



**WYTYCZNE DOTYCZĄCE WYKORZYSTANIA
EKOSILIKATÓW WYPRODUKOWANYCH
PRZEZ
PREFABET OSŁAWA DĄBROWA SA**

*eko***silikaty**

Osława Dąbrowa 2020r

Spis treści

Słowo wstępu.....	2
1. Ekosilikaty – podstawowe informacje o wyrobach.....	3
1.1. Asortyment.....	3
1.2. Dokumentacja.....	4
1.3. Składowanie i transport.....	4
2. Charakterystyka Ekosilikatów.....	5
2.1. Tolerancja wymiarowa.....	5
2.2. Kształt i budowa.....	6
2.3. Wytrzymałość na ściskanie.....	6
2.3.1. Nośność muru i wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie.....	7
2.4. Wytrzymałość spoiny na ścinanie.....	9
2.5. Gęstość w stanie suchym.....	9
2.6. Absorpcja wody.....	9
2.7. Przepuszczalność pary wodnej.....	10
2.8. Trwałość.....	10
2.9. Odporność ogniowa.....	10
2.10. Ochrona cieplna.....	12
2.10.1. Izolacyjność cieplna.....	13
2.10.2. Akumulacja cieplna.....	17
2.10.3. Wilgoć.....	18
2.11. Izolacyjność akustyczna.....	19
3. Wznoszenie ścian z Ekosilikatów.....	21
3.1. Spoiny.....	21
3.2. Zaprawa murarskie.....	23
3.3. Wznoszenie muru.....	23
3.3.1. Docinanie elementów.....	25
3.4. Łączenie ścian.....	25
3.5. Wpływ warunków pogodowych.....	26
3.6. Zbrojenie muru.....	27
3.7. Nadproża.....	28
3.8. Oparcie stropu.....	28
3.9. Wieńce stropowe.....	29
3.10. Dylatacje.....	30
3.11. Wnęki i bruzdy.....	31
3.12. Wykończenie muru.....	33
4. Odbiór robót murowych.....	33
5. Podsumowanie.....	35

Słowo wstępu.

Niniejsze opracowanie próbuje sprostać oczekiwaniu Klienta dotyczącego związłego i merytorycznego poradnika korzystania z Ekosilikatów produkowanych przez Prefabet Osława Dąbrowa SA. Uznano, że poradnik taki powinien zawierać opis właściwości produktu i wskazówki dotyczące jego wykorzystania, czyli w przypadku Ekosilikatów – wznoszenia z nich murów.

Opracowanie to nie powinno zastąpić Klientowi korzystania z Norm Europejskich EC6 dotyczących projektowania konstrukcji murowych, które w szerszym zakresie opisują dużą część poruszanych tutaj zagadnień. Poradnik nie usurpuje sobie także prawa do pouczania Osób odpowiedzialnych za projekt i realizację budowy, ale ma stanowić zbiór przydatnych informacji, który powinien przyspieszyć i nieco ułatwić Ich pracę.

Istnieje uzasadniona obawa, że dążenie do kompromisu między wyczerpaniem ważnych treści i ich związłym, a przy tym łatwo zrozumiałym ujęciem, spowoduje pewne braki w każdej z tych kwestii. Dlatego zachęca się Czytelnika do zapoznania się z licznymi dostępnymi publikacjami dotyczącymi tematyki wznoszenia murów, zwłaszcza z tymi wydawanymi przez Instytut Techniki Budowlanej. Na uwagę zasługują też publikacje i materiały dydaktyczne wydawane przez Stowarzyszenie Producentów Silikatów Białe Murowanie, którego członkiem jest także Prefabet Osława Dąbrowa SA. Źródłem wiedzy mogą być również artykuły naukowe umieszczane w prasie branżowej i materiały reklamowe pochodzące od producentów różnych wyrobów przeznaczonych do budownictwa, ale należy wtedy jednak zachować odpowiedni rozsądek przy doborze źródła.

1. Ekosilikaty – podstawowe informacje o wyrobach.

Ekosilikaty są wyrobami wapienno-piaskowymi, zwanymi także silikatami, produkowanymi przez Prefabet Osława Dąbrowa SA od 2011 roku. Do ich produkcji wykorzystuje się piasek, niewielką ilość wapna palonego i wodę. Formowane są z półsuchej masy w procesie ściskania pod dużym ciśnieniem. Uformowane wyroby przechodzą proces obróbki hydrotermalnej w czasie autoklawizacji. Ekosilikaty powstają z naturalnych surowców i mogą podlegać całkowitemu recyklingowi.

1.1. Asortyment.

Nazwa asortymentu	Wymiary [mm]	Wytrzymałość na ściskanie [N/mm ²]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)]	Ilość sztuk na 1 m ² ściany
N 8 kl.15	250 x 80 x 220	≥ 13,2	≤ 0,80	18,18
N 12 kl.15	250 x 120 x 220	≥ 14,0	≤ 0,76	18,18
N 15 kl.15	250 x 150 x 220	≥ 14,6	≤ 0,66	18,18
N 18 kl.15	250 x 180 x 220	≥ 15,3	≤ 0,55	18,18
N 18 kl.20	250 x 180 x 220	≥ 20,4	≤ 0,73	18,18
N 24.1 kl.15	250 x 240 x 220	≥ 16,7	≤ 0,55	18,18
N 38 kl. 15	372 x 240 x 220	≥ 16,7	≤ 0,69	12,22
N 24.1 kl.20	250 x 240 x 220	≥ 22,2	≤ 0,69	18,18
N 24/24 kl.15	250 x 240 x 240	≥ 16,3	≤ 0,70	16,67
NP 12 kl.20	250 x 120 x 220	≥ 18,6	≤ 0,91	18,18
NP 18 kl.20	250 x 180 x 220	≥ 20,4	≤ 0,71	18,18
NP 18A kl.20	250 x 180 x 220	≥ 20,4	≤ 0,91	18,18
NP 24 kl.20	250 x 240 x 220	≥ 22,2	≤ 0,69	18,18
NP 24/24 kl.20	250 x 240 x 240	≥ 21,7	≤ 0,68	16,67
NF1 kl.15	240 x 115 x 71	≥ 22,4	≤ 0,84	58,69

Tabela 1. Wykaz Ekosilikatów produkowanych przez Prefabet – Osława Dąbrowa SA

1.2. Dokumentacja.

Podstawowymi dokumentami dotyczącymi Ekosilikatów są Deklaracja właściwości użytkowych (DoP), która dla każdego asortymentu z osobna umieszczona jest na stronie internetowej Prefabet Ośława Dąbrowa SA i etykieta zawierająca oznakowanie CE, która dodawana jest do każdej palety z danym asortymentem.

Ekosilikaty posiadają oznakowanie CE na podstawie systemu AVCP 2+, co oznacza, że określenie typu danego wyrobu następuje na podstawie badania typu, obliczeń, wartości tabelarycznych lub dokumentacji opisowej, a dodatkowo w zakładzie produkcyjnym funkcjonuje Zakładowa Kontrola Produkcji, na podstawie której przez cały okres produkcji danego asortymentu przeprowadzane są badania próbek tego wyrobu na terenie zakładu, a raz do roku przeprowadzane są badania Ekosilikatów w akredytowanym laboratorium zewnętrznym. Zgodność zakładowej kontroli produkcji legitymowana jest Certyfikatem, wydawanym przez notyfikowaną jednostkę certyfikującą, którego utrzymanie związane jest ze stałym nadzorem i oceną Zakładowej Kontroli Produkcji przez jednostkę notyfikowaną. Aktualny Certyfikat Zgodności Zakładowej Kontroli Produkcji umieszczony jest na stronie internetowej Prefabet Ośława Dąbrowa SA.

Wymienione powyżej dokumenty zawierają w sobie komplet informacji o produkcie, które powinien otrzymać klient. Niniejszy poradnik jest jedynie wsparciem przy interpretacji tych informacji.

1.3. Składowanie i transport.

Ekosilikaty składowane są na drewnianych paletach i zabezpieczone folią z firmowym nadrukiem.

Na terenie należącym do Prefabet Ośława Dąbrowa SA Ekosilikaty składowane są na utwardzonej powierzchni do maksymalnej wysokości czterech palet. Palety z wyrobami ładowane są za pomocą wózków widłowych na samochody transportowe. Za samo zabezpieczenie palet na samochodzie odpowiada przewoźnik (kierowca), ale warto być świadomym, że odpowiednie zabezpieczenie towaru (przywiązanie palet pasami, ochrona przed zawilgoceniem) jest niezbędne dla prawidłowego wykorzystania Ekosilikatów, zwłaszcza, że droga dojazdowa na plac budowy może być szczególnie trudna.

Należy pamiętać, że Ekosilikaty powinno się składować na wypoziomowanym, utwardzonym terenie, który jest zabezpieczony przed zalaniem. Palety można składować piętrowo, ale robiąc to należy uwzględnić jakość dostępnego podłoża. Nie ma zastrzeżeń do składowania wyrobów w pełnym, nietkniętym ofoliowaniu na otwartym terenie. Dla Ekosilikatów nie podaje się czasu przydatności do użytku, natomiast trzeba pamiętać, że dużo bardziej podatne na upływ czasu są folia i drewniana paleta, jeżeli zostaną one uszkodzone, mogą przestać chronić Ekosilikaty przed zawilgoceniem. Zawilgocenie materiału, w zależności od swojej intensywności, może doprowadzić do zabrudzenia powierzchni wyrobu, pojawienia się biologicznego nalotu czy przemarznięcia, są to przede wszystkim zjawiska obniżające estetykę wyrobu, chociaż trzeba pamiętać, że wilgotność materiału przekłada się na jego wytrzymałość na ściskanie, dlatego może być wskazane jego osuszenie przed rozpoczęciem murowania. Warto dołożyć wszelkich starań dla zabezpieczenia zakupionego materiału przed zawilgoceniem.

2. Charakterystyka Ekosilikatów.

2.1. Tolerancja wymiarowa.

Wymiary Ekosilikatów podawane są w [mm] w kolejności długość/szerokość/wysokość.

Powierzchnia Ekosilikatu będąca iloczynem długości i szerokości nazywana jest wsporną, jest ona zawsze pokrywana zaprawą, i to właśnie na powierzchniach wspornych układane są kolejne warstwy muru. Powierzchnia będąca iloczynem szerokości i wysokości nazywana jest czołową, może być ona pokryta pióro-wpustem, poprzez powierzchnie czołowe łączą się kolejne wyroby w danej warstwie. Ostatnią powierzchnią, będącą iloczynem wysokości i długości jest powierzchnia licowa, która jest widoczna po obu stronach muru.

Odchyłki wymiarów deklarowane dla Ekosilikatów określone są jako odchyłki między wartością średnią uzyskaną z pomiarów wyrobów, a zadeklarowanymi wymiarami, a także jako odchyłki między pojedynczymi pomiarami, a wartością średnią. Ekosilikaty należą do kategorii T2, która opisana jest poniżej w Tabeli 2.

Wymiary	Kategorie odchyłek wymiarów Ekosilikatów T2
Wysokość średnia próbki	wymiar nominalny wysokości +/- 1
Długość średnia próbki	wymiar nominalny długości +/- 2
Szerokość średnia próbki	wymiar nominalny szerokości +/- 2
Pojedyncza wysokość	wysokość średnia próbki +/- 1
Pojedyncza długość	długość średnia próbki +/- 2
Pojedyncza szerokość	szerokość średnia próbki +/- 2

Tabela 2. Kategorie odchyłek wymiarów Ekosilikatów na podstawie PN-EN 771-2+A1.

2.2. Kształt i budowa.

Kształt i budowa Ekosilikatów opisywane są w Deklaracji właściwości użytkowych za pomocą: rysunku/fotografii danego wyrobu, opisu wyrobu zawierającego informację czy posiada on otwory, wnęki i system wpustów – wypustów, a także określenia przynależność do danej grupy wyrobów. Według normy PN-EN 1996-1-1, Grupa 1 oznacza wyroby, których suma objętości wszystkich otworów jest nie większa niż 25 % objętości brutto wyrobu, a jednocześnie objętość żadnego z otworów nie jest większa od 12,5 % objętości brutto wyrobu. Według normy PN-EN 1996-1-2 można wyróżnić jeszcze Grupę S1, oznaczającą wyroby, których suma objętości wszystkich otworów jest nie większa niż 5 % objętości brutto wyrobu. Dla wszystkich Ekosilikatów deklaruje się Grupę 1, ale w kwestii szacowania ognioodporności wyróżnia się dodatkowo elementy z Grupy S1.

2.3. Wytrzymałość na ściskanie.

Norma PN-EN 771-2+A1 jasno określa jakie właściwości użytkowe wyrobów silikatowych producent jest zobowiązany umieścić na wydawanych przez siebie dokumentach. Wymagane jest deklarowanie średniej wytrzymałości na ściskanie (arytmetycznej) i znormalizowanej wytrzymałości na ściskanie (sprowadzonej do wytrzymałości równoważnego elementu murowego na ściskanie w stanie powietrzno suchym i o szerokości – 100 mm, wysokości – 100 mm) przy czym dopuszcza się powołanie na klasę wytrzymałości zgodnie z Załącznikiem D wyżej wymienionej normy jeżeli średnia znormalizowana wytrzymałość danego wyrobu jest nie mniejsza niż wartość deklarowanej klasy. Wymagane jest także podanie kategorii, w której znajduje się dany

silikat (elementy murowe kategorii I - takie, w których prawdopodobieństwo wystąpienia wytrzymałości mniejszej niż deklarowana nie przekracza 5 %; elementy murowe kategorii II - takie, w których prawdopodobieństwo wystąpienia wytrzymałości mniejszej niż deklarowana może przekraczać 5 %). Deklaracja producenta powinna zawierać też typ próbki, która podlega badaniu i orientację tej próbki w czasie badania.

Wszystkie Ekosilikaty produkowane przez Prefabet Osława Dąbrowa SA są elementami kategorii I. Badanie wytrzymałości Ekosilikatów przeprowadzane jest na całych elementach i w kierunku obciążenia prostopadłym do powierzchni wspornych, to znaczy że dopuszcza się jedynie takie umieszczenie Ekosilikatów w murze (nie dopuszcza się murowania na powierzchni licowej, powierzchni czołowej czy na rąb). Ekosilikaty produkowane są w klasach wytrzymałości 15 i 20, a Deklaracja właściwości użytkowych każdego Ekosilikatu zawiera średnią wytrzymałość na ściskanie elementów i znormalizowaną wytrzymałość na ściskanie.

Reprezentowana przez Ekosilikaty wytrzymałość na ściskanie jest wysoka, dla przykładu podaje się orientacyjne klasy wytrzymałości na ściskanie dla kilku dostępnych materiałów konstrukcyjnych:

- Ekosilikaty kl. 15 i kl. 20
- Beton komórkowy odmiany 600 kl. 3
- Beton komórkowy odmiany 500 kl. 2,5
- Beton komórkowy odmiany 400 kl. 2
- Pustak ceramiczny kl. 10, kl.15, kl. 20

2.3.1. Nośność muru i wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie.

Ustalanie stanu granicznego nośności jest zagadnieniem złożonym, które gruntownie opisane zostało w normach EC6. W niniejszym opracowaniu ta kwestia może być jedynie ogólnie wzmiankowana.

Zgodnie z normą PN-EN 1996-1-1 wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie f_k określa się na podstawie wzoru a - dla murów wykonanych za pomocą zapraw zwykłych i lekkich,

a także wzoru b - dla murów wykonanych na tzw. cienką spoinę (w obliczeniach zanedbuje się wytrzymałość zaprawy) :

$$a) f_k = K f_b^{0,7} f_m^{0,3} \quad [N/mm^2],$$

$$b) f_k = K f_b^{0,85} \quad [N/mm^2],$$

gdzie: K – wartość stała według tablicy NA.5 z Załącznika krajowego NA do PN-EN 1996-1-1.

f_b - znormalizowana wytrzymałość elementu murowego na ściskanie $[N/mm^2]$ (zawarta w Deklaracji właściwości użytkowych Ekosilikatów);

f_m - wytrzymałość zaprawy murarskiej na ściskanie $[N/mm^2]$.

Do dalszych obliczeń powinno się przyjmować wytrzymałość muru na ściskanie f_k skorygowaną o wartość współczynnika bezpieczeństwa muru γ_M :

$$c) f_d = f_k / \gamma_M \quad [N/mm^2],$$

gdzie : f_d – wytrzymałość obliczeniowa muru na ściskanie $[N/mm^2]$;

γ_M - współczynnik bezpieczeństwa przyjęty na podstawie tablicy NA.1 z Załącznika krajowego NA do PN-EN 1996-1-1.

Wartości współczynnika bezpieczeństwa przyjmuje się w odniesieniu do kategorii kontroli produkcji elementów murowych (wszystkie Ekosilikaty produkowane są w kategorii I), zastosowanej zaprawy i kategorii wykonania robót na budowie (klasa A oznacza m.in. nadzór mistrza murarskiego i kontrole inspektora nadzoru inwestorskiego; klasa B nie spełnia warunków określonych dla klasy A).

W ujęciu ogólnym, obliczeniowe siły pionowe oddziałujące na mur N_{Ed} nie mogą być większe niż obliczeniowa nośność ściany na obciążenia pionowe N_{Rd} :

$$d) N_{Ed} \leq N_{Rd}.$$

Nośność obliczeniowa muru na jednostkę długości obciążonej pionowo jest iloczynem wytrzymałości obliczeniowej muru na ściskanie, grubości ściany i współczynnika redukcji nośności:

$$e) N_{Rd} = \Phi t f_d \quad [N/mm],$$

gdzie : Φ – współczynnik redukcji nośności (wyznaczony na podstawie PN-EN 1996-1-1)

t – grubość ściany.

Wszystkie wyżej wymienione wzory, pochodzące z PN-EN 1996-1-1, są jedynie wstępem do dalszych, szczegółowych obliczeń nośności uwzględniających indywidualne cechy danych konstrukcji.

2.4. Wytrzymałość spoiny na ścinanie.

Według normy PN-EN 771-2+A1 producent wyrobów silikatowych powinien deklarować charakterystyczną początkową wytrzymałość na ścinanie zgodnie z EN 1052-3, norma dopuszcza wykorzystania w tym celu badań lub gotowych wartości ustalonych.

W przypadku Ekosilikatów deklaruje się początkową wytrzymałość spoiny na ścinanie na podstawie ustalonych wartości tabelarycznych z Załącznika C normy EN 998-2, i jest to $0,15 \text{ N/mm}^2$ dla zapraw ogólnego przeznaczenia i zapraw lekkich (GPM); a także $0,30 \text{ N/mm}^2$ dla zapraw do cienkich spoin (TLM).

2.5. Gęstość w stanie suchym.

Zgodnie z normą PN-EN 771-2+A1 Deklaracja właściwości użytkowych Ekosilikatów zawiera minimalną i maksymalną wartość gęstości brutto w stanie suchym. Gęstość brutto w stanie suchym jest punktem wyjścia do obliczania izolacyjności Ekosilikatów od bezpośrednich dźwięków powietrznych.

2.6. Absorpcja wody.

Absorpcja wody przez Ekosilikaty, umieszczona w Deklaracji właściwości użytkowych, podawana jest w procentach, a określa się ją na podstawie badań. Nasiąkliwość Ekosilikatów jest niższa od nasiąkliwości większości konstrukcyjnych materiałów murowych, co w powiązaniu z ich bardzo wysoką wytrzymałością sprawia, że mogą być one wykorzystywane w ścianach piwnicznych i fundamentowy. Z tego powodu też Ekosilikaty mogą być wykorzystywane w ścianach nieotynkowanych.

2.7. Przepuszczalność pary wodnej.

Współczynnik dyfuzji pary wodnej μ Ekosilikatu znajduje się na jego Deklaracji właściwości użytkowych i podaje się go na podstawie wartości tabelarycznych pochodzących z normy EN 1745. Współczynnik μ jest wartością bezwymiarową, określa on ile razy opór dyfuzji materiału dla pary wodnej jest większy od oporu warstwy powietrza o tej samej grubości i w takich samych warunkach. Zapis współczynnika dyfuzji pary wodnej umieszczony w Deklaracji właściwości użytkowych np. 5/25 należy rozumieć jako: dyfuzja do wewnątrz materiału (wnikanie wilgoci) / dyfuzja na zewnątrz materiału (oddawanie wilgoci). Najwyższą paroprzepuszczalność wykazują materiały o oporze dyfuzyjnym zbliżonym do 1 (opór dyfuzyjny materiału podobny do oporu powietrza). Dla porównania: opór dyfuzyjny styropianu może wynosić nawet 30/250.

2.8. Trwałość.

Trwałość Ekosilikatów deklарowana jest zgodnie z PN-EN 771-2+A1 za pomocą kategorii zamrażania – odmrażania, które oznaczają określoną ilość cykli zamrażania i odmrażania, po których nie zauważa się żadnych widocznych uszkodzeń wyrobów. Wszystkie Ekosilikaty wykazują kategorię F2 (50 cykli) odporności na zamrażanie-odmrażanie, a określa się ją na podstawie badań. Kategoria F2 jest najwyższą kategorią wskazaną przez normę PN-EN 771-2+A1, rzeczywista maksymalna ilość cykli zamrażania i odmrażania, którą wyroby mogłyby przetrwać bez wykazywania uszkodzeń może być znacznie większa niż 50.

2.9. Odporność ogniowa.

Wszystkie Ekosilikaty to materiały niepalne wykazujące najwyższą klasę reakcji na ogień A1 (na podstawie PN-EN 771-2+A1).

Odporność ogniową materiałów ściennych opisują takie kryteria jak szczelność (E), izolacyjność ogniowa (I), a w przypadku ścian nośnych także nośność (R). Kryterium R oznacza, że przegroda wytrzymuje przez określony czas (np. dla REI 60 jest to 60 minut) działanie ognia bez utraty swojej nośności i stateczności. Kryterium E oznacza, że element konstrukcyjny stanowi przez określony czas przegrodę dla przenikania ognia i gorących gazów. Kryterium I oznacza, że element konstrukcyjny stanowi przegrodę dla ognia przenoszącego przez znaczący przepływ ciepła.

Norma PN-EN 1996-1-2 dopuszcza kilka metod oceny odporności ogniowej muru, z których najbardziej miarodajne wydają się przeprowadzenie badania ognioodporności konstrukcji i wykorzystanie danych tabelarycznych. Porównanie grubości projektowanego elementu z grubościami podanymi w tablicach z *Załącznika B* normy PN-EN 1996-1-2 można uznać za najszybszą i najprostszą metodę oceny kryterium ognioodporności.

Poniżej zamieszczone są tabele zawierające zestawienia grubości muru (samego muru bez otynkowania) spełniające poszczególne kryteria, dla przykładu: mur o grubości mieszczącej się w przedziale 70-90 mm, czyli już Ekosilikat N8 spełnia kryterium EI 60 i niższe, nie spełnia natomiast żadnego kryterium nośności.

Wartości podane w nawiasie to grubość samego muru, ale jeżeli jest on wykończony tynkiem o minimalnej grubości 10 mm po obu stronach ściany (grubość tynku nie wlicza się do grubości podanej w tabelach). Dla przykładu: mur o szerokości 180 mm, czyli wykonany z Ekosilikatu N18 lub NP18, za pomocą zarówno zaprawy tradycyjnej jak i do cienkich spoin, otynkowany i nieotynkowany, spełnia kryterium EI 240 i niższe, a także REI 180 i niższe przy obciążeniu ściany $\alpha \leq 0,6$, a po otynkowaniu także przy $\alpha \leq 1,0$. Uważa się, że odporność ogniową ścian podwyższają tynki gipsowe, tynki wykonane z tynkarskiej zaprawy lekkiej lub tynki wykonane z tynkarskiej zaprawy izolującej cieplnie.

Wadą metody tabelarycznej jest brak jednoznacznych grubości ścian spełniających dane kryteria, ponieważ większość grubości przedstawiona jest za pomocą przedziałów zapisywanych za pomocą ukośnika (100/140 oznacza zakres grubości od 100 do 140 mm). Dla przykładu, autorzy Poradnika *Projektowanie konstrukcji murowych z uwagi na warunki pożarowe według Eurokodu, ITB, Warszawa 2016*; sugerują, że metoda tabelaryczna może prowadzić do przeszacowania odporności ogniowej ściany i zalecają opieranie się jedynie na maksymalnych wartościach przedziałów zamieszczonych w tabelach. Oczywiście dobór odpowiedniego materiału ściennego spoczywa na barkach osoby odpowiedzialnej za dany projekt, która posiada też największą wiedzę na temat prowadzonej inwestycji i decyduje, w którym obszarze dopuszczalnych zakresów grubości znajduje się wybrany materiał.

Rodzaj zaprawy	Klasyfikacja ogniowa EI dla Grupy 1S – elementy pełne i o objętości ≤ 5% i Grupy 1 – elementy o objętości ≤ 25%						
	EI 30	EI 45	EI 60	EI 90	EI 120	EI 180	EI 240
Zaprawa zwykła	70 (50)	70/90 (70)	70/90 (70)	100 (90)	100/140 (90/140)	140/170 (140)	140/200 (170)
Zaprawa do cienkich spoin	70 (50)	70/90 (70)	70/90 (70)	100 (100)	100/140 (100/140)	140/170 (140)	140/200 (170)

Tabela 3. Kryteria EI dla Ekosilikatów na podstawie PN-EN 1996-1-2: Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-2: Reguły ogólne - Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe. Załącznik B.

α- proporcja obciążenia ściany	Klasyfikacja ogniowa REI						
	REI 30	REI 45	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180	REI 240
Grupa 1S – elementy pełne i o objętości otworów ≤ 5%							
α ≤ 1,0	90 (90)	90 (90)	90 (90)	100 (90/100)	100/170 (100/140)	170 (170)	140/190 (140/190)
α ≤ 0,6	90 (90)	90 (90)	90 (90)	100 (90/100)	100/170 (100/140)	170 (170)	140/190 (140/190)
Grupa 1 – elementy o objętości otworów ≤ 25%							
α ≤ 1,0	90/100 (90/100)	90/100 (90/100)	90/100 (90/100)	100 (90/100)	140/200 (140)	190/240 (170/190)	190/240 (140)
α ≤ 0,6	90/100 (90/100)	90/100 (90/100)	90/100 (90/100)	100 (100)	120/140 (100)	170/200 (140)	190/200 (140)

Tabela 4. Kryteria REI dla Ekosilikatów na podstawie PN-EN 1996-1-2: Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-2: Reguły ogólne - Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe. Załącznik B.

Należy podkreślić, że kryteria odporności ogniowej opisują zachowanie całej przegrody, wykonanej poprawnie z Ekosilikatów, to znaczy m.in. z poprawnie wykonanymi spoinami. Jeżeli w murze będą występować prześwity w miejscu spoin, to miejsca takie będą punktowymi osłabieniami w murze, przez które może przenikać ogień, to znaczy, że odporność ogniowa takiej przegrody będzie zdecydowanie mniejsza niż wynikało by to z zastosowanego w murze Ekosilikatu.

2.10. Ochrona cieplna.

Ochrona cieplna budynków, to ze względu na rosnące koszty wytwarzania energii i ograniczenia ilości wprowadzanego do atmosfery dwutlenku węgla, jedna z ważniejszych

współcześnie kwestii dotyczących wznoszenia i późniejszego użytkowania budynków. W 2018 roku Stowarzyszenie Producentów Silikatów Białe Murowanie, którego członkiem jest Prefabet – Ośława Dąbrowa S.A. wydało obszerną publikację na temat tego zagadnienia: *Oszczędność energii i ochrona cieplna, Regulacje prawne, obliczenia i rozwiązania konstrukcyjne na przykładzie ścian z silikatów*, D. Bajno, Warszawa 2018. Opracowanie to pozwala w kompleksowy sposób zapoznać się z tematem zachowania ciepła w budynkach wykonanych z Ekosilikatów.

2.10.1. Izolacyjność cieplna.

Wymagane wartości współczynnika przenikania ciepła U_c dla przegród występujących we wszystkich rodzajach budynków określa się zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*.

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m ² K)]	
	od 01.01.2017	od 31.12. 2020
Ściany zewnętrzne:		
a) przy $t_i \geq 16^\circ C$	0,23	0,20
b) przy $8^\circ C \leq t_i < 16^\circ$	0,45	0,45
c) przy $t_i < 8^\circ C$	0,90	0,90
Ściany wewnętrzne:		
a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ C$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy	1,00	1,00
b) przy $\Delta t_i < 8^\circ C$	bez wymagań	bez wymagań
c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,30	0,30
Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości:		
a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm	1,00	1,00
b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	0,70	0,70
Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań	bez wymagań

Tabela 5. Tabela na podstawie *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*.

gdzie, t_i to temperatura pomieszczenia ogrzewanego zgodnie z § 134 ust. 2 tegoż rozporządzenia.

Wymagania zawarte w wyżej wymienionym *Rozporządzeniu* odzwierciedlają ogólnoswiatową tendencję do budowania co raz bardziej energooszczędnych budynków, pokazuje to systematyczne obniżanie wymaganego dla przegród współczynnika przenikania ciepła U_c .

Określenie współczynnika U_c należy rozpocząć od obliczenia oporu cieplnego tejże przegrody. Opór cieplny R całej przegrody lub pojedynczej warstwy w przyrodzie opisuje wzór f:

$$f) R = d/\lambda \text{ [(m}^2\text{K)/W]},$$

gdzie: d – grubość całej ściany lub pojedynczej warstwy [m],

λ - współczynnik przewodzenia ciepła [W/(mK)].

Współczynnik λ każdego Ekosilikatu należy odczytać z jego Deklaracji właściwości użytkowych. Zgodnie z normą PN-EN 771-2+A1 producent wyrobów silikatowych zobowiązany jest do deklarowania dla swoich produktów wartości średniej współczynnika przewodzenia ciepła w stanie suchym, podawanego w 10° C - $\lambda_{10, \text{dry, unit}}$ wraz z odpowiednim modelem określonym na podstawie normy EN 1745.

Współczynnik λ jest także podstawowym parametrem opisującym materiały izolacyjne, dlatego znajduje się na dokumentach wydawanych przez ich producentów.

Aby obliczyć opór cieplny R przegrody złożonej z wielu warstw należy zsumować opory cieplne poszczególnych warstw R_i , co opisuje wzór g:

$$g) R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \text{ [(m}^2\text{K)/W]}.$$

Opór przenikania ciepła przegrody R_T stanowi sumę oporu cieplnego przegrody R i oporów przejmowania ciepła na jej powierzchniach to jest zgodnie ze wzorem h:

$$h) R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{se} \text{ [(m}^2\text{K)/W]},$$

gdzie: R_{si} – opór przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej przegrody,

R_{se} - opór przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej przegrody

(według PN-EN ISO 6946 R_{si} - 0,13 (m²K)/W, a R_{se} - 0,04 (m²K)/W).

Współczynnik przenikania ciepła przegrody U_c jest odwrotnością oporu przenikania ciepła przegrody R_T , co opisuje wzór i:

$$i) U_c = 1/R_T \text{ [W/(m}^2\text{K)]}.$$

Przykładowe wyniki obliczenia U_c dla Ekosilikatów przeprowadzone według wyżej wymienionych wzorów (ściana pojedyncza, nieocieplona bez otynkowania) znajdują się w poniższej tabeli :

Nazwa asortymentu	Szerokość d [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)]	Opór cieplny R [m ² K)/W]	Opór cieplny R_T ($R_{si} = 0,13$; $R_{se} = 0,04$) [(m ² K)/W]	Współczynnik przenikania ciepła U_c [W/(m ² K)]
N 8 kl.15	0,08	0,80	0,10	0,27	3,70
N 12 kl.15	0,12	0,76	0,16	0,33	3,05
N 15 kl.15	0,15	0,66	0,23	0,40	2,52
N 18 kl.15	0,18	0,55	0,33	0,50	2,01
N 18 kl.20	0,18	0,73	0,25	0,42	2,40
N 24.1 kl.15	0,24	0,55	0,44	0,61	1,65
N 38 kl. 15	0,24	0,69	0,35	0,52	1,93
N 24.1 kl.20	0,24	0,69	0,35	0,52	1,93
N 24/24 kl.15	0,24	0,70	0,34	0,51	1,95
NP 12 kl.20	0,12	0,91	0,13	0,30	3,31
NP 18 kl.20	0,18	0,71	0,25	0,42	2,36
NP 18A kl.20	0,18	0,91	0,20	0,37	2,72
NP 24 kl.20	0,24	0,69	0,35	0,52	1,93
NP 24/24 kl.20	0,24	0,68	0,35	0,52	1,91

Tabela 6. Wyniki obliczeń R, R_T i U_c dla Ekosilikatów.

Powyższe wyniki jednoznacznie wskazują, że Ekosilikaty nie mogą być stosowane bez dodatkowego ocieplenia w ścianach zewnętrznych budynków. Dlatego obliczenie współczynnika przenikania ciepła U_c Ekosilikatu może być tylko etapem służącym do obliczenia U_c całej przegrody. Przykładowe obliczenia dla ścian z Ekosilikatu (w przykładzie N18 kl.15) ocieplonych trzema różnymi materiałami izolacyjnymi znajdują się w poniższych tabelach:

Warstwa	Grubość warstwy [m]	Współczynnik λ warstwy [W/(mK)]	Opór cieplny R [(m ² K)/W]
R _{si}	-	-	0,13
Tynk cienkowarstwowy	0,007	0,82	0,01
Ekosilikat N18 kl.15	0,18	0,55	0,33
Styropian	0,20	0,044	4,55
Tynk wewnętrzny	0,015	0,82	0,02
R _{se}	-	-	0,04
R_T [(m²K)/W] =			5,07
U_c [W/(m²K)] =			0,20

Tabela 7. Przykładowe obliczenie współczynnika przenikania ciepła U_c dla ściany ocieplonej styropianem.

Warstwa	Grubość warstwy [m]	Współczynnik λ warstwy [W/(mK)]	Opór cieplny R [(m ² K)/W]
R _{si}	-	-	0,13
Tynk cienkowarstwowy	0,007	0,82	0,01
Ekosilikat N18 kl.15	0,18	0,55	0,33
Styropian grafitowy	0,15	0,031	4,84
Tynk wewnętrzny	0,015	0,82	0,02
R _{se}	-	-	0,04
R_T [(m²K)/W] =			5,36
U_c [W/(m²K)] =			0,19

Tabela 8. Przykładowe obliczenie współczynnika przenikania ciepła U_c dla ściany ocieplonej styropianem grafitowym.

Warstwa	Grubość warstwy [m]	Współczynnik λ warstwy [W/(mK)]	Opór cieplny R [(m ² K)/W]
R _{si}	-	-	0,13
Tynk cienkowarstwowy	0,007	0,82	0,01
Ekosilikat N18 kl.15	0,18	0,55	0,33
Wełna mineralna	0,15	0,03	5,00
Tynk wewnętrzny	0,015	0,82	0,02
R _{se}	-	-	0,04
R_T [(m²K)/W] =			5,52
U_c [W/(m²K)] =			0,18

Tabela 9. Przykładowe obliczenie współczynnika przenikania ciepła U_c dla ściany ocieplonej wełną mineralną.

Powyższe przykłady pokazują, że przy zachowaniu racjonalnej smukłości ściany wzniesionej z Ekosilikatu (w przykładzie jest to ok. 33 – 38 cm) można spełnić dość restrykcyjne wymogi obowiązujące od końca 2020 roku. Ekosilikaty N18 kl.15 i kl.20, a także NP18 kl.20 są odpowiednim materiałem do wznoszenia zewnętrznych ścian budynków pasywnych, (w których izolacja termiczna projektowana jest często na ok. 30 cm), ponieważ ich grubość jest mniejsza niż materiałów alternatywnych.

Izolacyjność cieplna całych budynków może być zdecydowanie słabsza niż wskazywałaby na to teoretyczna izolacyjność cieplna ich przegród, jeżeli dopuści się do powstania dużej ilości mostków cieplnych w budynkach. Mostki cieplne (termiczne) są miejscowymi (powierzchniowymi, liniowymi, punktowymi) lukami w jednorodności przegród, przez które ciepło migruje z większą łatwością niż przez resztę przegrody. Mostki cieplne odpowiadają w ten sposób za straty ciepła w ogrzewanym budynku i nadmierne wnikania ciepła do wnętrza w okresie letnim. Mostkami cieplnymi mogą być np. źle wykonane spoiny w murze, nieocieplone nadproża, połączenia murów, obwody osadzania stolarki okiennej i drzwiowej czy kratki wentylacyjne.

2.10.2. Akumulacja cieplna.

Akumulacja cieplna to proces polegający na przyjmowaniu (akumulowaniu) przez materiał pewnej ilości ciepła z otoczenia o podwyższonej temperaturze, jednocześnie materiał oddaje nagromadzone ciepło kiedy temperatura otoczenia zaczyna spadać.

Ekosilikaty to materiały o dużej gęstości, a to oznacza, że posiadają dużą pojemność cieplną, czyli potrafią zakumulować, a potem oddać stosunkowo dużą ilość ciepła. Taka cecha jest bardzo użyteczna ponieważ ułatwia zachowanie chłodu w budynku latem (dużo ciepła potrzeba aby nagrzać materiał) i ciepła w zimie (trudno taki materiał ochłodzić). Z tego powodu, budynki posiadające ściany z Ekosilikatów, a należy podkreślić, że ściany wewnętrzne również magazynują ciepło, wykazują tzw. stabilność cieplną. Stabilność cieplna pozwala ograniczyć stosowanie klimatyzacji w okresie letnim, a to samo jest już poważnym zyskiem energetycznym.

Trzeba zaznaczyć, że aby można było korzystać z wysokiej akumulacji cieplnej Ekosilikatów, budynki z nich wzniesione powinny być ocieplane od zewnątrz, ponieważ wtedy Ekosilikat może akumulować i oddawać ciepło do wnętrza budynku. Jeżeli wystąpi konieczność

wykonania ocieplenia wewnętrznego np. betonem komórkowym OD 200, to Ekosilikat będzie akumulował i oddawał ciepło na zewnątrz budynku.

2.10.3. Wilgoć.

Pod względem izolacyjności cieplnej przegrody, kolejność ułożenia w niej warstw nie ma żadnego znaczenia, co wynika ze wzoru na R_T . Jak wspomniano w poprzednim podrozdziale kolejność ta ma jednak znaczenie w kwestii wykorzystania zdolności akumulacyjnych Ekosilikatów, ale przede wszystkim ma to znaczenie pod względem wielkości i rodzaju kondensacji wilgoci.

Producentem wilgoci w budynkach jest przede wszystkim człowiek, który przygotowuje posiłki, pierze i suszy ubrania, myje się i oddycha. Pewna ilość wilgoci może być wchłonięta przez materiał ścienny, a następnie z niego oddana, na takiej samej zasadzie jak ciepło jest akumulowane i oddawane przez materiał. Taką cechę nazywamy poroprzepuszczalnością i jest ona stosunkowo wysoka w przypadku Ekosilikatów. Wysoka paroprzepuszczalność korzystnie wpływa na utrzymanie optymalnej wilgotności w budynku, czyli zapobieganiu przesuszeniu powietrza (alergia, trudności oddechowe) i zawilgoceniu (pleśń).

Pleśń może pojawić się na wewnętrznej stronie ściany (kilkudniowa podwyższona wilgotność w pomieszczeniu) jest wtedy widoczna dla użytkowników, najczęściej miejscem pojawienia się pleśni są mostki termiczne, na powierzchni których łatwo skrapla się para wodna. Pleśń może też pojawić się między warstwami przegrody. Wilgoć pojawia się wewnątrz przegrody najczęściej na styku warstw o dużej różnicy oporu dyfuzyjnego, np. na styku paroprzepuszczalnego Ekosilikatu i styropianu o wysokim oporze dyfuzyjnym. Należy jednak pamiętać, że aby do takiej sytuacji doszło wilgoć w pomieszczeniu musiałaby utrzymywać się na znacznie podwyższonym poziomie przez dłuższy czas, a wentylacja działać niepoprawnie. Warto też zaznaczyć, że aby móc korzystać z wysokiej paroprzepuszczalności Ekosilikatów należy poprawnie dobrać tynk wewnętrzny, który również będzie wysoko paroprzepuszczalny.

Współczynnik dyfuzji pary wodnej materiałów izolacyjnych powinien być deklarowany przez ich producentów i znajdować się na udostępnianych przez nich dokumentach.

2.11. Izolacyjność akustyczna.

Kwestia izolacyjności akustycznej przegród w budynkach stanowi jedno z bardzo istotnych zagadnień budownictwa mieszkaniowego, co wynika ze szkodliwego wpływu hałasu na zdrowie i samopoczucie człowieka i zwierząt. W celu zapewnienia komfortu życia w nowo wznoszonych budynkach wprowadzono wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej poszczególnych przegród.

Dla przykładu, według normy PN-B-02151-3:2015-10 ściana między mieszkaniami w budynku wielorodzinnym powinna wykazywać $R'_{A,1}$ nie mniejsze niż 50 dB, a ściana między budynkami w zabudowie bliźniaczej i szeregowej $R'_{A,1}$ nie mniejsze niż 55 dB.

Warto zaznaczyć, że izolacyjność akustyczna jest zagadnieniem złożonym i w rzeczywistości wciąż za mało poznany. Na izolacyjność akustyczną całego budynku składa się izolacyjność poszczególnych elementów składowych takich jak ściany, stropy, okna, drzwi, z uwzględnieniem rozmieszczonych w nich instalacji. W przypadku ściany wykonanej z Ekosilikatu na jej izolacyjność akustyczną wpływa izolacyjność akustyczna Ekosilikatu, izolacyjność akustyczna zastosowanej zaprawy, jakość wykonania muru (m.in. odpowiednia szerokość spoin), a także rozmieszczenie i zabezpieczenie instalacji kanalizacyjnej, wentylacyjnej, elektrycznej i grzewczej.

Prognozę izolacyjności akustycznej muru można określić za pomocą wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej $R'_{A,1}$, który podawany jest także w wyżej wymienionej normie. Współczynnik ten można oszacować poprzez wzór j):

$$j) R'_{A,1} = R_{A,1,R} - K_a \text{ [dB]},$$

gdzie : K_a - poprawka określająca wpływ bocznego przenoszenia dźwięków [dB]
 $R_{A,1,R}$ - wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej, projektowy [dB]

Poprawka K_a może być przyjmowana z tablic i jest zależna od parametrów przegrody rozdzielającej i przegród bocznych, a także geometrii pomieszczenia.

Wskaźnik $R_{A,1,R}$ można przyjąć na podstawie wzoru (k):

$$k) R_{A,1,R} = R_w + C - 2 \text{ [dB]},$$

gdzie : $C = (-1)$ lub (-2) [dB]
 R_w - ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej

Wskaźnik R_w charakteryzuje materiał, z którego wykonana jest przegroda, może być on wyznaczony na podstawie pomiaru laboratoryjnego bądź wyliczeń teoretycznych. Oporność elementu na dźwięki uderzeniowe wynika najczęściej z bezwładności masy materiału, czyli z trudnością wprowadzenia elementu o dużym ciężarze w wibrację.

Izolacyjność akustyczną wyrobu można oszacować na podstawie tzw. prawa masy. Wykorzystuje się w tym celu poniższą zależność (na podstawie *L. Dulak, Izolacyjność od dźwięków powietrznych i dźwięków uderzeniowych, Regulacje prawne, obliczenia i rozwiązania konstrukcyjne na przykładzie ścian z silikatów, Białe Murowanie, Warszawa 2016*) :

$$1) R_w = 37,5 \times \log m' - 42 \text{ [dB]},$$

gdzie m' – masa powierzchniowa przegrody [kg/m^2]

(najłatwiej przyjąć, że m' jest to iloczyn gęstości wyrobu, jego objętości i ilości wyrobów potrzebnych na wybudowanie 1 m^2 muru; tutaj obliczenia prowadzi się dla skrajnych gęstości dopuszczalnych dla danego asortymentu).

Wyniki obliczeń na podstawie wzoru 1 uważane są za „rozsądnie bezpieczną” metodę oszacowania wskaźnika izolacyjności akustycznej, to znaczy, że można spodziewać się pewnego niedoszacowania (nawet o kilka dB) wyników obliczeniowych względem wyników badań laboratoryjnych izolacyjności akustycznej.

Istnieją inne opracowania wzorów prowadzących do oszacowania izolacyjności akustycznej, a część z nich wykorzystywana jest w interaktywnych kalkulatorach. Poniżej znajduje się tabela z wynikami obliczeń dokonanych za pomocą wzoru 1 i jednego z ogólnodostępnych kalkulatorów budowlanych. Obliczenia te były prowadzone dla całego zakresu gęstości brutto w stanie suchym danego asortymentu.

Asortyment	Gęstość (ρ) min [kg/m^3]	Gęstość (ρ) max [kg/m^3]	Rw na podstawie obliczeń wg wzoru (1) [dB]		Rw na podstawie obliczeń przykładowego kalkulatora budowlanego (locja.pl) [dB]	
			ρ min	ρ max	ρ min	ρ max
N 38 kl.15	1270	1460	51	54	55	56
NP 24/24 kl.20	1480	1670	54	56	57	58
N 24/24 kl.15	1230	1420	51	53	54	56
NP 24 kl.20	1500	1690	54	56	57	58
N 24 kl.20	1260	1450	51	53	54	56

N 24 kl.15	1250	1440	51	53	54	56
NP 18A kl.20	1750	1940	52	53	55	56
NP 18 kl.20	1450	1640	49	51	52,5	54
N 18 kl.20	1310	1500	47	49	51	53
N 18 kl.15	1270	1460	46,5	49	51	53
NP 12 kl.20	1500	1690	43	45	48	49
N 12 kl. 15	1270	1460	40	42	45	47
N 8 kl. 15	1350	1540	34	36	41	42
NF1	1690	1880	44	46	48,5	50

Tabela 10. Wskaźnik izolacyjności akustycznej R_w obliczony za pomocą dwóch różnych sposobów dla skrajnych gęstości dopuszczalnych dla poszczególnych asortymentów.

Uważa się, że izolacyjność akustyczną przegrody podnosi zastosowanie tynku cementowo-wapiennego lub gipsowego o grubości min 10 mm.

3. Wznoszenie ścian z Ekosilikatów.

Ekosilikaty są materiałami o bardzo wysokiej wytrzymałości na ściskanie, małej nasiąkliwości, i dużej izolacyjności akustycznej, a produkowane są zgodnie z wąską tolerancją odchyłków wymiarowych. Z powodu swoich właściwości mogą być wykorzystywane do wznoszenia budynków jednorodzinnych, jak i wielokondygnacyjnych i do zabudowy szeregowej. Nadają się też do budowania ścian piwnicznych i fundamentowych. Mury z Ekosilikatów wznosi się w zgodzie z ogólnie przyjętą sztuką budowlaną i z normami EC6.

3.1. Spoiny.

Ekosilikaty mogą być murowane za pomocą zaprawy tradycyjnej jak i zaprawy do cienkich spoin. Spoina wypełniona zaprawą tradycyjną może mieć szerokość od 6 do 15 mm, nominalnie jest to 10 mm, natomiast tzw. cienka spoina powinna mieścić się w zakresie od 0,5 do 3 mm, nominalnie 2 mm (na podstawie PN-EN 1996-1-1+A1).

Podczas wznoszenia muru powierzchnia wsporna Ekosilikatu powinna być całkowicie i równomiernie pokryta zaprawą. Jeżeli Ekosilikat posiada pióro-wpust dopuszcza się niewypełnianie zaprawą spoin pionowych między powierzchniami czołowymi, ale należy pamiętać, że taka niewypełniona spoina (szczelina) nie powinna przekraczać 2 mm. Dlatego warto decyzyję o niewypełnianiu zaprawą powierzchni czołowych podjąć świadomie już na etapie projektowania.

Poprzez wypełnienie spoin pionowych rozumie się pokrycie powierzchni czołowej zaprawą na całej jej wysokości i w co najmniej 0,4 jej szerokości. Jeżeli podjęto decyzja o niewypełnianiu spoin pionowych z pióro-wpustem, należy zwrócić szczególną uwagę na dokładne dosunięcie do siebie elementów (≤ 2 mm), a co za tym idzie, jeżeli wyrób zostanie uszkodzony, np. w czasie transportu lub na placu budowy zostanie utracony fragment powierzchni czołowej, i po dosunięciu elementów powstanie szczelina większa niż 2 mm, to należy ją wypełnić zaprawą, a jeżeli szczelina będzie większa niż 3 mm, to można wypełnić ją jedynie zaprawą zwykłą. Bardzo ważną kwestią dotyczącą niewypełniania zaprawą spoiny pionowej jest poprawna metoda układania elementów w warstwie, to znaczy elementy z pióro-wpustem wsuwa się na siebie od góry (domkniecie się zamków, wpusty wchodzą w wypusty), natomiast niedopuszczalne jest dosuwanie wyrobów do siebie w poziomie i np. dobijanie ich młotkiem, jest to wykluczone ponieważ takie dosuwanie prowadzi do gromadzenia się zaprawy pokrywającej spoinę wsporną w spoinie czołowej, a dokładnie w jej dolnej części, co prowadzi do nieszczelności w spoinie czołowej, a także osłabia spoinę wsporną. Zaprawa zwykła powinna być stosowana zawsze, gdy konieczne jest niwelowanie nierówności, dlatego wykorzystuje ją się w czasie wznoszenia pierwszej warstwy muru. Wypełnienie szczelin pionowych jest też zalecane w murach fundamentowych, piwnicznych (siła naporu gruntu, zawilgocenie) i innych o zwiększonej ekspozycji na zawilgocenie.

Trzeba podkreślić, że wszelkie szacunki czy obliczenia dotyczące muru zawierają w sobie założenie, że jest on wykonany poprawnie, co nieodzownie łączy się z poprawnie wykonanymi spoinami. Niepoprawnie wykonany mur z Ekosilikatów, posiadający szerokie niewypełnione spoiny lub wypełnione źle dobraną zaprawą może posiadać cechy gorsze od przewidywanych na podstawie parametrów samych Ekosilikatów, dotyczy to przede wszystkim takich cech muru jak: izolacyjność cieplna, izolacyjność akustyczna, odporność ogniowa, nośność. Można pokusić się o stwierdzenie, że źle wykonana spoina jest pod wieloma względami punktowym osłabieniem muru.

Warto także zaznaczyć, że Ekosilikaty są przeznaczone do układania na tzw. płask, czyli ich wytrzymałość na ściskanie podawana w deklaracji właściwości użytkowej nie może być odniesiona do elementów ułożonych inaczej niż na powierzchniach wspornych.

3.2. Zaprawa murarskie.

Zaprawy murarskie stosowane przy wznoszeniu muru z Ekosilikatów powinny posiadać deklarację producenta o ich przydatności do murowania z wyrobów silikatowych. Przede wszystkim powinny być to zaprawy posiadające wystarczającą przyczepność do tych elementów murowych.

Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie jest wypadkową wytrzymałości materiału ściennego i zaprawy (wytrzymałość zaprawy do cienkich spoin jest zanedbywana). Uważa się, że wytrzymałość zaprawy powinna być mniejsza niż wytrzymałość materiału ściennego, co zapobiega pojawianiu się w murze niepożądanych naprężeń. Zaprawy murarskie zwykle określa się za pomocą klas, czyli litery M i liczby oznaczającej wytrzymałość na ściskanie danej zaprawy po 28 dniach twardnienia podawanej w MPa. Do wznoszenia murów z Ekosilikatów zaleca się stosowanie zapraw o klasie niższej niż M15 (15 MPa), a wydaje się, że optymalne zaprawy zawierają się w klasach od M5 do M10.

Zgodnie z normą PN-EN 771-2+A1 charakterystyczną początkową wytrzymałość na ścinanie spoiny deklaruje się na podstawie EN 998 -2:2010, Załącznik C. Wytrzymałość spoiny na ścinanie zależy od rodzaju zaprawy, dla zapraw ogólnego stosowania i zapraw lekkich jest to $0,15 \text{ N/mm}^2$, a dla zapraw do cienkich spoin jest to $0,30 \text{ N/mm}^2$, (są to informacje zawarte w Deklaracjach właściwości użytkowych Ekosilikatów).

3.3. Wznoszenie muru.

Kolosalne znaczenie dla jakości nowo powstałego muru ma jego pierwsza warstwa, wynika to z faktu, że jej ewentualne niedoskonałości będą się powielały i uwydatniały w kolejnych warstwach muru. Należy dołożyć maksymalnych starań do jej precyzyjnego wykonania czyli dokładnego wypoziomowania i zgodności z wytycznymi projektowymi. Do wykonania pierwszej warstwy muru zaleca się stosowanie zaprawy zwykłej, co umożliwi odpowiednie wyrównanie konstrukcji i niwelowanie nierówności. Nie zaleca się aby pierwsza warstwa muru wystawała poza krawędź fundamentu / stropu więcej niż 15 mm, aby nie doszło do przechylenia się warstwy muru na zewnątrz, chyba że projekt przewiduje korektę takiego zjawiska.

Zaleca się aby stawianie kolejnych warstw nastąpiło dopiero po stwardnieniu zaprawy w warstwie pierwszej, aby elementy murowe nie osiadły pod ciężarem wznoszonego muru. Górna powierzchnia każdej warstwy powinna być równa i oczyszczona z pyłu, a jest to szczególnie ważne przy zastosowaniu cienkich spoin. Zaprawę zaleca się nakładać za pomocą kielni lub skrzyni do zapraw. Należy pamiętać, że rozłożenie zaprawy na zbyt długim odcinku może doprowadzić do jej przedwczesnego wyschnięcia.

Kolejne warstwy należy łączyć w taki sposób, aby stanowiły jeden element konstrukcyjny. W tym celu wykorzystuje się tzw. przewiązanie murarskie, tzn. w kolejnych warstwach Ekosilikaty powinny nachodzić na siebie na długości, i to nie mniejszej niż 0,4 ich wysokości, (np. dla wyrobu o wysokości 220 mm, powierzchnie wsporne elementów w dwóch kolejnych warstwach muszą pokrywać się co najmniej na długości 88 mm).

Za optymalne uznaje się zachodzenie elementów w połowie ich długości, taki układ sprowadza się do tego, że wszystkie parzyste warstwy są identyczne pod względem ułożenia elementów murowych, tak samo jak wszystkie nieparzyste. Takie rozwiązanie jest możliwe jeżeli długości ścian zostaną wytyczone tak aby były krotnościami długości danego Ekosilikatu (250 mm lub 372 mm).

Bardzo ważne jest, aby kolejne warstwy były odpowiednio wypoziomowane, dlatego sugeruje się rozpoczęcie układania warstw od ułożenia elementów narożnych, częste kontrolowanie muru za pomocą poziomicy i stabilizowanie elementów po ułożeniu w warstwie za pomocą młotka gumowego.

Jeżeli Ekosilikaty miały by pełnić jedynie rolę wypełnienia w ścianie to należy pamiętać, że murowanie ścian wypełniających powinno zacząć się od najwyższej kondygnacji, a kończyć się na najniższej. Połączenie ścian wypełniających z konstrukcją powinno przebiegać zgodnie z projektem (często są to metalowe łączniki), a szczeliny między wypełnieniem a konstrukcją muszą zostać uszczelnione np. za pomocą wypełnień z materiałów trwale plastycznych.

Poprawnie wzniesiony mur powstaje zawsze dzięki pracy, wiedzy i doświadczeniu ekipy budowlanej i osób za budowę odpowiedzialnych, którzy m.in. obserwują jak zachowuje się zaprawa w spoinach pod wpływem ciężenia kolejnych warstw i decydują jak szybko może być wznoszony mur.

3.3.1. Docinanie elementów.

Niejednokrotnie aby można było wykonać poprawne wiązanie w murze konieczne jest przecinanie Ekosilikatów na budowie np. za pomocą szlifierki kątovej, gilotyny lub pilarki stołowej. Układając w warstwie docięty element należy pamiętać, że nowo powstała powierzchnia jest gładka, więc wymaga wypełnienia spoiny zaprawą, a szerokość tej szczeliny należy przewidzieć docinając element na odpowiednią długość.

3.4. Łączenie ścian.

Przestrzeń budynku jest wytyczana poprzez prostopadłe i ukośnie ustawione do siebie ściany. Przegrody te muszą być ze sobą ściśle połączone, tak by zachowana była szczelność całej konstrukcji i aby możliwe było przenoszenie obciążeń z jednej przegrody na drugą (ściany nośne).

Zalecanym sposobem łączenia ścian wykonanych z Ekosilikatów jest wykorzystanie przewiązania murarskiego z wykorzystaniem całych lub dociętych elementów. Przewiązanie murarskie łączące ścianę powinno powstać zgodnie z takimi zasadami jak zawsze tzn. elementy powinny nachodzić na siebie na długości równej co najmniej 0,4 ich wysokości, a najlepszym rozwiązaniem było by mijanie się ich w połowie.

Łączenie ścian za pomocą przewiązania oznacza, że wszystkie stykające się ściany muszą być budowane jednocześnie. W sytuacji, w której projekt zakłada niejednoczesne wznoszenie ścian nie jest możliwe ich łączenie za pomocą przewiązania. Najczęściej dotyczy to łączenia nienośnych ścian działowych z wcześniej wzniesionymi nośnymi ścianami zewnętrznymi. Łączenie takie zaleca się wykonać za pomocą łączników metalowych (prostych bądź kątowych), kątowników przytwierdzonych wzdłuż całej wysokości ściany lub poziomego zbrojenia w spoinach wspornych obydwu ścian. Przy wykorzystaniu metalowych łączników lub zbrojenia należy pamiętać aby były one umieszczane zawsze w zaprawie, tzn. bez ich bezpośredniego styku z Ekosilikatem.

Ściany działowe mogą mieć inną grubość, a nawet wytrzymałość i gęstość niż ściany nośne, tzn. nie ma zastrzeżeń do wykonania np. ścian nośnych budynku z Ekosilikatu N24.1 kl. 20, a ścian działowych z Ekosilikatu N18 kl.15. Pewne kontrowersje budzi natomiast łączenie zupełnie różnych materiałów ściennych i to w obszarze jednej kondygnacji, ponieważ materiały te mogą inaczej się odkształcać, a przez to doprowadzać do powstawania rys w ścianach. Ryzyko tego

zjawiska jest tym większe im większe są różnice we właściwościach materiałów ściennych tak jak w przypadku betonu komórkowego (gęstość $580 \pm 50 \text{ kg/m}^3$, wytrzymałość na ściskanie $\geq 3 \text{ MPa}$ i $\lambda \leq 0,17 \text{ W/(mK)}$) i Ekosilikatów (np. N24/24 kl.15 ma gęstość w zakresie $1230 - 1420 \text{ kg/m}^3$, wytrzymałość na ściskanie $\geq 16,3 \text{ MPa}$ i $\lambda \leq 0,70 \text{ W/(mK)}$). Dlatego należy podkreślić, że takie rozwiązanie, choć dopuszczalne, musi być gruntownie przemyślane jeszcze na etapie tworzenia projektu danego budynku i uwzględniać między innymi fundamenty, które nie ulegną odkształceniu pod ciężarem obu materiałów i zastosowanie metod niwelujących ryzyko pojawienia się rys w ścianach. Kuszającą perspektywą jest zastosowanie betonu komórkowego o niskim współczynniku przenikania ciepła w zewnętrznych ścianach nośnych, a silikatów o wysokiej izolacyjności akustycznej i bezwładności cieplnej w ścianach działowych. Taka koncepcja jest dopuszczalna, ale nie za wykorzystaniem przewiązania murarskiego (obniżenie izolacyjności termicznej ściany zewnętrznej). Zaleca się wykorzystanie metalowych łączników bądź kątowników. Wygięty pod kątem prostym metalowy łącznik powinien być przytwierdzony do ściany nośnej z betonu komórkowego za pomocą specjalnych gwoździ, drugą część łącznika należy zatopić w spoinie wspornej ściany działowej z Ekosilikatu.

3.5. Wpływ warunków pogodowych.

Decyzja o rozpoczęciu murowania spoczywa na osobie odpowiedzialnej za budowę. Niemniej jednak warto podkreślić, że niedostosowanie się do warunków pogodowych może mieć znaczny wpływ na osłabienie muru.

Jeżeli prace budowlane prowadzone są w wysokich temperaturach należy nie dopuścić do zbyt szybkiego wysychania muru, w tym celu można zwilżać powierzchnie wsporne Ekosilikatów przed ich ułożeniem czy osłaniać mur przed promieniem słonecznym.

Prace budowlane w niskich temperaturach powinny być prowadzone z wykorzystaniem sposobów na zachowanie ciepła w murze (np. maty termoizolacyjne) lub jego czynne ogrzewanie (np. nagrzewnice powietrzne). Warto też rozważyć stosowanie zapraw szybkowiązujących.

Nie można wznosić muru z wyrobów przemarzniętych i zawilgoconych, ani układać kolejnych warstw muru jeżeli jest on przemarznięty.

Mur w czasie jego budowy, a zwłaszcza w przerwach między pracami, powinien być chroniony przed czynnikami atmosferycznymi, zarówno przed promieniowaniem słonecznym (nadmierne wysychanie zaprawy) jak i przed opadami, wiatrem i mrozem (złe wiązanie zaprawy).

3.6. Zbrojenie muru.

W obszarach muru z Ekosilikatów, w których zgodnie z przewidywaniem mogą pojawić się rysy (miejscowy wzrost naprężeń) wskazane jest wykonanie zbrojenia w spoinach wspornych.

Do zbrojenia spoin wspornych należy używać specjalnych zbrojeń dedykowanych do tego celu przez ich producenta (m.in. odpowiedni rodzaj stali). Dobierając zbrojenie należy zwrócić uwagę na to czy jest ono konstrukcyjne tzn. przystosowane do pełnienia funkcji nośnej w murze, czy niekonstrukcyjne tzn. nie będzie mogło pełnić funkcji nośnej, ale może ograniczać pojawianie się rys w murze.

Należy zawsze pamiętać, że zbrojenie powinno być całkowicie zatopione w zaprawie i nie dotykać bezpośrednio Ekosilikatu. Norma EN-PN 1996-1-1+A1 wskazuje, że zbrojenie w spoinie wspornej wykonanej na zaprawie zwykłej powinno być otulone zaprawą na grubości 15 mm liczonej od lica ściany (z obu stron), innymi słowy: 15 mm zaprawy powinno dzielić zbrojenie od lica ściany; a wysokość spoiny powinna być co najmniej o 5 mm większa niż średnica zbrojenia, tzn. grubość zaprawy nad i pod zbrojeniem powinna wynosić średnio ok. 2,5 mm. Poradnik *Rozszerzenie podstaw naukowych ustaleń Eurokodu 6 „Projektowanie konstrukcji murowych”*, Tom 2, ITB, Warszawa 2008 podaje, że w przypadku cienkich spoin zbrojenie powinno być oddzielone od lica ściany o co najmniej 20 mm, a warstwa zaprawy nad i pod zbrojeniem powinna wynosić nie mniej niż 1 mm, a cała spoina, co do zasady, powinna mieć grubość ok. 3 mm.

Obszarem ściany, na który warto zwrócić szczególną uwagę ze względu na ryzyko pojawienia się rys są okolice otworów (okna, drzwi). Zaleca się ułożenie zbrojenia poziomego w 2 - 3 kolejnych spoinach wspornych pod każdym otworem, przy czym zbrojenie powinno obejmować cały pas podokienny i wystawać poza krawędzie otworu z jego prawej i lewej strony na 50 - 80 cm. Według Poradnika *Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych, Część A Roboty ziemne i konstrukcyjne, Zeszyt 3 Konstrukcje murowe*, ITB, Warszawa 2015, w przypadku dużych otworów (szerokość $\geq 2,5$ m) nie ma konieczności wypełnienia zbrojeniem całego pasu podokiennego, natomiast długość zbrojenia powinna być zróżnicowana tzn. zbrojenie w spoinie

wspornej bezpośrednio pod otworem powinno wystawać poza krawędź otworu na 50 – 80 cm i w takiej samej długości znajdować się pod samym otworem, natomiast zbrojenie w kolejnych warstwach powinno się stopniowo wydłużać tak by fikcyjna linia łącząca zakończenia zbrojenia leżała pod kątem 45° do poziomu.

3.7. Nadproża.

W murach wykonanych z Ekosilikatów można wykorzystywać różnego rodzaju nadproża: wykonywane na miejscu budowy (murowe ze zbrojeniem lub monolityczne), prefabrykowane (wykorzystujące korytkowe kształtki murowe, złożone, zespolone). Przy wykorzystaniu gotowych, prefabrykowanych rozwiązań należy stosować się do zaleceń ich producentów.

Nadproża na ich długości i szerokości powinny być oparte na wypoziomowanej zaprawie, a nadproża murowe i zespolone należy podpieierać aż do czasu uzyskania przez nie zamierzonej wytrzymałości.

Poradnik *Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych, Część A, Roboty ziemne i konstrukcyjne, Zeszyt 3, Konstrukcje murowe, ITB, Warszawa 2015* wskazuje, że minimalne dopuszczalne oparcie nadproża nad otworem może wynosić 10 cm. Wyjątkiem jest sytuacja, w której zbrojenie nośne nadproża ułożone jest na długości minimum 20 cm w betonie w miejscu wbudowania, wtedy minimalne oparcie nadproża może wynosić 5 cm. Co do ścian szczelinowych, oparcie nadproża powinno sięgać przynajmniej 5 cm poza element zamykający szczelinę wewnętrzną.

3.8. Oparcie stropu.

Ściany wymurowane z Ekosilikatów mogą być oparciem dla wszystkich rodzajów stropów. Przy wykorzystaniu gotowych rozwiązań, takich jak np. stropy gęstożebrowe, płyty typu filigran, płyty kanałowe czy też inne prefabrykowane i półprefabrykowane systemy stropowe należy stosować się do wytycznych ich producentów.

Norma PN-EN 1996-1-1 mówi wyraźnie, że opierane na ścianach stropy i dachy muszą mieć zapewnioną pewną konieczną długość przekazywania obciążenia, która pozwoli na zapewnienie wymaganej nośności na obciążenia pionowe i na ścinanie, uwzględniając także

tolerancję produkcji i montażu wszystkich elementów. Dokonanie obliczenia minimalnej długości oparcia stropu powinno uwzględniać rodzaj podpory (ściana z Ekosilikatów); rodzaj, rozpiętość i obciążenie stropu. Producenci systemów stropowych często podają wymaganą „bezpieczną” minimalną długość oparcia ich stropu bez rozróżniania ze względu na jego rozpiętość czy obciążenie. Na etapie projektu należy zwrócić uwagę czy wymagane długości oparcia stropu nie są większe niż grubość samej podpory, dotyczy to głównie wewnętrznych ścian nośnych, na których strop musi oprzeć się z jednej i drugiej strony.

Ekosilikaty są materiałami o wysokiej wytrzymałości dlatego nie ma potrzeby wykonywania tzw. podmurówki tzn. zastąpienia w miejscu oparcia stropu Ekosilikatów materiałami o jeszcze wyższej klasie wytrzymałości. Natomiast zaleca się, aby stropy prefabrykowane były opierane nie bezpośrednio na murze, ale na warstwie wyrównawczej z zaprawy cementowej pełniącej roli „poduszki”, która ułatwia równomierne rozłożenie naprężeń na całej powierzchni podparcia stropu (uniknięcie występowania obciążeń skupionych). Stropy monolityczne i gęstożebrowe mogą być układane bezpośrednio na murze.

Ważnym aspektem konstrukcyjnym jest utrzymanie odpowiedniej sztywności stropów, co zapobiega pojawianiu się zarysowań na ścianach, ma to szczególne znaczenie gdy na stropie mają stać ściany działowe. Na sztywność stropu wpływają wszystkie aspekty składające się na jego poprawne wykonanie, zwłaszcza jego właściwe zbrojenie i zapewnienie odpowiedniego podparcia stropu na czas jego montażu i betonowania.

3.9. Wieniec stropowe.

Wieniec stropowy to obwodowy ściągi stanowiący strefę przypodporową stropu, w dużej mierze decyduje o stabilności budynku. Wieniec znajduje się na poziomie stropu lub bezpośrednio pod nim (tzw. wieniec opuszczony). Wieniec ma za zadanie zagwarantować zwartość budynku, wyrównać różnice odkształceń wynikające z odmiennych modułów sprężystości poszczególnych segmentów i nierównomiernego osiadania, jest on także elementem konstrukcyjnym. Według normy PN-EN 1996-1-1 ściągi obwodowe mogą być wykonane nie tylko z żelbetu (wieniec żelbetowy), ale także stali czy drewna, muszą być natomiast zdolne do przenoszenia rozciągającej siły obliczeniowej równej co najmniej 45 kN. Norma ta mówi także, że ściągi żelbetowe powinny zawierać przynajmniej dwa pręty zbrojenia o minimalnym przekroju 150 mm².

Poprawne wykonanie wieńca oznacza także zadbanie o jego ocieplenie. Wieniec wykonany z żelbetu posiada wysoki współczynnik przewodzenia ciepła, a to oznacza, że bez odpowiedniej izolacji termicznej ciepło może przez niego łatwo migrować i cały wieniec może stanowić mostek termiczny.

3.10. Dylatacje.

Dylatacja w murze jest przerwą, która przedziela mur na fragmenty, dzięki czemu amortyzuje odkształcenia muru i zapobiega jego uszkodzeniom.

Przerwy takie, rekompensujące działanie odkształceń wywołanych obciążeniami pionowymi i poziomymi, pełzaniem, przemieszczeniem czy wpływami termicznymi i wilgotnościowymi, powinno się umieścić w murze z zachowaniem pełnej integralności ściany.

Dylatacje powinny przebiegać przez całą grubość przegrody lub zewnętrznej warstwy ściany szczelinowej, a w ich projektowaniu należy uwzględnić także elementy umożliwiające poślizg między segmentami konstrukcji.

Na podstawie PN-EN 1996-2 można stwierdzić, że pozioma odległość między dylatacjami pionowymi ścian działowych powinna być mniejsza od: 8 m w przypadku warstw licowych ścian szczelinowych; 30 m w przypadku warstw wewnętrznych ścian szczelinowych; 25 m dla ścian jedno i dwuwarstwowych z wypełnionymi spoinami pionowymi; 20 m dla ścian jedno i dwuwarstwowych z niewypełnionymi spoinami pionowymi.

W przypadku zastosowania zbrojenia we wszystkich spoinach wspornych norma PN-EN 1996-2:2006 dopuszcza zwiększenie odległości między dylatacjami w ścianach działowych o 20%.

Poradnik *Rozszerzenie podstaw naukowych ustaleń Eurokodu 6 „Projektowanie konstrukcji murowych” Komentarz naukowo-badawczy do PN-EN-1996-1-1:2008, PN-EN 1996-2:2008 i PN-EN 1996-3:2008, Tom 2, ITB, Warszawa 2008* wskazuje, że pozioma dylatacja w ścianach zewnętrznych powinna być umieszczana co najmniej co dwie kondygnacje (przy kondygnacjach nie wyższych niż 3,6 m). Poradnik ten zaleca także, podobnie jak PN-EN 1996-2, rozważenie możliwości zastosowania dylatacji pionowych w ścianach nośnych, ale bez podania dokładnych wytycznych dotyczących rozstawu dylatacji.

Dobór wypełnienia dylatacji powinno się uzależnić od wymagań dotyczących ognioodporności, w zależności od tego może to być wełna mineralna czy kit trwale plastyczny. Dylatacje należy uszczelniać, aby uniknąć penetracji wody z zewnątrz, ze względów wizualnych mogą być one zakrywane różnego rodzaju listwami.

3.11. Wnęki i bruzdy.

Kwestia wykonania wnęk i bruzd w ścianach wzniesionych z Ekosilikatów jest zazwyczaj powiązana z umieszczeniem w murze instalacji, a zwłaszcza instalacji elektrycznych. Niektóre Ekosilikaty posiadają przelotowe otwory, które mogą posłużyć do przeciągnięcia instalacji elektrycznej, trzeba jednak przyznać, że wzniesienie muru w taki sposób by otwory nachodziły na siebie jest trudne i może dodatkowo negatywnie wpływać na szczelność i izolacyjność akustyczną ściany. Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem wydaje się układanie instalacji w warstwie tynku, dopuszcza się również umieszczenie przewodów w bruzdach wykonanych w ścianie. Bruzdy takie nie powinny przechodzić przez nadproża i wieńce (unikanie pogorszenia stateczności ściany), a także przez zbrojone elementy (uszkodzenie zbrojenia lub jego otuliny). Norma PN-EN 1996-1-1+A1 podaje szczegółowo wymiary wnęk i bruzd poziomych i pionowych, których wpływ na nośność ściany jest pomijalny. W każdym innym przypadku należy przeprowadzić odpowiednie obliczenia nośności na obciążenia pionowe, ścinanie i zginanie zredukowanej ściany. Należy pamiętać, że głębokość bruzd i wnęk oznacza głębokość najbardziej wsuniętego punktu w obszarze całego powstałego otworu.

Grubość ściany [mm]	Bruzdy i wnęki pionowe wykonane w gotowym murze		Bruzdy i wnęki pionowe wykonane w czasie wznoszenia muru	
	Max głębokość [mm]	Max szerokość [mm]	Min dopuszczalna grubość ściany [mm]	Max szerokość [mm]
85 - 115	30	100	70	300
116 - 175	30	125	90	300
176 - 225	30	150	140	300
226 - 300	30	200	215	300

Tabela 11. Tabela na podstawie PN-EN 1996-1-1+A1 rozdział 8.6.

Dodatkowo według wyżej wymienionej normy :

- bruzdy pionowe w ścianie o grubości ≥ 225 mm, niewychodzące powyżej $1/3$ wysokości ściany nad stropem mogą mieć max głębokość 80 mm i max szerokość 120 mm;
- odległość między sąsiednimi bruzdami pionowymi nie może być mniejsza niż 225 mm;
- odległość między sąsiednimi wnękami (po jednej lub po obu stronach muru) nie może być mniejsza niż dwukrotna szerokość szerszej z dwóch wnęk;
- łączna szerokość pionowych wnęk i bruzd w ścianie powinna być mniejsza niż $0,13$ długości samej ściany.

Dla bruzd poziomych i ukośnych:

Grubość ściany [mm]	Max głębokość bruzd poziomych ukośnych [mm]	
	Długość bez ograniczeń	Długość ≤ 1250 mm
85 - 115	0	0
116 - 175	0	15
176 - 225	10	20
226 - 300	15	25

Tabela 12. Tabela na podstawie PN-EN 1996-1-1+A1 rozdział 8.6.

Przy czym według PN -EN 1996-1-1+A1:

- bruzdy poziome i ukośne powinny znajdować się do $1/8$ wysokości ściany (nad lub pod stropem);
- odległość między końcem bruzdy a otworem może być ≥ 500 mm;
- odległość pozioma między bruzdami o ograniczonej długości (po jednej lub obu stronach ściany) może być \geq dwukrotnej długości bruzdy dłuższej;
- w ścianach o grubości ≥ 150 mm bruzdy wycinane maszynowo mogą mieć głębokość zwiększoną o 10 mm, a w ścianach o grubości ≥ 225 mm bruzdy takie mogą znajdować się po obu stronach ściany;
- szerokość żadnej bruzdy nie może przekraczać połowy grubości ściany w danym miejscu.

Dodatkowo warto podkreślić, że przy układaniu instalacji w murze (elektryczna, wodociągowa, kanalizacyjna) należy maksymalnie ograniczyć możliwość przenoszenia drgań na

samą ścianę, co zapobiegnie osłabieniu izolacyjności akustycznej przegrody. Ważnym elementem takiego działania jest wypełnienie wolnych przestrzeni w brzdach po ułożeniu instalacji.

3.12. Wykończenie muru.

Ściany wykonane z Ekosilikatów mogą być pozostawione bez wykończenia, ale zaleca się wtedy zwrócenie szczególnej uwagi na precyzję i staranność wykonania muru.

Do tynkowania ścian z Ekosilikatów warto wykorzystać tynki dedykowane wyrobom silikatowym, które mogą być nakładane ręcznie bądź maszynowo. W czasie tynkowania należy stosować się do wytycznych producenta zaprawy tynkarskiej. Przed rozpoczęciem tynkowania ściana powinna być dokładnie oczyszczona, a w okresie letnim warto rozważyć jej zwilżenie. Dobra praktyką jest nie rozpoczynanie tynkowania zaraz po oddaniu stanu surowego, ale wstrzymanie się jakiś czas (nawet kilka miesięcy), aby budynek zdążył się osuszyć i zakończyła się zasadnicza faza jego osiadania.

Dobierając zaprawę tynkarską do mury wykonanego z Ekosilikatu warto zdecydować się na taką, która posiada wysoką paroprzepuszczalność, dzięki temu można będzie wykorzystać dobrą paroprzepuszczalność samych Ekosilikatów.

4. Odbiór robót murowych.

Mury wykonane z Ekosilikatów powinny być wykonane zgodnie z wymaganiami norm EC6 i ogólnie przyjętą sztuką budowlaną. Odbiór robót murowych powinien nastąpić po ich zakończeniu, ale przed rozpoczęciem prac tynkarskich. Warto także przeprowadzać odbiory częściowe, co umożliwi szybszą korektę ewentualnych błędów. Odbiór robót murowych obejmuje w skrócie:

- zgodność konstrukcji i zastosowanych materiałów budowlanych z dokumentacją projektową;
- prawidłowość wiązania elementów murowych;
- prawidłowość wykonania spoin (ich grubość i wypełnienie);
- poprawność doboru i zastosowania zbrojenia;

- sprawdzenie odchylenia muru od pionu (dopuszcza się +/- 20 mm odchylenia na każdej kondygnacji; przy budynkach powyżej trzech kondygnacji dopuszcza się +/- 50 mm odchylenia);
- sprawdzenie przesunięcia w pionie jednej kondygnacji względem drugiej (dopuszcza się +/- 20 mm odchylenia);
- sprawdzenie odchylenia od poziomu (dopuszcza się +/- 10 mm odchylenia na każdym metrze i +/- 50 mm odchylenia na 10 metrach);
- sprawdzenie odchylenia powierzchni muru od płaszczyzny (dopuszcza się +/- 10 mm odchylenia na dwóch metrach);
- sprawdzenie grubości warstwy ściany (dopuszcza się odchylenie +/- 5 mm lub 5 % grubości warstwy, za miarodajną uważana jest wartość większa; w przypadku ściany szczelinowej dopuszcza się +/- 10 mm odchylenia);
- sprawdzenie kątów pomiędzy płaszczyznami dwóch sąsiednich murów (+/- 1 mm odchylenia);
- prawidłowość wykonania bruzd i wnęk;
- prawidłowość wykonania ścianek działowych (zwłaszcza ich połączenie ze ścianami nośnymi);
- prawidłowość wykonania nadproży,
- prawidłowość wykonania przerw dylatacyjnych;
- prawidłowość osadzenia stropów na murze

Wszystkie wyżej wymienione dopuszczalne odchyłki zaczerpnięte są z normy PN - EN 1996 - 2.

Można podejrzewać, że jednym z najczęściej spotykanych błędów popełnianych w czasie wznoszenia muru z Ekosilikatów jest niepoprawne wykonanie spoin i doprowadzenie do pojawienia się szczelin w murze. Błąd ten prowadzi do znacznego obniżenia rzeczywistych właściwości muru względem tych jakie mogą być przewidywane na podstawie właściwości użytkowych samych Ekosilikatów, dlatego zaleca się dołożenie wszelkich starań co do poprawności wykonania spoin w murze.

5. Podsumowanie.

Ekosilikaty to materiały ściennie:

- o jednej z najwyższych wytrzymałości na ściskanie spośród materiałów murowych; produkowane w klasach 15 i 20 (dla porównania beton komórkowy produkowany jest w klasach 1,5 – 4);
- o znakomitej izolacyjności akustycznej, która pozwala na wznoszenia z Ekosilikatów smukłych ścian spełniających wysokie wymagania dotyczące izolacji akustycznej (np. ściany między mieszkaniami);
- produkowane w restrykcyjnej tolerancji wymiarowej, dzięki czemu mogą być wykorzystane do wznoszenia ścian za pomocą zaprawy zwykłej, ale także zaprawy do cienkich spoin;
- wyposażone w pióro-wpusty, dzięki którym istnieje możliwość niewypełniania zaprawą spoin pionowych w murach wznoszonych z Ekosilikatów (oszczędności na zaprawie i czasie pracy);
- o najwyższej odporności ogniowej A1;
- przeznaczone do murowania ścian zewnętrznych z przewidzianą izolacją termiczną;
- wykazujące bardzo wysoką zdolność do akumulacji ciepła, co sprawia, że są cenionym materiałem do budowy domów pasywnych i energooszczędnych;
- o stosunkowo niskiej nasiąkliwości, co w połączeniu z ich wysoką wytrzymałością sprawia, że Ekosilikaty są znakomitym materiałem na ściany piwnic;
- o dobrej paroprzepuszczalności;
- ulegające całkowitemu recyklingowi;
- produkowane tylko z naturalnych składników, takich jak piasek, wapno i woda;