Właściwości cieplno–wilgotnościowe ścian z pustaków ceramicznych i innych wyrobów murowych

mgr inż. Włodzimierz Babik

Na zlecenie Związku Pracodawców Ceramiki Budowlanej w Instytucie Techniki Budowlanej, w Pracowni Fizyki Cieplnej, Zakładu Fizyki Cieplnej, Instalacji Sanitarnych i Środowiska wykonana została praca badawcza pt.: Praca badawcza dotycząca cieplno-wilgotnościowych właściwości użytkowych murów wykonanych z pustaków ceramicznych, bloków silikatowych i bloczków z autoklawizowanego betonu komórkowego, sygnowana numerem: 01716/14/200NF, luty 2015 r.

W niniejszej informacji przedstawione zostaną części pracy w postaci fragmentów tekstu, tabel i rysunków dotyczące zwłaszcza elementów murowych ceramicznych i ścian z nich wykonanych oraz w większym skrócie dotyczące pozostałych wyrobów. W niniejszej informacji wyniki badań omówione będą w odniesieniu do poszczególnych rodzajów wyrobów w kolejności: ceramiczne, silikatowe i z betonu komórkowego.

1. Cel i zakres pracy

Praca dotyczy trzech najczęściej stosowanych wyrobów murowych: ceramicznych, silikatowych i autoklawizowanego betonu komórkowego. Celem pracy było określenie:

- prędkości wysychania wyrobów,
- prędkości wysychania murów z ww. wyrobów,
- wpływu zawartości wilgoci na właściwości cieplne ścian,
- określenie zakresu występowania (niewystępowania) kondensacji w ścianach.

Przyjęto założenie, że badaniom poddane będą wyroby prosto z dostawy o wilgotności takiej, jaką posiadają, ale określono też ich absorpcję wody w stanie maksymalnego nasycenia.

W ramach omawianej pracy badawczej wykonano fragmenty murów o powierzchni ca 1 m^2 z poszczególnych rodzajów elementów murowych, które poddano badaniom w komorze klimatycznej. Badania te posłużyły do weryfikacji poprawności wyników obliczeń otrzymanych z obliczeń symulacyjnych w programie Wu-Fi, który to program posłużył do dalszej oceny właściwości cieplno-wilgotnościowych murów.

Po stwierdzeniu, że wyniki badań elementów próbnych murów są zbieżne, lub pokrywają się całkowicie z wynikami badań symulacyjnych, dalsze oceny murów prowadzono według badań symulacyjnych w programie Wu-Fi.

Formułując zakres badań przyjęto, że badaniom podane zostaną, w każdej wersji materiałowej, dwa rodzaje wyrobów pochodzących z różnych wytwórni. Przyjęto również, że będą to wyroby o zbliżonej grubości muru, a do wykonania ścian z tych wyrobów będą zastosowane takie same, o takiej samej grubości warstwy, materiały izolujące cieplnie. Projektując ściany do badań przyjęto również, że będą stosowane takie same tynki mineralne i akrylowe.

Przyjęcie zasady, że do badań posłużą wyroby prosto z dostawy miało na celu przybliżenie warunków badań do zwykłych warunków budowy.

2. Badania doświadczalne

2.1. Rodzaje elementów murowych

Badaniom poddano niżej wymienione rodzaje elemen-

»

tów murowych, pochodzące od dwóch różnych producentów a) i b) dla każdego rodzaju materiałowego.
1a — pustak ceramiczny o wymiarach 325 × 250 × 235 mm i gęstości 1000kg/m³,
1b — pustak ceramiczny o wymiarach 325 × 250 × 235 mm i gęstości 1000kg/m³,
2a — pustak ceramiczny o wymiarach 373 × 250 × 238 mm i gęstości 1300kg/m³,
2b — pustak ceramiczny o wymiarach 373 × 250 × 238 mm i gęstości 1300kg/m³,
3a — bloczek z betonu komórkowego o wymiarach 590 × 240 × 240 mm i gęstości 500kg/m³,
3b — bloczek z betonu komórkowego o wymiarach 590 × 240 × 240 mm i gęstości 500kg/m³,
4a — bloczek z betonu komórkowego o wymiarach 590 × 240 × 240 mm i gęstości 500kg/m³,
4b — bloczek z betonu komórkowego o wymiarach 590 × 240 × 240 mm i gęstości 500kg/m³,
5a — blok silikatowy o wymiarach 250 × 240 × 220 mm i gęstości 1600 kg/m³,
5b — blok silikatowy o wymiarach 250 × 240 × 220 mm i gęstości 1600 kg/m³,
6a — blok silikatowy o wymiarach 333 × 240 × 199 mm i gęstości 1600 kg/m³,
6b — blok silikatowy o wymiarach 333 × 240 × 199 mm i gęstości 1600 kg/m³.

Próbki do badań zostały pobrane z palet rozpakowanych bezpośrednio przed badaniem.

2.2. Wilgotność elementów pobranych z dostawy

Zawartość wody i wilgotność elementów murowych pobranych prosto z dostawy określono ważąc je i następnie susząc do stałej masy. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 1 (numerację tabel i rysunków w niniejszej informacji przyjęto taką, jaka jest w sprawozdaniu z badań).

Analizując wyniki badań wymienione w tabeli 1, zwraca uwagę bardzo niska ilość wody w elementach ceramicznych; przeliczona na jednostkę objętości jest kilkudziesięciokrotnie niższa niż w elementach z betonu komórkowego. A podkreślić należy, że wyroby pobrano prosto z dostawy z losowo wybranych hurtowni od przykładowych producentów.

nr próbki	wyrób	waga przed suszeniem	waga po suszeniu	ilość wody w elemencie	wilgotność	wilgotność średnia	okres suszenia
		[kg]	[kg]	[dm³]	[%]	[%]	[h]
1a	ceramika	11,6	11,5	0,1	0,9	0,9	48
1b	ceramika	11,6	11,5	0,1	0,9		48
2a	ceramika	16,5	16,4	0,1	0,6	0,6	48
2b	ceramika	16,6	16,5	0,1	0,6		48
3a	beton komórkowy	20,1	16,3	3,8	23,3	24,8	72
3b	beton komórkowy	20,2	16,0	4,2	24,8		72
4a	beton komórkowy	24,8	18,0	6,8	37,8	37,1	72
4b	beton komórkowy	24,7	18,1	6,6	36,5		72
5a	silikaty	18,9	18,5	0,4	2,2	1,9	48
5b	silikaty	18,8	18,5	0,4	1,6		48
6a	silikaty	25,2	24,4	0,8	3,3	3,2	48
6b	silikaty	25,8	25,0	0,8	3,2		48

Tabela 1. Suszenie do suchej masy pustaków ceramicznych, bloczków z betonu komórkowego oraz bloczków silikatowych prosto z dostawy.

2.3. Absorpcja wody w stanie pełnego nasycenia wyrobów

Z każdego rodzaju wyrobów wymienionych w 2.1. pobrano po dwa elementy, które poddano badaniu określenia maksymalnej absorpcji wody w stanie pełnego nasycenia. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.

nr próbki	wyrób	waga w stanie max. nasycenia	waga w stanie suchym	ilość wody w elemencie	wilgotność w stanie max. nasycenia
		[kg]	[kg]	[dm³]	[%]
1	ceramika	14,3	11,9	2,4	20
2	ceramika	19,3	16,4	2,9	18
3	beton komórkowy	26,5	16,3	10,6	62,5
4	beton komórkowy	30,0	18,1	11,9	66
5	silikaty	20,0	17,3	2,7	15
6	silikaty	27,3	24,4	2,9	11

Tabela 2. Maksymalna absorbcja w stanie pełnego nasycenia dla pustaków ceramicznych, bloczków z betonu komórkowego oraz bloczków silikatowych.

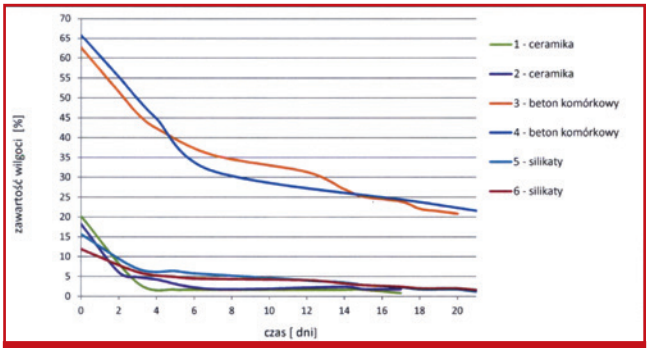
Warto zwrócić uwagę na wartości wymienione w piątej kolumnie tabeli 2 dotyczącej ilości wody w elemencie, tj. ilości wody jaka jest wprowadzana w murze przez element murowy.

2.4. Odsuszanie wyrobów

Poszczególne elementy murowe poddano klimatyzowaniu w komorze klimatycznej w warunkach konwekcji wymuszonej o stałej prędkości powietrza. Na podstawie uzyskanych wyników sporządzono wykresy dynamiki klimatyzowania poszczególnych elementów murowych, które przedstawiono na rys. 1 (który załączono na następnej stronie).

W wyniku oceny klimatyzowania poszczególnych wyrobów w opracowaniu stwierdza się, że:
- największą nasiąkliwością charakteryzuje się beton komórkowy ca 65%, ceramika ca 20%, silikaty 15%;
- beton komórkowy należy do najdłuższej oddających wilgoć do otoczenia;
- ceramika użyta do badania, mimo że charakteryzuje się większą nasiąkliwością niż silikaty to szybciej od nich wysycha;
- długotrwale utrzymujący się stan zawilgocenia materiałów nie jest korzystny, ponieważ sprzyja rozwojowi zarówno grzybów, jak i pleśni.

»



Rysunek 1. Dynamika klimatyzowania poszczególnych elementów murowanych od stanu pełnego nasycenia w warunkach konwekcji wymuszonej w komorze klimatycznej na podstawie badań doświadczalnych.

2.5. Badania klimatyzowania murów

Badania klimatyzowania murów w komorze klimatycznej przeprowadzone zostały w celu stwierdzenia poprawności działania programu Wu-Fi, który to program posłużył do dalszych badań symulacyjnych.

Badania polegały na klimatyzowaniu murów w warunkach konwekcji wymuszonej w komorze klimatycznej o stałej prędkości przepływu powietrza.

Badaniom poddano mury z pustaków ceramicznych, bloków silikatowych i bloczków z autoklawizowanego betonu komórkowego wykonanych z zastosowaniem zaprawy cementowo — wapiennej o grubości spoiny ca 1,5 cm o następujących wymiarach:
1 mur z bloczków ceramicznych o wymiarach 250 × 944,5 × 1300mm,
2 mur z bloczków ceramicznych o wymiarach 250 × 944,5 × 1500mm,
3 mur z bloczków z betonu komórkowego o wymiarach 240 × 964,5 × 1475 mm,
4 mur z bloczków z betonu komórkowego o wymiarach 240 × 964,5 × 1475 mm,
5 mur z bloczków silikatowych o wymiarach 240 × 900 × 1270 mm,
6 mur z bloczków silikatowych o wymiarach 240 × 800 × 1340 mm.

Wyniki badań klimatyzowania murów przedstawiono w sprawozdaniu z pracy badawczej w tabelach i na rysunkach.

Celem badań na tym etapie było sprawdzenie relacji pomiędzy badaniami murów w komorze klimatycznej, a badaniami symulacyjnymi wg programu Wu-Fi. Badania te wykazały, że zmiany wilgotności w czasie, rejestrowane w czasie badań doświadczalnych i określone za pomocą metod obliczeniowych, różnią się nieznacznie, a nawet się pokrywają. Pozwoliło to na wysunięcie wniosku, że metoda symulacji komputerowej Wu-Fi jest trafna i dalsze oceny zmian cieplno-wilgotnościowych ścian z analizowanych wyrobów mogą być prowadzone według tej metody.

Niezależnie od ww. wniosku ogólnego dotyczącego przebiegu dalszej pracy, można wysnuć pewne wnioski dotyczące właściwości związanych z klimatyzowaniem murów z poszczególnych wyrobów.

Z przeprowadzonych badań wynika, że wszystkie mury znacznie szybciej oddają wilgoć w pierwszej fazie odsychania, ale nie jednakowo. Ta tendencja najbardziej jest widoczna w przypadku murów z ceramiki. Mury z ceramiki odsychają szybko, widoczne jest to przy każdej wilgotności początkowej.

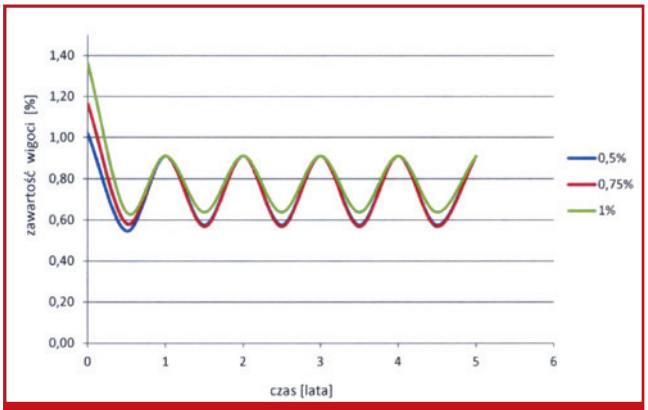
3. Badania symulacyjne w programie Wu-Fi

3.1. Badania symulacyjne przegród budowlanych

W ramach badań symulacyjnych wysychania przegród budowlanych badano:
- mury z ceramiki o grubości 25 cm,
- mury z silikatów o grubości 24 cm,
- mury z betonu komórkowego o grubości 24 cm;
- mury tynkowane:
  - tynkiem mineralnym o grubości ca 2mm,
  - tynkiem akrylowym o grubości ca 2 mm;
  - bez izolacji cieplnej i ocieplone: styropianem, oraz wełną mineralną o grubości 15 cm i współczynniku przewodzenia ciepła 0,04 W/(mK).

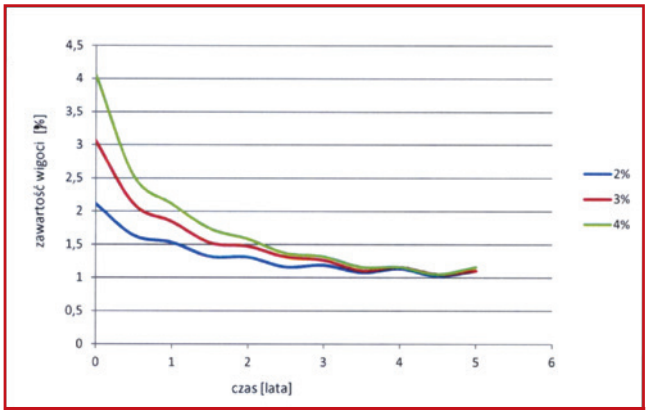
Oddziaływanie klimatu zewnętrznego przyjęto, jak dla m.st. Warszawy. Temperaturę wewnątrz pomieszczeń przyjęto zmieniającą się w sposób ciągły od 20 °C w zimie i 24 °C w lecie. Badania przeprowadzono przy zróżnicowanej wilgotności elementów pobranych prosto z dostawy.

Łącznie z badaniami objęto 6 rodzajów ścian dla każdej warstwy konstrukcyjnej (ceramiki, silikatów, betonu komórkowego) przy trzech różnych poziomach wilgotności wbudowanej. Wszystkie wersje w sprawozdaniu z pracy badawczej zostały zilustrowane wykresami. Z uwagi na ograniczoną ilość miejsca, w niniejszej informacji przedstawione zostaną jedynie:
- przykłady wysychania ścian nieocieplonych rysunki 26, 19 i 12,

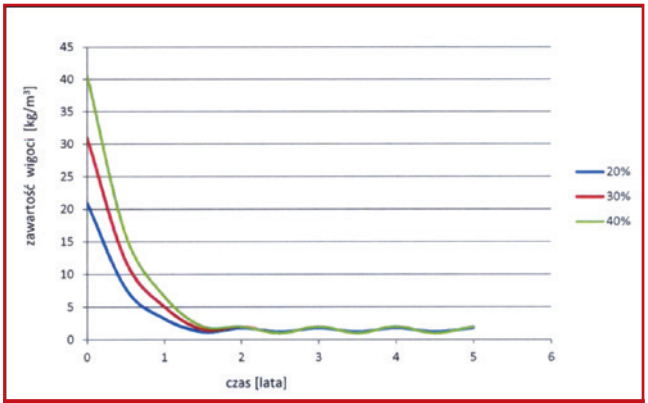


Rysunek 26. Przebieg wysychania nieocieplonej ściany z pustaków ceramicznych z tynkiem mineralnym dla trzech wariantów wilgotności wbudowanej w elementach murowych 0,5%, 0,75%, 1%

»

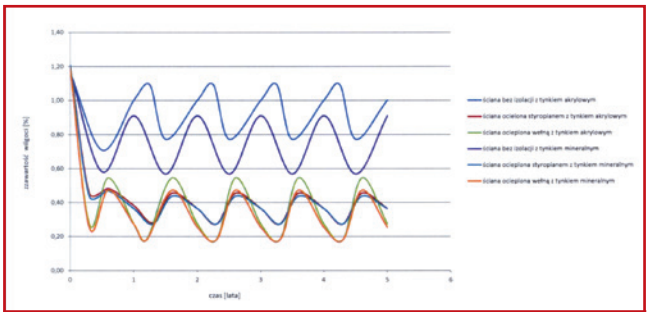


Rysunek 19. Przebieg wysychania nieocieplonej ściany z bloczków silikatowych z tynkiem mineralnym dla trzech wariantów wilgotności wbudowanej w elementach murowych 2%, 3%, 4%



Rysunek 12. Przebieg wysychania nieocieplonej ściany z bloczków z betonu komórkowego z tynkiem mineralnym dla trzech wariantów wilgotności wbudowanej w elementach murowych 20%, 30%, 40%

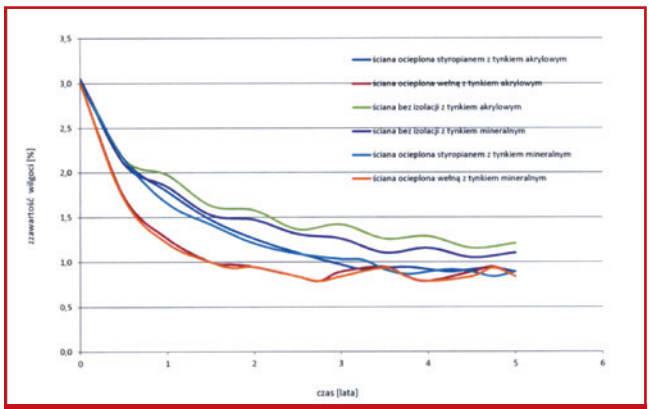
- zbiorcze zestawienia przebiegu wysychania ścian z ceramiki, silikatów i z betonu komórkowego ocieplonych styropianem i wełną mineralną z dwoma rodzajami tynków, rysunki 31, 24, 17.



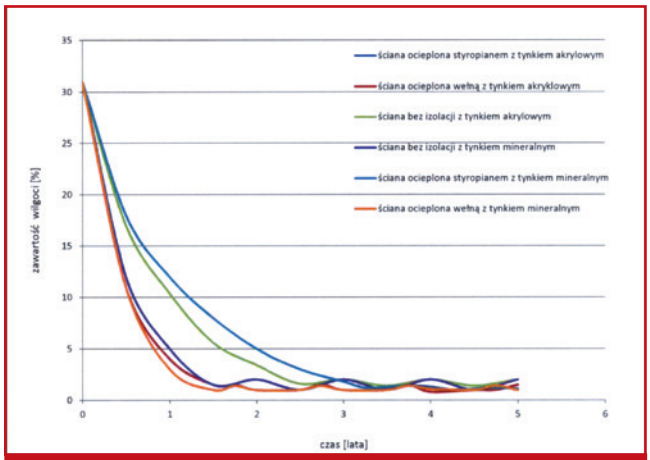
Rysunek 31. Przebieg wysychania ścian z pustaków ceramicznych o wilgoci wbudowanej elementu murowanego 0,75% dla różnych rodzajów ocieplenia i różnego rodzaju wyprawy zewnętrznej.

Poza ww. ilustracją na wykresach, przebieg wysychania ścian pokazano przedstawiając w tabeli 6 czas wysychania przegród do zawilgocenia ustabilizowanego i procentową wartość tego zawilgocenia (zał. na nast. stronie).

Na podstawie uzyskanych wyników badań i przedstawionych ilustracji, w sprawozdaniu z tej części badań stwierdzono, że we wszystkich rodzajach przegród naj-



Rysunek 24. Przebieg wysychania ścian z bloczków silikatowych o wilgoci wbudowanej elementu murowanego 3% dla różnych rodzajów ocieplenia i różnego rodzaju wyprawy zewnętrznej.



Rysunek 17. Przebieg wysychania ścian z bloczków z betonu komórkowego o wilgoci wbudowanej elementu murowanego 3% dla różnych rodzajów ocieplenia i różnego rodzaju wyprawy zewnętrznej.

większy spadek wilgotności jest w ciągu pierwszego roku, a później stopniowo się zmniejsza.

Ściany z betonu komórkowego ocieplane styropianem wysychają wolniej od ścian nieocieplonych, niezależnie od rodzaju tynku. Natomiast ściany ocieplone wełną mineralną odsychają szybciej od ścian nieocieplonych, przy czym ściany z tynkami mineralnymi wysychają nieznacznie szybciej.

Ściany z bloków silikatowych nieocieplone wysychają wolniej niż ściany ocieplone. Izolacja wełną mineralną, a także wyprawy tynkami mineralnymi zwiększają odsychanie.

Ściany z pustaków ceramicznych już po ca 4 miesiącach wysychają do stanu zawilgocenia ustabilizowanego, czyli osiągają stan zawilgocenia sorpcyjnego jakie utrzymuje się podczas normalnej eksploatacji budynku w warunkach rzeczywistych. Należy tu dodać, że badane ściany miały wilgotność wbudowaną mniejszą od zawilgocenia sorpcyjnego odpowiadającego danej wilgotności względnej. Niemniej jednak pewne reguły są tu widoczne. Najwyższym zawilgoceniem sorpcyjnym charakteryzują się ściany bez izolacji cieplnej. Ściany ocieplone wełną mineralną mają podobne zawilgocenie sorpcyjne, jak ocieplone styropianem ale wahania zawilgocenie w tych ostatnich ścianach jest mniejsze.

»

3.2. Wpływ zawartości wilgoci na izolacyjność cieplną ściany

Na podstawie obliczeń symulacyjnych w programie Wu-Fi oszacowano współczynnik przewodzenia ciepła dla charakterystycznych analizowanych ścian w zależności od zawartości wilgoci w poszczególnych materiałach. Zmiany rejestrowano imitując wysychanie ścian w ciągu pięciu kolejnych lat.

Analizie poddano ściany bez ocieplenia oraz ocieplone styropianem. Ocieplenie wełną mineralną pominięto, ze względu na to, że w programie Wu-Fi materiały te mają taką samą charakterystykę cieplno-wilgotnościową. Początkową zawartość wilgoci przyjęto: 0,75% dla ścian z ceramiki, 3% z silikatów i 30% z betonu komórkowego; wartości wilgoci tynków dla wszystkich analizowanych ścian przyjęto jednakowe.

W sprawozdaniu z badań podano szczegółowo, w sześciu tablicach, wartości wilgoci i wartości współczynnika przewodzenia ciepła **λ,** dla wszystkich materiałów składowych ścian i łączne wartości dla ścian nieocieplonych oraz ocieplonych, a także wartości współczynnika przewodzenia ciepła U, dla ścian w ciągu pięciu kolejnych lat eksploatacji.

W mniejszej informacji podamy tylko zmiany wartości współczynnika przewodzenia ciepła U, po pięciu latach. Ilustruje to zestawienie:

Rodzaj ścian	Współczynnik przenikania ciepła U, W/(m2K)	
	początkowy	po pięciu latach
z ceramiki nieocieplona	1,030	1,060
z silikatów nieocieplona	2,602	2,531
z betonu kom. nieocieplona	0,896	0,487
z ceramiki ocieplona	0,203	0,202
z silikatów ocieplona	0,231	0,229
z betonu kom. ocieplona	0,197	0,165

Z zestawienia wynika, że największymi zmianami współczynnika przenikania ciepła U, charakteryzują się ściany z betonu komórkowego ze względu na wysoką początkową zawartość wilgoci i najdłuższy czas wysychania. Ściany z ceramiki charakteryzują się najwyższą stabilnością współczynnika U, obserwuje się niewielkie jego zmniejszenie w ścianach ocieplonych i nieznaczne wahania w ścianach nieocieplonych (ze względu na wilgotność sorpcyjną).

Wysokie wartości współczynnika przewodzenia ciepła U, niektórych wyrobów w początkowym okresie są wynikiem wysokiej wilgotności dostarczanych materiałów o dużych wartościach początkowych współczynnika przewodzenia ciepła **λ** i dużych jego zmianach w procesie odsychania ścian. W sprawozdaniu z badań stwierdza się: w przypadku ścian ocieplonych dla betonu komórkowego odnotowano spadek **λ** o 51% w stosunku do wartości początkowej, dla bloczków silikatowych o 13%, natomiast dla pustaków ceramicznych o 3,7%.

Z przeprowadzonych badań oraz ww. zestawienia wynika, że ściany z ceramicznych wyrobów budowlanych mają wkrótce po wybudowaniu wilgotność eksploatacyjną, natomiast z betonu komórkowego i silikatów wymagają długotrwałego osuszania.

3.3. Ocena kondensacji międzywarstwowej

W celu oceny kondensacji międzywarstwowej, w trakcie przeprowadzonych badań przeanalizowano następujące przypadki:

- 3 rodzaje ścian ze względu na materiał podstawowy (ceramika, silikaty, beton komórkowy),
- 2 rodzaje materiału ocieplającego (styropian i wełna mineralna),
- 2 rodzaje tynków zewnętrznych (mineralne i akrylowe),
- 2 charakterystyczne przekroje, w których może występować kondensacja (na granicy styku warstwy tynku zewnętrznego z warstwą ocieplenia oraz na granicy styku warstwy ocieplenia z warstwą muru konstrukcyjnego).

Łącznie przeanalizowano 24 przypadki sytuacji cieplno-wilgotnościowej ścian. Wszystkie przypadki zostały zilustrowane wykresami przedstawiającymi zmiany temperatury i wilgotności w okresie pięciu lat zmian klimatycznych.

Poniżej zamieszczamy wybrane wykresy, które ilustrują najbardziej charakterystyczne przypadki dla wyrobów ceramicznych.

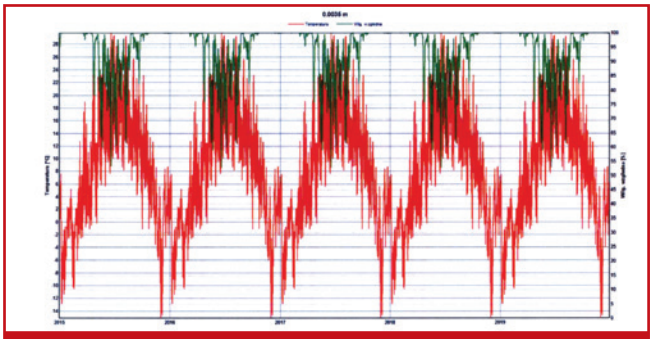
W ścianach z ceramiki budowlanej kondensacja międzywarstwowa nie występuje, bądź występuje w niewielkim stopniu, które to zawilgocenie jest niwelowane w okresie letnim. Wilgotność względna powietrza na

»

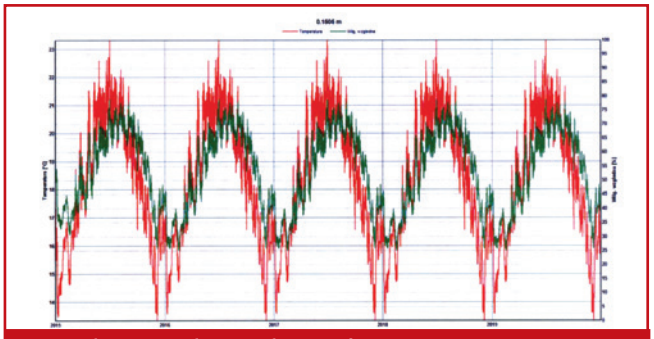
Przegroda	Beton komórkowy		Silikaty		Ceramika	
	czas wysychania	zawilgocenie ustabilizowane	czas wysychania	zawilgocenie ustabilizowane	czas wysychania	zawilgocenie ustabilizowane
	lata	%	lata	%	lata	%
bez izolacji z tynkiem mineralnym	2,0	1,5	4,5	1,27	0,5	0,76
bez izolacji z tynkiem akrylowym	2,0	1,7	4,5	1,37	0,5	0,94
ocieplona styropianem z tynkiem mineralnym	3,5	1,12	3,5	1,04	0,5	0,36
ocieplona styropianem z tynkiem akrylowym	3,5	1,12	3,5	1,03	0,5	0,36
ocieplona wełną z tynkiem mineralnym	2,0	1,5	2,0	0,99	0,5	0,30
ocieplona wełną z tynkiem akrylowym	2,0	1,5	2,0	1,01	0,5	0,33

Tabela 6. Czas wysychania zawilgocenia odpowiadającego wilgotności wbudowanej w elemencie murowanym prosto z dostawy oraz średnie wartości zawilgocenia ustabilizowanego dla poszczególnych przegród.

styku warstw tynku zewnętrznego i ocieplenia zbliża się do 100% i w niektórych przypadkach przekracza tę wartość w niewielkim stopniu. W ścianach ocieplonych zarówno wełną mineralną, jak i styropianem z tynkiem mineralnym kondensacja na granicy warstwy tynku zewnętrznego nie występuje, natomiast w ścianach tych z tynkiem akrylowym występuje niewielka kondensacja, ale jest to zawilgocenie ustabilizowane, które ustępuje w okresie letnim (rys. 46). Kondensacja na granicy warstwy izolacyjnej i muru konstrukcyjnego w ogóle nie występuje (rys. 47).



Rysunek 46. Przebieg wilgotności i temperatury na granicy warstwy tynku zewnętrznego i ocieplenia w przegrodzie z pustaków ceramicznych ocieplonych wełną mineralną z tynkiem zewnętrznym akrylowym o początkowej zawartości wilgoci 0,75%



Rysunek 47. Przebieg wilgotności i temperatury na granicy warstwy konstrukcyjnej i ocieplenia w przegrodzie z bloczków ceramicznych ocieplonych wełną mineralną z tynkiem zewnętrznym akrylowym o początkowej zawartości wilgoci 0,75%

W ścianach z bloków silikatowych ocieplonych zarówno styropianem, jak i wełną mineralną sytuacja cieplno-wilgotnościowa jest podobna jak w przypadku murów z betonu komórkowego.

W ścianach z betonu komórkowego ocieplonych styropianem na styku warstw tynku zewnętrznego i ocieplenia, wilgotność względna powietrza zbliża się do 100%, ale nie występuje, natomiast przy ociepleniu wełną mineralną dochodzi do kondensacji, w większym stopniu przy zastosowaniu tynku akrylowego. Kondensacja na styku warstwy ocieplającej i muru konstrukcyjnego nie występuje.

4. Wnioski

Przeprowadzone badania doświadczalne i symulacyjne posłużyły do sformułowania m.in., następujących wniosków:

1. Elementy murowe pobierane bezpośrednio z dostawy charakteryzują się zróżnicowaną zawartością wilgoci wbudowanej, największą, tj. 30% elementy z autoklawizowanego betonu komórkowego, bloki silikatowe 3% i najmniejszą bo 0,75% elementy ceramiczne.

2. Na prędkość wysychania ściany zewnętrznej z jej początkowego zawilgocenia znacząco wpływa rodzaj zastosowanej izolacji oraz rodzaj tynku zewnętrznego.

3. Ściany wyprawiane tynkiem mineralnym wysychają znacznie szybciej niż przegrody z tynkiem akrylowym.

4. Ściany z pustaków ceramicznych ze względu na małą zawartość wilgoci początkowej najszybciej osiągają stan zawilgocenia użytkowego.

5. W przypadku ceramiki i silikatów najwolniej wysychają ściany nieocieplone, natomiast w przypadku betonu komórkowego najwolniej wysychają ściany ocieplone styropianem.

6. Ściany ocieplone wełną mineralną wysychają szybciej niż ściany ocieplone styropianem, ale w warstwie izolacji z wełny mineralnej zawilgocenie utrzymuje się dłużej niż w warstwie styropianu.

7. Wraz ze spadkiem zawartości wilgoci w przegrodzie wzrasta jej izolacyjność cieplna i maleją straty ciepła.

8. Badania wykazały, że kondensacja międzywarstwowa zależy od konstrukcji ściany, tj. materiału konstrukcyjnego, rodzaju izolacji cieplnej i rodzaju tynku. W ścianach z ceramiki kondensacja na granicy tynku zewnętrznego i ocieplenia, nie występuje a jeżeli występuje, to w niewielkim stopniu i zawilgocenie z okresu zimowego jest niwelowane latem. Kondensacja na granicy warstwy konstrukcyjnej i ocieplenia w ogóle nie występuje.

Warto wymienić także następujące wnioski:

9. Wyroby charakteryzują się różną zawartością wody. Pobrane prosto z dostawy zawierały:
- **ceramiczne 0,1 dm³ w elemencie,**
- **silikatowe 0,4 — 0,8 dm³ w elemencie,**
- **z betonu komórkowego 4,2 — 6,8 dm³ w elemencie.**

Wyroby charakteryzują się też różną zdolnością odsychania; ściany o analogicznej konstrukcji osiągały stan wilgotności eksploatacyjnej:
- **po 0,5 roku w przypadku ceramiki,**
- **po 2 — 4 latach w przypadku silikatów,**
- **po 2 — 3,5 latach w przypadku betonu komórkowego.**

W wyniku małej zawartości wilgoci dostarczanych na budowę wyrobów i zdolności szybkiego odsychania, ściany z zastosowaniem ceramiki osiągają w krótkim czasie wilgotność eksploatacyjną.

10. Utrzymująca się długo wysoka zawartość wilgoci w ścianach może powodować powstawanie pleśni, grzybów i korozji murów. Ściany z ceramiki nie stwarzają takich zagrożeń, wręcz przeciwnie, są bezpieczne, spełniają wymagania środowiskowe i sprzyjają tworzeniu w pomieszczeniach korzystnego mikroklimatu.

Na zakończenie warto dodać, że przeprowadzone badania przyczyniły się do rozszerzenia wiadomości o charakterystyce cieplno – wilgotnościowej wyrobów i ścian z nich wykonywanych. Będą wartościowym materiałem do racjonalnego projektowania trwałych, energooszczędnych i spełniających wymagania środowiskowe ścian.