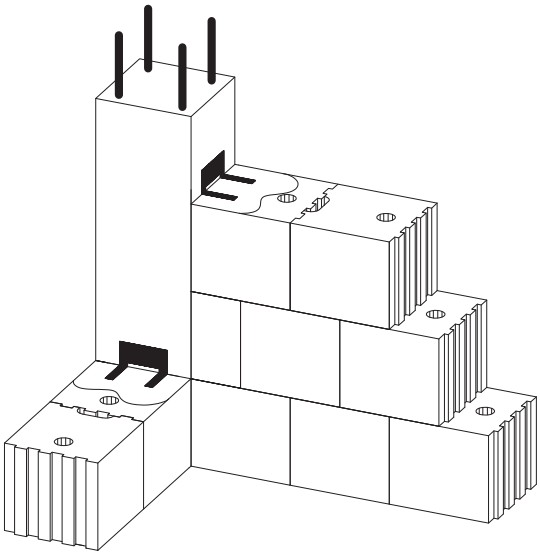
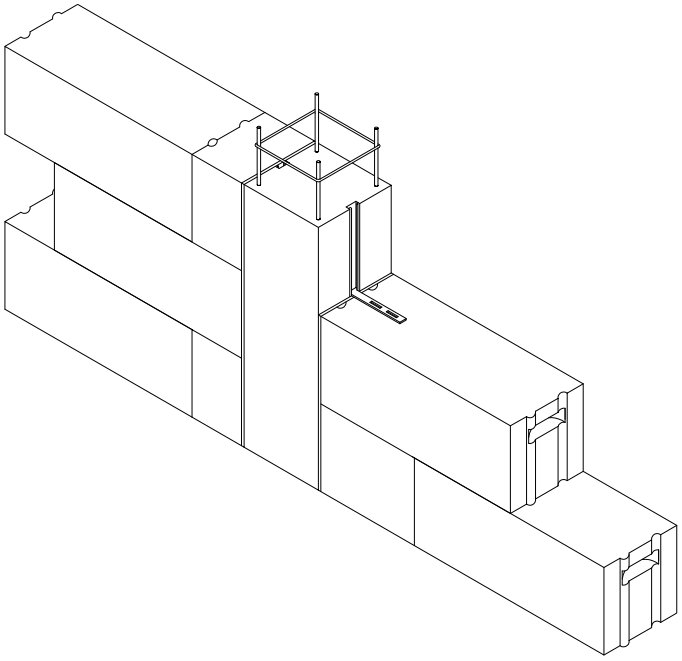
# PROJEKTOWANIE BUDYNKÓW Z ELEMENTÓW MUROWYCH SYSTEMU H+H





## Ściany wypełniające

Luty 2023

H+H
PARTNER W BUDOWANIU ŚCIAN

Luty 2023 r.
Copyright by H+H Polska Sp. z o.o.
Żadna część tego opracowania nie może być powielana i rozpowszechniana bez pisemnej zgody wydawcy.
Materiał opracował: dr hab. inż., prof. PŚ. Łukasz Drobiec

## SPIS TREŚCI

SYSTEM BUDOWY H+H ..... 4
**1.** WPROWADZENIE ..... 5
1.1. DEFINICJA ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCEJ ..... 5
1.2. KLASYFIKACJA ŚCIAN WYPEŁNIAJĄCYCH ..... 5
1.3. WYMAGANIA STAWIANE ŚCIANOM WYPEŁNIAJĄCYM ..... 6
**2.** MATERIAŁY DO WZNOSZENIA MURÓW ..... 7
2.1. ELEMENTY MUROWE ..... 7
2.2. ZAPRAWY MURARSKIE ..... 16
2.3. KOTWY I ŁĄCZNIKI ..... 16
**3.** ZASADY PROJEKTOWANIA ŚCIAN WYPEŁNIAJĄCYCH ..... 18
3.1. OBCIĄŻENIA DZIAŁAJĄCE NA ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCE ..... 18
3.2. PRZYJĘCIE GEOMETRII ŚCIANY ..... 18
3.3. SCHEMAT STATYCZNY I PODPARCIE ŚCIANY ..... 19
3.4. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE ..... 20
3.5. NOŚNOŚĆ ŁĄCZNIKÓW ..... 20
**4.** UPROSZCZONE PROJEKTOWANIE ..... 21
4.1. ŚCIANY Z ELEMENTÓW H+H SILIKATY ..... 21
4.2. ŚCIANY Z H+H BETONU KOMÓRKOWEGO ..... 22
**5.** ZBROJENIE ŚCIAN WYPEŁNIAJĄCYCH ..... 25
**6.** SZCZEGÓŁY ROZWIĄZAŃ POŁĄCZEŃ ..... 26
6.1. POŁĄCZENIE DOLNEJ KRAWĘDZI ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCEJ ZE STROPEM ..... 26
6.2. POŁĄCZENIE MIĘDZY GÓRNĄ KRAWĘDZIĄ ŚCIANY A STROPEM ..... 27
6.3. POŁĄCZENIE PIONOWYCH KRAWĘDZI ŚCIAN ..... 28
**7.** PRZYKŁADY OBLICZENIOWE ..... 31
7.1. PRZYKŁAD NR 1 ..... 31
7.2. PRZYKŁAD NR 2 ..... 37
LITERATURA ..... 40

# SYSTEM BUDOWY H+H

Podstawowymi elementami Systemu Budowy H+H są elementy murowe (podstawowe i uzupełniające), nadproża oraz zaprawy i akcesoria murarskie. System uzupełniają narzędzia do wznoszenia murów, wytyczne projektowania i wytyczne wykonawcze oraz wszelkie informacje i instrukcje techniczne. Pełna oferta – zestawienie tych elementów wraz ze wszystkimi niezbędnymi danymi technicznymi znajduje się w aktualnym wydaniu Katalogu Produktów H+H.

Wraz z Systemem Budowy H+H można stosować produkty dodatkowe takie jak: systemy ociepleń i zamocowań, tynki, izolacje oraz wyroby chemii budowlanej (np. środki zabezpieczające powierzchnię ścian, masy i pianki uszczelniające szczeliny dylatacyjne).

Niniejsze wytyczne zawierają informacje niezbędne do prawidłowego zorganizowania i prowadzenia robót związanych ze wznoszeniem murowanych ścian wypełniających w Systemie Budowy H+H. Tylko prawidłowe stosowanie właściwych materiałów pozwala na wykonanie obiektów budowlanych spełniających wymagania inwestorów i użytkowników. Dział doradztwa technicznego H+H służy klientom informacją i pomocą przy stosowaniu pełnego systemu H+H.

System Budowy H+H to:

- możliwość wznoszenia smukłych murów (ściany silikatowe o wysokiej nośności),
- ściany o wysokiej izolacyjności termicznej również bez dodatkowej warstwy izolacji termicznej (ściany z autoklawizowanego betonu komórkowego ABK o niskim współczynniku przewodzenia ciepła),
- ściany o wysokiej odporności ogniowej,
- bardzo dobra izolacyjność akustyczna wynikająca z dużej gęstości objętościowej H+H Silikatów (wysoka masa powierzchniowa ścian),
- łatwość wymurowania szczelnych murów i ścian,
- wysoka trwałość (zgodnie z postanowieniami odpowiednich norm elementy Systemu Budowy H+H mogą być stosowane bez ograniczeń zarówno w środowisku silnie mokrym wewnątrz i na zewnątrz, z występującym mrozem i środkami odladzającymi, jak i w nieagresywnym gruncie i wodzie),
- mur będący mocnym i trwałym podłożem do zamocowania różnego rodzaju obciążeń, w tym warstw elewacyjnych,
- spełnienie wymagań estetycznych inwestorów i architektów,
- spełnienie najwyższych wymagań ekologicznych – produkty wchodzące w skład systemu w czasie całego cyklu życia są materiałem przyjaznym dla środowiska.

System Zakładowej Kontroli Produkcji wdrożony w zakładach należących do H+H jest gwarancją jakości i stabilności parametrów technicznych produkowanych w nich silikatów i elementów z betonu komórkowego.

# 1. WPROWADZENIE

Niniejsze wytyczne są zgodne z zaleceniami Eurokodu 6, w szczególności z PN-EN 1996-1-1 [N8], PN-EN 1996-1-2 [N9], PN-EN 1996-2 [N10], PN-EN 1996-3 [N11] oraz z normami z nimi związanymi. Wytyczne dotyczą zasad projektowania ścian wypełniających z elementów Systemu Budowy H+H. Zasady projektowania ścian i wykonywania ścian nośnych zawarte zostały w zeszycie „Projektowanie budynków z elementów murowych Systemu H+H. Ściany konstrukcyjne".

## 1.1. DEFINICJA ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCEJ

1. W budynkach murowych wznoszonych w technologii tradycyjnej ściany postrzegane były jako główne elementy konstrukcji. Ściany wypełniające stanowiły wówczas jedynie tzw. ścianki działowe grubości 60 lub 120 mm, wydzielające poszczególne pomieszczenia. W ostatnich dziesięcioleciach coraz powszechniejsze jest wykonywanie szkieletowych konstrukcji budynków, również mieszkalnych, co wprawdzie zapewnia swobodę podziału, powoduje jednak konieczność wykonywania ścian wypełniających wydzielających mieszkania. Ściany te muszą spełniać między innymi ostre wymagania ochrony przed hałasem, co powoduje konieczność zwiększenia ich grubości. Przy innych funkcjach budynku wykonuje się ściany wypełniające o znacznych rozmiarach, stanowiące np. przegrody ogniowe. W budynkach szkieletowych ścianami wypełniającymi są na ogół ściany zewnętrzne. Muszą one dodatkowo zapewniać ochronę cieplną i przed czynnikami atmosferycznymi oraz stwarzać poczucie bezpieczeństwa użytkownikom.

2. Pod pojęciem ścian wypełniających należy rozumieć wszelkie ściany, które nie odgrywają istotnej roli w statyce obiektu, ale tworzą jego podział wewnętrzny, wydzielając odrębne pomieszczenia i przestrzenie lub stanowią przegrodę zewnętrzną. Cechą charakterystyczną, wspólną dla wszystkich rodzajów ścian wypełniających, jest możliwość ich demontażu w dowolnym okresie eksploatacji obiektu i zastąpienie innym równoważnym rozwiązaniem bez potrzeby adaptacji konstrukcji budynku (np. zmiany funkcjonalne pomieszczeń, zmiana elewacji).

3. Niezależnie od funkcji, jaką ściany wypełniające pełnią w budynku (np. przegroda wizualna, akustyczna, ogniowa), muszą one mieć odpowiednią stateczność oraz przenosić na konstrukcję budynku obciążenia na nie działające, w tym ciężar własny, tynk, urządzenia na nich zawieszone itp.

4. Mimo że ściany wypełniające nie odgrywają istotnej roli w statyce obiektu, powinny być odpowiednio konstruowane i wykonywane, gdyż brak dbałości w tym względzie powoduje częste występowanie uciążliwych dla wykonawców i użytkowników obiektów rys, a nawet pęknięć. Ograniczenie tych niekorzystnych zjawisk wymaga nie tylko odpowiedniego projektowania i wykonywania samych ścian wypełniających, ale również całego układu konstrukcyjnego.

5. Przy projektowaniu i wykonywaniu ścian wypełniających należy zwrócić uwagę na zapewnienie im odpowiedniej sztywności i stateczności. Sztywność ścian zależy zarówno od wymiarów ściany (wysokości i długości) oraz jej grubości, jak i sposobu podparcia ściany. Wymaganą stateczność ściany wypełniającej uzyskuje się przez odpowiednie połączenie jej z konstrukcją budynku. Można również wykorzystywać połączenie z innymi, prostopadłymi ścianami wypełniającymi. Nawet niewielkie błędy projektowe lub wykonawcze mogą powodować powstanie zarysowań i spękań. Skrócenie czasu realizacji inwestycji wymusza, szczególnie w dużych obiektach, wykonywanie ścian wypełniających praktycznie jednocześnie ze elementami konstrukcyjnymi, w czasie gdy osiadania budowli nie są jeszcze ustabilizowane, a zmiany wilgotności materiałów są znaczne.

6. Powszechne jest obecnie realizowanie monolitycznych konstrukcji szkieletowych, ze stropami dużych rozpiętości, umożliwiającymi dowolną aranżację wnętrz. Ugięcia stropów o rozpiętościach znacznie przekraczających 6,0 m, nawet przy zachowaniu warunków normowych, często są przyczyną zarysowania ścian wypełniających. Wiele problemów w centrach handlowych i innych obiektach budownictwa ogólnego stwarzają ściany wypełniające o znacznych wysokościach i długościach. Nie należy wznosić ścian wypełniających na podstemplowanych stropach, chyba że projekt obiektu dopuszcza taką możliwość.

## 1.2. KLASYFIKACJA ŚCIAN WYPEŁNIAJĄCYCH

1. W budynku można rozróżnić ściany zewnętrzne i wewnętrzne, zwane też osłonowymi. Ściany zewnętrzne w zależności od wymagań i założeń mogą być jedno- i wielowarstwowe, otynkowane i nieotynkowane, z warstwą ocieplenia lub bez. Częścią ścian zewnętrznych mogą być inne elementy osłonowe (szkło, kamień, metal, drewno itp.). Przykład nieotynkowanej ściany zewnętrznej wykonanej z H+H Silikatów w budynku halowym pokazano na fotografii 1, a widok ścian wypełniających w budynku mieszkalnym na fotografii 2.

*Fotografia 1. Nieotynkowane ściany wypełniające wykonane z H+H Silikatów w budynku halowym (fotografia wykonana podczas wznoszenia obiektu).*

*Fotografia 2. Ściany wypełniające w budynku mieszkalnym.*

2. Ściany wewnętrzne dzielą pomieszczenia oraz obszary w budynkach i obiektach. Mogą spełniać różne wymagania. Oprócz tradycyjnych ścian działowych ważnym rodzajem ścian wewnętrznych są np. ściany międzymieszkaniowe czy też ściany ogniowe spełniające funkcję oddzielenia poszczególnych stref w halach przemysłowych i magazynowych.

## 1.3. WYMAGANIA STAWIANE ŚCIANOM WYPEŁNIAJĄCYM

1. W przypadku ścian wypełniających ze względu na ich konstrukcję i sposób zamocowania znacznie istotniejsze jest jednoznaczne uzgodnienie z inwestorem wymagań, szczególnie tych, które nie są sprecyzowane normowo, a wynikają ze specyfiki obiektu. Głównym wymaganiem stawianym przed ścianami wypełniającymi jest funkcja oddzielająca. W związku z tym przy projektowaniu należy uwzględnić takie wymagania jak: ochrona cieplna, przed hałasem, ogniem, wilgocią, wpływami atmosferycznymi, nie zapominając o podstawowym warunku związanym z bezpieczeństwem konstrukcji i użytkowania [1, 2].

2. Ściany wypełniające są obciążone głównie siłami poziomymi (np. wiatr, obciążenie użytkowe, np. od napierającego tłumu) oraz ciężarem własnym, ciężarem wykończenia i ciężarem elementów zawieszonych na ścianie. Przy ich projektowaniu i wykonywaniu należy również uwzględnić wpływ innych oddziaływań, takich jak zmiany temperatur i odkształceń innych elementów budynku. Nie należy zapominać o wpływie na stateczność ścian różnego rodzaju obciążeń wynikających z eksploatacji budynku (ugięcia stropów, zamocowane urządzenia, przedmioty itp.). W budownictwie mieszkaniowym nie ma ograniczeń w obciążaniu ścian w dowolnym miejscu sprzętem RTV, szafkami kuchennymi, półkami itp. W budownictwie użyteczności publicznej podstawowym obciążeniem, jakie należy uwzględniać, jest poziome obciążenie użytkowe. W budownictwie przemysłowym należy przeanalizować możliwość wystąpienia różnego rodzaju obciążenia wynikającego z procesów technologicznych i funkcji budynku (np. uderzenie wózkiem widłowym).

3. W zależności od pełnionej funkcji i związanych z nią wielkości obciążeń grubość ścian wypełniających może być różna. Jako minimalną grubość ścian wypełniających w systemie H+H przyjęto 8 cm, a maksymalną 48 cm. Ściany o minimalnej grubości mogą pełnić funkcje ścian wydzielających poszczególne pomieszczenia o kategorii użytkowania A lub B zgodnie z PN-EN 1991-1-1 [N4], natomiast ściany pomieszczeń o kategorii użytkowania C i D powinny mieć większą grubość dostosowaną do wielkości obciążeń lub wymogów izolacji akustycznej.

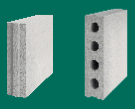
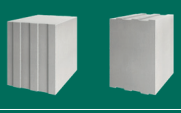
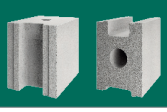
# 2. MATERIAŁY DO WZNOSZENIA MURÓW

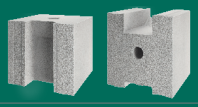
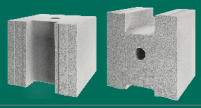
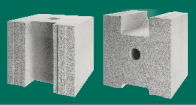
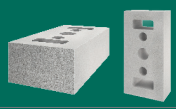
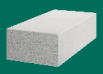
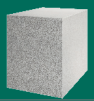
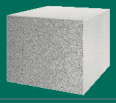
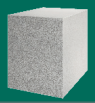
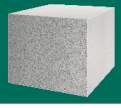
## 2.1. ELEMENTY MUROWE

1. Zestawienie ściennych elementów murowych oferty handlowej H+H Silikaty zamieszczono w tablicy 1. Większość bloczków produkowanych przez zakłady H+H Silikaty ma długość 250 mm i wysokość 220 cm. Grubości produkowanych elementów konstrukcyjnych to 180 mm, 240 mm i 250 mm. Bloczki podstawowe nazwane są literami N, NP lub NA oraz liczbą odpowiadającą grubości elementu w centymetrach. Bloczki fundamentowe oznaczone są literą F, natomiast bloczki o podwyższonej izolacyjności akustycznej literą A.

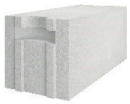
Zestawienie ściennych elementów murowych z H+H Betonu komórkowego zamieszczono w tablicy 2. Elementy są wytwarzane w trzech standardach jakościowych Gold+, Gold oraz Silver. Elementy są wytwarzane w siedmiu grupach gęstości: 300 (SUPERTERMO), 350 (TERMO) – elementy o najlepszych parametrach izolacyjności termicznej, 400, 500, 600, 700. Podstawowe długości elementów to 625 mm (standard Gold+) oraz 590 mm (standardy Gold i Silver) o wysokości odpowiednio 250 i 240 mm. Grubości produkowanych elementów konstrukcyjnych to zakres od 175 mm do 480 mm.

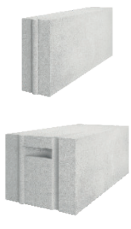
*Tablica 1. Podstawowe elementy murowe H+H Silikaty*

| RODZAJ ELEMENTU | Wymiary (dł. x szer. x wys.) | Masa elementu | Klasa gęstości | Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie | Współczynnik przewodzenia ciepła | Reakcja na ogień | Nasiąkliwość | Mrozoodporność |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [mm] | [kg] | | [N/mm²] | [W/(m·K)] | | [%] | [cykle] |
| H+H Silikat N6,5  | 250 x 65 x 250 | 5,2 | 1,6 | 15 | 0,61 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat N8 | 250 x 80 x 220 | 6,1<br>6,4 | 1,4<br>1,6 | 15 | 0,46<br>0,61 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat N12 | 250 x 120 x 220 | 9,4<br>9,9 | 1,4<br>1,6 | 15 | 0,46<br>0,61 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat N15 | 250 x 150 x 220 | 11,2<br>11,7 | 1,4<br>1,6 | 15 | 0,46<br>0,61 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat N18 | 250 x 180 x 220 | 13,6<br>14,3 | 1,4<br>1,6 | 15 I 20 | 0,46<br>0,61 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat NA18  | 250 x 180 x 220 | 16,7<br>18,4<br>22,0 | 1,8<br>2,0<br>2,2 | 20<br>25<br>30 | 0,81<br>1,05<br>1,37 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat NP18  | 250 x 180 x 220 | 15,3<br>16,8 | 1,6<br>1,8 | 20 I 25 | 0,61<br>0,81 | A1 | ≤ 15 | 50 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H+H Silikat N24 | 250 x 240 x 220 | 18,0<br>18,9 | 1,4<br>1,6 | 15 I 20 | 0,46<br>0,61 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat NA24 | 250 x 240 x 220 | 21,4<br>24,5 | 1,8<br>2,0 | 20<br>25 | 0,81<br>1,05 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat NP24  | 250 x 240 x 220 | 20,9<br>21,8 | 1,6<br>1,8 | 20 I 25 | 0,61<br>0,81 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat N25  | 250 x 250 x 220 | 18,9<br>19,8 | 1,4<br>1,6 | 15 I 20 | 0,46<br>0,61 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat NP25  | 250 x 250 x 220 | 22,6<br>22,7 | 1,6<br>1,8 | 20 I 25 | 0,61<br>0,81 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat F25  | 500 x 250 x 140 | 27,0<br>29,0 | 1,6<br>1,8 | 20 | 0,61<br>0,81 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat 1NF  | 250 x 120 x 65 | 3,4<br>3,8 | 1,8<br>2,0 | 15 I 20 | 0,81<br>1,05 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat 3NFD | 250 x 120 x 220 | 9,6<br>9,7 | 1,4<br>1,6 | 15 | 0,46<br>0,61 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat A12 | 250 x 120 x 220 | 11,5<br>13,0 | 1,8<br>2,0 | 20 | 0,81<br>1,05 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat A18  | 250 x 180 x 220 | 18,5 | 2,0 | 20 I 25<br>I 30 | 1,05 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat A25  | 180 x 250 x 220 | 18,5 | 2,0 | 20 I 25<br>I 30 | 1,05 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat A18 PLUS  | 250 x 180 x 220 | 22,0 | 2,2 | 25 I 30 | 1,37 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat A25 PLUS  | 180 x 250 x 220 | 22,0 | 2,2 | 25 I 30 | 1,37 | A1 | ≤ 15 | 50 |

*Tablica 2. Podstawowe elementy murowe H+H Beton komórkowy*

| RODZAJ ELEMENTU | Wymiary (dł. x szer. x wys.) | Masa elementu | Klasa gęstości | Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie | Współczynnik przewodzenia ciepła | Reakcja na ogień | Nasiąkliwość | Mrozoodporność |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [mm] | [kg] | [kg/m$^3$] | [N/mm$^2$] | [W/(m·K)] | | [%] | [cykle] |
| H+H Gold+ Bloczki 1,5-300 SUPERTERMO | H+H Gold+ 1,5-300 PWU 625 x 420 x 250 | 19,7 | 300 (275±25) | 1,5 | 0,085 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 1,5-300 PWU 500 x 480 x 250 | 18,0 | 300 (275±25) | 1,5 | 0,085 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold+ Bloczki 2,0-350 TERMO | H+H Gold+ 2,0-350 PWU 625 x 420 x 250 | 23,0 | 350 (325±25) | 2,0 | 0,095 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 2,0-350 PWU 500 x 480 x 250 | 21,0 | 350 (325±25) | 2,0 | 0,095 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold+ Bloczki 2,5-400 | H+H Gold+ 2,5-400 PWU 625 x 240 x 250 | 15,0 | 400 (375±25) | 2,5 | 0,105 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 2,5-400 PWU 625 x 300 x 250 | 18,8 | 400 (375±25) | 2,5 | 0,105 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold Bloczki 2,0-400  | H+H Gold 2,0-400 PWU 590 x 240 x 240 | 15,3 | 400 (400±50) | 2,0 | 0,105[1)] | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 2,0-400 PWU 590 x 300 x 240 | 19,1 | 400 (400±50) | 2,0 | 0,105[1)] | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 2,0-400 PWU 590 x 360 x 240 | 22,9 | 400 (400±50) | 2,0 | 0,105[1)] | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold+ Bloczki 4,0-500 | H+H Gold+ 4,0-500 PW 625 x 115 x 250 | 9,0 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 4,0-500 PW 625 x 150 x 250 | 11,7 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 4,0-500 PWU 625 x 175 x 250 | 13,7 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 4,0-500 PWU 625 x 200 x 250 | 15,6 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 4,0-500 PWU 625 x 240 x 250 | 18,8 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 4,0-500 PWU 625 x 300 x 250 | 23,4 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 4,0-500 PWU 625 x 365 x 250 | 28,5 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H+H Gold Bloczki 2,5-500 | H+H Gold 2,5-500 590 x 120 x 240 | 9,3 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 2,5-500 590 x 150 x 240 | 11,7 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 2,5-500 PW 590 x 180 x 240 | 14,0 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 2,5-500 PW 590 x 200 x 240 | 15,6 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 2,5-500 PWU 590 x 240 x 240 | 18,7 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 2,5-500 PWU 590 x 300 x 240 | 23,4 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 2,5-500 PWU 590 x 360 x 240 | 28,0 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 2,5-500 PWU 590 x 420 x 240 | 32,7 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold Bloczki 3,0-500 | H+H Gold 3,0-500 590 x 120 x 240 | 9,3 | 500 (500±50) | 3,0 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-500 PW 590 x 180 x 240 | 14,0 | 500 (500±50) | 3,0 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-500 PW 590 x 200 x 240 | 15,6 | 500 (500±50) | 3,0 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-500 PWU 590 x 240 x 240 | 18,7 | 500 (500±50) | 3,0 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-500 PWU 590 x 300 x 240 | 23,4 | 500 (500±50) | 3,0 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-500 PWU 590 x 360 x 240 | 28,0 | 500 (500±50) | 3,0 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-500 PWU 590 x 420 x 240 | 32,7 | 500 (500±50) | 3,0 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Silver Bloczki 2,5-500 | H+H Silver 2,5-500 590 x 120 x 240 | 9,3 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 2,5-500 590 x 180 x 240 | 14,0 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 2,5-500 590 x 200 x 240 | 15,6 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 2,5-500 590 x 240 x 240 | 18,7 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 2,5-500 590 x 300 x 240 | 23,4 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 2,5-500 590 x 360 x 240 | 28,0 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 2,5-500 590 x 420 x 240 | 32,7 | 500 (500±50) | 2,5 | 0,135 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold+ Bloczki 5,0-600  | H+H Gold+ 5,0-600 PW 625 x 115 x 250 | 10,8 | 600 (575±25) | 5,0 | 0,155 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 5,0-600 PWU 625 x 175 x 250 | 16,4 | 600 (575±25) | 5,0 | 0,155 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 5,0-600 PWU 625 x 200 x 250 | 18,8 | 600 (575±25) | 5,0 | 0,155 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 5,0-600 PWU 625 x 240 x 250 | 22,5 | 600 (575±25) | 5,0 | 0,155 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 5,0-600 PWU 625 x 300 x 250 | 28,1 | 600 (575±25) | 5,0 | 0,155 | A1 | NPD | 15 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H+H Gold Bloczki 3,0-600 | H+H Gold 3,0-600 590 x 120 x 240 | 11,0 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-600 590 x 150 x 240 | 13,8 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-600 PW 590 x 180 x 240 | 16,6 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-600 PW 590 x 200 x 240 | 18,4 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-600 PWU 590 x 240 x 240 | 22,1 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-600 PWU 590 x 300 x 240 | 27,6 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-600 PWU 590 x 360 x 240 | 33,1 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Silver Bloczki 3,0-600 | H+H Silver 3,0-600 590 x 120 x 240 | 11,0 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 3,0-600 590 x 180 x 240 | 16,6 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 3,0-600 590 x 200 x 240 | 18,4 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 3,0-600 590 x 240 x 240 | 22,1 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 3,0-600 590 x 300 x 240 | 27,6 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 3,0-600 590 x 360 x 240 | 33,1 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold+ Bloczki 6,0-700 | H+H Gold+ 6,0-700 500 x 240 x 250 | 21,0 | 700 (675±25) | 6,0 | 0,185 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Silver Bloczki 4,0-700 | H+H Silver 4,0-700 590 x 120 x 240 | 12,7 | 700 (700±50) | 4,0 | 0,180 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 4,0-700 590 x 150 x 240 | 15,9 | 700 (700±50) | 4,0 | 0,180 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 4,0-700 590 x 180 x 240 | 19,1 | 700 (700±50) | 4,0 | 0,180 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 4,0-700 590 x 200 x 240 | 21,2 | 700 (700±50) | 4,0 | 0,180 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 4,0-700 590 x 240 x 240 | 25,5 | 700 (700±50) | 4,0 | 0,180 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold+ Panel TEMPO 4,0-500 | H+H Gold+ Panel TEMPO 4,0-500 PW 600 x 100 x 500 | 15,0 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Panel TEMPO 4,0-500 PW 600 x 115 x 500 | 17,3 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |

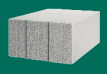
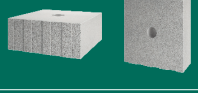
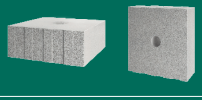
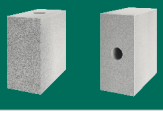
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H+H Gold+ Panel TEMPO 5,0-600 | H+H Gold+ Panel TEMPO 5,0-600 PW 600 x 100 x 500 | 18,0 | 600 (575±25) | 5,0 | 0,155 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Panel TEMPO 5,0-600 PW 600 x 115 x 500 | 20,7 | 600 (575±25) | 5,0 | 0,155 | A1 | NPD | 15 |

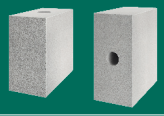
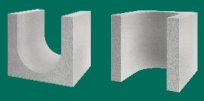
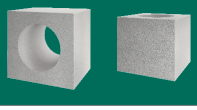
[1] *Dla zakładu Żelisławice λ = 0,110 W/(m·K)*

2. Poza standardowymi elementami ściennymi w ofercie handlowej H+H znajdują się produkty uzupełniające.
Wapienno-piaskowe produkty uzupełniające w postaci elementów wyrównujących H+H Silikat NW18, H+H Silikat NW24, H+H Silikat NW25, elementów połówkowych H+H Silikat 1/2NP18, H+H Silikat 1/2NP24 i H+H Silikat 1/2NP25 oraz kształtek H+H Silikat U i pustaka wentylacyjnego H+H Silikat PW. Elementy wyrównujące NW pozwalają na projektowanie i wykonanie ścian w module 10 cm oraz ułatwiają wykonanie pierwszej warstwy muru. Elementy połówkowe H+H Silikat 1/2 NP ułatwiają wykonanie przewiązania murarskiego w narożniku ścian. Kształtka H+H Silikat U pełni rolę szalunku traconego, w którym można wykonać np. belkę podwalinową, wieniec, nadproże itd. Bloczek H+H Silikat PW przeznaczony jest do wykonywania pionów wentylacyjnych. Zestawienie elementów uzupełniających z oferty handlowej H+H Silikaty zamieszczone w tablicy 3.

Uzupełnieniem bloczków z betonu komórkowego są H+H Belki nadprożowe, H+H Nadproża TEMPO N, H+H Kształtki U. H+H Belki nadprożowe to zbrojone belki, które umożliwiają wykonanie nadproży bez konieczności wykonywania szalunku i betonowania. H+H Nadproża TEMPO N to belki, które umożliwiają wykonanie lekkich nadproży niezbrojonych w ścianach działowych, bez konieczności wykonywania szalunku i betonowania. H+H Kształtki U stanowią element szalunkowy. Mogą być one stosowane do wykonania żelbetowych elementów takich jak wieńce, rdzenie i poziome belki, a także silnie obciążonych nadproży nad otworami: okiennym lub drzwiowym. Zestawienie elementów uzupełniających z oferty handlowej H+H Beton komórkowy zamieszczone w tablicach 4 i 5.

*Tablica 3. Uzupełniające elementy murowe H+H Silikaty*

| RODZAJ ELEMENTU | Wymiary (dł. x szer. x wys.) | Masa elementu | Klasa gęstości | Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie | Współczynnik przewodzenia ciepła | Reakcja na ogień | Nasiąkliwość | Mrozoodporność |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [mm] | [kg] | | [N/mm²] | [W/(m·K)] | | [%] | [cykle] |
| H+H Silikat NW18  | 250 x 180 x 98 | 8,1 | 2,0 | 20 | 1,05 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat NW24  | 250 x 240 x 98 | 10,3<br>10,9 | 1,8<br>2,0 | 20 | 0,81<br>1,05 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat NW25  | 250 x 250 x 98 | 10,9 | 1,8 | 20 | 0,81 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat 1/2NP18 | 90 x 180 x 220 | 6,6 | 2,0 | 20 | 0,81 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat 1/2NP24  | 115 x 240 x 220 | 10,2<br>11,1 | 1,8<br>2,0 | 20 | 0,81<br>1,05 | A1 | ≤ 15 | 50 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H+H Silikat 1/2NP25  | 115 x 250 x 220 | 10,8 | 1,8 | 20 | 0,81 | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat U  | 220 x 240 x 250<br>220 x 250 x 240<br>220 x 240 / 250 x 220 | 14,3 | - | - | - | A1 | ≤ 15 | 50 |
| H+H Silikat PW  | 250 x 240 x 220 | 16,1 | 1,6 | 10 I 15 | 0,61 | A1 | ≤ 15 | 50 |

*Tablica 4. Uzupełniające elementy murowe H+H Beton komórkowy - Płytki*

| RODZAJ ELEMENTU | Wymiary (dł. x szer. x wys.) | Masa elementu | Gęstość | Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie | Współczynnik przewodzenia ciepła | Reakcja na ogień | Nasiąkliwość | Mrozoodporność |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [mm] | [kg] | [kg/m³] | [N/mm²] | [W/(m·K)] | | [%] | [cykle] |
| H+H Gold+ Płytki 4,0-500 | H+H Gold+ 4,0-500 625 x 50 x 250 | 3,9 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 4,0-500 625 x 75 x 250 | 5,9 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 4,0-500 625 x 100 x 250 | 7,8 | 500 (475±25) | 4,0 | 0,130 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold+ Płytki 5,0-600 | H+H Gold+ 5,0-600 625 x 50 x 250 | 4,7 | 600 (575±25) | 5,0 | 0,155 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 5,0-600 625 x 75 x 250 | 7,0 | 600 (575±25) | 5,0 | 0,155 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ 5,0-600 625 x 100 x 250 | 9,4 | 600 (575±25) | 5,0 | 0,155 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold Płytki 3,0-600 | H+H Gold 3,0-600 590 x 60 x 240 | 5,5 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-600 590 x 80 x 240 | 7,4 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold 3,0-600 590 x 100 x 240 | 9,2 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Silver Płytki 3,0-600 | H+H Silver 3,0-600 590 x 60 x 240 | 5,5 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 3,0-600 590 x 80 x 240 | 7,4 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 3,0-600 590 x 100 x 240 | 9,2 | 600 (600±50) | 3,0 | 0,160 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Silver Płytki 4,0-700 | H+H Silver 4,0-700 590 x 60 x 240 | 6,4 | 700 (700±50) | 4,0 | 0,180 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 4,0-700 590 x 80 x 240 | 8,5 | 700 (700±50) | 4,0 | 0,180 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Silver 4,0-700 590 x 100 x 240 | 10,6 | 700 (700±50) | 4,0 | 0,180 | A1 | NPD | 15 |

*Tablica 5. Uzupełniające elementy murowe H+H Beton komórkowy – Nadproża i kształtki*

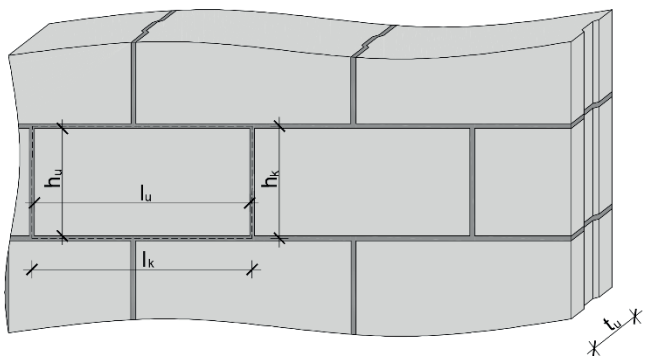
| RODZAJ ELEMENTU | Wymiary (dł. x szer. x wys.) | Masa elementu | Gęstość | Współczynnik przewodzenia ciepła | Reakcja na ogień | Nasiąkliwość | Mrozoodporność |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [mm] | [kg] | [kg/m³] | [W/(m·K)] | | [%] | [cykle] |
| H+H Gold+ Belka nadprożowa | H+H Gold+ Belka nadprożowa 1250 x 115 x 125 | 11,6 | 600 | 0,143 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Belka nadprożowa 1500 x 115 x 125 | 13,9 | 600 | 0,143 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Belka nadprożowa 2000 x 115 x 125 | 18,5 | 600 | 0,143 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Belka nadprożowa 2500 x 115 x 125 | 23,2 | 600 | 0,143 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Belka nadprożowa 3000 x 115 x 125 | 27,8 | 600 | 0,143 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Belka nadprożowa 1250 x 175 x 125 | 17,6 | 600 | 0,143 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Belka nadprożowa 1500 x 175 x 125 | 21,2 | 600 | 0,143 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Belka nadprożowa 2000 x 175 x 125 | 28,2 | 600 | 0,143 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Belka nadprożowa 2500 x 175 x 125 | 35,3 | 600 | 0,143 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Belka nadprożowa 3000 x 175 x 125 | 42,3 | 600 | 0,143 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold+ / Gold Nadproże TEMPO N | H+H Gold+ Nadproże TEMPO N 1500 x 100 x 250 | 20,6 | 525±25 | 0,140 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Nadproże TEMPO N 1500 x 115 x 250 | 23,7 | 525±25 | 0,140 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold Nadproże TEMPO N 1500 x 80 x 240 | 15,8 | 525±25 | 0,140 | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold Nadproże TEMPO N 1500 x 120 x 240 | 23,8 | 525±25 | 0,140 | A1 | NPD | 15 |
| H+H Gold+ / Gold Kształtka U | H+H Gold+ Kształtka U 625 x 200 x 250 | 12,2 | 375±25 | - | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Kształtka U 625 x 240 x 250 | 14,6 | 375±25 | - | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Kształtka U 625 x 300 x 250 | 18,1 | 375±25 | - | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Kształtka U 625 x 365 x 250 | 21,8 | 375±25 | - | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Kształtka U 625 x 420 x 250 | 25,0 | 375±25 | - | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold+ Kształtka U 625 x 480 x 250 | 28,8 | 375±25 | - | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold Kształtka U 590 x 200 x 240 | 16,6 | 500±50 lub 600±50 | - | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold Kształtka U 590 x 240 x 240 | 19,8 | 500±50 lub 600±50 | - | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold Kształtka U 590 x 300 x 240 | 24,6 | 500±50 lub 600±50 | - | A1 | NPD | 15 |

| RODZAJ ELEMENTU | Wymiary (dł. x szer. x wys.) | Masa elementu | Gęstość | Współczynnik przewodzenia ciepła | Reakcja na ogień | Nasiąkliwość | Mrozoodporność |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [mm] | [kg] | [kg/m³] | [W/(m·K)] | | [%] | [cykle] |
| H+H Gold+ / Gold Kształtka U | H+H Gold Kształtka U 590 x 360 x 240 | 29,4 | 500±50 lub 600±50 | - | A1 | NPD | 15 |
| | H+H Gold Kształtka U 590 x 420 x 240 | 30,1 | 500±50 lub 600±50 | - | A1 | NPD | 15 |

3. Zakłady H+H produkują elementy murowe przeznaczone do murowania na spoiny cienkie oraz zwykłe. Bloczki H+H Silikat N, H+H Silikat NP, H+H Silikat NA, H+H Silikat F, H+H Silikat A oraz elementy z betonu komórkowego standardów Gold+, Gold oraz Silver mogą być stosowane do murowania zarówno na cienkie, jak i na zwykłe spoiny. Bloczki i cegły H+H Silikat S, H+H Silikat 1NF (cegła silikatowa), H+H Silikat 3NFD powinny być zaś stosowane do murowania tylko na zwykłe spoiny.

4. Norma PN-EN 771-2 [N12] oraz PN-EN 771-4 [N13] rozróżnia następujące wymiary elementów murowych (rys. 1):

- wymiary nominalne, określane w celu wytworzenia elementu, którego wymiar rzeczywisty zawiera się w granicach dopuszczalnych odchyłek wymiarów (na rys. 1 – $l_u$, $t_u$, $h_u$ – odpowiednio nominalna długość, szerokość i wysokość elementu murowego),
- wymiary koordynacyjne, wynikające z koordynacji wymiarowej, którym odpowiadają wymiary elementu murowego, łącznie z naddatkami na spoiny/złącza z uwzględnieniem odchyłek wymiarów (na rys. 1 – $l_k$ , $h_k$ – odpowiednio koordynacyjna długość, wysokość elementu murowego). Szerokość koordynacyjna $t_k$ występuje tylko w szczególnych przypadkach murów ze spoiną podłużną. Jeżeli nie zaznaczono inaczej, podawane wymiary elementów murowych są ich wymiarami nominalnymi.




*Rysunek 1. Wymiary i powierzchnie elementów murowych*
*$h_u$, $l_u$, $t_u$ – wymiary nominalne*
*$h_k$, $l_k$ – wymiary koordynacyjne*

Większość produktów ściennych H+H Silikaty spełnia kategorię T2 odchyłek wymiarów elementów murowych według PN-EN 771-2 [N12]. Oznacza to, że odchyłka średniej wysokości elementu wynosi ± 1 mm, a odchyłka długości i szerokości wynosi ± 2 mm (wymiary nominalne). Elementy H+H Silikat S, H+H Silikat 1NF (cegła silikatowa), H+H Silikat 3NFD spełniają kategorię T1 odchyłek wymiarów, co oznacza, że odchyłki wykonania wynoszą ± 2 mm.
Kategoria odchyłek wymiarów elementów z betonu komórkowego zależy od standardu elementu. Standard Gold+ oznacza najdokładniejsze tolerancje wymiarowe TLMB ± 1mm na wysokości, a także wąski zakres tolerancji gęstości ± 25 kg/m³, standard Gold to najdokładniejsze tolerancje wymiarowe TLMB ± 1 mm na wysokości oraz zakres tolerancji gęstości ± 50 kg/m³, natomiast standard Silver oznacza tolerancje wymiarowe TLMA ± 2mm na wysokości i zakres tolerancji gęstości ± 50 kg/m³.

5. Ze względu na parametry geometryczne wszystkie silikatowe elementy podstawowe produkowane w zakładach H+H zalicza się zgodnie z PN-EN 1996-1-1 [N8] do grupy 1. Elementy uzupełniające H+H Silikat NW18, H+H Silikat NW24, H+H Silikat NW25, H+H Silikat 1/2NP18, H+H Silikat 1/2NP24 i H+H Silikat 1/2NP25 również należą do grupy 1. Pustak wentylacyjny H+H Silikat PW zalicza się do grupy 2. Do grupy 1S, stosowanej przy projektowaniu z uwagi na warunki pożarowe, zaliczają się bloczki H+H Silikat A12, H+H Silikat A, H+H Silikat A PLUS, H+H Silikat NA i NP oraz cegła pełna H+H Silikat 1NF.
Wszystkie elementy z betonu komórkowego ze względu na parametry geometryczne zalicza się do grupy 1, a przy projektowaniu z uwagi na warunki pożarowe do grupy 1S.

6. Wszystkie niezbędne do projektowania dane i informacje techniczne dotyczące elementów produkowanych w zakładach H+H znajdują się na stronie www.hplush.pl.

## 2.2. ZAPRAWY MURARSKIE

1. Do wykonywania murów z silikatów oraz betonu komórkowego stosuje się:
- zaprawy murarskie tradycyjne, przeważnie cementowo-wapienne, a niekiedy cementowe, o grubości od 6 do 15 mm, średnio 10 mm,
- zaprawy murarskie do cienkich spoin o grubości od 0,5 do 3 mm – z reguły 2 mm.

Zaprawy murarskie tradycyjne mogą być produkowane fabrycznie lub wytwarzane według przepisu na budowie. Zaprawy cienkowarstwowe są zazwyczaj produkowane fabrycznie. Wymagania dla zapraw produkowanych fabrycznie określone są w PN-EN 998-2 [N15], natomiast w normie PN-B-10104 [N1] podano wymagania dotyczące zapraw murarskich ogólnego przeznaczenia, wytwarzanych na budowie (przepisanych).
Zaprawy murarskie dzieli się na klasy oznaczone literą M i liczbą odpowiadającą wytrzymałości zaprawy na ściskanie $f_m$ w MPa. Stosuje się następujące klasy zapraw: M0,25, M0,5, M1, M2,5, M5, M10, M15, M20 i $M_d$, gdzie d jest wytrzymałością na ściskanie nie mniejszą niż 25 MPa.

2. Do wykonania muru z silikatów należy stosować zaprawy klasy nie niższej niż M5, ta sama klasa zaprawy jest również najczęściej stosowana wraz z elementami z betonu komórkowego. Zaleca się, aby wytrzymałość zaprawy na ściskanie nie różniła się w znaczący sposób od wytrzymałości elementów murowych. Ważnym parametrem określającym przydatność zaprawy jest również jej przyczepność, określana jako wytrzymałość spoiny. H+H zaleca stosowanie zapraw o przyczepności do elementów murowych nie mniejszej niż 0,3 N/mm$^2$ .

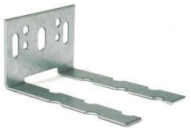
3. Zaleca się stosowanie zapraw przygotowywanych fabrycznie, których producent deklaruje ich przydatność do murowania z silikatów i betonu komórkowego oraz wymagane parametry. Zaprawy takie zapewniają większą stabilność i jednorodność parametrów technicznych niż zaprawy przygotowywane na miejscu budowy. H+H w swojej ofercie handlowej ma dwa rodzaje zapraw do cienkich spoin: M5 w wersji letniej oraz M10 w wersji zimowej.

4. W przypadku stosowania zapraw przepisanych, wytwarzanych na budowie, zaleca się stosowanie zapraw odmian A÷F według PN-B-10104 [N1] oraz załącznika krajowego do PN-EN 1996-1-1 [N8]. Zaprawy wytwarzane na budowie muszą spełniać wymogi normy PN-B-10104 [N1].

## 2.3. KOTWY I ŁĄCZNIKI

Ściany wypełniające łączy się zazwyczaj z elementami konstrukcji budynku za pomocą specjalnych metalowych łączników. Wyjątek stanowi tu ściana wspornikowa, lecz takie rozwiązanie występuje bardzo rzadko. Rodzaj zastosowanego łącznika zależy od przyjętego schematu podparcia ściany. Zestawienie łączników podano w tablicy 6.

*Tablica 6. Zestawienie łączników metalowych stosowanych przy ścianach wypełniających*

| Rodzaj elementu | Zastosowanie | Nośność |
|---|---|---|
| P30 | Element służący do połączeń między ścianami z elementów o tym samym module wysokości. Zastępuje przewiązania murarskie między ściankami. Nadaje się do murów wznoszonych na spoinach zwykłych i cienkich. | Charakterystyczna nośność na rozciąganie 1,26 kN<br><br>Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,4 kN |
| ZIGZAG | Element służący do połączeń między ścianami z elementów o tym samym module wysokości. Zastępuje przewiązania murarskie między ściankami. Nadaje się do murów wznoszonych na spoinach cienkich. | Charakterystyczna nośność na rozciąganie 0,95 kN |
| K1 | Element służący do połączeń murów z konstrukcją żelbetową lub z istniejącym murem, a także do połączeń murów wykonanych z elementów o różnym module wysokości. Nadaje się do murów wznoszonych na spoinach zwykłych i cienkich. | Charakterystyczna nośność na rozciąganie 0,81 kN<br><br>Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,4 kN |
| K2  | Element służący do połączeń murów z konstrukcją żelbetową lub z istniejącym murem, a także do połączeń murów wykonanych z elementów o różnym module wysokości. Nadaje się do murów wznoszonych na spoinach zwykłych i cienkich. Cechuje się większą nośnością niż K1. | Charakterystyczna nośność na rozciąganie 1,0 kN<br><br>Charakterystyczna nośność na ścinanie 1,63 kN |

| | | | |
|---|---|---|---|
| D1 | | Odpowiednik łącznika K1 stosowany w miejscach, gdzie konieczne jest zachowanie dylatacji między łączonymi elementami. Umożliwia częściową kompensację odkształceń. | Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,5 kN |
| D2 | | Odpowiednik łącznika K2 stosowany w miejscach, gdzie konieczne jest zachowanie dylatacji między łączonymi elementami. Umożliwia częściową kompensację odkształceń. | Charakterystyczna nośność na ścinanie 1,98 kN |
| D3 | | Element stosowany do połączeń górnej krawędzi dwóch ścian wypełniających nad dylatacją. | Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,8 kN |
| DS | | Element służący do połączeń ścian wypełniających ze stropem z zachowaniem dylatacji. Umożliwia częściową kompensację odkształceń. | Charakterystyczna nośność na ścinanie 1,0 kN |
| DS2 | | Element służący do połączeń ścian wypełniających ze stropem z zachowaniem dylatacji. Umożliwia częściową kompensację odkształceń. | Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,45 kN |
| KL200 | | Kotwa do przesuwnego zamocowania żelbetowego rdzenia w stropie górnym. | Charakterystyczna nośność na ścinanie zależna od wielkości szczeliny między wierzchem ściany (rdzenia), a spodem stropu/belki. |

# 3. ZASADY PROJEKTOWANIA ŚCIAN WYPEŁNIAJĄCYCH

Projektowanie ścian wypełniających polega na:
- ustaleniu obciążeń działających na ścianę,
- przyjęciu geometrii ściany,
- przyjęciu sposobu podparcia ściany,
- wykonaniu obliczeń statyczno-wytrzymałościowych,
- sprawdzeniu nośności łączników.

Poniżej opisano każdy z etapów projektowania ściany wypełniającej. Uwaga: w punkcie 4 zamieszczono zasady uproszczonego projektowania ścian wewnętrznych w budynkach mieszkalnych (kategoria A według PN-EN 1991-1-1 [N4]), biurowych (kategoria B [N4]) i w pomieszczeniach ze stołami (kategoria C1 [N4]).

## 3.1. OBCIĄŻENIA DZIAŁAJĄCE NA ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCE

Ściany wypełniające muszą przenieść [1, 4, 7]:
- ciężar własny,
- ciężar wypraw tynkarskich i urządzeń zawieszonych na ścianie,
- poziome obciążenie wiatrem (ściany zewnętrzne),
- poziome obciążenie użytkowe równomiernie rozłożone liniowo,
- oddziaływania termiczne,
- poziome obciążenia wyjątkowe,
- obciążenia reologiczne,
- wpływy od ewentualnego ugięcia stropu.

Ciężar własny i ciężar tynku wykonanego z obu stron ścian wypełniających jest obciążeniem ściskającym, działającym pionowo w osi ściany. Masa wszelkich elementów podwieszanych do ściany (meble, urządzenia) obciąża ścianę mimośrodowo, co powoduje ich zginanie z płaszczyzny. Obciążenie wiatrem i obciążenie użytkowe działa poziomo i również powoduje zginanie ściany z płaszczyzny. Ugięcie stropu powoduje zginanie ściany w płaszczyźnie. Obciążenie użytkowe ścian wypełniających ustala się zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1:2004 [N4] w zależności od kategorii użytkowania pomieszczeń, w jakich projektuje się ściany wypełniające. Norma ta zaleca, aby w ścianach działowych i ograniczających uwzględniać poziome charakterystyczne obciążenie liniowe $q_k$, przyłożone na wysokości nie większej niż 1,2 m. Obciążenie użytkowe zalecane przez normę [N4] zestawiono w tablicy 7.

Ściany zewnętrzne należy obciążać parciem lub ssaniem wiatru zgodnie z PN-EN 1991-1-4 [N5]. Przy obciążeniu liniowym użytkowym według tablicy 7 ssanie będzie dawało najbardziej niekorzystną kombinację oddziaływań, natomiast w wypadku obciążania ściany od wewnątrz budynku znacznym obciążeniem na mimośrodzie (urządzenia i elementy zawieszone na ścianie) niekorzystne będzie parcie wiatru. W ścianach osłonowych należy również rozważyć konieczność analizowania obciążeń termicznych. Obciążenia takie należy przyjmować zgodnie z normą PN-EN 1991-1-5 [N6]. Ściany wypełniające wznosi się na innych konstrukcjach (najczęściej żelbetowych stropach lub belkach). Na etapie projektowania obiektu zaleca się obliczeniowe sprawdzenie wpływu ugięcia (np. przez wywołanie przemieszczenia lub zadanie momentów zginających w numerycznym modelu ściany) i w razie potrzeby zaprojektowanie odpowiedniego zabezpieczenia (zmniejszenie ugięć stropu, przez jego pogrubienie, wykonanie żeber pod ścianą lub dozbrojenie ściany). Dodatkowo projektant powinien przewidzieć możliwość podwieszenia do ścian urządzeń AGD i innych elementów (np. szafek kuchennych) oraz rozważyć konieczność uwzględnienia wpływów reologicznych. Kombinację odwoływań należy wykonać zgodnie z PN-EN 1990 [N3]. Na etapie ustalania obciążeń projektant powinien zatem dodatkowo rozważyć zasadność:
- przyjmowania dodatkowego obciążenia użytkowego od urządzeń i instalacji, które będą na ścianie zawieszane,
- przyjmowania obciążenia skurczem ściany,
- uwzględniania ewentualnego wpływu od ugięcia stropu.

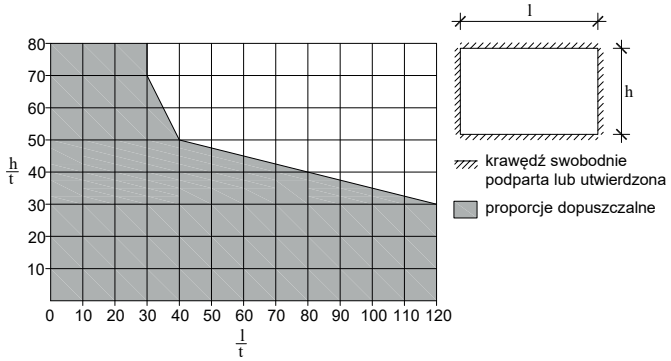
## 3.2. PRZYJĘCIE GEOMETRII ŚCIANY

Geometria ściany zależy od warunków i zaleceń zamieszczonych w normach z pakietu Eurokod 6. W pierwszej kolejności należy przyjąć wysokość ściany wypełniającej, gdyż jest ona determinowana wysokością kondygnacji. Wysokość ściany wypełniającej powinna być o 20÷30 mm niższa niż wysokość kondygnacji w świetle. Pozostawiona pod stropem szczelina ma umożliwić swobodne jego ugięcie. Długość ściany wypełniającej zależy od warunków konstrukcyjnych zamieszczonych w normie PN-EN 1996-2 [N10]. W normie tej podano odległość między dylatacjami pionowymi w zewnętrznych ścianach nienośnych, która w wypadku ściany z elementów

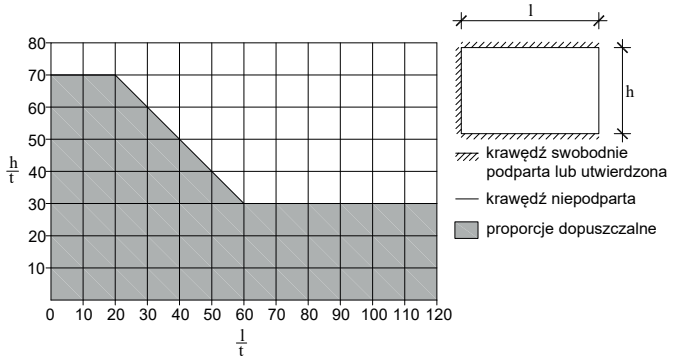
*Tablica 7. Wartości obciążenia liniowego na wysokości do 1,2 m w ścianach działowych i ograniczających według PN-EN 1991-1 [N4]*

| Kategoria użytkowania | Charakterystyczne obciążenie liniowe $q_k$ [kN/m] |
|---|---|
| A (powierzchnie mieszkalne) | 0,2 ÷ 1,0 (0,5) |
| B (powierzchnie biurowe) i C1 (powierzchnie ze stołami) | 0,2 ÷ 1,0 (0,5) |
| C2 (powierzchnie z zamocowanymi siedzeniami), C4 (powierzchnie, na których jest możliwa aktywność fizyczna) i D (powierzchnie handlowe) | 0,8 ÷ 1,0 |
| C5 (powierzchnie ogólnie dostępne dla tłumu) | 3,0 ÷ 5,0 |
| E (powierzchnie składowania i działalności przemysłowej) | 0,8 ÷ 2,0 |

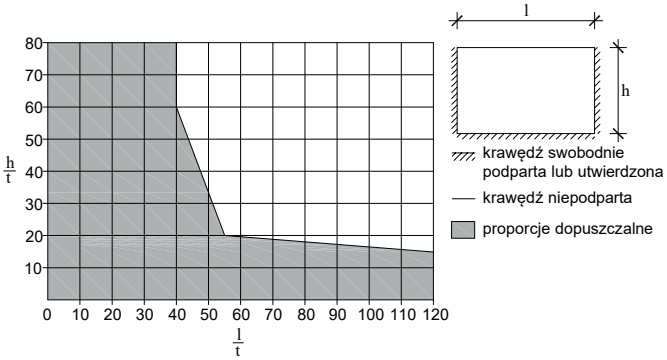
silikatowych wynosi 8,0 m, a w wypadku ścian z elementów z betonu komórkowego 6,0 m. Norma nie precyzuje granicznej długości ścian wewnętrznych, lecz zaleca się tu przyjmować również odpowiednio 8,0 m i 6,0 m. Jeśli ściana wypełniająca ma długość większą, należy ją podzielić na odcinki krótsze. Po ustaleniu wysokości h i długości l ścian należy określić ich grubość t. W załączniku F normy PN-EN 1996-1-1 [N8] zamieszczono wykresy zawierające ograniczenia wymiarów ścian (rys. 2÷4). W zależności od przyjętej wysokości i długości ściany, z uwagi na zachowanie stanu granicznego użytkowalności, ograniczeniom podlega jej grubość. Należy wstępnie przyjąć grubość ściany t i sprawdzić, czy punkt na wykresie odpowiadający stosunkom wysokości ściany w świetle podpór do jej grubości h/t oraz długości ściany do grubości l/t znajduje się w odpowiednim obszarze (szara część wykresu). W wypadku, kiedy ściana podparta jest tylko wzdłuż krawędzi poziomych, norma [N7] zaleca, aby jej wysokość została ograniczona do 30t.




*Rysunek 2. Ograniczenie wymiarów ścian obciążonych prostopadle do ich powierzchni podpartych wzdłuż czterech krawędzi wg [N8]*




*Rysunek 3. Dopuszczalne wymiary ścian obciążonych prostopadle do ich powierzchni podpartych wzdłuż trzech krawędzi, przy niepodpartej jednej krawędzi pionowej wg [N8]*




*Rysunek 4. Ograniczenie stosunków wymiarów ścian obciążonych prostopadle do ich powierzchni podpartych wzdłuż trzech krawędzi, przy niepodpartej jednej krawędzi poziomej wg [N8]*

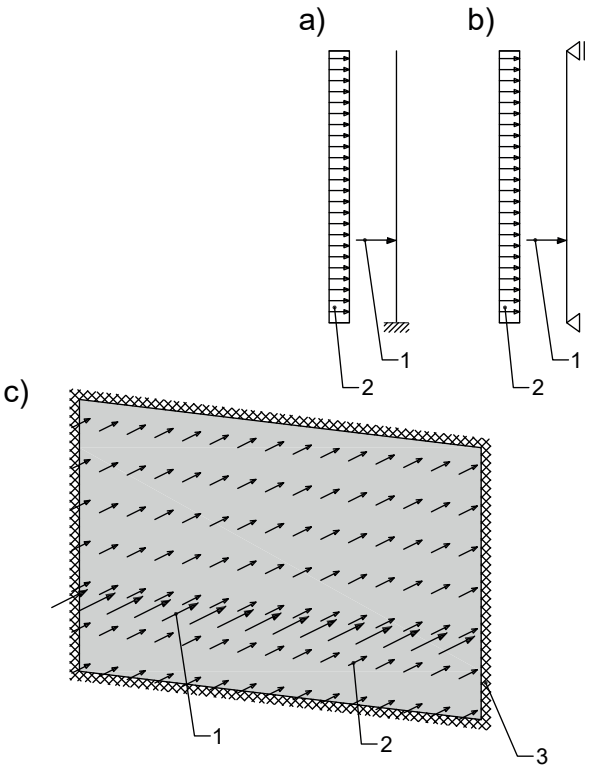
## 3.3. SCHEMAT STATYCZNY I PODPARCIE ŚCIANY

Po ustaleniu geometrii ściany należy przyjąć sposób jej podparcia, a co za tym idzie schemat statyczny. Ściany mogą być:

- oparte tylko na dolnej krawędzi (wspornikowe),
- oparte na dwóch krawędziach (dolnej i górnej lub dolnej i bocznej),
- oparte na trzech krawędziach (górna krawędź swobodna lub boczna krawędź swobodna),
- oparte na czterech krawędziach.

W zależności od sposobu połączenia krawędzi ściany z konstrukcją budynku połączenie można traktować jako pełne zamocowanie lub punktowe połączenie przegubowe. Oparcie ściany na stropie, z uwagi na zastosowanie jastrychów uważa się za pełne zamocowanie. Nie ma technicznych możliwości uzyskania zamocowania na górnej krawędzi ściany. Mocowanie metalowymi łącznikami typu DS (zob. tablica 6) uważa się za przegubowe połączenie punktowe. Krawędź boczna ściany wypełniającej może być połączona przegubowo (z inną murowaną ścianą łącznikami typu P30, ZIGZAG lub z konstrukcją żelbetową lub murową łącznikami typu K1, K2, D1, D2). Uzyskanie na krawędzi bocznej zamocowania wymaga wykonania żelbetowego rdzenia, który powinien być sztywno połączony ze stropem dolnym (np. przez wypuszczenie lub wklejenie zbrojenia startowego) i przesuwnie połączony ze stropem górnym (przez zastosowanie specjalnej kotwy umożliwiającej ugięcie stropu – kotwa KL200 – tabl. 6). Szczegóły połączeń ścian wypełniających zamieszczono w punkcie 6 i w pracy [5].

Ściany wspornikowe należy obliczać w schemacie belki wspornikowej (rys. 5a). Ściany oparte tylko na górnej i dolnej krawędzi oraz ściany o długości ponad dwa razy większej niż ich wysokość można obliczać w schemacie belki swobodnie podpartej (rys. 5b). Nie uwzględnia się wówczas korzystnie działającego obciążenia od ciężaru własnego ściany i elementów na niej zawieszonych, ale wyniki obliczeń znajdują się po stronie bezpiecznej. Schematem statycznym ściany podpartej na 3 lub 4 krawędziach jest płyta (rys. 5c) obciążona w płaszczyźnie ciężarem własnym muru i wykończenia, a z płaszczyzny obciążeniem użytkowym i wiatrem (zewnętrzne ściany osłonowe).




*Rysunek 5. Schematy statyczne ścian wypełniających:*
*a) ściana wspornikowa,*
*b) ściana oparta na dolnej i górnej krawędzi,*
*c) ściana oparta na trzech lub czterech krawędziach,*
*1 – obciążenie użytkowe,*
*2 – obciążenie wiatrem (tylko w wewnętrznych ścianach osłonowych),*
*3 – podparcie płyty (krawędź swobodna, utwierdzona lub punktowe zamocowanie przegubowe).*

## 3.4. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

Zgodnie z normą PN-EN 1996-1-1 [N8], w ścianach zginanych z płaszczyzny w stanie granicznym nośności, moment zginający przyłożony do ściany murowanej $M_{Ed}$ nie może być większy od obliczeniowej nośności ściany na zginanie $M_{Rd}$.
Prawdziwa musi być zatem nierówność:

$$M_{Ed} \le M_{Rd} \qquad (1)$$

W obliczeniach momentu zginającego należy uwzględniać ortotropowe właściwości muru poprzez uwzględnienie współczynnika ortogonalności **μ**.
Obliczeniową nośność na zginanie $M_{Rd}$ ściany obciążonej prostopadle do jej powierzchni, na jednostkę długości lub wysokości ściany, należy wyznaczać ze wzoru:

$$M_{Rd} = f_{xd}\, Z \qquad (2)$$

gdzie:
**$f_{xd}$** jest obliczeniową wytrzymałością muru na zginanie, natomiast **Z** jest sprężystym wskaźnikiem zginania przekroju obliczanej ściany.

Wytrzymałość $f_{xd}$, w zależności od płaszczyzny oddziaływania momentu zginającego, może być obliczeniową wytrzymałością na zginanie, gdy do zniszczenia dochodzi w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych $f_{xd1}$ lub wytrzymałością określaną przy założeniu płaszczyzny zniszczenia prostopadłej do spoin wspornych muru $f_{xd2}$. Kiedy uwzględnia się pozytywny wpływ naprężenia ściskającego, normalnego do płaszczyzny spoin wspornych, wówczas zamiast wartości $f_{xd1}$ można w obliczeniach nośności na zginanie przyjąć obliczeniową, zastępczą wytrzymałość na zginanie $f_{xd1,app}$. W tej sytuacji należy jednak pamiętać o odpowiedniej modyfikacji współczynnika ortogonalności μ przy wyznaczaniu wartości momentów zginających obciążających ścianę.
Szczegóły dotyczące określania wytrzymałości muru na rozciąganie i zginanie można znaleźć w pracy [1].

Określenie sił wewnętrznych (momentów zginających i reakcji podporowych) od obciążeń w schematach belkowych (rys. 5 a i b) nie nastręcza problemów. Problem taki występuje natomiast w schematach płytowych, gdzie z uwagi na formę obciążenia użytkowego nie można skorzystać z tablic zamieszczonych w załączniku E normy PN-EN 1996-1-1 [N8]. Norma ta zezwala jednak dla ścian o nieregularnych kształtach lub z projektowanymi znacznymi otworami wykorzystywać znane sposoby określania momentów zginających w płytach wieloprzęsłowych, na przykład metodą elementów skończonych (MES) lub metodą linii załomów. W analizach tych należy uwzględnić anizotropię muru, np. przez zastosowanie współczynnika ortogonalności μ. W wypadku ścian wypełniających lub osłonowych oprogramowanie bazujące na MES musi mieć możliwość przyłożenia obciążeń w dwóch kierunkach. Obciążenie od ciężaru własnego oraz obciążenia od wpływów termiczno-reologicznych działają w płaszczyźnie ściany, natomiast obciążenia od wiatru i obciążenia użytkowe działają w kierunku prostopadłym do płaszczyzny ściany. Model obliczeniowy jest prosty, gdyż analizuje się zazwyczaj ściany prostokątne, ewentualnie ściany z otworami. Zaleca się zagęszczenie siatki MES w okolicy podparć oraz w rejonie otworów, jeżeli takie występują w ścianie. Przy tworzeniu modelu ściany należy zwrócić uwagę, aby podpory znajdowały się w miejscach projektowanych łączników. Podpory te zaleca się w modelu przyjmować jako podatne. Po zamodelowaniu ściany, przyjęciu schematów obciążeń przeprowadza się obliczenia, stosując standardowe kombinacje oddziaływań. Po uzyskaniu wartości sił wewnętrznych należy wykazać, że obliczeniowy moment w murowej ścianie nie jest większy od nośności obliczeniowej na zginanie ściany, $M_{Rd}$ według wzoru (1). W wypadku przekroczenia nośności konieczne będzie zmniejszenie wymiarów ściany lub zwiększenie jej grubości.

## 3.5. NOŚNOŚĆ ŁĄCZNIKÓW

Należy sprawdzić, czy wielkość reakcji podporowych nie jest większa od obliczeniowej nośności łączników, deklarowanej przez ich producenta. Gdy nośność jest przekroczona, należy zwiększyć liczbę łączników, zastosować inny typ łącznika lub zagęścić rozstaw łączników (co wymaga zagęszczenia podpór w modelu i ponownego przeliczenia).

# 4. UPROSZCZONE PROJEKTOWANIE

Poniżej umieszczono tablice z wyliczonymi minimalnymi szerokościami ścian wypełniających. Tablice dotyczą ścian, w których:

- zastosowano elementy murowe H+H Silikaty o długości 250 mm i wysokości 220 m, elementy murowane H+H Beton komórkowy o długości 625 mm i wysokości 250 mm oraz projektowaną zaprawę cienkowarstwową,
- wytrzymałość na zginanie murów z elementów H+H Silikaty przyjęto na podstawie badań prowadzonych na Politechnice Śląskiej [7], w których dla muru szerokości 18 cm wykonanego na zaprawie cienkowarstwowej klasy M5 uzyskano: $f_{xk1}$ = 0,37 N/mm$^2$ i $f_{xk2}$ = 0,44 N/mm$^2$,
- wytrzymałość na zginanie murów z H+H Betonu komórkowego przyjęto na podstawie normy PN-EN 1996-1-1 [N8]. Założono wykonanie muru na zaprawie zwykłej o wytrzymałości $f_m \geq 5$ N/mm$^2$, lub zaprawie cienkowarstwowej, przy znormalizowanej wytrzymałości elementu murowego $f_b$ = 5 N/mm$^2$ i niewypełnionych spoinach pionowych. Przy takich założeniach uzyskuje się: $f_{xk1}$ = 0,175 N/mm$^2$ i $f_{xk2}$ = 0,125 N/mm$^2$,
- ściany zostaną wzniesione zgodnie z klasą A wykonania robót,
- obciążenie użytkowe na wysokości 1,2 m wynosi 0,5 kN/m (ściany w pomieszczeniach o kategorii użytkowania A, B i C1),
- nie występuje obciążenie wiatrem (tablice dotyczą ścian wewnętrznych), ani inne obciążenia powodujące dodatkowe zginanie ściany z płaszczyzny,
- metalowe łączniki typu K2 (połącznia pionowe) i DS (połączenia poziome) zastosowano w co drugiej spoinie wspornej wzdłuż krawędzi bocznych (przy tego typu podparciu) oraz w co drugiej spoinie czołowej wzdłuż krawędzi poziomej,
- zamocowanie w pionowych rdzeniach przez strzępia (głębokość strzępi powinna być równa minimalnemu przewiązaniu elementów murowych, czyli dla H+H Silikaty 88 mm a dla H+H Beton komórkowy 100 mm) lub zbrojenie spoin wspornych (pręty średnicy 6 mm, beton rdzenia klasy min. C20/25, pręty zakotwione w rdzeniu i w murze na długość 40 cm),
- ugięcie stopu oddziaływujące na ścianę jest nie większe niż 10 mm,
- nie przewiduje się funkcji oddzielania pożarowego,
- siły wewnętrzne w ścianach obliczano w programie AxisVM X5, przyjmując model ortotropowy ($E_x = \mu E_y$).

## 4.1. ŚCIANY Z ELEMENTÓW H+H SILIKATY

*Tablica 8. Szerokości (grubości) ścian zamocowanych na górnej i dolnej krawędzi oraz wspornikowych, długość ścian do 8,0 m*

| Schemat statyczny | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [-] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| Ściana wspornikowa* | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Ściana zamocowana na górnej i na dolnej krawędzi | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |

** w obliczeniach nie uwzględniono korzystnego wpływu ciężaru własnego.*

*Tablica 9. Szerokości (grubości) ścian podpartych na czterech krawędziach, krawędzie pionowe jako zamocowane (w żelbetowym rdzeniu)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 4,0 | 0,08 | 0,08 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 5,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 6,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 7,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 8,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |

*Tablica 10. Szerokości (grubości) ścian podpartych na czterech krawędziach, jedna krawędź pionowa zamocowana (w żelbetowym rdzeniu), a jedna podparta przegubowo (metalowe łączniki)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 4,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 5,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 6,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 7,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 8,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |

*Tablica 11. Szerokości (grubości) ścian podpartych na czterech krawędziach, obie krawędzie pionowe podparte przegubowo (metalowe łączniki)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,08 | 0,08 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 4,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 5,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 6,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 7,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 8,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |

*Tablica 12. Szerokości (grubości) ścian podpartych na trzech krawędziach w schematach:*
*- górna krawędź pozioma swobodna, a krawędzie pionowe zamocowane (w żelbetowym rdzeniu),*
*- górna krawędź pozioma swobodna, a krawędzie pionowe podparte przegubowo (metalowe łączniki),*
*- jedna krawędź pionowa swobodna, a druga zamocowana (w żelbetowym rdzeniu),*
*- jedna krawędź pionowa swobodna, a druga podparta przegubowo (metalowe łączniki)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 4,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 5,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 6,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 7,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 8,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |

## 4.2. ŚCIANY Z H+H BETONU KOMÓRKOWEGO

*Tablica 13. Szerokości (grubości) ścian zamocowanych na górnej i dolnej krawędzi oraz wspornikowych, długość ścian do 6,0 m*

| Schemat statyczny | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [-] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| Ściana wspornikowa* | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Ściana zamocowana na górnej i na dolnej krawędzi | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |

** w obliczeniach nie uwzględniono korzystnego wpływu ciężaru własnego.*

*Tablica 14. Szerokości (grubości) ścian podpartych na czterech krawędziach, krawędzie pionowe jako zamocowane (w żelbetowym rdzeniu)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 4,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 5,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 6,0 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 7,2* | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |

** przy zastosowaniu zbrojenia typu kratowniczka (np. Murfor)*

*Tablica 15. Szerokości (grubości) ścian podpartych na czterech krawędziach, jedna krawędź pionowa zamocowana (w żelbetowym rdzeniu), a jedna podparta przegubowo (metalowe łączniki)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 4,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 5,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 6,0 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 7,2* | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |

** przy zastosowaniu zbrojenia typu kratowniczka (np. Murfor)*

*Tablica 16. Szerokości (grubości) ścian podpartych na czterech krawędziach, obie krawędzie pionowe podparte przegubowo (metalowe łączniki)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 4,0 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 5,0 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 6,0 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 7,2* | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |

** przy zastosowaniu zbrojenia typu kratowniczka (np. Murfor)*

*Tablica 17. Szerokości (grubości) ścian podpartych na trzech krawędziach, górna krawędź pozioma swobodna, a krawędzie pionowe zamocowane (w żelbetowym rdzeniu)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 4,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 5,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 6,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 7,2* | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |

** przy zastosowaniu zbrojenia typu kratowniczka (np. Murfor)*

*Tablica 18. Szerokości (grubości) ścian podpartych na trzech krawędziach, górna krawędź pozioma swobodna, a krawędzie pionowe podparte przegubowo (metalowe łączniki)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 4,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 5,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 6,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 |
| 7,2* | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,18 |

** przy zastosowaniu zbrojenia typu kratowniczka (np. Murfor)*

*Tablica 19. Szerokości (grubości) ścian podpartych na trzech krawędziach, jedna krawędź pionowa swobodna, a druga podparta przegubowo (metalowe łączniki)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 4,0 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 5,0 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 6,0 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 7,2* | 0,18 | 0,18 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |

** przy zastosowaniu zbrojenia typu kratowniczka (np. Murfor)*

*Tablica 20. Szerokości (grubości) ścian podpartych na trzech krawędziach, jedna krawędź pionowa swobodna, a druga zamocowana (w żelbetowym rdzeniu)*

| Długość ściany | Szerokości $t_u$ (grubości) ścian przy wysokości ściany h [m] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h = 2,5 | h = 2,75 | h = 3,0 | h = 3,25 | h = 3,5 | h = 3,75 | h = 4,0 | h = 4,25 | h = 4,5 | h = 4,75 |
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 3,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| 4,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| 5,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| 6,0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| 7,2* | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |

** przy zastosowaniu zbrojenia typu kratowniczka (np. Murfor)*

# 5. ZBROJENIE ŚCIAN WYPEŁNIAJĄCYCH

Norma PN-EN 845-3 [N14] dopuszcza do stosowania w spoinach wspornych muru zbrojenie w postaci siatek zgrzewanych, siatek plecionych i siatek cięto-ciągnionych. Nie jest dozwolone stosowanie niepowiązanych poprzecznie prętów zbrojeniowych. Można stosować zbrojenie dedykowane do murów, które zazwyczaj ma postać kratowniczki. Należy przy tym pamiętać, że zbrojenie powinno spełniać wymagania odpowiedniej otuliny zgodnie z rozdziałem 8.2.2 PN-EN 1996-1-1 [N8]. W wypadku murów wznoszonych na zaprawach cienkowarstwowych zaleca się stosować zbrojenie dedykowane do spoin wspornych.

Zbrojenie ścian wypełniających może wynikać z potrzeby:

- wykonania ścian dłuższych niż zalecane w normie PN-EN 1996-2 [N10] odległości miedzy dylatacjami, czyli 8,0 m dla murów z elementów silikatowych i 6,0 m dla murów z elementów z betonu komórkowego. Norma PN-EN 1996-2 [N10] pozwala zwiększyć odległości między dylatacjami po warunkiem zastosowania zbrojenia do spoin wspornych. Zakres zwiększenia norma pozostawia w gestii producenta zbrojenia. Producenci zazwyczaj zezwalają na zwiększanie długości o 20%, czyli do wartości 9,6 m dla muru z elementów silikatowych oraz 7,2 m dla muru z betonu komórkowego. W takim przypadku nie prowadzi się żadnych obliczeń, a zbrojenie jest przyjmowane konstrukcyjnie w każdej spoinie wspornej. Należy przy tym pamiętać o zapewnieniu właściwego połączenia na zakład, zgodnie z PN-EN 1996-1-1 [N8].
- zapewnienia nośności na zginanie z płaszczyzny. Zazwyczaj najbardziej niekorzystny układ obciążeń wywołujących takie zginanie to poziome obciążenie użytkowe (zobacz pkt 3.1.) i ssanie wiatru w przypadku ścian osłonowych. Przyjęcie zbrojenia wymaga w tym wypadku przeprowadzania indywidulanych obliczeń. Zbrojenie układa się w spoinach wspornych więc pozwala ono na zwiększenie nośności ściany przy zniszczeniu w kierunku prostopadłym do spoin wspornych.
- zapewnienia nośności na zginanie w płaszczyźnie, wywołane ugięciem stropu. Przyjęcie zbrojenia wymaga w tym wypadku przeprowadzania indywidualnych obliczeń. Należy podkreślić, że w wypadku zaprojektowania stropów zgodnie z PN-EN 1992-1-1 [N7] z warunku na dopuszczalne ugięcie równe 1/500 rozpiętości z reguły nie ma konieczności dozbrajania z uwagi na ugięcie stropu. Aby zabezpieczyć ścianę przed nadmiernym ugięciem stropu stosuje się zbrojenie w dolnych spoinach wspornych.

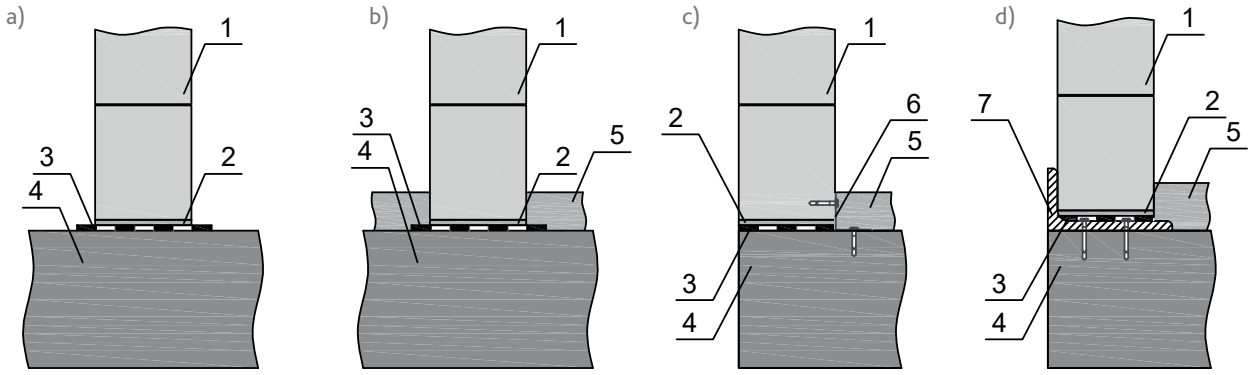
W celu zilustrowania sposobów obliczania zbrojenia zamieszczono przykłady obliczeniowe w Rozdziale 7.

# 6. SZCZEGÓŁY ROZWIĄZAŃ POŁĄCZEŃ

## 6.1. POŁĄCZENIE DOLNEJ KRAWĘDZI ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCEJ ZE STROPEM

Dolna pozioma krawędź ściany opiera się na stropie żelbetowym lub konstrukcji ramy, na której została wymurowana. Ścianę wypełniającą najczęściej wznosi się na warstwie poślizgowej wykonanej z dwóch warstw folii PVC lub papy. Taka przekładka oddziela konstrukcję wypełnianą od ściany i pozwala na zmniejszenie naprężeń stycznych przekazywanych na ścianę wypełniającą wynikających z odkształceń stropów (ugięcia konstrukcji (stropów), wpływy reologiczne i termiczne). Pierwszą warstwę ściany wypełniającej muruje się na warstwie zaprawy o grubości 10 mm, pozwalającej na zniwelowanie nierówności powierzchni, na której ściana jest wznoszona (rys. 6a). W związku ze stosowaniem warstwy poślizgowej dolną krawędź ściany można traktować jako przegubowo podpartą w kierunku pionowym (z możliwością przesuwu w poziomie), chyba że na konstrukcji, na której ściana jest ustawiona zostaną wykonane sztywne warstwy posadzki. Warstwy te po stwardnieniu będą obejmowały dolną część ściany i umożliwią przekazanie poziomych sił poprzecznych, a poprzez zablokowanie możliwości obrotu ściany mogą również pozwolić na utwierdzenie wzdłuż dolnej krawędzi. Taka sytuacja wystąpić może w wypadku wewnętrznych ścian wypełniających, kiedy warstwy posadzki obejmują ścianę z dwóch stron (rys. 6b). Ponieważ posadzki wykonuje się najczęściej po pewnym czasie po wzniesieniu ścian, wystąpi już pewna część odkształceń reologicznych konstrukcji wypełnianej. Po wykonaniu posadzek ściany będą miały w dalszym ciągu możliwość odkształceń w swej płaszczyźnie [5].

W przypadku ścian wypełniających zabudowanych na elewacji (ścian osłonowych) występuje problem z odpowiednim jej połączeniem z konstrukcją wzdłuż krawędzi dolnej. Ściany osłonowe, z uwagi na duże odkształcenia termiczne, powinny mieć zapewnioną możliwość przesuwu, a więc wykonywać je należy na warstwie poślizgowej. Nie można jednak dopuścić, aby występowały przemieszczenia ściany z płaszczyzny konstrukcji wypełnianej wywołane parciem lub ssaniem wiatru. Zapewnienie właściwego podparcia ścian osłonowych wymaga zatem wykonania dodatkowych zabiegów konstrukcyjnych, na przykład zakotwienia dolnej krawędzi ściany w warstwach posadzki łącznikami (rys. 6c) lub murowania ściany na profilach stalowych (listwach prowadzących) (rys. 6d). Rozwiązanie pokazane na rys. 6c może być także stosowane w przypadku ścian wewnętrznych, kiedy warstwy posadzki nie zapewniają właściwego poziomego oparcia (posadzki drewniane lub posadzki techniczne). Widok połączenia ściany wypełniającej ze stropem dolnym pokazano na fotografii 3 i 4.

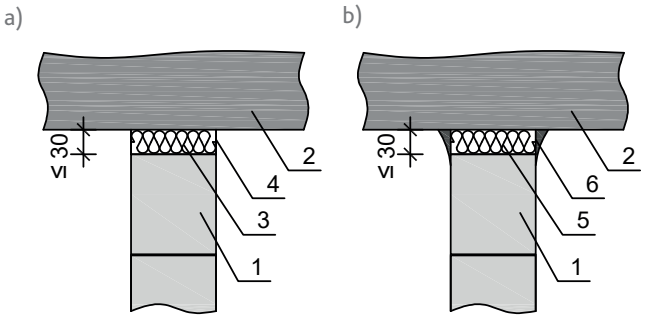



*Rysunek 6. Połączenie ściany wypełniającej wzdłuż krawędzi dolnej z konstrukcją:*
*a) podparcie na warstwie poślizgowej (możliwość obrotu i przesuwu w kierunku poziomym),*
*b) podparcie na warstwie poślizgowej z zablokowaniem obrotu i przesuwu poprzecznego przez ułożenie sztywnych posadzek (zamocowanie),*
*c) i d) podparcie ściany osłonowej bez możliwości przesuwu,*
*1 – ściana wypełniająca, 2 – pierwsza warstwa zaprawy, 3 – warstwa poślizgowa, 4 – konstrukcja (np. strop), 5 – jastrych, 6 – metalowy łącznik, 7 – stalowy kątownik.*

*Fotografia 3 i 4. Połączenie ściany wypełniającej wzdłuż krawędzi dolnej z konstrukcją.*

## 6.2. POŁĄCZENIE MIĘDZY GÓRNĄ KRAWĘDZIĄ ŚCIANY A STROPEM

Górna krawędź ściany wypełniającej powinna być oddylatowana od zabudowanego nad nią stropu, aby zabezpieczyć ścianę przed oddziaływaniem uginającego się stropu oraz dać jej możliwość swobodnych odkształceń od wpływów termicznych [3, 4]. Dylatację tę uzyskuje się przez pozostawienie między ścianą a stropem wolnej przestrzeni o grubości do 30 mm. Gdy nie projektuje się podparcia ściany wypełniającej wzdłuż górnej krawędzi, przestrzeń tę wypełnia się wełną mineralną lub pianką trwale elastyczną (rys. 7a). Jeżeli ściana pełni funkcję oddzielania ogniowego, to zgodnie z PN-EN 1996-1-2 [N9] należy w dylatacji zastosować wełnę mineralną klasy A1 wg PN-EN 13501-1 [N2], a w płaszczyźnie ściany dodatkowo zastosować uszczelnienie połączenia materiałem odpornym na działanie ognia (rys. 7b).



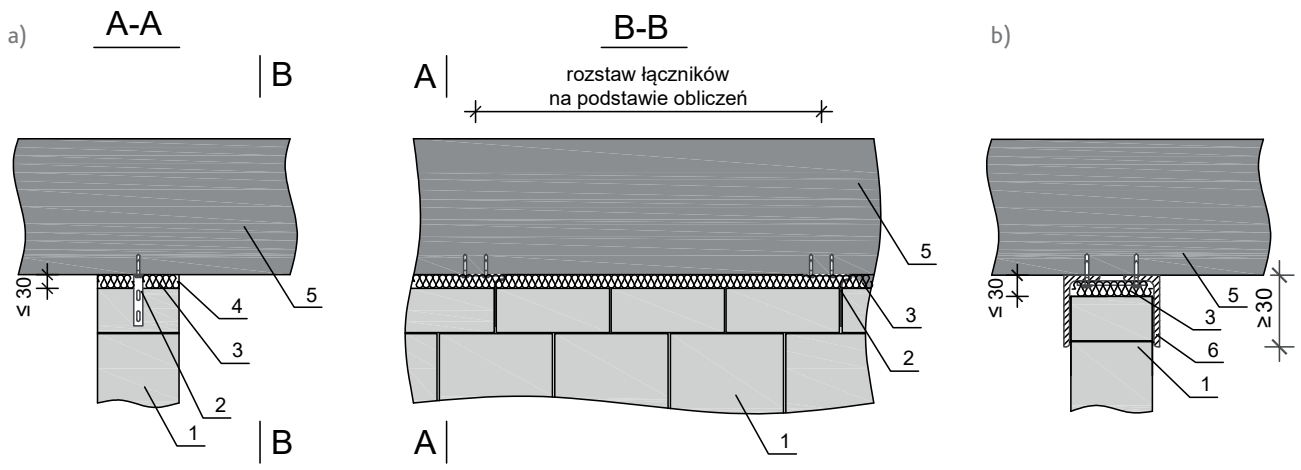

*Rysunek 7. Rozwiązanie dylatacji między stropem a ścianą wypełniającą:*
*a) ściana nie pełniąca funkcji oddzielenia pożarowego,*
*b) ściana pełniąca funkcję oddzielenia pożarowego,*
*1 – murowana ściana wypełniająca, 2 – żelbetowy strop, 3 – warstwa izolacyjna z wełny mineralnej lub trwale odkształcalna pianka poliuretanowa, 4 – masa trwale plastyczna, 5 – warstwa izolacyjna z wełny mineralnej klasy A1, 6 – uszczelnienie połączenia materiałem odpornym na działanie ognia.*

Jeżeli projektuje się podparcie ściany wypełniającej wzdłuż górnej krawędzi, to może być ono zrealizowane poprzez odpowiednią liczbę metalowych łączników (rys. 8a), które zdolne będą do przekazania poziomego obciążenia ściany na konstrukcję budynku. Nie należy łączyć górnej krawędzi ściany z konstrukcją za pomocą montażowej pianki poliuretanowej i tym podobnych materiałów mało ściśliwych. Takie zasklepienie pozostałej szczeliny może doprowadzić do kontaktu wypełnianej konstrukcji z murem i przekazania znacznych sił na ścianę, która może zostać uszkodzona. Metalowe łączniki stosowane w połączeniu górnej krawędzi ściany i stropu powinny mieć możliwość kompensacji przemieszczeń. Sztywne łączniki można stosować jedynie w wypadku absolutnej pewności braku ugięć konstrukcji budynku.

Również w wypadku, gdy stosuje się przegubowe połączenie górnej krawędzi ściany ze szkieletem, pozostawioną szczelinę między łącznikami należy uzupełniać wełną mineralną i uszczelnić masą trwale elastyczną. Elementy łączące górną krawędź ściany wypełniającej z konstrukcją powinno się instalować w wypełnionych zaprawą pionowych spoinach czołowych i mocować mechanicznie do konstrukcji wypełnianej. Jeżeli ścianę wykonuje się na zamki (z niewypełnionymi spoinami czołowymi), to w przypadku stosowania łączników mocujących górną krawędź ściany do stropu, należy wypełniać zaprawą trzy ostatnie poziomy spoin czołowych.

Liczba oraz rozstaw łączników powinny wynikać z odpowiednich obliczeń statycznych. Przykład połączenia górnej krawędzi ściany z konstrukcją pokazano na fotografii 5.

W wypadku ścian pełniących funkcję oddzielania pożarowego norma PN-EN 1996-1-2 [N9] dopuszcza również zastosowanie stalowych kątowników (rys. 8b).

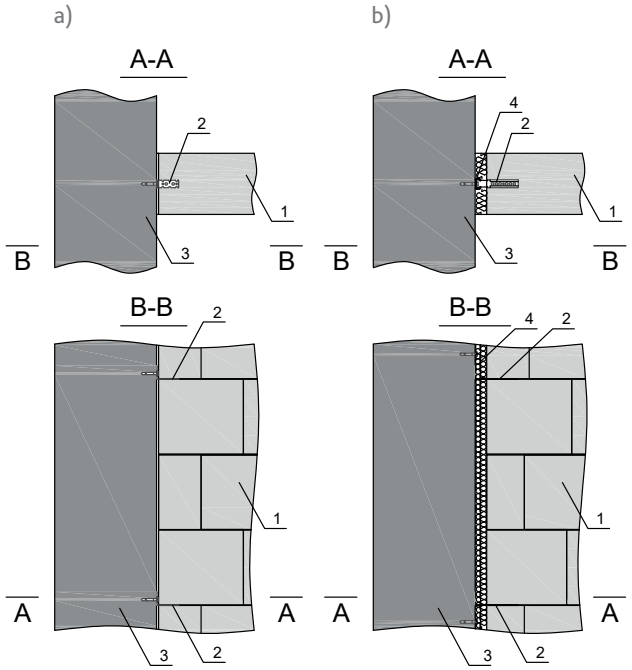



*Rysunek 8. Przykłady prawidłowych połączeń ściany wypełniającej ze stropem :*
*a) przy pomocy stalowych kotew,*
*b) przy pomocy stalowych kątowników,*
*1 – ściana wypełniająca, 2 – łączniki, 3 – wełna mineralna, 4 – masa trwale plastyczna, 5 – strop żelbetowy, 6 – stalowy kątownik.*

## 6.3. POŁĄCZENIE PIONOWYCH KRAWĘDZI ŚCIAN

Połączenie pionowych krawędzi ściany z konstrukcją wypełnianą wykonuje się podobnie jak połączenie krawędzi górnej za pomocą łączników, które tym razem umieszcza się w spoinach wspornych muru i mocuje mechanicznie do konstrukcji obiektu (rys. 9a). Zamiast pojedynczych łączników możliwe jest zastosowanie specjalnych listew (rys. 9b), dzięki czemu ogranicza się liczbę mocowań w konstrukcji żelbetowej i umożliwia dokładne osadzenie łącznika w spoinie wspornej. Liczba i rozstaw łączników powinny oczywiście wynikać ze stosownych obliczeń statycznych. Konstrukcyjnie przyjmuje się, że wzdłuż pionowej krawędzi ściany należy wykonać co najmniej 5 łączników [5].

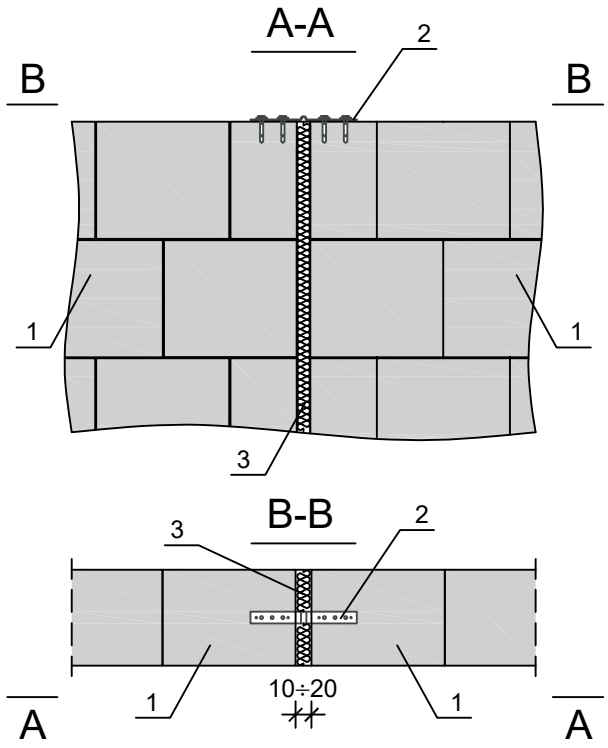
*Fotografia 5 i 6. Połączenie ściany wypełniającej wzdłuż krawędzi górnej z konstrukcją.*



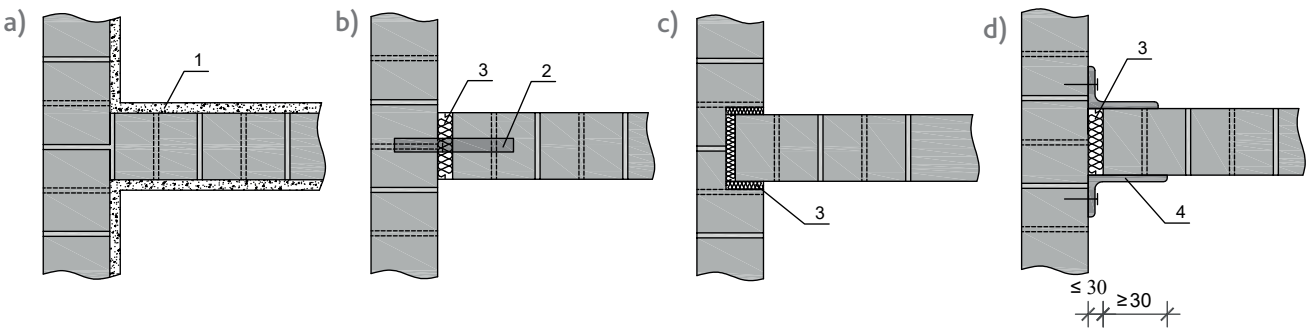

*Rysunek 9. Połączenie krawędzi pionowej ściany wypełniającej z konstrukcją budynku :*
*a) za pomocą łączników,*
*b) za pomocą łączników mocowanych w listwach,*
*1 – murowana ściana wypełniająca, 2 – łącznik, 3 – konstrukcja wypełniana, 4 – listwa łącznik.*

Norma PN-EN 1996-1-2 [N9] dopuszcza wykonanie połączenia pionowych krawędzi ściany oddzielania pożarowego z inną ścianą prostopadłą na styk (za pomocą tynku – rys. 10a), na jaskółczy ogon (rys. 10c), przy pomocy stalowych kątowników (rys. 10d) lub za pomocą metalowych łączników (rys. 10b). Połączenie na styk nie zapewnia podparcia ściany w płaszczyźnie pionowej. W wypadku pionowego połączenia nienośnej ściany pełniącej funkcję oddzielania pożarowego ze ścianą nośną norma [N9] zaleca stosowanie metalowych łączników.

W wypadku długich ścian wypełniających niezbędne może być podzielenie ich na krótsze odcinki. Krawędzie pionowe takich ścian można zaprojektować jako krawędzie swobodne (dylatacje) lub jako utwierdzone w pionowych rdzeniach. Pionową szczelinę krawędzi swobodnych można wypełnić podobnie jak w wypadku szczeliny powstałej między krawędzią górną ściany i konstrukcją wypełnianą lub zastosować rozprężne taśmy dylatacyjne. Zaleca się, aby sąsiednie odcinki ścian łączyć konstrukcyjnie górą za pomocą odpowiedniego łącznika pozwalającego na niewielkie wzajemne przemieszczenia konstrukcji murowanej (rys. 11).

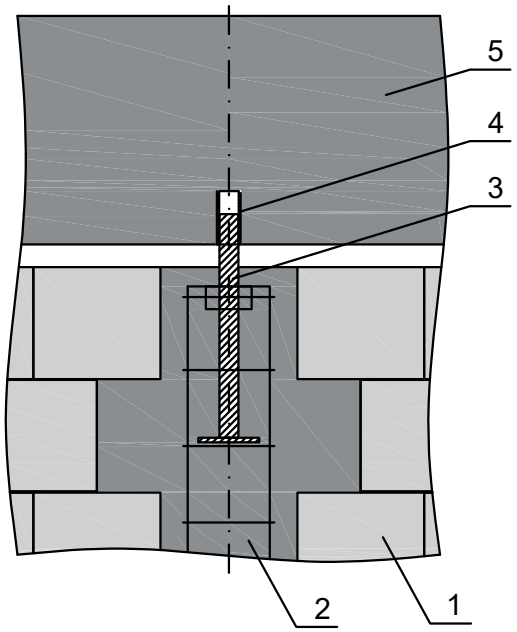



*Rysunek 11. Konstrukcja swobodnych krawędzi ścian wypełniających : 1 – ściana murowana, 2 – łącznik, 3 – taśma dylatacyjna.*




*Rysunek 10. Przykłady prawidłowych połączeń nienośnych ścian oddzielenia pożarowego z inną ścianą w płaszczyźnie pionowej według załącznika E normy [N9] :*
*a) za pomocą tynku,*
*b) za pomocą metalowych łączników,*
*c) na jaskółczy ogon,*
*d) przy pomocy stalowych łączników,*
*1 – tynk, 2 – kotwa z płaskownika stalowego, 3 – warstwa izolacyjna z wełny mineralnej klasy A, 4 – stalowy kątownik.*

Gdy projektuje się podparcie pionowych krawędzi części ściany wypełniającej, wówczas należy przewidzieć wykonanie rdzeni żelbetowych. Rdzenie muszą być połączone z konstrukcją wypełnianą, u dołu zbrojenie rdzeni można wkleić do istniejącej konstrukcji lub na etapie wykonywania konstrukcji wypuścić z niej odpowiednie zbrojenie startowe. Połączenie rdzenia u góry z istniejącą konstrukcją stanowi nieco większy problem. Należy bowiem zapewnić swobodę ugięcia konstrukcji wypełnianej, a jednocześnie uniemożliwić poziomy przesuw. Najczęściej w takim połączeniu stosuje się kotwy i tuleje (KL200), które umożliwiają przegubowe połączenie rdzenia ze stropem z zachowaniem możliwości pionowego przemieszczenia istniejącej konstrukcji (rys. 12, fot. 7). Połączenie muru z rdzeniem można wykonać przez strzępia (jak na rys. 12) lub przez kotwy (jak na fot. 7). Gdy w murze stosuje się zbrojenie w spoinach wspornych, połączenie między rdzeniem a murem można uzyskać przez wypuszczenie tego zbrojenia do wnętrza rdzenia.




*Rysunek 12. Połączenie żelbetowego rdzenia ze stropem:*
*1 – murowana ściana wypełniająca, 2 – żelbetowy rdzeń, 3 – kotwa, 4 – tuleja przymocowana do stropu zaprawą montażową, 5 - strop.*

*Fotografia 7. Widok łącznika KL200 przed zabetonowaniem rdzenia.*

# 7. PRZYKŁADY OBLICZENIOWE

## 7.1. PRZYKŁAD NR 1

Analizuje się ścianę z H+H Betonu komórkowego o wymiarach L = 6,0 m, H = 4,0 m i szerokości 0,24 m. Ściana stanowi wypełnienie żelbetowego szkieletu i jest z nim połączona przez metalowe łączniki wzdłuż krawędzi górnej i krawędzi pionowych. Rozstaw łączników typu K2 (połączenia pionowe) i DS (połączenia poziome) co dwa elementy murowe w poziomie i pionie. Ściana zbudowana jest na czwartej kondygnacji budynku biurowego, usytuowanego w I strefie wiatrowej zgodne z PN-EN 1991-1-4 [N5]. Przyjęto mur z bloczków H+H Gold+ 4,0-500 o wymiarach 240 x 625 x 250 mm oraz projektowaną zaprawę do cienkich spoin i klasę A wykonania muru. Siły wewnętrze obliczono jak dla muru izotropowego, a ortotropię muru uwzględniano przez współczynnik ortogonalności μ na etapie sprawdzania nośności.

**Zestawienie obciążeń działających na ścianę** (wykonano przy pomocy programu Specbud. Kalkulator Oddziaływań Normowych EN).

*Tabela 21. Ciężar okładzin*

| L.p. | Opis oddziaływania | Wartość charakterystyczna [kN/m²] |
|---|---|---|
| 1 | okładzina zewnętrzna | 0,20 |
| 2 | zaprawa gipsowa grub. 1 cm (15,000 kN/m³ · 0,01 m) | 0,15 |
| | Σ: | **0,35** |

Ciężar własny ściany uwzględniany będzie przez program obliczeniowy automatycznie.

**Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4 / Ściany pionowe budynków na rzucie prostokąta (p.7.2.2)**

**Elewacja boczna - pole B (analizowana ściana jest w strefie B):**

- budynek o wymiarach: d = 20,0 m, b = 10,0 m, h = 14,0 m,
- wymiar e = min(b,2·h) = 10,0 m,
- wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):
  - strefa obciążenia wiatrem 1; A = 100 m n.p.m., $v_{b,0}$ = 22 m/s,
- współczynnik kierunkowy: $c_{dir}$ = 1,0,
- współczynnik sezonowy: $c_{season}$ = 1,00,
- bazowa prędkość wiatru: $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$ = 22,00 m/s,
- wysokość odniesienia: $z_e = h - h_{dis}$ = 6,00 m,
- kategoria terenu IV → współczynnik chropowatości: $c_r(z_e) = 0{,}6 \cdot (10{,}0/10)^{0{,}24} = 0{,}60$ (wg Załącznika krajowego NA.6),
- współczynnik rzeźby terenu (orografii): $c_o(z_e)$ = 1,00,
- średnia prędkość wiatru: $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b$ = 13,20 m/s,
- intensywność turbulencji: $I_v(z_e)$ = 0,434,
- gęstość powietrza: ρ = 1,25 kg/m³,
- wartość szczytowa ciśnienia prędkości: $q_p(z_e) = [1+7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e)$ = 440,0 Pa = 0,440 kPa,
- współczynnik konstrukcyjny: $c_s c_d$ = 1,000,
- współczynnik ciśnienia zewnętrznego $c_{pe} = c_{pe,10}$ = -0,8,

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1{,}000 \cdot 0{,}440 \cdot (-0{,}8) =$ **-0,352 kN/m²**

Obciążenie użytkowe liniowe, na 1,2 m wysokości ściany, dla kategorii użytkowania C2 zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1:2004 [N4] wynosi 1,0 kN/m.

**Parametry materiałowe**

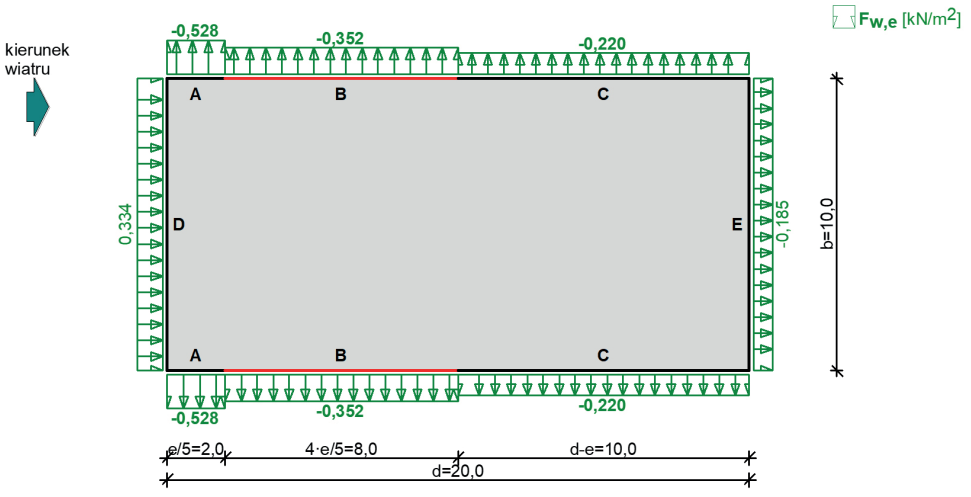
Znormalizowana wytrzymałość elementu murowego na ściskanie: $f_b$ = 4,0 N/mm²

Charakterystyczna wytrzymałość muru na ściskanie:

$f_k = 0{,}75 f_b^{0{,}85}$ = 2,44 N/mm²

Obliczeniowa wytrzymałość muru na ściskanie:

$f_d = f_k / 1{,}7$ = 1,43 N/mm²

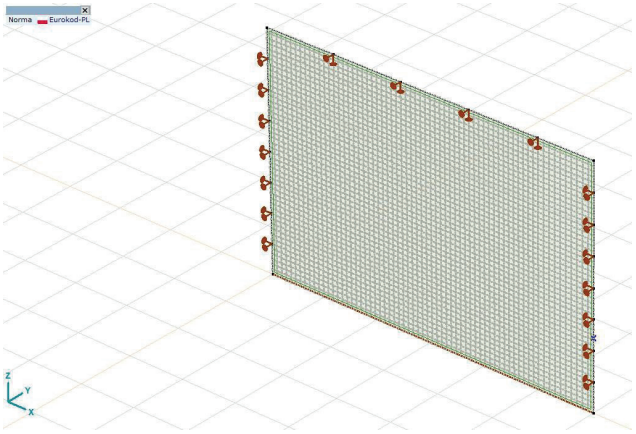



*Rysunek 13. Schemat ściany obciążonej wiatrem.*

Wytrzymałość charakterystyczna muru na zginanie w płaszczyźnie zniszczenia równoległej do spoin wspornych:
$f_{xk1} = 0{,}035 f_b = 0{,}14$ N/mm$^2$
Wytrzymałość charakterystyczna muru na zginanie w płaszczyźnie zniszczenia prostopadłej do spoin wspornych (spoiny pionowe niewypełnione):
$f_{xk2} = 0{,}025 f_b = 0{,}1$ N/mm$^2$
Wytrzymałość obliczeniowa muru na zginanie w płaszczyźnie zniszczenia równoległej do spoin wspornych:
$f_{xd1} = 0{,}082$ N/mm$^2$
Wytrzymałość obliczeniowa muru na zginanie w płaszczyźnie zniszczenia prostopadłej do spoin wspornych (spoiny pionowe niewypełnione):
$f_{xd2} = 0{,}059$ N/mm$^2$
Współczynnik ortogonalności: $\mu = f_{xd1}/f_{xd2} = 1{,}4$

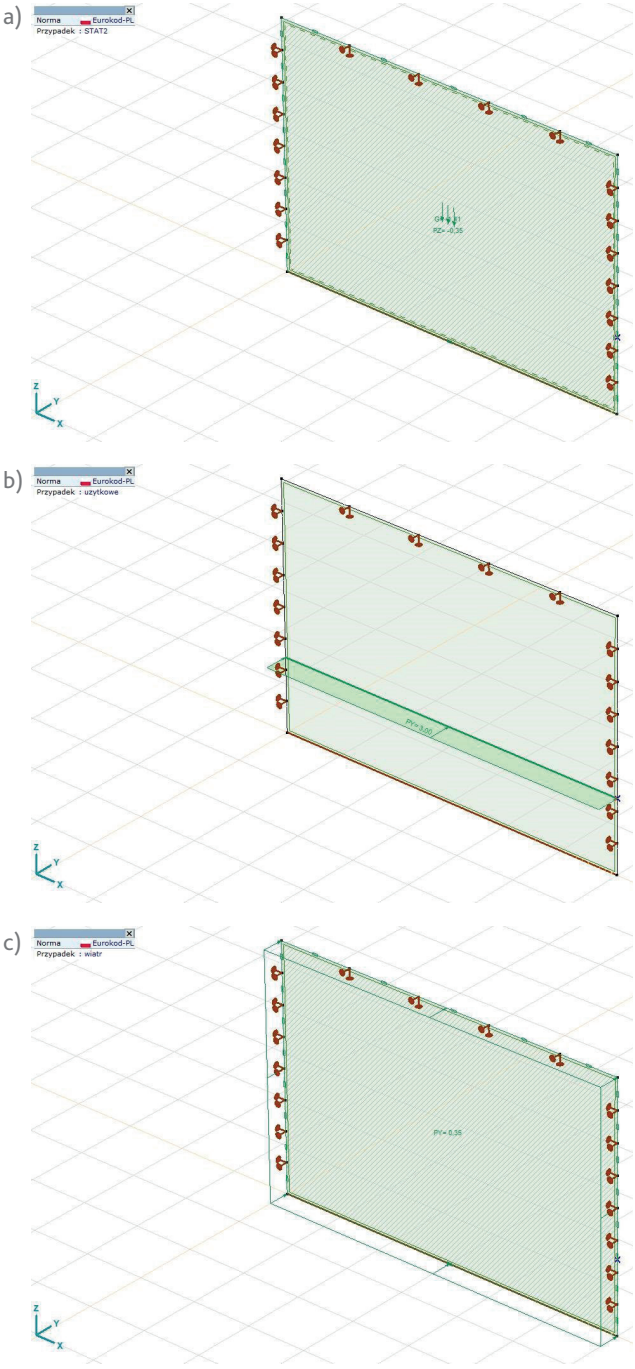
Charakterystyczna granica plastyczności stali płaskowników kratowniczki (Murfor EFS/Z) przeznaczonej do zbrojenia cienkich spoin wspornych muru (na podstawie badań wykonanych w Politechnice Śląskiej): $f_{yk} = 684{,}9/1{,}2 = 570{,}8$ N/mm$^2$
Obliczeniowa granica plastyczności stali płaskowników kratowniczki (Murfor EFS/Z) przeznaczonej do zbrojenia cienkich spoin wspornych muru (na podstawie badań wykonanych w Politechnice Śląskiej): $f_{yd} = 496{,}3$ N/mm$^2$

**Obliczenia sił wewnętrznych (wykonano przy pomocy programu AxisVM X5)**
Zbudowano model numeryczny ściany. Przyjęto elementy skończone o wymiarach 10x10 cm. Widok modelu pokazano na rys. 14.



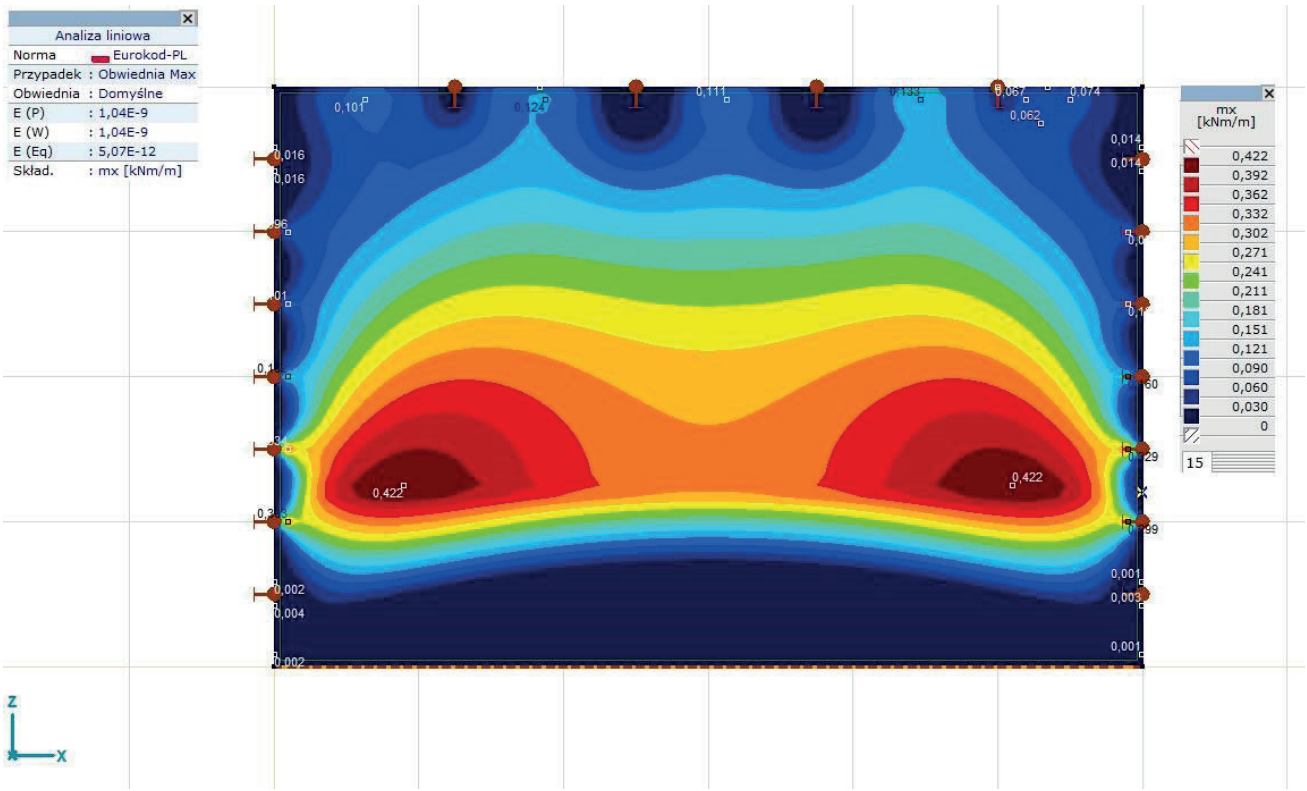
*Rysunek 14. Model numeryczny.*

Model obciążono ciężarem własnym i obciążeniem stałym z tablicy 21 (rys. 15a), obciążeniem użytkowym (rys. 15b) oraz obciążeniem wiatrem (rys. 15c). Uzyskane momenty zginające $M_x$ i $M_y$ pokazano na rys. 16.

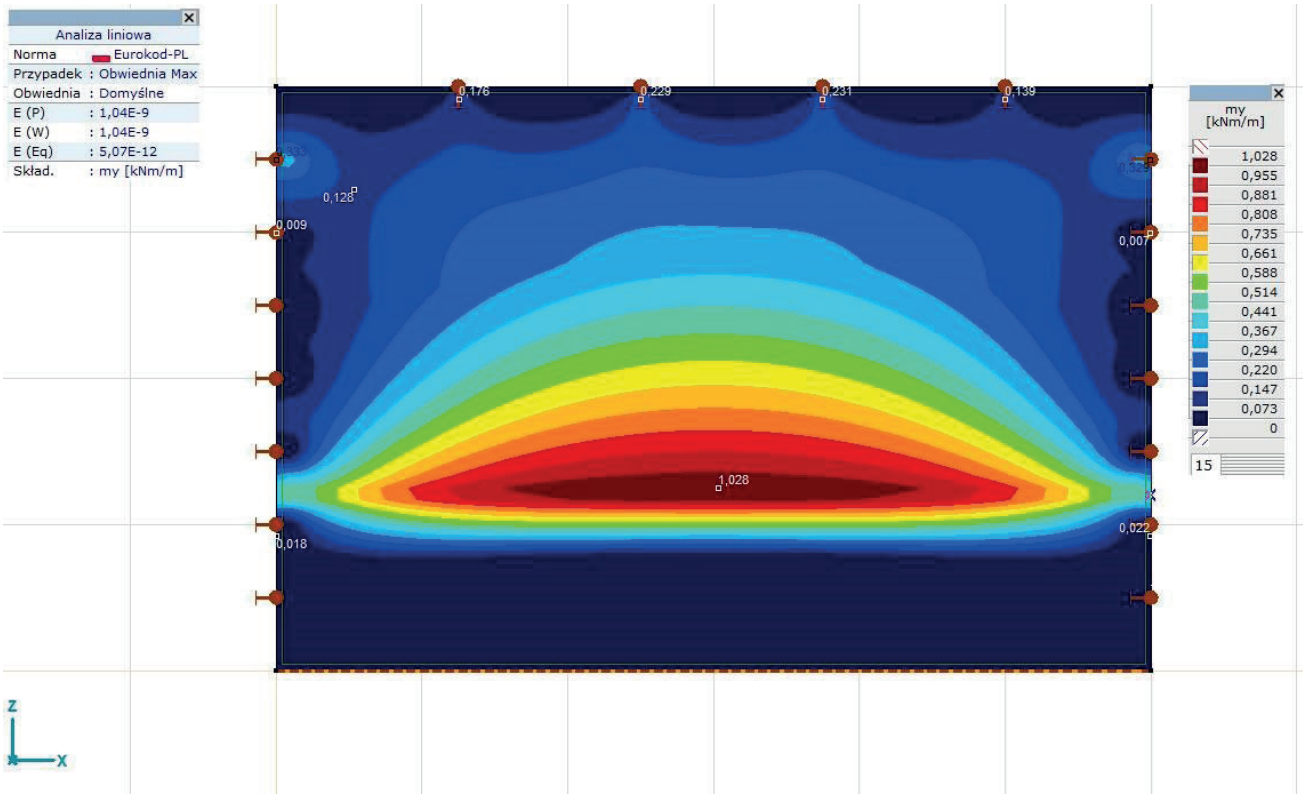



*Rysunek 15. Obciążenia modelu:*
*a) obciążenia stałe,*
*b) obciążenie użytkowe,*
*c) obciążenie wiatrem.*

a)




b)




*Rysunek 16. Momenty zginające:*
*a) $M_x$,*
*b) $M_y$.*

**Sprawdzenie nośności w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych**

Sprężysty wskaźnik przekroju na jednostkę wysokości lub długości ściany: $Z = 0{,}0096\ m^3/m$

$M_{Ed} = M_x = 0{,}422\ kNm/m < M_{Rd} = f_{xd2}Z = 0{,}56\ kNm/m$

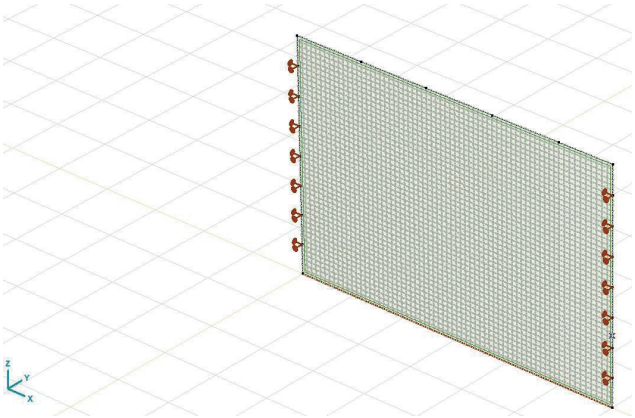
– warunek spełniony

**Sprawdzenie nośności w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych**

$M_{Ed} = \mu M_y = 1{,}4 \cdot 1{,}028 = 1{,}44\ kNm/m > M_{Rd} = f_{xd1}Z = 0{,}79\ kNm/m$

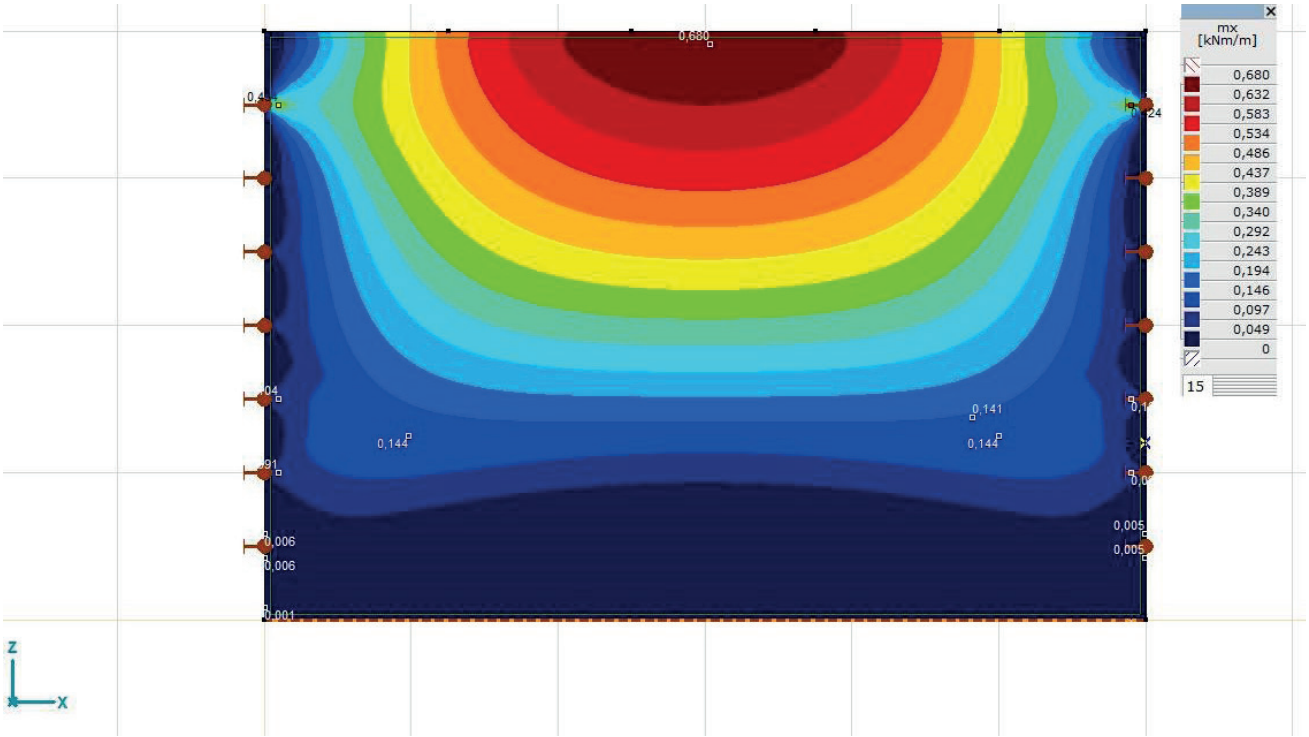
– warunek nie jest spełniony

Dozbrojenie z uwagi na niespełnienie warunku nośności przy zniszczeniu w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych wymagałoby zastosowania zbrojenia pionowego i specjalnych elementów murowych umożliwiających zastosowanie takiego zbrojenia [6]. Aby zredukować momenty $M_y$ i zwiększyć momenty $M_x$ zdecydowano się na zmianę schematu statycznego przez usunięcie łączników z górnej krawędzi ściany. Zmodyfikowany model numeryczny pokazano na rys. 17. Schematy obciążeń nie uległy zmianie. Uzyskane momenty zginające pokazano na rys. 18.

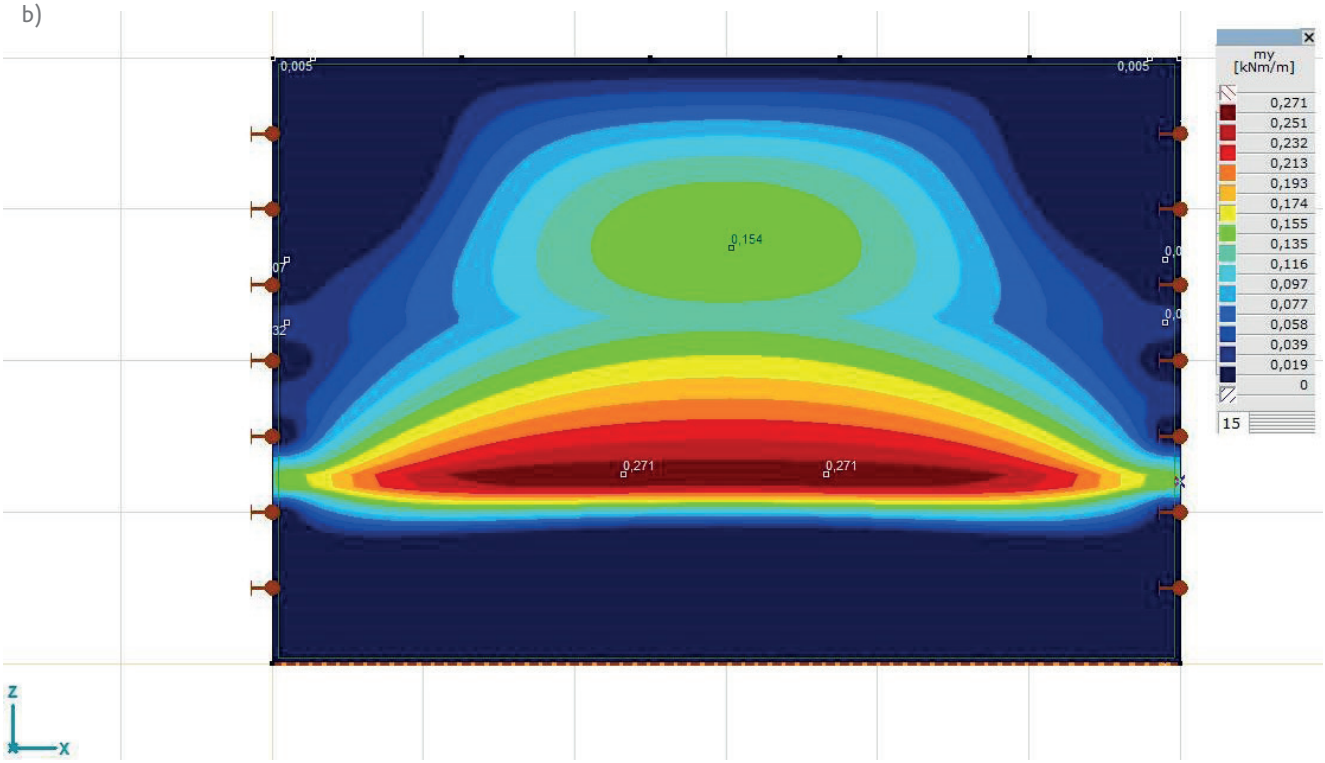


*Rysunek 17. Zmodyfikowany model numeryczny.*

a)



b)




*Rysunek 18. Momenty zginające:*
*a) $M_x$,*
*b) $M_y$.*

**Sprawdzenie nośności w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych**

$M_{Ed} = M_x = 0{,}660$ kNm/m > $M_{Rd} = f_{xd2}Z = 0{,}56$ kNm/m – warunek nie jest spełniony

**Sprawdzenie nośności w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych**

$M_{Ed} = \mu My = 1{,}4 \cdot 0{,}271 = 0{,}380$ kNm/m < $M_{Rd} = f_{xd1}Z = 0{,}79$ kNm/m – warunek spełniony

W związku z niespełnieniem warunku nośności przy zniszczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych projektuje się dozbrojenie spoin wspornych. Przyjęto zbrojenie w co drugiej spoinie wspornej.

Pole powierzchni zbrojenia na 1 mb ściany:

$A_s = 1/0{,}48 \cdot 0{,}008 \cdot 0{,}0015 = 0{,}000025$ m$^2$

Przyjęto największą kratownicę (Murfor EFS/Z) o szerokości 190 mm.

$d = 240-((240-190)/2) = 215$ mm $= 0{,}215$ m

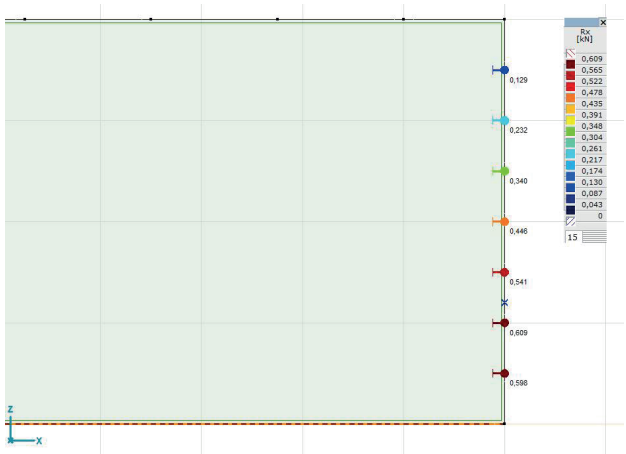
$$z = d\left(1\text{-}0{,}5\,\frac{A_s f_{yd}}{bdf_{yd}}\right) = 0{,}201 < 0{,}95d = 0{,}204$$

$M_{Rd} = A_s f_{yd} z = 2{,}48$ kNm/m > $M_{Ed} = M_x = 0{,}660$ kNm/m warunek jest spełniony

Zbrojenie należy zastosować co dwie spoiny wsporne w górnej części ściany, rozpoczynając od 10 spoiny wspornej.

**Sprawdzenie nośności kotew**

Wartości reakcji w kotwach pokazane na rys. 19. Maksymalna reakcja wynosi 0,366 kN i jest mniejsza od nośności kotwy K2 na rozciąganie (zob. tabl. 6), która wynosi $f_{td} = 1{,}0/1{,}15 = 0{,}87$ kN




*Rysunek 19. Wartości reakcji w kotwach*

**Dozbrojenie z uwagi na ugięcie stropu**

Obciążenie obliczeniowe ściany od ciężaru własnego:
$q = 1,35(500 \cdot 0,0098 \cdot 0,24 \cdot 4 + 0,35) = 6,82$ kN/m
Po ugięciu stropu ściana pozostanie oparta tylko na krańcach.
Można przyjąć, że moment zginający wyniesie:

$M_{Ed} = qL^2/8 = 30,7$ kNm

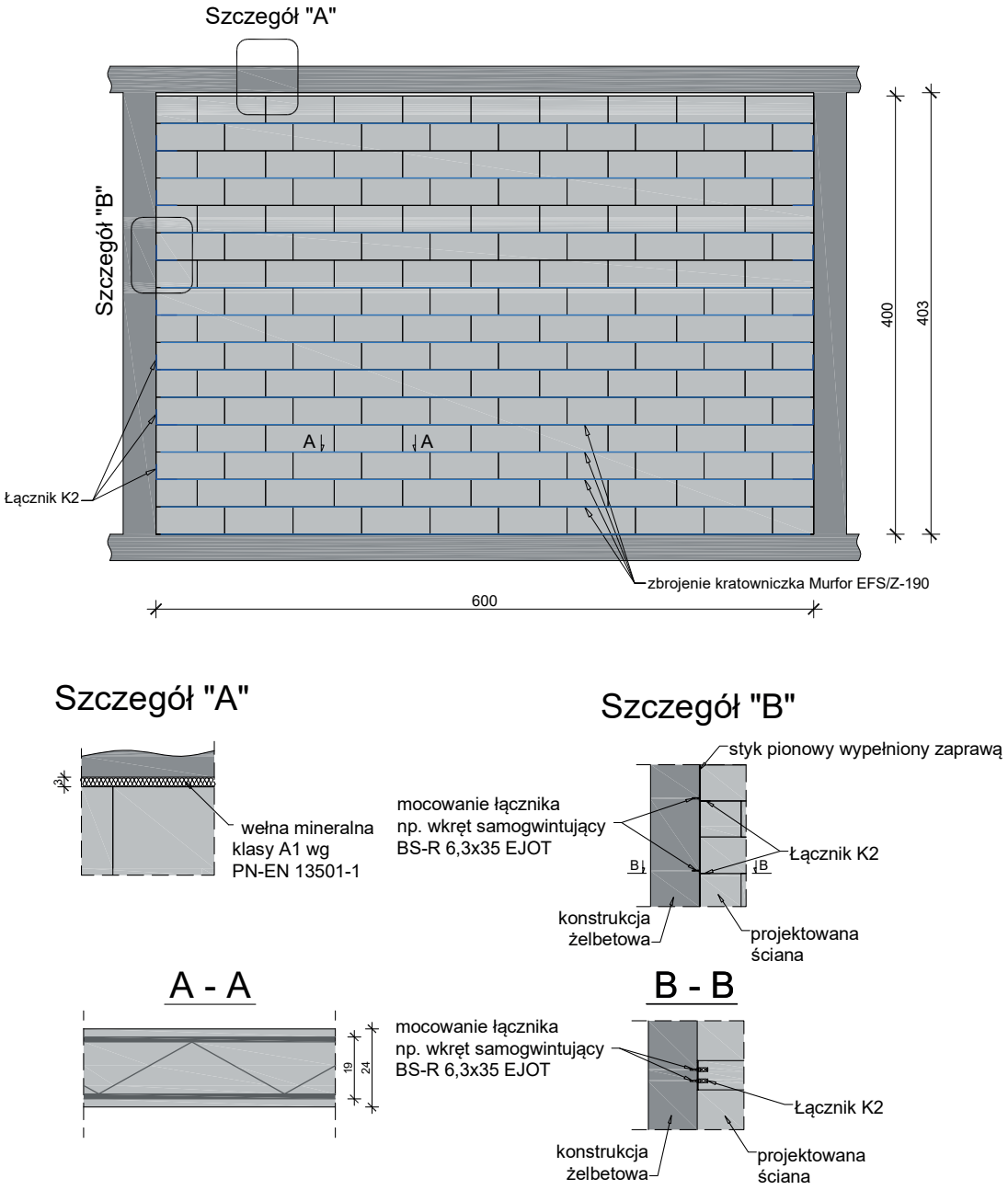
Przyjęto zbrojenie w dwóch dolnych spoinach wspornych ściany.
$d = 4,0 - 0,24/2 = 3,88$ m
Pole powierzchni zbrojenia: $A_s = 4 \cdot 0,008 \cdot 0,0015 = 0,000048$ m$^2$

$$z = d\left(1-0,5\frac{A_s f_{yd}}{bdf_{yd}}\right) = 3,852 > 0,95d = 3,69$$

przyjęto z = 3,69m

$M_{Rd} = A_s f_{yd} z = 87,8$ kNm/m > $M_{Ed} = 30,7$ kNm/m warunek jest spełniony
Zbrojenie należy zastosować w dwóch dolnych spoinach wspornych.

W punkcie 6.6.4(3) normy PN-EN 1996-1-1 [N8], podano: w celu ograniczenia zarysowania należy stosować zbrojenie w spoinach wspornych sytuowane powyżej zbrojenia głównego, na wysokości $0,5l_{ef}$ lub 0,5d, licząc od dolnej krawędzi belki; miarodajna jest wartość mniejsza. W związku z tym przyjmuje się zbrojenie w każdej spoinie wspornej do poziomu 0,5d = 1,94 m. Sposób zbrojenia ściany pokazano na rys. 20.




*Rysunek 20. Sposób zbrojenia ściany*

## 7.2. PRZYKŁAD NR 2

Ściana jak w przykładzie NR 1 ale wykonana z elementów silikatowych H+H Silikat A18 o wytrzymałości 20 N/mm$^2$ oraz wymiarach elementu 180 x 250 x 220 mm.

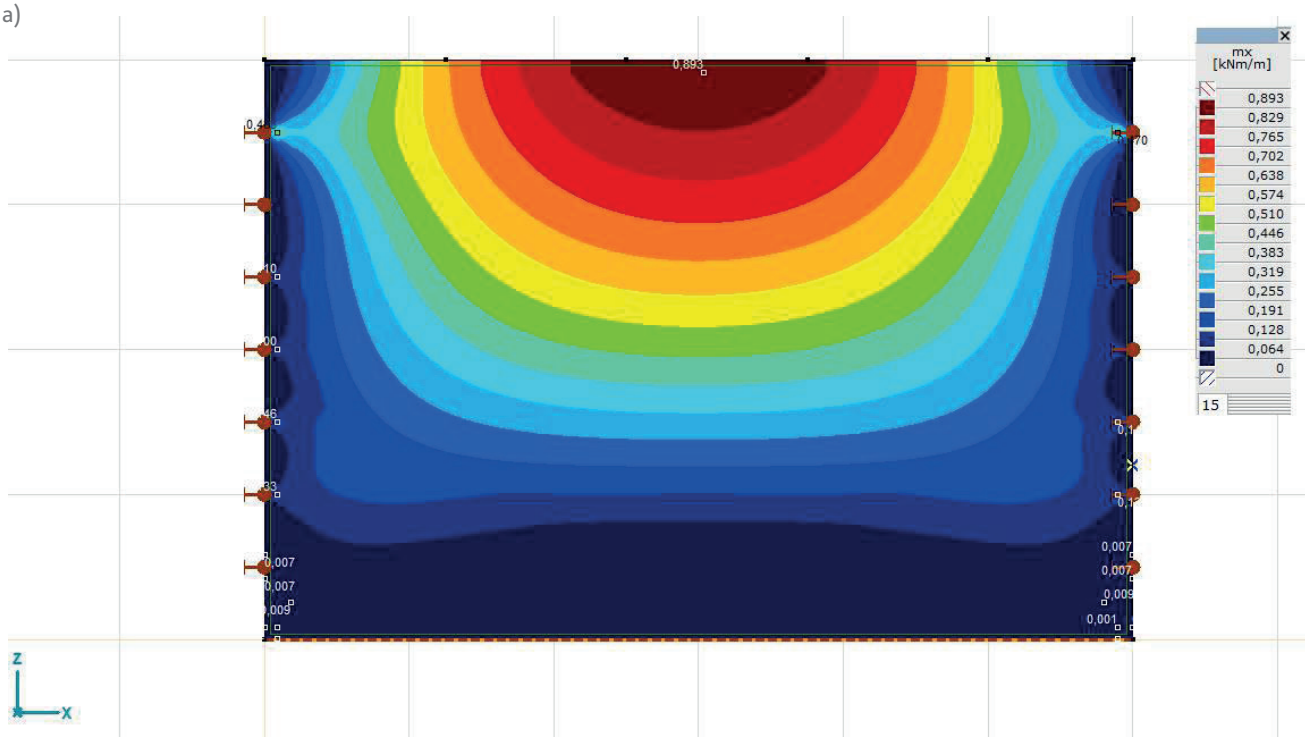
**Parametry materiałowe**
Znormalizowana wytrzymałość elementu murowego na ściskanie: $f_b$ = 20 N/mm$^2$
Charakterystyczna wytrzymałość muru na ściskanie:
$f_k = Kf_b^{0,85}$ = 7,66 N/mm$^2$
Obliczeniowa wytrzymałość muru na ściskanie:
$f_d = f_k/1,7$ = 4,5 N/mm$^2$

Wytrzymałość charakterystyczna muru na zginanie w płaszczyźnie zniszczenia równoległej do spoin wspornych:
$f_{xk1}$ = 0,15 N/mm$^2$
Wytrzymałość charakterystyczna muru na zginanie w płaszczyźnie zniszczenia prostopadłej do spoin wspornych:
$f_{xk2}$ = 0,3 N/mm$^2$
Wytrzymałość obliczeniowa muru na zginanie w płaszczyźnie zniszczenia równoległej do spoin wspornych:
$f_{xd1}$ = 0,088 N/mm$^2$
Wytrzymałość obliczeniowa muru na zginanie w płaszczyźnie zniszczenia prostopadłej do spoin wspornych:
$f_{xd2}$ = 0,176 N/mm$^2$
Współczynnik ortogonalności: $\mu = f_{xd1}/f_{xd2}$ = 0,5

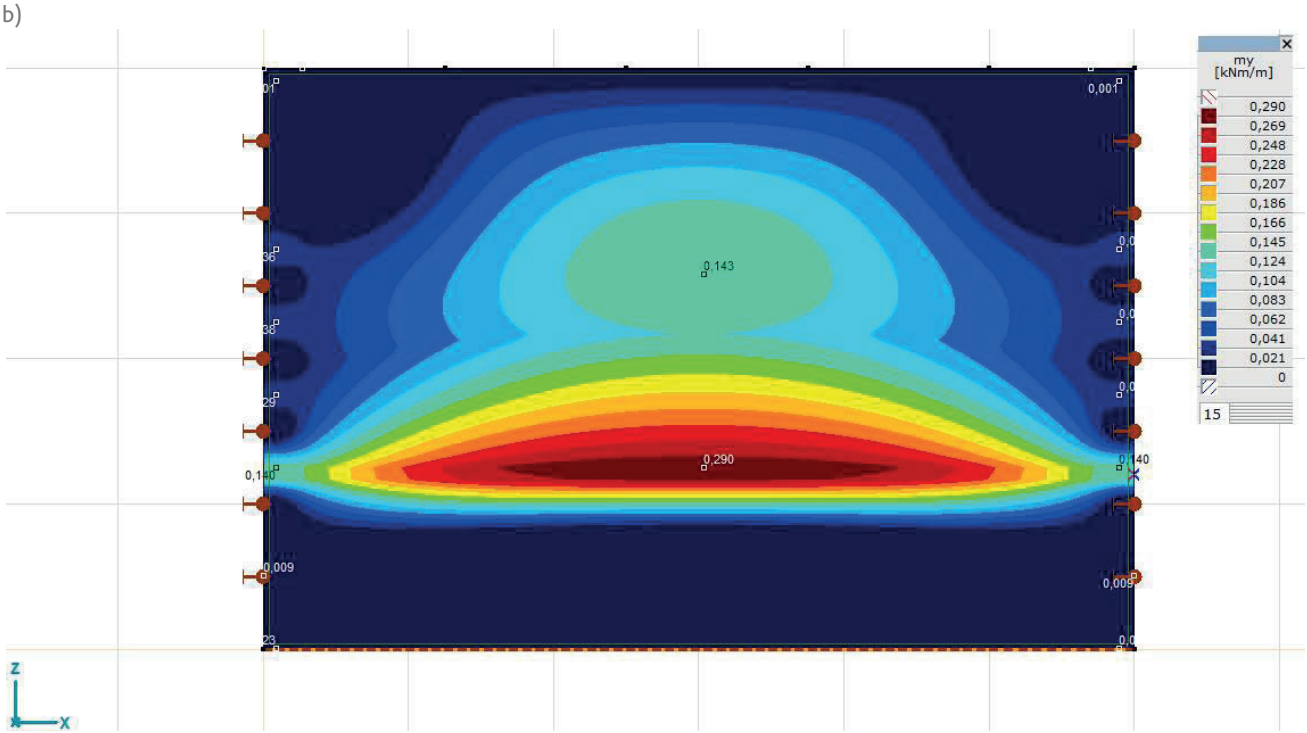
Charakterystyczna granica plastyczności stali płaskowników kratowniczki (Murfor EFS/Z) przeznaczonej do zbrojenia cienkich spoin wspornych muru (na podstawie badań wykonanych w Politechnice Śląskiej): $f_{yk}$ = 684,9/1,2 = 570,8 N/mm$^2$
Obliczeniowa granica plastyczności stali płaskowników kratowniczki (Murfor EFS/Z) przeznaczonej do zbrojenia cienkich spoin wspornych muru (na podstawie badań wykonanych w Politechnice Śląskiej): $f_{yd}$= 496,3 N/mm$^2$

**Obliczenia sił wewnętrznych** (wykonano przy pomocy programu AxisVM X5). Przyjęto model numeryczny i obciążenia jak w przykładzie NR 1. W modelu zmodyfikowano moduły sprężystości oraz ciężar muru. Wielkość uzyskanych momentów zginających w ścianie pokazano na rys. 21. Uwzględniono ortotropię muru przyjmując $E_x = \mu E_y$.
$E_y = 1000\ f_k$ = 7660 MPa
$E_y$ = 3830 MPa

a)



b)

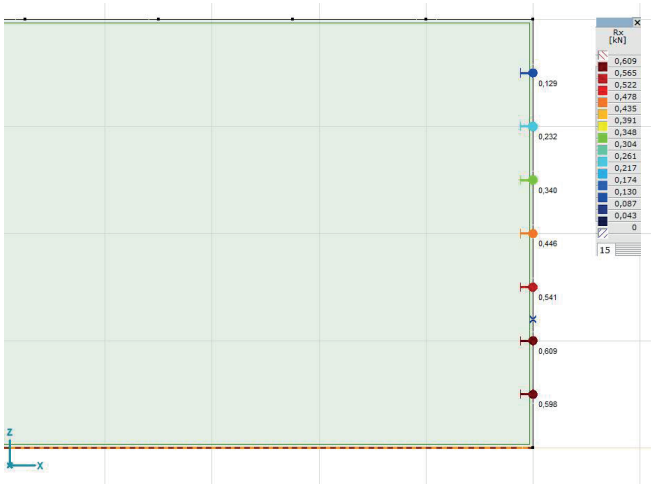



*Rysunek 21. Momenty zginające:*
*a) $M_x$,*
*b) $M_y$.*

**Sprawdzenie nośności w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych**

Sprężysty wskaźnik przekroju na jednostkę wysokości lub długości ściany: Z = 0,0096 $m^3$/m

$M_{Ed} = M_x = 0,893$ kNm/m < $M_{Rd} = f_{xd2}Z = 0,953$ kNm/m
– warunek spełniony




*Rysunek 22. Sposób zbrojenia ściany*

**Sprawdzenie nośności w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych**

$M_{Ed} = M_y = 0,290$ kNm/m < $M_{Rd} = f_{xd1}Z = 0,48$ kNm/m
– warunek spełniony
Nie ma potrzeby dozbrajania z uwagi na nośność.

**Sprawdzenie nośności kotew**

Wartości reakcji w kotwach pokazane na rys. 22. Maksymalna reakcja wynosi 0,609 kN i jest mniejsza od nośności kotwy K2 na rozciąganie (zob. tabl. 6), która wynosi $f_{td} = 1,0/1,15 = 0,87$ kN

**Dozbrojenie z uwagi na ugięcie stropu**

Obciążenie obliczeniowe ściany od ciężaru własnego:

$q = 1{,}35(2000 \cdot 0{,}0098 \cdot 0{,}18 \cdot 4 + 0{,}35) = 19{,}53$ kN/m

Po ugięciu stropu ściana pozostanie oparta tylko na krańcach.

Można przyjąć, że moment zginający wyniesie:

$M_{Ed} = qL^2/8 = 87{,}9$ kNm

Przyjęto zbrojenie w dwóch dolnych spoinach wspornych ściany.

$d = 4{,}0 - 0{,}22/2 = 3{,}88$ m

Pole powierzchni zbrojenia: $A_s = 4 \cdot 0{,}008 \cdot 0{,}0015 = 0{,}000048$ m$^2$

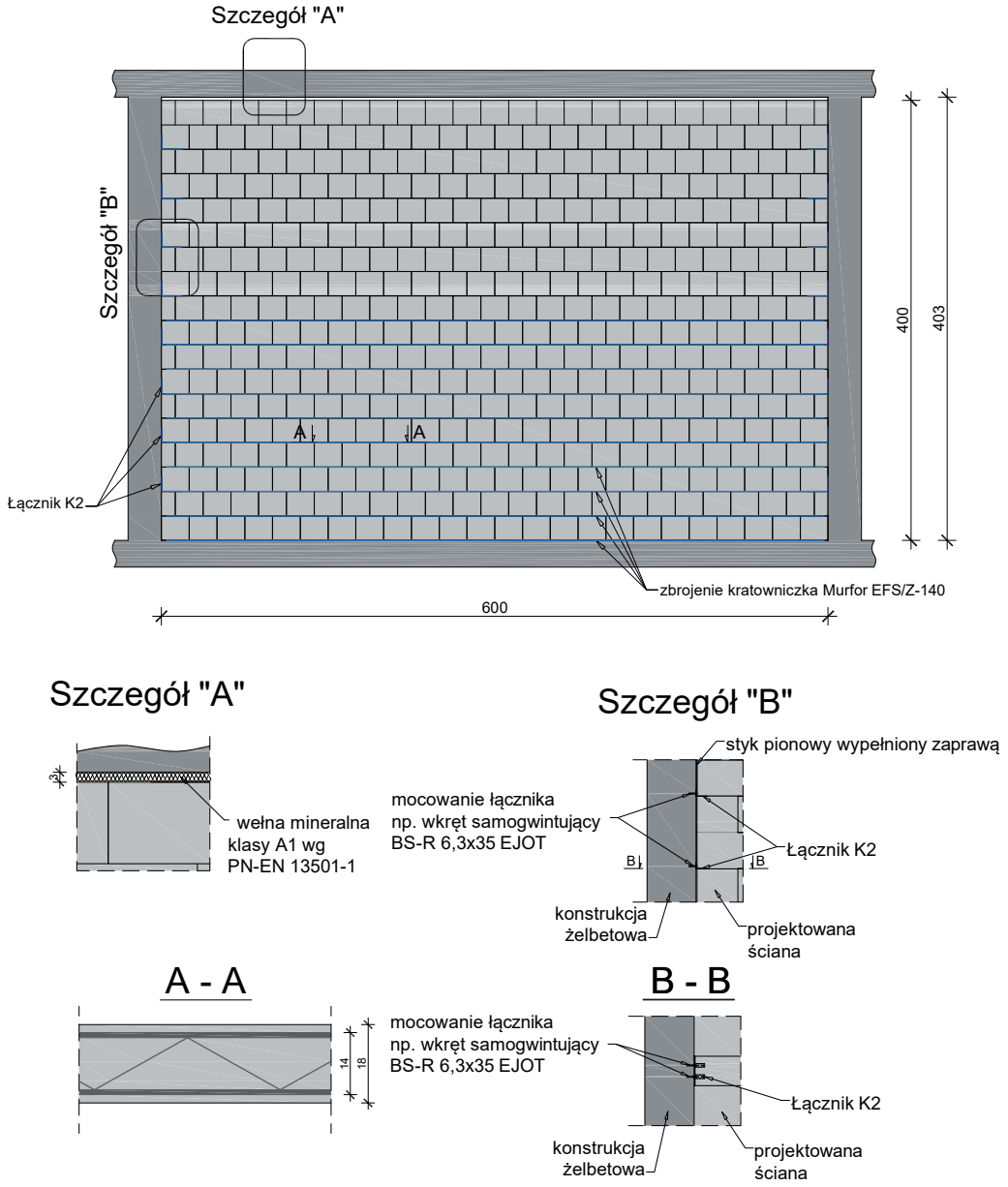
$$z = d\left(1\text{-}0{,}5\,\frac{A_s f_{yd}}{bdf_{yd}}\right) = 3{,}89 > 0{,}95d = 3{,}70$$

przyjęto z = 3,70m

$M_{Rd} = A_s f_{yd} z = 88{,}03$ kNm/m > $M_{Ed} = 87{,}9$ kNm/m warunek jest spełniony

Zbrojenie należy zastosować w dwóch dolnych spoinach wspornych.

W punkcie 6.6.4(3) normy PN-EN 1996-1-1 [N8], podano: w celu ograniczenia zarysowania należy stosować zbrojenie w spoinach wspornych sytuowane powyżej zbrojenia głównego, na wysokości $0{,}5l_{ef}$ lub 0,5d, licząc od dolnej krawędzi belki; miarodajna jest wartość mniejsza. W związku z tym przyjmuje się zbrojenie w każdej spoinie wspornej do poziomu 0,5d = 1,94 m. Sposób zbrojenia ściany pokazano na rys. 23.




*Rysunek 23. Sposób zbrojenia ściany*

# LITERATURA

## PUBLIKACJE


[1] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A.: Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych. Tom 1. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.

[2] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A.: Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych. Tom 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.

[3] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A.: Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych. Tom 3. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017.

[4] Drobiec Ł.: Problemy projektowania ścian wypełniających i osłonowych wg EC-6. Materiały Budowlane, 1/2012, s. 92-96.

[5] Drobiec Ł., Jasiński R.: Sposoby łączenia ścian wypełniających z konstrukcją. Materiały Budowlane, 4/2014, s. 14-16.

[6] Drobiec Ł.: O zastosowaniu dwukierunkowo zbrojonych murowanych ścian wypełniających w budynku wysokościowym. Inżynieria i Budownictwo, 3/2018, s. 148-151.

[7] NB-243/RB-2/2009 Kompleksowe badania murów z elementów silikatowych. Autorzy: Ł. Drobiec, R. Jasiński, A. Piekarczyk.


**Normy, instrukcje, wytyczne**


[N1] PN-B-10104:2014-03: Wymagania dotyczące zapraw murarskich ogólnego przeznaczenia. Zaprawy murarskie według przepisu, wytwarzane na miejscu budowy.

[N2] PN-EN 13501-1:2019-02: Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień.

[N3] PN-EN 1990:2004/NA:2010/A1:2010: Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.

[N4] PN-EN 1991-1-1:2004/NA:2010: Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.

[N5] PN-EN 1991-1-4:2008/NA:2010: Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.

[N6] PN-EN 1991-1-5:2005/NA:2010: Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-5: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania termiczne.

[N7] PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2018-11 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.

[N8] PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05/NA:2014-03: Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.

[N9] PN-EN 1996-1-2:2010/NA:2010: Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-2: Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.

[N10] PN-EN 1996-2:2010/NA:2010: Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów.

[N11] PN-EN 1996-3:2010/NA:2016:06: Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 3: Uproszczone metody obliczania murowych konstrukcji niezbrojonych.

[N12] PN-EN 771-2+A1:2015-10: Wymagania dotyczące elementów murowych. Część 2: Elementy murowe silikatowe.

[N13] PN-EN 771-4+A1:2015-10: Wymagania dotyczące elementów murowych. Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego.

[N14] PN-EN 845-3+A1:2016-10: Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów. Część 3: Stalowe zbrojenie do spoin wspornych.

[N15] PN-EN 998-2:2016-12: Wymagania dotyczące zapraw do murów. Część 2: Zaprawa murarska.

## Dział Doradztwa Technicznego (DT)

| | |
|---|---|
| DT I | tel. 665 844 092 |
| DT II | tel. 665 844 093 |
| DT III | tel. 665 844 094 |
| DT IV | tel. 665 844 095 |
| DT V | tel. 665 844 004 |

**H+H Polska Sp. z o.o.**
ul. Kupiecka 6
03-046 Warszawa

+48 22 51 84 000 Telefon
+48 22 51 84 108 Fax

**www.HplusH.pl**

H+H
PARTNER W BUDOWANIU ŚCIAN