



ISBN 978-83-941005-1-3

PRAWIE WSZYSTKO O BETONIE KOMÓRKOWYM

Zeszyt 1



Szanowni Państwo,

Z satysfakcją mam zaszczyt poinformować Państwa, że Stowarzyszenie Producentów Betonów przystąpiło do opracowania Zeszytów tematycznych dotyczących problematyki autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK).

Celem tego przedsięwzięcia jest kompleksowe i rzetelne przedstawienie możliwości realizacyjnych budownictwa z zastosowaniem ABK – materiału o największym udziale w wznoszeniu ścian w Polsce.

Całość opracowania podzielona jest na 4 następujące bloki tematyczne:

Zeszyt 1: „Prawie wszystko o betonie komórkowym”, który rozpoczyna cykl wydawniczy, jest zeszytem referencyjnym odnoszącym się do ogólnej wiedzy o ABK i możliwościach jego zastosowania.

Zeszyt 2: „Projektowanie konstrukcyjne ścian z betonu komórkowego” poświęcony zagadnieniom projektowania obiektów z ABK. W szczególności jest on adresowany do projektantów, jako podręcznik w ich bieżącej pracy.

Zeszyt 3: „Wskazówki wykonawcze dla budujących z betonu komórkowego” adresowany przede wszystkim do inwestorów i wykonawców, stanowiący źródło wiedzy zarówno teoretycznej jak i praktycznej.

Zeszyt 4: „Fizyka budowli dla przegród z betonu komórkowego” jest przeznaczony dla wszystkich uczestników procesu budowlanego i umożliwia właściwe zastosowanie elementów z ABK.

Zeszyty o ABK adresowane są przede wszystkim do projektantów, architektów, inżynierów, inwestorów, wykonawców jako źródło wiedzy i warsztat pracy o stosowaniu betonu komórkowego w różnych rodzajach budownictwa. Powinny stanowić także podręcznik dla studentów i uczniów średnich szkół zawodowych kształcących w dziedzinie budownictwa.

Zeszyt 1, który Państwu przekazujemy, jest opracowaniem zbiorowym powstałym w wyniku ścisłej współpracy pomiędzy przedstawicielami jednostek naukowo – badawczych, a specjalistami bezpośrednio pracującymi w produkcji i wykonawstwie. Koordynację prac Zespołu powierzono Panu Tomaszowi Rybarczykowi, posiadającemu szeroką wiedzę z zakresu teorii i praktyki produkcji ABK oraz stosowania tego wyrobu. Środowisko naukowo – badawcze reprezentowane jest przez PP. dr inż. Katarzynę Łaskawiec oraz dr inż. Wojciecha Chruściela. Pozostali członkowie Zespołu PP. Jacek Chojnowski, Robert Janiak i Jarosław Kwaśniak reprezentują przedstawicieli producentów i wykonawców.

Recenzentem Zeszytu 1 jest prof. dr hab. inż. Jan Matolepszy.

Jestem przekonany, że tak skomponowany zespół autorów, oraz wiedza i autorytet naukowy Recenzenta gwarantują wysoką jakość opracowania i stanowić będą pomocny materiał w bieżącej pracy uczestników procesu budowlanego.

Pragnę podziękować Członkom Zespołu Redakcyjnego za istotny wkład pracy, zaangażowanie i twórczą wymianę poglądów. Składam również serdeczne podziękowania za koncepcję i inicjatywę Członkom Rady Sekcji ABK, a w szczególności Panu Henrykowi Wójtowiczowi – Wiceprezesowi Stowarzyszenia. Dziękuję także Panu Józefowi Kostrzewskiemu – Dyrektorowi Biura SPB za zorganizowanie prac Zespołu, koordynację i nadzór nad realizacją wydania Zeszytu 1.

Ryszard Zajac



Prezes SPB

Zespół Redakcyjny

Tomasz Rybarczyk - Koordynator

Jacek Chojnowski

Wojciech Chruściel

Robert Janiak

Jarosław Kwaśniak

Katarzyna Łaskawiec

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Jan Matolepszy

1.	INFORMACJE OGÓLNE	4
1.1.	Co to jest beton komórkowy?	4
1.2.	Materiał z tradycjami	5
1.3.	Materiał popularny, o ugruntowanej pozycji na rynku	6
1.4.	Budowanie z betonu komórkowego	7
1.5.	Beton komórkowy – konstrukcyjny materiał budowlany	8
1.6.	Nowoczesny materiał podlegający ciągłym innowacjom	9
2.	WYBÓR MATERIAŁU	10
2.1.	Nowoczesne bloczki z betonu komórkowego	10
2.2.	Proste narzędzia i łatwość obróbki	10
2.3.	System	12
2.3.1.	Zaprawa do cienkich spoin	13
2.3.2.	Elementy uzupełniające system	14
2.4.	Czy można zamienić inny materiał ścienny w projekcie na beton komórkowy?	14
2.5.	Beton komórkowy to budowanie bez mostków termicznych	15
2.6.	Różnica pomiędzy bloczkami a pustakami	16
2.7.	Ściany jednowarstwowe z betonu komórkowego	18
2.8.	Ocieplanie ścian z betonu komórkowego	19
2.8.1.	Ocieplanie ścian z betonu komórkowego	20
2.9.	Najlżejszy mineralny materiał ścienny	22
2.10.	Materiał ekologiczny w budowie	22
2.11.	Materiał uniwersalny	23
2.12.	Stropy stosowane na ścianach z betonu komórkowego	25
2.13.	Zastosowanie betonu komórkowego w trudnym terenie	25
2.14.	Jak zadbać o materiał i budynek	26
3.	WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWE	27
3.1.	Beton komórkowy to „najcieplejszy” materiał ścienny	27
3.2.	Materiał o odpowiednich właściwościach	27
3.3.	Materiał konstrukcyjny	29
3.4.	Materiał jednorodny	29
3.5.	Szczelność budynków z betonu komórkowego	30
3.6.	Paroprzepuszczalność ścian z betonu komórkowego	31
3.7.	Izolacyjność akustyczna betonu komórkowego	32
3.8.	Bezpieczny materiał	34
3.9.	Materiał o niskiej promieniotwórczości	35
3.10.	Beton komórkowy odporny na mróz	38
4.	UŻYTKOWANIE	39
4.1.	Przyjazny i łatwy w użytkowaniu	39
4.2.	Ściany odporne na wilgoć	40
4.3.	Wilgotność nowo wybudowanych ścian z betonu komórkowego	40
4.4.	Korzystny mikroklimat pomieszczeń	41
4.5.	Beton komórkowy odporny na działanie pleśni i grzybów	42
4.6.	Barwa betonu komórkowego i jego parametry techniczne	43
4.7.	Łatwe mocowanie w ścianach z betonu komórkowego	45
4.8.	Beton komórkowy – bezpieczny pod względem pożarowym	46
5.	ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ BETONU KOMÓRKOWEGO	47
5.1.	Beton komórkowy w budynkach energooszczędnych	47
5.2.	Budynki z betonu komórkowego – budowane zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju	48
5.3.	Słownik pojęć i terminów	50
5.4.	Literatura	54

1. INFORMACJE OGÓLNE

1.1.

Co to jest beton komórkowy?

Autoklawizowany beton komórkowy (w międzynarodowej nomenklaturze technicznej AAC – Autoclaved Aerated Concrete lub Aicrete, nazywany potocznie betonem komórkowym – w skrócie ABK) jest jednorodnym konstrukcyjnym materiałem budowlanym o bardzo dobrej izolacyjności cieplnej. Wytwarzany jest z mieszaniny piasku kwarcowego, wapna, cementu, gipsu i wody oraz środka porotwórczego, czyli proszku aluminiowego lub pasty aluminiowej. Aluminium, wchodząc w reakcję z wodorotlenkiem wapnia, spulchnia masę, przez co powoduje powstanie w niej milionów mikroporów (komórek) z zamkniętym w nich powietrzem, którym beton zawdzięcza swoją nazwę.

Ze względu na niewielką gęstość objętościową beton komórkowy należy do

grupy betonów lekkich (dla betonu produkowanego w Polsce zakres gęstości objętościowej wynosi w praktyce od 300 do 700 kg/m³). Prócz małej gęstości objętościowej beton ten charakteryzuje się również jednorodnością, wytrzymałością na ściskanie, wysoką izolacyjnością cieplną i dużą ognioodpornością.

Na etapie produkcji betonu komórkowego możliwe jest formowanie elementów o dowolnych kształtach. Dzięki temu produkuje się z niego różnego rodzaju bloczki. Dzięki temu z tego materiału produkuje się różnego rodzaju bloczki (profilowane lub bez profilowania), kształtki U, nadproża i elementy stropowe o wybranej gęstości, wymiarach i kształtach. To uznany na całym świecie materiał budowlany, stosowany w różnego rodzaju realizacjach od wielu lat.

Z 1 m³ surowców można uzyskać aż 5 m³ betonu komórkowego.
Tak duża wydajność gwarantuje ekonomię wykorzystania surowców wpisującą się w proekologiczną politykę zrównoważonego rozwoju.



Ilustracja 1:

Skład betonu komórkowego

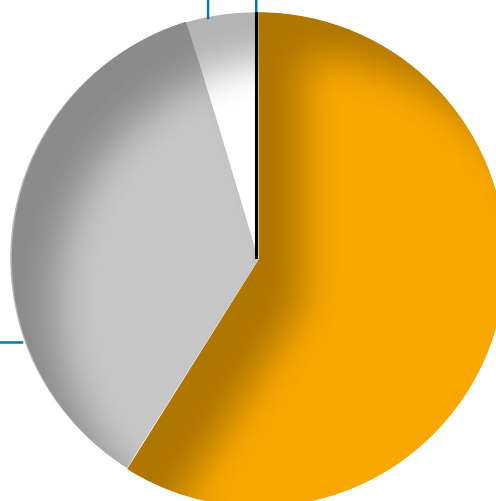
Aluminium 0,50 kg/m³

Gips 16 kg/m³

Wapno i cement 135 kg/m³

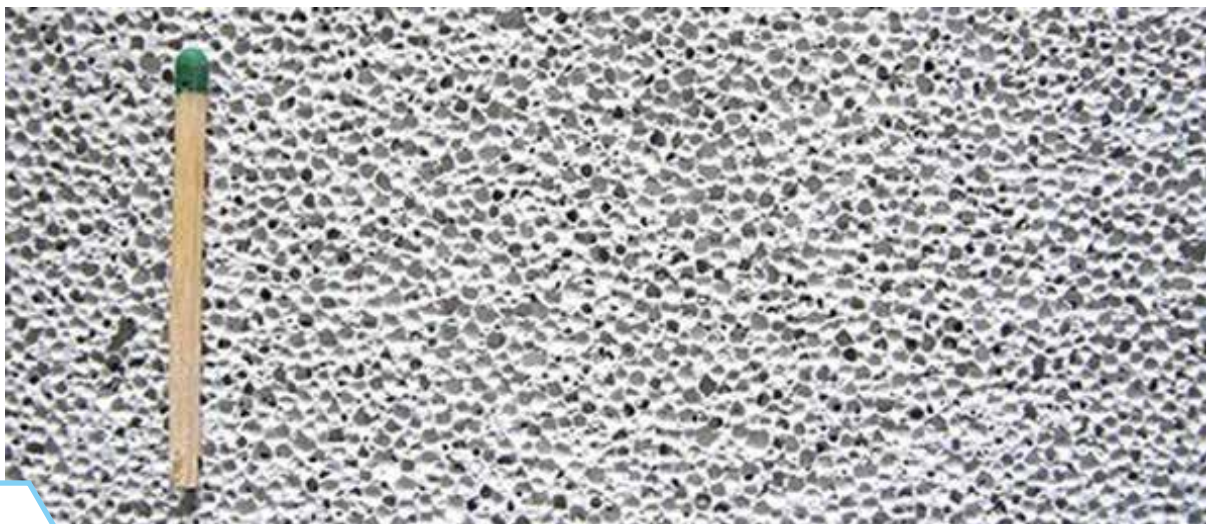
Piasek 235 kg/m³

+ woda 225 kg/m³





Ilustracja 2:
Surowce betonu komórkowego



Ilustracja 3:
Struktura betonu komórkowego.

1.2.

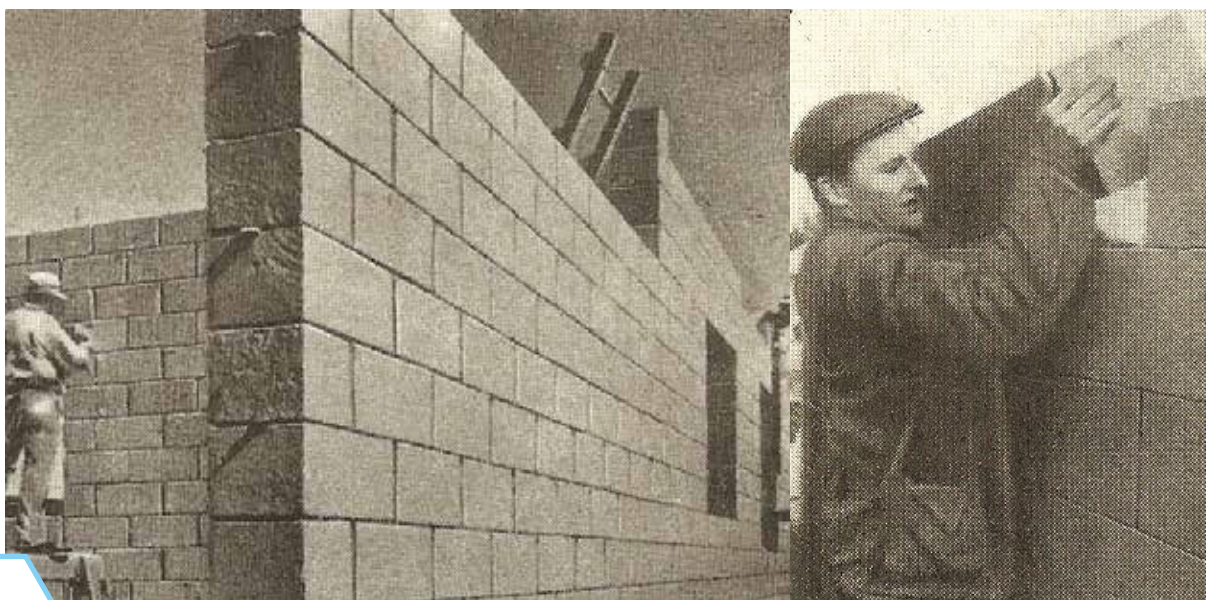
Materiał z tradycjami

Beton komórkowy produkowany jest od ponad 80 lat. Historia jego wynalezienia sięga 1923 roku, kiedy to szwedzki architekt Axel Eriksson opracował technologię utwardzania bloczków w autoklawach przy użyciu gorącej pary wodnej, po czym rozpoczął produkcję wyrobów z betonu komórkowego. Od tego czasu odnotowuje się produkcję autoklawizowanego betonu komórkowego na skalę przemysłową.

W Polsce produkcję betonu komórkowego zapoczątkowano w 1951 roku po zakupie w Szwecji licencji oraz części wyposażenia dwóch zakładów do-

świadczalnych. Pierwszą produkcję uruchomiono w Aleksandrowie Kujawskim i Redzie. Od tego momentu materiał ten zyskiwał coraz szersze grono zwolenników, a z czasem stał się najbardziej popularnym materiałem do murowania ścian. W przeszłości elementy murowe wykonywano również z tzw. szarego betonu komórkowego, czyli betonu komórkowego z dodatkiem popiołów lotnych. Jednak ten typ betonu został szybko wyparty przez piaskowy (m.in. z uwagi na trendy oraz na deficyt dostępności odpowiedniej jakości popiołów potrzebnych do produkcji).

Beton komórkowy wynaleziono, poszukując substytutu dla drewna, wówczas najpowszechniej stosowanego materiału budowlanego. Za cel postawiono sobie uzyskanie materiału zapewniającego ciepło, łatwego w obróbce, trwałego, a ponadto niepalnego. Beton komórkowy spełniał wszystkie te oczekiwania.



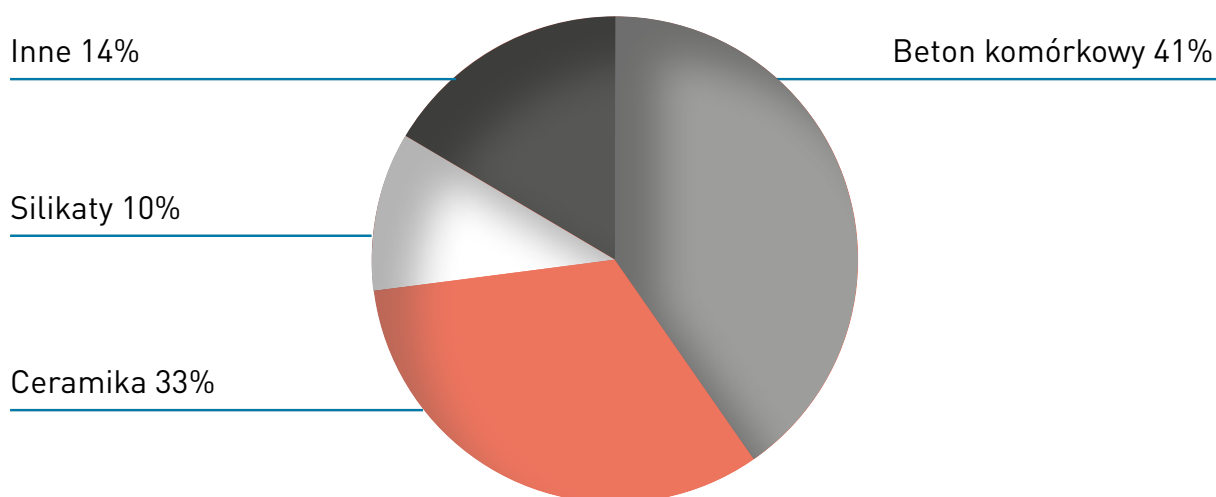
Ilustracja 4:
Archiwalne zdjęcie z budowy

1.3. **Materiał popularny, o ugruntowanej pozycji na rynku**

Popularność betonu komórkowego niewątpliwie wynika z jego właściwości. Łatwość i szybkość budowania, łatwość obróbki, niska gęstość objętościowa, trwałość i wysoka jakość – to tylko niektóre właściwości decydujące o tym, że beton komórkowy jest chętnie wybierany przez inwestorów i wykonawców. Z kolei jego nieograniczony potencjał architektoniczny oraz odpowiednie parametry techniczne (zwłaszcza wytrzymałość na ściskanie, duża izolacyjność cieplna, trwałość i niewielka masa), sprawiają, że równie chętnie jest stosowany przez projektantów. Dzięki temu mogą oni realizować swoje ambicje

i wizje architektoniczne. W Polsce przykładem jego zastosowania jest Krzywy Domek w Sopocie.

Korzyści jakościowe, właściwości materiału, a także oszczędności, które w ostatecznym rozrachunku zyskują inwestorzy, powodują, że beton komórkowy cieszy się niestąbną popularnością i zajmuje pierwsze miejsce wśród materiałów budowlanych wybieranych do wznoszenia ścian murowych. Z pewnością decyduje o tym również stały rozwój wyrabianych z niego produktów. Od wielu lat notuje się coraz większy udział tego materiału w rynku materiałów ściennych.



Ilustracja 5:
Udział w rynku materiałów ściennych. Dane wg SPB

1.4.

Budowanie z betonu komórkowego

Konstrukcje murowe – podobnie jak żelbetowe czy drewniane – należy projektować według odpowiednich norm, uwzględniając właściwości materiałowe. W przypadku projektowania murów trzeba zwracać szczególną uwagę na fakt, iż elementy murowe (niezależnie od rodzaju tych elementów) są materiałami kruchymi. Istnieje zatem duże prawdopodobieństwo powstawania niepożądanych zarysowań, których uniknięcie wymaga stosowania dodatkowych rozwiązań technicznych. Do miejsc najbardziej narażonych na pęknięcia w ścianach zalicza się np. strefy pod oknami i nad drzwiami, gdzie powstają naprężenia rozciągające. Dlatego w tych niewralgicznych obszarach zaleca się pomocnicze wzmocnianie murów np. poprzez

dotłoczenie zbrojenie lub zabezpieczenie ich powierzchni za pomocą siatek z włókna szklanego. W przypadku konstrukcji murowych zaleca się stosowanie w spoinach wspornych (spoinach poziomych) pod oknami i nad drzwiami zbrojenia poziomego, jeśli obliczony poziom wytrzymałości muru przekracza 70%.

Przy tego typu rozwiązaniach duże znaczenie ma wiedza dotycząca pracy muru pod obciążeniem. Na tej podstawie formułowane są zalecenia producentów, które mają zapewnić eksploatację budynku bez „niespodzianek” w postaci zarysowań. Z tego względu wszelkie decyzje w tej kwestii powinny bazować na analizach projektowych i brać pod uwagę zarówno wymogi norm technicznych, jak i zalecenia producentów.



Ilustracja 6:
Budowanie ścian

1.5.

Beton komórkowy – konstrukcyjny materiał budowlany

Beton komórkowy jest zaliczany do materiałów, z których produkuje się konstrukcyjne elementy murowe, czyli służące do wykonywania murów. Podstawowymi elementami tego typu są bloczki. Muszą być one zgodne z normą PN-EN 771-4. Norma ta określa m.in. właściwości, jakie powinny mieć elementy murowe, aby spełniały kryteria wymagane od materiałów stosowanych przy wznoszeniu murów.

Porowata struktura betonu komórkowego powoduje, że ten materiał konstrukcyjny ma również bardzo dobre parametry izolacyjności termicznej. Wprawdzie do ocieplania ścian stosuje się zazwyczaj typowe materiały termoizolacyjne, mające znacznie lepsze parametry izolacyjności termicznej niż beton komórkowy, jednak z lekkich odmian betonu komórkowego można z powodzeniem wykonywać ściany jednowarstwowe bez ocieplenia.



Ilustracja 7:
Ściany konstrukcyjne z betonu komórkowego w budynku wielokondygnacyjnym

1.6.

Nowoczesny materiał podlegający ciągłym innowacjom

Beton komórkowy w swojej wieloletniej historii podlegał ustawicznym ulepszeniom i udoskonaleniom zarówno pod względem technologii wytwarzania, jak i obszaru zastosowania.

Podniesienie jakości jest realizowane głównie poprzez zmniejszenie dopuszczalnych odchyłeń wymiarowych i podniesienie estetyki wyrobu. Podwyższenie parametrów użytkowych uzyskuje się poprzez wprowadzanie nowych ergonomicznych kształtów elementów i paletyzacji. Poprawę izolacyjności cieplnej przegrody osiąga się poprzez obniżenie gęstości wyrobu. W dążeniu do poprawy

właściwości technicznych autoklawizowanego betonu komórkowego praktycznym kierunkiem jest podwyższanie wytrzymałości tworzywa – konkurencyjność betonu komórkowego na tym polu w stosunku do innych materiałów może wpłynąć na zwiększenie jego stosowania. Prace badawcze nad metodami podnoszenia wytrzymałości i produkcją betonu komórkowego o podwyższonej wytrzymałości powinny wyprzedzać zapotrzebowanie rynku, gdyż wiadomym jest, że część inwestorów będzie oczekiwać materiałów o wyższej wytrzymałości niż produkowane dotychczas.

DLA DOCIEKLIWYCH

W literaturze pojawia się coraz więcej publikacji z zakresu otrzymywania betonu komórkowego o gęstościach $< 400 \text{ kg/m}^3$ i $\lambda < 0,10 \text{ W/mK}$ [6] [7]. Osiąga się je głównie przez zmianę struktury porów i wzrost tobermorytu. W tym celu używa się domieszek chemicznych obniżających stosunek wody do składników suchych w procesie produkcyjnym, a tym samym redukujących liczbę porów kapilarnych. Zmniejszenie porowatości kapilarnej betonu komórkowego uzyskuje się również dzięki zastosowaniu wibracji w czasie wyrastania mieszanki betonu komórkowego. Wzrost udziału pożądaných uwodnionych krzemianów wapniowych można osiągnąć, wprowadzając dodatki mineralne o wysokiej aktywności pucolanowej i zmieniając warunki autoklawizacji [8] [9]. W ostatnim okresie podejmowane są także próby modyfikowania czasu autoklawizacji. Te wszystkie działania mają na celu rozwój betonu komórkowego.



Ilustracja 8:
Badania laboratoryjne ABK

2. WYBÓR MATERIAŁU

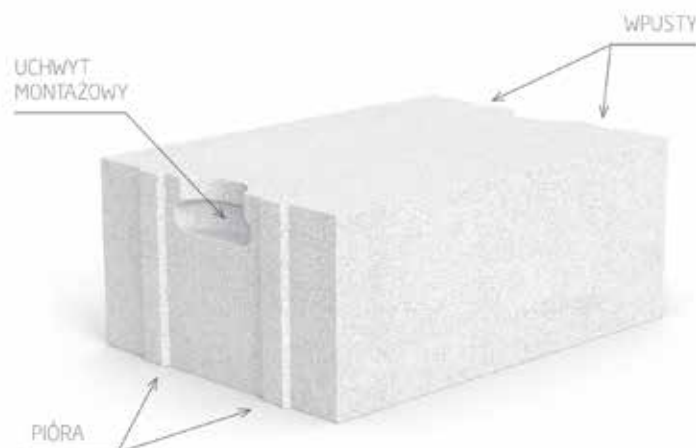
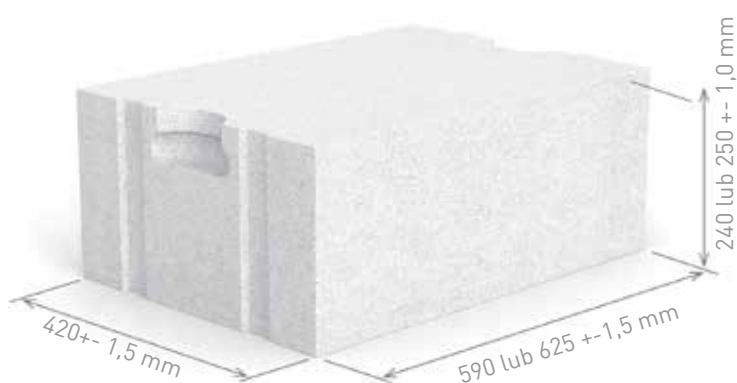
2.1.

Nowoczesne bloczki z betonu komórkowego

Bloczki z betonu komórkowego produkowane współcześnie (zgodne z normą zharmonizowaną PN-EN 771-4) cechuje bardzo wysoka dokładność wymiarowa (w przypadku kategorii wymiarowej TLMB – $\pm 1,0$ mm w odniesieniu do wysokości oraz $\pm 1,5$ mm w odniesieniu do szerokości i długości). Większość bloczków jest wyposażona w system łączenia w pionie za pomocą piór i wpustów, dzięki czemu nie ma konieczności wypełniania spoiny pionowej zaprawą. Wysoka dokładność oraz stosowanie systemu pióra-wpusty sugerują, że murowanie z bloczków wymaga wyjątkowej precyzji od wykonawcy. Nic bardziej mylnego. Te właściwości bloczków nie tylko nie wpływają na zwiększenie trudności murowania, lecz wręcz przeciwnie – dzięki nim praca staje się łatwiejsza, zdecydowanie szybsza i pozwala na uzyskanie efektu w postaci idealnie

równego muru – rzecz nie do przecenienia.

Oczywiście ekipa wykonawcza musi przestrzegać kilku prostych zasad, takich jak np. dokładne wypoziomowanie pierwszej warstwy bloczków. Jednak już po ułożeniu pierwszej warstwy każdą kolejną wykonuje się w bardzo szybkim tempie. Wymiarowe bloczki murowane na cienkiej warstwie zaprawy układają się „praktycznie same”. Niewielka gęstość bloczków z betonu komórkowego sprawia, że mimo sporych wymiarów elementy te są stosunkowo lekkie. Podnoszenie, przenoszenie i układanie bloczków nie sprawia wykonawcom większych problemów. Po ułożeniu bloczka wystarczy kilka wyrównujących uderzeń młotką z gumowym obuchem i można dokładać następny. Szybkość murowania z bloczków z betonu komórkowego obniża koszty budowy.



Ilustracja 9:
Bloczki z betonu komórkowego

2.2.

Proste narzędzia i łatwość obróbki

Do prawidłowego murowania ścian z betonu komórkowego wystarczy niedrogi komplet narzędzi, w który można się

wyposażyc praktycznie w każdym sklepie z materiałami budowlanymi. Są to: ręczna piła widiowa do cięcia, kielnie zębate

do nakładania zaprawy, młotek z gumowym obuchem, strug lub paca do szlifowania drobnych nierówności, mieszadło do przygotowania zaprawy i zmiotka do oczyszczania bloczków z pyłu. Instalatorom przyda się rylec do wykonywania bruzd instalacyjnych. Tymi prostymi narzędziami z powodzeniem może się posługiwać osoba niemająca większego doświadczenia.

Porowata struktura betonu sprawia,

że bloczki łatwo się docina za pomocą ręcznej piły. Nie ma potrzeby stosowania specjalnych maszyn. Po docięciu bloczka dożądanego wymiaru pozostały fragment można użyć w innym miejscu, nawet kładąc go „na boku” (beton komórkowy jest jednorodny). Dlatego na budowach z betonu komórkowego nie spotyka się zalegających odpadów. Prawie każdy element może być wykorzystany w ścianach.



Ilustracja 10:

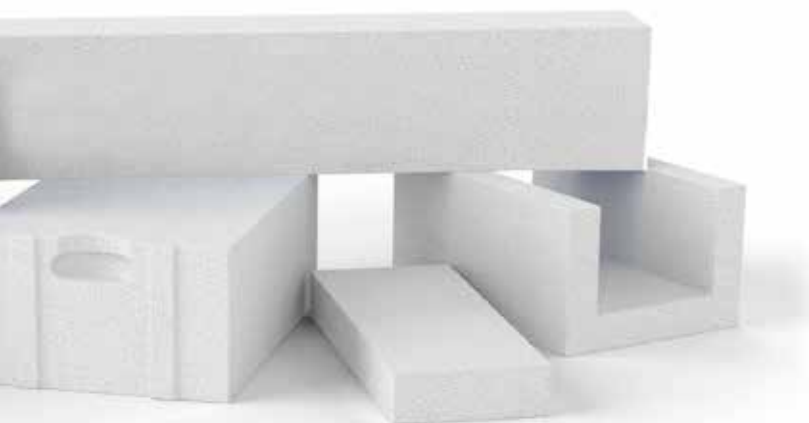
Narzędzia do murowania betonu komórkowego



2.3. System

Systemy do budowy ścian z bloczków betonu komórkowego należą do najbardziej zaawansowanych technicznie, a zarazem najprostszych rozwiązań. Na ich prostotę i skuteczność składają się: bloczki o doskonałych parametrach cieplnych wyposażone w technologię pióra-wpusty, nowoczesne zaprawy do cien-

kich spoin stosowane do ich łączenia oraz elementy uzupełniające, takie jak gotowe nadproża, kształtki U. Dzięki praktycznym rozwiązaniom i materiałom doskonałej jakości systemy do budowy ścian z betonu komórkowego są jednocześnie nowoczesne, niedrogie oraz szybkie i niezwykle łatwe w zastosowaniu.



Ilustracja 11:
Fragment ściany ilustrującej system ABK



2.3.1.

Zaprawa do cienkich spoin

Do łączenia elementów z betonu komórkowego stosuje się cienkowarstwową zaprawę murarską. Jest to przygotowana fabrycznie mieszanka (wykonana na bazie cementu), którą na budowie należy rozrobić mieszadłem zamocowanym w wiertarce wolnoobrotowej. Zaprawę nakłada się na warstwę bloczków przy pomocy ząbkowanej kielni, która umożliwia szybkie i precyzyjne rozłożenie zaprawy na całej szerokości muru. Mamy wówczas gwarancję, że grubość

spoiny osiągnie wymagane $1 \div 3$ mm. Dzięki tak niewielkiej grubości spoin ściana jest w tym miejscu praktycznie pozbawiona mostków termicznych. Zaprawa cienkowarstwowa zapewnia również większą nośność (wytrzymałość) niż zaprawa tradycyjna. Stosując w budynku taki rodzaj zaprawy, można użyć lżejszych odmian betonu komórkowego charakteryzujących się większą izolacyjnością termiczną bez straty na wytrzymałości konstrukcji.

WAŻNE!

Przed nałożeniem zaprawy należy zawsze delikatnie przeszlirować wymurowaną warstwę za pomocą pacy do szlifowania. Szlifowanie jest niezbędne, chociażby dlatego, że tolerancje wymiarowe bloczków mogą się nałożyć. Lepiej przeszlirować każdą warstwę, niż wyrównywać drobne nierówności zaprawą (taka praktyka jest w zasadzie niedopuszczalna, niestety nie wszyscy się do tego stosują).

CIEKAWOSTKA

Porowata struktura betonu komórkowego ułatwia stosowanie różnego rodzaju tynków i klejów. Tego typu zaprawy zachowują większą przyczepność do betonu komórkowego niż do gładkich powierzchni innych materiałów. Ta właściwość jest również ceniona przez wykonawców.



Ilustracja 12:

Mur z zaprawą do cienkich spoin

2.3.2.

Elementy uzupełniające system

Elementy uzupełniające system budowy ścian z betonu komórkowego, takie jak gotowe prefabrykowane nadproża oraz kształtki U, są nieodzownym dopełnieniem ścian. Jednak niezbędność tych elementów nie musi oznaczać zwiększenia wydatków na budowę. Prefabrykowane belki nadprożowe z betonu komórkowego są bardzo istotne z punktu widzenia izolacji termicznej budynku, zwłaszcza takiego, w którym przegrody zewnętrzne mają postać ścian jednowarstwowej bez docieplenia. Belki nadprożowe wykonane ze zbrojonego „ciepłego” betonu komórkowego zapewniają lepszą izolację termiczną od tych z żelbetu i eliminują możliwość powstania mostka cieplnego w tym newralgicznym miejscu muru. Takimi belkami można „przykrywać” otwory okienne i drzwiowe mające dużą rozpiętość. W dodatku nadproża te są bardzo łatwe i szybkie w montażu. Dzięki nie-

wielkiej masie można je montować ręcznie bez konieczności korzystania z dźwigu. Choć ich cena jednostkowa będzie wyższa od rozwiązań typowych, należy pamiętać, że stosując nadproża z betonu komórkowego, unikamy kosztów prac zbrojarskich, deskowania, dodatkowej mieszanki betonowej i czasu oczekiwania na uzyskanie pełnej wytrzymałości.

Z kolei kształtki U, czyli bloczki wycięte w kształt litery U, to szalunek tracony dla wszelkich koniecznych elementów konstrukcyjnych wykonanych z żelbetu. W szalunku z kształtek U wykonuje się m.in. długie belki nadprożowe i konstrukcyjne podciąg, a także pionowe trzpienie i słupki, np. w ściankach kolankowych. Dzięki użyciu tego elementu nie trzeba stosować pełnego szalunku drewnianego, wystarczy jedynie pozioma deska podpierająca. W rezultacie uzyskujemy ścianę o jednolitej powierzchni wykonanej z betonu komórkowego.



Ilustracja 13:

Montaż elementów nadprożowych

2.4.

Czy można zamienić inny materiał ścienny w projekcie na beton komórkowy?

Na etapie adaptacji projektu można dokonać wszelkich zmian, które projektant adaptujący uwzględni i sprawdzi ich zasadność techniczną. Dotyczy to również zmiany materiałów ściennych. W tym wypadku projektant powinien przeprowadzić stosowne kalkulacje, sprawdzić nowe



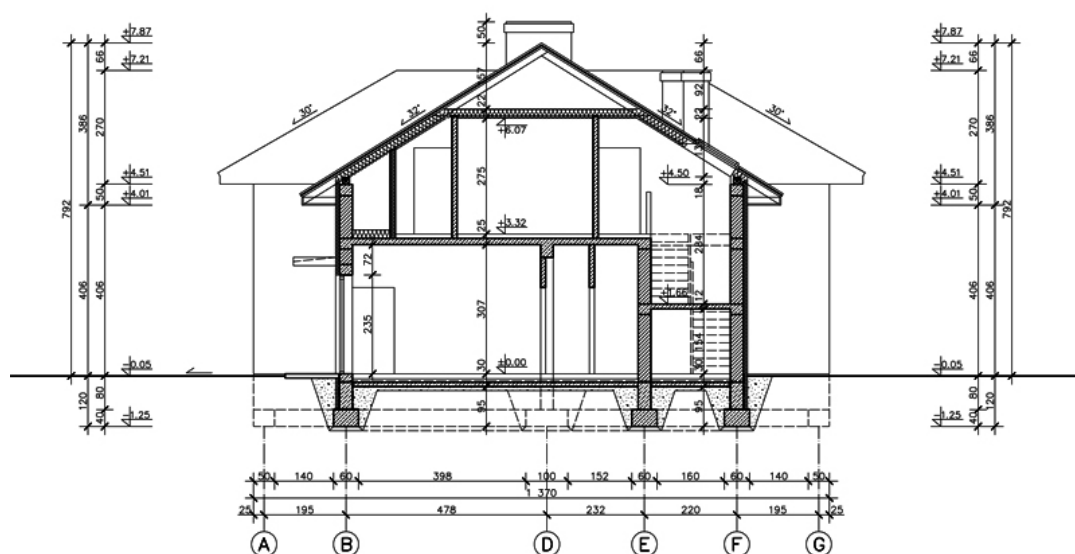
rozwiązanie pod względem konstrukcyjnym oraz dokonać wpisu do projektu. Na ogół tego typu zmiany są możliwe, a nawet pożądane. Zamiana innego materiału na beton komórkowy poprawia parametry izolacyjności cieplnej przegród, więc zwykle przynosi efekt pozytywny,

a co za tym idzie, korzyści dla inwestora.

Trzeba jednak pamiętać, że tego typu zmiany muszą być przemyślane, a decyzja podjęta przez osobę posiadającą uprawnienia budowlane w odpowiedniej specjalności.

Trochę więcej obostrzeń dotyczy zmian wprowadzanych w projektach budynków, dla których została już wydana decyzja o pozwoleniu na budowę.

W świetle przepisów prawa budowlanego zamiana materiałów, która nie powoduje zmian grubości ścian zewnętrznych oraz ścian wewnętrznych nośnych, uznawana jest za zmianę nieistotną. W praktyce nie stanowi to żadnego problemu, ponieważ grubości ścian wykonywanych z różnych elementów są zbliżone i mieszczą się w dopuszczalnych odchyleniach wymiarowych konstrukcji.



Ilustracja 14:
Fragment projektu domu z ABK

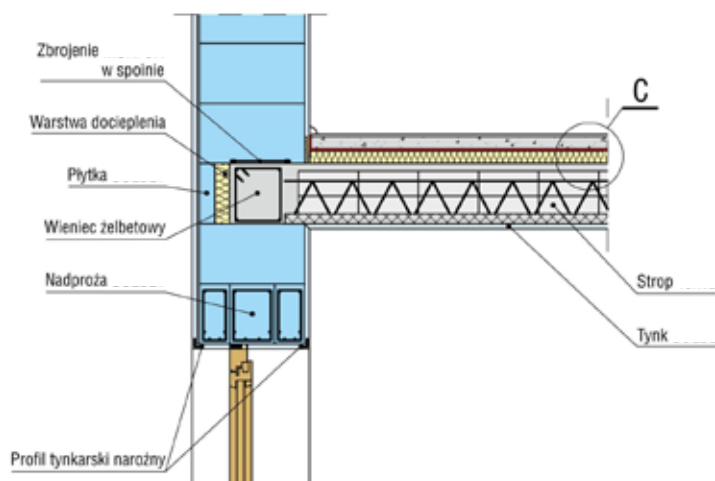
2.5.

Beton komórkowy to budowanie bez mostków termicznych

Budując dom energooszczędny, należy zwrócić szczególną uwagę na ograniczenie strat ciepła. Mogą one występować w najłabszych pod względem izolacyjności cieplnej fragmentach budynku. Szczególnie podatne są na to miejsca połączeń elementów konstrukcyjnych o różnym poziomie izolacyjności cieplnej. Takie miejsca nazywa się mostkami termicznymi. Są to takie obszary obudowy zewnętrznej budynku, które charakteryzują się zwiększonym przenikaniem ciepła w porównaniu do pozostałej części przegrody. Potencjalnie na straty energii narażone są przede wszystkim naroża ścian, żelbetowe płyty

balkonowe, żelbetowe nadproża i otwory okienne, wieńce stropowe oraz styk połączenia ściany nośnej ze ścianą fundamentową i ściany szczytowej z pokryciem dachowym. Te miejsca należy prawidłowo zaprojektować i wykonać. Te detale mogą decydować o jakości technicznej budynku.

Beton komórkowy umożliwia takie budowanie, w którym wszystkie detale są prawidłowo rozwiązane. Elementy z betonu komórkowego (błoczek, nadproża, kształtki U oraz specjalna zaprawa do cienkich spoin), są pomyślane w taki sposób, by można było skonstruować budynek bez mostków termicznych.



Ilustracja 15:

Detal prawidłowego rozwiązania mostka termicznego

2.6.

Różnica pomiędzy bloczkami a pustakami

Bloczki z betonu komórkowego są elementami pełnymi (nie drążonymi). Elementy murowe w postaci pustaków to elementy drążone, czyli mają w swojej strukturze uformowane wolne przestrzenie przechodzące lub nieprzechodzące przez cały element murowy. Bloczki nie zawierają drążeń.

Elementy pełne mają w każdym kierunku takie same właściwości, z kolei pustaki mają różne właściwości w poprzek drążeń i wzdłuż drążeń. Jest to bardzo istotne dla konstrukcji budynku. Różnicę między nimi można czytelnie zilustrować na detalach.

Potencjalnym miejscem powstania mostka termicznego w strefie przyziemnia budynku jest połączenie ściany fundamentowej ze ścianą nośną kondygnacji naziemnej. Ściany fundamentowe – ocieplane zazwyczaj w niższym standardzie izolacyjnym niż ściany zewnętrzne – a także grunt pod budynkiem stanowią duże odbiorniki ciepła z budynku. Energia cieplna pobierana z budynku przez ściany zewnętrzne i wewnętrzne łatwo przecho-

dzi przez element murowy i przenika do zimnych fundamentów, a następnie do gruntu i do otoczenia rys. Efekt ten jest szczególnie intensywny, gdy ściany są murowane z materiałów o słabej izolacyjności cieplnej w którymkolwiek kierunku (np. z pustaków lub elementów pełnych o dużej przewodności cieplnej). Rozwiązaniem może być wykonanie ścian z bloczków betonu komórkowego, które cechują doskonałe parametry izolacyjne we wszystkich kierunkach, co przeciwdziała ucieczce ciepła do fundamentów.

Równie newralgicznym miejscem jest połączenie ściany szczytowej z pokryciem dachowym rys. Ściana szczytowa często nie ma żadnej izolacji termicznej od góry pod pokryciem dachowym, co jest bezpośrednią przyczyną występowania liniowego mostka termicznego na całej długości ściany szczytowej, a zatem dużych strat ciepła z pomieszczeń poddasza. Także w tym przypadku zastosowanie elementów pełnych z betonu komórkowego stanowi idealne zabezpieczenie dla tego obszaru konstrukcyjnego budynku.



Ilustracja 16:
Ilustracja kontekstu



Ilustracja 17:
Ilustracja kontekstu

2.7.

Ściany jednowarstwowe z betonu komórkowego

Systemy z betonu komórkowego umożliwiają sprawne, szybkie i efektywne budowanie ścian jednowarstwowych. Służą do tego bloczki z betonu komórkowego o niskich klasach gęstości – 300, 350 lub 400. Przewaga tego typu rozwiązania nad zastosowaniem innych materiałów wynika z użycia bloczków o wysokiej izolacyjności cieplnej i jednorodnej strukturze. Jednorodna struktura bloczków gwarantuje, że ściany będą mieć we wszystkich kierunkach takie same parametry. Ściany uzyskują więc taką samą izolacyjność na długości, wysokości oraz grubości.

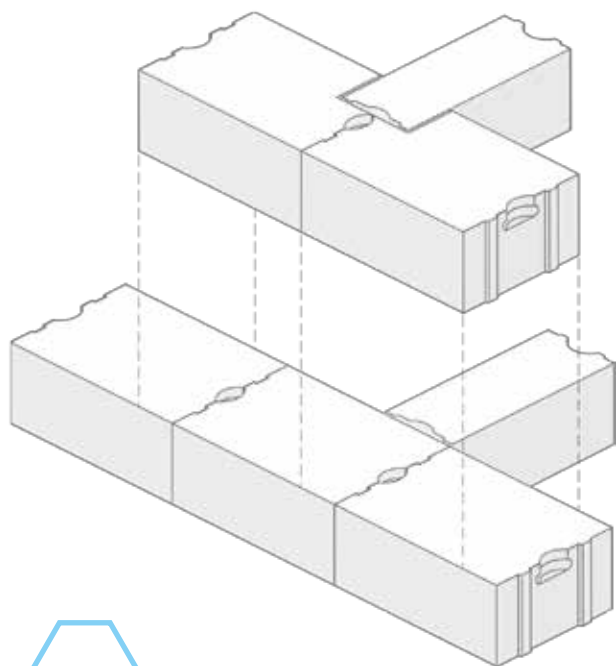
Do tego typu konstrukcji stosuje się bloczki z betonu komórkowego o wysokiej dokładności wymiarowej (oznaczone jako TLMB – $\pm 1,0$ mm w odniesieniu do wysokości, $\pm 1,5$ mm w odniesieniu do

długości i szerokości). Murowanie ścian z równych elementów przy użyciu cienkowarstwowej zaprawy klejowej o grubości 1-3 mm powoduje, że ściana jest jednorodna pod względem termicznym, ponieważ tak cienkie spoiny nie tworzą mostków termicznych. Ponadto bloczki mają pióra i wpusty, więc zaprawa znajduje się tylko w spoinach poziomych.

Przy wznoszeniu ścian jednowarstwowych ważne jest również użycie elementów uzupełniających. Systemowe belki nadprożowe z betonu komórkowego o wysokiej izolacyjności termicznej rozwiązują problem występowania mostków termicznych nad otworami. Zastosowanie kształtek U oraz płytek z betonu komórkowego umożliwia poprawne wykonanie detali w budynku, np. wieńcy.

WAŻNE!

Do wykonywania ścian jednowarstwowych powinno się stosować cały system: bloczki, zaprawę do cienkich spoin, kształtki U, nadproża i inne elementy systemowe.



Ilustracja 18:
Jednorodność ścian

2.8.

Ocieplanie ścian z betonu komórkowego

W ścianach dwuwarstwowych i wielowarstwowych o izolacyjności cieplnej decyduje warstwa ocieplenia. Jednak wybór materiału na część konstrukcyjną ściany również ma znaczenie. Im cieplejszy materiał wybierzemy na część konstrukcyjną, tym mniejsza grubość izolacji termicznej będzie wymagana, dzięki czemu zmniejszą się koszty inwestora. Przy zastosowaniu bloczków z betonu komórkowego izolacyjność termiczna przegród jest o 20-30% wyższa

w porównaniu do innych materiałów ściennych stosowanych w jednakowym układzie warstw konstrukcyjnych. Bloczki z betonu komórkowego umożliwiają budowanie energooszczędnych przegród zewnętrznych o mniejszej grubości niż w przypadku innych materiałów mury ocieplonych warstwą wełny mineralnej lub styropianu.

Poniższa tabela przedstawia przykładowe układy ścian warstwowych oraz grubości poszczególnych warstw przegrody.

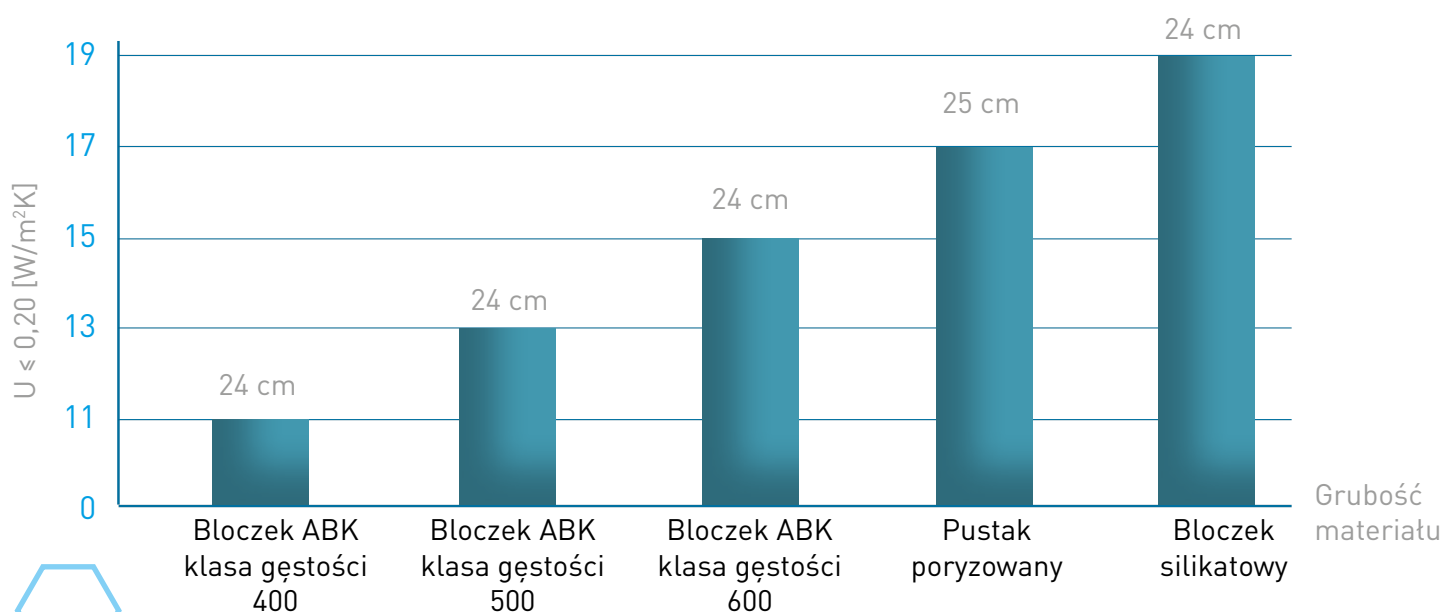
Tabela 2:

Wymagana grubość ocieplenia ($\lambda_{10,D} = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$) dla uzyskania współczynnika przenikania U

Typ materiału	Grubość materiału	$U \leq 0,20 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
Bloczek ABK klasa gęstości 400	24 cm	11 cm
Bloczek ABK klasa gęstości 500	24 cm	13 cm
Bloczek ABK klasa gęstości 600	24 cm	15 cm
Pustak poryzowany	25 cm	17 cm
Bloczek silikatowy	24 cm	19 cm

UWAGA!

Cieplejsza warstwa konstrukcyjna z betonu komórkowego oznacza, że przy takiej samej grubości ocieplenia można uzyskać lepszą izolacyjność cieplną.



Ilustracja 19:

Porównanie izolacyjności cieplnej

TROCHĘ TEORII

Przewodność cieplna – współczynnik λ

Przewodność cieplna materiału jest cechą fizyczną określającą jego zdolność do przewodzenia ciepła. Miarą przewodności cieplnej jest współczynnik przewodzenia ciepła λ . Współczynnik ten zależy od właściwości termicznych samego materiału (gęstości, porowatości). Z czynników zewnętrznych na wartość tego współczynnika ma wpływ stopień zawilgocenia materiału, temperatura i ewentualnie kierunek przepływu strumienia cieplnego. Wartość przewodnictwa cieplnego informuje o strumieniu energii, jaki przepływa przez jednostkową powierzchnię warstwy materiału o grubości 1 m, przy różnicy temperatur 1 K.

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA U

Z kolei parametrem określającym izolacyjność cieplną przegród jest współczynnik przenikania ciepła (oznaczony literą U), którego wartość zależy od rodzaju materiału, czyli współczynnika przewodzenia ciepła λ , i grubości przegrody. Podawany jest w jednostkach $W/(m^2K)$ określających wielkość przepływu ciepła przez jednostkową powierzchnię danej przegrody budowlanej, jeśli po jej dwóch stronach panuje różnica temperatur w wysokości 1 K. Na jego podstawie można określić izolacyjność cieplną danej przegrody. Niska wartość współczynnika U oznacza, że przegroda ma lepsze właściwości termoizolacyjne. Wartość tego współczynnika zależy od rodzaju i grubości materiału, z którego wykonane są ściany.

2.8.1.

Ocieplanie ścian z betonu komórkowego

Jednym z najczęściej zadawanych pytań dotyczących ścian z betonu komórkowego jest pytanie, czy tego typu ściany należy ocieplać styropianem czy wełną mineralną. Oba rozwiązania budzą wśród inwestorów wiele wątpliwości. Rozważmy zatem te dwa przypadki pod kątem fizyki budowli i poprawności rozwiązań.

Beton komórkowy jest materiałem porowatym o wysokiej dyfuzyjności. Innymi słowy, jest materiałem paroprzepuszczalnym. Z tą właściwością często wiąże się mity, że do ocieplenia ścian z betonu komórkowego nadaje się tylko wełna mineralna. W tej kwestii warto powołać się na badania profesora Jerzego Pogorzelskiego – specjalistę i autorytet w dziedzinie fizyki budowli. Okazuje się, że strumień pary wodnej przepływający przez ściany zewnętrzne stanowi do 3% całego strumienia pary wodnej usuwanego z mieszkania. Oznacza to, że wilgoć z budynku usuwana jest przede wszystkim przez sprawny sys-

tem wentylacyjny. Niemniej jednak przy konstruowaniu ścian ocieplonych wełną mineralną należy zadbać o to, by skonstruować tę przegrodę w taki sposób, aby wilgoć mogła przenikać przez ściany. Pozwoli to uniknąć zawilgocenia wełny, której izolacyjność termiczna spada wraz ze wzrostem wilgotności. Zatem istotny jest taki dobór materiałów w kolejnych warstwach ściany, żeby każda następna miała mniejszy opór dyfuzyjny niż wcześniejsza.

Przy ociepleniu wełną mineralną wyróżniamy następujące warstwy (od strony wewnętrznej):

- tynk wewnętrzny paroprzepuszczalny, ściana z bloczków betonu komórkowego np. 24 cm,
- klej do wełny mineralnej,
- ocieplenie wełną mineralną,
- siatka tynkarska z klejem,
- tynk cienkowarstwowy mineralny,
- farba elewacyjna.

Transport wilgoci w tym przypadku ma

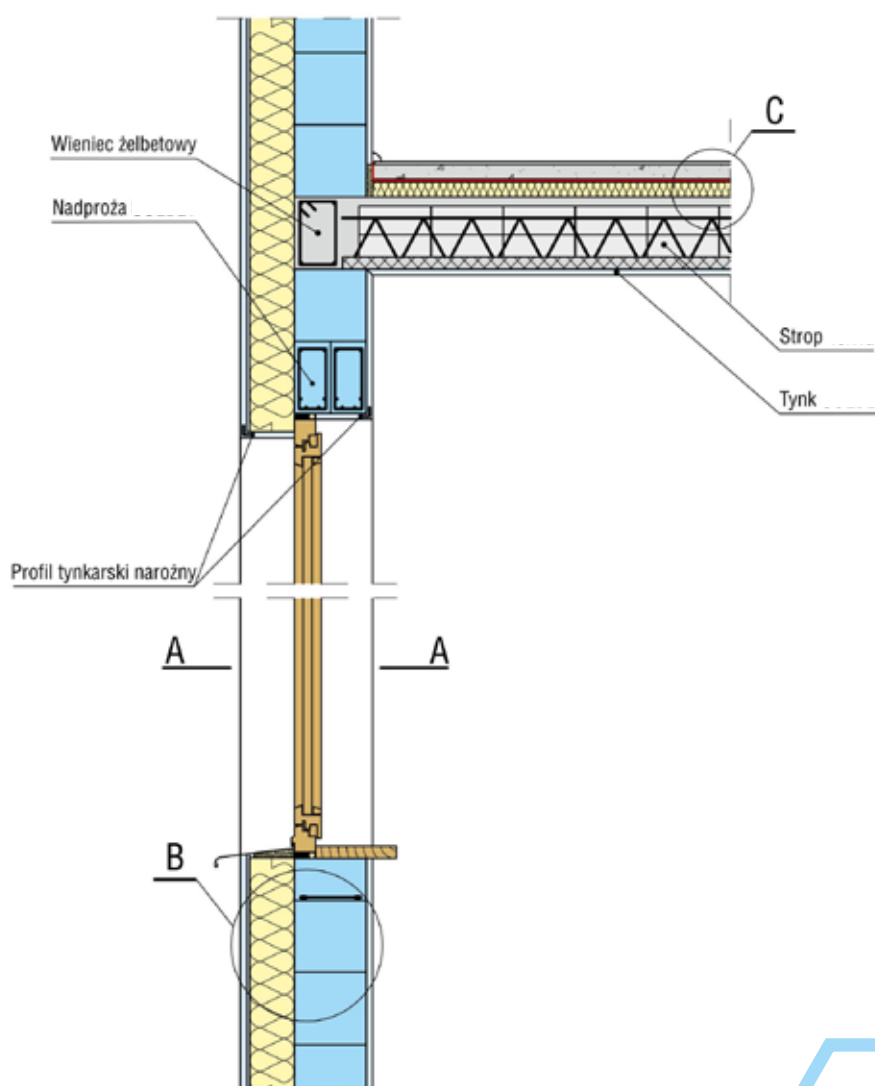
kierunek od wewnątrz na zewnątrz przez kolejne warstwy ściany. Przy wewnętrznych warstwach o wysokiej paroprzepuszczalności (tynk wewnętrzny, ściana z bloczków betonu komórkowego, wełna mineralna) należy zwrócić uwagę na to, by nie „zamykać” transportowanej wilgoci np. poprzez zastosowanie tynku zewnętrznego o oporze dyfuzyjnym większym niż opór warstw wewnętrznych. Gdyby taka sytuacja miała miejsce, nastąpiłoby zawilgocenie wełny, co skutkowałoby zmniejszeniem izolacyjności cieplnej oraz wykropleniem pary wodnej pod tynkiem.

Z kolei styropian jest materiałem o bardzo dużym (w stosunku do materiałów konstrukcyjnych, w tym betonu komórkowego) oporze dyfuzyjnym. Oznacza to, że właściwie nie ma miejsca sytuacja przenikania wilgoci przez przegrodę – za wysychanie ścian odpowiada sprawna wentylacja budynku. Transport wilgoci bę-

dzie następował w kierunku do wewnątrz lokalu. Należy jedynie zadbać o odpowiednie zaizolowanie przegrody, natomiast wartość dyfuzyjności tynku zewnętrznego nie ma zupełnie znaczenia.

Podsumowując, pod względem fizyki budowli nie jest ważne, czy ściana z betonu komórkowego będzie ocieplona styropianem, czy wełną mineralną. Zarówno w przypadku ścian ocieplonych wełną, jak i styropianem efekt końcowy jest ten sam – uzyskujemy „ciepłe” ściany. Rzecz ma się inaczej, jeśli weźmie się pod uwagę trwałość i odporność na ogień, gdyż tutaj różnice między tymi dwoma sposobami ocieplenia są już istotne.

Tak czy owak system ocieplenia powinien być dobrany świadomie, a najlepiej jeszcze na etapie projektowania, a nie na etapie wykonawstwa, gdzie często o wyborze materiału decyduje przypadek i w efekcie łatwo o błędy.



Ilustracja 20:
Ściana
z betonu
komórkowego
z ociepleniem
ze styropianu

2.9.

Najlżejszy mineralny materiał ścienny

Na obciążenia fundamentów, stropów wpływają takie czynniki jak gęstość materiału, struktura (układ drążeń) i porowatość. Klasy gęstości betonów komórkowych dostępnych w Polsce mieszczą się w przedziale 300-700 kg/m³. Ich niska gęstość oraz porowata struktura czyni z nich jeden z najlżejszych materiałów dostępnych na rynku, które może wybrać inwestor.

Niska gęstość objętościowa materiału niesie ze sobą szereg korzyści. Z betonu komórkowego buduje się bardzo szybko i ergonomicznie – bloczki mają duże rozmiary, a jednocześnie są poręczne (łatwo się je przenosi, ustawia, muruje).

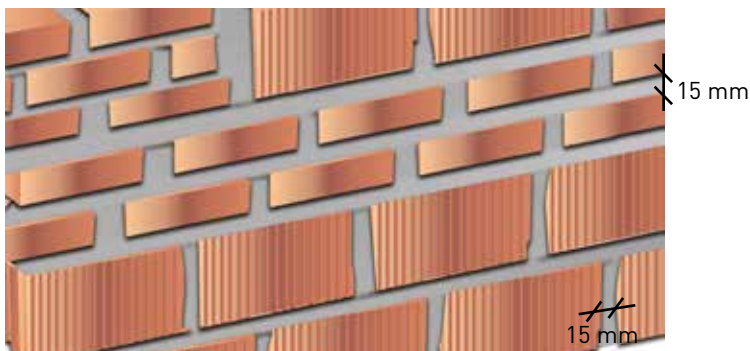
Dzięki niewielkiej masie betony komórkowe charakteryzują się niskimi kosztami transportu, ponieważ jednym środkiem transportu można przewieźć większą objętościowo ilość betonu komórkowego niż innych materiałów ściennych.

Niewielka gęstość objętościowa wpływa też na mniejsze obciążenie konstrukcji, a to z kolei prowadzi do mniej kosztowych rozwiązań konstrukcyjnych (posadowienie budynku, mniejsze przekroje belek itp.).

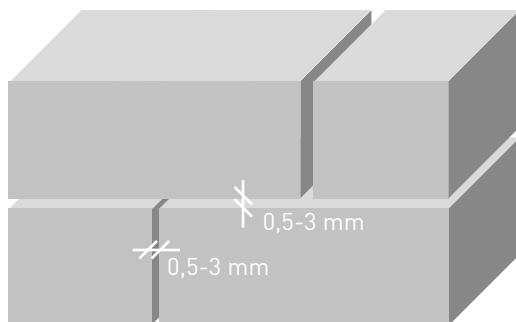
Jednak największą zaletą betonu komórkowego, która wynika ze struktury wewnętrznej materiału i jego niewielkiej masy, jest jego izolacyjność cieplna.



20 minut



2 minuty



Ilustracja 21:
Porównanie efektywności murowania

2.10.

Materiał ekologiczny w budowie

Ekologia na budowie polega na tym, że stosowanie materiałów jest proste, nie wymaga dużych nakładów (np. specjalistycznego sprzętu, czasu), nie powoduje zanieczyszczenia środowiska itp.

Beton komórkowy znakomicie wpi-

suje się w ten trend. Buduje się z niego wyjątkowo łatwo i szybko. Potrzebne są tylko proste ręczne narzędzia, nie trzeba używać narzędzi elektrycznych (do przecięcia bloczka wystarczy ręczna piła). Docięte fragmenty bloczków można wy-

korzystywać, więc nie powstaje zbyt wiele gruzu odpadowego, a ponadto gruz odpadowy można zutylizować, stosując go do ponownej produkcji bloczków. Co więcej, nie istnieje tu problem odpadu niebezpiecznego, który obciążałby środowisko.

Budując z dużych i profilowanych bloczków betonu komórkowego na cienkie spoiny, zużywa się o wiele mniej wody niż przy murowaniu na spoiny tradycyjne. Przykładowo zużycie zaprawy do cienkich spoin na budynek jednorodzinny średniej wielkości – przy murowaniu z bloczków profilowanych o gru-

bości 24 cm – to 450 kg w stanie suchym (na co potrzeba około 150 litrów wody). Na wykonanie takiego samego muru zużywa się 2620 kg zaprawy tradycyjnej (co daje około 400 litrów wody) – zużycie tej zaprawy jest jeszcze większe, gdy zastosowano elementy mniejsze niż bloczki z betonu komórkowego i trzeba wypełniać spoiny pionowe – może sięgać nawet 4500 kg (czyli około 650 litrów wody).

Z tego wniosek, że budowanie z betonu komórkowego jest nie tylko najbardziej efektywne, lecz także najbardziej proekologiczne spośród tradycyjnych technologii.



Ilustracja 22:
Docinanie bloczka

2.11.

Materiał uniwersalny

Zastosowanie elementów z autoklawizowanego betonu komórkowego musi być zgodne z ustaleniami normy PN-EN 771-4. Zgodnie z którą elementy z betonu komórkowego mogą znaleźć zastosowanie w: elementach nośnych i nienośnych we wszystkich rodzajach budynków, łącznie ze ścianami jednowarstwowymi, dwuwarstwowymi, szczelinowymi, działowymi, oporowymi, piwnicznymi oraz ogólnego zastosowania poniżej poziomu

gruntu, ścianami przeznaczonymi do ochrony ogniowej, izolacji cieplnej, izolacji akustycznej oraz budowy kominów (z wyjątkiem kanałów dymowych). Należy przy tym pamiętać, że mur nie składa się tylko z elementów murowych, ale również z zaprawy, która też powinna być dobrana odpowiednio do materiałów murowych i ich zastosowania.

Norma PN-EN 1996-2 wyróżnia klasy mikroekspozycji muru od MX1 do

MX5, które pozwalają dobrać elementy do panujących warunków środowiskowych (nie należy mylić tego pojęcia z warunkami atmosferycznymi, które podlegają pod makroekspozycję).

Beton komórkowy ma zastosowanie praktycznie we wszystkich klasach mikroekspozycji (oprócz klasy MX4 i MX5, dla których przed doбором elementu murowego muszą być przeprowadzone odpowiednie badania środowiskowe), przy założeniu, że jego gęstość wynosi co najmniej 400 kg/m^3 , który to warunek w przypadku

ogólnie dostępnych na rynku wyrobów jest zawsze spełniony. Trzeba przy tym zwrócić uwagę, że dopuszczenie stosowania wyrobów z betonu komórkowego do ścian poniżej poziomu gruntu nie zwalnia z obowiązku wykonania odpowiedniej izolacji uwzględniającej poziom wód gruntowych oraz ich agresywność. Oprócz zakresu stosowania wskazanego przez normy należy mieć również na uwadze zalecenia i zakres stosowania podawane przez producenta, które mogą ograniczyć zastosowanie do kilku spośród w/w.

DLA ZAINTERESOWANYCH

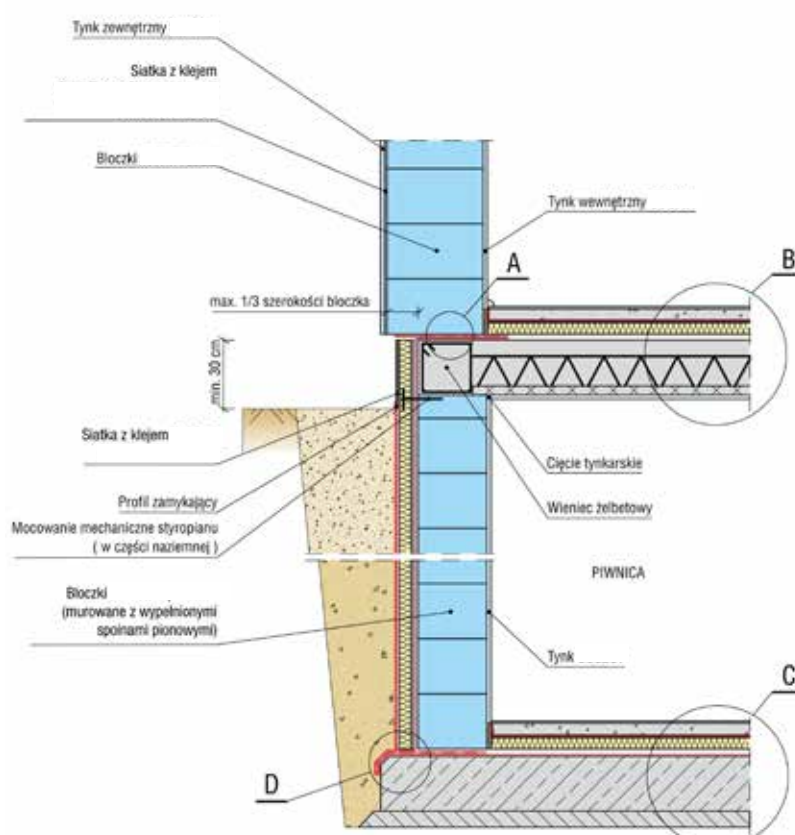
Warunki mikroekspozycji konstrukcji murowych dzieli się na następujące klasy:

- MX1 – w środowisku suchym,
- MX2 – narażone na zawilgocenie lub zamoczenie,
- MX3 – narażone na zawilgocenie lub zamoczenie z cyklicznym zamrażaniem/rozmarzaniem,
- MX4 – narażone na działanie soli z powietrza lub wody morskiej,
- MX5 – w środowisku chemicznie agresywnym.

Przy określaniu warunków mikroekspozycji należy wziąć pod uwagę następujące oddziaływania:

- czynniki klimatyczne,
- narażenie konstrukcji na możliwość zawilgocenia lub zamoczenia,
- narażenie konstrukcji na cykliczne zamrażanie i rozmrażanie,
- obecność materiałów chemicznych, które mogą wywoływać reakcje powodujące uszkodzenia.

Ilustracja 23:
Ściana piwnicy
z betonu
komórkowego



2.12.

Stropy stosowane na ścianach z betonu komórkowego

Na ścianach z betonu komórkowego można stosować wszystkie rodzaje stropów. Mogą to być stropy gęstożebrowe (Teriva, Fert), stropy gęstożebrowe z betonu komórkowego i ceramiki, żelbetowe stropy kanałowe, stropy płytowe typu filigran, stropy drewniane, a także żelbetowe wylwane.

Wszystkie oparcia stropów powinny być odpowiednio skonstruowane. Na przykład stropy płytowe z płyt żerańskich

wymagają wykonania „poduszki żelbetowej” lub wieńca opuszczonego, stropy drewniane – wieńca opuszczonego. Zatem można stosować wszystkie rodzaje stropów, ale należy zwracać uwagę na detale. Te zalecenia dotyczą nie tylko ścian z betonu komórkowego, lecz także z innych materiałów. Istnieją również rozwiązania techniczne wykorzystujące wypełnienie z elementów z betonu komórkowego, jak pokazano na rysunku poniżej.



Ilustracja 24:
Oparcie stropu na ścianie

2.13.

Zastosowanie betonu komórkowego w trudnym terenie

Różnego rodzaju anomalie pogodowe skutkujące intensywnymi opadami są przyczyną powstawania podtopień budynków, które stoją na zagrożonych terenach i w miejscach o trudnych warunkach gruntowych.

W wyniku powodzi, która wystąpiła w lipcu 1997 roku, wiele budynków w Polsce znalazło się pod wodą na okres od kilku do kilkunastu dni. Było to przestanką do przeprowadzenia badań przez Centralny

Ośrodek Badawczo - Rozwojowy Przemysłu Betonów (COBRPB) CEBET. Badania wykazały, że ściany z betonu komórkowego szybko wyschły, a ich właściwości wytrzymałościowe po wyschnięciu nie odbiegały od właściwości materiału, który nie uległ zawilgoceniu. Zalanie ścian z betonu komórkowego podczas powodzi nie zmieniło struktury porowatości, ani składu mineralnego tego materiału.



Ilustracja 25:

Budynek z ABK w trakcie powodzi

2.14. Jak zadbać o materiał i budynek

Każdy budynek świeżo po wybudowaniu ma w sobie bardzo dużo wilgoci technologicznej i trzeba zastosować środki umożliwiające pozbycie się jej. W tym celu należy świadomie stworzyć odpowiednie warunki do wysychania budynków. Należą do nich:

- ogrzewanie pomieszczeń w okresie jesienno-zimowym;

- zadbanie o odpowiednią cyrkulację powietrza w pomieszczeniach.

Po wprowadzeniu się do nowo wybudowanego budynku nie zaleca się całkowitego dostawiania mebli (szafy, szafki) do ścian – wskazane jest zapewnienie cyrkulacji powietrza za meblami.

Ilustracja 26:

Właściwe odprowadzenie wody z dachu budynku



3. WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWE

3.1.

Beton komórkowy to „najcieplejszy” materiał ścienny

Wśród wszystkich materiałów konstrukcyjnych do wykonywania murów beton komórkowy jest materiałem o najwyższej izolacyjności cieplnej. Wyższą izolacyjność cieplną mają wyłącznie materiały niekonstrukcyjne, np. wełna mineralna, czy styropian. Stały rozwój betonu komórkowego przyczynia się do poprawiania jego izolacyjności cieplnej przy jednoczesnym zwiększaniu wytrzymałości na ściskanie. Dzięki temu możliwe jest wykonywanie z betonu komórkowego ścian jednowarstwowych spełniających wciąż rosnące wymaga-

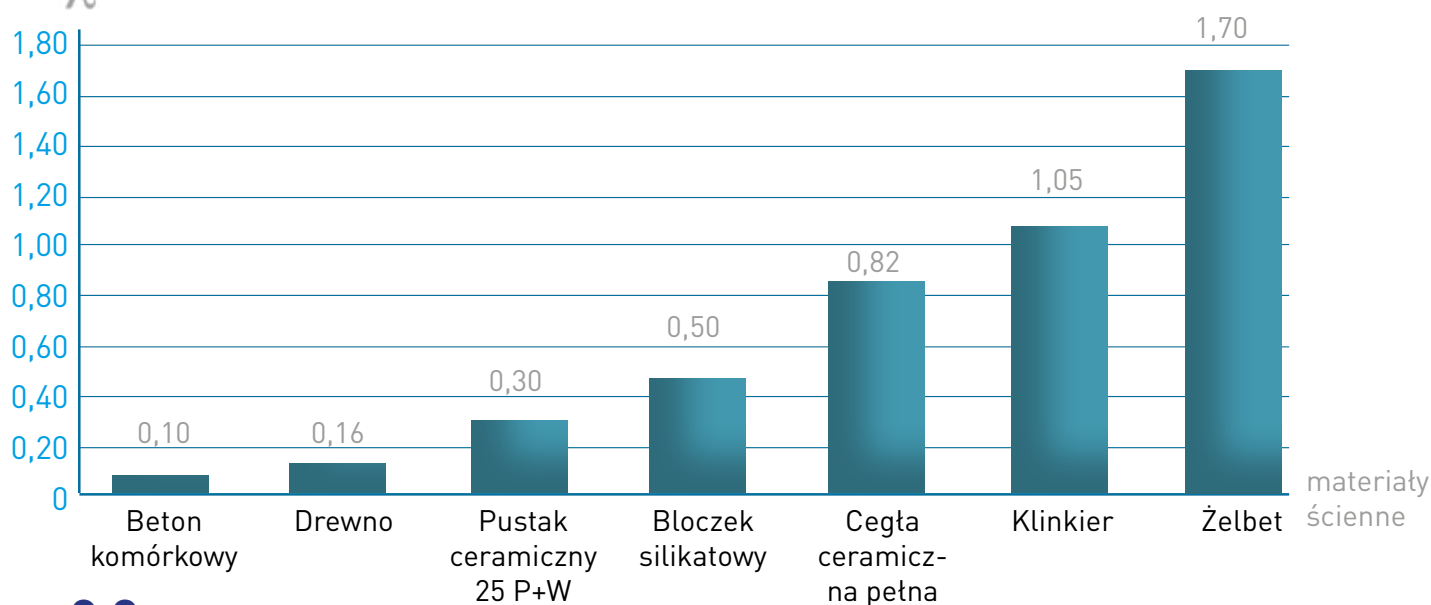
nia. Nie ma potrzeby formowania z betonu komórkowego pustaków – tj. elementów z ukształtowanymi wewnątrz otworami (pustkami) – ponieważ elementy pełne, czyli bloczki, i tak są zgodne z wyjątkowo restrykcyjnymi w tym zakresie wytycznymi normy. To pokazuje, że materiał ten pod tym względem nie ma sobie równych.

Ma to znaczenie nie tylko w odniesieniu do ścian jednowarstwowych – korzyści w postaci zmniejszenia zużycia materiałów termoizolacyjnych wiążą się również z zastosowaniem betonu komórkowego w ścianach z ociepleniem.



Ilustracja 27:

Współczynnik przewodzenia ciepła dla różnych materiałów



3.2.

Materiał o odpowiednich właściwościach

Beton komórkowy ma wiele pozytywnych właściwości, niespotykanych w innych materiałach budowlanych, dzięki czemu znajduje zastosowanie w konstrukcjach murowych od lat. Nie wszystkie te właściwości są zrozumiałe, zwłaszcza dla kogoś, kto nie styka się z taką tematyką na co dzień. Tak jest m.in. z kruchością, która w obiegowej opinii

ma konotacje negatywne, tymczasem w rzeczywistości w żaden sposób nie dyskwalifikuje materiału.

Kruchość jest zjawiskiem polegającym na pękaniu materiału pod wpływem zewnętrznych oddziaływań. Przyjmuje się, że jeśli stosunek wytrzymałości na rozciąganie do wytrzymałości na ściskanie jest mniejszy niż 1/8 (12,5%), to taki materiał

nazywamy kruchym. W przypadku elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego wytrzymałość na rozciąganie zależy bezpośrednio od klasy gęstości i stanowi około 10% wytrzymałości na ściskanie. W przypadku betonu tradycyjnego stosunek ten waha się w przedziale od 5 do 8%. Materiały kruche zwykle cechuje także wydawanie trzasków towarzyszących pękaniu, jednak elementy z betonu komórkowego takiej cechy nie wykazują. Kruchłość materiału nie wpływa negatywnie na decyzję o jego zastosowaniu do elementów murowych, jako że konstrukcje murowe, podobnie jak konstrukcje betonowe, projektuje się bez uwzględniania podatności materiału na rozciąganie.

W praktyce budowlanej spotyka się często zarzuty względem betonu komórkowego, że jest materiałem zbyt kruchym, ponieważ łatwo ulega zniszczeniu. W tym przypadku nie chodzi o kruchość, lecz twardość, która jest właściwością polegającą na stawianiu oporu odkształceniom plastycznym przy lokalnym oddziaływaniu nacisku na powierzchnię. Właściwość ta pozytywnie wyróżnia elementy z autoklawizowanego betonu komórkowego spośród elementów murowych, gdyż pozwala na jego prostą obróbkę. Poza tym nieodpowiednie obchodzenie się z elementami murowymi powoduje ich uszkodzenia bez względu na materiał, z jakiego są wykonane.

Ilustracja 28:

Dobijanie bloczka gumowym młotkiem



3.3.

Materiał konstrukcyjny

Zgodnie z obowiązującymi przepisami elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego, które spełniają wymagania normy PN-EN 771-4, są materiałami do zastosowań konstrukcyjnych. W zależności od klasy gęstości elementy murowe uzyskują wytrzymałość od 1,5 do 6,0 MPa. Przy zastosowaniu zaprawy cienkowarstwowej mury o grubości 24 cm mogą osiągać nośności charakterystyczne od 163 do 790 kN. Ściany z elementów

murowych klasy 600 najczęściej osiągają nośności około 470 kN (47 ton). Przy odpowiednim zaprojektowaniu budynku z autoklawizowanego betonu komórkowego możliwe jest wznoszenie nawet kilkukondygnacyjnych budowli. Należy przy tym zauważyć, że dobór elementów murowych do obiektów budowlanych powinien uwzględniać nie tylko ich nośność, lecz również przeznaczenie obiektu budowlanego oraz pracochłonność murowania.



Ilustracja 29:

Wielokondygnacyjny budynek z betonu komórkowego

3.4.

Materiał jednorodny

Do materiałów murowych zalicza się wiele rozmaitych materiałów i różnego rodzaju elementów: bloczków, pustaków, cegieł. Elementy murowe można podzielić na pełne lub drążone (z ukształtowanymi pustkami).

Elementy pełne (np. bloczki) zazwyczaj są jednorodne. Oznacza to,

że wszystkie parametry fizyczne materiałów (np. izolacyjność cieplna, akustyczna, wytrzymałość na ściskanie), z których są wykonane, są takie same we wszystkich kierunkach. Z kolei elementy drążone (pustaki) są niejednorodne, czyli mają różne właściwości w różnych kierunkach, co wynika z ich ukształtowania.

Jednorodność materiału to duża zaleta. Ponieważ jego właściwości są w każdym punkcie takie same, jest on technicznie przewidywalny. Można go dowolnie wmurować, a właściwości muru (izolacyjność cieplna, akustyczna, wytrzymałość na ściskanie) i tak pozostaną niezmiennie. Materiał niejednorodny nie ma tej zalety. Można się o tym prze-

konać w nowo wybudowanym budynku, w którym nie ma jeszcze np. parapetów. Wówczas wyraźnie odczuwa się chłód z otworów pustaków. Wadą pustaków jest też to, że puste przestrzenie wypełnia w nich często zaprawa lub beton. Tego typu efekty nie występują przy zastosowaniu jednorodnych bloczków z betonu komórkowego.



Ilustracja 30:

Murowanie oraz pokazanie jednorodności ABK

3.5.

Szczelność budynków z betonu komórkowego

Energooszczędne budynki powinny charakteryzować się nie tylko wysoką izolacyjnością termiczną przegród i elementów zewnętrznych, ale też szczelnością. Niekiedy na życzenie inwestorów przy certyfikowaniu budynków energooszczędnych wykonuje się próbę szczelności budynku. Polega ona na wytworzeniu wewnątrz budynku ciśnienia i sprawdzeniu, jak długo utrzymuje się ono na określonym poziomie. Jest to dodatkowe badanie weryfikujące jakość techniczną wybudowanego obiektu.

Nasuwa się pytanie: jaka jest szczelność budynków z betonu komórkowego, skoro jest to materiał paroprzepuszczalny?

Odpowiedź jest bardzo prosta. Na skutek różnicy ciśnień pomiędzy ciśnieniem wewnątrz budynku a ciśnieniem zewnętrznym przez ściany może dyfundować maksymalnie 3% powietrza (tej tezy dowiódł profesor Jerzy Pogorzelski). Ponadto dzięki temu, że elementami murowymi są jednorodne bloczki to nawet wykonanie w ścianach różnego rodzaju bruzd nie powoduje rozszczelnienia budynku. Zatem kwestia szczelności budynku z betonu komórkowego nie zależy od samego betonu, ale od właściwej konstrukcji elementów budynku, m.in. dachu oraz zamocowania okien i drzwi zewnętrznych.



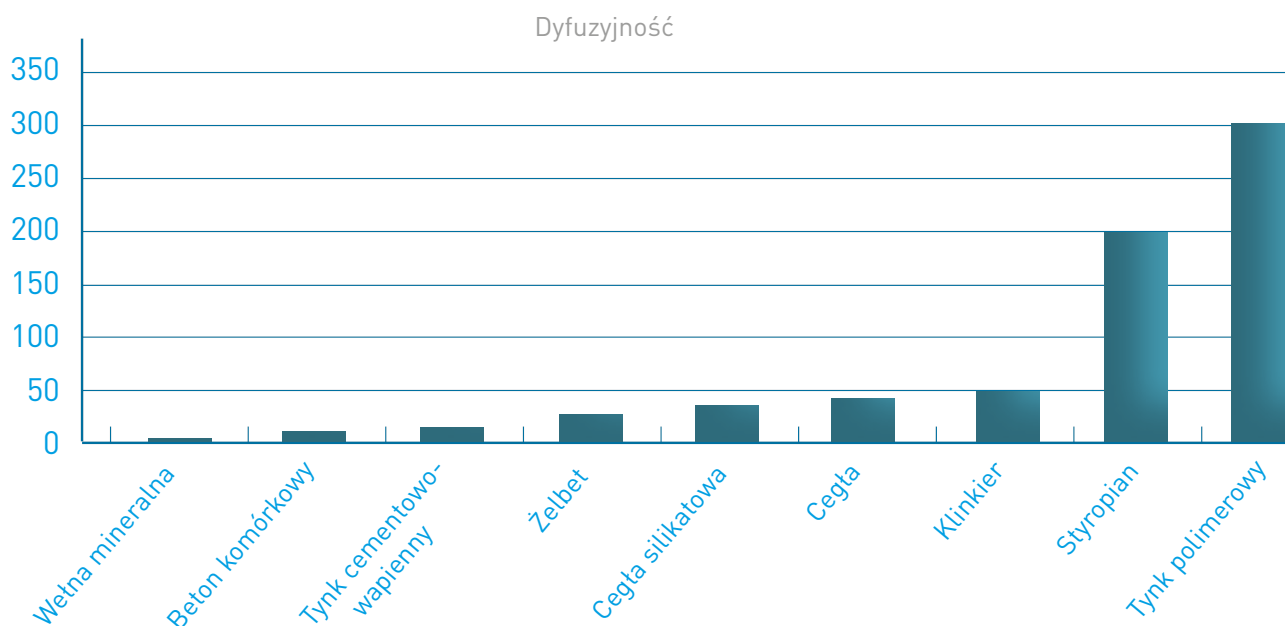
Ilustracja 31:
Wykonywanie bruzd instalacyjnych

3.6. Paroprzepuszczalność ścian z betonu komórkowego

Beton komórkowy to materiał porowaty o wysokiej dyfuzyjności. Innymi słowy, jest materiałem paroprzepuszczalnym umożliwiającym w pewnym stopniu transport powietrza na skutek różnicy ciśnienia na zewnątrz i wewnątrz budynku. Parametrem opisującym tę cechę jest współczynnik dyfuzji pary wodnej μ . Dla betonu komórkowego μ wynosi $5 \div 10$. Im mniejszy współczynnik μ , tym materiał jest bardziej paroprzepuszczalny i lepiej oddaje wilgoć.

Według profesora Jerzego Pogorzańskiego – autorytetu w dziedzinie fizyki budowli – ilość pary wodnej przepływająca przez ściany zewnętrzne stanowi do 3% całej pary wodnej usuwanej z mieszkania. Oznacza to, że wilgoć z budynku jest odprowadzana przede wszystkim przez sprawny system wentylacyjny.

Paroprzepuszczalność odgrywa pewną rolę przede wszystkim w pierwszych czterech latach po zakończeniu budowy, czyli w czasie, kiedy budynek wysycha z wilgoci technologicznej. Tej wilgoci technologicznej jest sporo. Stanowi ona rezultat mokrych technologii zastosowanych w trakcie budowy (wylewanie elementów żelbetowych, tynkowanie, posadzki żelbetowe, w mniejszym stopniu murowanie na zaprawę ścian). Jak pokazały badania, ściana jednowarstwowa wysycha najszybciej, niemal tak samo szybko ściana ocieplona wełną mineralną, natomiast ściana ocieplona styropianem musi wyschnąć „do środka” i przez sprawny system wentylacyjny. Po pierwszych czterech latach paroprzepuszczalność ścian w budynku nie ma już praktycznie znaczenia.



Ilustracja 32:

Dyfuzyjność w przypadku ABK nie przekracza 3%

3.7.

Izolacyjność akustyczna betonu komórkowego

Hałas jest zjawiskiem wyjątkowo negatywnie wpływającym na człowieka. Powoduje wzrost napięcia, kłopoty z koncentracją, produktywnością, utrudnia komunikację oraz proces uczenia się. Również od budynków i mieszkań wymaga się, by stwarzały odpowiednie warunki higieniczne i ograniczały rozprzestrzenianie się hałasu. W tym celu należy zapewnić budynkom należytą izolacyjność akustyczną. Dotyczy to m.in. ścian.

Zgodnie z definicją izolacyjność akustyczna to zdolność do tłumienia dźwięków powietrznych przechodzących między dwoma pomieszczeniami przedzielonymi przegrodą budowlaną (ścianą). Zależy ona głównie od masy materiału, ale również od jego budowy wewnętrznej oraz od zastosowania dodatkowego ustroju tłumiącego dźwięki.

Wymagania dotyczące izolacji akustycznej przegród budowlanych określają normy budowlane, w których każdy rodzaj ściany (zewnątrzna/wewnętrzna, międzymieszkaniowa/wewnętrzzlokalowa) ma określoną minimalną wartość wskaźnika

R'_{A_1} mierzoną w decybelach (dB). Dla zagadnienia akustyki w budynkach bardzo istotne jest również zjawisko tzw. bocznego przenoszenia dźwięków. Mowa tu o występowaniu bocznej drogi przenoszenia dźwięku biegnącej wzdłuż ścian i stropów przylegających do przegrody. Ponieważ elementy te mają wpływ na izolacyjność akustyczną ścian międzymieszkaniowych, trzeba pamiętać o prawidłowym doborze materiałów na ściany działowe, ściany zewnętrzne, stropy i warstwy podłogowe oraz o rzetelnym ich wykonaniu.

Biorąc pod uwagę niewielką masę bloczków z betonu komórkowego, można by podejrzewać, że ten materiał ścienny nie nadaje się na ściany, gdzie wymagana jest duża izolacyjność akustyczna. Jednak powszechne stosowanie betonu komórkowego na wszelkie rodzaje ścian w różnych rodzajach budynków podważa to założenie. Okazuje się, że parametry przegród z betonu komórkowego w zupełności wystarczają, aby spełnić przeważającą większość wymagań dotyczących izolacyjności akustycznej ścian.

DLA DOCIEKLIWYCH

Kilka lat temu producenci betonu komórkowego wraz z Zakładem Akustyki Instytutu Techniki Budowlanej (ITB) oraz ówczesnym Centralnym Ośrodkiem Badawczo-Rozwojowym Przemysłu Betonów (COBRPB) CEBET przeprowadzili badania akustyczne ścian wykonanych z betonu komórkowego. Celem badań było przede wszystkim określenie parametrów akustycznych ścian z betonu komórkowego oraz opracowanie tzw. prawa masy, czyli empirycznego wzoru określającego zależność między masą powierzchniową przegrody a jej wskaźnikami izolacyjności akustycznej.

Badaniom poddano ściany różnej grubości wykonane z betonu komórkowego klas gęstości od 300 do 700 kg/m³, wymurowane na zaprawie do cienkich spoin oraz otynkowane tynkiem cementowo-wapiennym grubości 10 mm.

Badania wykazały, że dla ścian zewnętrznych w budynkach zlokalizowanych w terenie o natężeniu hałasu nieprzekraczającym 65 dB w ciągu dnia i 55 dB w nocy wymagania akustyczne spełniają już ściany o grubości 240 mm – nawet przy zastosowaniu betonu komórkowego lekkiej klasy gęstości 400 kg/m³. Ściana o grubości 42 cm w klasie gęstości objętościowej „700” spełnia wymagania akustyczne, m.in. w ścianach międzymieszkaniowych budynków wielorodzinnych i ścianach między budynkami w jednorodzinnej zabudowie szeregowej.

W budynkach szeregowych i typu bliźniak zaleca się, by ściany międzymieszkaniowe były podwójne – złożone z dwóch ścian wykonanych z bloczków klasy gęstości 600 kg/m³, o grubości minimum 17,5 cm każda, z przerwą pomiędzy nimi o szerokości 5 cm wypełnioną wełną mineralną o gęstości 80 kg/m³. Takie rozwiązanie spełnia wymagania norm.

Wymagania dla ścian w obrębie mieszkania między pokojami i pomieszczeniami sanitarnymi spełnia już cienka ścianka działowa o grubości 10 cm. Co ciekawe, ścianki działowe z betonu komórkowego z uwagi na zjawisko

bocznego przenoszenia dźwięku zachowują korzystniejsze warunki niż ścianki z elementów gipsowych czy drażonych elementów ceramicznych. Poza tym beton komórkowy wykazuje o około 2 dB lepszą izolacyjność akustyczną od innych materiałów tej samej gęstości.

Badania wykonane w ITB dodatkowo wykazały, że na izolacyjność akustyczną ściany nie wpływa technologia murowania – nieważne, czy jest wykonana z bloczków gładkich z wypełnianiem zaprawą spoin poziomych i pionowych, czy z bloczków w systemie pióro-wpust, gdzie spoiny pionowej nie wypełnia się zaprawą.



Ilustracja 33:

Podwójna ściana międzymieszkaniowa pomiędzy dwoma segmentami

3.8.

Bezpieczny materiał

Bezpieczeństwo danego materiału budowlanego określa się ze względu na zawartość substancji niebezpiecznych. Decyduje o nim skład surowcowy oraz proces produkcyjny. W tych kategoriach beton komórkowy należy postrzegać jako materiał zdrowy i stwarzający przyjazne środowisko do życia człowieka, a także niestanowiący zagrożenia dla środowiska naturalnego.

Składnikami spoiwa w produkcji betonu komórkowego są: wapno, cement oraz gips. Jako kruszywo używany jest przede wszystkim piasek. Pewne wątpliwości może budzić zastosowanie w procesie produkcji proszku aluminiowego (lub pasty aluminiowej). Otóż jest to środek porotwórczy, odpowiedzialny za powsta-

nie porowatej struktury betonu komórkowego. Trzeba podkreślić, że do produkcji betonów komórkowych używa się go w minimalnej ilości. Nawet najłżejsze odmiany potrzebują go (do wyprodukowania 1 m³ materiału) nie więcej niż 0,5 kg. Ta niewielka ilość jest odpowiedzialna za etap „wyrastania” w procesie produkcyjnym – a więc za etap, w którym betony komórkowe uzyskują szereg korzystnych właściwości. Wyrastanie to efekt reakcji proszku aluminiowego z wodorotlenkiem wapnia, w wyniku której w masie powstają nieszkodliwe dla środowiska i człowieka gliniany wapnia oraz odpowiadający za tworzenie się porowatej struktury wodór, który zastępowany jest przez powietrze. Jest to zatem materiał zdrowy i bezpieczny.

3.9.

Materiał o niskiej promieniotwórczości

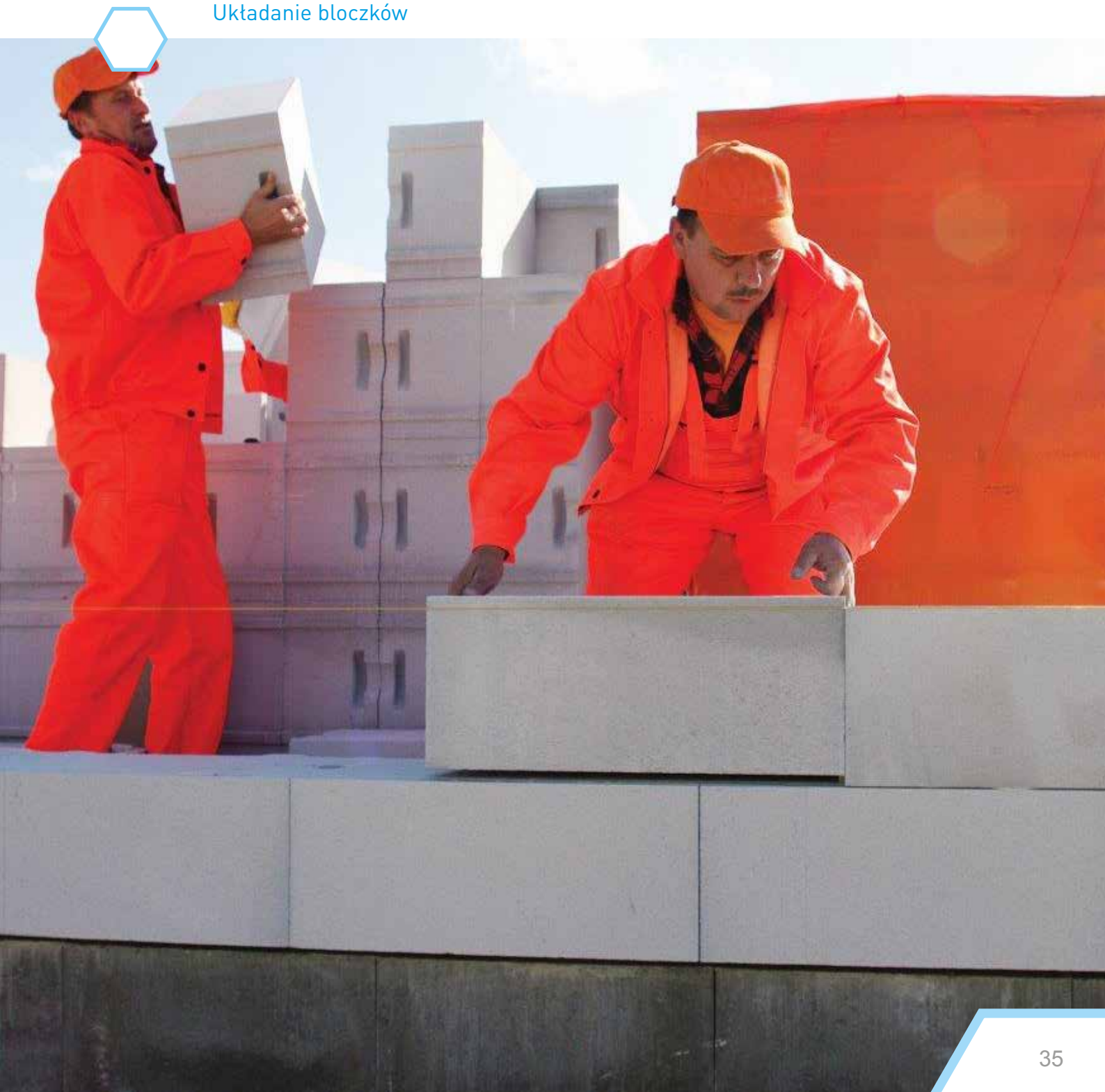
Wśród wielu właściwości materiałów budowlanych wymienia się często ich promieniotwórczość. Kwestia promieniotwórczości betonu komórkowego jest nad wyraz często poruszana i przeważnie upraszczana, zatem na ogół budzi szereg wątpliwości. Aby ją

właściwie naświetlić, wpierw należy wyjaśnić kilka spraw.

Po pierwsze promieniowanie jest zjawiskiem naturalnym, istnieje od zawsze, ma wiele źródeł i tak naprawdę otacza ludzi z każdej strony. Problemem jest dopiero wysokość tego promieniowania.

Ilustracja 34

Układanie bloczków



Radioaktywność materiałów budowlanych bierze się z pierwiastków promieniotwórczych występujących w skałach skorupy ziemskiej – użyte w procesie produkcji przekazują materiałom swoje promieniotwórcze właściwości. Mają je wszystkie materiały budowlane, szczególnie te poddane obróbce cieplnej. Trzeba być też świadomym, że materiały, które są dopuszczone do użytku mają wskaźniki odpowiednio niskie, umożliwiające ich zastosowanie.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami (§ 313 [12]) budynek przeznaczony do stałego pobytu ludzi i zwierząt nie może być wykonany z materiałów budowlanych niespełniających wymagań dopuszczalnych zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych. Istnienie takich przepisów jednoznacznie zobowiązuje producentów, do wypuszczenia na rynek materiałów o bezpiecznym dla człowieka poziomie radioaktywności.

DLA DOCIEKLIWYCH

Za podstawę oceny wyrobów budowlanych przyjmuje się dwa kwalifikacyjne wskaźniki aktywności f_1 i f_2 , oznaczane laboratoryjnie.

Wskaźnik f_1 informuje o narażeniu całego ciała na promieniowanie gamma przez radionuklidy naturalne występujące w materiale.

Warunek bezpieczeństwa jest spełniony, gdy $f_1 \leq 1,2$.

Wskaźnik f_2 informuje o zawartości radu Ra-226.

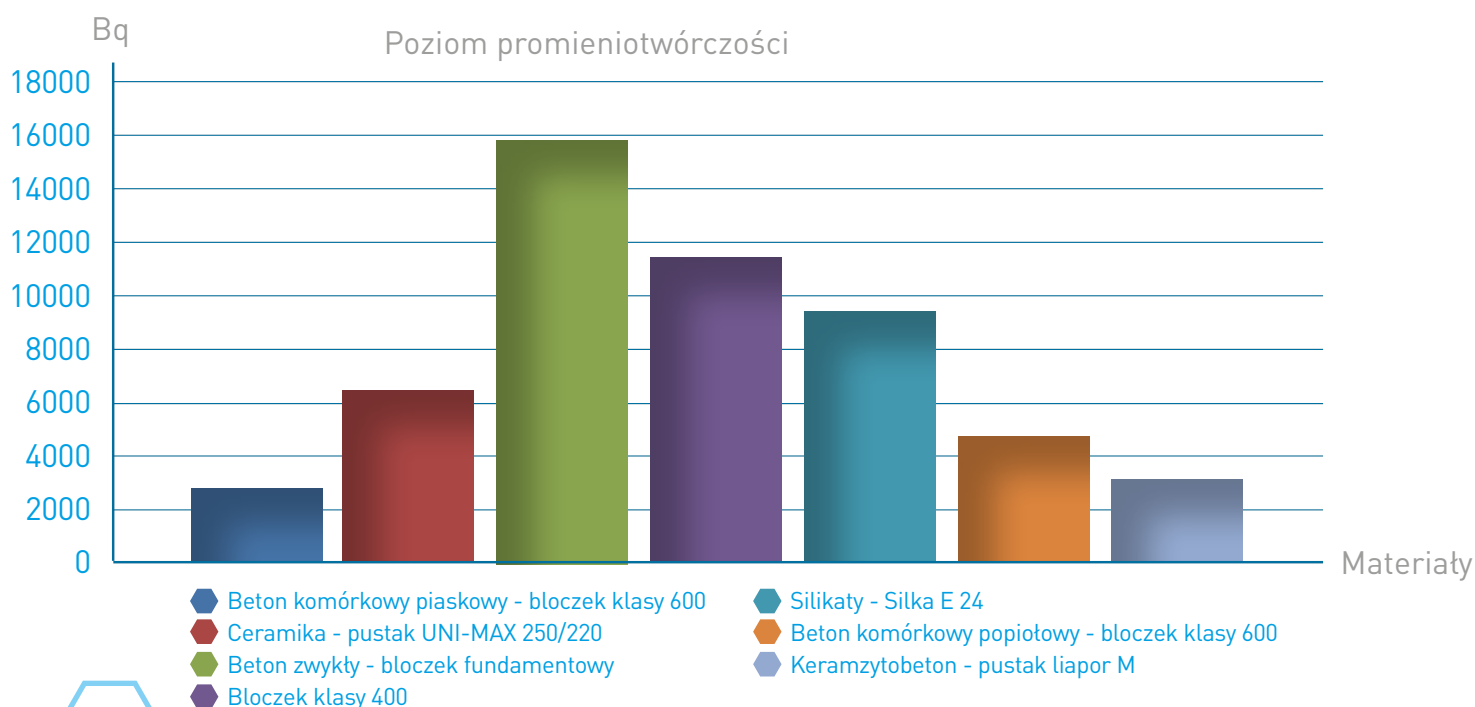
Warunek bezpieczeństwa, jest spełniony, gdy $f_2 \leq 240 \text{ Bq/kg}$.

Dla betonów komórkowych wykorzystywanych obecnie, wartości te są na szczęście bardzo niskie. (Nawet dla produkowanych dawniej betonów komórkowych popiołowych średnie wartości f_1 i f_2 nie różniły się znacznie od wartości uzyskanych dla ceramiki budowlanej, powszechnie uznawanej za materiał bezpieczny pod względem narażenia na promieniowanie).

Warto pamiętać, że elementy wykonane z betonu komórkowego mają mniejszą masę niż wyroby konkurencyjne, więc de facto mają odpowiednio niższe wskaźniki f_1 i f_2 . W tabeli poniżej zestawiono średnie wartości wskaźników f_1 i f_2 dla najczęściej spotykanych materiałów ściennych. Na tej podstawie oraz przy uwzględnieniu masy materiałów wyliczono i zestawiono również orientacyjne wartości aktywności radu Ra-226 w 1 m^2 ściany. Zestawienia dokonano dla celów porównania między sobą poszczególnych materiałów i rozwiązań stosowanych w praktyce.

**Tabela3:**Średnie wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla wybranych materiałów ściennych.

Materiał budowlany	Masa 1 m ² ściany [kg]	Wskaźniki aktywności		Aktywność Ra-226 w 1 m ² ściany [Bq]
		f_1 [Bq/kg]	f_2	
Beton komórkowy piaskowy – błoczek klasy 600	142,73	0,16	20	2855
Silikaty – Silka E 24	332,64	0,16	20	6653
Ceramika – pustak UNI-MAX 250/220	228,00	0,54	70	15960
Beton komórkowy popiołowy – błoczek klasy 600	142,73	0,56	80	11419
Beton zwykły – błoczek fundamentowy	399,00	0,22	24	9576
Keramzytobeton – pustak liapor M	213,41	0,36	32	6829
Błoczek klasy 400	166,52	0,16	20	3300

Uwaga! Przyjęta grubość ściany wynosiła 24 cm z wyjątkiem pozycji ostatniej, dla której była to wartość 42 cm.**Ilustracja 35:**Porównanie aktywności radu Ra-226 w jednym m² różnych rodzajów ścian.

ZAOSTRZONE NORMY

Przepisy prawa wymuszają na producentach ścisłą kontrolę zarówno surowców, jak i gotowego wyrobu co do poziomu zawartości pierwiastków promieniotwórczych groźnych dla zdrowia i życia człowieka. Obowiązujące w Polsce normy dotyczące promieniotwórczości naturalnej materiałów budowlanych są jednymi z najostrzejszych w Europie. Dostępne na rynku elementy z betonu komórkowego są materiałem bezpiecznym i spełniają nawet najbardziej zaostrzone kryteria.

3.10.

Beton komórkowy odporny na mróz

Miarą trwałości w stosunku do elementów murowych jest mrozoodporność. Określa się ją, badając oddziaływanie cyklicznych zamrożeń i rozmrożeń na jakość betonu komórkowego. Okazuje się, że temperatury ujemne nie wpływają destrukcyjnie na właściwości betonu komórkowego.

Pomimo faktu, iż beton komórkowy jest materiałem porowatym i dość nasiąkliwym, wnikająca woda nie wypełnia całkowicie porów, pozostawiając nieco powietrza w jego strukturze. Przypomnijmy, że betony komórkowe powinny być osłonięte przed długotrwałym, bezpośrednim działaniem wody z otoczenia, jednak jeśli dojdzie do zawilgocenia struktury porowatego betonu, zamarzająca woda nie spowoduje jego uszkodzenia przez kilkanaście cykli zamrażania i odmrażania.

Ponieważ woda nigdy nie wypełnia porów w 100% w związku z tym lód zwiększa-

jący swoją objętość ma sporo przestrzeni. Tym samym szkielet betonu komórkowego nie ulega destrukcji.

Beton komórkowy w warunkach normalnej eksploatacji doskonale spełnia swoje funkcje użytkowe. Można mnożyć przykłady budynków wzniesionych prawie 40 lat temu i pozostających bez okładziny z tynków zewnętrznych, w których beton komórkowy wykorzystany do budowy ścian zewnętrznych przez cały czas pełni funkcję konstrukcyjną, izolacyjną (z braku ocieplenia ścian zewnętrznych) oraz osłonową (chroniącą budynek od zewnątrz przed warunkami atmosferycznymi). To dowodzi, że w betonie komórkowym eksploatowanym w prawidłowych warunkach nie zostają obniżone ani jego właściwości fizyko-mechaniczne, ani walory użytkowe wykonanych z niego budynków.

Ilustracja 36:

Budynek z betonu komórkowego zimą



4. UŻYTKOWANIE

4.1.

Przyjazny i łatwy w użytkowaniu

Inwestorzy preferują w budynkach ściany wykonane z białego i niebrudzącego materiału, zatem beton komórkowy jest przez nich ceniony. Ma też tę zaletę, że łatwo poddaje się wszelkiego typu przebudowom. Zabudowę tego typu da się sprawnie zmodyfikować, np. rozebrać, dobudować. Przy rozbiórce wystarczy wyjąć fragment ściany (jeśli nie wpływa to na bezpieczeństwo konstrukcji). Dobudowa również jest prosta, gdyż bloczki łatwo

się muruje i łączy z istniejącymi elementami budynku.

Żadnych trudności nie nastręcza także wykonywanie otworów w ścianach. Po wywierceniu otworu pomalowana ściana nie ulega zabrudzeniu (jak ma to miejsce przy elementach ceramicznych, kiedy to duża część ściany zostaje przyprószona ceglanym pyłem). Takie drobne udogodnienia są bardzo cenione przez użytkowników.

Ilustracja 37:
Wnętrze domu



4.2.

Ściany odporne na wilgoć

Beton komórkowy jest materiałem porowatym, co zwiększa jego zdolność absorpcyjną wilgoci. Kumuluje on wilgoć z otaczającego środowiska, gdy stopień wilgotności względnej jest wyższy niż 70-75%.

Okazuje się jednak, że w pomieszczeniach, w których wilgotność względna waha się w granicach 50-70%, beton komórkowy już po dwóch latach eksploatacji wykazuje zawartość wilgoci w granicach 3-4%, czyli nie jest zawilgocony (norma europejska PN-EN 771-4 dopuszcza wilgotność eksploatacyjną materiału murowego na poziomie 4-8%, czyli zawartość wilgoci na poziomie 3-4% sytuuje się nawet poniżej dolnej granicy normy). W trakcie eksploatacji budynków mamy do czynienia z okresowymi wahaniami

temperatury oraz wilgotności względnej powietrza. W okresie zimowym zawartość wilgoci w betonie komórkowym będzie zwiększała się o 0,2-0,5%, a w miesiącach letnich osiągała minimum.

Czy jest możliwe, aby beton komórkowy wykazywał w trakcie eksploatacji wilgotność wagową na wysokim poziomie 8%? Taka sytuacja mogłaby wystąpić przy długotrwałej podwyższonej wilgotności względnej powietrza na poziomie 90%. W warunkach normalnej eksploatacji jest to niemożliwe, gdyż nawet w pomieszczeniach mokrych budynku okładziny ścian w formie tynków i okładzin ceramicznych uniemożliwiają wnikanie wilgoci w głąb ściany. Ponadto w tego typu pomieszczeniach musi funkcjonować skuteczna wentylacja.



Ilustracja 38:
Wnętrze domu

4.3.

Wilgotność nowo wybudowanych ścian z betonu komórkowego

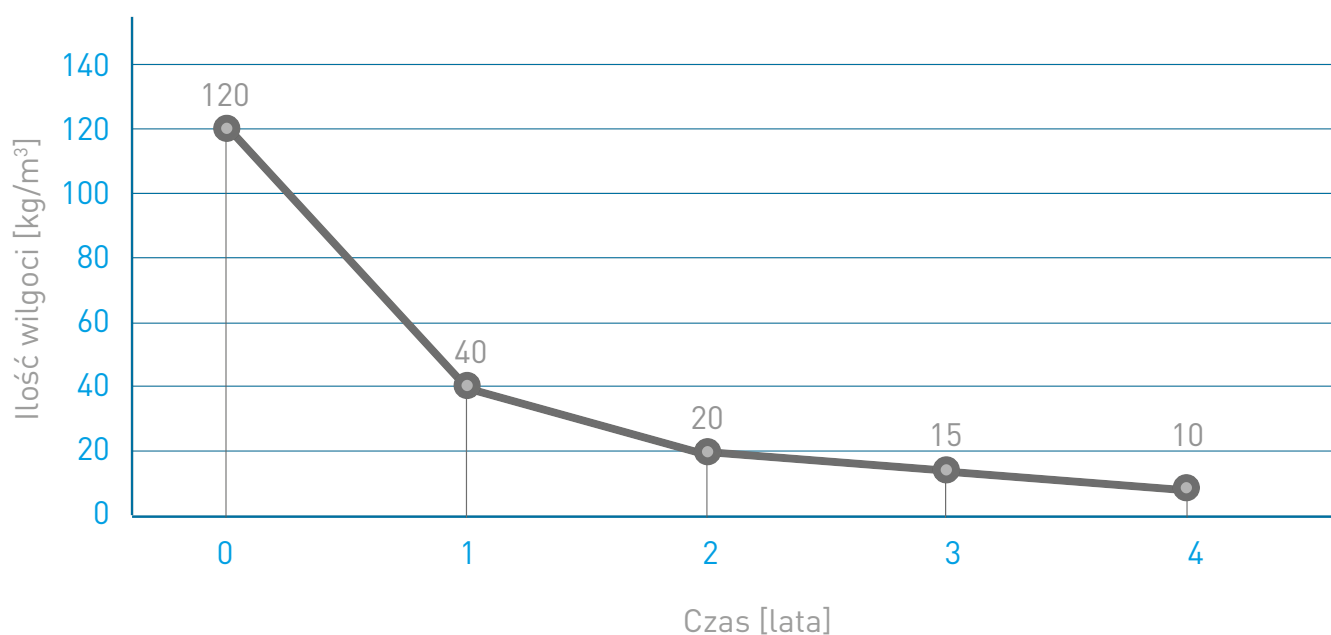
W początkowej fazie eksploatacji budynku wilgotność przegród budowlanych jest zawsze podwyższona, niezależnie od użytych materiałów. Ma to związek z procesami ich wytwarzania oraz z pracami montażowymi i wykończeniowymi w trakcie budowy. Niektóre inwestycje budowlane są realizowane przez długie lata, zanim zosta-

ną przekazane do użytkowania, jednak coraz częściej mamy do czynienia z bardzo szybkim procesem wznoszenia obiektów, co jest nieodzowne w nowoczesnym budownictwie. Rodzi się zatem pytanie, czy podwyższona zawartość wilgoci w przegrodach budowlanych uniemożliwia szybkie ukończenie budynku i przekazanie go do eksploatacji.

Wilgoć produkcyjna betonu w trakcie jego wbudowania kształtuje się na poziomie 15-20%. Wynika to z nasilenia się mokrych procesów, tj. murowania, betonowania, wykonywania tynków, posadzek itp. Już samo zastosowanie zaprawy klejowej do łączenia elementów w murze powoduje znaczne obniżenie zawartości wody w przegrodach budowlanych, gdyż woda w zaprawie klejowej stanowi około 2-3% masy, natomiast woda w zaprawie cementowej czy cemen-

towo-wapiennej to około 15-20% masy.

Analiza przegród budowlanych wykonanych z betonów komórkowych i ich zawilgocenia w trakcie szybkiej realizacji obiektu pokazuje, że przed pierwszym sezonem grzewczym przegrody zawierają około 16-20% wilgoci w stosunku do ich masy. Lecz już po pierwszym sezonie grzewczym i systematycznym wietrzeniu pomieszczeń wilgoć w przegrodach spada do 5-8%, co doskonale obrazuje, jak szybko zachodzi proces wysychania ścian.



Ilustracja 39:

Wysychanie ścian z betonu komórkowego na przestrzeni lat

4.4.

Korzystny mikroklimat pomieszczeń

Przez dobry mikroklimat pomieszczeń należy rozumieć komfort cieplny, optymalną wilgotność w pomieszczeniach i odpowiednią temperaturę na powierzchni wewnętrznej przegród zewnętrznych, która nie wywołuje wrażenia chłodu nawet przy temperaturach pokojowych w granicach 20°C ani odczucia przeciągu w pobliżu ścian zewnętrznych.

Beton komórkowy poprzez swoje właściwości absorpcyjne jako jeden z nielicznych materiałów jest w stanie „regulować” poziom wilgotności w pomieszczeniach. W przypadku przegród jednowarstwowych wykonanych z betonu komórkowego nie istnieje żadne ryzyko wykroplenia się wilgoci, pod warunkiem że zostanie zastosowany tynk mineralny o wysokiej paroprzepuszczalności.



Ilustracja 40:
Ściana jednowarstwowa

4.5.

Beton komórkowy odporny na działanie pleśni i grzybów

Beton komórkowy wykazuje całkowitą odporność na bakterie, pleśnie i grzyby. Dzieje się tak, ponieważ jego skład chemiczny i odczyn zasadowy nie sprzyja rozwojowi drobnoustrojów. Jeśli dochodzi do tego, że na powierzchni bloczków pojawi się nalot, to na pewno jest on spowodowany działaniem czynników zewnętrznych – najczęstszą przyczyną jest permanentnie ciekąca po ścianie woda. To powoduje, że na powierzchni powstaje pożywka dla rozwoju pleśni i grzybów, jednak nie przenika ona w głąb bloczków z betonu komórkowego.

Badania podatności betonu komórkowego na występowanie na nim pleśni i bakterii przeprowadzone w symulacji warunków niekorzystnego, wilgotnego klimatu tropikalnego – tzn. w temperaturze od +25 do +30°C oraz wilgotności względnej powietrza od 95 do 98% – wykazały, że nawet w takich warunkach beton komórkowy wykazuje całkowitą odporność na bakterie, pleśnie, grzyby. Badanie zachowania się

betonu komórkowego po powodzi w Polsce w lipcu 2007 roku dowiodły, że beton zalany w czasie powodzi wodą zawierającą różne substancje organiczne i związki chemiczne, a następnie swobodnie wysychający (poprzez wietrzenie) nie jest podatny na rozwój mikroorganizmów (bakterii, grzybów, pleśni). Stwierdzono jedynie pojawienie się pojedynczych kolonii grzybów i to wyłącznie na powierzchni elementów. Jak wynika z badań, rozwój pojedynczych kolonii występuje sporadycznie praktycznie na każdym rodzaju materiału budowlanego, nie ma to jednak wpływu na warunki higieniczne panujące w pomieszczeniach i w bezpośrednim otoczeniu budynku.

Skład chemiczny betonu komórkowego powoduje, że jest on odporny na korozję chemiczną. Pod wpływem oddziaływania związków chemicznych zawartych w atmosferze (np. związki węgla, siarki) zachowuje swoje właściwości przez cały czas użytkowania budynków, zarówno w aglomeracjach miejskich, jak i na wsi.

4.6.

Barwa betonu komórkowego i jego parametry techniczne

Kolor betonu komórkowego informuje o tym, jakiego rodzaju kruszywo zostało zastosowane do jego produkcji. Obecnie prawie 100% betonu komórkowego produkowanego w Polsce to biały beton komórkowy, w którym kruszywem jest piasek. Kolor biały może mieć różne odcienie w zależności od barwy użytego piasku, zawartości gipsu i cementu. Zatem wszystkie obecnie produkowane betony komórkowe to tzw. betony piaskowe.

Jednak nie kolor jest najważniejszy, lecz parametry techniczne materiałów. Wszystkie istotne właściwości materiału są uwzględnione w deklaracji właściwości użytkowych wydanych dla materiału przez producenta. W tym dokumencie można znaleźć pełną listę informacji

o właściwościach danego wyrobu istotnych dla jego zastosowania w projektowaniu i wykonaniu. Są to:

- nazwa wyrobu i przeznaczenie,
- nazwa producenta,
- wymiary i odchylenia wymiarowe,
- kształt – rodzaj profilowania,
- wytrzymałość na ściskanie,
- stałość wymiarowa – skurcz,
- wytrzymałość na ścinanie,
- wytrzymałości na zginanie,
- reakcja na ogień,
- przepuszczalność pary wodnej,
- absorpcja wody,
- średnia gęstość w stanie suchym,
- właściwości cieplne w postaci współczynnika przewodzenia ciepła,
- trwałość w postaci mrozoodporności.



Ilustracja 41:

Łazienka z betonu komórkowego

CIEKAWOSTKA

Częste pytanie o beton komórkowy dotyczy jego specyficznego zapachu. Ten charakterystyczny zapach świeżego betonu komórkowego to zapach wapienia, który szybko ustępuje. Tak samo pachną zaprawy i tynki mineralne przy ich wykonywaniu.



Ilustracja 42:
Ściany z bloczków z betonu komórkowego



4.7.

Łatwe mocowanie w ścianach z betonu komórkowego

W użytkowanym budynku zawsze zachodzi potrzeba zamocowania czegoś w ścianie – począwszy od niewielkiego obrazu, poprzez półki i szafki, po ciężki grzejnik i kocioł. W każdym wypadku należy zastosować odpowiedni system mocowania. Nie ma uniwersalnego sposobu mocowania, ponieważ sposób montażu powinien być dobrany do konkretnej sytuacji. Trzeba przy tym uwzględnić rodzaj podłoża, sposób obciążenia, wartość działającego obciążenia, miejsce mocowania itp. Jak widać, jest to zagadnienie wbrew pozorom złożone i często należy tego rodzaju rozwiązanie zaprojektować. Wzięcie pod uwagę powyższych szczegółów zagwarantuje bezproblemowe i długie użytkowanie budynku oraz zapobieganie usterkom ściany.

Podstawową zasadą przy wykonywaniu połączeń jest właściwy dobór łączników do podłoża. Oczywiście jest to, że nie zamocujemy niczego w stali za pomocą wkrętów do drewna ani w betonie za

pomocą wkrętów do stali. Inne łączniki przeznaczone są do materiałów pełnych (takich jak beton), inne do materiałów typu pustaki, a jeszcze inne do betonu komórkowego. Porowata struktura betonu komórkowego wymaga zastosowania odpowiednich elementów mocujących.

Istnieje bardzo wiele systemów kotwiących do betonu komórkowego: kotki tworzywowe, metalowe, gwoździe, kotwy iniekcyjne itp. Są one tak ukształtowane, by mogły się stabilnie kotwić w porowatym materiale. Co ciekawe, zastosowanie gwoździ o przekroju kwadratowym lub prostokątnym umożliwia pewne mocowanie w materiale w przeciwieństwie do gwoździ o przekroju okrągłym, które nie będą „trzymać” w betonie komórkowym.

Trzeba pamiętać, że informacje o możliwościach zastosowania łączników do określonych podłoży można uzyskać od producentów systemów mocujących (kotew). Są oni w stanie podpowiedzieć wiele rozwiązań.



Ilustracja 43:
Zamocowanie w betonie komórkowym

4.8.

Beton komórkowy – bezpieczny pod względem pożarowym

Bezpieczeństwo pożarowe budynków to jedno z ważnych kryteriów, jakie koniecznie należy uwzględniać przy projektowaniu i wykonywaniu obiektów budowlanych. Określają je konkretne przepisy. Wiąże się to z zastosowaniem odpowiednich materiałów, które w różny sposób reagują na ogień i wysokie temperatury.

Badania wykazały wysoką ognioodporność ścian z betonu komórkowego, która wynosi 240 min. Wynika z nich, że beton komórkowy jest bardzo odporny na wysokie obciążenia ogniowe i temperaturowe. Elementy z betonu komórkowego przyporządkowano do klasy A1, co oznacza, że beton komórkowy jest materiałem niepalnym – nie przyczynia

się do powstawania pożaru, nie zawiera substancji palnych i nie wytwarza dymu. Przy bezpośrednim działaniu ognia zachowuje przez długi czas właściwości nośne. Prawdłowo wymurowane przegrody z betonu komórkowego wykazują wysoką szczelność. Co więcej beton komórkowy nie nagrzewa się pod wpływem wysokich temperatur – duży wzrost temperatury otoczenia nie powoduje zmian temperatury samego materiału. Decyduje to o wysokim bezpieczeństwie pożarowym budynków wykonanych z betonu komórkowego. Choćby z tego względu beton komórkowy jest stosowany w miejscach, gdzie mogą wystąpić duże obciążenia ogniowe, np. na ściany oddzielenia przeciwpożarowego.

Ilustracja 44:

Stanowisko badawcze odporności ogniowej ABK



5. ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ BETONU KOMÓRKOWEGO

5.1.

Beton komórkowy w budynkach energooszczędnych

Niestety, dotychczas w Polsce nie określono dokładnie, co to znaczy budynek energooszczędny czy też niskoenergetyczny. Ogólnie przyjmuje się, że jest to budynek, który ma niższe zapotrzebowanie na energię niż budynki tradycyjne. Według ustaleń europejskich budynek energooszczędny to budynek, którego zapotrzebowanie na energię jest mniejsze od 50 kWh/m²/rok.

Ograniczenie zużycia energii wiąże się m.in. ze zwiększeniem izolacyjności ścian zewnętrznych, dachów, posadzek, stolarki okiennej i drzwiowej, a także ze zmianą wentylacji grawitacyjnej na mechaniczną z odzyskiem ciepła. Rozsądnym rozwiązaniem jest stosowanie elementów murowych dostępnych na rynku, które dodatkowo ociepla się warstwą izolacji termicznej, np. wełny mineralnej lub styropianu. Wybór odpowiedniego elementu

murowego ma zasadnicze znaczenie, ponieważ im mniejszy jest jego współczynnik przewodzenia ciepła, tym mniejsza grubość izolacji termicznej będzie wymagana. Na parametry izolacyjne przegrody wpływa także zaprawa murarska. Zaprawy murarskie do cienkich spoin powodują, że ściany są jednorodne pod względem izolacyjności cieplnej.

Oprócz prawidłowych parametrów fizyko-mechanicznych elementów murowych najważniejszym czynnikiem decydującym o energooszczędności budynków jest ich prawidłowe wykonanie. Liczy się zwłaszcza wykonanie ściany bez mostków termicznych. Elementy z betonu komórkowego, łatwe do kształtowania na budowie, umożliwiają sprawną i skuteczną eliminację mostków termicznych związanych z niedokładnością elementów.

Ilustracja 45:
Nowoczesny budynek



5.2.

Budynki z betonu komórkowego – budowane zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju

Oszczędności wynikające z zastosowania betonu komórkowego widać na każdym kroku: na etapie produkcji materiałów, na etapie transportowania wyrobów, na etapie budowy oraz w trakcie eksploatacji budynku. Zastosowanie tego materiału wpisuje się w zasadę zrównoważonego rozwoju.

Po pierwsze, beton komórkowy to materiał, którego produkcja pochłania najmniej energii spośród produkowanych obecnie materiałów budowlanych. Po drugie, niewielka gęstość objętości-

wa betonu komórkowego pozwala zoptymalizować transport. Taki sam samochód przewiezie znacznie więcej bloczków z betonu komórkowego niż innego materiału ściennego. Energooszczędność jest zauważalna również w trakcie budowy i przekłada się na łatwe murowanie, niewielki nakład robót i szybkość budowy. Można to sobie uświadomić, jeśli porówna się masę elementów murowych potrzebnych do wymurowania średniej wielkości budynku jednorodzinnego.



Niewielki ciężar objętościowy



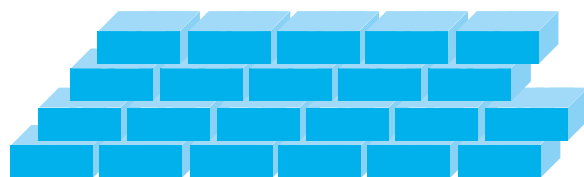
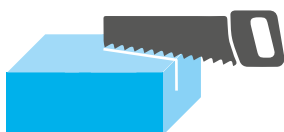
Ergonomiczny



Zoptymalizowany transport



Niewiele wilgoci technologicznej



Ergonomia, systemowość i szybkość budowania

Łatwy w obróbce

Masa murów z betonu komórkowego wynosi 40 ton, podczas gdy masa takich samych murów z innych materiałów ściennych może wynieść nawet 165 ton. Zużycie wody potrzebnej do przygotowania zaprawy przy budowaniu z betonu komórkowego na cienką spoinę dla średniej wielkości budynku jednorodzinnego to około 200 litrów (z uwzględnieniem wody potrzebnej do przygotowania zaprawy tradycyjnej do murowania pierwszej warstwy bloczków na zaprawie tradycyjnej i kolejnych warstw na zaprawie murarskiej do cienkich spoin). Przy murowaniu z innych materiałów trzeba na ten sam dom zużyć ponad 10 razy więcej wody. To pokazuje skalę energooszczędności w samym budowaniu z betonu komórkowego.

Energooszczędność w trakcie użytkowania budynku z betonu komórkowego wiąże się z właściwościami materiału. Dobra izolacyjność cieplna autoklawizowanego betonu komórkowego wynika z jego porowatej i jednorodnej struktury. Szkielet materiałowy otoczony jest regularnymi porami powietrza. Powietrze zamknięte w małych przestrzeniach jest bardzo dobrym izolatorem ciepła, zatem to właśnie makropory i mikropory oraz zawarte w nich powietrze decydują o znakomitej izolacyjności cieplnej betonu komórkowego.

Porowata struktura betonu komórkowego zapewnia również odpowiedni mikroklimat wewnątrz pomieszczeń. Nawet przy dużych wahaniami temperatury na zewnątrz wysoka bezwładność cieplna betonu komórkowego pozwala utrzymywać stałą temperaturę wewnątrz pomieszczenia. Powierzchnia ściany z betonu komórkowego jest zawsze przyjemna w dotyku (jak drewno), ponieważ nie odprowadza szybko ciepła. Ściana nie promieniuje chłodem, co znakomicie wpływa na samopoczucie i komfort cieplny użytkowników.

Właściwości betonu komórkowego nie tylko gwarantują energooszczędność budynków, lecz także zapewniają komfort w użytkowaniu. Nie bez powodu są więc cenione przez użytkowników. Ponadto są łatwe w budowie i poddają się przebudowom i przeróbkom, co z kolei cieszy się uznaniem w oczach projektantów i ekip wykonawczych. Ich bezpieczeństwo oraz ekonomiczność wzbudzają zainteresowanie inwestorów. Wszystkie te walory sprawiają, że beton komórkowy stanowi liczącą się konkurencję dla innych konstrukcyjnych materiałów budowlanych i należy przypuszczać, że jego przewaga będzie rosła.

Słownik pojęć i terminów

Absorpcja – proces pochłaniania określonej substancji (absorbentu) lub energii w całej objętości substancji pochłaniającej (absorbentu).

Adhezja – zjawisko łączenia się dwóch różnych ciał na skutek przyciągania międzycząsteczkowego.

Adsorpcja – proces zagęszczania się określonej substancji (adsorbentu) na powierzchni adsorbentu wskutek międzycząsteczkowych oddziaływań przyciągających (adsorpcja fizyczna) lub oddziaływań chemicznych (chemisorpcja).

Anhydryt – minerał lub skała, którego głównym składnikiem jest bezwodny siarczan(VI) wapnia, także produkt przemysłowy otrzymany w wyniku całkowitej dehydratacji gipsu.

Autoklawizacja – proces hydrotermalnej obróbki materiału, np. betonu komórkowego lub cegły silikatowej w atmosferze nasyconej pary wodnej, prowadzony zazwyczaj w temperaturze $180\div 200^{\circ}\text{C}$ (pod ciśnieniem $1,02\div 1,59\text{ MPa}$).

Beton – materiał kompozytowy, otrzymany w wyniku twardnienia mieszanki betonowej, uzyskanej poprzez zmieszanie spoiwa, kruszywa i wody, a często również dodatków mineralnych i domieszek chemicznych.

Beton ciężki – beton o gęstości objętościowej w stanie suchym większej niż 2600 kg/m^3 .

Beton komórkowy – beton o niskiej gęstości objętościowej ($300\div 700\text{ kg/m}^3$), zawierający znaczne ilości zamkniętych porów kulistych.

Beton zwykły – beton o gęstości objętościowej w stanie suchym większej niż 2000 kg/m^3 , ale nie przekraczającej 2600 kg/m^3 .

Cement powszechnego użytku – hydrauliczne spoiwo mineralne, spełniające wymogi normy PN-EN 197-1:2002/A1:2005

Chłonność kapilarna – masa wody wchłonięta przez powierzchnię podstawy wyrobu ceramicznego w wyniku podciągania kapilarnego.

Dodatki poryzujące – dodatki technologiczne wprowadzane do masy ceglarskiej lub domieszki chemiczne wprowadzane do mieszanki betonowej, których efektem działania jest wzrost porowatości tworzywa ceramicznego lub mieszanki betonowej i betonu.

Dyfuzja – wyrównywanie różnic potencjałów chemicznych w układach wieloskładnikowych, uwarunkowane samorzutnym ruchem cząstek.

Gęstość substancji – masa jednostki objętości substancji, szczelnie wypełniającej przestrzeń (porowatość = 0). Jednostką gęstości w układzie SI jest $\text{kg}\cdot\text{m}^3$. Często używa się również zwyczajowej jednostki $\text{g}\cdot\text{m}^3$.

Gęstość objętościowa (pozorna) – iloraz masy suchego materiału i jego objętości pozornej, czyli sumy objętości ciała stałego oraz porów otwartych i zamkniętych. Jednostką objętości jest kg/m^3 lub g/m^3 .

Hydratacja spoiwa – ogół zjawisk fizycznych i reakcji chemicznych, zachodzących w układach spoiwo – woda lub spoiwo – roztwór wodny.

Hydrofobowa substancja – substancja odpychająca cząsteczki wody.

Klasa wytrzymałości betonu – symbol literowo-liczbowy, oznaczający beton zwykły np. C30/37 lub lekki np. LC50/55 o określonej wytrzymałości na ściskanie. Pierwsza liczba określa wytrzymałość charakterystyczną betonu, oznaczoną na próbkach walcowych, druga zaś, wytrzymałość próbek sześciennych o wielkości krawędziach 150 mm.

Klasy zaprawy – symbol literowo-liczbowy (np. M4) klasyfikujący zaprawę pod względem jej wytrzymałości na ściskanie. Liczba w symbolu klasy oznacza średnią wytrzymałość zaprawy na ściskanie po 28 dniach twardnienia.

Kohezja – wzajemne przyciąganie się cząsteczek danej substancji, spowodowane siłami oddziaływań międzycząsteczkowych.

Konsystencja – miara spójności i odkształcalności świeżych zapraw i mieszanek betonowych.

Lekka zaprawa murarska – przygotowana fabrycznie sucha mieszanka spoiwa, lekkich wypełniaczy oraz środków uplastyczniających i modyfikujących, umożliwiająca uzyskanie, po stwardnieniu, materiału o gęstości objętościowej do 1300 kg/m³ i współczynnika przewodzenia ciepła poniżej 0,20 W/(m²K).

Masa tynkarska – masa otrzymywana przez zarobienie suchej mieszanki tynkarskiej wodą lub inną cieczą przewidzianą w recepturze.

Materiał (wyrób) termoizolacyjny – materiał (wyrób) o współczynniku przewodzenia ciepła w temperaturze 20°C nie większym niż 0,175 W/(m²K), przeznaczony do izolacji termicznej budynków, urządzeń, rurociągów, przemysłowych urządzeń cieplnych i chłodniczych.

Mieszanka betonowa – materiał powstały w wyniku mieszania składników betonu o konsystencji umożliwiającej transport, zagęszczenie i układanie.

Mikrostruktura – wykształcenie przestrzenne i rozmieszczenie w przestrzeni ziaren, kryształów, krystalitów, form koloidalnych, szkła oraz porów tworzących dany materiał.

Opór dyfuzyjny – opór, jaki przegroda wykonana z danego materiału stawia mieszanii się gazów (np. pary wodnej), pierwotnie znajdujących się po dwóch stronach tej przegrody.

Plastyczność zaprawy – cecha zaprawy, której miarą jest jej po wpływie wstrząsów, określana także jako konsystencja świeżej zaprawy i wyznaczana za pomocą stolika rozprytowego.

Popiół lotny – drobnoziarnisty materiał wielofazowy, wytrącony w urządzeniach odpylających ze strumienia spalin odprowadzanych z paleniska.

Pucolana – materiał pochodzenia naturalnego (np. popioły wulkaniczne, tufy) lub przemysłowego (np. popioły lotne, pyły krzemionkowe), reagujący w środowisku wodnym z Ca(OH)₂ i tworzący uwodnione krzemiany i glinokrzemiany wapnia o właściwościach wiążących.

Skurcz – właściwość materiału, półproduktu lub wyrobu objawiająca się zmniejszeniem ich pierwotnych wymiarów w wyniku procesów fizykochemicznych zachodzących w materiale. Skurcz wyrażany jest zazwyczaj 2 mm/m lub %.

Struktura – rozmieszczenie w przestrzeni jonów, atomów lub cząsteczek tworzących daną strukturę.

Sucha mieszanka tynkarska – przygotowana fabrycznie mieszanina spoiw mineralnych, wypełniaczy, domieszek i dodatków modyfikujących, w tym również pigmentów.

Środki hydrofobizujące – domieszki stosowane w celu zwiększenia trwałości materiałów budowlanych, ograniczające wnikanie cieczy w pory kapilarne.

Termoizolacyjny materiał komórkowy – sztywny materiał porowaty o strukturze komórkowej, charakteryzujący się niską gęstością objętościową i niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła λ , np. styropian.

Termoizolacyjny materiał włóknisty – materiał porowaty składający się z włókien nieograniczonych (niemetalicznych) lub organicznych, zawierający lepiszcze lub bez lepiszcza, charakteryzujący się niską gęstością objętościową i niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła λ , np. wełna mineralna.

Twardnienie – proces narastania wytrzymałości zaczynu, zaprawy lub betonu w wyniku hydratacji spoiwa.

Tworzywo piankowe (pianka) – tworzywo porowate, zbudowane głównie z komórek zamkniętych.

Tynk renowacyjny – stwardniała zaprawa budowlana o porowatości ogólnej $>40\%$, której zadaniem jest przejęcie soli zawartych w podłożu (cegła, kamień) bez niszczenia tynku i nawilżania jego powierzchni.

Urabialność mieszanki betonowej – zdolność do łatwego i szczelnego wypełnienia formy przy zachowaniu jednorodności materiału.

Wapno budowlane – spoiwo mineralne, którego głównymi składnikami są tlenek i wodorotlenek wapnia, zawierające niewielkie ilości tlenku i wodorotlenku magnezu oraz innych związków, których podstawowymi składnikami wyrażonymi w formie tlenkowej są: CaO , SiO_2 , Al_2O_3 i Fe_2O_3 .

Wapno dolomitowe hydratyzowane – produkt reakcji z wodą wapna dolomitowego niegaszonego, składający się głównie z wodorotlenku wapnia, wodorotlenku magnezu i tlenku magnezu.

Wapno gaszone – produkt reakcji wapna palonego z wodą. Droбно zdyspergowany materiał składający się głównie z wodorotlenku wapnia. Inne nazwy – wapno hydratyzowane, wapno suchogaszone, hydrat.

Wapno hydrauliczne – materiał wiążący, mający cechy spoiwa hydraulicznego zawierający głównie ortokrzemian wapnia, gliniany wapnia i wodorotlenek wapnia, wytwarzany albo przez wypalanie wapienia ilastego i następnie gaszenie i mielecie i/lub przez mieszanie odpowiednich materiałów z wodorotlenkiem wapnia.

Wiązanie – utrata plastyczności zaczynu, zaprawy lub betonu w wyniku procesów zachodzących w układzie spoiwo – woda.

Wilgotność względna – stosunek rzeczywistej zawartości pary wodnej znajdującej się w powietrzu do zawartości maksymalnej, jaką może zawierać powietrze w określonej temperaturze bez jej skroplenia (stan nasycenia).

Woda krystalizacyjna – woda w formie cząsteczek H_2O , zajmująca określone położenie w strukturze, związana w danej fazie w stosunkach stechiometrycznych, bezpośrednio z określonym anionem lub kationem; tracona przy ogrzewaniu w sposób skokowy.

Woda niezwiązana chemicznie – woda zaadsorbowana, nie stanowiąca trwałego elementu struktury określonej substancji.

Woda zarobowa – woda wprowadzana do zaprawy lub mieszanki betonowej a także minimalna ilość wody, jaką należy dodać, aby surowiec lub masa ceramiczna uzyskała stan konsystencji normalnej, odpowiedniej do formowania wyrobów ceramicznych metodą plastyczną.

Woda związana chemicznie – woda strukturalna, stanowiąca element struktury danej substancji, występująca w formie jonów OH^- .

Wolne wapna – niezwiązany tlenek wapnia, występujący w surowcach, półproduktach i produktach przemysłu cementowego, a także popiołach i żużlach.

Wrażliwość na suszenie – skłonność masy plastycznej do pęknięcia i zmiany kształtu podczas suszenia.

Współczynnik przewodzenia ciepła λ – miara izolacyjności termicznej materiału, wyrażona jako gęstość natężenia przepływu ciepła, podzielona przez gradient temperatury wywołujący ten przepływ, $W/(m^2K)$

Współczynnik przenikania ciepła U – miara izolacyjności przegrody, wyrażona ilorazem strumienia cieplnego, przepływającego przez przegrodę w stanie ustalonym do pola powierzchni i różnicy temperatur po obu stronach przegrody, $W/(m^2K)$

Wytrzymałość charakterystyczna – wartość wytrzymałości betonu na ściskanie, osiągnięta przez minimum 95% wszystkich badanych próbek.

Zaczyn – homogeniczna mieszanina spoiwa i wody.

Zaprawa budowlana – mieszanina spoiwa, wody, piasku lub innego wypełniacza, która może zawierać również domieszki i dodatki.

Zaprawa murarska – zaprawa budowlana, której głównym przeznaczeniem jest łączenie elementów konstrukcyjnych.

Zaprawa tynkarska – zaprawa budowlana, przeznaczona do wykonywania tynków wewnętrznych i zewnętrznych.

LITERATURA

- [1] **Paprocki A.**, Betony komórkowe, Wydawnictwo Arkady 1966.
- [2] **Balkovic S., Zapotoczna-Sytek G.**, Autoklawizowany beton komórkowy. Technologia. Właściwości. Zastosowanie, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2013.
- [3] **Włodarczyk M., Zapotoczna-Sytek G.**, Pół wieku działalności COBRPB CEBET w dziedzinie technologii betonu i prefabrykacji betonowej, „Prace CEBET” 2004, nr 32, s. 11.
- [4] **Fudge C.A., Hacker J.N.**, UK housing and climate change: performance evaluation using AAC, „Autoclaved Aerated Concrete”, Taylor&Francis Group, London 2005, s. 131.
- [5] **Haas M.**, The future of AAC – from a material scientist’s point of view, „Autoclaved Aerated Concrete”, Taylor&Francis Group, London 2005, s. 187.
- [6] **Małolepszy J., Pichór W.**, „Materiały Budowlane” 2000, nr 4, s. 8.
- [7] Badania nad uzyskaniem autoklawizowanego betonu komórkowego o gęstości poniżej 300 kg/m³ o wysokiej izolacyjności cieplnej, „Sprawozdanie COBRPB CEBET”, Warszawa 2009.
- [8] **Haas M.**, Optimal autoclaving, „Autoclaved Aerated Concrete”, Taylor&Francis Group, London 2005, s. 67.
- [9] Wpływ wielkości ciśnienia w procesie autoklawizacji na właściwości tworzyw krzemianowych, „Sprawozdanie ICiMB CBB CEBET”, Warszawa 2013.
- [10] Patent nr 207649. Mieszanka do wytwarzania betonu komórkowego.
- [11] **Garbacz A., Baran T., Adamski G., Drożdż W., Skorniewska M., Łaskawiec K.**, Praca statutowa: Cementy wieloskładnikowe powszechnego użytku z wykorzystaniem nowych rozwiązań technologii produkcji, Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych i Centrum Badań Betonów CEBET, Kraków, Warszawa 2013.
- [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2002 nr 75 poz. 690).
- [13] **Pogorzelski J.**, Ściany nie oddychają, „Prace Instytutu Techniki Budowlanej” 2001, nr 2(118).
- [14] **Szudrowicz B., Zapotoczna-Sytek G., Gębarowski P., Rybarczyk T.**, Analiza dotychczasowych wyników badań izolacyjności akustycznej ustrojów budowlanych z elementów z betonu komórkowego. Wnioski odnośnie potrzeb dalszych badań.
- [15] **PN-EN 771-4:** Wymagania dotyczące elementów murowych. Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego.
- [16] **PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05:** Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- [17] **PN-EN 1996-2:2010/NA:2010:** Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów.

- [18] **Drochytka R., Mészáros L.**, Możliwości zastosowania betonu komórkowego jako materiału izolującego przed wysokimi temperaturami, „Zapewnienie zrównoważonego rozwoju”, Centrum Promocji i Reklamy REMEDIA Piotr Florek, Bydgoszcz 2011, s. 209.
- [19] **Kreft O., Hausmann J., Hubálková J., Aneziris Ch., Straube B., Schoch T.**, Wpływ rozkładu wielkości porów na przewodność cieplną lekkiego, autoklawizowanego betonu komórkowego, „Zapewnienie zrównoważonego rozwoju”, Centrum Promocji i Reklamy REMEDIA Piotr Florek, Bydgoszcz 2011, s. 277.
- [20] **Limbachiya M., Kew H.**, Właściwości fizyczne produktów wykonanych z betonu komórkowego o niskiej gęstości, „Zapewnienie zrównoważonego rozwoju”, Centrum Promocji i Reklamy REMEDIA Piotr Florek, Bydgoszcz 2011, s. 287.
- [21] **Schober G.**, Porowatość w autoklawizowanym betonie komórkowym (ABK): Omówienie struktury porów, rodzajów porowatości, metod pomiarowych i oddziaływania porowatości na właściwości materiału, „Zapewnienie zrównoważonego rozwoju”, Centrum Promocji i Reklamy REMEDIA Piotr Florek, Bydgoszcz 2011, s. 379.
- [22] **Naumann K.**, Wydajność izolacji dźwiękowej autoklawizowanego betonu komórkowego w dużych budynkach – doświadczenia z normą EN 12354-1, „Zapewnienie zrównoważonego rozwoju”, Centrum Promocji i Reklamy REMEDIA Piotr Florek, Bydgoszcz 2011, s. 683.





Stowarzyszenie
Producentów Betonów
02-829 Warszawa,
ul. Mączyńskiego 2
tel. 022 643-64-79,
fax 022 643-78-41
www.s-p-b.pl;
e-mail: biuro@s-p-b.pl



SKŁAD I DRUK ART STYL
www.artstyl-reklama.com.pl