

# Sposób użytkowania lokalu mieszkalnego jako przyczyna dyskomfortu eksploatacyjnego

Dr inż. Krzysztof Arendt, dr hab. inż. Maciej Niedostatkiwicz,  
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

## 1. Wprowadzenie

Współcześnie bardzo często można spotkać sytuacje, w których budynki mieszkalne projektowane są jako intensywnie rozczłonkowane w rzucie poziomym, co zgodnie z zamysłem projektanta architektury ma przyczynić się do zwiększenia ich atrakcyjności wizualnej. Działania te bardzo często połączone są ze zwiększeniem liczby pionowych przegród przezroczystych w budynku, co z jednej strony zwiększa możliwość doświetlenia pomieszczeń światłem naturalnym, z drugiej komplikuje przepływ ciepła i wilgoci przez przegrody, zwiększając ryzyko usterek ciepło-wilgotnościowych [1]. Ryzyko to dodatkowo rośnie w przypadku niewłaściwego sposobu użytkowania samych lokali mieszkalnych, polegającym głównie na obniżaniu temperatury w pomieszczeniach (tzw. zakręcanie grzejników), zamykaniu (zaślepianiu) kratki wentylacji grawitacyjnej i nawiewników okiennych oraz doprowadzaniu do podwyższonej wilgotności powietrza w pomieszczeniach. Działania te przyczyniają się do powstawania rozwoju korozji biologicznej w obszarze mostków cieplnych, w szczególności węzłów stropowo-ściennych i połączeń ścian z oknami, pomimo prawidłowej konstrukcji tych elementów, zapewniającej bezusterkowe użytkowanie przy prawidłowych warunkach eksploatacji.

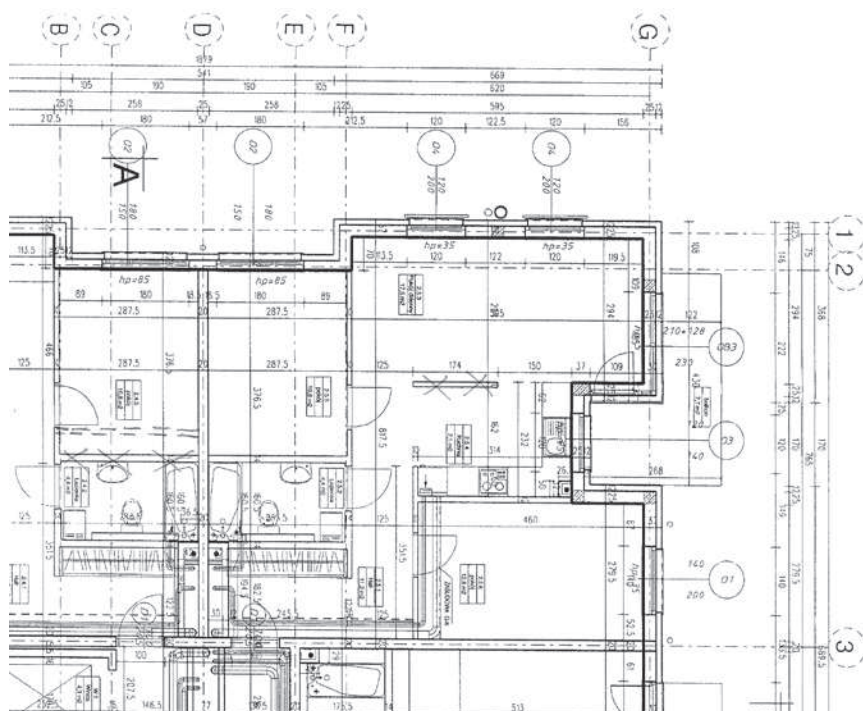
Celem artykułu jest przedstawienie negatywnego wpływu działań użytkowników lokalu mieszkalnego na jego stan techniczny, będących bezpośrednią przyczyną powstawania dyskomfortu eksploatacyjnego w budynku zaprojektowanym z zachowaniem zasad wiedzy technicznej.

## 2. Dane ogólne

Budynek zaprojektowany został w technologii tradycyjnej, udoskonalonej, jako 4-kondygnacyjny, całkowicie podpiwniczny (rys. 1a). W poziomie podziemia zaprojektowano halę garażową, ściany zaprojektowano jako żelbetowe monolityczne o grubości 20 cm, ocieplone do poziomu 120 cm poniżej poziomu terenu wokół



**Rys. 1.** Wielorodzinny budynek mieszkalny: a) widok elewacji, korozja biologiczna, b) ścian podziemnej hali garażowej, c) ościeża oraz d) strefy podparapetowej w lokalu mieszkalnym w poziomie parteru, dodatkowe ocieplenie, e) narożnika systemowego z PCV oraz f) cokołu w strefie przyziemia



**Rys. 2.** Rzut lokalu mieszkalnego w poziomie parteru (na podstawie dokumentacji powykonawczej)

budynku warstwą polistyrenu ekspandowanego (EPS – styropianu) o grubości 8 cm. Dokumentacja projektowa przewidywała wykonanie izolacji przeciwwilgociowej części murów zagłębionych w gruncie za pomocą powłokowych mas bitumicznych. Stropy międzykondygnacyjne zaprojektowane zostały jako żelbetowe, monolityczne o grubości 22 cm. Mury zewnętrzne zaprojektowano z bloczków wapienno – piaskowych (silikatowych) o grubości 24 cm. Dokumentacja projektowa przewidywała ocieplenie murów zewnętrznych warstwą styropianu (EPS) o grubości 15 cm. Stan zrealizowany był zgodny ze stanem projektowanym.

Według użytkownika mieszkania w poziomie parteru (rys. 2) występowały w nim uciążliwości eksploatacyjne w postaci:

- odczuwalnego wychłodzenia w pomieszczeniach lokalu mieszkalnego, w szczególności w strefie przypodłogowej,
- lokalnego powstawania ognisk korozji biologicznej, w szczególności w strefach podparapetowych obniżonych do wysokości 35 cm powyżej poziomu podłogi,
- odczuwalnie podwyższonej wilgotności w pomieszczeniach mieszkania.

Wobec zgłaszanych przez użytkownika lokalu mieszkalnego zastrzeżeń deweloper podjął działania mające na celu polepszenie warunków eksploatacyjnych budynku – ocieplił cokół budynku (pogrubienie izolacji o 3 cm) oraz ocieplił narożny systemowy słupek okienny (warstwą o grubości 8 cm). W obu przypadkach do wykonania ocieplenia zastosowano polistyren ekspandowany EPS (styropian).

### 3. Opis usterek cieplno-wilgotnościowych

Na ścianach zewnętrznych w poziomie podziemnej hali garażowej, bezpośrednio pod obrysem lokalu mieszkalnego w poziomie parteru zidentyfikowano lokalne ślady rozwoju korozji biologicznej (rys. 1b). Jednocześnie na ścianach brak było śladów świadczących o nieszczelności izolacji wodochronnych części murów zagłębionych w gruncie: dotyczyło to zarówno izolacji pionowej (brak uszkodzeń wilgotnościowych na wysokości kondygnacji podziemnej hali garażowej), jak również izolacji poziomej (brak uszkodzeń wilgotnościowych w strefie przypodłogowej).

W lokalu mieszkalnym w poziomie parteru widoczne były ślady uszkodzeń korozją biologiczną (zagrzybienie) na elementach rolet wewnętrznych. Lokalne ślady uszkodzeń korozyjnych widoczne były na ościeżach oraz na po-

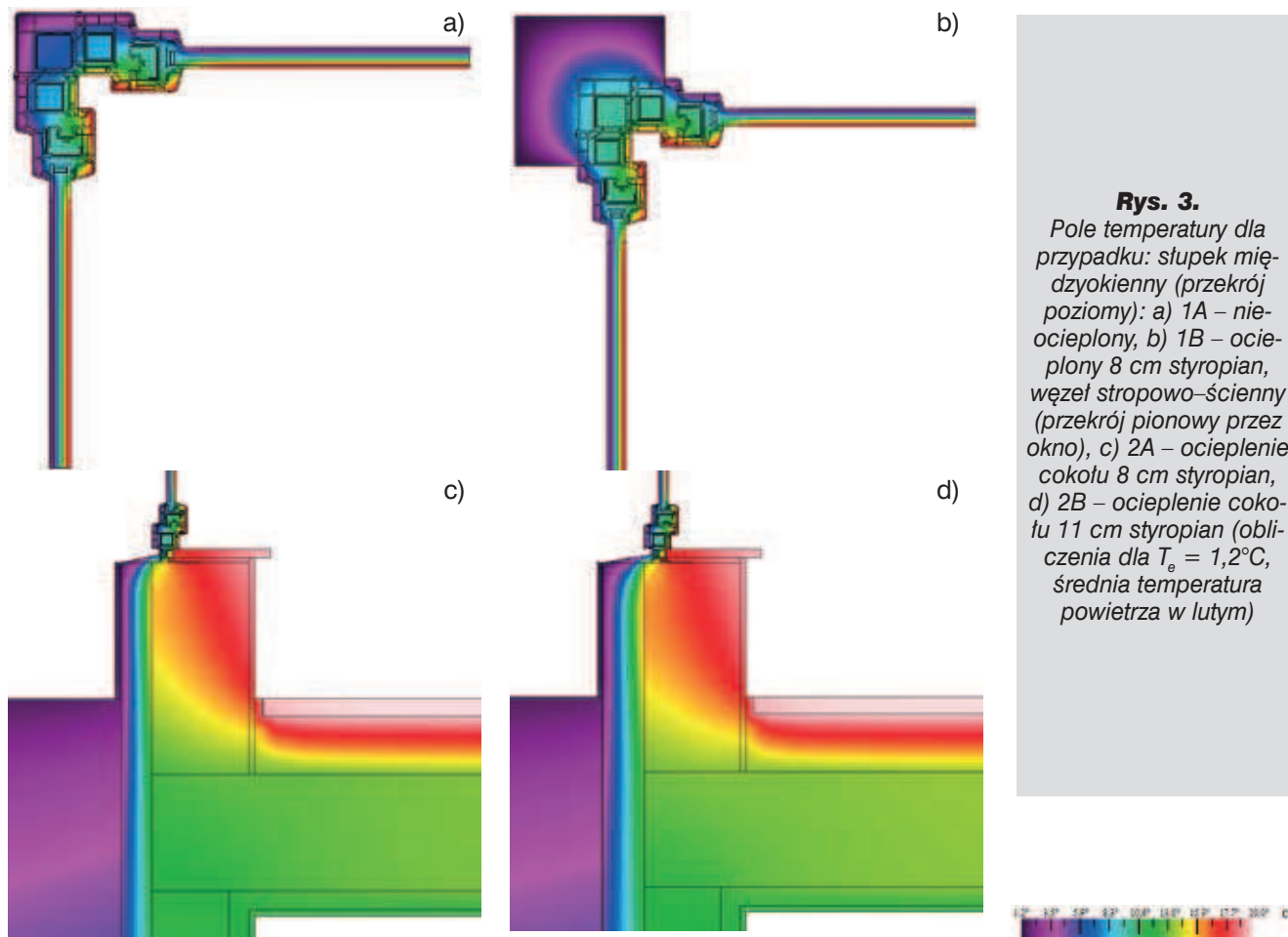
wierzchni obniżonej strefy podparapetowej (rys. 1c, d). W czasie oględzin w lokalu mieszkalnym przebywała zwiększona liczba zwierząt domowych (dwa duże psy – husky i labrador – oraz kot). Ponadto w mieszkaniu stwierdzono dużą ilość prania, które suszone było w korytarzu komunikacyjnym na suszarkach składanych. Stałymi mieszkańcami lokalu mieszkalnego, oprócz dwojga osób dorosłych, była trójka dzieci (dwoje dzieci w wieku wczesnoprzedшкоlnym oraz jedno dziecko w wieku przedszkolnym).

### 4. Analiza przyczyn uciążliwości eksploatacyjnych

W ramach analizy obliczeniowej określono krytyczne warunki cieplno-wilgotnościowe środowiska wewnętrznego, w których możliwy jest rozwój pleśni na wewnętrznych powierzchniach nieprzezroczystych przegród zewnętrznych (murów zewnętrznych, ram okiennych).

Zgodnie z §321, ust.1 dokumentu [3] na wewnętrznej powierzchni nieprzezroczystej przegrody zewnętrznej (muru zewnętrznego) nie może występować kondensacja pary wodnej umożliwiającą rozwój grzybów pleśniowych, natomiast zgodnie z §322, ust.1 tego samego dokumentu rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe zewnętrznych przegród budynku, warunki cieplno-wilgotnościowe, a także intensywność wymiany powietrza w pomieszczeniach, powinny uniemożliwiać powstanie zagrzybienia.

Zgodnie z wymaganiami dokumentu [3] kondensacja pary wodnej na wewnętrznych powierzchniach prze-



**Rys. 3.**  
 Pole temperatury dla przypadku: słupek międzyokienny (przekrój poziomy): a) 1A – nieocieplony, b) 1B – ocieplony 8 cm styropian, węzeł stropowo–ścienny (przekrój pionowy przez okno), c) 2A – ocieplenie cokołu 8 cm styropian, d) 2B – ocieplenie cokołu 11 cm styropian (obliczenia dla  $T_e = 1,2^\circ\text{C}$ , średnia temperatura powietrza w lutym)

gród przezroczystych jest dopuszczalna, w związku z czym w analizie wykluczono wpływ warunków wewnętrznych i zewnętrznych na kondensację pary wodnej na wewnętrznych powierzchniach szyb i uszczelek przyszybowych. Choć kondensacja pary wodnej na szybach nie prowadzi do rozwoju zagrzybienia powierzchni samych okien (ze względu na niekorzystny dla pleśni rodzaj podłoża), może przyczynić się do rozwoju pleśni na roletach okiennych, żaluzjach materiałowych oraz zasłonach.

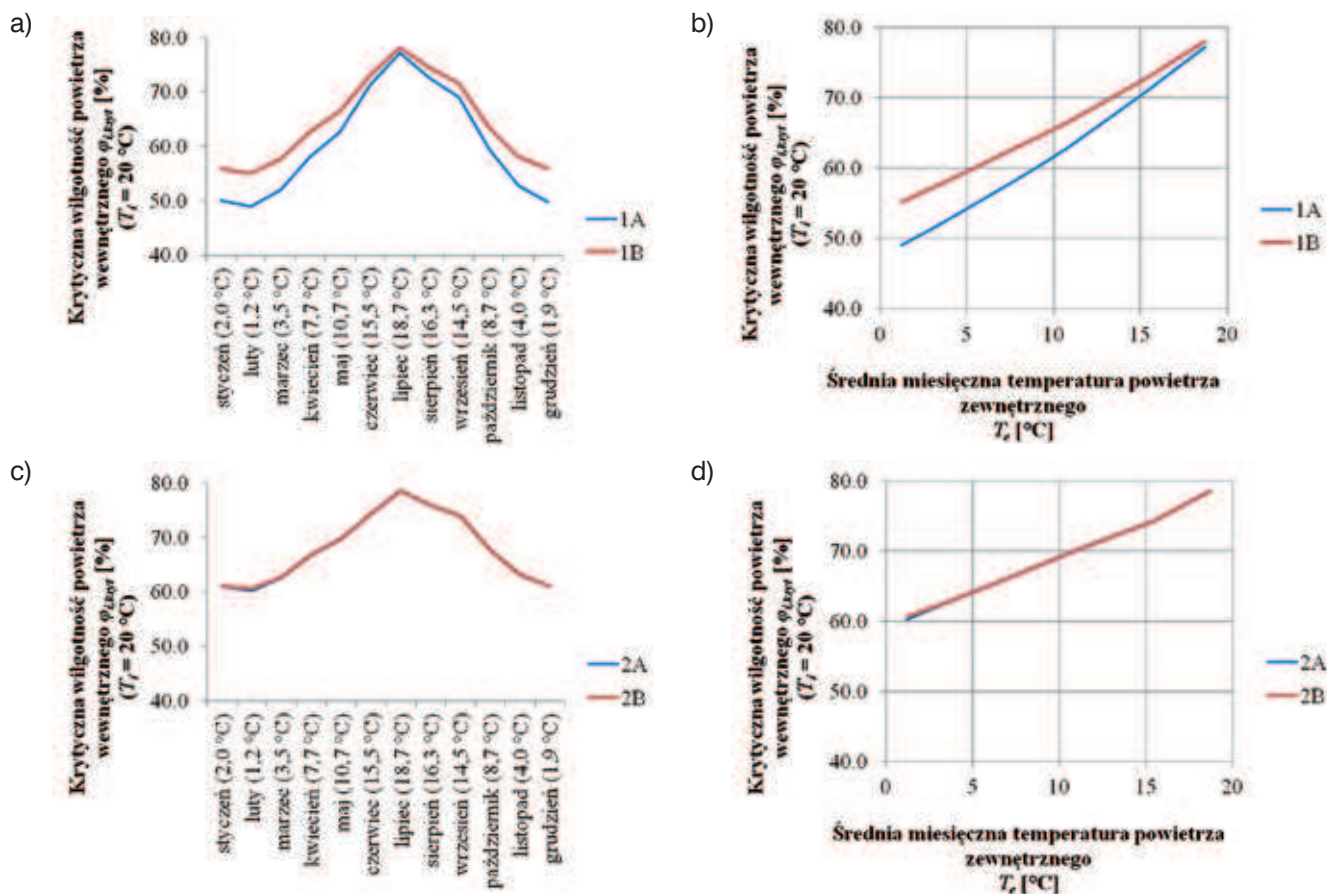
Zakres elementów objętych analizą (przypadków obliczeniowych) przyjęto w sposób następujący:

- 1A – słupek PCV narożny międzyokienny (przekrój poziomy), nieocieplany (stan projektowany/zrealizowany),
  - 1B – słupek PCV narożny międzyokienny (przekrój poziomy), ocieplony warstwą styropianu o grubości 8 cm (stan zrealizowany udoskoniony),
  - 2A – węzeł stropowo–ścienny w przekroju pionowym przez okno, ocieplony w obszarze cokołu warstwą styropianu o grubości 8 cm (stan projektowany/zrealizowany),
  - 2B – węzeł stropowo–ścienny w przekroju pionowym przez okno ocieplony w obszarze cokołu warstwą styropianu o grubości 11 cm (stan zrealizowany udoskoniony).
- Wybrane przypadki obliczeniowe stanowiły przekroje, w obszarze których ryzyko pojawienia się niekorzyst-

nych warunków cieplno-wilgotnościowych, sprzyjających rozwojowi pleśni, jest największe.

Obliczenia wykonane zostały dla następujących warunków zewnętrznych:

- temperatura powietrza wewnętrznego  $T_i = 20^\circ\text{C}$ , stała w ciągu roku (temperatura obliczeniowa według [1]),
  - temperatura powietrza zewnętrznego  $T_e$  przyjęta jako średnia miesięczna na podstawie typowego roku meteorologicznego dla Gdańska (zgodnie z wytycznymi [6]),
  - stała temperatura gruntu na głębokości 2,5 m (i w odległości 0,75 m od budynku) równa średniej rocznej temperaturze powietrza zewnętrznego  $T_{gr} = 8,7^\circ\text{C}$  (wahania temperatury gruntu na głębokości poniżej 2,5 m mają pomijalnie mały wpływ na temperaturę powierzchni rozpatrywaną w lokalu mieszkalnym),
  - temperatura powietrza w garażu  $T_g = 12^\circ\text{C}$  (na podstawie [7]),
  - opór przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej  $R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K/W)}$  (zgodnie z wytycznymi [8]),
  - opór przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej  $R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K/W)}$  (zgodnie z wytycznymi [8]),
  - powierzchnie tnące model zamodelowano jako powierzchnie adiabatyczne (z wyjątkiem wycinka dolnej powierzchni gruntu, na której założono  $T_{gr} = 8,7^\circ\text{C}$ ).
- Parametry materiałowe przyjęto zgodnie z normą [9].



**Rys. 4.** Wilgotność krytyczna  $\phi_{i, kryt}$  powietrza wewnętrznego w poszczególnych miesiącach typowego roku meteorologicznego oraz w funkcji średniej miesięcznej temperatury zewnętrznej dla przypadku: a), b) słupek międzyokienny (przekrój poziomy), c), d) węzeł stropowo-ścienny (przekrój pionowy przez okno) (1A, 1B, 2A, 2B – oznaczenia jak na rysunku 3)

Obliczenia numeryczne wykonano za pomocą programu THERM 6.3 [2], przeznaczanego do analizy dwuwymiarowego ustalonego przepływu ciepła przez przegrody budowlane, którego kod obliczeniowy oparty jest na Metodzie Elementów Skończonych. Zastosowany w programie algorytm obliczeniowy uwzględnia wpływ radiacji i konwekcji na wymianę ciepła w pustkach powietrznych poprzez ekwiwalentny współczynnik przewodzenia ciepła powietrza zależny od wymiarów pustki powietrznej, temperatur i emisyjności powierzchni oraz kierunku przepływu ciepła.

Zgodnie z normą [6] ryzyko rozwoju pleśni na powierzchni przegrody istnieje wówczas, kiedy wilgotność względna powietrza przy rozpatrywanej powierzchni przekroczy 80%. Jeżeli temperatura powierzchni jest niższa od temperatury powietrza wewnątrz pomieszczenia, wilgotność względna powietrza rośnie wraz ze zmniejszeniem dystansu od powierzchni przegrody (czym bliżej przegrody, tym większa wilgotność względna). W ramach wykonanych obliczeń określono krytyczną wilgotność względną powietrza wewnętrznego (z dala od przegrody)  $\phi_{i, kryt}$  [%], powyżej której wilgotność powietrza przy powierzchni w rozpatrywanym punkcie o temperaturze  $T_{si, min}$  przekracza 80%. Jeżeli wilgotność powietrza wewnątrz pomieszczenia przekracza  $\phi_{i, kryt}$  istnieje

ryzyko rozwoju pleśni w rozpatrywanym przypadku. Wilgotność krytyczna nie jest stała i zależy od temperatury powietrza wewnętrznego  $T_i$ , średniej miesięcznej (zgodnie z wytycznymi [6]) temperatury powietrza zewnętrznego  $T_e$  oraz konstrukcji przegrody. Temperaturę  $T_i$  założono jako stałą, równą 20°C, co odpowiada obliczeniowej temperaturze powietrza dla pomieszczeń mieszkalnych według [1].

Temperaturę  $T_e$  założono osobno dla każdego miesiąca, na podstawie typowego roku meteorologicznego (baza klimatyczna Gdańsk).

W przypadku 1A (nieocieplony słupek międzyokienny) stwierdzono minimalną temperaturę powierzchni wewnętrzną  $T_{si, min}$  w narożniku łączącym ramy okienne pod kątem 90° (rys. 3a, rys. 4a, b, tab. 1). Temperatura  $T_{si, min}$  wahała się w ciągu typowego roku meteorologicznego w zakresie od 12,3 do 19,4°C. Minimalna wilgotność krytyczna powietrza wewnętrznego  $\phi_{i, kryt}$  wynosiła 49% – dla tego przypadku istniało ryzyko rozwoju pleśni (w typowych przypadkach, w budynkach poprawnie wentylowanych średnia wilgotność powietrza wewnętrznego waha się w zakresie 45–55%). Po ociepleniu słupka narożnego styropianem o grubości 8 cm (przypadek 1B) temperatura  $T_{si, min}$  wzrosła i oscylowała w zakresie od 14,1 do 19,6°C (rys. 3b, rys. 4a, b, tab.1). Minimal-

na wilgotność krytyczna powietrza wewnętrznego  $\phi_{i, kryt}$  w przypadku 1B wynosiła 55,1% – dla tego przypadku ryzyko rozwoju pleśni było ograniczone.

W przypadku węzła stropowo–ściennego w przekroju pionowym przez okno (przypadki 2A i 2B) stwierdzono minimalną temperaturę powierzchni wewnętrznej  $T_{si, min}$  na uszczelce przylgowej w ramie okiennej.

W przypadku 2A (rys. 3c, rys. 4c, d, tab. 2), w którym grubość izolacji cieplnej cokołu wynosi 8 cm, temperatura  $T_{si, min}$  wahała się w ciągu typowego roku meteorologicznego w zakresie od 15,5 do 19,7°C. Minimalna wilgotność krytyczna powietrza wewnętrznego  $\phi_{i, kryt}$  wyniosła 60,3% – dla tego przypadku ryzyko rozwoju pleśni było ograniczone. Dla porównania, temperatura w narożniku strop–ściana wahała się w zakresie od 17,0 do 18,6°C, a wilgotność krytyczna  $\phi_{i, kryt}$  wyniosła 66,4%. Zwiększenie izolacji cieplnej cokołu do 11 cm (przypadek 2B) w pomijalnym stopniu przyczyniło się do zwiększenia temperatury na uszczelce przylgowej (rys. 3d, rys. 4c, d, tab. 2). Jedynie w lutym odnotowano wzrost tem-

peratury  $T_{si, min}$  o 0,1°C, czemu odpowiada wzrost  $\phi_{i, kryt}$  do 60,7%. Docieplenie cokołu nieznacznie zwiększyło także temperaturę minimalną w narożniku strop–ściana. W lutym (miesiąc najchłodniejszy) temperatura minimalna w narożniku wyniosła 17,3°C (wzrost o 0,3 °C), a wilgotność krytyczna  $\phi_{i, kryt}$  odpowiadająca temu punktowi wzrosła do 67,7%.

Uzyskane wyniki symulacji numerycznych wykazały, że przegrody zewnętrzne zostały zaprojektowane poprawnie z punktu widzenia ryzyka rozwoju pleśni i kondensacji pary wodnej. We wszystkich przypadkach, poza przypadkiem 1A, utrzymanie średniej wilgotności powietrza wewnętrznego poniżej 55% likwidowało ryzyko rozwoju pleśni na wewnętrznych powierzchniach przegród. Przypadek 1A, pomimo poprawnego rozwiązania technicznego (zastosowano systemowy profil PCV), należał do przypadków nietypowych, w których zaleca się szczególną dbałość o poprawną wentylację pomieszczenia (wilgotność krytyczna wynosiła 49%) – tabela 1. W czasie oględzin stwierdzono

**Tabela 1.** Słupek międzyokienny (przekrój poziomy) – wilgotność krytyczna  $\phi_{i, kryt}$  powietrza wewnętrznego w poszczególnych miesiącach typowego roku meteorologicznego ( $T_i$  – temperatura powietrza wewnętrznego,  $T_e$  – temperatura powietrza zewnętrznego,  $T_{si, min}$  – minimalna temperatura powierzchni wewnętrznej w węźle,  $\phi_{i, kryt}$  – wilgotność krytyczna powietrza wewnętrznego) (1A, 1B – oznaczenia jak na rysunku 3)

Przypadek obliczeniowy	Punkt odczytu temperatury	Miesiąc	$T_i$	$T_e$	$T_{si, min}$	$\phi_{i, kryt}$
			[°C]	[°C]	[°C]	[%]
1A	narożnik	styczeń	20	2	12.6	50.0
		luty	20	1.2	12.3	49.0
		marzec	20	3.5	13.2	52.0
		kwiecień	20	7.7	14.9	58.1
		maj	20	10.7	16.1	62.7
		czerwiec	20	15.5	18.1	71.2
		lipiec	20	18.7	19.4	77.2
		sierpień	20	16.3	18.4	72.5
		wrzesień	20	14.5	17.6	69.0
		październik	20	8.7	15.3	59.6
		listopad	20	4	13.4	52.7
		grudzień	20	1.9	12.5	49.7
1B	narożnik	styczeń	20	2	14.3	55.9
		luty	20	1.2	14.1	55.1
		marzec	20	3.5	14.8	57.7
		kwiecień	20	7.7	16.1	62.7
		maj	20	10.7	17.0	66.4
		czerwiec	20	15.5	18.5	73.0
		lipiec	20	18.7	19.6	78.1
		sierpień	20	16.3	18.8	74.4
		wrzesień	20	14.5	18.2	71.6
		październik	20	8.7	16.3	63.5
		listopad	20	4	14.9	58.1
		grudzień	20	1.9	14.3	55.9

**Tabela 2.** Węzeł stropowo–ścienny (przekrój pionowy przez okno) – wilgotność krytyczna  $\phi_{i, kryt}$  powietrza wewnętrznego w poszczególnych miesiącach typowego roku meteorologicznego ( $T_i$  – temperatura powietrza wewnętrznego,  $T_e$  – temperatura powietrza zewnętrznego,  $T_{si, min}$  – minimalna temperatura powierzchni wewnętrznej w węźle,  $\phi_{i, kryt}$  – wilgotność krytyczna powietrza wewnętrznego) (2A, 2B – oznaczenia jak na rysunku 3)

Przypadek obliczeniowy	Punkt odczytu temperatury	Miesiąc	$T_i$	$T_e$	$T_{si, min}$	$\phi_{i, kryt}$
			[°C]	[°C]	[°C]	[%]
2A	uszczelka przylgowa	styczeń	20	2	15.7	61.1
		luty	20	1.2	15.5	60.3
		marzec	20	3.5	16.1	62.7
		kwiecień	20	7.7	17.1	66.8
		maj	20	10.7	17.8	69.8
		czerwiec	20	15.5	18.8	74.4
		lipiec	20	18.7	19.7	78.6
		sierpień	20	16.3	19.1	75.8
		wrzesień	20	14.5	18.7	73.9
		październik	20	8.7	17.3	67.7
		listopad	20	4	16.2	63.1
		grudzień	20	1.9	15.7	61.1
2B	uszczelka przylgowa	styczeń	20	2	15.7	61.1
		luty	20	1.2	15.6	60.7
		marzec	20	3.5	16.1	62.7
		kwiecień	20	7.7	17.1	66.8
		maj	20	10.7	17.8	69.8
		czerwiec	20	15.5	18.8	74.4
		lipiec	20	18.7	19.7	78.6
		sierpień	20	16.3	19.1	75.8
		wrzesień	20	14.5	18.7	73.9
		październik	20	8.7	17.3	67.7
		listopad	20	4	16.2	63.1
		grudzień	20	1.9	15.7	61.1

podwyższoną wilgotność w lokalu mieszkalnym, skutkującą zwiększonym ryzykiem rozwoju pleśni w przekrojach krytycznych, w tym wzdłuż systemowego narożnika z PCV. Podwyższona wilgotność spowodowana była między innymi bytowaniem w mieszkaniu dużej liczby zwierząt domowych, suszeniem bielizny oraz obecnością dzieci w wieku przedszkolnym i wczesno-przedszkolnym.

Wykonane przez dewelopera ocieplenie słupka narożnego (przypadek 1B) obliczeniowo ograniczyło ryzyko rozwoju pleśni (wilgotność krytyczna wyniosła powyżej 55%), należy jednak pamiętać o tym, że działania te mogą okazać się nieskuteczne w przypadku eksploatacji lokalu mieszkalnego w sposób subnormatywny w zakresie panującej w mieszkaniu wilgoci przy jednoczesnym braku właściwej wymiany powietrza.

Lokalne przebarwienia widoczne w hali garażowej w części poniżej lokalu mieszkalnego w poziomie parteru świadczyły o okresowym obniżeniu sprawności wentylacji mechanicznej, co przyczyniało się do powstawania ognisk korozji biologicznej. Na ścianach zewnętrznych w hali garażowej brak było śladów świadczących o braku szczelności izolacji wodochronnych części murów zagłębionych w gruncie: na wysokości kondygnacji (co potwierdzało tezę o szczelności pionowej izolacji przeciwwodnej ścian) oraz śladów kapilarnego podciągania wilgoci z fundamentów (co potwierdzało tezę o ciągłości poziomej izolacji przeciwwilgociowej w poziomie wierzchu fundamentów).

## 5. Koncepcja poprawy warunków użytkowych

Zakres zaproponowanych prac mających na celu docelową poprawę komfortu eksploatacyjnego obejmował:

- dalsze użytkowanie lokalu mieszkalnego zgodnie z warunkami określonymi między innymi w [4] i [5],
- kontrolę stanu technicznego elementów nawiewu (nawiewników okiennych),
- zapewnienie szczeliny między drzwiami wewnątrz lokalu mieszkalnego a podłogą o powierzchni min. 80 cm<sup>2</sup>, mające za zadanie wyrównanie ciśnienia w pomieszczeniach i umożliwiające przepływ powietrza do pomieszczeń wyposażonych w kratki wentylacyjne,
- zapewnienie otworów w dolnej części drzwi do łazienki i o powierzchni min. 220 cm<sup>2</sup>,
- obowiązkowe utrzymywanie w lokalu mieszkalnym następujących parametrów powietrza: a) temperatura w pokojach i kuchni: min. 20°C, b) wilgotność względna w pomieszczeniach: do 55%,
- całkowity zakaz samowolnego przesłaniania, zaklejania oraz zabudowywania nawiewników oraz krutek wentylacyjnych,
- przeprowadzenie kontrolnych pomiarów sprawności wentylacji mechanicznej w podziemnej hali garażowej – należało zweryfikować przyjęte nastawy technologiczne, uwzględniając zalecenia zamieszczone w [10] i [11].

## 6. Podsumowanie

Przegrody zewnętrzne budynku, w tym w poziomie parteru zostały zaprojektowane poprawnie z punktu widzenia ograniczenia ryzyka rozwoju pleśni i ograniczenia możliwości kondensacji pary wodnej.

Dla wszystkich przegród zewnętrznych poza przypadkiem systemowego narożnego słupka PCV (przypadek 1A), utrzymanie wilgotności powietrza wewnętrznego poniżej 55% likwidowało ryzyko rozwoju pleśni na wewnętrznych powierzchniach przegród.

Przypadek 1A, pomimo zastosowania rozwiązania systemowego, należy traktować jako rozwiązanie nietypowe, o charakterze eksperymentalnym. Zrealizowany węzeł okienny był szczególnie wrażliwy na zaburzenia wentylacji pomieszczeń, gdyż wilgotność krytyczna powietrza wewnętrznego, przy której możliwy jest rozwój pleśni na powierzchni przegrody, wynosi 49%. Docieplenie słupka międzyokiennego od zewnątrz zwiększyło wilgotność krytyczną do 55,1%, znacząco poszerzając dopuszczalny zakres wilgotności eksploatacyjnej pomieszczenia.

Bezpośrednimi przyczynami odczuwalnego w lokalu mieszkalnym w poziomie parteru dyskomfortu użytkowego była zbyt duża wilgotność względna powietrza wewnętrznego w lokalu mieszkalnym, której średnia wartość przekraczała 55%, spowodowana ponadprzeciętnymi zyskami wilgoci w pomieszczeniu i niedostateczną, niedostosowaną do warunków bytowych, wentylacją lokalu mieszkalnego.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Płoński W., Pogorzelski J.A., Fizyka budowlania – zasady projektowania przegród budowlanych w zakresie ciepłno-wilgotnościowym, ARKADY, Warszawa, 1979
- [2] THERM 6.3 / WINDOW 6.3 NFRC Simulation Manual, University of California, 2013
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 poz. 690 z 15.06.2002 r. wraz z póź. zm.)
- [4] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 16.VIII.1999 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych (Dz.U. nr 74, poz. 836 z dnia 9.IX.1999 r.)
- [5] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 27.XI.2009 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych (Dz.U. nr 205, poz. 1584 z 4.XII.2009 r.)
- [6] PN-EN ISO 13788:2003 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa – Metody obliczania
- [7] PN-82/B-02403 Ogrzewnictwo – Temperatury obliczeniowe zewnętrzne
- [8] PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania
- [9] PN-EN 12524:2003, Materiały i wyroby budowlane – Właściwości ciepłno-wilgotnościowe – Tabelaiczne wartości obliczeniowe
- [10] PN-87/B-03433 Wentylacja Instalacje wentylacji mechanicznej wywiewnej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Wymagania.
- [11] PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania