



Projekt A 0211d2 Inicjatywa na rzecz przedsiębiorczości Romów KXETANES-RAZEM
Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego

Marcin Kowalik

**Nowoczesne technologie robót
budowlanych
w budownictwie jednorodzinym**

W ramach szkoleń specjalistycznych
i zawodowych dla społeczności romskiej

Tarnów 2008



Koordinator Projektu:
Małopolska Wyższa Szkoła
Ekonomiczna w Tarnowie

1. WPROWADZENIE	5
2. PODSTAWOWE POJĘCIA TERMINOLOGICZNE	9
3. Ciepłe domy z bali drewnianych	10
3.1. Wstęp	10
3.2. Domy z Finlandii	11
4. Ciepłe domy w systemie RBS - Royal Building System	13
4.1. Wstęp	13
4.2. Charakterystyka	13
4.3. Fundamenty	14
4.4. Ściany zewnętrzne i wewnętrzne	14
4.5. Strop	16
4.6. Dach	16
4.7. Podsumowanie	16
5. Ciepłe domy wapienno-piaskowe	17
5.1. Wstęp	17
5.2. Technologia produkcji	18
5.3. Charakterystyka silikatów	18
5.3.1. Wytrzymałość i mrozoodporność	18
5.3.2. "Ciepła ściana"	18
5.3.3. Mała tolerancja wymiarowa	19
5.3.4. Ekologia	19
5.3.5. Mikroklimat pomieszczeń	20
5.3.6. Wysoka ochrona przed hałasem	20
5.3.7. Ognioodporność	20
5.4. Ściany	20
5.5. Asortyment	21
6. Ciepłe domy z bloczków gipsowych	21
6.1. Wstęp	21
6.2. Charakterystyka	22
6.3. Przegląd systemów	23
6.3.1. System R	23

6.3.2. W systemie SOVA	23
6.3.3. W systemie KR.....	24
6.3.4. W systemie K.....	25
6.3.5. System EKO GIPS	25
7. Ciepłe domy z cegieł i pustaków ceramicznych	31
7.1. Wstęp	31
7.2. Charakterystyka elementów ceramicznych	31
7.3. Kształty cegieł i pustaków	32
7.4. Ściany jednowarstwowe	32
7.5. Ściany dwuwarstwowe	33
7.6. Ściany trójwarstwowe.....	33
7.7. Ściany cztero warstwowe	33
7.8. Ceramika ekologiczna.....	34
7.9. Ciepła ceramika Porotherm.....	34
8. Ciepłe domy z bloczków keramzytowych.....	36
8.1. Wstęp	36
8.2. Charakterystyka	37
8.3. System Optiroc Blok	38
8.3.1. Doskonała termoizolacja i optymalny klimat w domu.....	38
8.3.2. Komfort i zdrowie.....	39
8.3.3. Wytrzymałość i bezpieczeństwo	39
8.3.4. Oszczędność i łatwość budowania	39
9. Ciepłe domy z betonu komórkowego.....	42
9.1. Wstęp	42
9.2. Charakterystyka betonu komórkowego	42
9.3. Zalety i wady betonu komórkowego	43
9.4. Wznoszenie ścian	44
9.5. Ściany jednowarstwowe	44
9.6. Ściany wielowarstwowe	46
10. Ciepłe domy ze styropianu	47
10.1. Wstęp	47

10.2. Dlaczego nie budujemy ze styropianu?	48
10.3. Technologia	49
10.4. Porównanie kalkulacji - przykład:	49
10.6. Budowa i metody montażu	51
10.7. Fakty i opinie.....	52
10.8. System szybkiego budowania kern-haus	53
11. Ciepły dom z kształtek wiorobetonowych.....	58
11.1. Wstęp	58
11.2. Kształty i wymiary	59
11.3. Korozja biologiczna.....	60
11.4. Izolacyjność termiczna	60
11.5. Technologia wznoszenia.....	60
12. Ciepłe domy na lekkim szkieletcie stalowym	62
12.1. Opis systemu	62
13 Analiza ekonomiczna - koszt wykonania budynku w stanie surowym w wybranych systemach.....	67
13.1 Dane konstrukcyjno-budowlane:	67
<i>Ściany nadziemia</i>	68
<i>Stropy</i>	69
13.2 Porównanie kosztów (netto) wybranych robót budowlanych dla całego domu.....	70
14. Zestawienie kosztów wykonania 1 m ² ściany w różnych systemach.....	73
<i>KALKULACJA NR 1</i>	74
<i>KALKULACJA NR 2</i>	74
<i>KALKULACJA NR 3</i>	75
<i>KALKULACJA NR 4</i>	75
<i>KALKULACJA NR 5</i>	76
<i>KALKULACJA NR 6</i>	76
<i>KALKULACJA NR 7</i>	76
<i>KALKULACJA NR 8</i>	77
Literatura.....	78
Literatura:	78
Witryny internetowe:	79
Miesięczniki:	79

1. WPROWADZENIE

Rozwój budownictwa mieszkaniowego uwarunkowany jest wprowadzeniem nowego, pogłębionego sposobu analizy kosztów oraz nowego podejścia do projektowania i technologii budowy. W tej sytuacji niezwykle ważnymi elementami, obok walorów funkcjonalnych i estetycznych, są koszty budowy, (które z reguły pokrywane są wysoko oprocentowanymi kredytami bankowymi) oraz koszt eksploatacji, w tym głównie koszty energii.

Bez radykalnych udoskonaleń w zakresie materiałochłonności, transportochłonności, pracochłonności, energochłonności (zarówno realizacyjnej, jak i eksploatacyjnej) w budownictwie koszty 1m² będą tak wysokie, że tylko nieliczni stać będą na własne mieszkanie. Na przestrzeni ostatnich kilku lat koszty budowy domów jednorodzinnych, a także mieszkań w budynkach wielorodzinnych, oraz koszty ich utrzymania wzrosły bardzo dotkliwie i zwiększają się nadal.

Aby przybliżyć problem skali kosztów, warto uświadomić sobie, co składa się na koszt wybudowania domu. Płacimy za robociznę, za materiały i wyroby budowlane, pokrywamy koszty pracy sprzętu, a także pokrywamy pokaźną grupę kosztów pośrednich. Mówiąc o globalnych kosztach budowy nie sposób obecnie pominąć kosztów związanych z pozyskaniem terenu (działki budowlanej) i jego uzbrojeniem.

Z tych powodów coraz powszechniej stosujemy nowe, lepsze i względnie tanie rozwiązania, określane ogólnie mianem lekkiego, energooszczędnego budownictwa.

Co trzeba zrobić, żeby wybudować dom jak najtaniej? Przede wszystkim zadbać o odpowiedni projekt. Przy powstawaniu nowych, ekonomiczniejszych rozwiązań projektanci mają coraz częściej do dyspozycji komputerowe programy do symulacji zmian energetycznych zachodzących zarówno w projektowanym budynku, jak i w jego otoczeniu. Przy tego rodzaju symulacji można uwzględnić kształt i wysokość budynku, jego usytuowanie w stosunku do stron świata, cechy fizyczno-mechaniczne ścian i stropów, systemy ogrzewania i odzysku ciepła, zakładany mikroklimat, a także kierunki najczęściej wiejących wiatrów, ukształtowanie terenu itd.

Poszukując rozwiązania tańszego, można ogólnie stwierdzić, że każde z rozwiązań będzie tańsze i ekonomiczniejsze w budowie i eksploatacji od tradycyjnych.

W zakresie spraw związanych bezpośrednio z projektem względnie tanio zaprojektowany dom to budynek bez podpiwniczenia (w ostateczności z częściowym, płytkim podpiwniczeniem), o powierzchni użytkowej 85-100 m). Bryła budynku powinna być zwarta, bez zbytnich rozczłonkowań, dach dostosowany kształtem do regionalnych tradycji, z w pełni użytkowym poddaszem, tj. przeznaczonym na cele mieszkalne.

Następna grupa problemów to tańszy stan surowy, poczynając od fundamentów, a kończąc na więźbie dachowej. Tanie w wykonawstwie fundamenty to takie, które wymagają minimalnych robót ziemnych i betonowych oraz żadnych ciesielskich. Względnie tanie ściany zewnętrzne to takie, które przy ich budowie nie wymagają wysoko kwalifikowanych murarzy, w których nie występują specjalne metalowe łączniki, w których liczba elementów na 1m² jest jak najmniejsza, a wymagany współczynnik k osiąga się przy minimalnym zużyciu materiałów termoizolacyjnych oraz zaprawy. Tanie stropy to takie, które charakteryzują się najmniejszym z możliwych zużyciem stali, betonu oraz drewna, wykorzystywanego w trakcie jego wznoszenia.

Tania konstrukcja dachu - w grupie dachów spadzistych - to taka, przy której zużycie drogiego drewna konstrukcyjnego ograniczone jest do minimum, a jej zmontowanie nie wymaga pracy wysoko kwalifikowanych cieśli.

Bardzo ważne są koszty transportu masowo używanych materiałów, które głównie zależą od odległości przewozowych, masy materiałów oraz rodzaju środka transportowego. Wariant tutaj najkorzystniejszy to zorganizowanie na terenie zespołowo wznoszonego osiedla produkcji masowo używanych elementów, np. drobnowymiarowych elementów ściennych oraz stropowych.

Kolejny czynnik, który wywiera znaczny wpływ na koszty budowy, dotyczy niezbędnego sprzętu budowlanego, w tym głównie montażowego. Taniej budować oznacza wznosić domy bez użycia np. drogich żurawi wieżowych na podwoziu torowym. Innymi słowy chodzi o takie rozwiązania technologiczne, w których poszczególne elementy ważą nie więcej niż 120 kg .

Za stosowaniem ciężkiego sprzętu montażowego może przemawiać wyłącznie jeden argument, mianowicie możliwość bardzo szybkiego montażu (2-3 dni), np. drewnianego, prefabrykowanego domu za pomocą żurawia samochodowego. W tym

przypadku bardzo wysokie koszty najmu ciężkiego sprzętu rekompensują się, jeśli zaoszczędzony czas przeliczymy na pieniądze. Jak widać, umiejętność tańszego budowania można sprowadzić do następującego, ramowego toku postępowania myślowego podzielonego na kilka etapów:

- umiejętność podzielenia projektu na takie etapy budowy, które łatwo można oszacować z punktu widzenia kosztów ich realizacji,
- określenie, czy dany element jest absolutnie niezbędny, szczególnie w takiej postaci, w jakiej go pierwotnie sobie wyobrażaliśmy; Jeśli uznamy go za możliwy do wyeliminowania, to już w tej chwili zarobiliśmy znaczną sumę; jeśli uznamy go za niezbędny, to analizujemy dalej,
- wyobrażenie sobie 2 lub 3 zastępczych wariantów
- oszacowanie (jeśli nie dokładne obliczenie) kosztów dla poszczególnych wariantów,
- wstępny wybór wariantu uznanego przez nas za najbardziej zadowalający,
- analiza, czy dokonany wstępny wybór nie grozi obniżką jakości elementu, szczególnie z punktu widzenia jego wieloletniej eksploatacji (30-50 lat),
- ostateczny wybór rozwiązania do realizacji.

Przy stosowaniu opisanego powyżej toku postępowania szczególną uwagę należy zwracać na przyszłe koszty związane z eksploatacją budynku. Sama świadomość wysokich kosztów utrzymania budynku powinna nas zabezpieczyć przed niewłaściwymi, krótkowzrocznymi decyzjami. Takim nagminnym błędem jest np. oszczędzanie na materiałach termoizolacyjnych, a w konsekwencji budowanie „zimnych” domów. Na dobre przygotowanie budowy składa się szereg spraw, z których najważniejsze są:

- wiedza o procesie technologicznym, który ma być zrealizowany, w tym znajomość wszystkich czynności oraz optymalnej kolejności ich wykonania,
- umiejętność podziału budowy na części powierzone do wykonania poszczególnym zespołom roboczym,
- dokładne rozpoznanie, a następnie zgromadzenie - w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca robót - wszystkiego, co jest niezbędne do wykonania wszystkich materiałów i wyrobów budowlanych, kompletu sprzętu i urządzeń specjalistycznych, zespołu robotników o sprawdzonych kwalifikacjach,
- umiejętność dyskretnego kontrolowania przebiegu realizacji robót i jak najszybszego dostrzegania ewentualnych zagrożeń realizacji,
- właściwy odbiór wykonanych robót ze szczególnym uwzględnieniem robót tzw. zakrytych, tzn. takich, których po zakończeniu nie widać, np. sposobu ustawienia i zastabilizowania płyt izolacyjnych w ścianie warstwowej z pustką powietrzną, jakość zabezpieczenia przeciwwilgociowego kotew łączących warstwy ściany.

Energooszczędne w tym sensie budownictwo - wg najlepszych standardów europejskich - w odniesieniu do elementów składających się na stan surowy budynku zapewniają:

- belki podwalinowe i ściany piwnic o k w granicach 0,35-0,45 W/(m²K),
- termoizolacyjne, wentylowane podłoża pod podłogami układanymi na gruncie ok- 0,30-0,40 W/(m²K),
- ściany zewnętrzne o $k = 0,22-0,35$ W/(m²K) o dużej pojemności cieplnej (a więc o masach 200-300 kg/m²) tak skonstruowane, aby nie mogły być zalane wodami opadowymi w trakcie ich wznoszenia ani zawilgocone w trakcie eksploatacji,
- ściany południowe przystosowane do wyposażenia ich w czynne albo bierne kolektory energii słonecznej,
- stropy nad zimnymi pomieszczeniami o $k = 0,20-0,35$ W/(m²K),
- stolarka okienna, specjalna dwuszybowa lub trzyszybowa, w części wyposażona w termoizolacyjne okiennice ok = 1,04-, 1,8 W/(m²K),
- stolarka drzwiowa termoizolacyjna o $k = 1,5-1,9$ W/(m²K),
- trzony wentylacyjne wyposażone w rezerwowe przewody przystosowane do transmisji ciepłego powietrza z poddaszy i spod pokrycia do piwnicy,
- balkony (płyty balkonowe) oddylatowane cieplnie od wieńców, do których przylegają,
- dachy termoizolacyjne o $k = 0,15-0,25$ W/(m²K).

Podane współczynniki k należy traktować jako zalecane w normach UE

Dodatkowym elementem energooszczędności jest usytuowanie budynku względem stron świata. Najnowsze tendencje w tym zakresie to układy wschód-zachód, w których elewacje południowe przystosowane są do maksymalnego pozyskiwania energii słonecznej w sposób przynajmniej bierny.

Wyszczególnione współczynniki k odniesiono do zasadniczych ustrojów budowlanych. Oczywiście jest, że z tego samego punktu widzenia należy projektować, a następnie solidnie realizować szereg „newralgicznych” miejsc w budynku. Dotyczy to np. osadzenia i uszczelnienia ram okien czy parapetów. Mówiąc o tanim w eksploatacji domu warto przytoczyć kilka cech, jak zwarta bryła, ilość i powierzchnia okien w ścianach północnych i wschodnich ograniczona do minimum, loggie i balkony obudowane szklanymi „gablottami”, części połaci dachu pokryte szkłem i doprowadzone do poziomu terenu. Coraz częściej zwraca się też uwagę na kierunki działania zimnych wiatrów i wznoszenia specjalnych wiat spełniających funkcję spoilerów.

2. PODSTAWOWE POJĘCIA TERMINOLOGICZNE.

Technologia - oznacza dosłownie opis techniki wykonywania. Słowo technologia używane jest w budownictwie w dwóch znaczeniach. Pierwsze to nauka o technikach wykonywania poszczególnych robót budowlanych (np. technologia robót murarskich).

Drugie znaczenie dotyczy rozwiązań technicznych czy też konstrukcyjno - materiałowych budowli. Mówi się, więc technologia tradycyjna lub technologia wielkopłytowa.

Stosowane obecnie w budownictwie mieszkaniowym rozwiązania techniczne dzielimy na tradycyjne i systemowe.

Technologia tradycyjna - Są to budynki o pełnych ścianach murowych, stropach ogniotrwałych, głównie na belkach stalowych, schodach przeważnie żelbetowych, monolitycznych i dachach najczęściej o tradycyjnej konstrukcji drewnianej. Budownictwo tradycyjne zostało już częściowo unowocześnione. Murowane z ceramicznej cegły pełnej ławy fundamentowe są z reguły zastępowane przez ławy betonowe. Mury ścian są wykonywane jako warstwowe, o warstwie nośnej murowanej z cegły lub pustaków, warstwie izolacji cieplnej z wełny mineralnej lub styropianu i warstwie fakturowej np. z cegły silikatowej. Stropy ogniotrwałe typu Kleina lub Akermana zastępowane są przez prefabrykowane stropy z drobnych elementów żelbetowych, głównie typu DZ lub Fert. Zamiast dachów o konstrukcji drewnianej wykonywane są stropodachy, czasem z drobnych prefabrykatów żelbetowych. W budownictwie tradycyjnym występuje swobodny dobór rozwiązań poszczególnych elementów. Mury, ścian są wykonywane z cegły pełnej, cegły dziurawki, cegły sitówki, kratówki, pustaków ceramicznych, betonowych, cegły silikatowej itd. Stropy z płyt z cegły pełnej lub dziurawki mają belki nie tylko z dwuteowników, ale często z szyn kolejowych lub tramwajowych. Pustaki Akermana w monolitycznych stropach żelbetowych zastępowane są innego rodzaju pustakami ceramicznymi lub betonowymi, a czasem gipsowymi. Bardzo często stosowane są też stropy żelbetowe płytowe lub płytowo-belkowe wylewane na mokro. W rozwiązaniach udoskonalonych stosowane są też wszystkie rodzaje prefabrykowanych stropów z drobnowymiarowych elementów żelbetowych (jak DZ,

Teriva, Mursa itp.) lub elementów ceramicznych, jak stropy Fert. Schody żelbetowe monolityczne są czasem zastępowane prefabrykowanymi żelbetowymi wspornikami, a w domach jednorodzinnych schodami policzkowymi drewnianymi, różnej konstrukcji. Tradycyjne więźby krokwiowo-płatwiowe ustępują często miejsca konstrukcjom o kratowych dźwigarach drewnianych. Szeroko stosowane są też stropodachy wentylowane z żelbetowych prefabrykowanych płyt dachowych.

Budownictwo systemowe - elementy budownictwa systemowego są dobrane w ustalonym porządku. Słowo „system” oznacza całość, układ, zbiór elementów, mający określoną strukturę i tworzący całość o innych cechach niż elementy składowe. Przez pojęcie system budowlany rozumie się albo zestaw elementów, z których można montować określoną budowlę (np. systemy wielkopłytowe budynków mieszkalnych W-70, OW-T itd.), albo zestaw robót związanych ze wznoszeniem takich budowli. Na przykład system W-70 obejmuje wytwarzanie elementów prefabrykowanych w wytwórniach, przewóz elementów i ich montaż.

Gdy system rozwiązań technicznych zostanie powiązany z systemem realizacyjnym powstaje „system kompleksowy”, w którym do wznoszenia budowli są dostosowane urządzenia produkcyjne elementów, środki przewozowe, podnośniki, deskowania, odpowiednio przeszkolone załogi robotnicze itd.

Należy zaznaczyć, że przechodzenie z tradycyjnych technologii budowania na nowoczesne, kompleksowo opracowane systemy budowlane wymaga niekiedy zawarcia z ich właścicielami odpowiednich umów licencyjnych lub tzw. know-how. Dotyczy to w szczególności tych rozwiązań, które są objęte ochroną patentową.

3. Ciepłe domy z bali drewnianych

3.1. Wstęp

Konstrukcja domów z bali pozwala na takie łączenie poszczególnych elementów, że nie ma konieczności używania złączy metalowych. Do tej pory, w regionach leśnych i górzystych oraz w niektórych obszarach tropikalnych, konstrukcje drewniane nadal dominują w zabudowie. Budownictwo z bali jest bardzo proste - ściana powstaje w wyniku ułożenia i połączenia pojedynczych, o jednakowych wymiarach, bali. Pamiętajmy jednak, że decyzja na wybór domu w tej technologii musi być gruntownie przemyślana. Katalogi wielu firm, zwłaszcza amerykańskich czy skandynawskich,

kuszą niesamowitym urokiem tego typu domów. Jeśli jednak ktoś lubi naturę, ale w domu wolałby wykończenie tradycyjne - bale nie są dla niego. Można oczywiście pokryć ścianę płytkami (tak zresztą stosuje się w łazienkach) czy płytami gipsowo-kartonowymi, ale gubi się wtedy charakter tego budownictwa. Również sam materiał, jakim jest drewno charakteryzuje się niewielkimi zmianami w objętości, które mogą mieć wpływ na stabilność wykończenia. Dodatkowe osłony powodują również, że drewno traci jedną ze swoich najważniejszych zalet - możliwość "oddychania". Chodzi tu o przenikanie powietrza zarówno z zewnątrz jak i wewnątrz budynku, co zapewnia jego ciągłą wymianę i tworzenie specyficznego, korzystnego dla ludzkiego ciała mikroklimatu. Problem utraty zdolności do tej wymiany istnieje również w ocieplanych domach z bali. Warstwa ocieplenia zatrzymuje przepływ powietrza i zmniejsza jego wymianę.

Do podstawowych zalet budownictwa z bali należą:

- krótki czas montażu,
- prostota i możliwość montażu we własnym zakresie
- technologia umożliwiająca budowę domów z wykorzystaniem starych i sprawdzonych od kilkuset lat zasad budowy domów
- niepowtarzalny i indywidualny charakter budynków, ich architektura oraz klimat wewnątrz - możliwość łączenia "starego z nowym".

Drewno jako surowiec charakteryzuje się cechami:

- utrzymuje wewnątrz budynku umiarkowany i przyjazny dla człowieka klimat (stabilizuje go)
- jest materiałem ekologicznym i odnawialnym a jego odpad nie jest szkodliwy dla środowiska
- pozwala zmniejszyć straty ciepłe, a w efekcie zmniejszyć koszty ogrzewania
- jest zdrowe dla człowieka, praktyczne oraz eleganckie
- pewny i trwały materiał, stosowany od wieków.

3.2. Domy z Finlandii

Domy budowane są z równomiernie obrobionych bali z sosny polarnej rosnącej w centralnej części Finlandii. Panujące tam ekstremalne warunki klimatyczne zmuszają drzewa do powolnego wzrostu. Dzięki temu drewno ma ściśle przylegające do siebie słoje i dużą włóknistość co sprawia, że jest ono elastyczne i odporne. Materiał używany do produkcji posiada więc najlepsze cechy do tego typu budownictwa.

Do produkcji bali używa się rdzenia, który poddawany jest specjalnej obróbce, mającej na celu jego głębokie wysuszenie - dzięki temu minimalizowane są późniejsze odkształcenia. Po zakończeniu montażu obiekt zabezpieczany jest z

zewnątrz potrójną warstwą impregnatu. Są to środki w pełni ekologiczne, sprowadzane również z Finlandii. Inwestor ma do wyboru 1 z 30 barw powłoki zewnętrznej. Wewnątrz domy są najczęściej woskowane preparatami produkowanymi na bazie wosków pszczelich.

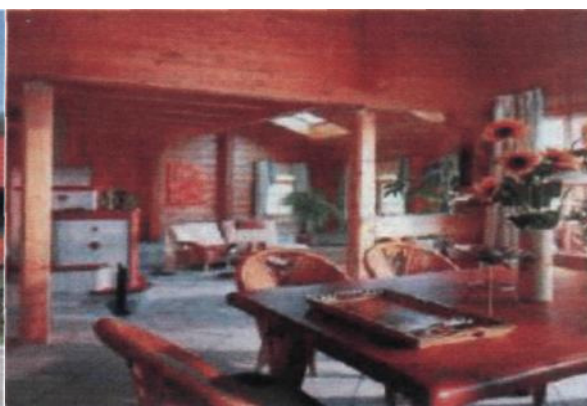
Domy budowane są z kilkunastu typów bali o przekrojach okrągłych lub prostokątnych i grubości do 23 cm. Stosowanie bali o dużych grubościach nie wymaga stosowania ocieplenia ścian zewnętrznych, dzięki czemu możliwe jest ich "oddychanie". Konstrukcję domu stanowią ściśle przylegające do siebie belki, które zazębiają się w narożnikach. Kształty bali, jak i sposób ich połączenia są patentami producenta.

Przed rozpoczęciem budowy inwestor przygotowuje płytę fundamentową lub podpiwniczenie. W gestii inwestora pozostają również media czyli instalacje co., elektryczną, wodno-kanalizacyjną i przewody kominowe. Wykonanie instalacji elektrycznej jest ułatwione ponieważ, już podczas produkcji w Finlandii, w balach wykonane są specjalne kanały do jej wprowadzenia. Czas montażu domu wynosi średnio od 2 do 8 tygodni i uzależniony jest głównie od wielkości i stopnia komplikacji obiektu. Przykładowo budowa domu o powierzchni 200 m² trwa średnio około 4 tygodni.

Średnia cena 1 m² powierzchni użytkowej waha się w przedziale od 3500 do 4000 zł. W cenę wliczone są ściany zewnętrzne i wewnętrzne, stropy, konstrukcja dachu, stolarka, schody, drewniane podłogi, materiały izolacyjne, pokrycie dachowe (najczęściej dachówka), impregnacja, transport, montaż



Fot.3.1



Fot.3.2

4. Ciepłe domy w systemie RBS - Royal Building System

4.1. Wstęp

Współczesny świat, z jego tempem rozwoju, narzuca na nas konieczność ciągłego poszukiwania nowych technologii, wypierających stare dzięki szybkości, łatwości stosowania, ekonomiczności. Do takich właśnie rozwiązań można zaliczyć system budowy RBS. Mimo że głównym jego składnikiem jest tworzywo sztuczne technologię tą można zaliczyć do ekologicznych - nie ma potrzeby wycinania ograniczonych zasobów leśnych do produkcji elementów, powstałe budynki mają minimalne straty ciepła, przez co oszczędza się energię, jednocześnie chroniąc środowisko. Ponadto już na etapie produkcji elementy przycinane są z dużą dokładnością, dzięki czemu nie ma strat materiałowych na placu budowy.

4.2. Charakterystyka

Royal Building System - RBS, składa się z profilowanych sztywnych elementów polimerowych stanowiących deskowanie dla różnego rodzaju betonowych ścian nośnych, niekonstrukcyjnych i usztywniających oraz nadproży, murów oporowych i ścian fundamentowych. Wsuwane wzajemnie profilowane elementy systemu łączą się, tworząc deskowanie, które pozostaje na miejscu po wypełnieniu betonem i jego stwardnieniu. Elementy RBS produkowane są w trzech grubościach: 100 mm, 150 mm, 200 mm (ocieplona izolacją poliuretanową o grubości 54 mm).

Polimer - Podstawowym składnikiem stosowanym w systemie jest tzw. Royalloy. Jest on polimerem na bazie polichlorku winylu, odpornym na działanie czynników atmosferycznych (posiada składniki zabezpieczające przed promieniami ultrafioletowymi oraz powstrzymujące ogień i dym).

Beton - Jest on drugim najważniejszym materiałem stosowanym w systemie RBS, stanowi ponad 90% masy i objętości ścian. Beton powinien mieć następujące właściwości: min. 28-dniowa wytrzymałość na ściskanie -20MPa, maksymalna wielkość ziaren (żwiru) - 10 mm, minimalny opad - 115 mm. Beton ten nie wymaga wibrowania, niemniej zaleca się dla pewności ostukać ściany młotkiem z gumową końcówką. Zużycie betonu na 1 m² ściany: RBS 100 mm - 0,0903 m³, RBS 150 mm - 0,1385 m³, RBS 200 mm - 0,1336 m³.

4.3. Fundamenty

Głębokość posadowienia budynku zależy w sposób bezpośredni od rodzaju terenu, na którym ma on powstać oraz jego przynależności do jednej z trzech stref przemarzania gruntów. Podstawę fundamentu stanowi łąwa zbrojona prętami ze stali żebrowanej (fot.4.1). Ze względu na identyczną konstrukcję i grubość ścian zewnętrznych i wewnętrznych budynku, przekrój ławy fundamentowej w obu przypadkach jest taki sam. Ściany fundamentowe pokrywane są izolacją przeciwwilgociową oraz cieplną w postaci styropianu M-20 o grubości 5 cm. Warstwę zewnętrzną, a tym samym ochronną, stanowi tynk surowy umieszczony na siatce drucianej. Warstwę wierzchnią fundamentów stanowi wylewana z betonu B-15 płyta żelbetowa o grubości 10 cm, zbrojona poziomą siatką z prętów stalowych. Jako zbrojenie ścian zewnętrznych i wewnętrznych stosowane są pręty stalowe umieszczane w uprzednio wywierconych otworach.



Fot.4.1

4.4. Ściany zewnętrzne i wewnętrzne

Ściany formowane są z czterech podstawowych rodzajów profili o przekrojach 10 cm, 15 cm, 20 cm:

- profil trzykomorowy pełny
- profil trzykomorowy z otworami
- profil jednokomorowy pełny
- profil jednokomorowy z otworami (łącznik skrzynkowy z otworami).

Wszystkie ściany montowane są poprzez wzajemne wsuwanie naprzemiennie profili trzykomorowych i łączników skrzynkowych (fot.4.2). W panelach ściennych znajdują się specjalne kanały do poprowadzenia kabli elektrycznych. Po uformowaniu pełnego

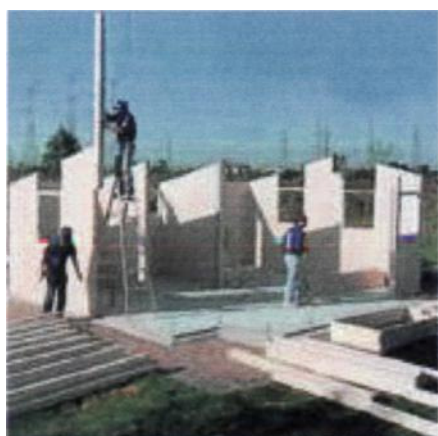
zespołu ścian oraz zamontowania instalacji elektrycznej następuje wypełnienie paneli betonem (fot.4.3). Ściany zewnętrzne budynku składają się z połączonych paneli trzy- i jednokomorowych pokrytych izolacją cieplną w postaci płyt styropianowych lub wełny mineralnej oraz elewacją, np. typu siding. Jako wykończenia ścian zewnętrznych mogą być stosowane ponadto różne rodzaje tynków, kamień naturalny, panele imitujące cegłę, sztuczny kamień elewacyjny, itp. Ściany wewnętrzne to również zespół połączonych paneli trzy- i jednokomorowych wypełnionych wewnątrz betonem (fot.4.4). Jako materiały wykończeniowe mogą być stosowane: tapety, tynki wewnętrzne-natryskowe, płyty kartonowo-gipsowe, boazerie panelowe itp.



Fot.4.2



Fot.4.3



Fot.4.4



Fot.4.5

4.5. Strop

Strop składa się z betonowej płyty opartej na stalowych, formowanych na zimno i ocynkowanych na gorąco belkach stropowych. Można również stosować strop drewniany lub żelbetowy.

4.6. Dach

Dach składa się z systemu paneli dachowych (fot.4.5), izolacji termicznej umieszczonej na zewnątrz i wewnątrz paneli oraz dachówki z tworzywa sztucznego mocowanej zatraskowo do łączników pośrednich z wysokoudarowego PCW, zablokowanych na wystających elementach zespołu dachu. W Polsce stosowane są dachy o konstrukcji stalowej lub drewnianej w tych ostatnich wygospodarowane jest pomieszczenie gospodarcze lub, przy nachyleniu dachu 45°, pomieszczenie mieszkalne.

4.7. Podsumowanie

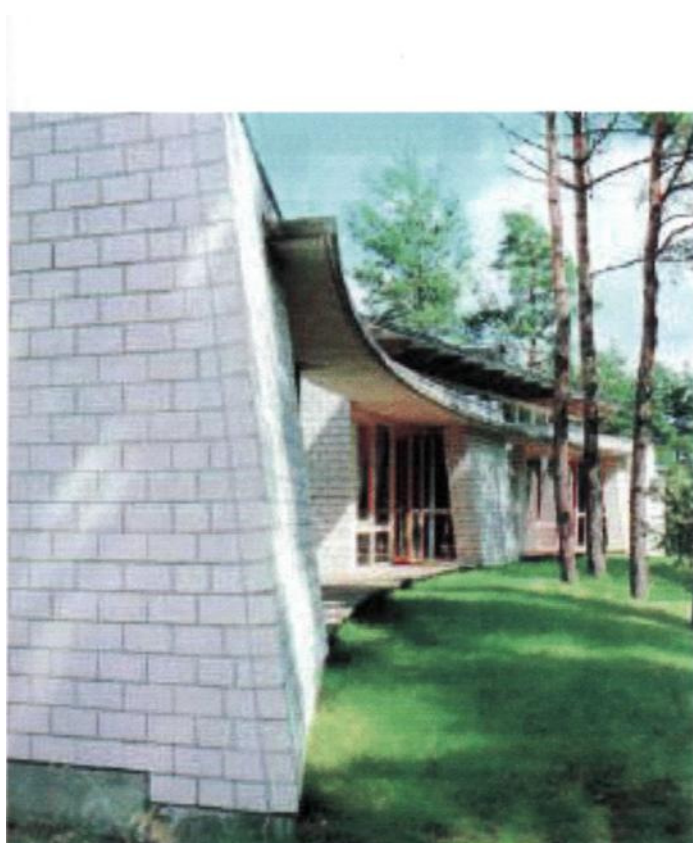
Na czynniki charakteryzujące elementy systemu wpływ ma przede wszystkim główny składnik ścian - beton. Badania wykazały, że minimalna ognioodporność ścian wynosi: dla RBS 100 mm - 45 minut, dla RBS 150 i 200 - 2 godziny. Współczynnik przenikalności cieplnej dla ścian wypełnionych betonem, o grubości 10 cm + 16 cm ocieplenia (wełna lub styropian) wynosi 0,29 W/m²K. Wykonywanie domów w systemie RBS nie jest uwarunkowane klimatycznie. Zaletą są duże możliwości wykończenia elewacji zewnętrznej jak i swoboda przy projektowaniu wewnątrz. Poza tym badania wykazały, że w budynkach wykonanych w tej technologii powietrze jest czyste ponieważ materiał nie emituje gazów oraz jest odporny na działanie pleśni. Jednak zaleca się stosowanie wentylacji mechanicznej lub bardzo dokładne opracowanie wentylacji grawitacyjnej (odpowiedni współczynnik infiltracji okien, otwory nawiewne w dolnej części okien, szczeliny pod drzwiami w pomieszczeniach mieszkalnych do pomieszczeń z otworami wywiewnymi, otwory wywiewne w pomieszczeniach mokrych).

5. Ciepłe domy wapienno-piaskowe

5.1. Wstęp

Jednym z najwcześniej znanych materiałów budowlanych był piaskowiec. Złoża naturalnego piaskowca formowały się we wnętrzu ziemi z warstw piasku i muszli przez wiele milionów lat jako osad po dawnych morzach i oceanach. Ruchy tektoniczne wyniosły warstwy piaskowca na powierzchnię ziemi, tworząc naturalny rezerwuuar znakomitego budulca. Człowiek od dawna używał piaskowca do budowy swoich domów. Już starożytność ceniła ten materiał jako najtrwalszy z dostępnych w przyrodzie. Właśnie z piaskowca zostały zbudowane egipskie piramidy, później słynne katedry gotyckie takie jak katedra Notre Dame, katedry w Ulm czy Kolonii, a także paryski Luwr, które znaczą drogę piaskowca do współczesności.

Dzisiejsza cegła wapienno-piaskowa, tak popularna w regionie północno-wschodniej Polski, jest niczym innym jak repliką naturalnego piaskowca. Została po raz pierwszy wytworzona w warunkach laboratoryjnych w 1880 roku, przez niemieckiego naukowca Michaelisa, a produkcja na skalę przemysłową zapoczątkowana została w 1884 roku. Historia silikatów liczy zatem nieco ponad 100 lat.



Fot.5.1



Fot.5.2

5.2. Technologia produkcji

Surowce do produkcji silikatów to piasek, wapno i woda. Piasek i zmielone wapno są poddane wymieszaniu i dojrzewaniu w reaktorach. Po upływie 4 godzin masę z reaktorów transportuje się do kolejnych mieszalników i odpowiednio nawilża do wartości ok. 4-6%. Tak przygotowana surówka kierowana jest do pras, a następnie do autoklawów. Są to podstawowe etapy produkcji.

5.3. Charakterystyka silikatów

Niska cena i dostępność to cechy, które jeszcze parę lat temu decydowały o szerokim zastosowaniu wyrobów silikatowych. Zaostrzenie wymagań dotyczących wznoszonych budynków oraz wzrost świadomości inwestorów spowodowały, że zaczęto dostrzegać również te zalety, dzięki którym można z silikatów stawiać domy ekologiczne i energooszczędne.

5.3.1. Wytrzymałość i mrozoodporność

Silikat, jako że jest on formą sztucznego kamienia, posiada bardzo wysoką wytrzymałość na ściskanie — w granicach 7-25 MPa. Pozwala to na stosowanie wyrobów wapienno-piaskowych do wznoszenia budynków wysokich, filarów, słupów oraz konstrukcji specjalnych. Podobną wytrzymałość posiadają wyroby ceramiczne. Ze względu na swoją mikroporowatą strukturę stanowi on również produkt wysoko mrozoodporny, przekraczając wymagania normowe (20-25 cykli zamrażania i odmrażania).

5.3.2. "Ciepła ściana"

Współczynnik przewodzenia ciepła jest niski 0,75-0,90 W/mK, co pozwala osiągnąć współczynnik przenikania ciepła ściany na poziomie 0,15-0,25 W/m²K. Taka wartość, przy zachowaniu grubości ściany 35-55 cm, jest realna do uzyskania jedynie przy zastosowaniu materiałów izolacyjnych typu wełna mineralna, styropian itp. (fot.5.3), z którymi bardzo łatwo łączy się wyroby silikatowe.



Fot.5.3

5.3.3. Mała tolerancja wymiarowa

Wymiary cegieł i bloków posiadają bardzo małe odchyłki ze względu na specyfikę produkcji. Kształt gotowego produktu uzyskuje się przez prasowanie surówki (zmieszane wapno, piasek kwarcowy i woda) w formie. Potem występuje jedynie hartowanie w autoklawie co nie ma wpływu na gabaryty wyrobu. Tak dokładne wymiary pozwalają na zastosowanie przy murowaniu zaprawy klejowej zamiast tradycyjnej, cementowej lub cementowo-wapiennej. Otrzymując idealną grubość muru zaoszczędzimy przy pracach tynkarskich oraz dociepleniowych metodą lekką-mokrą.

Silikaty, posiadają bardzo dobrą przyczepność do zapraw budowlanych, ułatwiających wznoszenie ścian i znacznie je przyspieszających.

5.3.4. Ekologia

Niskoenergochłonny proces produkcji, jak również zastosowane surowce (wapno, piasek i woda — o najniższej promieniotwórczości w przyrodzie) sprawiają, że silikaty są wyrobem wysoce ekologicznym. Dodatkowo, wapno posiada właściwości aseptyczne, które niszczą drobnoustroje i zapobiegają rozwojowi grzybów i pleśni. Ważnym atutem jest możliwość ponownego przetworzenia gotowych wyrobów, co znacznie minimalizuje odpady. Wyroby silikatowe zostały określone przez Fundację Poszanowania Energii mianem "Jej Wysokość Ekocegła".

5.3.5. Mikroklimat pomieszczeń

Silikaty posiadają znaczną (2-3 krotnie wyższą niż inne materiały murowe) akumulacyjność cieplną, zapewniającą utrzymanie stałej temperatury wewnątrz budynku. Przy zaniku ogrzewania lub gwałtownej wentylacji pomieszczenia ściany oddają energię cieplną w nich akumulowaną, wydłużając spadek temperatur o co najmniej kilka godzin. Podobnie jak ciepło akumulowany jest także nadmiar wilgoci. Gdy jej poziom w pomieszczeniu znacznie spadnie (poniżej granicy komfortu 50-55% wilgotności) silikat zaczyna ją oddawać, aby utrzymać prawidłowy mikroklimat w budynku. W lecie działa natomiast jak naturalne urządzenie klimatyzacyjne — w ciągu dnia przyjmuje nadmiar ciepła, a w nocy dogrzewa pomieszczenia.

5.3.6. Wysoka ochrona przed hałasem

Silikaty charakteryzują się wysoką izolacyjnością akustyczną, związaną z ich gęstością objętościową (ok. 1,5-1,9 kg/dm³). Jako jedyne spośród wielu systemów wznoszenia ścian murowych pozwalają na stosowanie na przegrody międzymieszkaniowe przy grubości 25 cm, stosując wyroby, których wielkość jest krotnością cegły.

5.3.7. Ognioodporność

Materiały użyte na ściany konstrukcyjne powinny opierać się działaniu ognia przez ponad 1,5 godz. Według ITB, jednowarstwowa ściana z silikatu o grubości 120 mm zapewnia ochronę przeciwpożarową przez 1 godzinę, zaś ściana o grubości 250 mm — 3 godziny. Silikat, w którego skład wchodzi substancje nieorganiczne jest z natury materiałem niepalnym. W temperaturze powyżej 600°C silikat nie zwęglą się i nie rozpada, pojawiają się jedynie pęknięcia powierzchniowe.

5.4. Ściany

Jednowarstwowe z wyrobów silikatowych buduje się jedynie w przypadku budynków nie ogrzewanych.

Dwuwarstwowe ściany pozwalają na osiągnięcie niskiego współczynnika przenikania ciepła (ok. 0,21 W/m²K) przy szerokości ściany ok. 45 cm. Standardowo układa się je warstwami (od wewnątrz): gładź gipsowa (15 mm), pustak BSD-250, termoizolacja (180 mm), tynk cienkowarstwowy (10 mm).

Trójwarstwowe ściany wymagają stosowania łączników między warstwą elewacyjną a warstwą nośną. Standardowo układa się je warstwami (od wewnątrz): gładź gipsowa (15 mm), pustak BSD-180, termoizolacja (150 mm), cegły lub kształtki silikatowe. Taka ściana osiąga wartość współczynnika przenikania ciepła na poziomie 0,24 W/m²K.

5.5. Asortyment

Na ściany konstrukcyjne, osłonowe i działowe produkowane są następujące rodzaje elementów:

- cegła pełna 1NF — do budowy ścian konstrukcyjnych, osłonowych, działowych, w kolorze — na elewacje. Zużycie na mur gr. 12 cm = 54 szt/m². Wymiary 250x120x65 mm, masa ok. 3,5 kg.
- bloczek drażony 3NFD — do budowy ścian konstrukcyjnych, osłonowych, działowych. Zużycie na mur gr. 12 cm = 16 szt/m². Wymiary 250x120x220 mm, masa ok. 10 kg.
- bloczek drażony 6NFD — do budowy ścian konstrukcyjnych, osłonowych. Zużycie na mur gr. 25 cm = 16 szt/m². Wymiary 250x250x220 mm, masa ok. 18 kg.
- bloczek drażony A-M (BSD-120) — do budowy ścian osłonowych, elewacyjnych, działowych. Zużycie na mur gr. 12 cm = 8szt/m². Wymiary 500x120x220mm, masa ok. 18 kg.
- bloczek drażony A-M (1/2 BSD-180) — do budowy ścian konstrukcyjnych i osłonowych. Zużycie na mur o gr. 18 cm = 16 szt/m². Wymiary 250x180x220 mm, masa ok. 13,2 kg.
- bloczek drażony A-M (BSD-180) — do budowy ścian konstrukcyjnych i osłonowych. Zużycie na mur gr. 18 cm = 8 szt/m². Wymiary 500x180x220 mm, masa ok. 25 kg.
- bloczek drażony A-M (BSD-250) — do budowy ścian konstrukcyjnych i osłonowych. Zużycie na mur gr. 25 cm = 8 szt/m². Wymiary 500x250x220 mm.
- pustak wentylacyjny PSW 16 — do budowy kanałów wentylacyjnych w ścianach konstrukcyjnych. Może być stosowany do budowy słupów ogrodzeniowych, filarów. Zużycie = ok. 4 szt/mb. Wymiary 250x250x220 mm, masa ok. 18 kg.

6. Ciepłe domy z bloczków gipsowych

6.1. Wstęp

Domy z gipsu stawiane były w Polsce już przed wojną. Jednak, mimo że niektóre z nich przetrwały zawieruchy wojenne i upływ czasu, sam materiał cały czas

postrzegany jest jako nietrwały i trudny w obróbce. Z tego przekonania wynika, że w porównaniu do budownictwa w Europie czy w Stanach Zjednoczonych, w Polsce zainteresowanie domami z gipsu jest znikome. A szkoda ponieważ materiał ten posiada liczne zalety. Przede wszystkim jest powszechnie dostępny. Nasz kraj dysponuje bowiem złożami określanymi na ok. miliarda ton, z czego wykorzystujemy tylko niewielką ilość. Do tego należy dodać gips wytwarzany w procesie odsiarczania dymów powęglowych - okazuje się, że gipsu długo nam nie zabraknie. Inną zaletą domów z bloczków gipsowych jest, podkreślana przez wykonawców, łatwość stawiania ścian.

6.2. Charakterystyka

Gips jako materiał do budowy ścian ma liczne zalety. Przede wszystkim zaliczany jest do najczystszych ekologicznie - poziom naturalnej promieniotwórczości jest niższy niż w przypadku cegły. Proces technologiczny nie jest energochłonny - bloczki szybko twardnieją i łatwo się je formuje. Gips jest lekki (około 160 kg/m²); dzięki mniejszemu ciężarowi ściany oszczędzamy na wymiarach ław fundamentowych. Niska przewodność cieplna gipsu sprawia, że domy wykonane z elementów gipsowych są "ciepłe"; taniej wypada ich ogrzewanie. Ponieważ przyjmuje się, że gips jest niepalny, elementy gipsowe można traktować jako osłonę ogniochronną konstrukcji żelbetowej lub stalowej. Nawet w stanie wilgotnym bloczki gipsowe, po 24 godzinach od zakończenia procesu technologicznego, są całkowicie mrozo odporne. Systemy ściennie z gipsu pozwalają na ograniczenie lub eliminację tak zwanych procesów mokrych podczas budowy (w większości systemów ściany można układać na sucho) oraz zmniejszenie liczby deskowań. Montaż jest łatwy i szybki; elementy można łatwo przycinać. Gips wchłania wilgoć z powietrza, a po obniżeniu się wilgotności otoczenia z powrotem ją oddaje. W ten sposób zapewniony jest korzystny mikroklimat pomieszczeń; ściana "oddycha". Powierzchnia gipsu jest równa i gładka, dzięki czemu wykończona ściana ładnie wygląda.

Niestety oprócz zalet gips posiada również wady: niewielka wytrzymałość i duża nasiąkliwość w warunkach bezpośredniego kontaktu materiału z wodą. Wytrzymałość gipsu pod wpływem wilgoci gwałtownie spada. W czasie transportu i przechowywania elementy gipsowe muszą być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi i zawilgoceniem oraz zabrudzeniem.

6.3. Przegląd systemów

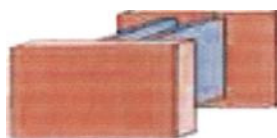
6.3.1. System R składa się z drobnowymiarowych elementów gipsowych z wkładką termoizolacyjną ze styropianu. Konstrukcja nośna ściany zewnętrznej budynku jest szkieletowa; stanowią ją słupy stalowe (np. rury prostokątne lub okrągłe, ceowniki zespawane w przekrój zamknięty) lub żelbetowe (wylewane na budowie lub prefabrykowane), ewentualnie drewniane (z drewna zwykłego lub klejonego). Na słupach oparte są wieńce (rygle) żelbetowe lub stalowe, przejmujące obciążenia ze stropów. W obliczeniach zakłada się, że ściany przenoszą tylko swój własny ciężar w ramach jednej kondygnacji, pomimo że ich rzeczywista nośność pozwalałaby na przeniesienie większych obciążeń. Słupy i wieńce ukryte są w elementach z gipsu, w specjalnie w tym celu ukształtowanych przestrzeniach. Są niewidoczne z zewnątrz.

Elementy ściennie podstawowe mają wymiary 30 x 30 x 60 cm. Grubość ściany wynosi 30 cm, na co składa się warstwa termoizolacyjna ze styropianu 20 cm oraz dwie warstwy gipsu o grubości 5 cm, po obu stronach. Elementy ściennie podstawowe dostępne są też w wersji z węgarkiem, przeznaczone do wykończenia ścian w sąsiedztwie otworów okiennych, oraz w wersji narożnikowej, do łączenia ścian w narożniku budynku.



Rys.6.1. Element podstawowy systemu R

6.3.2. W systemie SOVA kanały pionowe pustaków wypełnia się pianogipsem otrzymywanym na budowie, przy pomocy niewielkiego agregatu. W skład pianogipsu wchodzi gips, woda oraz środek spieniający SOVA-S. Ważne jest aby wszystkie składniki były dozowane w odpowiedniej ilości. Pianogips, oprócz ocieplenia, również zespala bloczki. Materiał izolacyjny wlewany jest w kanały bloczków, po ułożeniu 2-3 warstw i zaspachlowaniu spoin. Dzięki temu pianka nie będzie wyciekać między spoinami.



Rys.6.2. Element podstawowy systemu SOVA

Pustaki ścienne podstawowe służą do budowy ścian. Mają wymiary 35 x 35 x 35 cm. Są też dostępne w wersji narożnikowej i węgarkowej. Ściana ma grubość 35 cm. Ciężar wynosi 26 kg, a współczynnik przenikania ciepła 0,25-0,35. Pustaki po stronie frontalnej mają gotową elewację, a od wewnątrz, na gładką stronę pustaka, można nakleić tapetę lub płytę gipsowo-kartonową.



Fot.6.3. W systemie SOVA materiałem ocieplającym ścianę jest pianogips.

6.3.3. W systemie KR konstrukcja nośna budynku jest żelbetowa szkieletowa. Tworzą ją rygle i słupy, które przenoszą obciążenia ze stropów na fundamenty budynku. Z elementów gipsowych wykonuje się ściany zewnętrzne wypełniające. Elementy ścienne mają wymiary 40 x 30 x 60 cm; grubość ściany wynosi 40 cm. Są

wyposażone w pionowe kanały, które zalewa się masą pianogazogipsową (otrzymywaną przez połączenie zaczynu gipsowego z dodatkami spieniającymi).



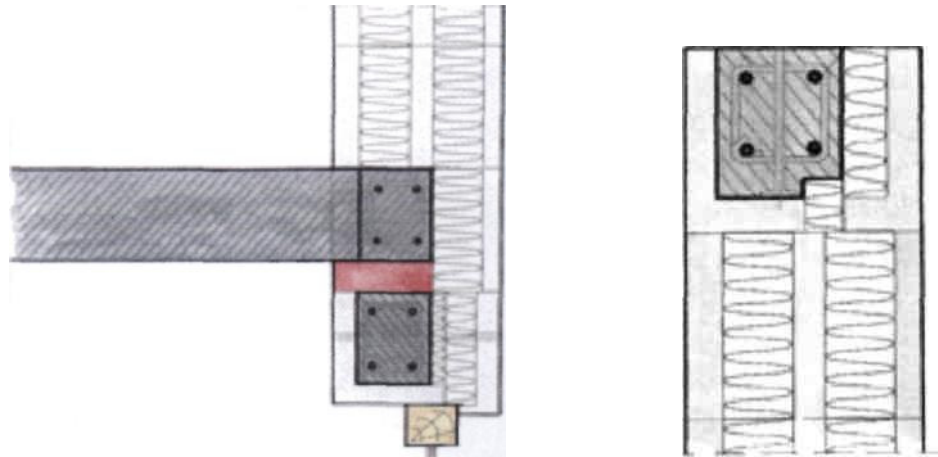
Rys.6.4. Element podstawowy systemu KR.

6.3.4. W systemie K elementy gipsowe tworzą jednocześnie konstrukcję nośną budynku. Ściany z gipsu przenoszą obciążenia od stropów. Pustaki ścienne podstawowe mają wymiary 35 x 50 x 50 cm (K- 35) lub 30 x 50 x 50 cm (K- 30). Liczba obok litery K oznacza grubość pustaka, a więc grubość ściany w tym systemie wynosi 30 lub 35 cm. Pustaki ścienne wyposażone są w pionowe otwory, które na budowie wypełnia się materiałem izolacyjnym w postaci sypkiej (wióry, styropian) lub płynnej (lekki beton izolacyjny, np. trocinobeton). Możliwość realizacji do 2,5 kondygnacji bez zbrojenia ścian konstrukcyjnych.

6.3.5. System EKO GIPS nowy systemem bazujący na drobnowymiarowych elementach gipsowych. Rozwiązania zastosowane w nim eliminują bezpośrednie przenikanie ciepła, z zachowaniem wszelkich ekologicznych, zdrowotnych i wytrzymałościowych właściwości gipsu. Elementy systemu stosuje się przy realizacji dowolnego typu budynku: do trzech i pół kondygnacji - jako element nośny oraz jako wypełnienie szkieletu i ściany zewnętrznej w budownictwie wysokim. Bloczki mają największą wytrzymałość wśród technologii gipsowych w Polsce. Ponadto system posiada Aprobata Techniczną (AT-15-2760/97). Kształtki wykonane są z zaczynu gipsu budowlanego, przy zachowaniu wskaźnika wodno-gipsowego, który wynosi $W/G=0,65-0,7$. Elementy ścienne, w zależności od przeznaczenia, mają od 1 do 4 pionowych kanałów, które w elementach przeznaczonych do wykonania ścian zewnętrznych wypełnione są fabrycznie styropianem, a w elementach ścian konstrukcyjnych zalewane są betonem na budowie. Część kanałów wykorzystuje się jako wentylacyjne i instalacyjne. Elementy łączy się ze sobą za pomocą kleju gipsowego o grubości warstwy 24 mm.

6.3.5.1. Izolacyjność cieplna

Wartości współczynników przenikania ciepła k_0 systemu Ekogips dla ścian zewnętrznych z kształtek gipsowych wypełnionych styropianem (Rys.6.6) typu 80 i 100 wynoszą odpowiednio 0,37 lub 0,34 W/m^2K .



Rys.6.5

6.3.5.2. Izolacyjność akustyczna

Wartości wskaźnika izolacyjności akustycznej poszczególnych ścian z elementów Ekogips:

- ściana zewnętrzna i wewnętrzna gr. 34 cm R_w 43dB;
- ściana wewnętrzna gr. 25 cm, bez wypełnienia betonem R_w 43dB;
- ściana wewnętrzna gr. 25 cm, wypełniona betonem R_w 43dB.
-

6.3.5.3. Fundamenty

Fundamenty i ściany piwnic w budynkach podpiwniczonych wykonuje się z betonu lub z bloczków betonowych, zgodnie z zasadami sztuki budowlanej dla technologii tradycyjnej. Ze względu na niską wagę bloczków gipsowych - ok. 26 kg, oraz grubość ściany max 34 cm, fundamenty i ściany stawia się cieńsze w stosunku do innych standardowych technologii. Wymiary fundamentów i ścian przyziemia każdorazowo wymagają obliczeń statystycznych.

6.3.5.4. Ściany

Budowę dowolnego obiektu w tej technologii rozpoczyna się od ścian kondygnacji nadziemnej. Ze względu na szkodliwy wpływ wilgoci gruntowej i opadowej spód najniższej warstwy muru gipsowego wznosi się minimum 50 cm powyżej poziomu terenu. Kształtki gipsowe układa się na izolacji z podwójnej papy na lepiku z folią propylenową lub inną równorzędną izolacją przeciwwilgociową. Dogodne jest również układanie warstwy cegły bezpośrednio na izolacji przeciwwilgociowej. Dopiero później wznosimy mur gipsowy. W przypadku układania bloczków bezpośrednio na izolacji poziomej stosuje się papę smołową na lepiku. Ma to na celu zaniechanie ubytku wewnątrz bloczków. Cokół budynku powinien mieć lico cofnięte o 2 lub 4 cm w stosunku do lica ściany. Elementy układa się w murze z poziomym przewiązaniem, tj. przesunięciem jednej warstwy względem drugiej o pół długości pustaka. Dzielenie pustaków nie sprawia żadnych trudności. W ścianach zewnętrznych pustaki utworzone po zestawieniu dwóch sąsiednich elementów wypełnia się styropianowymi piórami uszczelnianymi klejem gipsowym. Łączenie pustaków odbywa się za pomocą kleju gipsowego o grubości spoiny - 2 mm. Kanały pionowe ścian konstrukcyjnych wewnętrznych wypełnione są betonem po uprzednim ułożeniu na kleju każdej z dwóch warstw pustaków. Kanały te wypełnia się do poziomu 2/3 wysokości wierzchniej warstwy pustaków. Luki wypełnia się piórami ze styropianu. Powierzchnie elementów gipsowych stykające się z betonem należy zaimpregnować przed wbudowaniem tych elementów. Beton w kanałach dla zwiększenia wytrzymałości zagęszcza się. W przypadku nietynkowania powierzchni ścian zewnętrznych narażonych na działanie czynników atmosferycznych, zabezpiecza się je za pomocą 2% roztworu wodnego Ahydrosilu-K. W ten sposób zabezpieczona ściana nie wchłania wilgoci z zewnątrz, natomiast łatwo przepuszcza parę wodną od strony pomieszczeń na zewnątrz. Do wykończenia elewacji stosuje się tynki z zapraw krzemowo-organicznym oraz farby hydrofobowe.

6.3.5.5. Wieńce, nadproża, stropy

Jako ostatnią warstwę muru zewnętrznego danej kondygnacji układa się cegłę pełną, a na niej opiera się strop następnej kondygnacji. W przypadku, gdy wieńiec jest wykonywany nad otworem okiennym, element nadprożowy służy jako szalunek

tracony, na nim ułożona jest warstwa cegły pełnej, a następnie wieniec. Nadproża i wieńce od strony zewnętrznej budynku maskowane są gipsowymi elementami ze styropianową wkładką izolacyjną o grubości 10 cm. Elementy te mocuje się za pomocą rurek propylenowych wypełnionych betonem gipsowym. Oparcia stropów na ścianach z kształtek EKOGLIPS muszą spełniać następujące warunki:

stropy żelbetowe powinny przekazywać obciążenie na mury za pośrednictwem wieńca, pod który należy wykonać podmurówkę z cegły pełnej, wieńce powinny być wykonane nie tylko na wszystkich ścianach nośnych, lecz i na ścianach usztywniających i szczytowych,

w przypadku zastosowania innych stropów niż żelbetowe (czyli nie wymagających wieńca), belki stropowe obciążające mur siłami skupionymi powinno montować się na podmurówce z cegły pełnej.

6.3.5.6. Przewody dymowe i wentylacyjne

Mury z przewodami dymowymi i spalinowymi wykonuje się na ogół z cegły lub z elementów ceramicznych. Mury z przewodami wentylacyjnymi wznoszone są z pustaków gipsowo-betonowych lub elementów ceramicznych. Najczęściej są one zgrupowane wraz z przewodami dymowymi i spalinowymi w oddzielnych zespołach konstrukcyjnych wykonywanych z cegły. Długie odcinki murów ceglanych lub betonowych z przewodami oddziela się od ścian z elementów gipsowych szczeliną dylatacyjną dla zapewnienia niezależnej pracy statycznej tych elementów obiektu.

6.3.5.7. Instalacje

Przewody instalacji wewnętrznej wod-kan można prowadzić na zewnątrz muru. Rury doprowadzające gorącą i ciepłą wodę umieszcza się w odległości 1-2 cm od ściany przy wykańczaniu płytą gipsowo-kartonową, a rury z zimną wodą w odstępnie 2 cm. Przy wykańczaniu płytą gipsowo-kartonową instalacje elektryczne prowadzone są po powierzchni ścian. Można również umieszczać przewody wewnątrz kanałów w pustkach lub spoinach stykowych między nimi. Zazwyczaj prowadzi się przewody pod listwą podłogową. Jeżeli tynkuje się wewnątrz ściany, można wykonać bruzdy narury i przewody elektryczne o głębokości do 5 cm. Najtańszym rozwiązaniem

wykończenia wewnątrz jest szpachlowanie spoin między elementami, wyrównanie powierzchni i przyklejenie tapet bez tynkowania.

6.3.5.8. Zalety domów z kształtek gipsowych:

- łatwość wykonania elementów i konstrukcji w różnych rozwiązaniach architektonicznych,
- korzystny współczynnik przewodności cieplnej, suchość pomieszczeń, brak przemarzania,
- duża akumulacja ciepła i regulacja wilgotności pomieszczeń,
- ognioodporność,
- odporność na wpływy atmosferyczne,
- odporność na powstawanie grzybów.

6.3.5.9. Zastosowanie systemu Ekogips:

- budownictwo mieszkaniowe jednorodzinne wolno stojące i szeregowe,
- budownictwo mieszkaniowe wysokie o konstrukcji szkieletowej,
- budownictwo przemysłowe,
- pensjonaty, hotele, biura oraz inne budynki użyteczności publicznej,
- infrastruktura dróg i autostrad.

6.3.5.10. Zalety systemu Ekogips:

Ekologiczny- gips jest zdrowym i czystym materiałem budowlanym, energooszczędny - współczynnik przenikania ciepła wynosi:

- dla typu 80 - $k=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- dla typu 100- $k=0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- dla typu 120- $k=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- niskie nakłady finansowe,
- prostota wykonania.

6.3.5.11. Elementy systemu Ekogips

- Element ścienny podstawowy 80
 - Wymiary 498 x 340 x 248
 - Do wykonania ścian zewnętrznych konstrukcyjnych i osłonowych
 - Do budynków 3,5 kondygnacji
- Element ścienny narożny 80
 - Wymiary 498 x 340 x 248
 - Do wykonania narożników ścian zewnętrznych
- Element ścienny węgarkowy 80

- Wymiary 528 x 340 x 248
- Do wykonywania węgarków, pod okna i drzwi
- Element ścienny podstawowy 100
 - Wymiary 498 x 340 x 248
 - Do wykonywania ścian zewnętrznych konstrukcyjnych i osłonowych
 - Do budynków do 3,5 kondygnacji
- 5. Element ścienny narożny 100
 - Wymiary 498 x 340 x 248
 - Do wykonywania narożników ścian zewnętrznych
- 6. Element ścienny węgarkowy 100
 - Wymiary 528 x 340 x 248
 - Do wykonywania węgarków, pod okna i drzwi
- 7. Element ścienny podstawowy 120
 - Wymiary 498 x 340 x 248
 - Do wykonywania ścian zewnętrznych konstrukcyjnych i osłonowych
 - Do budynków na 1,5 kondygnacji A
- 8. Element ścienny narożny 120
 - Wymiary 498 x 340 x 248
 - Do wykonywania narożników ścian zewnętrznych
- 9. Element węgarkowy 120
 - Wymiary 528 x 340 x 248
 - Do wykonywania węgarków, pod okna i drzwi
- 10. Element ścienny konstrukcyjny wewnętrzny
 - Wymiary 498 x 340 x 405
 - Do wykonywania wieńców stropu
- 11. Element ścienny wieńcowy ostatniej kondygnacji
 - Wymiary 498 x 340 x 250
 - Do wykonywania wieńców stropu
- 12. Element ścienny nadprożowy
 - Wymiary 500 x 340 x 405
 - Do wykonywania nadproży nad otworami okiennymi i drzwiowymi
- 13. Element ścienny izolacyjno maskujący
 - Wymiary 498 x 248 x 248
 - Do zabudowywania stropów i innych elementów żelbetowych na zewnątrz obiektu.

7. Ciepłe domy z cegieł i pustaków ceramicznych

7.1. Wstęp

Domy z cegły zaczęły w Polsce swoje królowanie już w czasach Kazimierza Wielkiego, który "zastał Polskę drewnianą, zostawił murowaną". Tak mówi znane powiedzenie, jednak historia cegły sięga znacznie wcześniejszych okresów. W Polsce najstarsze budowle wzniesione z cegły pochodzą sprzed 900 lat, a na świecie - sprzed ponad 1500 lat. Wspaniała rekomendacja dla materiału budowlanego, którego trwałość można w taki sposób udokumentować.

7.2. Charakterystyka elementów ceramicznych

Tradycja domów z elementów ceramicznych jest w Polsce bardzo długa. Trudno się temu dziwić biorąc pod uwagę takie zalety jak wymienioną już trwałość, często znacznie przekraczającą żywotność innych elementów konstrukcji budynku, odporność na ściskanie rzędu 5-50 MPa, która pozwala na wznoszenie konstrukcji przenoszących duże obciążenia, mrozoodporność -liczy się, że elementy ceramiczne są odporne na ok. 25 cykli zamrażania i rozmrażania, dzięki czemu znajdują zastosowanie w każdych praktycznie warunkach klimatycznych, odporność ogniową oraz dobrą izolacyjność cieplną - szczególnie ważną w energooszczędnym budownictwie, propagowanym i wymaganym przez nasze prawo budowlane ostatnich lat -współczynnik przewodzenia ciepła mieści się w granicach 0,35-0,75 W/mK, a przy tzw. "cieplej" ceramice poryzowanej nawet 0,15-0,20 W/mK. Tyle jeśli chodzi o dane techniczne. To jednak nie wszystkie zalety domów z elementów ceramicznych. Pamiętajmy, że ściany ceramiczne znakomicie wytłumiają hałasy, dlatego ściany działowe mogą być wykonywane już przy grubości 66 mm, a odgradzające poszczególne mieszkania, np. w bliźniaku czy budownictwie szeregowym - 250 mm. Są to wielkości niewielkie, pozwalające na ograniczenie grubości ścian na rzecz powierzchni mieszkalnej.

Ceramika budowlana posiada również zdolność wysokiej akumulacji ciepła. Oznacza to, że zimą nagrzane mury magazynują ciepło i oddają je przy wyłączeniu ogrzewania. Natomiast latem w pomieszczeniach panuje chłód, ponieważ ściany, zatrzymując ciepło z zewnątrz, nie powodują zbytniego nagrzewania się powietrza wewnątrz domu. Każdy, kto przebywał latem w domu ceramicznym na pewno

zauważył zjawisko tworzenia się specyficznego mikroklimatu, uprzyjemniającego życie w takim budynku.

Ze zjawiskiem akumulacji ciepła wiąże się również paroprzepuszczalność. Ściany ceramiczne posiadają, praktycznie nie do osiągnięcia w innych technologiach budowlanych, zdolność do samoczynnej regulacji wilgotności w domu. Wytwarzana przez mieszkańców para wodna jest częściowo przepuszczana przez ściany na zewnątrz, a częściowo magazynowana. W przypadku, gdy poziom wilgoci w pomieszczeniach się obniży, ściany oddają zakumulowaną parę wyrównując wilgotność powietrza. Kolejną zaletą pozwalającą na budowanie domów z elementów ceramicznych praktycznie w każdym klimacie jest ich wysoka przyczepność do zapraw budowlanych, co pozwala na wznoszenie budynków nawet na obszarach bardzo wilgotnych.

7.3. Kształty cegieł i pustaków

Elementy ceramiczne budowy domu pozwalają na wznoszenie konstrukcji skomplikowanych, przy zachowaniu atrakcyjnego wyglądu. Właśnie mnogość kształtów i wymiarów stanowi często jeden z powodów, dla których decydujemy się na dom ceramiczny. Nie można zapomnieć również dużej różnorodności kształtów i wymiarów elementów ceramicznych, które decydują o estetyce, a także możliwościach budowania. Skrót ZMB określa cegłę do murowania ze spoinami poziomymi i pionowymi (Z), mrozoodporną (M), budowlaną (bez drażeń i szczelin - litera B).

Skrót SMB określa cegłę do murowania bez szczeliny pionowej, kolejne litery mają znaczenie jak wyżej. Jeśli jako trzecia litera oznaczenia pojawiają się S i D oznacza to odpowiednio cegłę szczelinową i drażoną.

7.4. Ściany jednowarstwowe

Ściany jednowarstwowe wykonuje się z tzw. ceramiki poryzowanej. Warstwę nośną wykonaną z pustaków o wymiarach 398x198x220mm, 388x240x220mm lub 388x195x220 mm pokrywa się obustronnie tynkiem. Ściana taka ma grubość ok. 42 cm (w zależności od wymiarów pustaka) i waży ok. 360 kg/m². Niestety, różnice w ciężarze i grubości ściany okupione zostały zwiększeniem przenikalności cieplnej - przy użyciu ceramiki poryzowanej wynosi ona ok. 0,45 W/m²K. Według

rozporządzenia współczynnik przenikania ciepła dla ścian jednowarstwowych nie powinien przekroczyć $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, dlatego ściany takie wykonuje się tam, gdzie nie ma wysokich wymogów dotyczących izolacyjności cieplnej. W tym przypadku, na mocy rozporządzenia, jesteśmy również zwolnieni z obowiązku obliczania współczynnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło E.

7.5. Ściany dwuwarstwowe

Ściany dwuwarstwowe wykonuje się również podobnie jak trójwarstwowe, z pominięciem warstwy cegły elewacyjnej czy przeznaczonej do tynkowania. Warstwę wewnętrzną nośną wykonaną z pustaków ceramicznych ociepla się i pokrywa tynkiem cienkopowłokowym, zwykle na siatce z polipropylenu.

7.6. Ściany trójwarstwowe

Ściany trójwarstwowe wykonuje się zwykle wg schematu (kolejność od wewnątrz):

- warstwa wewnętrzna nośna wykonana z pustaków ceramicznych, np. MAX, M44, SZ itp., wykończona tynkiem wewnętrznym, następnie szczelina wypełniona termoizolacją o szerokości od 5 do 15 cm (obecnie spotyka się szczeliny o szerokości nawet 18 cm), warstwa cegieł elewacyjnych lub klinkierowych, wymagających jedynie spoinowania
- warstwa wewnętrzna nośna wykonana z pustaków ceramicznych wykończona tynkiem wewnętrznym, następnie szczelina wypełniona termoizolacją o szerokości od 5 do 15 cm, warstwa cegieł modularnych, wymagających tynkowania
- warstwa wewnętrzna nośna wykonana z pustaków ceramicznych wykończona tynkiem wewnętrznym, następnie szczelina wypełniona termoizolacją o szerokości od 5 do 15 cm, warstwa cegieł kratówek, wymagających tynkowania

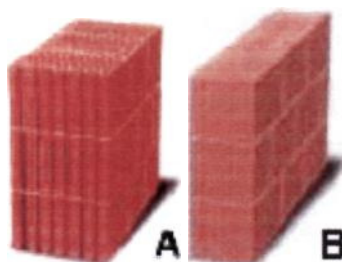
Szerokość ściany trójwarstwowej wynosi zwykle ok. 54 cm z tynkiem, natomiast ciężar 1 m^2 to ok. 540 kg. Należy pamiętać aby ocieplenie ściany zawsze układać od zewnątrz - spełnia ona wtedy najlepiej swoje funkcje akumulatora ciepła (ponad 3-krotnie dłużej utrzymuje ciepło niż ściana ocieplona od wewnątrz).

7.7. Ściany cztero warstwowe

Ściany czterowarstwowe wykonuje się podobnie jak trójwarstwowe z tą różnicą, że na warstwie ocieplenia wykonuje się dodatkowo szczelinę wypełnioną powietrzem (ok. 4 cm), której zadaniem jest odprowadzanie wody.

7.8. Ceramika ekologiczna

Wraz ze zwiększającym się zapotrzebowaniem na poszukiwanie rozwiązań, pozwalających na wykorzystanie surowców odpadowych, powstały technologie odpowiadające obecnym wymogom. Jedną z nich jest wspomniana już poryzacja, druga natomiast to zastąpienie w 50% gliny, wykorzystywanej do produkcji ceramiki budowlanej, popiołami lotnymi. W wyniku procesu produkcji otrzymujemy wyrób charakteryzujący się zwiększonymi parametrami, takimi jak izolacyjność czy wytrzymałość na ściskanie, przy jednoczesnym zmniejszeniu ciężaru. W technologii tej produkuje się drażone elementy ceramiczne o dużych wymiarach, np. cegła kratówka czy pustak szczelinowy MAX. Kolejną zaletą jest obniżenie kosztów produkcji, ponieważ lotne popioły otrzymywane są za darmo lub wręcz za dopłatą. Inne korzyści płynące z wykorzystywania popiołów lotnych mają wydźwięk głównie ekologiczny - utylizacja surowca wtórnego, mniejsze wydobycie gliny oraz wiele innych.



Ściany z ceramiki poryzowanej:

A - jednowarstwowa, B - dwuwarstwowa

7.9. Ciepła ceramika Porotherm

Od kilku lat w słownictwie budowlanym na rynku polskim zagościło określenie ceramika poryzowana, które odnosi się do drobnowymiarowych elementów budowlanych, powstających w wyniku odpowiedniego procesu produkcji. Krótko mówiąc, glina przed wypaleniem wzbogacana jest o łatwopalne składniki takie jak trociny, granulaty styropianowy czy mączka drzewna, które pod wpływem temperatury utleniają się, zwiększając jednocześnie właściwości izolacyjne produktu. W wyniku tego procesu powstaje pustak szczelinowy, pozwalający na wznoszenie ścian jednowarstwowych, nie wymagających dodatkowego ocieplenia. Korzyści, jakie

możemy osiągnąć, decydując się na tego typu rozwiązanie to przede wszystkim, dzięki dużym wymiarom pustaków (440 x 250 x 238 mm, 380x250x238 mm) znacznie skracamy czas budowy oraz obniżamy koszty robocizny. Charakterystyczny kształt tych pustaków eliminuje konieczność stosowania spoiny pionowej, co zmniejsza o połowę zużycie zaprawy (przeciętnie ok. 40 l/m²). Przyjmuje się, że zaprawa powinna mieć takie same wartości współczynnika przenikania ciepła jak użyte pustaki - zapobiega to tworzeniu się mostków termicznych. Pustaki szczelinowe łączy się albo na pióro i wpust, albo - nieco trudniej - na wypełnioną zaprawą kieszeń. Taki sposób wznoszenia ścian wymaga stosowania wymiarowych i nie uszkodzonych elementów, przyspiesza trzykrotnie czas realizacji. Pustaki poryzowane stosuje się również do wznoszenia ścian warstwowych i wewnętrznych.

Etapy murowania

- Podłoże pod ścianę należy wypoziomować. Najwyżej położone miejsca znajduje się przy pomocy poziomnicy, a różnice poziomów niweluje się zaprawą murarską
- Należy pamiętać o zastosowaniu poziomej izolacji przeciwwilgociowej pomiędzy podłożem (fundamentem) a pierwszą warstwą pustaków
- Wznoszenie ścian rozpoczyna się od naroży
- Stosowanie pustaków połówkowych i narożnikowych pozwala na sprawne i szybkie murowanie bez potrzeby cięcia elementów pełnowymiarowych
- Pustaki powinny być układane na zaprawie zwykłej (cementowo-wapiennej) lub lekkiej (na bazie lekkich kruszyw mineralnych) o grubości 12 mm (mierzonej po wykonaniu muru).
- Przed ułożeniem zaprawy (spoina pozioma) należy zwilżyć wodą górną powierzchnię pustaków, które zamierzamy wmurować. Dzięki temu wilgoć (potrzebna na uzyskanie przez zaprawę najwyższej wytrzymałości) nie zostanie wchłonięta przez suche pustaki.
- Zaprawa musi mieć konsystencję gęstoplastyczną: nie może być zbyt sucha ani też na tyle wilgotna, aby groziło jej to wciekaniem w głąb drążen pustaków - zgodnie z elementarnymi zasadami sztuki budowlanej
- Murowanie polega na równomiernym rozłożeniu zaprawy (spoina pozioma) i kolejnym dostawianiu do siebie na styk pustaków. Szczególnie ważne jest aby dokładnie dopasować kolejne elementy do już wmurowanych, jeszcze przed ich postawieniem na zaprawie. W przeciwnym wypadku pustak dosuwany po zaprawie zroluje ją, co uniemożliwi dokładne dostawienie elementów.
- W łączeniu na pióro i wpust nie ma spoin pionowych

- W łączeniach z kieszenią także nie stosuje się spoin pionowych, należy jednak wypełnić zaprawą przestrzenie powstałe po ułożeniu rzędu pustaków.
- Podczas murowania należy pamiętać o stałej kontroli (przy pomocy sznurka, pionu, poziomnicy, łat): poziomu i wysokości murowanej warstwy, pionu i płaskości ściany itp.
- Po zakończeniu dnia pracy zaleca się zabezpieczenie folią ostatniej warstwy pustaków
- Pustaki mają długość, która jest wielokrotnością 12,5 cm. Dlatego też należy projektować ściany domów tak, aby miały one poziomą siatkę wymiarową o podziale 12,5 cm. Pozwoli to na uniknięcie niepotrzebnego dzielenia pustaków na budowie.
- Wysokość pustaków wynosi 23,8 cm, stąd też wynikowa wysokość warstwy równa 25,0 cm uzyskiwana jest przy założeniu wykonania spoiny poziomej o grubości 1,2 cm

W ofercie firm dostępne są również cegły połówkowe (1/2), narożnikowe (3/4). Zbędne jest wówczas cięcie cegieł pełnowymiarowych.

8. Ciepłe domy z bloczków keramzytowych

8.1. Wstęp

W krajach skandynawskich keramzyt od ponad 40 lat z powodzeniem jest używany przy budowie domów jednorodzinnych i stanowi najczęściej wybierany materiał konstrukcyjny. W Polsce jest to kruszywo nieco zapomniane. A szkoda, bo jest ono materiałem nie tylko naturalnym ale również ciepłym, lekkim i wytrzymałym.

Jego historia sięga początku wieku XIX, kiedy to w Stanach Zjednoczonych po raz pierwszy opatentowano metodę wypalania glin ilastych. Keramzyt w Polsce nie miał dobrej opinii. Przyczyniła się do tego przede wszystkim niska jakość kruszywa produkowanego w krajowych zakładach w ramach budownictwa "wielkiej płyty". W wyniku niedokładnego oczyszczania surowca przed jego wypalaniem wyroby gotowe były niestabilne i nietrwałe. Zawarty w nich wodorotlenek wapnia, (który nie powinien się wytworzyć) rozsadzał bloczki od wewnątrz i powodował ich autodestrukcję. Zmiany z lat dziewięćdziesiątych spowodowały, że produkcja niskiej jakości keramzytu, przy jednoczesnych jej wysokich kosztach, spadła do minimum.

Natomiast obecnie, wraz z otwarciem rynku na technologie sprawdzone w innych krajach, poparte wiedzą techniczną i doświadczeniem spowodowały, że kruszywo keramzytowe powoli zaczyna zyskiwać poparcie budowniczych i zainteresowanie inwestorów.

Bloczki keramzytowe nadają się do budowy ścian jedno- i wielowarstwowych. Zaletą tych pierwszych jest obniżenie kosztów budowy. Dodatkowo mamy do czynienia ze zjawiskiem tzw. oddychania ścian -swobodny przepływ wilgoci na zewnątrz, nie powstrzymywany dodatkowymi warstwami ocieplenia. Zapewnia to utrzymanie zdrowego mikroklimatu w pomieszczeniach i odpowiedniego poziomu wilgoci.

8.2. Charakterystyka

Keramzyt to zdrowy i naturalny materiał budowlany, wytwarzany z wyselekcjonowanej gliny. Surowiec jest mieszany, następnie suszony i poddawany obróbce termicznej. Powoduje to pęcznienie gliny, w której powstają twarde i wytrzymałe granulki. Taki właśnie granulak związany cementem portlandzkim używany jest do produkcji bloczków. Bloczki keramzytowe są mrozoodporne i nienasiąkliwe, odporne na grzyby, pleśń i działanie mikroorganizmów. Dlatego często używa się ich do budowy podpiwniczeń budynków. Keramzyt stanowi także bardzo skuteczną izolację termiczną -współczynnik przewodzenia ciepła I zawiera się w przedziale od 0,08 W/mK do 0,15 W/mK. Ściany keramzytowe stanowią również barierę dla hałasu ulicznego oraz tłumią dźwięki dochodzące z sąsiednich pomieszczeń. Ważną zaletą jest również dobra odporność ogniowa bloczków. Nie można pominąć również lekkości materiału. Masa właściwa wynosi 400-900 kg/m³, dostępne jest również skandynawskie kruszywo o masie właściwej 280-600 kg/m³. Dzięki swoim właściwościom keramzyt znajduje zastosowanie w wielu miejscach budynku: do ocieplania fundamentów, gdzie spełnia również funkcję drenażu, do izolacji podłóg i stropów, do izolacji podłóg posadowionych bezpośrednio na gruncie, do renowacji starych podłóg, wypełniania nierówności i ubytków oraz do ocieplania dachów płaskich i kształtowania pochyleń.

8.3. System Optiroc Blok

Optiroc Blok to uniwersalny system budowania. Jedna technologia, jeden materiał od piwnic aż po dach. Opracowana została w Skandynawii, gdzie budynkom stawia się szczególne wymagania. Muszą one wytrzymać ekstremalne warunki klimatyczne, a także odpowiadać surowym normom bezpieczeństwa i ekologii.

Wszystkie te wymagania spełnia z nawiązką ten system. Tajemnica jego sukcesu tkwi w technologii, w której wykorzystywane są naturalne surowce. Elementy systemu powstają ze specjalnej gliny, która w procesie wypalania jest kształtowana w miliony niewielkich kulek wypełnionych powietrzem, a następnie wiązanych cementem i formowanych w bloczki.

Optiroc Blok to materiał zdrowy, wytrzymały i bezpieczny, wyróżniający się doskonałymi właściwościami termoizolacyjnymi. Jest wydajny i bardzo łatwy w użyciu; większość prac budowlanych może być wykonana we własnym zakresie.

Optiroc Blok nadaje się szczególnie do wznoszenia domów jednorodzinnych. Z powodzeniem jest także stosowany jako materiał konstrukcyjny w budynkach użyteczności publicznej do trzech kondygnacji. Jest nie zastąpiony przy wznoszeniu ścian osłonowych w budowach szkieletowych. Jako system modułarny pozwala na stosowanie śmiałych i zróżnicowanych rozwiązań architektonicznych przy udziale niewielkiej liczby prostych elementów.

8.3.1. Doskonała termoizolacja i optymalny klimat w domu

Ściany domu powinny chronić zimą przed chłodem, a latem przed gorącem. Dzięki doskonałym właściwościom termoizolacyjnym ($k=0,29\text{W/m}^2\text{K}$ dla bloczków 36,5 cm) możemy obyć się bez dodatkowej izolacji. Minimalne przewodnictwo cieplne zawdzięczać należy naturalnej strukturze izolacyjnej granulatu, tj. kulek wypełnionych powietrzem. Optiroc Blok nadaje się do budowy ścian jedno i wielowarstwowych. Brak spoin pionowych (połączenie na pióro i wpust) eliminuje ilość fug w ścianach i powstanie mostków termicznych. Przy wciąż rosnących cenach energii system gwarantuje ekonomiczną eksploatację budynku i pozwala na znaczne oszczędności.

O dobrym klimacie wewnątrz pomieszczenia decyduje temperatura, odpowiednia wilgotność i cyrkulacja powietrza. Dzięki swojej porowatej strukturze ściany systemu

posiadają unikalne właściwości regulowania wilgotności w pomieszczeniach. Optiroc Blok utrzymuje wewnątrz domu stałą temperaturę, nawet przy gwałtownych zmianach pogody w otoczeniu. Gwarantuje to zawsze optymalny klimat w domu, który oddycha wraz z jego mieszkańcami.

8.3.2. Komfort i zdrowie

Elementy systemu Optiroc Blok wytwarza się wyłącznie z naturalnych, neutralnych biologicznie i chemicznie surowców. Do jego produkcji używa się gliny, wody, piasku oraz wysokogatunkowego cementu portlandzkiego. Daje to pewność, że przez lata eksploatacji budynku użytkownicy nie będą narażeni na jakiegokolwiek szkodliwe emisje. Jednocześnie system stanowi dobrą ochronę przed hałasem i pozwala się cieszyć ciszą w domu. Ściany stanowią skuteczną barierę dla hałasu ulicznego i wyłumiają dźwięki dochodzące z sąsiednich pomieszczeń.

Ponadto, są nie tylko mrozoodporne, ale uniemożliwiają rozwój grzybów, pleśni i mikroorganizmów. Dlatego stosowany jest z powodzeniem przy wznoszeniu części piwnicznych budynków.

8.3.3. Wytrzymałość i bezpieczeństwo

Wszystkie elementy systemu są nie palne i tworzą naturalną ochronę przeciwpożarową. Wewnętrzna struktura materiału z licznymi otworami powietrznymi, podobna jest do struktury plastra pszczelego. Dzięki takiej regularnej konstrukcji są one stabilne, Wytrzymałe i odporne na zginanie. Wszystko to - wytrzymałość mechaniczna, właściwości termoizolacyjne, odporność na mróz i wilgoć oraz nie palność - czyni z systemu Optiroc Blok jedną z najbezpieczniejszych technologii budowlanych.

8.3.4. Oszczędność i łatwość budowania

System Optiroc Blok pozwala na obniżenie kosztów inwestycji i skrócenie czasu budowy. Mają na to szczególny wpływ następujące czynniki:

- większy wymiar bloczków Optiroc niż tradycyjnych cegieł,
- łączenie bloczków na pióro i wpust,
- zbędna dodatkowa izolacja termiczna w ścianach zewnętrznych,
- łatwa obróbka mechaniczna bloczków.

Bloczki ścian działowych posiadają otwory umożliwiające przeprowadzenie przewodów instalacyjnych (co., elektrycznych, ...) - nie ma zatem potrzeby wkuwania

specjalnych bruzd na instalacje. Powierzchnia bloczków zapewnia doskonałą przyczepność tynków i ułatwia roboty wykończeniowe.



SuperThermo 36,5 wykonany z keramzytu frakcji 4-10 mm i cementu, przeznaczony do wznoszenia ścian jednowarstwowych zewnętrznych nośnych, ścian osłonowych, fundamentowych, piwnicznych. Bloczki należy łączyć na zaprawę M-Blok, rozprowadzaną za pomocą specjalnej skrzynki, która jest niezbędna do uzyskania spoiny niepełnej - z pustką powietrzną pomiędzy równoległymi pasami. Wymagana grubość spoiny to 10 mm. Nie zaleca się murowania w sposób tradycyjny tj. na spoinę pełną, która nie gwarantuje właściwej izolacji termicznej i może przyczyniać się do powstawania mostków termicznych. Nie należy wykonywać spoin pionowych lecz dokładnie połączyć sąsiednie bloki na pióro i wpust. Współczynnik przenikania ciepła $U=0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$



Thermo 24,0 wykonany z keramzytu frakcji 4-10 mm i cementu, przeznaczony do wznoszenia ścian konstrukcyjnych wewnętrznych i zewnętrznych warstwowych. Bloczki należy łączyć na zaprawę M-Blok, rozprowadzaną za pomocą specjalnej skrzynki, która jest niezbędna do uzyskania spoiny niepełnej - z pustką powietrzną pomiędzy równoległymi pasami. Wymagana grubość spoiny to 10 mm. Nie zaleca się murowania ścian zewnętrznych w sposób tradycyjny tj. na spoinę pełną, którą dopuszcza się przy wznoszeniu ścian wewnętrznych. Osłonowa warstwa ściany warstwowej powinna być kotwiona do warstwy konstrukcyjnej kotwami o średnicy 4 mm, montowanymi w co drugiej warstwie bloczków. W celu wzmocnienia stabilności muru w co trzeciej warstwie bloczków należy ułożyć zbrojenie systemowe.



Thermo 17,5 wykonany z keramzytu frakcji 4-10 mm i cementu, przeznaczony do wznoszenia ścian wewnętrznych działowych i zewnętrznych warstwowych. Bloczki należy łączyć na zaprawę M-Blok, z grubością spoiny 10 mm. Ściany należy murować w sposób tradycyjny tj. na spoinę pełną.



Thermo 11,5 wykonany z keramzytu frakcji 4-10 mm i cementu, przeznaczony do wznoszenia ścian wewnętrznych działowych i zewnętrznych warstwowych. Bloczki należy łączyć na zaprawę M-Blok, z grubością spoiny 10 mm. Ściany należy murować w sposób tradycyjny tj. na spoinę pełną.

Inter 9,0 wykonany z keramzytu frakcji 4-10 mm i cementu, przeznaczony do wznoszenia ścian działowych. Bloczki należy łączyć na zaprawę klejącą i murować w sposób tradycyjny tj. na pełną spoinę. Wymagana grubość spoiny to ok. 1 mm.

Optiroc Blok jest systemem nowym na rynku polskim, ale gruntownie sprawdzonym na budowach na całym świecie. To owoc ponad 40 lat doświadczeń i testów. Elementy systemu Optiroc Blok produkowane są także w Polsce, co zapewnia stałość dostaw, pełny wybór asortymentu i bardziej przystępne ceny. Wraz całą gamą innych produktów Optiroc - zaprawami murarskimi, samopoziomującymi posadzkami, klejami do glazury, tynkami -otwiera to zupełnie nowe możliwości w budownictwie.

Unikatowe właściwości i szerokie zastosowanie docenili najbardziej liczący się w kraju fachowcy. Optiroc Blok został nagrodzony Złotym Medalem na Międzynarodowych Targach Poznańskich „Budma 2001”, a w roku 2000 uhonorowany prestiżową nagrodą Złoty Murator jako „Produkt roku 2000”

9. Ciepłe domy z betonu komórkowego

9.1. Wstęp

Beton komórkowy należy do materiałów, które mimo krótkiej historii, zdobyły zaufanie i zostały docenione przez rzeszę inwestorów i budowniczych. Pierwszy beton komórkowy został wyprodukowany dopiero w 1918 roku przez szwedzkiego architekta A. Erikssona. Opatentowana przez niego metoda hartowania wyrobów za pomocą prasy o ciśnieniu ok. 10 atmosfer stosowana jest do dnia dzisiejszego. Do Polski beton komórkowy trafił po wojnie, kiedy to na zasadzie licencji od firm Ytong i Siporex rozpoczęła się produkcja w kilku krajowych zakładach (m.in. w Warszawie, Redzie, Solcu).

9.2. Charakterystyka betonu komórkowego

Beton komórkowy powstaje w wyniku autoklawizacji pod wysokim ciśnieniem (11-13 atmosfer) i w wysokiej temperaturze (ok. 190°C) kruszywa, spoiwa, wody, środków porotwórczych (takich jak np. proszek aluminiowy). Jako kruszywo stosuje się piasek (wcześniej przemielony i odpowiednio obrobiony) lub popioły lotne. Proces technologiczny polega na wymieszaniu składników tworząc masę, która zwiększa swoją objętość - można to porównać do wyrastania ciasta. Po wyrośnięciu i wstępnym związaniu wykrajane są z masy bloczki, które poddawane są procesowi autoklawizacji, zapewniającej materiałowi bardzo dobre właściwości fizyczne i mechaniczne, tj. trwałość, mrozoodporność itp. Znajduje on zastosowanie przy wznoszeniu ścian jedno- i wielowarstwowych zewnętrznych oraz ścian wewnętrznych. Cechą, od której zależne są inne właściwości betonu komórkowego jest jego gęstość czyli stosunek masy do objętości. Z tego względu beton komórkowy dzielony jest na odmiany 400, 500, 600 i 700.

W odmianach tych rozróżnia się marki określające wytrzymałość na ściskanie elementów betonu komórkowego:

- odmiana 400: marki 1,5-3 MPa
- odmiana 500: marki 2,0 - 4,0 MPa
- odmiana 600: marki 3,0-6,0 MPa
- odmiana 700: marki 5,0-7,0 MPa

Dobór bloczków na ściany konstrukcyjne lub samonośne zależy od klasy wytrzymałościowej i odmiany materiału.

9.3. Zalety i wady betonu komórkowego

Od gęstości betonu komórkowego zależy również jego izolacyjność cieplna - im niższa odmiana tym większa izolacyjność, ale niestety mniejsza wytrzymałość. Ściany z betonu komórkowego charakteryzuje również wysoka -zdolność do tłumienia hałasów. Należy jednak pamiętać, że zgodnie z obowiązującą normą dotyczącą izolacyjności akustycznej przegród budowlanych PN-B-02151-3:1999 (wartość 52-56 dB), najczęściej stosowana grubość 24 cm do ścian granicznych w budynkach szeregowych tego wymogu nie spełnia i wymaga dodatkowej izolacji. Natomiast w przypadku ścian zewnętrznych jednowarstwowych wymagania te są spełnione. Do innych zalet betonu komórkowego należy zaliczyć również ognioodporność, znacznie przekraczającą wymagania normy (ok. 4 godzin dla niezbrojonej ściany grubości 24 cm). Nie można również zapomnieć o cechach, dzięki którym materiał ten zdobył tak duże uznanie czyli łatwość, szybkość i czystość budowy, przy bardzo szerokim asortymencie elementów drobnowymiarowych.

Beton komórkowy wymaga jednak dużej dbałości na etapie budowy. Ze względu na kruchość i podatność na obicia musi być zabezpieczony przed uderzeniami. Również pęcherzykowata struktura wewnętrzna powoduje, że materiał ten podatny jest na zawilgocenie, która znacząco zmniejsza izolacyjność cieplną. W przypadku jeśli zawilgocenie przekroczy graniczną wartość 30% beton komórkowy przestaje być mrozoodporny i ulega zniszczeniu pod wpływem cykli zamrażania i odmrażania. Cechy te oczywiście są bez znaczenia jeśli umiejętnie materiał jest składowany, transportowany i wbudowywany. Mimo to wymaga zabezpieczenia przed wilgocią na placu budowy oraz otynkowania, gdy konstrukcja ścian została wzniesiona. W ciągu dwóch lat wilgotność betonu komórkowego powinna się ustabilizować na poziomie ok. 5%.

Izolacyjność cieplna ścian z betonu komórkowego zależy nie tylko od gęstości objętościowej i grubości elementów ale również od zapraw użytych do ich łączenia. Najlepiej jest stosować zaprawy lekkie lub klejowe, osiągając grubość spoiny ok. 1-3 mm dla ścian o grubości do 36 cm. Unikniemy dzięki temu powstawania mostków termicznych, dzięki czemu zostanie zachowana założona izolacyjność cieplna. Jak

już wspomnieliśmy z betonu komórkowego możemy wznosić ściany jedno- i wielowarstwowe.

9.4. Wznoszenie ścian

W przypadku ścian z betonu komórkowego, ze względu na stosowanie cienkich spoin, bardzo ważne jest aby wymiary bloczków były bardzo dokładne. Norma PN-B-19301:1997 dopuszcza odchyłki tych wymiarów dla bloczków typu M (czyli łączonych na zaprawę zwykłą i ciepłochronną) na +/- 5 mm dla długości oraz +/- 3 mm dla wysokości i szerokości. Dla bloczków typu D (czyli z cienkimi spoinami) wymagania te są ostrzejsze: +/- 3 mm dla długości oraz +/- 2 mm dla szerokości i wysokości. Rozpoczynając budowę z bloczków betonu komórkowego musimy zdawać sobie sprawę jak ważne jest wypoziomowanie pierwszej warstwy. Bloczki układa się na zaprawie rozpoczynając od naroży. W trakcie układania sprawdzamy za pomocą poziomnicy czy elementy są umieszczone poprawnie - różnice niwelujemy dobijając młotkiem. Zanim zaczniemy układać następną warstwę, przed położeniem zaprawy wyrównujemy powierzchnię bloczków (szlifujemy bloczki odmiany 400 i 500, strugamy bloczki odmiany 600). Zaprawę najlepiej jest kłaść od razu na całą szerokość bloczka, kielnią o odpowiednim wymiarze. Spoiny pionowe wypełnia się w przypadku układania elementów o gładkich powierzchniach oraz w ścianach piwnic. Na rynku dostępne są bloczki łączone na pióro i wpust lub na kieszeń. Są one niestety droższe od tych z gładkimi powierzchniami, jednak nie wymagają wypełniania spoiny pionowej, co powoduje zmniejszenie zużycia zapraw.

Proponowane przez producentów bloczki mają standardowe wymiary: długość 59 cm (lub 60), wysokość 24 cm (lub 20) oraz szerokość od 6 cm, poprzez wielokrotność 6, do 36 cm. Można również spotkać bloczki o długości 49 cm.

9.5. Ściany jednowarstwowe

Wznoszenie ścian jednowarstwowych z elementów betonu komórkowego nie stanowi problemu. Dostępne są systemy (m.in. system Ytong), które pozwalają na proste, szybkie i odpowiadające normom wznoszenie tego typu ścian. Ponieważ trudno opisywać wszystkie systemy skupię się na najbardziej popularnym Ytongu.

System YTONG jest technologią umożliwiającą wykonanie jednowarstwowego muru, trzykrotnie lżejszego od warstwowego, bez konieczności dodatkowego ocieplenia i spełniającego wszystkie wymagania polskich norm. Podstawowymi elementami tego systemu są: bloczki ścienne, wielkoformatowe płyty ścienne, stropowe i dachowe, elementy docieplenia wieńca, gotowe nadproża (do wykonywania nadproży można również stosować kształtki U), tynki, narzędzia itd.

Dzięki dużej dokładności wymiarowej wyrobów, spoiny wykonywane z zaprawy YTONG mogą mieć grubość 1 milimetra, jest to bardzo ważne ze względów cieplnych i wytrzymałościowych. W przypadku grubszych spoin z tradycyjnych zapraw (np. w ścianach ceramicznych) poprzez ich dużą odkształcalność znacznie zmniejsza się nośność murów i istnieje niebezpieczeństwo powstania mostków termicznych.

Ściany w systemie YTONG można wykonać na kilka sposobów. Najczęściej stosowane są bloczki ścienne. Produkowane są one w trzech klasach wytrzymałościowych, co pozwala na wznoszenie konstrukcji budynków cztero-, pięciokondygnacyjnych. Bloczki posiadają profilowaną powierzchnię czołową, dzięki czemu nie ma konieczności wykonywania spoin pionowych. Dodatkowo elementy posiadają wyfrezowane uchwyty montażowe, znacznie ułatwiające przenoszenie i ustawianie elementów w murze. Podstawowymi wymiarami bloczków są: długość równa 599 (+/-1.5) mm, wysokość - 199 (+/-1.0) mm, szerokość - od 150 do 365 mm. Zamiast bloczków można użyć bloków modułowych, które różnią się od bloczków tylko jednym wymiarem - wysokością równą 599 mm (3-krotna wysokość bloczka). Ich zaletą jest możliwość jednoczesnego montowania dwóch elementów za pomocą specjalnego chwytaka i minidźwigu. Choć murowanie z bloków modułowych wymaga zastosowania sprzętu, to krótki czas w jakim wznoszone są mury i oszczędności na nakładach pracy całkowicie to rekompensują. Należy jeszcze dodać, że te elementy mogą być w ścianie łączone z bloczkami, ich powierzchnie czołowe są do siebie dopasowane.

Oznaczenia i wymiary bloczków Ytong

Oznaczenie	Klasa wytrzymałości MPa	Gęstość objętościowa kg/m ³	Obliczeniowy ciężar objętościowy	Wymiary w mm		
				Długość (±1,5 mm)	Wysokość (±1,0 mm)	Szerokość (±1,5 mm)
PP2/0.4S	2	400	5,0	599	199	150, 175,
PP3/0.5S	3	500	6,0			200, 240,
PP4/0.6S	4	600	7,0			300, 365
PP1.5/0.3S+GT	1,5	350	4,5	599	199	240 300 365
PP2/0.4S+GT	2 3	400 500	5,0 6,0			
PP3/0.5S+GT						
PP4/0.6S+GT	4	600	7,0			
PP4/0.6	4	600	7,5	599	199 lub 399 dla szer. 115	50, 75, 100, 115
PP4/0.6GT	4	600	7,0	599	199	365
PP4/0.6	4	600	7,0	599	99	240, 300, 365
PP5/0.7GT		700	8,0	599	199	365

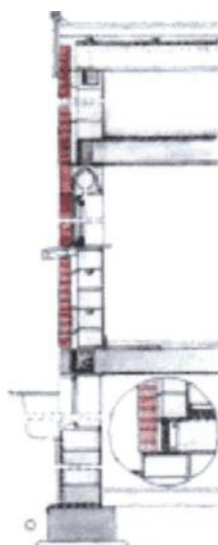
Oznaczenia:

S - pióro wpust

GT - powierzchnia płaska z uchwytem montażowym

Bez oznaczenia powierzchnia płaska

9.6. Ściany wielowarstwowe



Rys.9.1

Ściany wielowarstwowe (rys.9.1) wznosi się zwykle z bloczków o wymiarach 59x24 cm i grubości 24 cm, z zastosowaniem dodatkowo warstwy izolacyjnej (styropian lub wełna) oraz ewentualnej warstwy osłonowej (cegła klinkierowa, itp.). Ściany te wykonuje się standardowo wg schematu (kolejność od wewnątrz):

warstwa wewnętrzna nośna wykonana z bloczków o wymiarach 59x24x24 cm, wykończona tynkiem wewnętrznym (1,5 cm), następnie szczelina wypełniona termoizolacją (5-10 cm), warstwa płytek o wymiarach 59x24x12 cm wykończonych tynkiem zewnętrznym (1,5 cm).

- warstwa wewnętrzna nośna wykonana z bloczków o wymiarach 59x24x24 cm, wykończona tynkiem wewnętrznym (1,5 cm), szczelina wypełniona termoizolacją (5-10 cm), pokryta siatką z włókna szklanego na zaprawie klejowej wykończona pocienioną zaprawą tynkarską (1,0 mm)
- warstwa wewnętrzna nośna wykonana z bloczków o wymiarach 59x24x24 cm, wykończona tynkiem wewnętrznym (1,5 cm), szczelina wypełniona termoizolacją (5-10 cm), warstwa cegły kratówki K2 o wymiarach 25x12x14 cm wykończona tynkiem zewnętrznym o grubości 1,5 cm
- warstwa wewnętrzna nośna wykonana z bloczków o wymiarach 59x24x24 cm, wykończona tynkiem wewnętrznym (1,5 cm), szczelina wypełniona termoizolacją (5-10 cm), warstwa cegieł klinkierowych.

W przypadku wznoszenia ścian zewnętrznych możemy stosować bloczki o wyższej gęstości, a co za tym idzie - większej wytrzymałości. Zmniejszoną izolacyjność cieplną zrekompensujemy odpowiednią grubością warstwy termoizolacji. Pamiętajmy, że współczynnik przenikania ciepła w tego typu ścianach nie może przekroczyć wartości 0,3 W/m²K. W porównaniu do ścian jednowarstwowych wznoszenie tego typu ścian jest bardziej pracochłonne oraz wydłuża się czas budowy. Utrudnione jest również "oddychanie" ściany, ponieważ poszczególne warstwy mają inne zdolności do przewodzenia pary wodnej.

10. Ciepłe domy ze styropianu

10.1. Wstęp

Od kilkadziesiąt lat poszukuje się nowych materiałów i technologii, dzięki którym można szybko budować ciepłe, zdrowe i tanie domy. Już w latach sześćdziesiątych zaczęto wznosić pierwsze domy ze styropianu - tworzywo o wyjątkowo dobrych właściwościach izolacyjnych. Planowane w bliskiej przyszłości wejście naszego kraju do Europejskiej Wspólnoty Gospodarczej implikuje konieczność dostosowania

Polskich Norm do standardów obowiązujących w tej organizacji. Jako przykład działań podejmowanych w tym zakresie może służyć ostatnia nowelizacja rozporządzenia ministra gospodarki przestrzennej i budownictwa z 14 grudnia 1994 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, która ogłoszona 30 września 1997 r. (Dz.U. z 1997 r. nr 132, poz. 878), obowiązuje od 29 kwietnia 1998 r. W dokumencie tym wiele uwagi poświęcono problemowi oszczędności energii i związanym z nim wymaganiom dotyczącym izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych i podłóg na gruncie. Nowy przepis określa maksymalne dopuszczalne wartości współczynnika przenikania ciepła U dla elementów budowlanych ograniczających ogrzewaną przestrzeń budynku, czyli stykających się z powietrzem zewnętrznym, takich jak ściany zewnętrzne, stropy, stropodachy i dachy.

10.2. Dlaczego nie budujemy ze styropianu?

Nasuwa się pytanie: dlaczego stosowane w naszym kraju od dziesięciu lat systemy budowlane oparte na styropianowym szalunku traconym, pomimo oczywistych zalet tak wolno zyskują popularność? Odpowiedź na to pytanie nie jest prosta. Przyczyny istniejącego stanu rzeczy to:

- przywiązanie do tradycji
- głęboko zakorzenione przekonanie o wyższości budownictwa opartego na elementach ceramicznych nad wszystkimi innymi systemami budowlanymi
- nieznajomość bądź brak zaufania do nowych technologii
- brak solidnych i skłonnych do stosowania nowych technologii wykonawców
- uprzedzenia do niektórych tworzyw wykorzystywanych w nowych technologiach

Sporo nieporozumień wynika ze stosowanego czasami w publikacjach skrótu myślowego określającego domy wybudowane w tej technologii jako domy ze styropianu. Określenie to sugeruje, że mamy do czynienia z materiałem "zastępczym", stanowiącym jedynie namiastkę prawdziwego tworzywa budowlanego.

Paradoksalnie, na niekorzyść domów ze styropianu działa również duże tempo budowy budynków powstających z wykorzystaniem tej technologii. Stan surowy zamknięty osiągany jest przeważnie w ciągu kilku tygodni, a po wykończeniu elewacji budynku tynkiem nie sposób go odróżnić od domów wykonywanych w innych technologiach.

10.3. Technologia



Fot.10.1



Fot.10.2

System styropianowych elementów szalunkowo-izolacyjnych umożliwia tanią, łatwą i szybką budowę. Kształtki, wykonane z twardego, samogasnącego styropianu, łączone są podobnie jak klocki lego specjalnymi zamkami, bez potrzeby stosowania narzędzi i spoiw. Konstrukcja złożona z elementów styropianowych, po wykonaniu poziomych i pionowych zbrojeń oraz wyprowadzeniu kotew, łączących ściany zbudowane ze styropianowych elementów ze ścianami działowymi wykonanymi w innych technologiach, zalewana jest betonem B15. Wypełnianie szalunku traconego, stanowiącego jednocześnie izolację termiczną i akustyczną ścian, może być wykonywane ręcznie, warstwami po trzy elementy (75cm) lub maszynowo do wysokości pełnej kondygnacji (3 m), z wykorzystaniem pompy do betonu wyposażonej w odpowiednią końcówkę. W pierwszym wypadku niezbędne jest wykorzystanie specjalnego leja zasypowego ułatwiającego właściwe wypełnienie kształtek betonem, chroniącego zamki elementów górnej warstwy przed zabrudzeniem i dociążającym szalunek, co zapobiega wypieraniu bardzo lekkiego styropianu przez beton.

10.4. Porównanie kalkulacji - przykład:

Ściany konstrukcyjne budynku są czterowarstwowe. Warstwę wewnętrzną stanowią ceramiczne pustaki szczelinowe typu U220 na zaprawie cementowo-wapiennej. Warstwę ocieplającą stanowi 10 cm wełny szklanej. Warstwę zewnętrzną, wykonaną

z cegły klinkierowej oddziela od ocieplenia 3 cm szczelina powietrzna. Ściana elewacyjna powiązana jest z warstwą wewnętrzną za pomocą kotew ze stali nierdzewnej (7 szt/m²). Łączna grubość ściany wynosi 48 cm. Współczynnik przenikalności cieplnej $U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Alternatywą dla takiego rozwiązania może być ściana wykonana w jednym z systemów opartych na styropianowych elementach szalunkowo-izolacyjnych zalewanych betonem. Oprócz niskiego kosztu materiałów atutem jest również znacznie niższa pracochłonność ścian wykonywanych w tej technologii niż w przypadku ścian wykonywanych w technologii tradycyjnej. Wynika to między innymi z faktu, że łączna masa materiałów niezbędnych do wykonania ściany jest 2-3 krotnie mniejsza. Kolejną zaletę stanowi proste, w porównaniu ze ścianą warstwową z elementów ceramicznych, wykonanie. Znacznie mniejsza grubość ściany, nie przekraczająca 30 cm, łącznie z tynkiem zewnętrznym i płytą gipsowo-kartonową, stanowiącą wewnętrzne wykończenie, umożliwia uzyskanie większej powierzchni użytkowej, przy takiej samej powierzchni zabudowy. W przykładzie przedstawionym powyżej, dla domu parterowego zbudowanego na planie kwadratu o boku 10x10 m różnica wynosi 7,8 m².

Nawet ci inwestorzy, którzy są świadomi funkcji, jakie w systemie spełnia styropian - wiedzą, że po za zbrojeniu i zalaniu szalunku betonem stanowi on jedynie izolację cieplną, nie będąc elementem konstrukcyjnym, zadają pytania dotyczące jego trwałości i odporności na działanie czynników środowiskowych. Wyjaśnienia, że do produkcji kształtek wykorzystywany jest twardy styropian samogasnący, praktycznie nienasiąkliwy, odporny na działanie wilgoci, przepuszczający natomiast parę wodną, odporny zarówno na niskie jak i wysokie temperatury, działanie czynników biologicznych i większości substancji chemicznych (wyjątek stanowią rozpuszczalniki i produkty ropopochodne), czasami przyjmowane są z dużą rezerwą.

Ściany, stropy i dachy wykonane w tym systemie charakteryzują się wyjątkowo dobrymi właściwościami termoizolacyjnymi. Współczynnik przenikania ciepła k dla ściany o grubości 25 cm (2 x 5 cm styropianu i 15 cm betonu) wynosi 0,28 W/m²K, podczas gdy dla tradycyjnej ściany z elementów ceramicznych o grubości 40 cm od 0,41-0,5 do 1 W/m²K. Oznacza to, że osiągamy dwie poważne korzyści:

większą powierzchnię użytkową pomieszczeń przy tej samej powierzchni zabudowy

znaczące oszczędności kosztów ogrzewania ściana wykonana w systemie kształtek styropianowych jest bardzo lekka. Przekiętna masa jednego 1m² wynosi 300 kg, podczas gdy 1m² ściany wykonanej w technologii tradycyjnej waży około 900 kg. Aprobata techniczna dopuszcza stosowanie ścian z kształtek styropianowych w budynkach o wysokości do 25 m.

10.6. Budowa i metody montażu

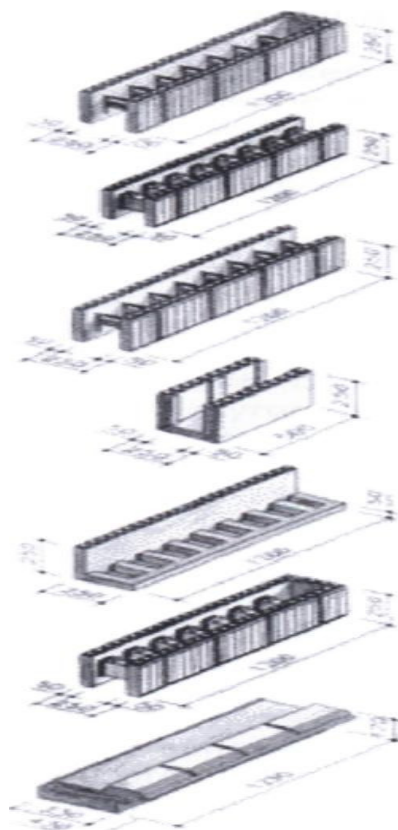
System stanowi ponad dwadzieścia rodzajów elementów styropianowych (Fot.10.3, Rys10.1). Element konstrukcyjny budynku stanowi beton, a pustak styropianowy, po spełnieniu roli formy, pozostaje w ścianie. Specjalna konstrukcja pustaków umożliwia ich dokładne i szybkie łączenie. Ściany - montaż rozpoczyna się na dokładnie wypoziomowanej ławie fundamentowej lub stropie nad piwnicą. Są dwa sposoby montażu. Pierwszy polega na zestawieniu pustaków na wysokość kondygnacji (max. do 3 m) i zalaniu kanałów betonem za pomocą pompy o wydajności do 10 m³/godz. W drugim przypadku ustawia się trzy warstwy pustaków i ręcznie zalewa betonem. Wybór metody zależy od możliwości wykonawcy. Styropianowe pustaki układa się mijankowo, podobnie jak cegły w murze. Elementy przycina się w module co 5 cm. Budowanie rozpoczyna się od naroży. Do kształtowania narożników służą podstawowe kształtki ściennie oraz zatyczki zaślepiające końcówki pustaków.

Wykończenie - wewnątrz budynku najlepiej wykończyć płytami gipsowo-kartonowymi, klejonymi od wewnętrznej strony pustaków. Od strony zewnętrznej najprostszym wykończeniem jest dowolny tynk cienkowarstwowy na siatce z włókna szklanego. Ściany od strony zewnętrznej można również oblicować cegłą lub obłożyć sidingiem.



Fot.10.3

Dach i stropy - przy realizacji budynków można zastosować dowolny rodzaj stropu: drewniany, żelbetowy gęstożebrowy, żelbetowy monolityczny itp. Również doskonałym rozwiązaniem jest strop z zastosowaniem pustaków styropianowych, które stosowane są już od kilku lat. Dach może być także wykonany w dowolnej konstrukcji.



Rys.10.1

10.7. Fakty i opinie

Trwałość styropianu wykorzystywanego do produkcji elementów systemu określona jest na co najmniej 65 lat. W Niemczech, gdzie technologia oparta na styropianie stosowana jest od 40 lat zakłada się, na podstawie wyników badań żywotności, w których stosuje się procesy przyspieszające starzenie materiału, że trwałość elementów wyniesie ponad 120 lat. Najbardziej przekonujące są zazwyczaj opinie użytkowników już istniejących budynków. Tutaj daje się jednak zauważyć następujące zjawisko: ludzie znacznie chętniej artykułują pretensje i zastrzeżenia niż pochwały. Wrażenia mieszkańców "domów ze styropianu" rzadko bywają publikowane, wobec braku negatywnych doświadczeń.

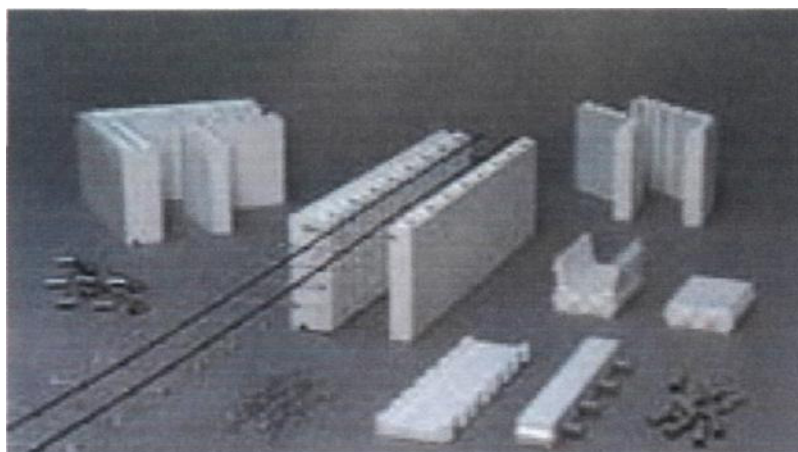
10.8. System szybkiego budowania kern-haus

Podstawowe elementy systemu kern-haus to styropianowe kształtki, klasyczne zbrojenie i beton. Niezależne kształtki styropianowe, stanowiące wewnętrzną i zewnętrzną warstwę izolacji ścian, nie mają formy pustaków. Są to precyzyjnie wyprofilowane proste i narożnikowe elementy, w których wyeliminowano wewnętrzne styropianowe przewiązki. Kształtki, będące jednocześnie szalunkiem traconym, są połączone za pomocą zbrojenia w formie rusztu, wzmocnionego dwoma prętami zbrojeniowymi średnicy 6 mm (Fot.10.4). Pierwszą warstwę kształtek ustawia się na płycie fundamentowej. Następnie układa się zbrojenie oraz kolejną warstwę kształtek. Czynności te powtarza się aż do osiągnięcia pełnej wysokości kondygnacji. Kolejne warstwy kształtek są mocowane i stabilizowane za pomocą pionowych trzpieni-stabilizatorów umieszczonych centralnie w górnej części kształtki. Specjalnie wyprofilowane nadlewy styropianowe, tak zwane zamki, dodatkowo stabilizują i precyzują ułożenie kształtek. Taki szalunek betonuje się jednorazowo, w ciągu kilku godzin, za pomocą pompy do betonu. Nie ma konieczności, jak w systemach wykorzystujących bloczki styropianowe, betonowania warstwowego, co 3 - 4 warstwy. Unika się dzięki temu szwów na połączeniu kolejno wylewanych warstw betonu. Ściany mają jednolitą konstrukcję, nie przerwaną na całym obwodzie obiektu. Do stabilizacji stosuje się firmowe podpory montażowe wyposażone w ściagi, umożliwiające ewentualną korektę pionu ścian. Podpory stanowią jednocześnie pomost do układania kształtek na wyższych poziomach. Połączenia narożne, zewnętrzne i wewnętrzne, wykonuje się wykorzystując specjalne kształtki narożne o kątach 45 i 90 stopni. Takie rozwiązanie zapewnia między innymi płynne połączenie wewnętrznej ściany nośnej ze ścianą zewnętrzną bez przerywania betonowego rdzenia. Kształtki proste mają wymiary 100 x 25 cm i grubość 5 lub 10 cm. Jedną kondygnację można wykonać (wraz z betonowaniem) w ciągu 1-2 dni. System umożliwia wznoszenie:

- ścian grubości 25 cm (izolacja wewnętrzna 5 cm, beton B25 15 cm, izolacja zewnętrzna 5 cm) - współczynnik przenikania ciepła $U = 0,32 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- ścian grubości 30 cm (izolacja wewnętrzna 5 cm, beton B25 15 cm, izolacja zewnętrzna 5 cm) - współczynnik przenikania ciepła $U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- ścian grubości 35 cm (izolacja wewnętrzna 10 cm, beton B25 15 cm, izolacja zewnętrzna 10 cm) - współczynnik przenikania ciepła $U < 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

W obiektach, którym stawiane są podwyższone wymagania statyczne - hale, magazyny, obiekty przemysłowe - wykonuje się ściany o większej wytrzymałości, których wewnętrzny rdzeń betonowy ma grubość 20 cm. Wskaźnik zużycia betonu wynosi 0,15 m³ na 1 m² ściany lub 1 m³ betonu na około 7 m² ściany. Przy betonowaniu nie jest wymagane zagęszczanie betonu. Wierząc otwór w tak wykonanej przegrodzie, ma się 100% pewność trafienia w znajdujący się pomiędzy warstwami styropianu beton, dzięki czemu można bez obaw zawieszать nawet ciężkie przedmioty (np. szafki kuchenne, regały książkowe). Ściany spełniają wymagania ognioodporności dla ścian dzielących budynki w zabudowie szeregowej i bliźniaczej. Budynki, w których wykorzystano styropianowy szalunek tracony, zachowują się w sezonie grzewczym inaczej niż obiekty wykonane tradycyjnymi metodami (nawet jeśli współczynnik przenikania ciepła k dla ścian jest taki sam w obu wypadkach). Ściany zbudowane systemem kern-haus nie pochłaniają ciepła z nagrzewanych pomieszczeń i nie akumulują go. Wnętrze domu nagrzewa się szybko, a do podtrzymania właściwej temperatury potrzebna jest minimalna moc grzewcza. Technologia kern-haus umożliwia wznoszenie budynków jednorodzinnych, obiektów użyteczności publicznej (takich jak banki, szkoły, hale sportowe, kościoły), a także wykonywanie basenów, zbiorników i chłodni.

Wykonanie:



Fot. 10.4 Kształtki systemu kern-haus



Fot. 10.5 Montaż drugiej warstwy kształtek na płycie fundamentowej



Fot. 10.6 Wnętrze szalunku ściany zewnętrznej, zabudowana kasetka żaluzyjna ze zbrojeniem nadproża okiennego



Fot. 10.7 Nakładanie elementu ściany



Fot. 10.8 Podpieranie nadproża okiennego przed zabetonowaniem



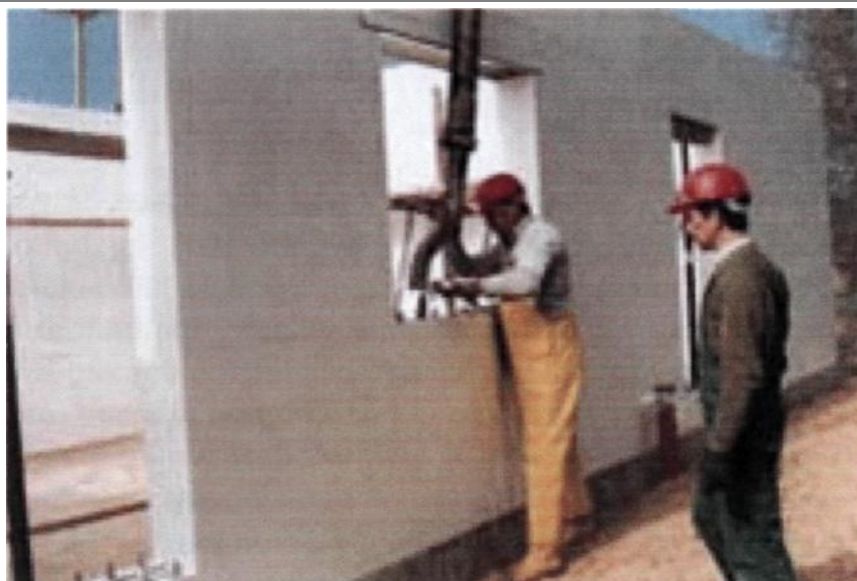
Fot. 10.9 Betonowanie konstrukcji szalunku



Fot. 10.10 Wygładzanie betonu



Fot. 10.11 Układanie stropu nad kondygnacją parteru



Fot. 10.12 Betonowanie konstrukcji szalunku pełnej kondygnacji za pomocą pompy rozpoczyna się od najniżej położonych części konstrukcji ściennej (otwór okienny)

11. Ciepły dom z kształtek wiorobetonowych

11.1. Wstęp

Technologia budowania z kształtek wiorobetonowych jest kolejną alternatywą między znanymi w kraju energooszczędnymi metodami wznoszenia obiektów z ekologicznych materiałów. Już 20 lat temu powstały pierwsze w tej technologii obiekty w Alpach austriackich, włoskich, w Tyrolu. W surowych warunkach klimatycznych kształtki potwierdziły swą trwałość i mrozoodporność, także w budynkach nie otynkowanych.

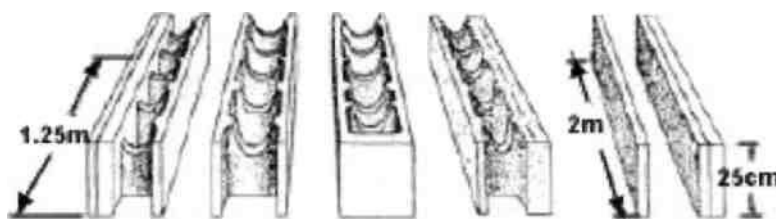
Fabryki kształtek wiorobetonowych znajdują się w Austrii, Słowenii, Włoszech i Czechach. Ma powstać fabryka elementów w Polsce. Czy jednak przyjmie się u nas ta technologia? Jak to zwykle bywa już znalazła sporą grupę entuzjastów. Wiele jednak osób bardzo ostrożnie wyraża opinię na temat ściennych elementów wiorobetonowych, pamięta bowiem naszą technologię wznoszenia budynków w systemie Bau-Pol. Pustaki Bau-Pol wykonywane były również z wiórobetonu i podobnie jak opisywane kształtki pełniły w czasie wznoszenia budynków rolę szalunków traconych, a w okresie eksploatacji rolę izolacji termicznej i akustycznej. Elementem nośnym były także zbrojone betonowe słupy powstałe przez wypełnienie

pustaków mieszanką betonową. Jednak sam pustak, wykonany z lekkiego tworzywa betonowego z wypełnieniem spreparowanego drewna odpadowego, nie nadawał się do zastosowania. Nie zabezpieczony przed wilgocią lub opadami atmosferycznymi ulegał skorodowaniu, co zostało potwierdzone badaniami ITB. Ponadto współczynnik przenikania ciepła dla ściany wykonanej z tych elementów przekraczał wymagania obowiązującej wówczas normy (max wartość $k=0,70\text{W/m}^2\text{K}$ > dop. $k=0,55\text{W/m}^2\text{K}$).

11.2. Kształty i wymiary

Kształtki nadają się do samodzielnego wznoszenia z ścian domów, garaży, budynków gospodarczych, a także dużych 3-4 piętrowych obiektów. Elementy ścian (Rys. 11.1) przypominają "klocki Lego" znane z pewnością z technologii Thermomur. Wykonane są jednak z innego materiału, a mianowicie ze sprasowanych wiórów pochodzących z drzew iglastych. Podobna jest również technologia wznoszenia biorąc pod uwagę zbrojenie kształtek i wypełnienie ich mieszanką betonową (beton B-25, B-30). Są jednak istotne różnice, dotyczące choćby wykonania stropów, wieńców, nadproży, montażu stolarki okiennej i drzwiowej.

Kształtki produkowane są w wersji normalnej i specjalnej na zamówienie. Wymiary kształtek normalnych: wysokość 25 cm, długość różna: 82, 85, 95, 100, 105, 110, 125 cm, szerokość różna w zależności od rodzaju kształtki i jej przeznaczenia: od 15 do 35 cm bez ocieplenia, a z warstwą izolacyjną + 5, 6, 7 lub 9 cm styropianu. Wymiary płyt izolacyjnych bez ocieplenia: wysokość 25, 30 cm, długość: 200 cm, grubość 3,5, 5 cm. Wymiary płyt z warstwą izolacyjną: długość 200 cm, wysokość 25, 30 cm, grubość 3,5 cm powiększona o 5 lub 7 cm styropianu.



Rys. 11.1

11.3. Korozja biologiczna

Technologia wytwarzania kształtek ISO-SPAN zdaniem producentów eliminuje niepożądane właściwości wiórobetonu takie jak gnicie, zagrzybienie, niszczenie przez owady i szkodniki. Czy jest tak faktycznie, okaże się po badaniach ITB.

11.4. Izolacyjność termiczna

Przykładowa wartość współczynnika przenikania ciepła dla nie otynkowanej ściany zewnętrznej z kształtek SUPER 200 grubości 32 cm (w tym z 11 cm wkładką izolacji styropianowej) wynosi $k=0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$.

11.5. Technologia wznoszenia

Mur z kształtek wiórobetonowych wykonywany jest "na sucho" (bez zaprawy). Wyjątek stanowi pierwsza warstwa (Fot. 11.2), którą układa się na mocnej zaprawie cementowej. Płaszczyznę na której będzie ustawiana pierwsza warstwa (fundament lub strop międzykondygnacyjny), należy idealnie wypoziomować. Na warstwę izolacji przeciwwilgociowej nakłada się zaprawę i dokładnie ją rozprowadza.

Po wyznaczeniu kątów narożników ścian należy ułożyć pierwszą narożną kształtkę, dokładnie ustawić ją za pomocą poziomicy i sznura oraz wypełnić mieszanką betonową do wysokości 15 cm poniżej górnej krawędzi kształtki. Kształtki zestawia się z wzajemnym przesunięciem spoin pionowych na zasadzie wiązania muru. W czasie wznoszenia kształtki pełnią rolę szalunków traconych, a w okresie użytkowania rolę izolacji termicznej i akustycznej. Element nośny stanowią po zazbrojeniu i zabetonowaniu betonem wymaganej klasy. Kształtki należy układać w wiązaniu na sucho z przynajmniej 25cm zakładem w kolejnych warstwach. Po ułożeniu od 2 do 4 warstw należy wypełnić je betonem o odpowiedniej jakości i konsystencji, do wys. 15 cm poniżej górnej krawędzi najwyższej warstwy (konsystencja betonu-plastyczna). Beton należy zagęścić rydlowaniem za pomocą łaty o przekroju 2x2 cm, pręta żelaznego lub wibratorem buławowym, do momentu, gdy poziom betonu ustabilizuje się, a ścianki kształtek całkowicie nawilgotnieją. Zwiększenie izolacji dźwiękowej ścianek działowych pomieszczeń mieszkalnych uzyskuje się przez użycie domieszki fluidyfikatora (środka zapobiegającego zbrylaniu) w betonie wypełniającym. Do betonu zaleca się stosować kruszywa o frakcjach nie przekraczających grubość 16 mm.

Ściany bez tradycyjnych spoin eliminują mostki termiczne. Różnorodność produkowanych kształtek pozwala na wykonanie murów o różnych kątach, wykuszy, podpór w formie kolumn, filarów. W zestawie kształtek ściennych są kształtki podstawowe i uzupełniające, takie jak narożne czy nadprożowe, wieńcowe. Nie stwarza problemu poprawne wykonanie strzępi -połączeń ścian wewnętrznych z zewnętrznymi.



Fot. 11.2

Konkurencyjny w stosunku do tradycyjnej technologii jest przede wszystkim koszt wzniesienia budynku do stanu surowego. Budowa potwierdza szybkie tempo stawiania, prostotę budowy i czystość pracy na poszczególnych stanowiskach (brak tradycyjnego murowania kielnią). Jest to niewątpliwie godna zauważenia, bo konkurencyjna w stosunku do istniejących, energooszczędna technologia wznoszenia obiektów budowlanych.

12. Ciepłe domy na lekkim szkielecie stalowym

12.1. Opis systemu



Kariera lekkiego budownictwa szkieletowego, technologii, która przywędrowała do nas zza oceanu, rozpoczęła się w szkielecie drewnianym. Tam też podjęto pierwsze próby zastąpienia konstrukcji drewnianej elementami stalowymi. Zastosowanie stali w tego typu budownictwie było w USA niemalże koniecznością, gdyż ceny drewna na początku lat dziewięćdziesiątych wzrosły dwukrotnie w wyniku wprowadzenia przez władze dużego ograniczenia w pozyskiwaniu drewna z lasów na zachodnim wybrzeżu. Choć tradycja nakazywała wybór drewna, to jednak niższa cena stali oraz inne zalety sprawiły, że coraz częściej wznoszono domy w szkielecie stalowym. Dla przykładu można podać, że w Stanach Zjednoczonych w 1992 r. wybudowano około 500 domów „stalowych”, w 1993 - ponad 15 000, a w następnym roku liczba ta potroiła się (dane pochodzą z szacunków AISI - Amerykańskiego Instytutu Stali i Żelaza). Tak szybka kariera stali, jako materiału stosowanego do wykonywania lekkich konstrukcji szkieletowych, spowodowana jest jej licznymi zaletami. Odpowiednio zabezpieczona stal jest odporna biologicznie, nie paczy się, nie ulega skręceniu, nie łamie się, jest nietoksyczna, można z niej budować w rejonach o wysokim zagrożeniu sejsmicznym. Ważny jest również aspekt ekologiczny, gdyż dzięki zastosowaniu stali w budownictwie szkieletowym ogranicza się niszczenie zasobów leśnych. Nie znaczy to, że lekki szkielet stalowy wyeliminował całkowicie drewniane budownictwo. Na rynku budowlanym z powodzeniem funkcjonują równolegle obydwa te rozwiązania, lecz można zaobserwować stale rosnące zainteresowanie szkieletem stalowym. Związane jest to niewątpliwie z trudnościami w pozyskaniu odpowiedniego drewna konstrukcyjnego.

Trendy zapoczątkowane w USA szybko przedostały się do naszego kraju, gdzie także podjęto próby zastosowania stali do konstruowania lekkiego szkieletu drewnianego. Początkowo zastępowano tylko niektóre elementy konstrukcji, pozostawiając stropy i więźbę dachową w tradycyjnych rozwiązaniach materiałowych. W miarę udoskonalania rozwiązań technicznych zdecydowano się na pełne zastąpienie wszystkich drewnianych elementów materiałem stalowym. Dom wzniesiony ze stali zasadniczo nie różni się od swojego drewnianego pierwowzoru. Oprócz zamiany elementów konstrukcyjnych, cały proces wznoszenia takiego budynku jest, w ogólnym uproszczeniu, powtórzeniem zasad stosowanych w nowoczesnym budownictwie drewnianym, włącznie z zastosowaniem podobnych materiałów izolacyjnych i wykończeniowych. W zależności od stosowanego rozstawu stalowych elementów konstrukcyjnych, rozróżniamy kilka odmian tego typu systemów. Podstawowa wersja jest bezpośrednim „tłumaczeniem” konstrukcji drewnianej na stalową. Zimnogięte elementy stalowe z ocynkowanych blach o grubości 0,8 -1,5 mm zastępują konstrukcyjne elementy drewniane, pozostałe materiały wykorzystywane w technologii szkieletu drewnianego mogą być z powodzeniem zastosowane w stali.

Elementami konstrukcyjnymi ścian zewnętrznych są słupki stalowe z ceowników (np. C 140) rozmieszczone co 60 cm. Jest to typowy moduł rozmieszczenia elementów konstrukcyjnych zarówno ścian, stropów jak i dachu. Ceowniki umieszcza się w prowadnicach wykonanych z profili U 140, które tworzą podstawę jak i zamknięcie panelu ściennego. Aby konstrukcja miała prawidłową sztywność konieczne są stężenia ukośne oraz rygle. Najczęściej wykonuje się je z płaskowników stalowych lub odpowiednio przyciętych kształtowników. Podobnych kształtowników używamy do konstrukcji stalowej stropów międzykondygnacyjnych. Zasadniczymi elementami nośnymi są ceowniki - C 90 i C 140, ponadto stosuje się bieżniki U 90 i U 140. Przy zwiększonych rozpiętościach należy zastosować dźwigary stropowe. Typowym rozstawem belek lub dźwigarów jest moduł 60 cm. Te same ceowniki stosowane są do wykonania konstrukcji nośnej dachu. Gdy rozpiętość dźwigara przekracza 6 m, węzły dźwigara kryte są obustronnie blachami. Aby mieć pewność, że konstrukcja stalowa została poprawnie wykonana, większość producentów oferuje montaż poszczególnych elementów konstrukcji budynku już w fabryce. Ściany zewnętrzne są montowane w postaci paneli, które uwzględniają otwory okienne i drzwiowe oraz

zawierają specjalną konstrukcję nadproży. Podobnie dźwigary dachowe i elementy stropów międzykondygnacyjnych są przygotowane w zakładzie produkcyjnym. Poszczególne elementy są łączone między sobą za pomocą wkrętów samogwintujących. Na placu budowy należy wykonać montaż przygotowanych prefabrykatów, które stworzą pełny szkielet nośny budynku. Powstała konstrukcja musi być odpowiednio zakotwiona w fundamencie. Aby zmniejszyć ilość tymczasowych stężeń konstrukcyjnych, przed przystąpieniem do montażu stropów i dźwigarów dachowych, można zamocować poszycie ścian, które wykonuje się z wodoodpornych płyty wiórowych lub sklejki. Po zmontowaniu całego szkieletu oraz zamocowaniu poszycia budynek jest całkowicie usztywniony. Kolejnym etapem budowy jest przystąpienie do prac wykończeniowych. Prawidłowe wykonanie konstrukcji to dopiero początek drogi do wybudowania budynku mieszkalnego.

Aby maksymalnie zredukować koszty materiałowe, konstrukcję początkowo dostosowano do wymogów domu parterowego, późniejsze rozwiązania uwzględniły również dom z poddaszem użytkowym. Była to odpowiedź na istniejące zapotrzebowanie. Skoncentrowanie się na niskiej zabudowie pozwoliło na zminimalizowanie konstrukcji. Słupki stalowe w systemie rozmieszczane są w module 155 cm (budynki parterowe) lub 160 cm (budynki z poddaszem użytkowym). Istnieje możliwość podwojenia modułu przy zastosowaniu elementów nośnych o zwiększonym przekroju 80 mm x 80 mm. Takie rozwiązanie sprawia, że system jest bardzo elastyczny, dając swobodę w kształtowaniu wnętrza. W porównaniu do tego typu rozwiązań w drewnie, gdzie rozstaw elementów konstrukcyjnych wynosi 40 - 60 cm, daje to również dużą redukcję materiału. Aby konstrukcja miała odpowiednią sztywność, oprócz pionowych elementów stalowych stosuje się odpowiednie stężenia poziome i ukośne.

Energooszczędność domu wzniesionego w opisywanym systemie osiągnana jest głównie dzięki poprawnej strukturze ściany, w tym także odpowiedniej grubości ocieplenia. Współczynnik przenikalności cieplnej wynosi najczęściej $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$, przy zastosowaniu warstwy wełny mineralnej o grubości 15 cm. System proponuje również rozwiązanie o zredukowanej grubości ocieplenia do 10 cm. W takim wypadku współczynnik przenikalności cieplnej jest odpowiednio niższy. Struktura ściany jest podobna do ściany stosowanej w szkieletowym budownictwie drewnianym, podstawową różnicą jest to, że wszystkie warstwy oprócz licówki

umieszczone są po wewnętrznej stronie słupków stalowych, a nie pomiędzy nimi. Dzięki temu rozwiązano problem mostków termicznych, które tworzyłyby się, gdyby umieszczono ocieplenie pomiędzy stalową konstrukcją wykonaną z profili zamkniętych.

Aby sprostać gustom społeczeństwa preferującym solidnie wyglądające domy wiele firm zdecydowano się na wykonanie elewacji z cegły. Oprócz takiego rozwiązania możemy stosować większość materiałów elewacyjnych, wykorzystywanych w szkieletach drewnianym. Pomiedzy wymurówką a konstrukcją stalową znajduje się szczelina wentylacyjna, a następnie warstwa wiatroizolacji. Konstrukcję stanowią stalowe profile zamknięte o wymiarach 40 mm x 80 mm lub 80 mm x 80 mm. Po wewnętrznej stronie stalowych słupków umieszczone jest poszycie wykonane z wodoodpornych płyt wiórowych oraz ocieplenie z wełny szklanej lub mineralnej. Do wewnętrznej strony słupków przykręcane są drewniane listwy montażowe o przekroju 2,5 x 10 cm lub 2,5 x 15 cm (w zależności od zastosowanej grubości izolacji termicznej), które umożliwiają zamocowanie ocieplenia. Izolacja termiczna może również stanowić warstwę ciągłą montowaną w obudowie panelowej, bez konieczności stosowania poziomego rusztu. Kolejną warstwą jest paroizolacja. Pomieszczenia wykończone są od wewnątrz płytami gipsowo-kartonowymi. Ściany działowe wewnątrz domu wykonane są w lekkiej konstrukcji szkieletowej lub (gdy planujemy znacznie obciążyć ściankę) z gipsowych bloczków. Ścianka elewacyjna z cegły łączona jest z konstrukcją stalową za pomocą specjalnych wąsów naspawanych na słupach w rozstawie co 22,5 cm. Wymurówka powinna być ponadto przebrojona drutem stalowym ocynkowanym 3,0 mm co piątą warstwę.

Jako dużą zaletę systemu możemy uznać szybki cykl realizacji budynku. Czas potrzebny na wykonanie domu pod klucz to około trzy do pięciu miesięcy. Dzięki wcześniejszemu odpowiedniemu przygotowaniu wszystkich elementów stalowych na plac budowy zostają dostarczone elementy, które jedynie wymagają połączenia za pomocą śrub i kołków rozporowych. Ciężar poszczególnych elementów konstrukcyjnych nie powinien przekroczyć 70 kilogramów. Przeważają drobniejsze elementy ważące około 20 - 30 kilogramów, dzięki czemu budynek może być wzniesiony z wykorzystaniem siły robotników. Proces wznoszenia szkieletu stalowego przypomina łączenie stalowych klocków za pomocą śrub i kołków rozporowych. Wyeliminowano wszelkie połączenia spawane, co znacznie

przyspiesza i ułatwia cykl realizacyjny. Taki sposób montażu gwarantuje doskonałą precyzję i komfort pracy. Wszystkie elementy stalowej konstrukcji zaopatrzone są w odpowiednie łączniki, umożliwiające łatwe i pewne połączenia z innymi składowymi budynku. Oprócz wykonania fundamentów stopowych (o średnicy 60 lub 100 cm) oraz wymurowania ścianki elewacyjnej, nie występują tutaj procesy mokre. Szacuje się, że około 80 % prac montażowych może odbywać się w temperaturach ujemnych. Przewaga procesów suchych w danej technologii znacznie przedłuża sezon budowlany, uniezależniając się praktycznie od zimy. Zaletą tego typu konstrukcji jest ponadto łatwość w demontażu poszczególnych fragmentów ścian, co w konsekwencji ułatwia znacznie wszelkie niezbędne przeróbki wnętrza wynikające ze zmiany funkcji obiektu. Omawiana odmiana systemu szkieletowego umożliwia realizację różnego typu zabudowy mieszkaniowej -parterowej lub z poddaszem użytkowym. W tej technologii możemy z powodzeniem wykonać budynki wolnostojące, bliźniaki, bliźniaki połączone garażem oraz budynki szeregowe. Wymiary najmniejszych domków to 6 x 6 modułów (wspomniany moduł wynosi 155 cm lub 160 cm). Stanowi to najmniejszą jednostkę modułową w tej technologii. Pojedyncza nawa ma wymiary równe trzem modułom na szerokość oraz minimum sześciu modułom na długość. Nie ma specjalnego ograniczenia jeżeli chodzi o ilość modułów na długość. Zaproponowane przez projektantów systemu moduły pozwalają na swobodne kształtowanie wnętrza budynku. Sposób powstawania budynku z poddaszem użytkowym w tym systemie najlepiej obrazuje kolejność wykonywania robót budowlano-montażowych:

- wytyczenie budynku,
- wykonanie fundamentów stopowych,
- wykonanie belek podwalinowych oraz dolnej płyty betonowej posadzki budynku,
- montaż konstrukcji stalowej budynku,
- montaż poszycia stropów,
- wykonanie pierwszego etapu robót dekarских, wymurowanie trzonów kominowych,
- montaż drewnianych listew, służących do zamocowania ocieplenia,
- montaż izolacji wiatrowej,
- montaż stolarki okiennej,
- montaż izolacji termicznej,
- wykonanie ścianek działowych,
- montaż stolarki drzwiowej,
- roboty instalacyjne we wnętrzu,
- montaż paroizolacji,

- wykończenie budynku poprzez wykonanie suchych tynków, parapetów,
- schodów itp.,
- wykonanie podłogi na gruncie,
- wykończenie elewacji budynku,
- wykonanie drugiego etapu robót dekarских.

13 Analiza ekonomiczna - koszt wykonania budynku w stanie surowym w wybranych systemach

Do obliczenia kosztów realizacji obiektu wykorzystano rzeczywisty projekt domu jednorodzinny. Pozwoliło to na kalkulację i porównanie nie tylko kosztów jednostkowych, lecz także całkowitych kosztów robót i ich udziału w całości. Podstawowe dane techniczne domu:

Liczba kondygnacji: parter + poddasze

Powierzchnia zabudowy: 85,0 m²

Powierzchnia netto: 123,4 m²

Kubatura: 494,0 m³

13.1 Dane konstrukcyjno-budowlane:

Ławy fundamentowe z betonu zbrojonego, ściany fundamentowe z bloczków betonowych, izolacja pionowa z abizolu R+P na rapówce i płyt ze styropianu o grubości 12 cm. Ściany zewnętrzne nadziemia z pustaków szczelinowych ceramicznych U-220- gr. 25 cm, ocieplone w systemie lekkim mokrym, z warstwa styropianu gr. 12 cm i tynkiem mineralnym. Strop gęstożebrowy typu TERIVAL o wysokości 24 cm i rozstawie belek 60 cm. Dach w konstrukcji krokwiowo-jętkowej, pokryty dachówką ceramiczną. Kalkulacje cen oparte są na normatywach zawartych w katalogach KNR, KNNR, normach zakładowych i kalkulacjach indywidualnych. Wartości narzutów Kp = 67%, Kz = 11,9%, Z = 14,5%. Ceny materiałów, robocizny i sprzętu pochodzą z „Informacji o cenach czynników produkcji SEKOCENBUD” 3/2002 oraz danych producentów i dystrybutorów.

Ściany nadziemia

Podane wartości współczynnika U dla różnych rodzajów ścian to dane uzyskane od producentów lub na podstawie danych publikowanych w poradnikach. Mogą one służyć jedynie do orientacyjnej analizy porównawczej. Ich wartości nie uwzględniają udziału warstw tynków wewnętrznych i zewnętrznych, oporów przejmowania ciepła, wpływu mostków termicznych, nieszczelności w warstwie izolacji, łączników mechanicznych itp. Ceny robót i materiałów nie uwzględniają kosztów związanych z wykonaniem tynków, otworów, nadproży, narożników, ościeży, ustawieniem rusztowań i innych składników, mających wpływ na średnią cenę 1 m ściany.

Zestawienie cen wykonania ścian z poszczególnych materiałów.

Tabela 13.1

Lp.	Typ ściany	Cena robót (zł/m ²)	Koszt materiałów	Zastosowanie	Współczynnik (W/m ² K)
1.	Ściana z pustaka z ceramiki poryzowanej Porotherm 44 P+W na	156,70	112,20	Ściana zewnętrzna jednowarstwowa	0,31
2.	Ściana z pustaka z ceramiki poryzowanej Porotherm 25 cm	79,90	53,10	Ściana wewnętrzna	
3.	Ściana z bloczków z betonu komórkowego Ytong grubości	138,20	112,90	Ściana zewnętrzna jednowarstwowa	0,30
4.	Ściana z bloczków z betonu komórkowego Ytong grubości	92,10	74,50	Ściana wewnętrzna	
5.	Ściana z bloczków trocinobetonowych CS-24 grubości 40cm na zaprawie	137,50	96,00	Ściana zewnętrzna jednowarstwowa	0,25
6.	Ściana z bloczków trocinobetonowych CS-24-1-20	72,70	47,90	Ściana wewnętrzna	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie cen z Sekocenbudu III kwartał 2002r.

Porównanie cen i wartości robót (netto) wykonania ścian dla całego domu

Tabela 13.2

Lp.	Rodzaj robót	Ilość robót wg	Cena jednostkowa wg projektu	Wartość robót wg	Wariant I Porotherm		Wariant II Ytong		Wariant III Techbud	
					Cena jednostkowa	Wartość robót	Cena jednostkowa	Wartość robót	Cena jednostkowa	Wartość robót
1.	Ściany nadziemia zewnętrzne	WUm1	Pustak U/220 25cm+ styr.12cm 179,0	25 274,8	Porotherm 44 P+W 156,7	22 126,0	Pustak Ytong gr.36,5cm 138,20	19 513,8	Pustak CS-24 gr. 40cm 137,5	19415,0
2.	Ściany nadziemia zewnętrzne (pod okładzina z	9,9 m2	Pustak U/220 25cm 95,5	945,5	Porotherm 25 cmP+W 79,9	791,0	Pustak Ytong gr. 24cm 92,1	911,8	Pustak CS-24-1-20 gr. 20cm 72,7	719,7
3.	Ściany nadziemia	6,9 m2	Pustak U/220 25cm 95,5	659,0	Porotherm 25 cmP+W	551,3	Pustak Ytong gr. 24cm	635,5	Pustak CS-24-1-20 gr.	501,6
4.	Ściany nadziemia wewnętrzne	10,0 m2	Pustak U/220 18,5cm	702,0	Porotherm 18,8 P+W	626,0	Pustak Ytong gr. 24cm	921,0	Pustak CS-24-l-20gr.20cm	727,0
	Razem:	27 581,3			24 094 J		21 982,1		21 3633	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie cen z Sekocenbudu III kwartał 2002r.

W ścian z pustaków z pustaków szczelinowych ceramicznych U-220- gr. 25 cm, ocieplone warstwą styropianu gr. 12cm jest jak przedstawia powyższy wykres najdroższe. Znacznie lepiej w tym porównaniu wypada system YTONG, zaś najmniejsze koszty, to wykonanie ścian w systemie TECHBUD, którego współczynnik przenikania ciepła U jest w tym przypadku najniższy.

Stropy

W analizowanym domku jednorodzinym strop jest gęstożebrowy typu TERIVAL o wysokości 24 cm, cena wykonania to 85,20 zł/m² w tym 52,60zł to koszty materiałów.

Zestawienie cen wykonania różnych typów stropów.

Tabela 13.3

Lp.	Typ stropu	Cena robót (zł/m ²)	Koszt materiałów (zł/m ²)
1.	Strop Porotherm gr.23cm, beton B15	123,00	88,50
2.	Strop z płyt ze zbrojonego betonu komórkowego Ytong gr. 24cm	205,20	184,80
3.	Strop Techbud gr.23cm ,beton B15	104,30	61,70

Źródł : Opracowanie własne na podstawie ocenbudu III kwartał

Ceny m stropów nie obejmują dodatkowych belek, wieńców itp.

Analiza tabeli pokazuje, że najmniej kosztowne będzie wykonanie stropu Teriva I. Niewątpliwie najdroższym rozwiązaniem jest zastosowanie stropu z komórkowego betonu zbrojonego Ytong. Jednak ostateczna ocena ekonomiczna wybranego rozwiązania możliwa jest po uwzględnieniu wszystkich, także lokalnych uwarunkowań materiałowo -sprzętowych (cena najmu deskowań, stempli, pompy do betonu itp.). Ważna jest także cena zastosowanego wykończenia spodniej powierzchni stropu (tynkowanie, malowanie, tapetowanie). Ocenę ekonomiczną droższych typów stropów niejednokrotnie poprawia niższa pracochłonność ich wykonania lub możliwość obniżenia kosztów wykończenia spodniej powierzchni tak jak jest to w przypadku systemu YTONG.

13.2 Porównanie kosztów (netto) wybranych robót budowlanych dla całego domu.

W zestawieniu przedstawiono wybrane roboty budowlane stanu zerowego i surowego. Nie ujęto w nim elementów, których rozwiązanie wynika ze ścisłych wymagań statycznych, takich jak fundamenty oraz więźba dachowa. Zarówno fundamenty jak i więźba dachowa są takie same dla wszystkich rozpatrywanych przypadków, więc ich cena nie wpływa na końcowe różnice, jakie mogą wystąpić pomiędzy cenami różnych systemów.

Stan zerowy

Tabela 13.4

Lp.	Rodzaj robót	Ilość robót	Projekt typowy	
			Cena jednostkowa (zł/	Wartość robót (zł)
1.	Ściany fundamentowe	55,70m'	Ściana z bloczków betonowych gr.25cm	
			89,20	4968,40
2.	Izolacja przeciwwilgociowa (od zewnątrz)	41,50 m"	Abizol R+P (na tynku na siatce)	
			28,80	1195,20
3.	Izolacja przeciwwilgociowa (od wewnątrz)	54,60 m"	Abizol R+P	
			6,20	338,50
4.	Izolacja termiczna	41,50 m'	Styropian 5 cm	
			18,80	780,20
Razem:				7282,30

Źródło: Opracowanie własne na podstawie cen z Sekocenbudu III kwartał 2002r.

Stan surowy zamknięty

Tabela 13.5

Lp.	Rodzaj robót	Ilość robót	Projekt typowy	
			Cena jednostkowa (zł/ m2)	Wartość robót (zł)
1.	Ściany nadziemne zewnętrzne	141,2 m'	Pustak U/220 25cm+ styr.12cm na zaprawie cementowo-	
			179,0	25 274,8
2.	Ściany nadziemne zewnętrzne (pod okładziną z drewna)	9,9 m2	Pustak U/220 25cm na zaprawie cementowo-wapiennej	
			95,5	945,5
3.	Ściany nadziemne wewnętrzne 1	6,9 m2	Pustak U/220 25cm na zaprawie cementowo-wapiennej	
			95	659,0
4.	Ściany nadziemne wewnętrzne 2	10,0 m"	Pustak U/220 18,5cm na zaprawie cementowo-wapiennej	
			70,2	702,0
5.	Strop na parterem	66,03 m2	Strop Teriva I	
			85,2	5625,8
6.	Schody	6,7 m2	Monolityczne żelbetowe schody płytowe z betonu	
			531,3	3560
7.	Pokrycie dachowe	154,10 m2	dachówka karpiówka, łąty, kontrłaty, folia	
			150,50	23 192,10
8.	Okna i drzwi balkonowe	22,15 m2	okna z PCV (profil Trocal)	

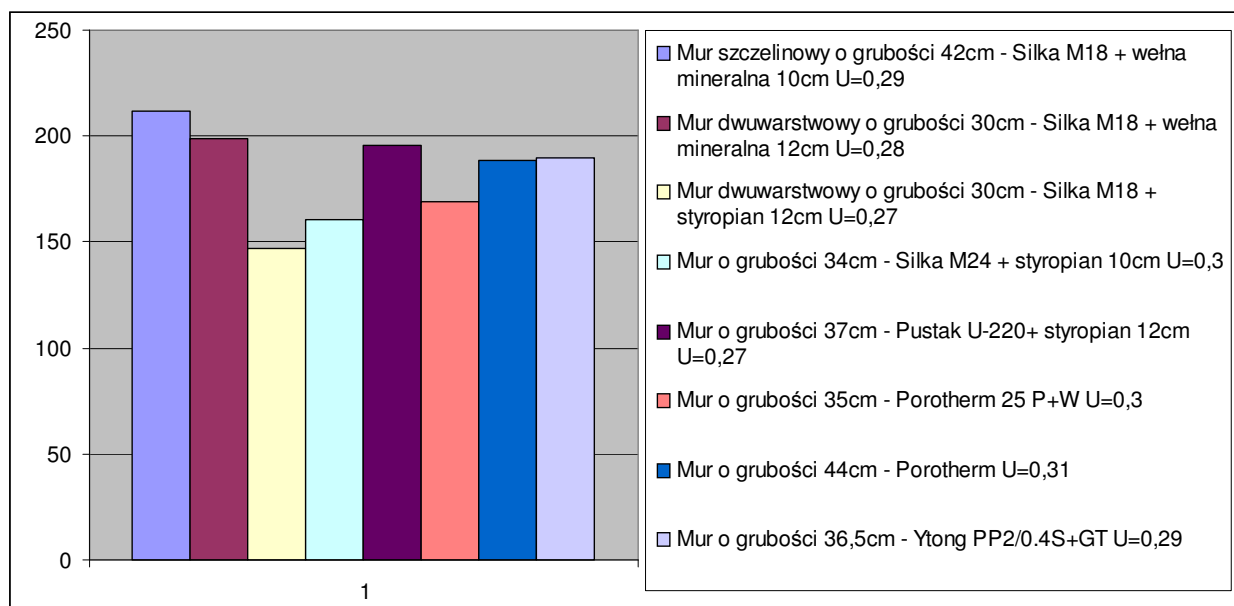
Projekt: Inicjatywa na rzecz przedsiębiorczości Romów KXETANES-RAZEM
Nowoczesne technologie robót budowlanych w budownictwie jednorodzinym
- szkolenie dla społeczności romskiej

			418,80	9276,40
9.	Drzwi zewnętrzne	1 szt.	drzwi stalowe pełne	
			2502,80	2502,80
10.	Drzwi wewnętrzne	15,0 m2	drzwi płytowo-płycinowe	
			345,40	5181,0
	Razem:			76 919,4

Źródło: Opracowanie własne na podstawie cen z Sekocenbudu III kwartał 2002r

14. Zestawienie kosztów wykonania 1 m² ściany w różnych systemach.

Rys 14.1



Koszt wykonania 1 metra kwadratowego ściany wg kosztorysów

Mur szczelinowy o grubości 42cm - Silka M18 + wełna mineralna 10cm U=0,29

Mur dwuwarstwowy o grubości 30cm - Silka M18 + wełna mineralna 12cm U=0,28

Mur dwuwarstwowy o grubości 30cm - Silka M18 + styropian 12cm U=0,27

Mur o grubości 34cm - Silka M24 + styropian 10cm U=0,3

Mur o grubości 37cm - Pustak U-220 + styropian 12cm U=0,27

Mur o grubości 35cm - Porotherm 25 P+W U=0,3

Mur o grubości 44cm - Porotherm U=0,31

Mur o grubości 36,5cm - Ytong PP2/0.4S+GT U=0,29

Powyższy wykres został sporządzony na podstawie poniższych kalkulacji.

KALKULACJA NR 1

Wykonanie muru szczelinowego o grubości 42 cm:

cegła Silka M18 - 18 cm

wełna mineralna - 10 cm

szczelina powietrzna wentylowana - 3 cm

cegła elewacyjna Silka Skalista - 11cm

tynek jednostronny wewnętrzny- 0,15 cm

Ściana warstwowa z bloków SILKA M18 i cegieł SILKA SKALISTA ze ścianą konstrukcyjną

wykonaną na zaprawie cienkospoinowej (klejowej)

KNR K-02-0102-01

Razem: 211,83 PLN/m²

Współczynnik przenikania ciepła U dla muru: 0,29 W/m²K

KALKULACJA NR 2

Wykonanie muru dwuwarstwowego o grubości 30 cm:

gładź gipsowa - 0,3 cm

cegła Silka M18 -18 cm

płyty lamelowe z wełny mineralnej -12 cm

tynek zewnętrzny cienkowieńcowy - 0,3 cm

Ściana z bloków SILKA M18 na zaprawie cienkospoinowej (klejowej)

KNR K-02-0104-04 „Roboty murowe w technologii SILKA"

Razem: 198.88 PLN/m²

Współczynnik przenikania ciepła U dla muru: 0.28 W/m²K

KALKULACJA NR 3

Wykonanie muru dwuwarstwowego o grubości 30 cm:

gładź gipsowa - 0,3 cm

cegła Silka M18 -18 cm

styropian na siatce -12 cm

tynk zewnętrzny cienkowarstwowy - 0,3 cm

Ściana z bloków SILKA M18 na zaprawie cienkospoinowej (klejowej)

KNR K-02-0104-04 „Roboty murowe w technologii SILKA”

Razem: 147.05 PLN/m²

Współczynnik przenikania ciepła U dla muru: 0.27 W/m²K

KALKULACJA NR 4

Wykonanie muru o grubości 34 cm :

gładź gipsowa - 0,3 cm

cegła Silka M24 - 24 cm

styropian na siatce - 10 cm

tynk zewnętrzny cienkowarstwowy - 0,3 cm

Ściana z bloków SILKA M24 na zaprawie cienkospoinowej (klejowej)

KNR K-02-0104-07 „Roboty murowe w technologii SILKA”

Razem: 160.54 PLN/m²

Współczynnik przenikania ciepła U dla muru: 0,30 W/m²K

KALKULACJA NR 5

Wykonanie muru o grubości 37cm

pustak szczelinowy U-220 - 25 cm

styropian na siatce - 12 cm

tynk wewnętrzny - 1,5 cm

KNR2-02 poz. 0109/02, 0609/10

Razem: 195.35 PLN/m²

Współczynnik przenikania ciepła U dla muru: 0,27 W/m²K

KALKULACJA NR 6

Wykonanie muru o grubości 35cm:

pustak POROTHERM 25 P+W - 25 cm

styropian na siatce - 10 cm

tynk wewnętrzny - 1,5 cm

Nakłady robocizny według Wienerberger

KNR 2-02-0803-03 Wykonanie tynku wewnętrznego 1m²

Razem: 168.89 PLN/m²

Współczynnik przenikania ciepła U dla muru: 0.30 W/m²K

KALKULACJA NR 7

Wykonanie muru o grubości 44cm:

pustaki ceramiczne POROTHERM - 44cm

tynk dwustronny - 3cm

Nakłady robocizny według Wienerberger

KNR2-02 poz. 0803/03, 0907/01 Wykonanie tynku wewnętrznego i zewnętrznego
1m²

Razem: 188.48 PLN/m²

Współczynnik przenikania ciepła U dla muru: 0,31 W/m²K

KALKULACJA NR 8

Wykonanie muru o grubości 36,5cm:

bloczki YTONG PP2/0.4S+GT - 36,5cm

tynk dwustronny - 3 cm

Nakłady robocizny według Ytong

KNR2-02 poz. 0803/03, 0907/01 Wykonanie tynku wewnętrznego i zewnętrznego
1m²

Razem: 189,82 PLN/m

Współczynnik przenikania ciepła U dla muru: 0,29 W/m²K

Literatura

Literatura:

- G. Całka-Cybulska - „Trocinobetonowe pustaki typu CS-24”
- J. Jadczyk, R. Jarmontowicz - „Buduję dom z ceramiki”
- P. Markiewicz - Vademecum projektanta:” prezentacja nowoczesnych technologii budowlanych”
- Z. Mielczarek - „Nowoczesne konstrukcje w budownictwie ogólnym”
- W. Płoński - „Buduję ciepły dom”
- G. Zapotoczna-Sytek - „Buduję dom z betonu komórkowego”
- „Ceramika poryzowana - trwała, ciepła ściana” - Łada Michał „Materiały budowlane” nr 4/2004
- „Dom oszczędny” - Tomasz Rybarczyk „Materiały budowlane” nr 4/2004
- „Historia, teraźniejszość i przyszłość ściany jednowarstwowej” - Tomasz Rybarczyk „Materiały budowlane” nr 4/2004
- Zeszyty techniczne - firmy YTONG
- Poradnik budowlany POROTHERM - firmy Wienerberger
- Zeszyty techniczne POROTHERM - firmy Wienerberger
- Zeszyty techniczne - firmy TECHBUD
- „Najpierw Uczę, potem buduję” - „Licz i buduj” nr 10/2002, 12/2002, 1/2003, 2/2003, 12/2003
- Nowoczesne konstrukcje w budownictwie ogólnym -Zbigniew Mielczarek
- Buduję dom z ceramiki- Jerzy Jadczyk, Roman Jarmontowicz,
- Zeszyt techniczny POROTHERM - firmy WIENERBERGER
- Buduję dom z betonu komórkowego - Genowefa Zapotoczna-Sytek

Zeszyt techniczny - firmy Ytong

Zeszyt techniczny -Dom z natury -silika

Zeszyt techniczny Kanada - budować na solidnych fundamentach

Informacje udostępnione przez Fundację Muratora „Dostępny Dom”

"Buduję ciepły dom" - Władysław Płoński

"Budownictwo ogólne - problemy fizyki budowli" - Wacław Żenczykowski

"Izolacje cieplne i przeciwdźwiękowe w domkach jednorodzinnych" -- Dietmar Lochner, Wolfgang Ploss

Witryny internetowe:

www.VAV.pl

www.BDOWNICTWO.info.pl

www.infoart.pl

www.budownictwo.abc.pl

www.optiroc.pl

www.techbud.com.pl

www.ytong.pl

Miesięczniki:

Materiały Budowlane - nr 9/99, 2/01, 1/02, 4/02,

Przegląd Budowlany- nr 11/00,

Murator 7/2001 i 12/2002

"Techbud" - Przedsiębiorstwo Budowlane, SC. - Kraków

"Thermodom ®" - PPUH, SP.Z O.O.

"Cetus" - PPUH, przedstawiciel Ytong Polska, SC. - Kraków

Informator "Centrum szwedzkiej techniki szkieletowej"

"Twoje Domy" - dwumiesięcznik budowlany

"Sekocenbud" - cenniki materiałów budowlanych, najmu sprzętu, stawki robocizny na III kwartał 2000 roku

"Danfoss" - program do projektowania instalacji grzewczych