak masywne jak w historycznych technologiach, brak wymagań termoizolacyjnych, większe okna, mniejsze wysokości kondygnacji, mniejsze mieszkania (Fig. 19).

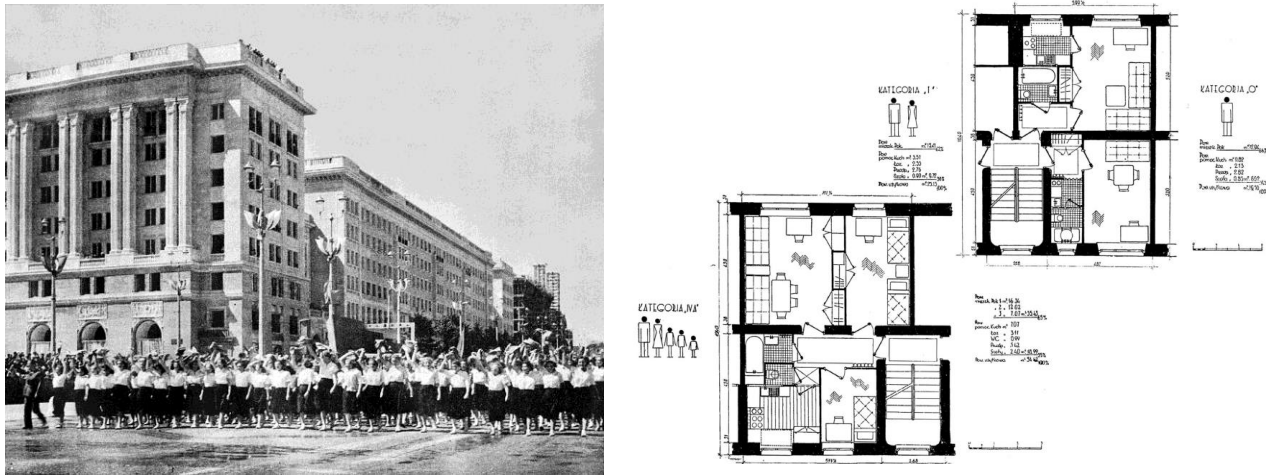


Fig. 19. Po lewej - socrealistyczne osiedle MDM (Śródmieście), po prawej - typowe schematy mieszkań z lat 50.

Budynki z tego okresu to osiedla socrealistyczne oraz modernistyczne. Podobnie jak w przypadku budynków historycznych, te także są w dużej części chronione przez konserwatora zabytków, zatem ich termomodernizacja jest utrudniona. Są budynkami energochłonnymi w zakresie ogrzewania. Są także niezbyt korzystne pod względem komfortu termicznego latem. Może w nich występować ryzyko przegrzewania, gdyż są mniej masywne niż budynki historyczne, a podobnie jak one, nie są izolowane termicznie.

Budynki z tego okresu znajdują się przede wszystkim w Śródmieściu (socrealizm). Ich kontekst urbanistyczny nie jest korzystny mikroklimatycznie, ze względu na wysoką intensywność zabudowy i bardzo małą ilość terenów nieutwardzonych, biologicznie czynnych. Nieco lepszą sytuację urbanistyczną mają budynki w tego okresu usytuowane w dzielnicach okalających Śródmieście np. na Saskiej Kępie (Praga Południe), Żoliborzu, Bielanych, Mokotowie (przeważa wśród nich styl modernistyczny).

3. 1967 ~ 1989- zabudowa prefabrykowana, wielkopłytkowa, ściany z betonu lub betonu porowatego (grubości 15-20cm), proste bryły, duże okna, balkony, niskie wysokości kondygnacji (średnio 2,4m), małe pomieszczenia, niska jakość technologii, zwłaszcza połączeń między elementami prefabrykowanymi, ściany zewnętrzne o słabej izolacyjności termicznej ($U = 1,16$ i $0,75$ z 1986 r.), (fig. 20).

Podane daty mają charakter orientacyjny. Początki budownictwa prefabrykowanego datowane są na początek lat 60-tych, ale rozwinęło się ono wyraźniej w drugiej połowie tej dekady. Budynki prefabrykowane (w większości wielkopłytkowe, choć stosowane były także prefabrykacje z drobniejszych elementów lub mieszanie prefabrykatów ze technologią murowania z bloczków) są mało odporne na przegrzewanie latem. Ich elementy konstrukcyjne są cienkie, niezbyt masywne, a kubatura pomieszczeń jest niewielka, zatem szybko się nagrzewają. Problem ten może dotyczyć szczególnie mieszkań od stron intensywnie nasłonecznionych (zachodnich, ale też południowych) oraz mieszkań na ostatniej kondygnacji (ze względu na słabą izolację termiczną dachu). Dobrą stroną tej grupy budynków jest fakt, że te proste bryły pozbawione detali można stosunkowo łatwo poddać termomodernizacji. Duża część zasobów mieszkaniowych z tego okresu została już jej poddana, jednak nie cała. Koszt prac obciąża spółdzielnie mieszkaniowe, zatem uboższe spółdzielnie nie są w stanie podjąć takich działań.

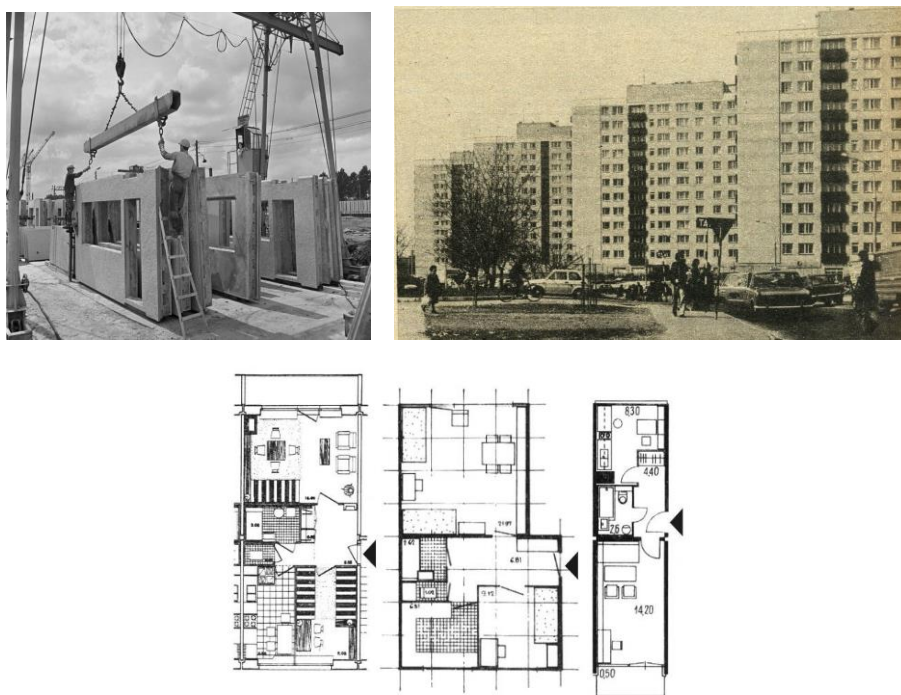


Fig. 20. Po lewej – sposób wznoszenia budynków prefabrykowanych, po prawej – osiedle Jelonki (dzielnica Bemowo), u dołu – typowe rozkłady mieszkań z lat 70-tych.

O ile technologia wykonania tych budynków nie jest dobrze oceniana z perspektywy czasu, (nie tylko z powodu problemu przegrzewania), o tyle ich urbanistyczny kontekst ma wiele zalet, także z punktu widzenia komfortu termicznego. W osiedla mieszkaniowych z tego okresu odległości między budynkami są zazwyczaj dość duże, co sprzyja sprawnej wymianie powietrza przez wiatry. Towarzyszą im także zazwyczaj rozległe tereny zielone korzystnie wpływające na mikroklimat wokół budynków.

W latach 60, 70 i 80-tych powstała duża część osiedli warszawskich. Część z nich w bliskim otoczeniu Śródmieścia jako uzupełnienia zabudowy (Żoliborz, Wola, Ochota, Mokotów, Praga, Targówek) oraz jako wielkie nowe dzielnice mieszkaniowe (Ursynów, Włochy, Ursus, Bemowo, Bielany, Rembertów, Wawer) zajmujące obszary obrzeżne miasta.

4. 1990 ~ 2002 - bardziej zróżnicowane technologie (schyłek prefabrykacji), przewaga ścian ściany z pustaków ceramicznych i z betonu porowatego z izolacją termiczną; duże okna, balkony, wyższe wysokości kondygnacji (2,5-2,7m), większe pomieszczenia, bardziej skomplikowane formy, wymagania dotyczące izolacyjności termicznej - $U = 0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Fig. 21)

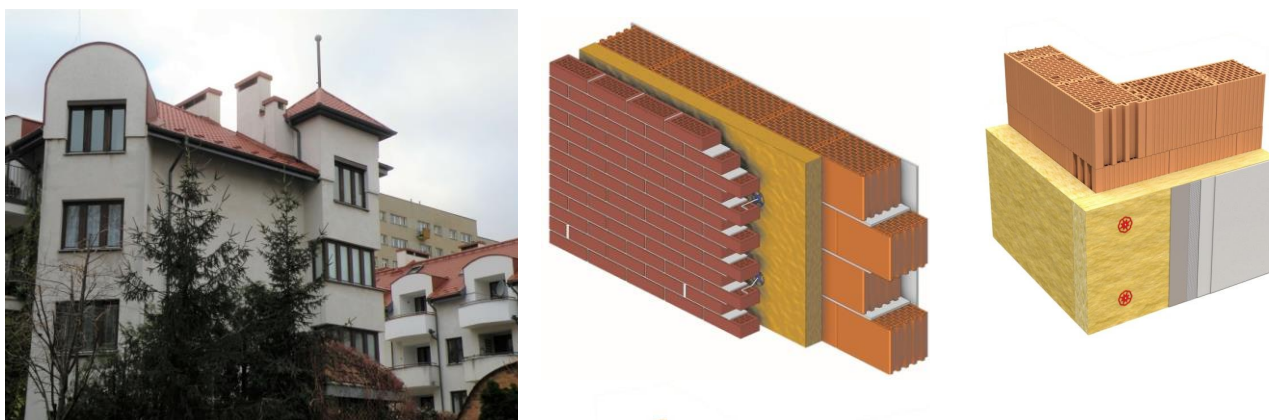


Fig. 21. Po lewej – przykład budynku wielorodzinnego z początku lat 90-tych w stylu postmodernistycznym, po prawej – schematy konstrukcji ściany z termoizolacją trójwarstwową i dwuwarstwową.

W latach 90-tych rozpoczęła się transformacja ustrojowa w Polsce z socjalistycznego na demokratyczny wolnorynkowy. Wielkie spółdzielnie mieszkaniowe budujące nowe osiedla zaczęły zanikać na rzecz inwestycji deweloperskich. Technologie prefabrykowane zostały ostatecznie porzucone na rzecz technologii ścian murowanych, które z racji obowiązujących przepisów względem współczynnika U musiały być izolowane termicznie. Były to jednak jeszcze dość niskie wymagania w odniesieniu do obecnie obowiązujących. Budynki z tego

okresu są zdecydowanie mniej narażone na przegrzewanie niż te prefabrykowane z poprzednich dekad, jednak mają gorsze parametry pod tym względem niż budynki współczesne.

Charakterystyczne dla tego okresu są realizacje mieszkaniowe uzupełniające luki w istniejącej zabudowie Śródmieścia i dzielnic sąsiadujących oraz osiedla na terenach obrzeżnych wielkich osiedli mieszkaniowych w poprzednich dekad (np. rozwinął się znacznie w tym czasie Ursynów ze względu na budowę metra łączącego go z centrum oraz Białołęka ze względu na rozwijające się układy drogowe)

5. po 2002 roku - silniejszy niż wcześniej nacisk na izolacyjność cieplną i energooszczędność, doskonalenie technologii, bloczki ceramiczne, z betonu porowatego lub silikatowe, ściany dwu- lub trójwarstwowe z izolacją cieplną (grubsze warstwy), inne technologie energooszczędne, wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej - $U = 0,3 - 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, znaczne wymagania dotyczące energooszczędności (konieczność zmniejszenia zapotrzebowania na chłodzenie, jak i ogrzewanie) (fig. 22).

Wzrost wymagań dotyczących termoizolacyjności przegród do podanych wyżej wartości zabezpiecza znacznie budynki przed ryzykiem przegrzewania. Jednak niekorzystne mogą się okazać budynki z dużymi przeszkleniami niezabezpieczone systemami zacieniającymi od stron wyeksponowanych na słońce. Widoczny w budynkach z początku XXI trend do stosowania dużych powierzchni przeszklonych zaznaczył się także w budownictwie wielorodzinnym, zatem problem może występować.

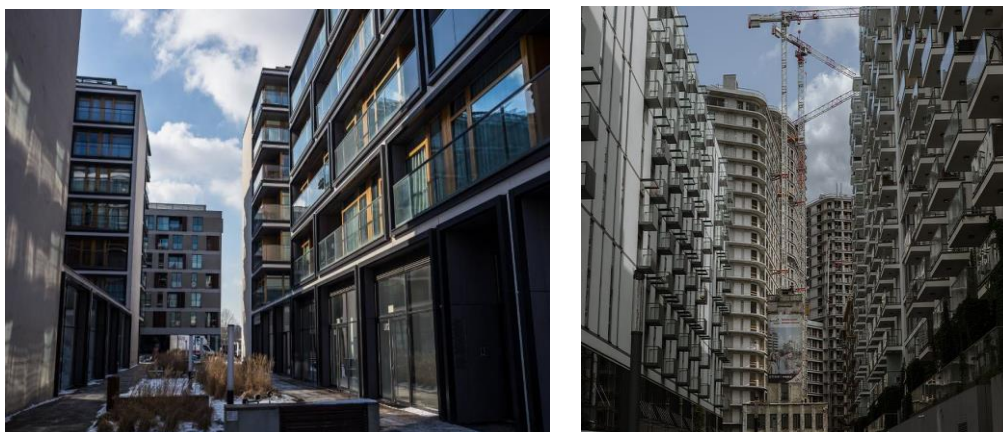


Fig. 22. Nowe osiedla Warszawy, w dzielnicy Wola, po prawej osiedle Dzielnica 19 z 2010 roku, po lewej osiedle Odolany, obecnie w budowie.

Bardzo niekorzystne są także uwarunkowania urbanistyczne. Mechanizmy biznesowe związane z rynkiem deweloperskim powodują dążenie do coraz intensywniejszego

wykorzystania terenu i redukowania wszelkich elementów inwestycji poza niezbędnymi. Brak zatem urządzonej zieleni i elementów zagospodarowania terenu. Budynki lokalizowane są bardzo blisko siebie i tworzą układy niekorzystne dla wentylacji. Zatem problem przegrzewania powstaje w przestrzeniach wokół budynków w skali ich mikroklimatu, co nie pozostaje obojętne także dla komfortu termicznego wewnątrz.

Nowe osiedla mieszkaniowe powstają jako uzupełnienia coraz mniejszych rezerw w strefach centralnych miasta, na terenach uwalnianych np. postindustrialnych, pokolejowych (np. na Woli, na Pradze) oraz na terenach obrzeżnych na całym obwodzie zewnętrznym miasta i na terenach podmiejskich.

2.2 Typy zabudowy a ryzyko przegrzewania

Zaprezentowany podział budynków wielorodzinnych w Warszawie na 5 grup może posłużyć do wstępnej ewaluacji ryzyka przegrzewania. I tak:

1. budynki do 1945 roku – ogólnie niewielkie ryzyko przegrzewania pomieszczeń ze względu na dużą masę termiczną ścian (możliwe przegrzewanie w mieszkaniach na adaptowanych strychach), wysokie ryzyko przegrzewania przestrzeni wokół budynków;
2. 1946 ~ 1966 – ogólnie średnie ryzyko przegrzewania (w bardziej nasłonecznionych mieszkaniach, w budynkach o niższym standardzie, gdzie stosowano oszczędne technologie);
3. 1967 ~ 1989 – ogólnie wysokie ryzyko przegrzewania pomieszczeń ze względu na małą masę termiczną ścian, brak termoizolacji i niewielkie, niskie pomieszczenia (sytuacja może się znacznie poprawić w wypadku termomodernizacji), niskie ryzyko przegrzewania przestrzeni wokół budynków;
4. 1990 ~ 2002 – ogólnie niskie i średnie ryzyko przegrzewania, technologie zbliżone do współczesnych, ale mniej restrykcyjne pod względem izolacyjności termicznej ścian;
5. po 2002 roku – ogólnie niskie ryzyko przegrzewania pomieszczeń ze względu na wysoki standard termoizolacyjności ścian (z wyjątkiem przypadków lokali o znacznych przeszkleniach i lokalizacji eksponowanych na słońce), wysokie ryzyko przegrzewania przestrzeni wokół budynków (gęsta zabudowa, mało zieleni, utrudniony przepływ wiatru); w niektórych przypadkach niekorzystny termicznie mikroklimat otoczenia może znacznie obniżyć komfort termiczny pomieszczeń.

Ogólne rozmieszczenie wymienionych 5 typów zabudowy wielorodzinnej w poszczególnych dzielnicach Warszawy pokazano na fig.23.

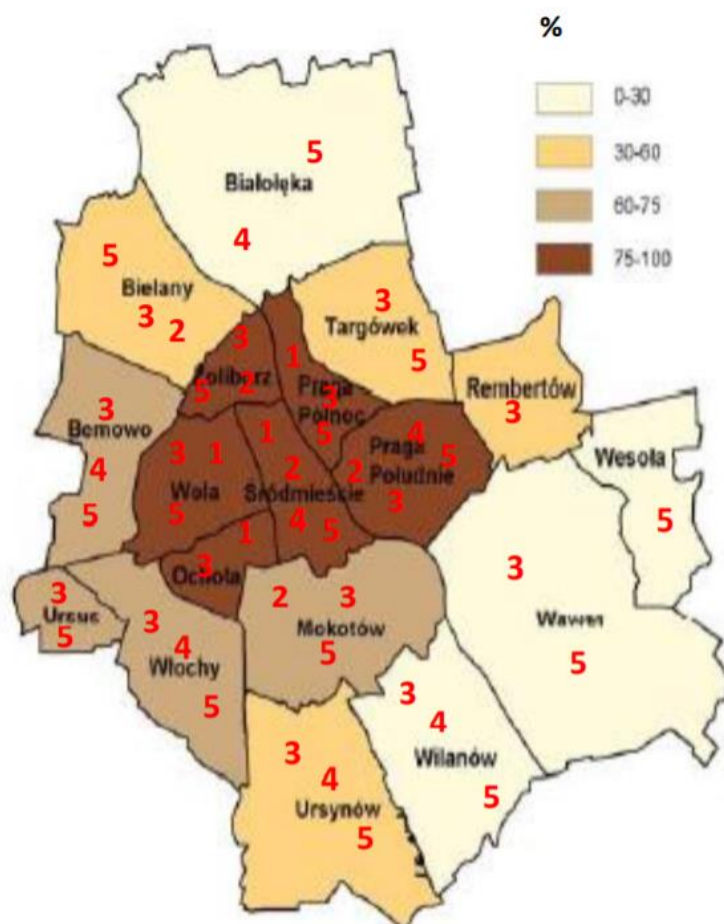


Fig. 23. Mapa terenów zabudowanych i utwardzonych w Warszawie podanych w % w stosunku do powierzchni dzielnic (zaznaczone kolorem) z różnymi typami zabudowy wielorodzinnej (zaznaczonej liczbami); 1: budynki wzniesione przed rokiem 1945, 2: 1946-1966, 3: 1967 – 1989, 4:1990 – 2002, 5: po roku 2002; opracowanie własne z wykorzystaniem [9].

Niestety nie ma publicznie dostępnych map, które pokazywałyby w pełny sposób rozkład budownictwa wielorodzinnego z Warszawie z podziałem na okres ich powstania. Mapy pokazujące położenie wszystkich budynków mieszkalnych oraz osiedli z wg okresu budowy można odnaleźć w “Studium uwarunkowań i kierunków rozwoju Miasta Stołecznego Warszawy” [9]. Pokazano tam rozkład wszystkich zasobów mieszkaniowych Warszawy oraz podzielono osiedla na te, sprzed 1939 roku, osiedla w technologii tradycyjnej 1945-70, osiedla w technologii prefabrykowanej 1945-70 i osiedla w technologii prefabrykowanej po 1970 roku (fig. 24). Wyraźnie brak w tym podziale nowszych osiedli, a te uwzględnione podzielono wg innych kryteriów niż przyjęte w tym opracowaniu (choć można doszukać się

podobieństw). Niedostatkim dostępnych map dotyczących rozmieszczenia budynków wielorodzinnych w Warszawie jest brak informacji na temat stanu technicznego tych budynków, w tym faktu czy i jakim zakresie były modernizowane, a jest to istotne dla projektu EmCliC. Informacje na ten temat nie są udostępnione w jakiegokolwiek scalonej formie, publicznie dostępnej.

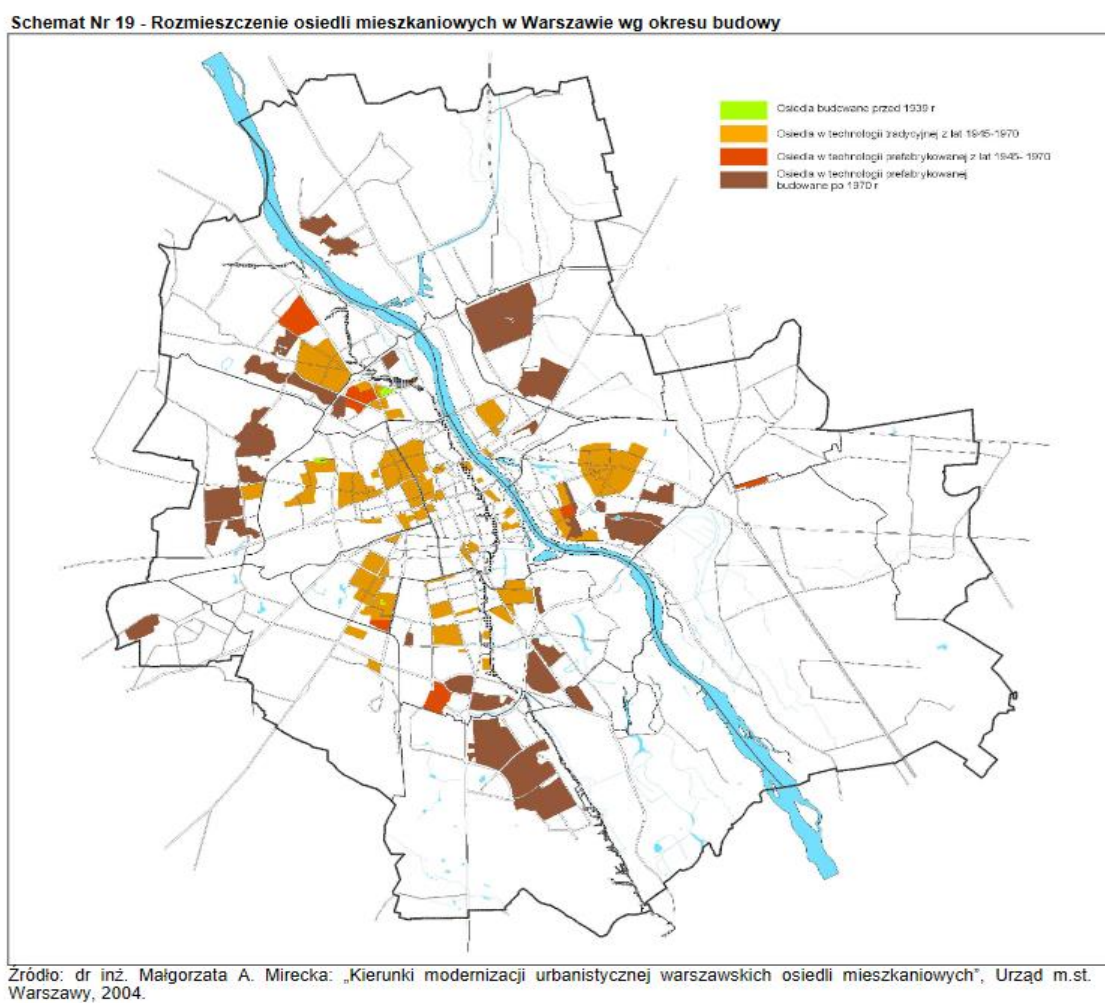
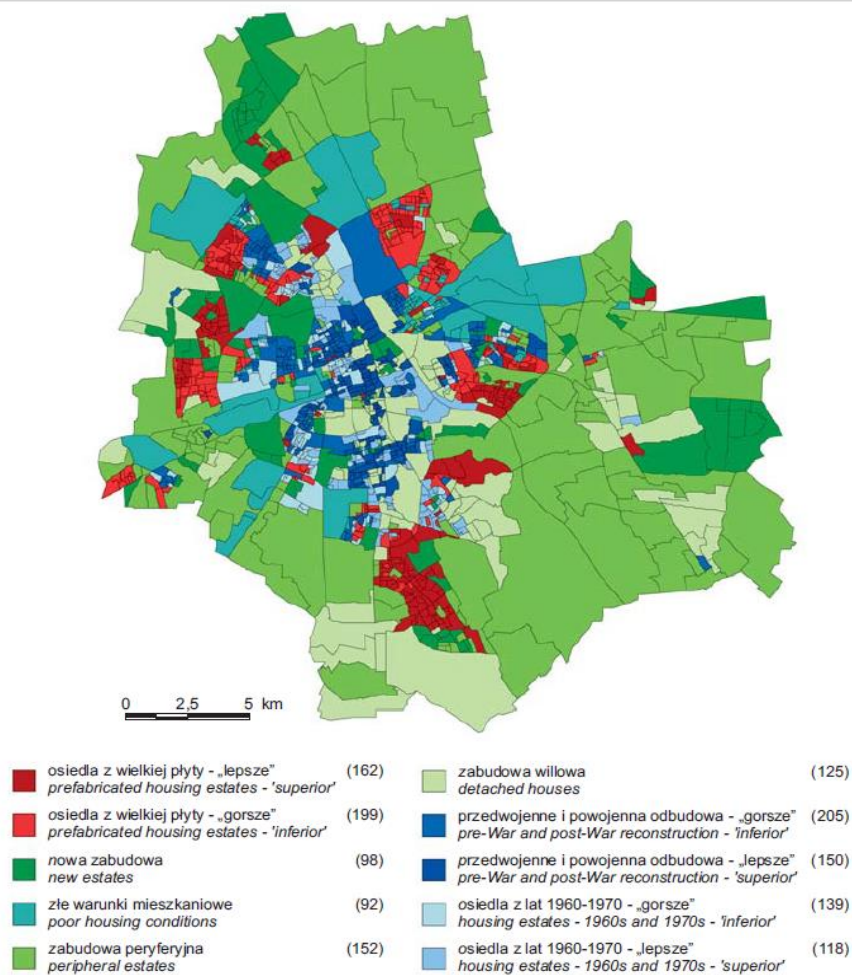


Fig. 24. Rozmieszczenie osiedli mieszkaniowych w Warszawie w podziałem na czas budowy wg [9].

Ciekawy podział typologiczny zaproponował Maciej Smętkowski w artykule “Zróżnicowania społeczno-przestrzenne Warszawy – inercja, czy metamorfoza struktury miasta?” [10]. Połączył on w jednej typologii uproszczony podział budynków ze względu na okres powstania ze statusem społeczno-materialnym mieszkańców dzieląc każdy typ na “lepszy” i “gorszy” pod względem tego statusu (fig. 25). Choć podobnie jak w przypadku wspomnianej wyżej mapy podział ze względu na okres powstania jest nieco inny niż tu zaproponowany, podobieństwa są widoczne. “Lepszy” i “gorszy” status mieszkańców budynków w danej grupie może się dobrze korelować z ryzykiem przegrzewania, gdyż te “gorsze” budynki zazwyczaj reprezentowały niższy standard technologiczny, duża ich część nie doczekała się termomodernizacji.



Ryc. 3. Klasy typologiczne rejonów statystycznych w Warszawie
Opracowanie własne.

Typological classes of statistical areas in Warsaw
Author's own elaboration.

Fig. 25. Rozmieszczenie osiedli mieszkaniowych w Warszawie w podziale na czas budowy oraz status społeczny mieszkańców wg [10].

Do wnikliwej oceny ryzyka przegrzewania potrzebna jest korelacja opracowanej tu typologii z położeniem w mieście i związaną z nim charakterystyką miejskiej wyspy ciepła. Pomocne mogłyby być dane zawarte w opracowaniu „Miejska wyspa ciepła w Warszawie. Uwarunkowania klimatyczne i urbanistyczne” [6], oraz „Mapy klimatyczne Warszawy”, które powstały w ramach projektu ADAPTCITY i są elementem przygotowania Strategii Adaptacji do zmian klimatu dla Warszawy przez Urząd Miasta Stołecznego Warszawy i Fundację Instytut na rzecz Ekorozwoju [11]. Mapy klimatyczne mają dostępną w Internecie wersję interaktywną umożliwiającą nakładanie danych dotyczących klimatu na interaktywną mapę Warszawy zawierającą np. układ i nazwy ulic. Zatem gdyby dysponować właściwie przygotowaną mapą poszczególnych typów zabudowy na terenie Warszawy możliwe byłoby skorelowanie jej z danymi klimatycznymi. Możliwości korelowania danych dostępnych na interaktywnych mapach Warszawy pokazano na fig. 26.

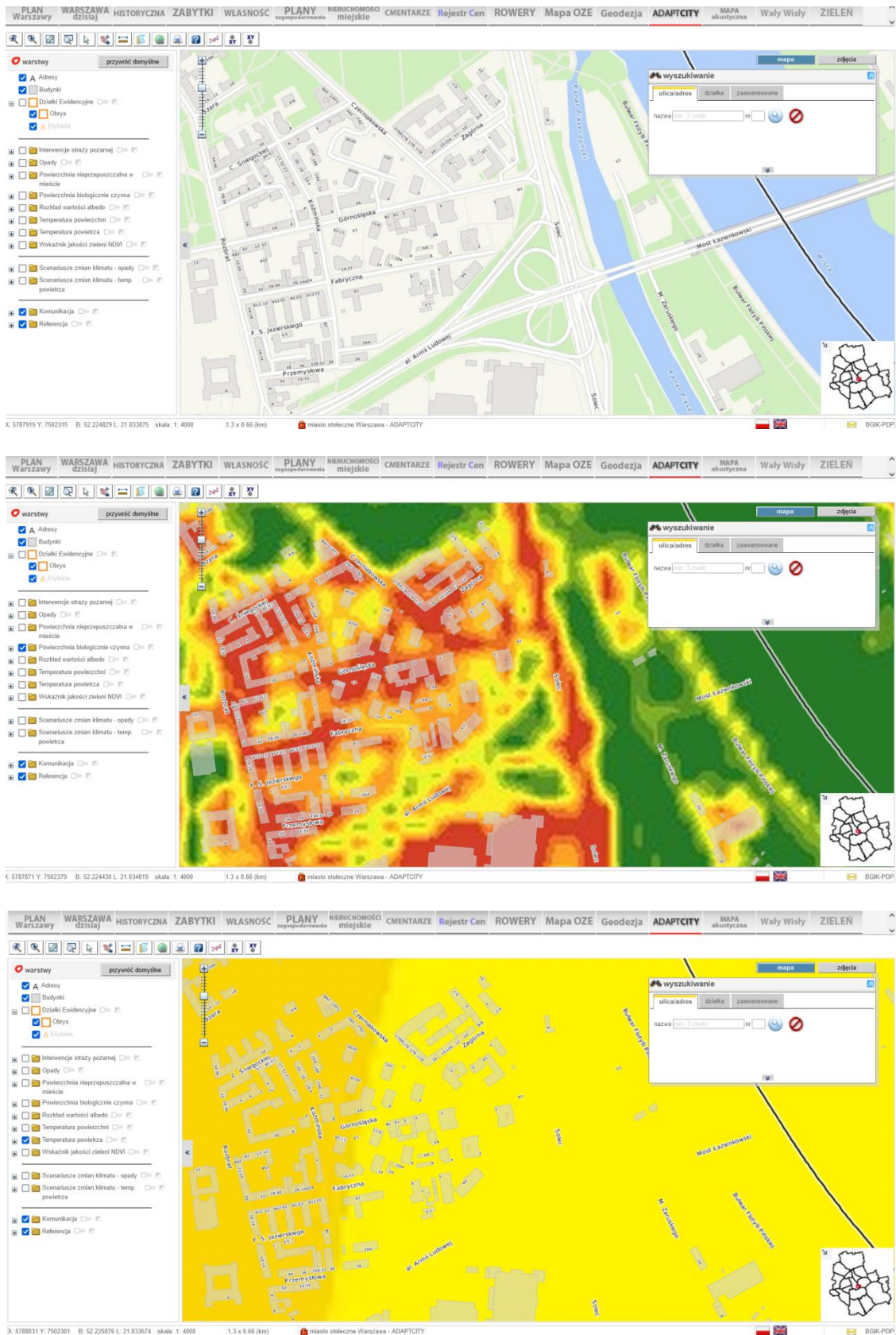


Fig. 26. Widok z ekranu komputera interaktywnych map Warszawy: plan główny (u góry), plan z terenami biologicznie czynnymi (po środku), plan ze średnimi rocznymi temperaturami powietrza (u dołu); <https://mapa.um.warszawa.pl/mapaApp1/mapa?service=adaptcity>.

Do zdiagnozowania lokalizacji i typów budynków mieszkalnych dotkniętych problemem przegrzewania pomocne mogą się okazać ankiety mieszkańców. Aby były skuteczne, ważne jest, by zawierały proste pytania, zrozumiałe dla osób niezorientowanych z kwestiach budownictwa i fizyki budowli. Nie jest możliwe uzyskanie w ten sposób jednoznacznych informacji, ale pomocne mogłyby być pytania takie jak:

- W jakim rodzaju budynku Pani/Pan mieszka? w kamienicy, w bloku z wielkiej płyty, w bloku, w apartamentowcu,
- Jaki jest kształt dachu? skośny, płaski
- Czy wie Pani/Pan kiedy zbudowano ten budynek?
- Czy wie Pani/Pan czy docieplano w nim kiedykolwiek ściany/dach? Kiedy to było?
- Na jakiej kondygnacji (w stosunku do wszystkich kondygnacji) Pani/Pan mieszka, od jakiej strony świata są ściany zewnętrzne?
- Jakiej grubości są ściany zewnętrzne? 20, 30, 40, 50 cm i więcej
- Jakie wymiary w przybliżeniu ma największe okno w Pani/Pana mieszkaniu i na jaką stronę świata wychodzi?
- Czy są jakieś elementy zacinające okna z zewnątrz w Pani/Pana mieszkaniu? Balkon/loggia, zewnętrzne żaluzje, rolety, markizy, inne
- Czy ma Pani/Pan możliwość przewietrzania swojego mieszkania “na przestrzał”?
- Czy ściany pani/Pana mieszkania są zimne czy ciepłe jak się ich dotknie zimą?
- Czy siedząc przy oknie czuje Pani/Pan ruch powietrza zimą?
- Czy okna są szczelne i dobrze się otwierają/zamykają?
- Czy w otoczeniu Pani/Pana mieszkania jest więcej zieleni czy terenów utwardzonych?
- Czy w Pani/Pana mieszkaniu wymieniano kiedykolwiek okna? Kiedy to było?

Rozdział 3. Doświadczenia adaptacyjne do stresu termicznego - kontekst warszawski

3.1 Strategie ogólnomiejskie

Adaptacja dużego miasta do zmian klimatu polega na inicjowaniu i koordynacji działań w różnych skalach - miasta jako całości, dzielnic i osiedli, poszczególnych budynków i ich otoczenia, oraz poszczególnych mieszkań. Najbardziej ogólną skalą jest miasto jako całość.

3.1.1 Ogólna charakterystyka układu przestrzennego Warszawy w kontekście zjawiska miejskiej wyspy ciepła

Warszawa jest miastem o układzie centralnym przedzielonym rzeką Wisłą na dwie części o zbliżonym obszarze, ale z przewagą "jakościową" części lewobrzeżnej (tam zlokalizowane jest Śródmieście). Rozwój historyczny Warszawy przebiegał przez stopniowy przyrost terenów obrzeżnych (fig. 27). Obecnie Warszawa podzielona jest na 18 dzielnic (fig. 28). Zajmuje obszar 517km² i ma 1 800 000 mieszkańców.

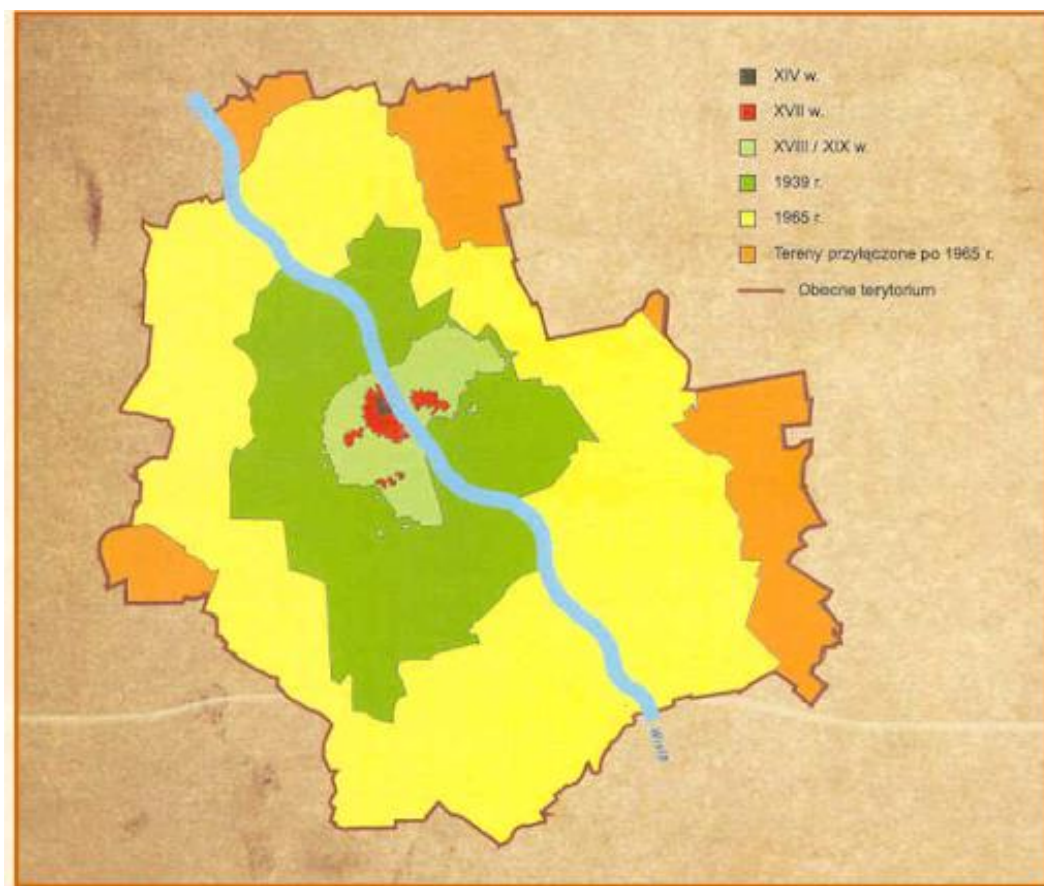


Fig. 27. Rozwój terytorialny Warszawy; źródło: <http://radnawilanow.pl/wp-content/uploads/2016/05/Mapka-Warszawa-Feniksem-XX-w.png>



Fig. 28. Podział administracyjny Warszawy; źródło: <https://warszawa.wikia.org/wiki/Dzielnice>

Warszawa podobnie jak wiele innych dużych miast dotknięta zjawiskiem miejskiej wyspy ciepła. Nastąpił wzrost średniej rocznej temperatury powietrza na obszarze miasta w latach 1981 - 2014 i wyniósł 0,02-0,04°C na rok (fig. 29) [25]. W latach 1976–2011 zjawisko miejskiej wyspy ciepła pojawiało się w Warszawie przez blisko 87% dni w roku (od 80% dni zimą do ponad 94% dni latem) [6].

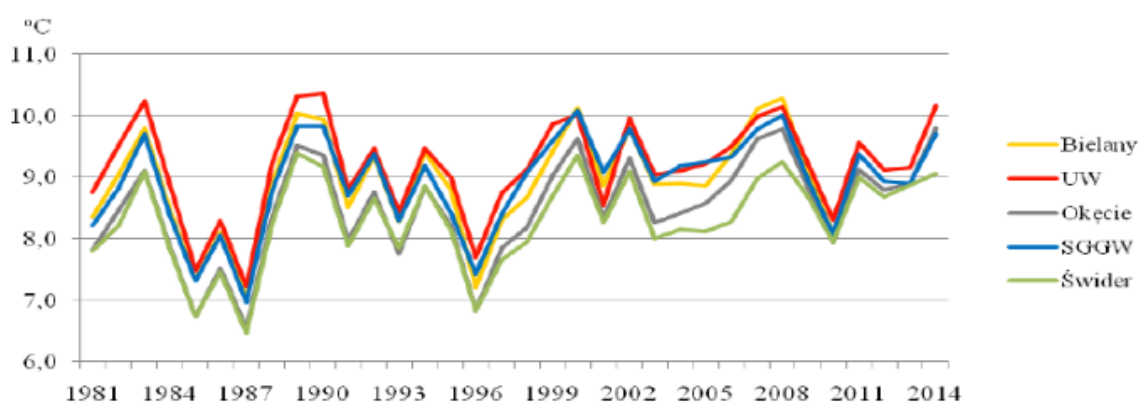


Fig. 29. Przebieg wieloletniej średnio rocznej temperatury powietrza w Warszawie wg danych z różnych stacji meteorologicznych; źródło [25].

Na obszarze Warszawy średnie roczne wartości temperatury powietrza wahają się od około 8,5°C na krańcach wschodnich oraz w sąsiadującej z Warszawą Puszczy Kampinoskiej i w gminie Łomianki (stosunkowo chłodny jest także obszar Białoleki) do prawie 10°C w centralnych częściach Warszawy oraz Pragi. Zaobserwowano latem znaczący wzrost

temperatury powietrza w okresie 1981-2014, w tym także istotny był wzrost temperatury maksymalnej o 0,04-0,08°C. Temperatury maksymalne w Warszawie sięgają 37°C. Liczba nocy bardzo ciepłych (temperatura minimalna nie spada poniżej 18°C) wynosi około 40 rocznie. Występują głównie w dzielnicach centralnych – śródmieście, Ochota, część Woli, górny Mokotów. Liczba nocy tropikalnych upalnych (temperatura minimalna nie spada poniżej 20°C) wynosi 5-7 w roku i dotyczy tych samych rejonów. W Warszawie występują także fale upałów (minimum 3 dni pod rząd z temperaturą wyższą od 30°C) i okresy gorąca (minimum 5 dni pod rząd z temperaturą wyższą od 25°C). W centrum miasta w okresie 2008-2014 liczba fal upałów i okresów gorąca wyniosła 11-12 każdy [25].

W okresie 1981-2014 średnia prędkość wiatru na stacji Warszawa Okęcie wyniosła 3,8 m/s. Obserwuje się, że liczba dni z wiatrem o prędkości większej niż 10 m/s zmalała o 0,67. Jednak nie jest pewne czy maksymalne wartości wiatru nie wzrosły lub nie wzrosną [25].

Wskutek uwarunkowań przyrodniczych i historycznych Warszawa tworzy zwarty centralny układ. Największa intensyfikacja zabudowy i infrastruktury technicznej występuje niemal w geometrycznym centrum. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w zjawiskach termicznych obserwowanych w skali całego miasta. Według wspomnianej już “Mapy klimatycznej Warszawy” zarówno rozkład średnich rocznych temperatur powietrza (fig. 30), jak i średniej rocznej liczby nocy bardzo ciepłych (fig. 31) pokazuje największe wartości w centrum planu i stopniowe ich zmniejszanie ku zewnętrznym obszarom. Na mapie uwidocznił się chłodzący wpływ rzeki Wisły i biologicznie czynnej Skarpy Wiślniej (np. lokalne obniżenie temperatury w części centralnej) oraz związek wysokości temperatur z intensywnością zabudowy. Dzielnice pokazane w rozdziale 1.4 na fig.10 jako intensywniej zabudowane – Śródmieście, Żoliborz, Wola, Ochota, Praga mają najwyższe temperatury. Także dzielnice zachodnie Mokotów, Włochy, Ursus, Bemowo są cieplejsze niż wschodnie, słabiej zurbanizowane. Dokładniejszy rozkład danych dotyczących intensywności miejskiej wyspy ciepła w Warszawie z 2010 roku pokazano na fig. 32.

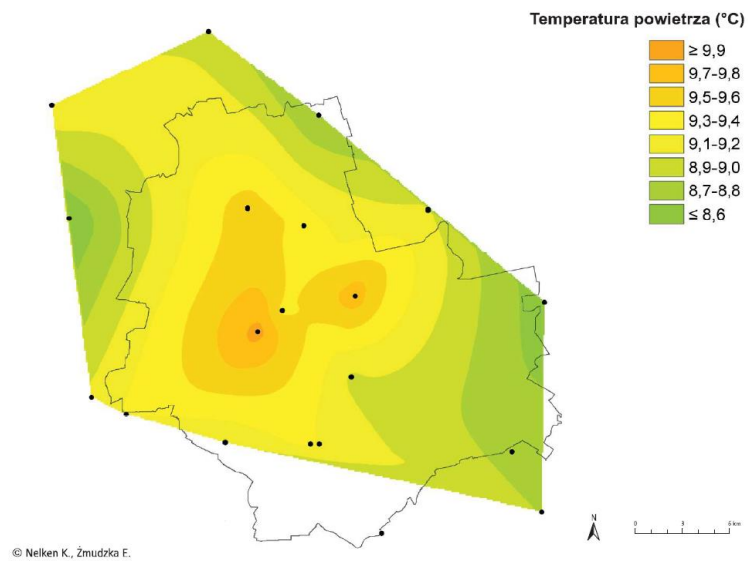


Fig. 30. Rozkład średnich rocznych temperatur powietrza w Warszawie w latach 2008-2014 według

“Mapy klimatycznej Warszawy”, źródło:

<http://mapa.um.warszawa.pl/mapaApp1/mapa?service=adaptcity>

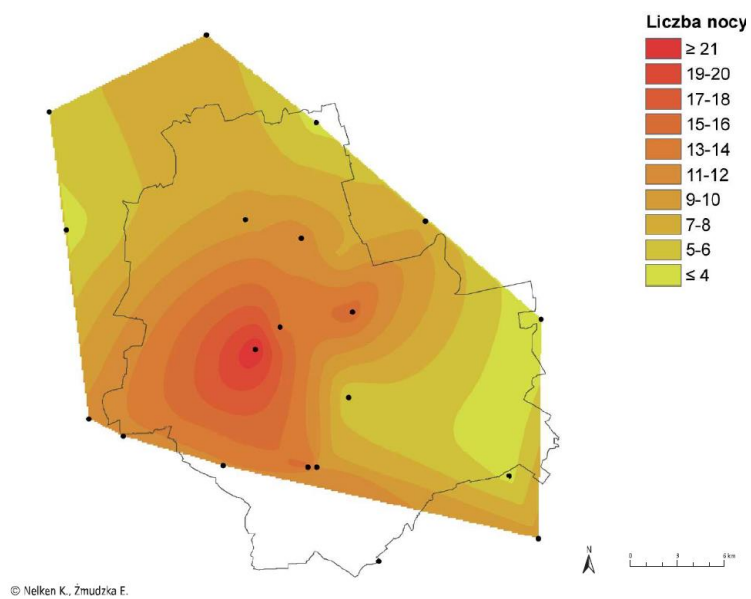


Fig. 31. Rozkład liczby średniej rocznej liczby dni gorących w Warszawie w latach 2008-2014 według

“Mapy klimatycznej Warszawy”,

źródło: <http://mapa.um.warszawa.pl/mapaApp1/mapa?service=adaptcity>.

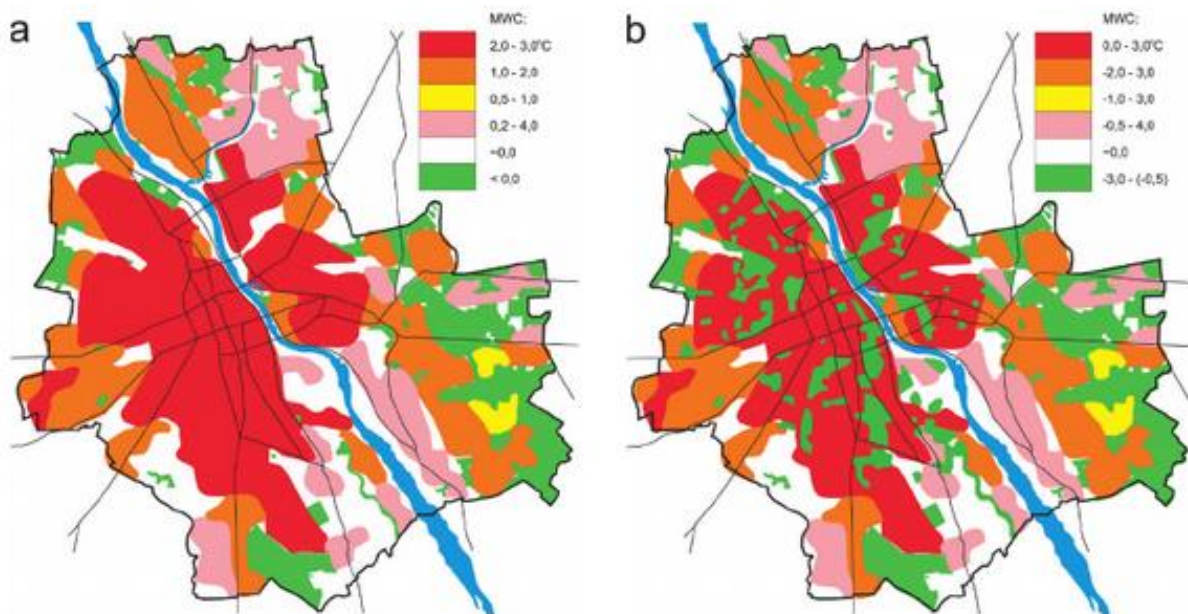


Fig. 32. Rozkład różnych kategorii miejskiej wyspy ciepła w Warszawie przy obecnym zagospodarowaniu terenu (2010); noc (a), dzień (b); źródło [6].

Realizacja prognozowanych do 2070 r. inwestycji budowlanych zmieni wyraźnie rozkład przestrzenny miejskiej wyspy ciepła w Warszawie. Zwiększeniu ulegną nie tylko obszary o największym natężeniu miejskiej wyspy ciepła, ale także te, gdzie zjawisko to nie jest skrajnie intensywne (1–2°C). Ponadto ograniczone zostaną tereny, gdzie zjawisko miejskiej wyspy ciepła obecnie nie występuje. Opracowano różne scenariusze jego rozwoju dla Warszawy, które wykazują jednoznaczną, choć niejednakową dynamikę zmian czynników klimatycznych np. wzrostu wartości temperatur (fig. 33) i ilości tropikalnych nocy (fig.34) [33]. Kontekst klimatyczny Warszawy został przeanalizowany i omówiony w źródle [6].

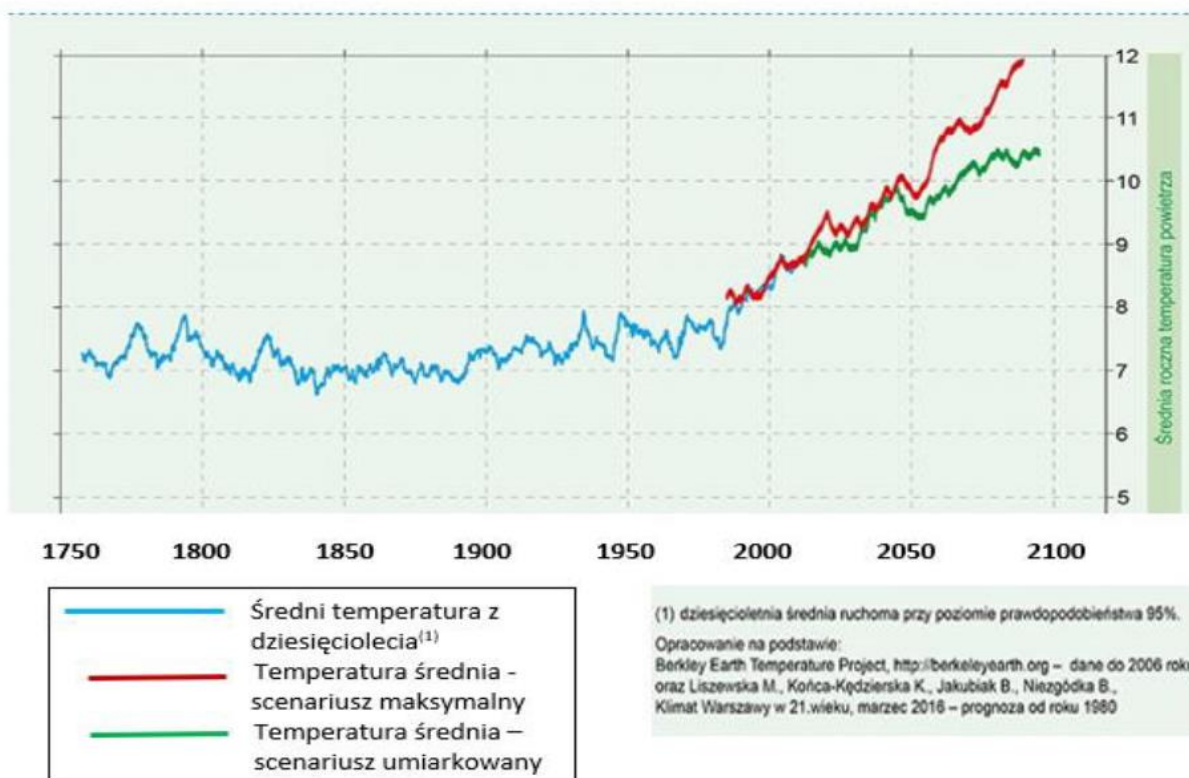


Fig. 33. Prognozowane zmiany wartości temperatur w Warszawie; źródło [11].

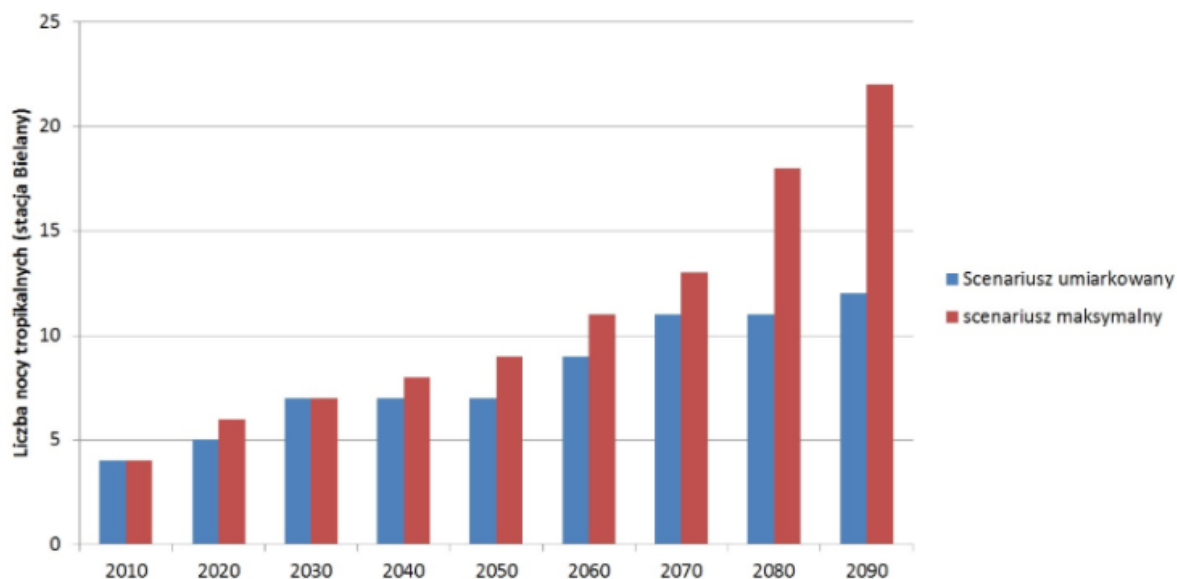


Fig. 34. Prognozowane zmiany liczby nocy tropikalnych w Warszawie; źródło [11].

3.1.2 System korytarzy napowietrzających

Poprawa jakości klimatu, w tym przeciwdziałanie zjawisku miejskiej wyspy ciepła, wymaga redukcji emisji ciepła i zanieczyszczeń, w tym także pochodzących od budynków. W tym

kontekście wysokie wymagania dotyczące energooszczędności budynków nowych oraz eko-modernizacja zabudowy istniejącej, powinny być celem spójnej strategii na skalę całego miasta. Jednak równie ważnym elementem planowania urbanistycznego w kontekście jakości klimatu jest zachowanie równowagi pomiędzy terenami zabudowanymi a otwartymi oraz kontrola intensywności zabudowy. W przypadku Warszawy kluczowy jest wspomniany w rozdziale 1 system korytarzy napowietrzających (fig. 13) tworzący jednocześnie podstawową strukturę dla systemu przyrodniczego miasta. Główną zaletą tego systemu jest jego promienisty układ (zgodny z naturalnym ruchem tzw. bryzy miejskiej) oraz ciągłość, która w ciągu 100 lat od ich zaplanowania, zakłócona została jedynie w strefie centralnej. Po 1990 roku obszar korytarzy został zmniejszony przez nowe inwestycje², jednak korytarze nadal są skuteczne na większości swoich obszarów. Wykazują to między innymi badania cytowane w raporcie „Potencjał do kształtowania warunków klimatycznych – w tym wymiany i regeneracji powietrza w Warszawie” opracowanym w 2017 roku na zlecenie Biura Architektury i Planowania Przestrzennego w Urzędzie Miasta Stołecznego Warszawy [12]. Według tego raportu ochrona tych terenów oraz kontrola intensywności i kształtu nowej zabudowy na obrzeżach miasta i korytarzy w sposób umożliwiający płynną wentylację, to jeden z głównych priorytetów strategii proklimatycznej. Istniejący układ korytarzy jest chroniony przez zapisy miejscowego prawa, jednak nie dość dobrze. Nie obowiązują na nich całkowity zakaz zabudowy i dopuszczone są nowe inwestycje, o ile projektant wykaże, że nie zakłócą przepływu powietrza. Tymczasem uzasadnione jest, by korytarze pozostały terenami niezabudowanymi i możliwe było ich zagospodarowanie wyłącznie jako biologicznie czynnych, wypełnionych zielenią, która sama w sobie pozytywnie reguluje temperaturę powietrza, a odpowiednio dobrana intensyfikuje lokalną wymianę powietrza. Temperatura w korytarzach jest wówczas niższa niż w otoczeniu, zatem dochodzi do różnicy ciśnień i bocznych ruchów powietrza w kierunku terenów zabudowanych.

Kolejną kwestią jest konieczność utworzenia kontynuacji korytarzy w miejscach, gdzie utraciły swoją ciągłość, czyli w strefie centralnej miasta. Ukierunkowanie powietrza jest możliwe przez wykorzystanie przestrzeni ulic oraz systemu terenów otwartych takich jak zazielenione place, parki i skwery. Należałoby przeanalizować na ile istniejąca struktura przestrzenna zabudowy pozwala na właściwy przepływ, które tereny dotychczas niezabudowane powinny takie pozostać, jak uzupełniać zabudowę i w jaki sposób nowe

² Informacje na ten temat wraz z rozkładem kontrowersyjnych inwestycji na mapie miasta można znaleźć np. na stronie: <https://warszawa.wyborcza.pl/warszawa/7,54420,21383472,rozdrapywanie-zielonych-korytarzy.html?disableRedirects=true>

inwestycje mogą poprawić sytuację. Na przykład właściwie usytuowane budynki wyraźnie wyższe niż sąsiedztwo, mogą wzmocnić wentylację pionową.

Ochrona terenów otwartych w miastach powinna być ściśle połączona z ochroną zieleni. Istniejące duże przestrzenie zielone Warszawy takie jak Pola Mokotowskie, Park Skaryszewski czy Natolin powodują obniżenie temperatury powietrza na terenach przylegających, co potwierdzają badania w [6,7]. Zatem należy nie tylko chronić te już zagospodarowane, ale tworzyć rezerwy dla nowych, na przykład na terenach uwalnianych przez przemysł czy kolej.

3.2 Strategie lokalne

3.2.1 Kształt i intensywność zabudowy

Ważną kwestią jest kontrola intensywności zabudowy. Dotyczy to zarówno nowoprojektowanych osiedli, jak i zabudowy uzupełniającej istniejącej. Kryterium działania na rzecz jakości klimatu, w tym redukcji problemu przegrzewania, polega na optymalizacji dwóch czynników. Z jednej strony należy dążyć do intensywnego wykorzystania terenu, by zapobiegać niekontrolowanemu powiększaniu terytorium miast. Z drugiej strony zabudowa powinna być kształtowana tak, by była właściwie nasłoneczniona i otwarta dla przepływu wiatru. Wymaga to uzupełnienia istniejących parametrów regulujących kształt zabudowy w zapisach prawa miejscowego o dodatkowe, charakteryzujące te właśnie kwestie. O ile zagadnienia nasłonecznienia są w jakimś stopniu uregulowane (choć niedostatecznie), o tyle kwestie wentylacji przestrzeni miejskich są niemal całkowicie pominięte. Nie jest to proste zagadnienie, a współczesna nauka nie daje jednoznacznych odpowiedzi jakie parametry byłyby najbardziej właściwe. Takie badania są jednak rozwijane na świecie i celowe byłoby ich wspieranie na potrzeby uwarunkowań polskich [13]. Generalnie wiadomo, że zamknięte układy zabudowy, jak na przykład tradycyjne prostokątne kwartały urbanistyczne z dziedzińcami wewnętrznymi nie są korzystne dla płynnego przepływu wiatru (szczególnie gdy ich wymiary są niewielkie). Można się spodziewać, że zagęszczanie zabudowy kształtowanej w podobny sposób spowoduje zastoje powietrza, spowolnienie wentylacji, a w efekcie spotęgowanie zjawiska miejskiej wyspy ciepła [14].

Badania opływu powietrza wykonane przez autorkę opracowania we współpracy z badaczami Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa na Politechnice Warszawskiej wykazały ryzyko powstania zastoju powietrza w kwartale zabudowy wielorodzinnej wzniesionej współcześnie w dzielnicy Wola (fig. 35). Jest to realizacja nagradzana, bardzo wysoko oceniana na tle innych realizacji mieszkaniowych w Warszawie. Oznacza to, że polskie

przepisy umożliwiają wznoszenie zabudowy niekorzystnej dla przepływu wiatru, a temat jest bardzo słabo rozpoznany i nie jest brany pod uwagę nawet przez najlepsze zespoły projektantów polskich.

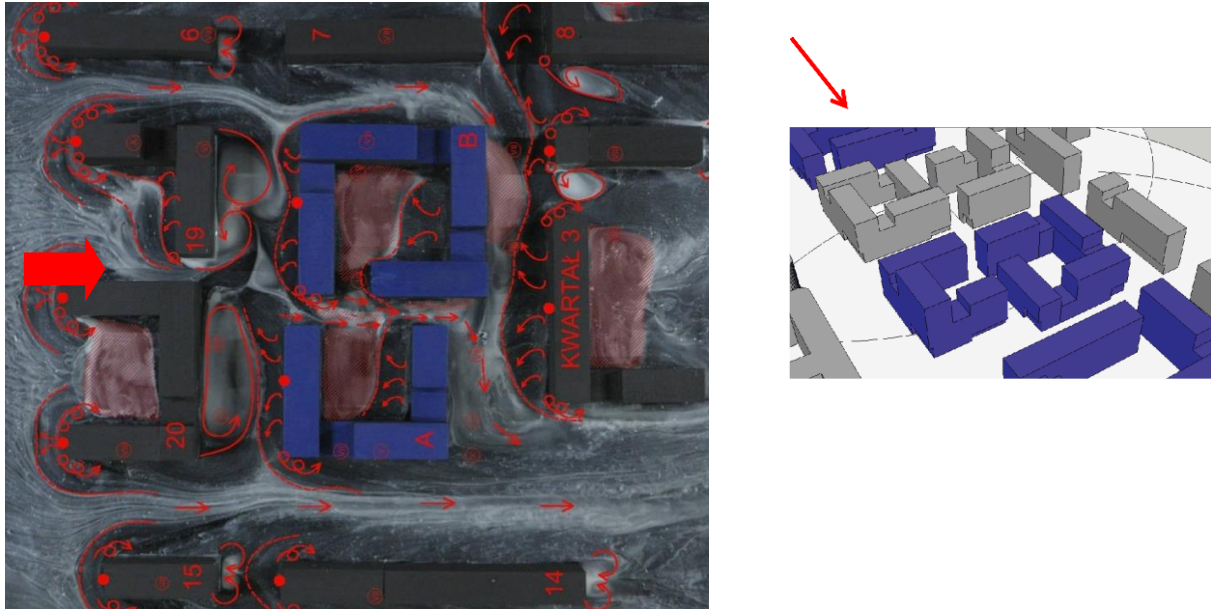


Fig. 35. Przykład zamkniętego osiedla miejskiego w Warszawie wzniesionego w 2010 roku - badania wiatrowe wykazały zastój przestrzeni wewnątrz dziedzińców (białe obszary), opracowanie autorskie

3.2.2 Infrastruktura zielona

Pozytywny wpływ zieleni na klimat przestrzeni zurbanizowanych jest już ogólnie znany i potwierdzony w badaniach naukowych. Zieleń, a szczególnie drzewa, pochłaniają dwutlenek węgla i inne zanieczyszczenia, dostarczają cienia, regulują wilgotność, nie akumulują energii cieplnej, zatem przyczyniają się do redukcji efektu miejskiej wyspy ciepła. Generalnie im większy obszar zielony, tym większa jest jego efektywność w tym zakresie. Największą wartość klimatotwórczą dla miasta mają tereny tworzące ciągłe systemy, kiedy duże obszary zielone łączą się za sobą i z mniejszymi obszarami za pomocą wolnych od zabudowy, biologicznie czynnych korytarzy. W przypadku Warszawy rolę takiego system pełni opisany już system korytarzy napowietrzających. Mniej znaczącą rolę klimatotwórczą, choć istotną lokalnie pełnią także mniejsze grupy zieleni, uliczne szpalery drzew lub zielone dachy i fasady jeśli brakuje miejsc na gruncie. Udział zieleni w różnych dzielnicach Warszawy pokazuje fig. 36.

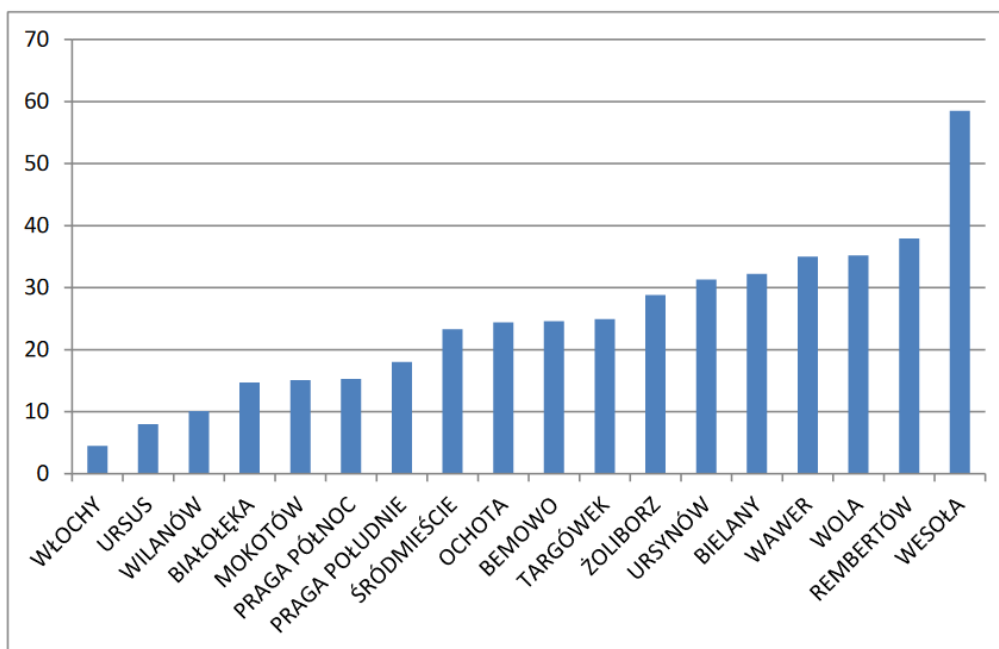


Fig. 36. Udział powierzchni zielonych i lasów w % w poszczególnych dzielnicach Warszawy; źródło [26].

Warszawa została zaklasyfikowana do grupy miast posiadających korzystne położenie geograficzne, związane z lokalizacją w dolinie dużej rzeki i bezpośrednią łącznością z dużymi kompleksami leśnymi. W intensywnie zurbanizowanej przestrzeni dużego miasta tereny zielone przyjmują formę parków miejskich lub innych terenów zieleni urządzonej. Szczegółowe dane dotyczące udziału poszczególnych form zieleni w Warszawie zostały zebrane i opracowane w [6]. Pomimo dobrej sytuacji ogólnej, widoczne są braki w najsilniej zurbanizowanych dzielnicach. Stopniowe dogęszczanie zabudowy powoduje ubytki w istniejących zasobach.

Kolejnym elementem proklimatycznych strategii lokalnych jest intensyfikacja zieleni i zamiana terenów utwardzonych na biologicznie czynne, przepuszczalne dla wody. Takie działania mają szereg zalet, w tym także obniżanie temperatury powietrza w okresach gorących. Porównując otoczenie tych samych budynków sprzed kilkudziesięciu i więcej lat oraz współcześnie, często można zauważyć, że zdecydowanie przybyło wokół nich powierzchni utwardzonych. Spektakularnym przykładem jest Plac Teatralny w Warszawie. Na fotografiach archiwalnych serce placu, czyli Teatr Wielki ma zielone, zadrzewione przedpole, podczas gdy współcześnie otoczony jest wyłącznie ulicami, chodnikami i parkingami (fig. 37).

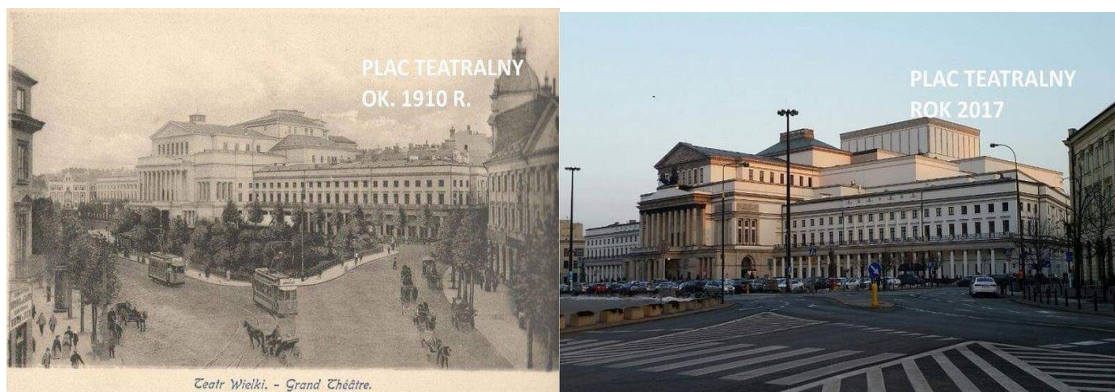


Fig. 37. Plac Teatralny w Warszawie na początku XX wieku i współcześnie; źródło: <https://opinie.olsztyn.pl/spoleczenstwo/betonoza-piotra-grzymowicza/#.YOire0wwhEY>

Oburzające jest to, że można znaleźć liczne przykłady przestrzeni publicznych w miastach polskich, które utraciły wartościową, dojrzałą zieleni podczas modernizacji przeprowadzanych współcześnie, ciągu ostatnich kilkunastu lat (częstym przypadkiem były rynki małych miast) po to, by zorganizować tam parking, przestrzeń komercyjną lub bez wyraźnej przyczyny. Tymczasem to właśnie działania odwrotne, czyli zastępowania terenów utwardzonych zielonymi są postulowane w opracowaniach odnoszących się do poprawy klimatu [15], także tych dotyczących Warszawy [6, 11, 12]. Można także znaleźć przykłady zastosowania w praktyce rozwiązań zwiększających udział zieleni w otoczeniu budynków jako elementów rewitalizacji środowiskowej i społecznej zdegradowanych dzielnic (dobrze opisane zostały studia przypadku np. Vancouver, Philadelphia). Wymaga to synergicznych działań w zakresie redukcji przestrzeni dla komunikacji kołowej oraz parkingów w bezpośrednim otoczeniu budynków. Wówczas wszystkie tereny które nie muszą być utwardzone z powodów użytkowych, powinny być zagospodarowane odpowiednio dobraną zielenią. Dodatkową możliwością tworzą dachy i ściany budynków, choć należy wziąć pod uwagę, że wymaga to większego udziału technologicznego niż a w przypadku zieleni na gruncie, a zyski środowiskowe są mniejsze. Tym niemniej w przypadku terenów intensywnie zabudowanych, gdzie brak rezerw dla zieleni na gruncie, zielone dachy i ściany są bardzo cennym potencjałem ekologicznym.

Interesujące badania wpływu zwiększania terenów zieleni na zjawisko miejskiej wyspy ciepła przedstawiono w [6]. Porównano sytuację istniejącą różnych kwartałów zabudowy w Warszawie z dwoma scenariuszami uzupełnienia ich zielenią.

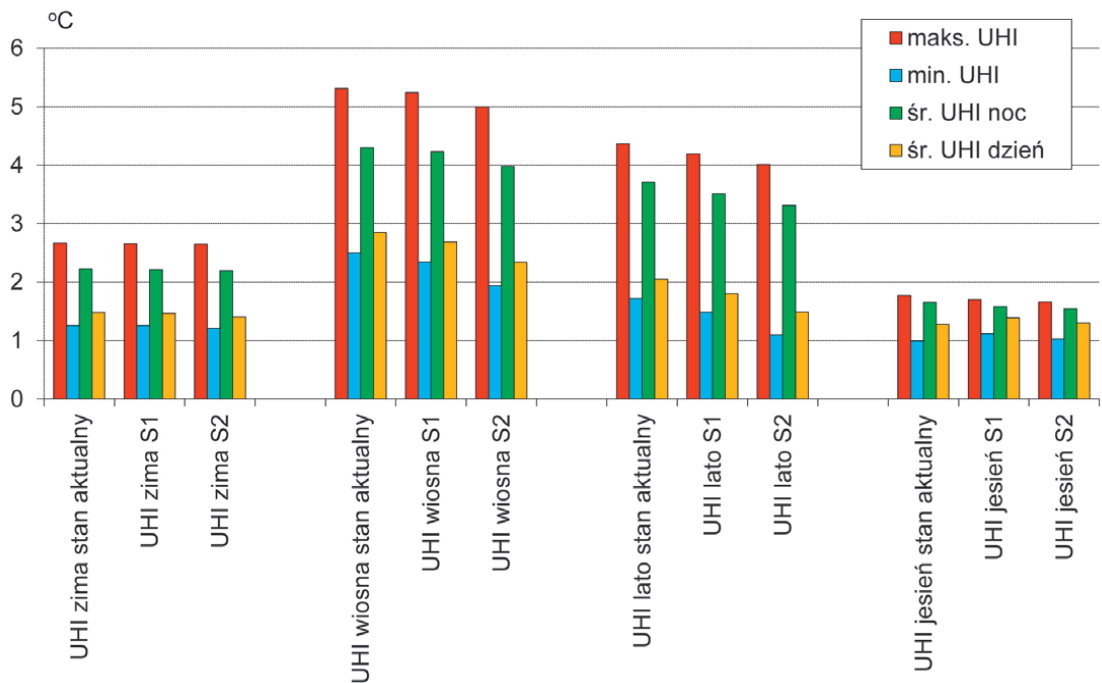


Fig. 38. Kwartał zabudowy na ulicy Twardej w Warszawie – stan aktualny oraz scenariusze uzupełnienia zielenią S1 – zieleń na gruncie, S2 dodatkowo zielone dachy; u dołu wyniki badań wpływu obu scenariuszy na obniżenie efektu UHI (od lewej) zimą, wiosną, latem i jesienią; na podstawie [6].

Najciekawszym przypadkiem jest kwartał na ulicy Twardej w Śródmieściu, z bardzo niskim udziałem powierzchni biologicznie czynnej (4%). Pierwszy scenariusz zakładał wprowadzenie zieleni wysokiej i niskiej w dziedzińcu wewnętrznym oraz na wolnych od komunikacji terenach po obwodzie kwartału. W drugim scenariuszu dodatkowo cała powierzchnia dachów zabudowy kwartału i sąsiadującej została pokryta zielenią. Zmiany te (szczególnie scenariusz drugi) wpłynęły na obniżenie temperatury powietrza i zmniejszenie efektu miejskiej wyspy ciepła latem i wiosną (fig. 38). Jednocześnie przypadek ten dał najlepsze efekty w stosunku do innych badanych, dotyczących terenów bardziej oddalonych od centrum miasta i z lepszą sytuacją wyjściową w zakresie terenów biologicznie czynnych. Zatem strategię dużych przekształceń w otoczeniu budynków polegające na wymianie nawierzchni utwardzonych na zieleni (z uwzględnieniem nasadzeń dojrzałych drzew i wymiany istniejących dachów na zielone) ma największe uzasadnienie na terenach położonych w centrum, gęsto zabudowanych.

Szczególnie cenną rolę w miastach pełnią wysokie, dojrzałe drzewa, które oprócz wielu innych zalet mogą chronić przed nadmiarem słońca elewacje budynków w ich niższych partiach oraz przestrzenie otoczenia budynków. Mogą zatem posłużyć jako element regulujący klimat wewnątrz budynków oraz mikroklimat wokół nich. Podczas upalnych dni cień rzucany przez korony drzew na powierzchni podłoża i budynków tworzy wyraźnie chłodniejsze enklawy. Istotne jest by chronić istniejące drzewa w miastach w pełni wykorzystujących potencjał oraz by wprowadzać nową zieleni. Dobór roślin oraz ich lokalizacja względem budynków i infrastruktury technicznej powinien być bardzo dobrze przemyślany. Zasadne jest by wprowadzać nasadzenia możliwie dojrzałych drzew, by dostarczały cienia w przestrzeniach miejskich.

Przykładem rewitalizacji ulicy z wykorzystaniem drzew jako elementów regulujących mikroklimat ulicy jest zagospodarowanie ulicy Daszyńskiego w Wrocławiu, które powstało ramach projektu prowadzonego przez Urząd Miasta Wrocławia finansowanego z programu ramowego Unii Europejskiej "Horyzont 2020" (fig. 39).

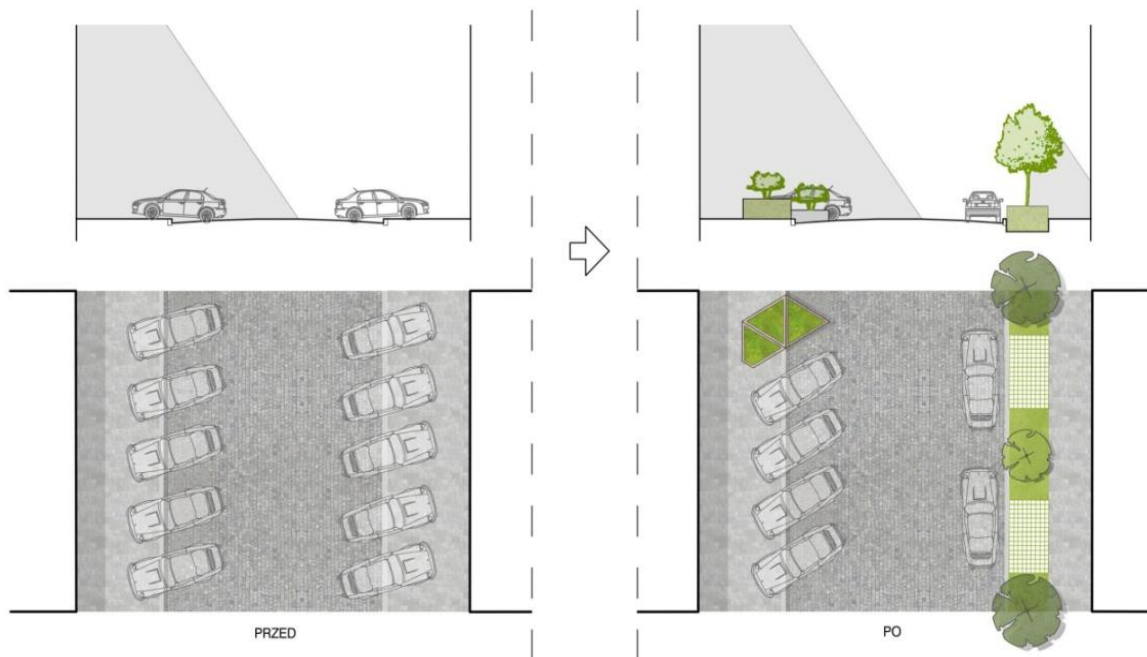


Fig. 39. U góry - plan fragmentu ulicy przed zmianami (po lewej) i po zmianach (po prawej), u dołu widok miejsca do siedzenia pod drzewem oraz szpalery drzew wzdłuż ciągu pieszego; źródło: <https://tecla.pl/portfolio/grow-green-2/>

W tej realizacji zredukowano liczbę miejsc do parkowania na rzecz zieleni, w tym przede wszystkim drzew. Wprowadzono szpalery drzew wzdłuż ulic jako element odgradzający chodnik od jezdni oraz zaciężający część ulicy najbardziej nasłonecznioną latem. Cennym elementem zagospodarowania są miejsca do siedzenia usytuowane pod drzewami w strefach oddalonych od największego ruchu samochodowego i parkingów. Dzięki nim ulica może się stać przestrzenią społeczną przyjazną wszystkim, także osobom mniej sprawnym fizycznie,

starszym, dorosłym z małymi dziećmi. Tego rodzaju miejsca mogą także być pomocne w redukcji stresu termicznego w gorące dni.

Należy zatem traktować zielen miejską, także tę najdrobniejszą, wypełniającą niewielkie fragmenty podłoża w mieście jako integralny element systemu urbanistycznego, niezbędny do budowania jakości przestrzeni pod wieloma względami. Mogą temu posłużyć wytyczne urbanistyczne uwzględniające specyfikę konkretnych miast, jak na przykład „Gdański standard ulicy miejskiej” [15], w którym pokazano możliwości kompleksowego zagospodarowania ulic w możliwych wariantach (fig. 40). Szpalery i grupy zieleni mają w nich swoje określone miejsce, przy czym uwzględniono także kryterium zacienienia przez drzewa latem.



Fig. 40. Przykładowe schematy zagospodarowania ulic o różnej zabudowie, funkcji i proporcjach z uwzględnieniem zieleni wysokiej według „Gdańskiego standardu ulicy miejskiej” [15].

3.2.3 Infrastruktura niebieska

Błękitną infrastrukturą miasta nazywany jest system wód gruntowych, zbiorników wodnych i wody cyrkulującej jako opadowa. Jest ona ściśle związana z systemem zieleni, dlatego też często mówi się o błękitno-zielonej infrastrukturze. Z punktu widzenia problemów związanych z odczuwaniem temperatury istotna jest rola zbiorników wodnych jako elementów regulujących temperaturę powietrza. Woda ogrzewa się i ochładza znacznie wolniej niż powietrze czy grunt, zatem ma właściwości chłodzące z porach gorących. Efektywność tego chłodzenia zależy od wielkości zbiornika wodnego. Z przypadku móż lub

rozległych rzek i jezior można mówić o znaczeniu klimatycznym na skalę mezoklimatu miejskiego. W przypadku Warszawy taką rolę pełni Wisła wraz ze Skarpą Wiślaną i nieuregulowaną, cenną przyrodniczo strefą brzegową po stronie wschodniej. Dla klimatu lokalnego i mikroklimatu mogą mieć znaczenie niewielkie zbiorniki wodne, w tym także zbiorniki retencyjne, które pełnią ważną rolę dla gospodarki wodami opadowymi i utrzymania zieleni.

Udział procentowy powierzchni zbiorników powierzchniowych w Warszawie jest stosunkowo niewielki, wynosi 3%, ale szacuje się, że aż 67% terenów ma potencjał przyrodniczy, by stać się częścią błękitno-zielonej infrastruktury. Do takich obszarów należą lasy, grunty rolne, zieleń urządzona, tereny rekreacyjne, cmentarze, ogródki działkowe, a także tereny zabudowane z dużym udziałem zieleni. Z tego punktu widzenia istotne jest, by projektować nowe osiedla mieszkaniowe i modernizować istniejące w sposób umożliwiający włączenie terenów je otaczających do błękitno-zielonej infrastruktury miasta. Ma to znacznie zarówno dla ogólnego bilansu wody, jak i mikroklimatu oraz odczuwania temperatury przez mieszkańców w porach gorących.

Konsekwencją utwardzenia znacznej powierzchni miast w ciągu ostatnich dekad jest nie tylko redukcja zieleni, ale także zaburzenie naturalnych procesów obiegu wody. Znaczna część wody opadowej nie wsiąka w grunt, a jest odprowadzana do kanalizacji deszczowej. Trafia do niej także woda odprowadzana z dachów budynków, co daje łącznie w czasie ulewnych deszczy bardzo duże ilości wody koniecznej do odprowadzenia w krótkim czasie. Ma to szereg negatywnych konsekwencji np. dla warunków wzrostu roślin, jakości wód do których odprowadzane są ścieki czy dla bezpieczeństwa powodziowego.

Ważne jest zatem by możliwie duża ilość powierzchni w miastach była przepuszczalna dla wody oraz by tworzyć różnego rodzaju zbiorniki retencyjne regulujące jej poziom. Bogaty zbiór rozwiązań w tym zakresie można znaleźć w dostępnym publicznie w opracowaniu "Katalog dobrych praktyk, cz. II. Zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi na obszarze zabudowanym" [16] wykonanym przez ekspertów z Uniwersytetu Przyrodniczego z Wrocławia na zlecenie władz miasta. Zestawiono tam różne rozwiązania dopasowane do konkretnych sytuacji. Uwzględniono także otoczenie budynków typowe dla funkcji mieszkalnych (fig. 41). Koncepcja retencji wody jest ściśle powiązana z zielenią tak, by możliwe było stworzenie samowystarczalnego systemu przyrodniczego o dobrym dla ludzi mikroklimacie. Jednocześnie kreowane są w ten sposób miejsca sprzyjające odpoczynkowi, rekreacji i integracji sąsiedzkiej.



Fig. 41. Retencja wody, odzysk wody deszczowej jako system do współpracy z zielenią. Przykład osiedla mieszkaniowego uwzględnionego w katalogu dobrych praktyk w zakresie retencji wody opracowanym dla Wrocławia [16].

Takie podejście, podobnie jak to pokazane na przykładzie rewitalizacji ulicy Daszyńskiego we Wrocławiu, jest szczególnie cenne dla osób starszych, które potrzebują miejsc do spędzania czasu w bliskim potoczeniu swoich mieszkań, miejsc sprzyjających spotkaniom z sąsiadami, miejsc odpornych na zjawisko przegrzewania podczas wysokich temperatur letnich. Środowisko związane z zielenią i wodą daje takie możliwości, choć należy wziąć pod uwagę, że nadmiar wilgoci nie jest korzystny dla odczuwania wysokich temperatur.

Innym sposobem wykorzystania wody jako rozwiązania służącego ochronie przed skutkami upałów są różnego rodzaju fontanny i kurtyny wodne, które coraz częściej są instalowane w przestrzeniach publicznych polskich miast. Sprawdzają się jako rozwiązania doraźne i zazwyczaj są dobrze przyjmowane przez mieszkańców i turystów. Jest to co prawda tzw. rozwiązanie aktywne, które wymaga dostarczania wody i energii, ale służy stosunkowo dużej grupie ludzi. Instalacje tego rodzaju pojawiają się zazwyczaj w najbardziej uczęszczanych częściach miast, w głównych publicznych przestrzeniach. Można byłoby rozważyć instalowanie ich na osiedlach mieszkaniowych by służyły osobom spędzającym w nich dużą część swojego codziennego czasu. Podobnie pomocne mogłyby się okazać ujęcia wody pitnej.

3.2.4 Elementy zacierające

Poszukiwanie cienia jest naturalnym zachowaniem ludzi i zwierząt w okresach upalnych. Zatem uzasadnione jest tworzenie tego rodzaju miejsc w przestrzeniach publicznych, w tym także na osiedlach mieszkaniowych. Jak wspomniano taką rolę bardzo dobrze spełniają drzewa. Podobną mogą pełnić specjalnie w tym celu projektowane systemy zacierające jak zadaszenia, baldachimy, parasole (fig. 42). W polskich warunkach klimatycznych wskazane jest by były to elementy sezonowe, które nie blokują możliwości czerpania zysków słonecznych w okresach grzewczych, a chronią wtedy, gdy jest to najbardziej potrzebne. W ich cieniu powinny być lokalizowane miejsca do siedzenia, miejsca zabaw i rekreacji, ujęcia wody pitnej.



Fig. 42. Przykład spontanicznych działań mieszkańców Kairu w celu zacielenia ulicy (po lewej) I zaprojektowanych osłon przeciwsłonecznych w Gdyni; źródło [17].

3.2.5 Rozwiązania materiałowe nawierzchni i wykończenia ścian budynków

Zdolności materiału w zakresie akumulacji i odbijania promieniowania słonecznego ma znaczenie dla rozkładu temperatury w przestrzeniach miejskich. Współczynnikiem charakteryzującym zdolność materiału do odbijania promieniowania jest albedo, które wyraża stosunek ilości promieniowania odbitego we wszystkich kierunkach do ilości promieniowania padającego na daną powierzchnię. Generalnie miasto jako całość ma niskie albedo oraz wysoką akumulacyjność ciepłą przez duży udział ciemnych materiałów stosowanych na powierzchniach takich jak papa, asfalt (niskie albedo) oraz masywnych akumulujących ciepło takich jak betonowe utwardzenia czy pokrycia ceramiczne (dachówki, płytki). Najlepszym sposobem równoważenia tych parametrów jest opisane już zastępowanie utwardzeń zielenią oraz wprowadzanie zielonych dachów, ale oczywiście jest, że możliwości w tym zakresie są ograniczone. W bezpośrednim otoczeniu budynków wskazane jest unikanie materiałów o dużej masie termicznej, np. betonowych utwardzeń oraz materiałów w ciemnym kolorze. Jeśli pozwala na to sposób użytkowania, można stosować drewno (np. na tarasach) lub kompozyty na bazie drewna i tworzyw sztucznych (takie rozwiązanie pokazano na fig. 39 u dołu po lewej).

Korzystniejsze jest także stosowanie jasnych kolorów na ścianach i dachach. Typowe dla budynków wielorodzinnych o płaskich dachach (charakterystycznych np. dla „bloków” wielkopłytowych) wykończenia dachowe w postaci papy powinny być zastępowane nowocześniejszymi materiałami np. membranami na bazie tworzyw sztucznych o jasnym zabarwieniu.

Niekorzystne zjawiska powstają także w otoczeniu budynków w dużym stopniu przeszklonych. Duże tafle szkła działają jak soczewki, skupiają i odbijają promieniowanie, co

proceeds to many discomforts in the environment of buildings, above all to glare and overheating. Multi-family buildings usually do not have a very high share of glazing in external walls, however, if they are located near such buildings, they can be exposed to similar phenomena. In the vicinity of such buildings, it is especially important to carefully design greenery and surfaces surrounding them to counteract the most undesirable effects.

3.3 Rozwiązania indywidualne

Individual solutions regarding the assurance of thermal comfort in buildings in hot periods are related to architecture and technology of individual buildings and dwellings, as well as to user habits. In the case of building design, new ones should adhere to the principles formulated for pro-ecological, energy-saving construction, aimed at saving all natural resources, including energy, and ensuring people with healthy living conditions. There is a rich literature on this issue [18,19]. While this approach is not yet fully grounded in Poland, it is spreading dynamically, especially in the area of energy efficiency. From this year, laws have entered into force, according to which all newly designed buildings must meet quite restrictive provisions regarding energy consumption from non-renewable sources. The problem of energy flow optimization (in the case of phenomena related to overheating) is a matter that must be minimized at the architectural project level. The main problem concerns existing buildings and the possibility of their modernization in terms of high temperature tolerance. Therefore, in this report, the focus is on showing the possibilities in this area.

Individual solutions can be divided into 5 groups of actions, which are discussed below.

a. Renovation of buildings on a large scale

In the context of these solutions, the most important is the termomodernization of a building through the implementation of thermal insulation of walls and roof, window replacement (including equipping them with shading systems) and installation of heating systems. In specific cases, it may be justified to reduce the area of glazed surfaces, but this applies exclusively to excessively glazed buildings. This is a serious renovation, which must be carried out for the entire building, especially in the area of thermal insulation of walls.

b. Renowacja budynków na średnią skalę

W ramach tych rozwiązań wykonać można zewnętrzne systemy zacieniające okna od stron eksponowanych na słońce (szczególnie południowej i zachodniej), a nie zacienianych przez elementy budynku lub zieleni wysoką. Systemy takie to na przykład wystające elementy poziome (balkony, loggie, mocno wysunięte gzymsy, daszki) w przypadku ścian południowych lub przesuwne żaluzje, markizy, rolety, okiennice w przypadku orientacji zachodnich, południowo-zachodnich, wschodnich, południowo-wschodnich (fig. 43).



Fig. 43. Przykłady różnych zewnętrznych systemów zacieniających przeszklenia w budynkach; źródło [19].

Zasadą projektowania takich systemów w polskich uwarunkowaniach klimatycznych powinna być możliwość penetracji słonecznej wewnątrz w okresach grzewczych i w porach przejściowych oraz ochrona przez promieniowaniem słonecznym w okresach letnich, jednak z możliwie małym ograniczeniem dostępu naturalnego światła i widoku na zewnątrz.

Korzystne może być także właściwe zaaranżowanie balkonu lub tarasu, jako że jest to przestrzeń zewnętrzna powiązana z wnętrzem mieszkania. Dla osób spędzających dużą część czasu w domu, lub w ogóle niewychodzących może to być podstawowa możliwość ich łączności z otoczeniem budynku.

Korzystne dla równoważenia temperatury latem jest wykończenie powierzchni balkonu lub tarasu jako stosunkowo jasnej i słabo akumulującej ciepło (na przykład drewno, materiały

kompozytowane na bazie drewna i tworzyw sztucznych) osłanianie przestrzeni balkonu przed letnim słońcem oraz wprowadzenie roślinności.

Tego rodzaju zmiany mogą być wykonywane indywidualnie przez właścicieli mieszkań, choć na część z nich trzeba uzyskać zgodę zarządców budynku. Zdecydowanie lepsze efekty estetyczne dla wizerunku zewnętrznego budynku dają skoordynowane działania zapobiegające nadmiernemu różnicowaniu rozwiązań.

c. Renowacja budynków na małą skalę

W ramach tych rozwiązań można zastosować systemy zacieniające montowane od wewnętrznej strony okien. Są znacznie mniej skuteczne niż te zewnętrzne w zakresie ochrony przed przegrzewaniem, jednak dużo łatwiej je wykonać. Należą do nich zasłony, wewnętrzne rolety i żaluzje.

d. Wyposażenie instalacyjne

Coraz bardziej popularnym sposobem ochrony przed przegrzewaniem wewnątrz w mieszkaniach stają się indywidualne jednostki klimatyzacyjne. Jednostkowy finansowy nakład na takie urządzenie jest dość duży, ale osiągalny dla gospodarstw domowych o średnich dochodach. Skuteczność takiego urządzenia jest znaczna i można nim sterować. Jednak ma ono wiele wad. Z ekologicznego punktu widzenia jest urządzeniem energochłonnym, wymagającym wysoko przetworzonych elementów technologicznych, w także emituje ciepło na zewnątrz. W ciągu kilkunastu lat stanie się trudnym do zutylizowania odpadem. Wymaga także montażu skraplacza na zewnątrz budynku, co szpeci elewacje, szczególnie gdyby wyposażyc w klimatyzację każdy lokal w budynku. Ponadto nie jest to rozwiązanie zdrowe dla człowieka i szereg badań wykazuje korelację większej zachorowalności ludzi z faktem ich przebywania w pomieszczeniach klimatyzowanych. Nie wydaje się także korzystne dla osób starszych, podatnych na zaziębienia, które mogą mieć kłopoty z obsługą urządzenia i jego właściwym wyregulowaniem.

Inną możliwością jest stosowanie wentylatorów sufitowych lub stojących. Są dużo prostsze niż jednostki klimatyzacyjne, jednak ich skuteczność jest niewielka.

e. Zwyczaje użytkowników

Właściwe zachowanie użytkowników mieszkań może mieć wpływ na panującą w nich temperaturę powietrza. W tym aspekcie ważne jest zamykanie okien i osłanianie ich w czasie, gdy temperatura na zewnątrz jest najwyższa. Z kolei w nocy należy intensyfikować

wentylację mieszkania, by w miarę możliwości wymienić w nim powietrze. W tym celu należy wentylować mieszkanie “na przestrzał” przez otwieranie okien na przeciwległych ścianach. W przypadku gdy otoczenie budynku jest nie dość dobrze wentylowane i w sąsiedztwie okien powstają zastoje powietrza, takie działanie będzie nieskuteczne.

Podsumowując paleta rozwiązań prowadzących do przystosowania budynków do wysokich temperatur jest bardzo szeroka i dotyczy różnych skal projektowania. Tylko niewielka ich część pozostaje w gestii indywidualnych mieszkańców. Ich działania, nawet jeśli zostaną podjęte w sposób możliwie najlepszy, będą mało skuteczne, jeśli zabraknie rozwiązań “wyższego rzędu”, w skali budynku, przestrzeni osiedlowych oraz kompleksowych działań w skali planowania przestrzennego miasta. Montaż jednostek klimatyzacyjnych w mieszkaniach rozwiązuje problem doświadczania wysokich temperatur w Warszawie jedynie pozornie i krótkoterminowo, gdyż nie prowadzi do eliminacji przyczyn problemu.

Nie sposób dokonać rzetelnej oceny porównawczej poszczególnych rozwiązań gdyż ich rzeczywistą skuteczność można “mierzyć” jedynie w odniesieniu do konkretnych uwarunkowań (położenia osiedla w mieście, budynku względem innych budynków itp.). Oceniając je należy także brać pod uwagę inne kryteria na przykład ich koszt środowiskowy, dostępność czy przyjazność dla człowieka w innych aspektach niż komfort termiczny.

Jedynie słusznym założeniem jest traktowanie tych rozwiązań jako systemu uzupełniających się, działających synergicznie elementów. System powinien składać się z rozwiązań podejmowanych w różnych skalach – od najbardziej ogólnej, do tej związanej z indywidualnymi decyzjami mieszkańców. Należy wypracowywać strategie bazujące w możliwie dużym stopniu na rozwiązaniach pasywnych, prostych, spełniających wiele zadań.

Potrzeby osób starszych w tworzą specjalne uwarunkowania dla dedykowanych im rozwiązań. Z ich punktu widzenia istotne jest szczególnie:

- unikanie elementów wymagających sterowania, regularnej konserwacji, podatnych na awarie, tworzenie rozwiązań prostych, nie wymagających obsługi, wiedzy technologicznej, przewaga rozwiązań pasywnych nad aktywnymi (np. zewnętrzne systemy zacieniające o prostej budowie, nieograniczające widoku z zewnątrz)
- tworzenie rozwiązań zachęcających do wyjścia z domu, spędzania czasu na zewnątrz, zapewniających komfort termiczny w najbliższym otoczeniu,

umożliwiających kontakty sąsiedzkie (np. miejsca do siedzenia, rekreacji, zieleni, woda, zacienione miejsca),

- zapewnienie miejsc odpoczynku na trasach pieszych (ławki w cieniu, możliwość napicia się wody),
- zagospodarowanie balkonów, tarasów jako przestrzeni osłoniętych, możliwie najmniej nagrzewających się, zaaranżowanych za pomocą zieleni.

Rozdział 4. Uwarunkowania administracyjne i prawne

4.1 Podstawowe mechanizmy prawne dotyczące inwestycji budowlanych w Polsce

Regulacje prawne dotyczące proekologicznego podejścia do zagadnień urbanistycznych i architektonicznych wynikają z dyrektyw uchwalanych przez Unię Europejską. Największy wpływ na realne zmiany w polskim prawie wpływające na zagadnienia termiczne ma Directive (UE) 2018/844 dotycząca efektywności energetycznej budynków. Zawiera ona między innymi definicję budynku blisko zero energetycznego - „near zero energy building” (nZEB), plan stopniowego zmniejszania zużycia energii przez budynki do 2050 roku, strategie modernizacyjne, metodologię obliczania bilansu energetycznego budynków. Efektem zapisów tej dyrektywy w regulacjach obowiązujących w Polsce są:

- System świadectw charakterystyki energetycznej - obowiązkowy dokument dla budynków lub części budynków sprzedawanych lub wynajmowanych oraz dla budynków użyteczności publicznej (powyżej 250 m²).
- Krajowy plan zwiększenia liczby nZEB - seria różnych dokumentów - nie scalonych, część z nich składa się z aktów prawnych, inne są rekomendacjami bez mocy prawnej.
- Audyt energetyczny - ekspertyza mająca na celu określenie sposobów modernizacji budynku w celu zmniejszenia jego zapotrzebowania na energię. Wskazuje najbardziej optymalne rozwiązania, zarówno pod względem kosztów realizacji, jak i oszczędności energii - nieobowiązkowy dla budynków mieszkalnych.

Każdy proces inwestycyjny w Polsce dotyczący zabudowy i jej zagospodarowania podlega systemowi różnego rodzaju regulacji, które zapadają na różnych szczeblach administracji. Generalną zasadę systemu dokumentów dotyczących planowania przestrzennego i projektowania urbanistycznego pokazano na fig. 43. Podlega ona na zgodności dokumentów dotyczących mniejszych obszarów z tymi, dotyczącymi większych obszarów.

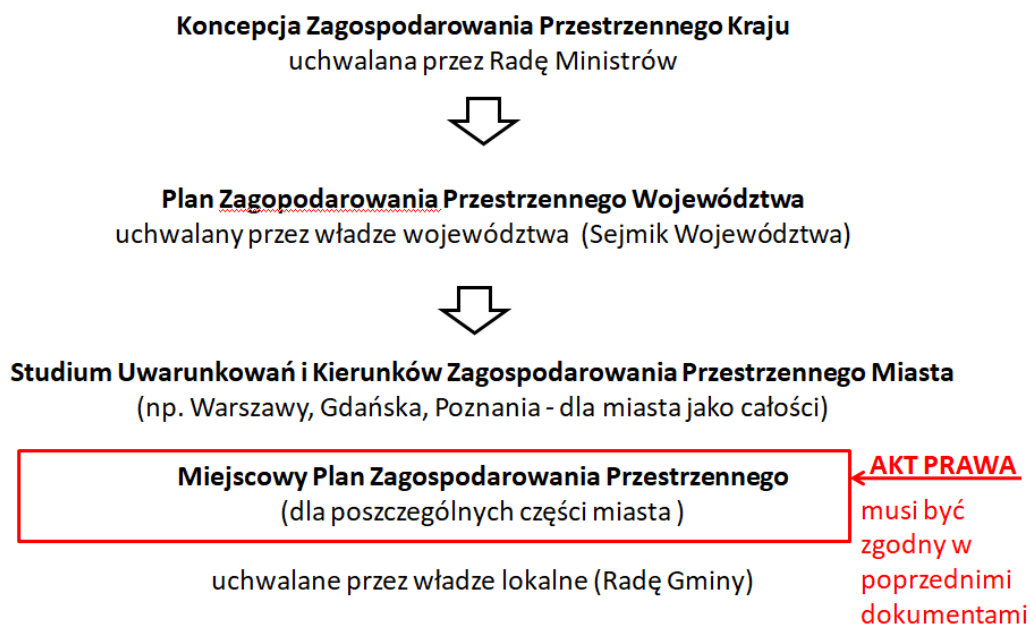


Fig. 43. System dokumentów regulujących planowanie przestrzenne i projektowanie urbanistyczne w Polsce, opracowanie własne na podstawie [20].

Dokumenty stanowiące podstawę dla działań w skali miasta Warszawy to *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Warszawy* [9] oraz *Lokalne Plany Zagospodarowania Przestrzennego*. Pierwszy z dokumentów dotyczy całego miasta i musi być zgodny w Planem Zagospodarowania Województwa. Nie ma on mocy prawnej, ale na jego podstawie opracowywane są Miejsce Plany Zagospodarowania Przestrzennego, które obejmują większe lub mniejsze fragmenty miasta (np. część dzielnicy, osiedle lub nawet kwartał zabudowy). Miejsce Plan Zagospodarowania Przestrzennego jest aktem prawnym, który obowiązuje użytkowników danego terenu. Każdy budynek powstający w danym terenie lub podlegający modernizacji musi spełniać wymagania zapisane w planie. Inwestor realizujący tego rodzaju inwestycje musi złożyć do urzędu miasta projekt wykazując jego zgodność z zapisami MPZP oraz innymi obowiązującymi przepisami. Na tej podstawie wydawane jest pozwolenie na budowę, które warunkuje rozpoczęcie prac budowlanych.

4.2 Regulacje dotyczące zjawisk termicznych w przestrzeniach miejskich i budynkach

W skali planowania urbanistycznego można wyszczególnić następujące dokumenty:

- a. *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Warszawy* [9] - zawiera analizę i opis stanu istniejącego oraz określa priorytetowe założenia rozwojowe.

Są w nim między innymi zapisy dotyczące korytarzy napowietrzających oraz systemu przyrodniczego miasta. Określają które tereny na ich obszarze są wyłączone z możliwości zabudowy, a na których dopuszczona jest taka możliwość i na jakich warunkach.

b. Programy i strategie przygotowane przez władze lokalne – wytyczne i zalecenia miejskie, na przykład dla Warszawy:

- *Strategia adaptacji do zmian klimatu dla m.st. Warszawy do 2030 roku z perspektywą do 2050 roku. Miejski plan adaptacji, 2019*
- *Klimat Warszawy, 2017 [12]*
- dokumenty związane z polityką mieszkaniową Warszawy – *Warszawski standard mieszkaniowy, Mieszkania 2030, Mieszkania 2030 standardy modernizacji i remontów, 2017*

Są to dokumenty zawierające rekomendacje co do standardów i rozwiązań dla nowych inwestycji oraz polityki modernizacji. Rekomendacje te są wykorzystywane w inwestycjach prowadzonych przez miasto, jednak w większości są to budynki użyteczności publicznej, a nie wielorodzinne. Nie ma możliwości egzekwowania realizowania tych rekomendacji w przypadku inwestycji deweloperskich, gdyż dokumenty te nie mają jakiegokolwiek mocy prawnej (chyba, że zostaną zapisane w MPZP). Tym niemniej mają one wartość edukacyjną, budującą świadomość społeczne i mogą być pomocne jako ogólne wytyczne projektowe. Można w nich odnaleźć rozwiązania ukierunkowane na minimalizację stresu termicznego np. w zakresie retencji wody, zagospodarowania terenów zielonych, poprawy efektywności energetycznej budynków.

c. *Miejscowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego* – obejmuje wymagania dotyczące wysokości i gęstości zabudowy, ilości powierzchni biologicznie czynnych, w tym dachów zielonych, ilości i rodzaju parkingów, zieleni do zachowania. Ilość podawanych w MPZP parametrów określających kształt zabudowy i strukturę zieleni jest skromna. Pomimo pogłębienia wiedzy o zależnościach między geometrią zabudowy a zjawiskami energetycznymi w przestrzeniach miasta ilość parametrów w MPZP i ich rodzaj nie zmienił się niemal w ogóle w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat. Żadne z podawanych parametrów nie odnoszą się wprost do zagadnień przewietrzania w skali lokalnej. Jako nowość pojawiły się zapisy o konieczności realizowania dachów zielonych w określonych przypadkach, zmieniły się także na korzyść (pod względem środowiskowym) zasady

określania wymaganych miejsc parkingowych – jeszcze nie tak dawno podawano liczby minimalne (to znaczy, że jeśli inwestor nie był w stanie zapewnić podanej ilości miejsc w przeliczeniu na powierzchnię użytkową, nie mógł zrealizować inwestycji), obecnie często podaje się maksymalne liczby miejsc parkingowych, a więc takie, których nie można przekroczyć. Tak więc widoczne są pewne zmiany podejścia do sposobu opracowywania planów miejscowych, jednak wciąż są zbyt małe. Jest to bardzo istotny problem, gdyż MZPZ jest praktycznie jedynym dokumentem bezpośrednio wpływającym na sposób zagospodarowania terenu w ogóle, w tym także na rozwiązania wpływające na jakość lokalnego klimatu.

W skali projektowania architektonicznego można wyszczególnić następujące dokumenty:

- a. Prawo budowlane – procedury projektowe, określające, jakie prace wymagają pozwolenia na budowę, jakie uprawnienia powinni posiadać projektanci;
- b. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – zawiera maksymalne wartości zużycia energii, minimalne wymagania dotyczące izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych, wymagania dotyczące wyposażenia technicznego (również wymagania dotyczące udogodnień dla osób z niepełnosprawnościami);
- c. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 21 czerwca 2013 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego – zawiera wymóg przeprowadzenia analizy różnych energooszczędnych rozwiązań opartych na odnawialnych źródłach energii;
- d. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej

4.3 Partycypacja społeczna

Formy partycypacji społecznej w procesach towarzyszących powstawaniu nowych inwestycji w miastach lub w procesach rewitalizacji nie są w Polsce szczególnie dobrze rozwinięte. Bezpośrednio po zmianie ustroju politycznego w latach 90-tych nie cieszyły się popularnością, gdyż kojarzyły się z przymusowymi akcjami z okresu socjalizmu. Z czasem takie potrzeby się ujawniły, a wzorce z krajów lepiej rozwiniętych pod tym względem pozwalają stopniowo wypracowywać różne formy partycypacji. Jedną z nich wynika z zapisów prawa [20] i jest elementem procesu uchwalania Miejscowych Planów

Zagospodarowania Przestrzennego. Władze miasta, na zlecenie których opracowywany jest plan mają obowiązek upublicznić projekt planu na określony czas oraz przyjąć uwagi mieszkańców. Organizowane jest otwarte spotkanie z przedstawicielami władz oraz projektantami. Uwagi są rozpatrywane, choć nie muszą być uwzględnione.

Organizowane są także inne formy partycypacji jako nieobowiązkowe inicjatywy towarzyszące kontrowersyjnym inwestycjom, koncepcjom zagospodarowania zupełnie nowych terenów w mieście, czy programom rewitalizacji dzielnic. Są to spotkania z mieszkańcami, warsztaty pozwalające poznać ich potrzeby lub oceny poszczególnych rozwiązań. Ciekawą formą partycypacji są warsztaty Charette, intensywne sesje, w których udział biorą wszyscy interesariusze danej inwestycji.

Inicjatywy partycypacyjne są zazwyczaj podejmowane przez władze miasta w sprawach inwestycji finansowanych z funduszy publicznych, zazwyczaj nie związanych budownictwem wielorodzinnym. Firmy deweloperskie, które zdominowały rynek budownictwa mieszkaniowego wielorodzinnego nie podejmują takich inicjatyw. Nie mają takiego obowiązku i nie są tym zainteresowane, gdyż ich udział w inwestycji kończy się w momencie sprzedaży mieszkań. Poza tym projektują osiedla z reguły dla „anonimowego klienta”, który pojawia się dopiero, gdy projekt jest gotowy, zatem sens tworzenia modeli partycypacyjnych jest nikły.

Ocena efektów partycypacji na podstawie dotychczasowych doświadczeń w Polsce nie jest jednoznaczna. Po pierwsze zainteresowanie nimi nie jest duże. Zaskakująco mała część społeczeństwa jest na tyle aktywna i zainteresowana wydarzeniami dziejącymi się w otoczeniu, by brać udział w takich przedsięwzięciach. Małe zainteresowanie może wynikać także z poczucia bezsilności. Ludzie nie wierzą, że mają wpływ na jakiegokolwiek decyzje zapadające na poziomie władz. Nauczeni doświadczeniami uważają, że nawet jeśli zostaną wysłuchani, to i tak zdecyduje ten, kto finansuje inwestycję i przeważą cele biznesowe nad społecznymi. Prowadzenie rozmów z mieszkańcami w ramach spotkań partycypacyjnych nie jest łatwe. Ludzie często nie potrafią określić swoich potrzeb, mają problemy z wyobrażeniem sobie przestrzeni, z wielokryterialnym sposobem oceniania. Zazwyczaj najbardziej aktywne są osoby protestujące, które obawiają się negatywnych skutków danej inwestycji (na przykład tracą otwarty widok z okna lub przestrzeń do parkowania blisko domu). Często dochodzi do sytuacji, w których niemożliwie jest wypracowanie kompromisu. Tym niemniej z pewnością warto podejmować takie próby, rozwijać różne modele partycypacji społecznej i zachęcać do udziału w nich.

Należałoby dopracować sposoby przekazu informacji. Ogłoszenia o upublicznieniu projektu Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego pojawiają się zazwyczaj w Urzędzie Miasta, na stronie internetowej urzędu oraz opcjonalnie w lokalnej prasie lub na miejskich portalach społecznościowych. Wydaje się, że skuteczniejszą, bardziej dostępną dla ludzi w różnym wieku metodą byłoby wykorzystanie tradycji brytyjskiej, gdzie niezmiennie od czasów historycznych wieszano ogłoszenia na drzewach, płotach i słupach na ulicy, gdzie mieszkają ludzie, których dotyczy sprawa. Problematiczna jest także forma zapisów Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego. Zarówno te tekstowe, jak i graficzne są mało zrozumiałe dla osób nie związanych zawodowo z urbanistyką, architekturą czy budownictwem. Niezbędne jest uczytelnienie informacji zawartych w projekcie na potrzeby ich przedyskutowania na szerszym forum.

Aktywizacja społeczna osób starszych ma duże szanse powodzenia, gdyż zazwyczaj takie osoby mają dużo czasu, chcą czuć się potrzebne i są skłonne do działań na rzecz innych. Dotarcie do nich jest możliwe za pośrednictwem na przykład klubów seniora, cieszących się dużą popularnością uniwersytetów trzeciego wieku lub tradycyjnych, dobrze widocznych ogłoszeń rozwieszanych na osiedlach.

4.4 Udział środowisk naukowych i zawodowych

Oprócz wymienionych tu form wpływania na istotne dla jakości klimatu miast decyzje projektowe w zakresie architektury i urbanistyki, warto podkreślić znaczenie środowisk naukowych i zawodowych.

Środowiska naukowe mają duże znaczenie dla procesów edukacji. Kształcą nowe kadry specjalistów, które będą się mierzyć z narastającymi problemami klimatycznymi w ciągu najbliższych dekad. Wyjście z misją edukacyjną poza środowiska studentów pozwala z kolei rozwijać świadomość społeczną szerszych grup. Działalność taka jest prowadzona na polskich uczelniach, ale nie jest to w pełni wykorzystany potencjał. Nie jest to działalność szczególnie doceniana (wynagrodzenie pracowników akademickich nie są wysokie w stosunku do średniej krajowej, a ewaluacja ich działalności opiera się głównie na punktacji za publikacje naukowe). Rozwija się dobrze tam, gdzie gromadzą się naukowcy-pasjonaci i nauczyciele akademicy z poczuciem misji. To za mało by osiągnąć bardzo dobre efekty, pomimo, że zainteresowanie studentów tą tematyką jest duże i stale rośnie. Brakuje laboratoriów i wykwalifikowanych kadr by uczyć studentów np. numerycznych metod symulacji zjawisk energetycznych, pracy z nowymi materiałami budowlanymi (materiałami low-tech, materiałami *smart*), organizowania form partycypacji społecznej.

Podobnie niewykorzystane w pełni jest przełożenie osiągnięć naukowych w zakresie omawianej tu tematyki na działania praktyczne. Brakuje płaszczyzn współpracy między badaczami, a decydentami, inwestorami, przyszłymi użytkownikami. Dyscyplina naukowa architektura i urbanistyka ma niekorzystną pozycję w konkursach grantowych w porównaniu z innymi dyscyplinami technicznymi, do grupy których się zalicza. Nie ma na przykład osobnego panelu dla tej dyscypliny w Narodowym Centrum Nauki, co oznacza, że wnioski z tej dyscypliny konkurują z innymi z dyscyplin bardziej technicznych, ukierunkowanych na tzw. „twarde” efekty wyrażane w badaniach ilościowych. Poza tym ukierunkowanie ewaluacji uczelni nie sprzyja projektom badawczym o znaczeniu lokalnym, którym nie można przypisać znaczenia międzynarodowego. Wszystko to tworzy sytuację, w której badania, nawet jeśli powstają, nie są wykorzystywane w praktyce. Deweloperzy, z reguły nie są nimi zainteresowani, gdyż z ich punktu widzenia są czymś, co komplikuje proces inwestycyjny.

Nieliczne pozytywne przejawy współpracy między środowiskami naukowymi a otoczeniem związane są z opracowywaniem dokumentów zawierających analizy, rekomendacje, zestawienia dobrych praktyk. Są one najczęściej zlecane przez władze miasta zespołom akademickim. Inną formą są granty badawcze, niestety wciąż rzadko zdobywane w Polsce na cele powiązane wprost z architekturą i urbanistyką. Przykładem takiego grantu jest projekt badawczy „Miejski Budynek Jutra 2030” realizowany przez firmę Mostostal Warszawa, finansowany przez Ministra Budownictwa i Infrastruktury w latach 2009-2013 jako tzw. grant celowy. Celem grantu było wybudowanie demonstracyjnego, modelowego budynku wielorodzinnego spełniającego standardy budynku zrównoważonego, w tym kryteria energooszczędności, wysokiej jakości środowiska termicznego, świetlnego i akustycznego. Budynek ten powstał na skrzyżowaniu ulic Krasieńskiego i Burakowskiej w Warszawie (fig. 44), został zaprojektowany przez firmę Galicki Sypniewski Architekci.



Fig. 44. Widok budynku wielorodzinnego w Warszawie, który powstał w wyniku projektu badawczego Miejski Budynek Jutra 2030, źródło: <http://www.krasinskiego41.pl/Technology.aspx>.

W budynku tym nie udało się zrealizować wszystkich założeń poczynionych na wstępie projektu. Głównym tego powodem były sztywne ramy czasowe projektu oraz nieprzewidziane trudności inwestycyjne w trakcie jego przebiegu. Nie udało się uzyskać sytuacji, by projekt architektoniczny budynku powstawał we współpracy z grupą naukowców. Włączyli się oni jako konsultanci projektu już gotowego do uzyskania pozwolenia na budowę. Tym niemniej zastosowano w nim wiele rozwiązań ekologicznych, w tym chroniących wnętrza przed nadmiarem promieniowania słonecznego latem. Uzyskano bardzo dobre parametry termoizolacyjne ścian i okien, zoptymalizowano kształt i położenie balkonów, by zacieśniały przeszklenia oraz wprowadzono zewnętrzny system zacieśniający w postaci przesuwanych paneli z żaluzjami.

Choć miejski Budynek Jutra 2030, nie jest projektem, który można uznać za wzorowy, z pewnością należy rozwijać takie inicjatywy jako kolejne etapy drogi do wypracowywania rozwiązań modelowych. Za podobną inicjatywę, wyznaczającą nowe standardy, ale tym razem na skalę projektowania urbanistycznego, można uznać proces projektowania nowej dzielnicy Wrocławia – Nowe Żerniki. Był to proces zainicjowany przez środowisko zawodowe architektów Wrocławia, którzy wiedząc, że miasto przewidziało budowę nowej

dzielnicy zorganizowali się, by stworzyć spójną wizję dzielnicy. Chcieli uchronić ją przez znanymi im mechanizmami prowadzącymi do przewagi celów biznesowych nad innymi. Ważnym elementem tej inicjatywy było opracowanie spójnego masterplanu całej dzielnicy przez bardzo dobrze wykwalifikowanych architektów, zarezerwowanie miejsc dla inwestycji społecznych (dom seniora, obiekty edukacji, rekreacji) oraz innych modeli biznesowych budowy mieszkań niż deweloperskie (kooperatywy). Masterplan posłużył jako baza dla opracowania Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego, przy czym wprowadzono wymagania, by projekty były wyłaniane w drodze konkursów architektonicznych.

Innym projektem, mniej zaawansowanym w realizacji niż nowe Żerniki, jest koncepcja Warszawskiej Dzielnicy Społecznej, która ma powstać jako zasób mieszkań budowanych przez miasto Warszawa w dzielnicy Wola. Podobnie jak w przypadku dzielnicy wrocławskiej, punktem wyjścia stał się masterplan całego terenu wykonany przez pracownię BBGK Architekci. Założenia projektowe obejmują różne rozwiązania korzystne dla komfortu termicznego na przykład: ograniczenie ruchu samochodowego i powierzchni terenów utwardzonych, znaczny udział zieleni wysokiej i powierzchni biologicznie czynnych, zielone dachy, jasne kolory pokryć dachowych, retencję wody, energooszczędne rozwiązania dla budynków [21]. W projekcie przewidziano etapowanie inwestycji oraz konsultacje społeczne z przyszłymi mieszkańcami.

Choć na razie opisane doświadczenia nie są bogate i nie sposób w pełni ocenić ich efekty, jednak wydaje się słuszne, by we współpracy środowisk samorządowych, naukowych i zawodowych tworzyć rozwiązania modelowe, o możliwie najbardziej kompleksowym podejściu do problematyki klimatu i jakości życia w środowisku mieszkaniowym. Dotyczy to zarówno nowoprojektowanych osiedli, jak i modernizowania istniejących. Dostarczałyby one wniosków na temat skuteczności poszczególnych rozwiązań, możliwości formułowania właściwych wymagań przez zapisy MPZP oraz budowały w świadomości społecznej wzorce standardu, jakiego można oczekiwać także od inwestycji deweloperskich.

4.5 Podsumowanie sytuacji prawnej w Polsce

Analiza obecnej sytuacji w Polsce i konkretnie w Warszawie w zakresie uregulowań związanych z komfortem termicznym wykazuje szereg słabości. Można je podsumować następująco:

1. duża część istniejących dokumentów nie ma jakiegokolwiek mocy prawnej, mają charakter życzeniowy i nie są respektowane przez firmy deweloperskie, które przeważają na rynku budownictwa wielorodzinnego w Polsce;
2. zapisy Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego nie gwarantują właściwego standardu w zakresie komfortu termicznego zabudowy nowoprojektowej, uzupełnianej lub modernizowanej;
3. brak kompleksowego ujęcia problematyki w regulacjach prawnych, przepisy dotyczące kwestii energetycznych są rozproszone w różnych dokumentach prawnych;
4. wprowadzane zmiany porządkują pewne kwestie, ale jednocześnie komplikują inne, nowe uregulowania są wprowadzane szybko i chaotycznie;
5. można mieć wątpliwości czy spełnienie aktualnych przepisów dotyczących zjawisk energetycznych i komfortu termicznego rzeczywiście gwarantuje taki komfort; w zakresie projektowania budynków sytuacja jest dość dobra, ale w zakresie projektowania urbanistycznego dużo gorsza;
6. zagadnienia środowiskowe nie mają w Polsce wysokiej rangi, pomimo deklaracji słownych przedstawicieli rządu, działania na rzecz klimatu nie wykraczają poza niezbędne, podyktowane przez wymagania unijne minimum

Pomimo wspomnianych uwag krytycznych należy docenić „obietujące symptomy”, w początkach dobrze ukierunkowanych działań, takich jak:

1. formułowanie standardów urbanistyczno-architektonicznych uwzględniających rozwiązania na rzecz komfortu termicznego przez lokalne władze; pomimo, że ich zasięg w zakresie budownictwa deweloperskiego jest niewielki, widoczny jest ich pozytywny wpływ w realizacjach budynków publicznych;
2. próby tworzenia warunków dla innych form prowadzenia inwestycji wielorodzinnych niż model deweloperski; podejmowane są pierwsze próby tworzenia kooperatyw mieszkaniowych, które pozwalają na większy udział przyszłych mieszkańców w decyzjach inwestycyjnych
3. projekty badawcze angażujące specjalistów wielu dyscyplin, próby wiązania zagadnień rozpatrywanych dotąd niezależnie i odnoszenia ich do warunków lokalnych konkretnych miast.

Wspieranie takich działań przez władze na szczeblu krajowym, lokalnym przez instytucje naukowe, społeczne i inne może pozwolić na rozwinięcie ich w trwałe, zrównoważone mechanizmy kierujące polityką przestrzenną miast.

Wnioski końcowe

Problem przegrzewania budynków i przestrzeni miejskich nie jest problemem uwidoczniwym w tradycji urbanistycznej i architektonicznej w Polsce. Warunki klimatu dyktowały dotychczas przede wszystkim konieczność ochrony przed zimą. Zmieniająca się sytuacja klimatu miast rzuca nowe światło na znane i utrwalone zasady. Problem przegrzewania, szczególnie w budynkach mieszkalnych jest stosunkowo nowy i jeszcze nie dość dobrze uświadomiony. Uwidocznił się już jednak w przypadku Warszawy, czego dowodzą najnowsze badania i pierwsze próby działań przeciwdziałania mu podejmowane przez władze miasta i inne środowiska.

Na potrzeby projektu EmCliC opracowano systematykę budynków mieszkalnych w Warszawie pod względem ich podatności na przegrzewanie. Podziału typologicznego dokonano na podstawie analizy bogatej literatury źródłowej na ten temat. Wyodrębniono 5 grup budynków wielorodzinnych według czasu ich budowy kierując się kryteriami technologii wznoszenia i parametrów termoizolacyjności. Są to budynki wzniesione:

- przed 1945 –zabytkowa architektura - historyczne technologie, masywne mury ceglane, brak wymagań termoizolacyjnych;
- 1946-1966 – odbudowa zniszczeń wojennych i nowych osiedli z cegły rozbiórkowej, tanie, ekonomiczne budownictwo;
- 1967-1989 – prefabrykowana, wielkopłytowa konstrukcja;
- 1990 ~ 2002 – bardziej zróżnicowane technologie zbliżone do nowoczesnych, ale mniej restrykcyjne pod względem izolacyjności cieplnej przegród;
- po 2002 – silniejszy niż dotychczas nacisk na termoizolację i efektywność energetyczną, doskonalenie technologii.

Analiza tych grup pozwala wnioskować o typach budownictwa wielorodzinnego, które w coraz mniejszym stopniu ulegają przegrzaniu. Budynki najbardziej narażone na powyższy problem (choć w różnym stopniu, co omówiono w rozdziale 2.2) to budynki wybudowane do lat 90-tych XX wieku, które nie zostały jeszcze poddane termomodernizacji. Nowsze budynki, zwłaszcza te wzniesione po 2002 roku, charakteryzują się podwyższonymi standardami technologicznymi związanymi z komfortem cieplnym, jednak przestrzenie wokół nich, ze względu na dużą gęstość zabudowy i niski udział zieleni, mogą być narażone na przegrzanie.

Podjęte tu zagadnienie doświadczania wysokich temperatur w dużych miastach mieści się w szerszej i bardzo złożonej problematyce procesów energetycznych zachodzących w mieście i konieczności regulowania ich zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Wymaga to spojrzenia na analizowany problem przez pryzmat różnych skal – miasta jako całości, fragmentów miasta, budynków i ich bezpośredniego otoczenia, indywidualnych mieszkań i zwyczajów ich użytkowników. Zaprezentowane w tym opracowaniu rozwiązania sprzyjające komfortowi termicznemu w porach gorących zostały usystematyzowane według tego porządku. Pokazuje to, że podjęte tu zagadnienie dotyka zarówno procesów planowania przestrzennego miasta, projektowania urbanistycznego dzielnic, osiedli czy kwartałów zabudowy, projektowania architektonicznego budynków i ich otoczenia (w tym projektowania krajobrazu) oraz projektowania wnętrz. To bardzo szeroka skala działań, regulowanych przez różne przepisy, które dodatkowo w Polsce, nie są właściwie uporządkowane.

Rysuje się wyraźnie potrzeba działań długoterminowych, kompleksowych koncepcji rozwojowych, które powinny być konsekwentnie realizowane niezależnie od uwarunkowań politycznych. Do ważniejszych elementów takich strategii powinny należeć przede wszystkim starania o:

1. zmniejszenie dominacji deweloperskich modeli prowadzenia inwestycji mieszkaniowych,
2. bezwzględną ochronę terenów strategicznych przyrodniczo w tym układ korytarzy napowietrzających
3. kontrolę intensywności zabudowy (wg [6] plany rozwojowe Warszawy przewidywane do 2070 roku zwiększą problem zjawiska miejskiej wyspy ciepła przez znaczne dogęszczenie zabudowy i zmniejszenie udziału terenów biologicznie czynnych),
4. zwiększanie skuteczności Miejsowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego jako instrumentów prawnych narzucających wysokie standardy środowiskowe i społeczne,
5. zwiększenie standardów projektowania na etapie studialnym³ i koncepcyjnym, zwiększenie rangi projektowania urbanistycznego (dobre praktyki wykazują

³ Obecnie powszechnie jest, że wstępne koncepcje zagospodarowania przestrzeni o charakterze materplanów, które służą do opracowywania MPZP wykonują architekci za darmo dla inwestorów jedynie za niezbyt pewną obietnicę, że w przyszłości dostaną zlecenie projektu całej inwestycji.

kluczowe znaczenie masterplanu jako punktu wyjścia dla decyzji prawnych dotyczących danego terenu).

Działania krótkoterminowe powinny dotyczyć przede wszystkim modernizacji istniejącej zabudowy mieszkaniowej. Analiza przeprowadzona w tym opracowaniu wykazała konieczność łącznego traktowania budynku i jego bezpośredniego otoczenia, zarówno w działaniach projektowych dotyczących nowej zabudowy, jak i modernizacjach. Niewątpliwie termomodernizacje budynków, które są sukcesywnie prowadzone w osiedlach mieszkaniowych niespełniających współczesnych standardów energetycznych, przynoszą dobry efekt. Powinny być lepiej wspierane przez centralne lub lokalne władze, ale należy także:

1. unowocześniać technologie i przekształcać je w bardziej ekologiczne (na przykład przeważający obecnie styropian jako materiał termoizolacyjny powinien być zastąpiony innymi, bardziej przyjaznymi środowiskowo materiałami),
2. rozszerzyć cele termomodernizacji - z podejścia typu „chronimy budynek przed utratą ciepła” na podejście „ale także przed przegrzewaniem pomieszczeń w okresach gorących”,
3. dopracować i propagować właściwe rozwiązania dla budynków o wartości historycznej, w których elewacje powinny pozostać odkryte, żeby nie utracić wartościowych detali architektonicznych (duża część budynków także tych nie chronionych przez konserwatora jako zabytki ma takie detale).

Spośród opisywanych tu rozwiązań wpływających na równowagę temperatury latem można wyodrębnić grupę takich, które mogą przynieść dobre efekty, a są proste i nie wymagają dużych interwencji. Ich wprowadzanie mieści się w możliwościach spółdzielni, właścicieli mieszkań (warto je także dofinansowywać w ramach programów miejskich). Na ogół spełniają także wiele innych, cennych środowiskowo i społecznie ról. Są to:

1. zewnętrzne systemy zacieniające w postaci elementów takich jak poziome daszki, balkony, gzymsy na elewacjach o orientacji południowej oraz panele żaluzjowe, rolety, elementy pionowe (tzw. „żyletki”) na elewacjach zachodnich, południowo-zachodnich, południowo-wschodnich; powinny zostać starannie zaprojektowane (nie powinny ograniczać dostępu do promieniowania słonecznego w okresach zimowych oraz nie powinny ograniczać światła naturalnego i widoku przez cały rok); tego rodzaju remonty powinny być koordynowane dla całego budynku,
2. nawierzchnie biologicznie czynne, zamiast utwardzonych w otoczeniu budynku,

3. wysokie drzewa w otoczeniu budynków (ich gatunek, wielkość i lokalizacja względem budynku oraz dróg, parkingów i chodników ma znaczenie)
4. miejsca zacienienia w otoczeniu budynków jako miejsca do spędzania czasu (drzewa, sezonowe daszki), sezonowe zacienianie balkonów
5. zielone dachy i balkony
6. retencja wody, zbiorniki wodne w przestrzeniach rekreacji sąsiedzkiej, ujęcia wody do picia, sezonowo chłodzące kurtyny wodne

Montaż klimatyzacji w jednostkowych mieszkaniach, choć jest rozwiązaniem niemal natychmiastowym i pod wieloma względem najprostszym, w ogólnej ocenie środowiskowej i społecznej nie jest korzystny. Zwielokrotniony przez ilość mieszkań wymagających poprawy sytuacji, w ogólnym bilansie może pogorszyć sytuację klimatyczną miasta.

Mówiąc o działaniach doraźnych, które mogą przynieść dobre efekty, warto też uwzględnić wsparcie dla urbanistów, architektów, inżynierów różnych branż budowlanych i innych uczestników procesu projektowania nowej zabudowy lub modernizacji istniejącej. Opanowanie tak złożonych zagadnień wymaga zaawansowanych narzędzi, przede wszystkim umożliwiających symulowanie efektów różnych decyzji projektowych i ich porównywanie. Choć takie narzędzia istnieją i nieustannie się rozwijają, ich wprowadzenie do procesu projektowania w praktyce jest bardzo trudne i obecnie udaje się to w Polsce wciąż jeszcze nielicznym, najlepiej rozwiniętym i wyspecjalizowanym pracownikom architektonicznym. Narzędzie wspierające projektowania takie jak BIM (Building Information Management), oprogramowanie parametryczne, symulacyjne mają szanse na większe niż dotychczas upowszechnienie pod warunkiem większej dostępności do danych takich jak: dane o budynkach (cyfrowe wersje dokumentacji technicznych), dane dotyczące klimatu, szczególnie w skali mikroklimatu wokół budynków, cyfrowe mapy miasta, w tym modele, których można użyć bezpośrednio do symulacji „działania” projektowanych budynków jako elementów większej całości w otoczeniu.

Braki w zakresie ujednoliconych i skupionych w jednym źródle informacji ujawniły się w podjętej w tym opracowaniu analizie typologicznej zabudowy mieszkaniowej Warszawy. Podział typologiczny opracowany na potrzeby projektu EmCliC został przeprowadzony na podstawie przeglądu wielu pozycji literaturowych. Wykonane tu analizy pozwalają wnioskować o typach zabudowy wielorodzinnej mniej i bardziej narażonej na przegrzewanie. Najbardziej narażone (choć w różnym stopniu, o czym mowa w rozdziale 2.2) na ten problem są budynki, które powstały do lat 90-tych, a nie zostały poddane termomodernizacji. Budynki

nowsze, szczególnie te wznoszone po 2002 roku mają znacznie lepsze standardy technologiczne związane z komfortem cieplnym, jednak przestrzenie wokół nich z racji na duże zagęszczenia zabudowy i niski udział zieleni mogą być narażone na przegrzewanie. Konkretnie położenie danych typów zabudowy trudno jednak dokładnie umiejscowić na interaktywnej mapie, a to prawdopodobnie byłoby najlepsze dla dalszych badań projektu EmCliC. Wskazano tu możliwości kompletowania danych z różnych źródeł, w zależności od potrzeb projektu w zakresie szczegółowości badań i ich priorytetów.

Aneks

Wytyczne jak radzić sobie z problemem przegrzewania pomieszczeń mieszkalnych z perspektywy rozwiązań architektonicznych i urbanistycznych.

1. Dla indywidualnych osób:
 - przystosowanie własnego mieszkania przez: montaż elementów zacieniających okna (zewnątrzne są dużo bardziej skuteczne niż wewnętrzne), wykonanie posadzki tarasu lub balkonu z materiałów nienagrzewających się i jasnych, zaaranżowanie go zielenią oraz zacienienie (np. za pomocą markizy lub pnączy),
 - zwyczaje – zamykanie i zasłanianie okien, gdy temperatura jest wysoka, wietrzenie mieszkania nocą,
 - aranżacja terenu blisko budynku jako nieutwardzonego, pokrytego zielenią,
 - montaż elementów instalacyjnych – wentylatorów lub klimatyzatorów, choć te ostatnie nie są rozwiązaniem przyjaznym środowisku i powinny być stosowane w ostateczności.
2. Dla wspólnot sąsiedzkich, spółdzielni mieszkaniowych:
 - modernizacja budynków – izolacja termiczna ścian i dachów, wymiana okien (lepsza termoizolacyjność, właściwości selektywnego przepuszczania promieniowania słonecznego, zewnętrzne systemy zacieniające),
 - zagospodarowanie terenu wokół budynków jako możliwie najmniej utwardzonego (bez samochodów), z możliwie dużym udziałem zieleni, w tym drzew zacieniających najbardziej nasłonecznione ściany budynku oraz miejsca odpoczynku na zewnątrz, organizacja zbiorników retencyjnych, umieszczenie ławek, kranów z wodą pitną oraz sezonowych elementów zacieniających.,
 - tworzenie inicjatyw sąsiedzkich, dialog z lokalnymi władzami miasta w sprawie wspierania inicjatyw modernizacyjnych budynków i otoczenia.
3. Dla władz miasta:
 - ochrona istniejących systemów terenów biologicznie czynnych, uzupełnianie ich o nowe, tworzące ciągłe systemy z istniejącymi,
 - kontrola intensywności zabudowy, zwiększenie liczby parametrów regulujących ich kształt według kryteriów środowiskowych np. możliwości wentylacji przestrzeni wokół nich,
 - lepsze wspieranie modernizacji termicznych budynków istniejących,
 - modernizacja przestrzeni publicznych miasta wg kryterium maksymalizacji powierzchni zielonych, organizacji miejsc zacienionych, umożliwiających odpoczynek, sezonowe kurtyny wodne, punkty poboru wody.
 - przekształcania procedur planistycznych w kierunku obowiązku sporządzania masterplanów dla większych obszarów, a dopiero na ich podstawie Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego,
 - poszukiwanie innych form realizowania inwestycji mieszkaniowych niż deweloperskie, stawianie większych wymagań deweloperom w zakresie jakości urbanistycznej wnoszonych osiedli mieszkaniowych.

Bibliografia

1. G., Saldanha M., Liedl P., *Climate Skin, Building-skin Concepts that Can Do More with Less Energy*, Birkhäuser, Basel–Boston–Berlin 2006.
2. Manzano-Agugliaro F., Montoya F., Sabio-Ortega A, García-Cruz A, *Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49, 2015, 736-755.
3. Raven, J., Stone, B., Mills, G., Towers, J., Katzschner, L., Leone, M., Gaborit, P., Georgescu, M., and Hariri, M., Urban planning and design. In Rosenzweig, C., W. Solecki, P. Romero-Lankao, S. Mehrotra, S. Dhakal, and S. Ali Ibrahim (eds.), *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*, Cambridge University Press, New York, 2018, 139–176.
4. Oke T.R., *Boundary Layer Climates*, John Wiley & Sons, New York, 1987.
5. Shi Y., Ren Ch., Zheng Y., Ng E., *Mapping the urban microclimatic spatial distribution in a sub-tropical high-density urban environment*, Architectural Science Review, 2015 1-15. 10.1080/00038628.2015.1105195.
6. Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P. et al, *Miejska wyspa ciepła w Warszawie. Uwarunkowania klimatyczne i urbanistyczne*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Sedno Wydawnictwo Akademickie, Warszawa, 2014., https://www.researchgate.net/publication/297368119_Miejska_wyspa_ciepła_w_Warszawie_-_uwarunkowania_klimatyczne_i_urbanistyczne.
7. Adamczyk A.B., Błażejczyk K., Kuchcik M., *Warunki termiczne aglomeracji warszawskiej*, w Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K., *Klimat i bioklimat miast*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2008, pp.11-20.
8. *Podręcznik typologii budynków mieszkalnych z przykładami działań mających na celu zmniejszenie ich energochłonności*, Tabula Intelligent Energy Europe, Narodowa Agencja Poszanowania Energii, Warszawa, 2011, https://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/PL_TABULA_TypologyBrochure_NAPE.pdf
9. *Studium uwarunkowań i kierunków rozwoju Miasta Stołecznego Warszawy*, Prezydent Miasta Stołecznego Warszawy, Warszawa 2018, https://www.bip.warszawa.pl/dokumenty/radamiasta/uchwaly/2018_1667/1667_uch_zal_1.pdf
10. Smętkowski M., *Zróźnicowania społeczno-przestrzenne Warszawy – inercja, czy metamorfoza struktury miasta?* Przegląd Geograficzny 82, 4, 2008, 461-481, <https://rcin.org.pl/dlibra/doccontent?id=55573>
11. *Strategia adaptacji do zmian klimatu dla m.st. Warszawy do 2030 roku z perspektywą do 2050 roku. Miejski plan adaptacji*, Warszawa 2019, <http://2030.um.warszawa.pl/adaptcity/>
12. *Klimat Warszawy*, Biuro Architektury i Planowania Przestrzennego w Urzędzie Miasta Stołecznego Warszawy, Warszawa 2017, http://www.architektura.um.warszawa.pl/sites/default/files/klimat_broszura.pdf
13. Krautheim, M., Pasel, R., Pfeiffer, S.,Schultz-Granberg, J., *City and wind. Climate as an Architectural Instrument*, DOM publishers, Berlin, 2014.

14. Zielonko-Jung K., *Optyw powietrza wokółbudyneków jako czynnik optymalizacji kształtu zabudowy*, rozdział w "Energetyczny kontekst kształtowania form architektonicznych w badaniach i projektach" ed. J. Marchwiński, WSEZ, Warsaw, 2015.
15. *Gdański stadrard ulicy miejskiej*, Biuro Rozwoju Gdańska, Gdańsk 2020, <https://baw.bip.gdansk.pl/api/file/GetZipxAttachment/216/1188098/preview>
16. *Katalog dobrych praktyk, cz. II. Zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi na obszarze zabudowanym*, Urząd Miasta Wrocławia, Wrocław 2019, <https://www.wroclaw.pl/srodowisko/files/dokumenty/26836/katalog-dobrych-praktyk-zlap-deszcz.pdf>
17. Janiak J., *Architektura zintegrowana z zielenią. Szpalery drzew liściastych jako osłona przeciwsłoneczna budynków*, Doktorat, Wydział Architektury, Politechnika Gdańska Gdańsk, 2021.
18. Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Enegy Manual, Sustainable Architecture*, Birkhauser, Basel, Boston, Berlin, 2008.
19. Marchwiński J., Zielonko-Jung K., *Współczesna architektura proekologiczna*, PWN, Warsaw, 2012.
20. *Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym*, Dz. U. 2003 Nr 80 poz. 717, Dziennik Ustaw 2003, No. 80, item 717.
21. *Warszawska Dzielnica Społeczna. Wstępna koncepcja masterplanu*, BBGK Architekci, Warszawa 2019, https://architektura.um.warszawa.pl/sites/default/files/files/WDS_wstepna%20koncepcja_wersja%20robocza.pdf
22. Alwetaishi M., *Impact of Building Function on Thermal Comfort: A Review Paper*, American Journal of Engineering and Applied Sciences, 9, 2016, 928-945; https://www.researchgate.net/publication/317109298_Impact_of_Building_Function_on_Thermal_Comfort_A_Review_Paper
23. Carmeliet J., *Miltiscale building physics. From nano to urban scale*, source:<https://www.slideshare.net/swissnexSF/multiscale-building-physics-empa>
24. Chmielewski J.M., *Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast*, OWPW, Warszawa, 2001.
25. Kassenberg A., *Wstępny raport monitoringu środowiskowego na potrzeby projektu Adaptcity*, Fundacja Instytut na Rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2016; adaptcity.pl/wp-content/uploads/2016/09/Raport-wstepny-monitoringu-srodowiska.pdf
26. *Mapa klimatyczna* Warszawy; <http://mapa.um.warszawa.pl/mapaApp1/mapa?service=adaptcity>.