

Streszczenie

Zmiany klimatyczne i rosnąca częstotliwość letnich fal upałów stwarzają nowe zagrożenia przegrzania w budynkach mieszkalnych zlokalizowanych w klimatach takich jak polski. Jednocześnie rosnące zapotrzebowanie na chłodzenie stanowi wyzwanie dla obecnych celów zrównoważonego rozwoju i zwiększa zależność od mechanicznych systemów klimatyzacji. Wentylacja naturalna oferuje energooszczędną alternatywę; jednak jej skuteczność w budownictwie wielorodzinnym pozostaje niedostatecznie poznana, szczególnie w przypadku zmiennych kierunków wiatru, konfiguracji okien, strategii zacieniania i przyszłych warunków klimatycznych.

Niniejsza rozprawa doktorska bada i optymalizuje strategie wentylacji poprzecznej i narożnej w polskich budynkach wielorodzinnych, wykorzystując podejście oparte na symulacji. Badanie łączy analizę architektoniczną, ocenę klimatu, obliczeniową mechanikę płynów (CFD), ocenę nasłonecznienia i modelowanie komfortu cieplnego, aby zbadać wpływ orientacji budynku, wielkości okien, systemów zacieniania, poziomu podłogi i kierunku wiatru na przepływ powietrza i warunki termiczne w pomieszczeniach. Jako studia przypadków wybrano dwa reprezentatywne typy mieszkań powszechnie spotykane w polskim budownictwie mieszkaniowym. Opracowano i zweryfikowano z danymi eksperymentalnymi sprawdzony proces pracy CFD, uzyskując akceptowalną dokładność. Przeanalizowano łącznie 48 scenariuszy symulacyjnych, obejmujących dwie typologie wentylacji, dwa rozmiary okien, trzy konfiguracje zacieniania i osiem kierunków wiatru. Wyniki pokazują, że orientacja budynku jest najważniejszym parametrem projektowym, a kierunek wiatru powoduje różnice temperatur wewnętrznych sięgające $14,3^{\circ}\text{C}$ we wszystkich przypadkach. Zwiększenie szerokości okien o 30 cm obniżyło temperaturę wewnętrzną o około $1,65^{\circ}\text{C}$ w sypialniach i $2,1^{\circ}\text{C}$ w salonach, jednocześnie poprawiając prędkość przepływu powietrza nawet o 0,22 m/s. Większe okna konsekwentnie poprawiały wydajność pasywnego chłodzenia, a odpowiednio zaprojektowane urządzenia zacieniające dodatkowo zmniejszały ryzyko przegrzania przy dużym nasłonecznieniu. Wentylacja poprzeczna generalnie zapewniała lepszą wydajność termiczną; jednak zoptymalizowane konfiguracje wentylacji narożnej wykazały również znaczny potencjał pasywnego chłodzenia w kompaktowych budynkach miejskich.

Badania dodatkowo zintegrowały wyniki CFD z analizą Standardowej Temperatury Efektywnej (SET), aby ocenić percepcję termiczną mieszkańców w obecnych i przyszłych warunkach klimatycznych. Wyniki badań ujawniają, że konwencjonalne oceny komfortu oparte wyłącznie na danych pogodowych dotyczących prędkości wiatru mogą niedoszacować lokalnych warunków dyskomfortu, podczas gdy oceny o wysokiej rozdzielczości oparte na CFD zapewniają bardziej realistyczne odwzorowanie środowiska termicznego wewnątrz budynków. Symulacje przeprowadzone w prognozowanych warunkach klimatycznych na rok 2050 wskazują na znaczne obniżenie skuteczności pasywnych strategii chłodzenia, co podkreśla potrzebę projektowania architektonicznego uwzględniającego zmiany klimatu.

Badanie wnosi wkład do nauki o budownictwie, łącząc architekturę, fizykę budowli i modelowanie obliczeniowe poprzez opracowanie opartych na dowodach rekomendacji projektowych dla budynków mieszkalnych z wentylacją naturalną. Wyniki badań dostarczają praktycznych wskazówek architektom, inżynierom i decydentom dążącym do poprawy komfortu termicznego, zmniejszenia ryzyka przegrzania i zwiększenia odporności na zmiany klimatu w polskim budownictwie mieszkaniowym i podobnych regionach o klimacie umiarkowanym.

Słowa kluczowe: wentylacja naturalna, wentylacja poprzeczna, wentylacja narożna, komfort termiczny, CFD, Standardowa Temperatura Efektywna (SET), chłodzenie pasywne, przegrzanie, budynki mieszkalne, Polska, zmiany klimatu.