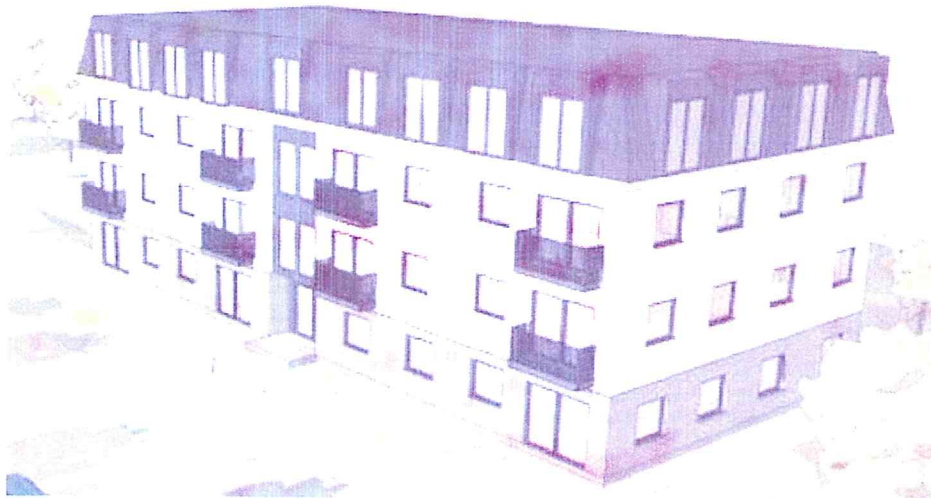


EKSPERTYZA TECHNICZNA



**„Analiza technologiczno-ekonomiczna realizacji budynku
wielorodzinnego zlokalizowanego w Gdańsku przy ul. Dolne Młyny
w technologii tradycyjnej murowanej i szkieletowej drewnianej”**

Zleceniodawca:

**Gdańska Infrastruktura Społeczna Sp. z o.o.
80-247 Gdańsk
ul. Sobótki 9**

Autorzy opracowania:

dr inż. Beata Grzyl

KOSZTORYSANT BUDOWLANY
kod zawodu-311201
certyfikat-03/28/KK/NOT/2008

dr inż. Beata Grzyl

dr inż. Adam Kristowski

Gdańsk, wrzesień 2016 r.

EKSPERTYZA TECHNICZNA

pt. „Analiza technologiczno-ekonomiczna realizacji budynku wielorodzinnego zlokalizowanego w Gdańsku przy ul. Dolne Młyny w technologii tradycyjnej murowanej i szkieletowej drewnianej”

PODSTAWA I ZAKRES OPRACOWANIA

Niniejsza ekspertyza została opracowana na zamówienie Gdańskiej Infrastruktury Społecznej Sp. z o.o. z siedzibą w Gdańsku, 80-247, ul. Sobótki 9. Formalną podstawę jej opracowania stanowi *Umowa o dzieło* z dnia 24 sierpnia 2016 r. zawarta pomiędzy Gdańską Infrastrukturą Społeczną Sp. z o.o. Gdańsk, 80-247, ul. Sobótki 9, jako Zamawiającym a Beatą Grzyl, zamieszkałą 80-302 Gdańsk, ul. Polanki 104a i Adamem Kristowskim zamieszkałym 83-032 Pszczółki, ul. Żeromskiego 14, jako Wykonawcami.

Swoim zakresem ekspertyza obejmuje przeprowadzenie analizy technologicznej i ekonomicznej w zakresie realizacji budynku wielorodzinnego zlokalizowanego w Gdańsku przy ul. Dolne Młyny w technologii tradycyjnej murowanej oraz prefabrykowanego szkieletu drewnianego.

Podmiotem realizującym to przedsięwzięcie będzie Gdańska Infrastruktura Społeczna Sp. z o.o. w Gdańsku.

Zakres merytoryczny opracowania obejmuje:

1. Opis planowanego przedsięwzięcia,
2. Analizę technologiczną realizacji obiektu w technologii tradycyjnej murowanej i prefabrykowanego szkieletu drewnianego,
3. Analizę ekonomiczną realizacji obiektu w technologii tradycyjnej murowanej i prefabrykowanego szkieletu drewnianego,
4. Ocenę wad i zalet realizacji obiektu w obu technologiach,
5. Wnioski.

Przy sporządzaniu opinii wykorzystano materiały źródłowe udostępnione przez Gdańską Infrastrukturę Społeczną Sp. z o.o. w Gdańsku, dane pozyskane z rynku oraz literaturę przedmiotu.

Najważniejsze z nich, w aspekcie przedmiotu niniejszej ekspertyzy, to:

1. Koncepcja architektoniczna budynku wielorodzinnego (26 lokali mieszkalnych wraz z pomieszczeniami towarzyszącymi) zlokalizowanego w Gdańsku przy ul. Dolne Młyny; autor opracowania: Wojciech Pilacki, Ecologię Sp. z o.o., Geodetów 29, 80-298 Gdańsk [14].
2. Publikacja informująca o kosztach i cenach w budownictwie: Biuletyn cen obiektów budowlanych BCO, cz. I - obiekty kubaturowe, poziom cen - II kwartał 2016 r., zeszyt

32/2016 (1654), Ośrodek Wdrożeń Ekonomiczno-Organizacyjnych Budownictwa "Promocja" Sp. z o.o., Warszawa 2016, system cenowy Sekocenbud [15].

3. Uzupełniające wyjaśnienia i informacje uzyskane od Pani Aleksandry Krzywosz Prezes Zarządu GIS Sp. z o.o. oraz Pana Wojciecha Pilackiego autora opracowania Koncepcja architektoniczna budynku wielorodzinnego (26 lokali mieszkalnych wraz z pomieszczeniami towarzyszącymi) zlokalizowanego w Gdańsku przy ul. Dolne Młyny [14].
4. Korespondencja mailowa autorki opracowania z firmami budowlanymi działającymi na terenie Polski i specjalizującymi się w budowie domów w technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego, dotycząca cen jednostkowych (Cj m² p.u.) wykonania czterech zasadniczych stanów realizacji budynku wielorodzinnego w powyższej technologii (pisma skierowane do firm i uzyskane odpowiedzi).
5. Wojciech Kokociński: Drewno. Pomiary właściwości fizycznych i mechanicznych, Katedra Nauki o drewnie Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań 2004 [16].
6. Ryszard Guzenda, Wiesław Olek, Łukasz Czajkowski: Technika cieplna w drzewnictwie. Przykłady i zadania, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań 2015 [17].
7. Ewa Ingeborga Kotwica, Władysław Nożycki: Konstrukcje drewniane - przykłady obliczeń, Stowarzyszenie Producentów Płyt Drewnopochodnych w Polsce, Szczecin 2015 [18].
8. Erwin Thoma: Na długi czas. Domy i wnętrza z drewna. Stare mądrości w służbie nowoczesnych technologii (Für lange zeit. Leben und Bauen mit Holz. Alte Weisheiten für moderne Technologien), VITAGES - VERLAG - TÜBINGEN, Germany, wydanie polskie pierwsze 2014 [10].
9. Wojciech Nitka: Mój dom z drewna, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 2010 r. [1].

1. OPIS PLANOWANEGO PRZEDSIĘWZIĘCIA

Planuje się realizację budynku mieszkalnego wielorodzinnego budownictwa socjalnego, 4 -kondygnacyjnego, niepodpiwniczonego. W 70%. budynek będzie zamieszkały m.in. przez osoby zagrożone wykluczeniem społecznym i usamodzielniające się (uczestnicy programów społecznych w tym m.in. rodziny wielodzietne, wychowankowie rodzin zastępczych, wychowankowie innych placówek w czasie usamodzielnienia, ofiary przemocy domowej, osoby niepełnosprawne, matki z dziećmi, seniorzy). Rekrutację będzie prowadził m.in. Miejski Ośrodek Pomocy Społecznej. Pozostałe 30% lokatorów budynku będą stanowiły osoby oczekujące na lokal komunalny (z listy). Podmiotem, który będzie realizował inwestycję jest Gdańska Infrastruktura Społeczna Sp. z o.o. (GIS). Budowa zostanie zrealizowana ze środków własnych miasta (tj. ze środków własnych spółki GIS, częściowo z kredytu bankowego).

Podstawowe dane techniczno-użytkowe obiektu [14]:

Planowana lokalizacja budynku - Gdańsk, ulica Dolne Młyny, dzielnica Brętowo.
Planowana liczba mieszkań w obiekcie - 26; dodatkowo - pomieszczenia towarzyszące.
Powierzchnia działki, na której planuje się realizację obiektu - 4556 m².
Powierzchnia zabudowy: 449,3 m²
Powierzchnia całkowita: 1780 m²
Powierzchnia użytkowa: 1468 m²
Wysokość zabudowy: 13 m
Technologia budowy: szkieletowa drewniana
Dach mansardowy

2. ANALIZA TECHNOLOGICZNA REALIZACJI OBIEKTU W TECHNOLOGII TRADYCYJNEJ MUROWANEJ I PREFABRYKOWANEGO SZKIELETU DREWNIANEGO

2.1. Wprowadzenie

Planowanie budowy obiektu mieszkalnego stanowi zadanie niezwykle trudne, szczególnie w przypadku gdy rozpatruje się możliwość zastosowania dostępnych technologii w połączeniu z optymalizacją kosztów realizacji i eksploatacji budynku. Jednym z zasadniczych kryteriów jest znalezienie kompromisu pomiędzy jakością, a kosztami wykonania. Można zauważyć, że na rynku istnieją alternatywne - w stosunku do technologii tradycyjnej, systemy realizacji, które w opinii ich wykonawców pozwalają zredukować koszty budowy i eksploatacji obiektu. Do tych systemów można zaliczyć m. in. budownictwo wykorzystujące konstrukcje drewniane, drewniane modułowe i prefabrykowane.

Obiekty modułowe powstają z gotowych, wcześniej przygotowanych prefabrykatów. Są wykorzystywane najczęściej na placach budowy, gdy zachodzi potrzeba szybkiego stworzenia tymczasowych lub zastępczych pomieszczeń. Jednak coraz częściej, dzięki wielu zaletom, wykorzystywane są także jako obiekty zamieszkania stałego.

Budownictwo drewniane w ostatnich latach cieszy się coraz większym zainteresowaniem inwestorów. Świadczyć o tym może fakt, iż wzrasta liczba firm, które specjalizują się w budowie domów drewnianych, albo wykorzystujących systemy oparte na drewnie [1]. Nowoczesne technologie w budownictwie drewnianym coraz częściej wykorzystują prefabrykację, która z założenia pozwala zmniejszyć nakłady finansowe i czas realizacji obiektu. Rozróżnia się np. domy z bali, szkieletowe, szachulcowe, modułowe, panelowe.

Należy podkreślić, iż budownictwo prefabrykowane nie jest nową technologią – obiekty takie powstają w Polsce od kilkudziesięciu lat (np. budowa popularnych wieżowców z wielkiej płyty). Zasadniczą przyczyną, dla której obecnie niekiedy trudno jest przekonać inwestorów lub użytkowników do tej technologii, jest jakość wykonania obiektów powstałych w latach 80-tych XX wieku. Aktualnie jednak praktycznie każdy dostawca prefabrykatów, niezależnie od tego z jakiego materiału są one wykonane, jest w stanie zapewnić żądaną jakość elementów. Wpływa to na wysoką jakość wykonania obiektu i eliminuje wady tego systemu z lat ubiegłych.

2.2. Charakterystyka budownictwa drewnianego

Budownictwo drewniane niesie ze sobą wiele zalet. Są to domy „zdrowe”. Drewno jest surowcem naturalnym, które potrafi regulować samoczynnie wilgotność. Wybierając drewno na materiał budowlany, inwestor przyczynia się między innymi do polepszenia środowiska

naturalnego. Jest to surowiec całkowicie odnawialny. Eksperti europejscy oszacowali, że każdy m³ drewna użyty zamiast innych materiałów budowlanych, zmniejsza średnio o 0,8 t ilość CO₂ wyemitowanego do atmosfery [1].

Niewątpliwą zaletą tej technologii jest czas budowy obiektu. Budowa domu składanego na placu budowy trwa około trzech miesięcy. Budynki z drewna charakteryzują się również niewielkim ciężarem. Dzięki temu można do minimum ograniczyć wielkość fundamentów, a co za tym idzie koszt wykonania obiektu zmniejsza się. Budowa konstrukcji domu ogranicza się do montażu drewnianych elementów, łączonych na gwoździe i metalowe łączniki, w związku z czym nie są potrzebne przerwy technologiczne (jak w przypadku technologii tradycyjnej murowanej), co również w poważnym stopniu skraca czas budowy. Obiekty z drewna można wykonać o każdej porze roku - budowa nie wymaga żadnych prac mokrych (poza fundamentami). Dzięki temu budowa może odbywać się również w okresie zimowym. Dodatkowo ściany zewnętrzne wypełnione izolacją cieplną pozwalają do minimum ograniczyć ich grubość, dzięki czemu domy drewniane przy takich samych wymiarach zewnętrznych mają powierzchnię użytkową większą do ok. 10% niż domy murowane [2].

Domy szkieletowe i modułowe są jedną z najbardziej popularnych i obecnie szeroko stosowanych technologii wykonywania domów drewnianych (Fot. 1, 2, 3, 4, 5, 6).



Fot. 1 Budynek o konstrukcji drewnianej w Falentach [1]



Fot. 2 Montaż domu szkieletowego [3]



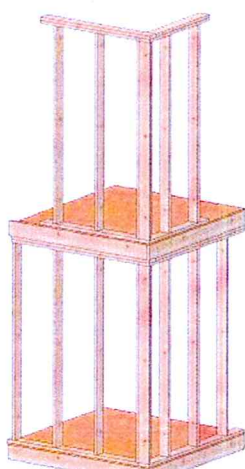
Fot. 3 Budynek wielorodzinny o konstrukcji drewnianej w Kołobrzegu [1]



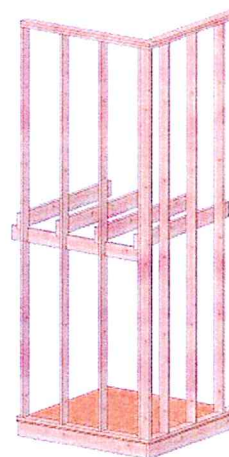
Fot. 4 Osiedle domów drewnianych wielorodzinnych w Sandomierzu [1]

Domy drewniane często nazywane są domami kanadyjskimi. Bardzo dużą popularność obiekty takie zyskały w USA i Kanadzie oraz w krajach skandynawskich. Podstawowym materiałem, z którego się je buduje są deski. Stosuje się najczęściej deski o grubości 38 mm oraz o szerokości zależnej od potrzeb wytrzymałościowych. Budowa domu szkieletowego polega na łączeniu desek w tarcze ścian za pomocą gwoździ, a następnie ustawianie ich w pionie. Można rozróżnić dwa typy konstrukcji ze względu na mocowanie stropu [4]:

- platformową (Rys. 1) – na oczepach ścian układa się deski stanowiące żebra stropu, a na nich podłogę z desek lub częściej z płyt; ściany wyższej kondygnacji lub stropodach konstruuje się, korzystając z podłogi jako platformy roboczej,
- balonową (Rys. 2) – stropy zawieszają się na słupach ścian, których wysokość wynosi półtora lub więcej wysokości kondygnacji.



Rys. 1 Konstrukcja platformowa [5]



Rys. 2 Konstrukcja balonowa [5]



Fot. 5 Budynek mieszkalny socjalny w Luboniu – technologia szkieletu drewnianego [7]



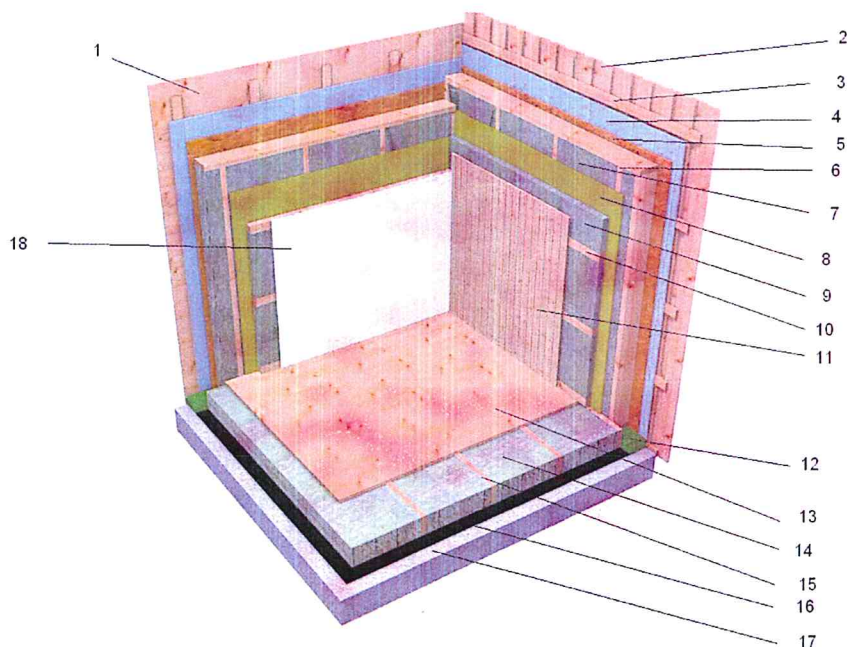
Fot. 6 Budynek mieszkalny socjalny w Sulejówku – technologia szkieletu drewnianego [6]

2.3. Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budynków drewnianych

2.3.1 Wymagania dotyczące konstrukcji budynku wielorodzinnego - propozycja wg [9]

Konstrukcja obiektu szkieletowego składa się z (Rys. 3):

- konstrukcji budynku (w tym ścian, stropów i dachu wykonanych z tarcicy konstrukcyjnej),
- poszycia ścian, stropów i dachu wykonanych z płyt drewnopochodnych,
- schodów – prefabrykaty żelbetonowe,
- łączników w postaci gwoździ, śrub, zszywek oraz łączników metalowych.



Rys. 3 Przekrój ściany i podłogi w technologii szkieletowej drewnianej [9]

1. Elewacja pozioma (jednowarstwowa) 20 mm
2. Elewacja pionowa (dwuwarstwowa) 2 x 20 mm
3. Kontrłata 20 x 60 mm
4. Membrana paroprzepuszczalna
5. Płyta OSB3 10 mm
6. Szkielet drewniany 38 x 150 mm (belka konstrukcyjna pionowa)
7. Wełna mineralna 150 mm
8. Folia PE paroszczelna
9. Wełna mineralna 50 mm
10. Ruszt drewniany 50 x 50 mm
11. Boazeria 14 mm lub płyta kartonowo-gipsowa
12. Podwalina gr. 50 mm
13. Deska podłogowa 26 mm
14. Wełna mineralna 150 mm
15. Belka podłogowa 38 x 150 mm
16. Folia izolacyjna
17. Płyta fundamentowa

2.3.2 Wymagania dotyczące materiałów

Materiałem konstrukcyjnym jest przede wszystkim drewno sosnowe (ściany, stropy, dach). Wilgotność drewna konstrukcyjnego nie może przekraczać dopuszczalnych 18%, klasa C30 (wg PN-EN 338:2016). Materiał nie może mieć śladów kory, zarobaczenia, sinizny, a także zgnilizny oraz śladów dużej ilości sęków czy pęknięć.

Typowe minimalne wymiary elementów konstrukcyjnych w przekroju (długość tarcicy rozpoczyna się od wymiaru 2,44 m do 6,10 m dla typowych zamówień rynkowych) to:

- 38 x 63 mm lub 38 x 89 mm – ścianki działowe,
- 38 x 140 mm – ściany zewnętrzne,
- 38 x 185 mm lub 38 x 235 mm – belki stropowe.

Pozostałe materiały: belki dwuteowe drewniane przyjmuje się zgodne z danymi zawartymi w projekcie, płyta OSB-3 i V-100 stosowana na poszycia, sklejka wodoodporna, płyty G-K,

płyty gipsowo – wiórowe lub gipsowo – włóknowe, łączniki (gwoździe, zszywki, wkręty, płytki kolczaste).

2.3.3 Wymagania dotyczące sprzętu i transportu

Wyroby przeznaczone do transportu należy zabezpieczyć przed uszkodzeniem. Nie ma określonych wymogów dotyczących środków transportujących drewniane materiały konstrukcyjne. Elementy należy zabezpieczyć przed przesunięciem oraz utratą stateczności zgodnie z wytycznymi producenta.

Do montażu konstrukcji ścian, stropów, konstrukcji dachu na placu budowy należy używać żurawi, wciągarek, dźwigów, podnośników i innych urządzeń dobranych w zależności od ciężaru elementów i ich gabarytów.

2.4. Technologia domów prefabrykowanych w systemie drewnianej konstrukcji panelowej

Prefabrykaty drewniane (panele) (Fot. 7, 8) przygotowuje się w zakładzie produkcyjnym, następnie elementy przewozi się samochodami ciężarowymi na miejsce budowy i zespół montażowy (zwykle 4-6 osób + żuraw samochodowy) rozpoczyna montaż. Drewno wykorzystywane do budowy prefabrykowanych domów jest najczęściej czterostronnie strugane i musi być dobrze wysuszone. Jego wilgotność wynosi ok. 15 % z tolerancją +/- 3%. Dodatkowo impregnuje się je metodą zanurzeniową preparatami zmniejszającymi ryzyko zaatakowania drewna przez owady, grzyby, pleśń, a także preparatami ognioochronnymi.



Fot. 7 Montaż konstrukcji drewnianej panelowej [8]



Fot. 8 Prefabrykaty ścian gotowe do transportu [12]

Konstrukcja prefabrykatów opiera się na szkielecie, tzn. kratownicy wykonanej z drewna. Pocięte elementy łączone są w węzłach np. płytkami kolczastymi włączanymi w materiał prasą o dużym nacisku. Od środka drewniany szkielet okłada się płytą gipsowo-kartonową lub gipsowo-włóknową (włókna - wióry drewniane zapewniają płycie większą odporność na uszkodzenia mechaniczne, np. można bezpośrednio wbijać kołki i wieszać obciążenie do 50 kg). Pod płytą znajdują się:

- folia paroprzepuszczalna (przepuszcza parę na zewnątrz, ale nie wpuszcza wilgoci do wnętrza ściany),
- płyta drewnopochodna o wysokiej odporności na wilgoć (np. ze sprasowanych wiórów drewnianych, usztywnia konstrukcję szkieletu ścian oraz stanowi podkład pod materiał elewacyjny),

- poszycie chronione jest przez wiatroizolację (odprowadza parę wodną nagromadzoną wewnątrz ściany na zewnątrz budynku i chroni dom przed wychładzaniem przez wiatr), szkielet wypełnia się wełną mineralną lub - coraz częściej - materiałem z włókien celulozowych; z zewnątrz ściana może być wykończona na kilka sposobów: oblicówką drewnianą (półbal, szalówka), a także tynkiem na styropianie albo obmurówką z cegieł lub płytek klinkierowych.

Bardzo podobnie realizuje się stropy, z tym że wykończenie stropu stanowi podłoga wykonana zwykle z desek, można także stosować inne rodzaje podłóg. Wiązary dachowe produkowane są w różnorodnych kształtach i o różnych kątach pochylenia. Dom drewniany z prefabrykatów można wykonać także w technologii budownictwa pasywnego – dodaje się wówczas więcej warstw termoizolacyjnych i montuje stolarkę otworową o niższym współczynniku przenikania ciepła. Warto dodać, że w ścianach prefabrykowanych przeważnie zamontowane są już fabrycznie okna. Wykonane są także otwory i kanały do wszelkich instalacji koniecznych do funkcjonowania domu.

Ściany domów wykonanych w technologii szkieletowej/panelowej są bardzo lekkie (Fot. 9). Sprzyja to oszczędnościom związanym z budową fundamentów. Warto też zaznaczyć, że ponad 70 % szkieletu budynku powstaje w halach produkcyjnych - na miejsce budowy przyjeżdżają gotowe elementy.

W domach o prostych, klasycznych kształtach, znacznie łatwiej i taniej można wykonać roboty wykończeniowe. W ich wnętrzu nie ma problemu z rozprowadzeniem instalacji elektrycznych czy hydraulicznych. Nie trzeba też nakładać drogich tynków. Zarówno ściany wewnętrzne, jak i sufity wykańcza się ekonomicznymi płytami gipsowo-kartonowymi lub włókno-gipsowymi. Kierując się doświadczeniem można przyjąć, że koszt wykończenia pomieszczeń w domach drewnianych może być nawet o 1/4 tańszy w porównaniu z budynkiem murowanym.

3. ANALIZA EKONOMICZNA REALIZACJI OBIEKTU W TECHNOLOGII TRADYCYJNEJ MUROWANEJ I PREFABRYKOWANEGO SZKIELETU DREWNIANEGO

Przedmiotem poniższej analizy ekonomicznej jest wykonanie budynku wielorodzinnego mieszkalnego (26 lokali wraz z pomieszczeniami towarzyszącymi) w technologii tradycyjnej murowanej i modułowej drewnianej (szkieletu drewnianego).

W dalszej części prezentuje się 6 przykładów obiektów budowlanych wraz z strukturą ich cen oraz wyliczeniem ceny jednostkowej (Cj) netto wykonania 1 m² powierzchni użytkowej (p.u.) danego obiektu. Na tej podstawie, w oparciu o zastosowaną metodę analogii, dokonano obliczenia ceny netto wykonania obiektu będącego przedmiotem analizy. Obliczenia planowanych kosztów robót budowlanych i instalacyjnych sporządzono na podstawie przekazanego przez GIS Sp. z o.o. opisu funkcjonalno-użytkowego i koncepcji architektonicznej budynku. Zgodnie z [14] powierzchnia użytkowa przedmiotowego obiektu wynosi 1468 m².

W poniższej kalkulacji kosztorysowej (Przykład 1, 2), przyjęto strukturę krajowych cen jednostkowych według notowań Ośrodka Wdrożeń Ekonomiczno – Organizacyjnych Budownictwa Promocja Sp. z o.o. (w skrócie: ceny Sekocenbudu). Ceny jednostkowe przyjęto według średnich notowań z II kwartału 2016 r., co można uznać za miarodajne dla ujętych w nim robót. Oszacowanie wartości robót zostało dokonane dla dwóch wariantów:

- nr I - uwzględniono realizację obiektu w technologii tradycyjnej murowanej (Przykład 1, 2),
- nr II - określono koszty realizacji obiektu przy zastosowaniu technologii modułowej - drewnianej (Przykład 3, 4, 5, 6).

W celu przeprowadzenia poniższej analizy kosztowej przyjęto następujące założenia kalkulacyjne:

- stan wykonania obiektu "pod klucz",
- zastosowano średnie krajowe ceny obiektów kubaturowych oraz ich struktury,
- kalkulacja kosztorysowa wykonana jest metodą uproszczoną na poziomie: obiektu (Przykład 4, 5, 6), stanów obiektu (Przykład 3), elementów scalonych obiektu (Przykład 1, 2),
- nie uwzględniono kosztów wykonania przyłączy,
- uwzględniono koszt wykonania instalacji obiektowych: elektrycznej, wodno-kanalizacyjnej, c.o., gazowej,
- cena kosztorysowa obejmuje następujące składniki: koszt robocizny, materiałów wraz z kosztami zakupu, koszt sprzętu, koszty pośrednie oraz zysk,
- ceny nie zawierają podatku VAT (są cenami netto).

Poniższa analiza kosztowa stanowi oszacowanie wartości obiektów budowlanych wykonanych w dwóch alternatywnych wariantach technologii, w celu dokonania ich porównania i oceny ekonomicznej. Analiza znajduje również zastosowanie przy określaniu szacunkowej wysokości nakładów finansowych na wykonanie zasadniczych robót budowlanych (konstrukcje, elementy budowlane, instalacje) dla obiektu będącego jej przedmiotem, w celu ustalenia planowanych kosztów w fazie programowania inwestycji i zabezpieczenia środków na jej realizację oraz sporządzenia harmonogramu finansowego planowanego przedsięwzięcia inwestycyjnego.

Wskaźniki cenowe wartości jednostkowych poszczególnych obiektów (stanów obiektu, elementów scalonych obiektu) odniesiono do:

- 1 m² powierzchni użytkowej obiektu (1 m² p.u.) - Przykład - 1, 2, 3, 4, 5, 6,
- 1 m³ kubatury brutto obiektu (1 m³ k.b.) - Przykład 1, 2.

3.1. Technika ustalenia cen za realizację obiektu w technologii tradycyjnej murowanej, stan obiektu "pod klucz"

W Przykładzie 1 i 2 podaje się dane zaczerpnięte z publikacji *Ośrodka Wdrożeń Ekonomiczno – Organizacyjnych Budownictwa Promocja Sp. z o.o.* Jest to instytucja o ustalonej renomie na rynku, od wielu lat wyspecjalizowana w badaniu cen i kosztów robót budowlano – montażowych. Jedną z licznych publikacji *OWEOB Promocja* jest Biuletyn cen obiektów budowlanych BCO, cz. I - obiekty kubaturowe. W zeszycie 32/2016 (1654), zawierającym dane według stanu na drugi kwartał 2016 r., podane są informacje na temat cen obiektów, stanowiących podstawę odniesienia dla obiektu będącego przedmiotem niniejszego opracowania.

Przykład 1

Budynek mieszkalny wielorodzinny budownictwa socjalnego, 4-kondygnacyjny, podpiwniczony - wg [15, s. 142-146]. Stan obiektu "pod klucz".

1122-203 - kod obiektu wg Polskiej Klasyfikacji Obiektów Budowlanych PKOB z 1999 r. (wraz z uwzględnieniem zmian z 2002 r.)

1122 - kod obiektu utworzony na podstawie Klasyfikacji Obiektów Budowlanych (GUS-KOB) z 1989 r.

Podstawowe dane techniczno-użytkowe obiektu:

Program użytkowy obiektu: budynek mieszkalny, wielorodzinny, obejmujący 56 lokali mieszkalnych dla 192 osób.

Technologia budowy: tradycyjna udoskonalona

Powierzchnia zabudowy: 776,00 m²

Powierzchnia użytkowa mieszkań: 2058,30 m²

Powierzchnia netto: 2996,83 m²

Kubatura brutto: 10 108,00 m³

Liczba kondygnacji nadziemnych: 4

Podpiwniczenie: całkowite

Uwaga: w kalkulacji kosztorysowej zawartej w Tabeli 1 uwzględniono wariant bez podpiwniczenia - koszt wykonania stanu zerowego wyliczono na podstawie informacji zawartych w Tabeli 2 (dla obiektu z Przykładu 2).

- Charakterystyka techniczna obiektu:
- fundamenty - ławy żelbetowe,
- ściany podziemia - zewnętrzne o gr. 38 cm, ściany wewnętrzne gr. 25 cm z bloczków betonowych,
- ściany nadziemia - zewnętrzne osłonowe o łącznej grubości 37 cm z bloczków wapienno-piaskowych o gr. 25 cm, z dociepleniem płytami styropianowymi grubości 12 cm; ściany wewnętrzne nośne z bloczków wapienno-piaskowych gr. 25 cm,
- stropy - z prefabrykowanych płyt kanałowych gr. 24 cm,
- schody wewnętrzne i wieńce - żelbetowe, prefabrykowane,
- stropodach wentylowany - dwuspadowy z odwodnieniem na zewnątrz z płytek korytkowych układanych na murkach ażurowych gr. 12 cm z cegły dziurawki, pokrycie z dwóch warstw papy zgrzewalnej polimerowo-asfaltowej,
- tynki i wyprawy wewnętrzne - tynki cementowo-wapienne szpachlowane,
- okładziny i oblicowania - ściany w pomieszczeniach sanitarnych i w kuchni licowane płytkami glazurowymi,
- okna i drzwi zewnętrzne - okna z PVC typu VEKA, dwuszybowe; drzwi zewnętrzne wejściowe z kształtowników aluminiowych, oszklone szkłem bezpiecznym,
- drzwi wewnętrzne - płytowe, pełne i przeszklone,
- ścianki działowe - z płytek gazobetonowych gr. 6 cm,
- malowanie tynków wewnętrznych - farba emulsyjna,
- posadzki - płytki gresowe, wykładzina PCV, terakota,
- docieplenie elewacji - płyty styropianowe, metoda lekka-mokra, wyprawa mineralno-polimerowa Ceresit,
- instalacje: elektryczna, wodno-kanalizacyjna (z armaturą), gazowa, c.o. (z grzejnikami i kotłem gazowym), teletechniczna (instalacja sygnalizacyjna, domofonowa, RTV).

Tabela 1 Zestawienie cen i struktury ceny w obiekcie w zakresie konstrukcji i elementów budowlanych oraz instalacji

Konstrukcje i elementy budowlane - opis	Jednostka miary	Cena jednostkowa [zł]	Wskaźnik - cena 1 m ² powierzchni netto budynku [zł/m ² p.n.]	Wskaźnik - cena 1 m ³ kubatury brutto budynku [zł/m ³ k.b.]	Udział % kosztu dla poszczególnych stanów obiektu
1.0. KONSTRUKCJE I ELEMENTY BUDOWLANE	m² p.u.	1767,92	1231,76	355,41	72,00%
1.1. STAN ZEROWY* (roboty ziemne, fundamenty, ściany podziemia, izolacje fundamentów i ścian podziemia)	m² p.z.	223,57	171,06	40,93	
1.1.1. Roboty ziemne	m ³	56,55	31,86	7,62	
1.1.2. Fundamenty (betonowe i żelbetowe)	m ³	414,89	53,01	12,68	
1.1.3. Ściany podziemia	m ³	807,41	50,22	12,02	
1.1.4. Izolacje fundamentów i ścian podziemia (przeciwwilgociowe, ciepłne i przeciwdźwiękowe)	m ²	21,50	35,97	8,61	
1.2. STAN SUROWY (ściany nadziemia, stropy, ścianki działowe murowane, sklepienia, schody, podesty, konstrukcja i pokrycie dachu, podłóża i kanały wewnętrzne budynku, izolacje nadziemia, warstwy wyrównawcze pod posadzki)	m² p.u.	754,60	518,28	153,66	
1.2.1. Ściany nadziemia (murowane)	m ³	682,29	187,44	55,57	
1.2.2. Stropy, sklepienia, schody, podesty	m ²	143,07	141,30	41,89	
1.2.3. Ścianki działowe murowane	m ²	49,48	39,30	11,65	
1.2.4. Dach konstrukcja żelbetowa prefabrykowana, konstrukcja drewniana	m ² połąci	147,84	39,14	11,60	
1.2.5. Dach pokrycie, rynny, rury spustowe	m ² połąci	101,57	26,89	7,97	
1.2.6. Podłóża i kanały wewnątrz budynku	m ² p.u.	29,84	20,50	6,08	
1.2.7. Izolacje nadziemia (przeciwwilgociowe, ciepłne i przeciwdźwiękowe)	m ²	16,66	41,17	12,21	
1.2.8. Warstwy wyrównawcze pod posadzki	m ²	30,79	22,54	6,68	
1.3. STAN WYKOŃCZENIOWY WEWNĘTRZNY (tynki i oblicowania, stolarka okienna i drzwiowa, ścianki działowe, roboty malarskie, posadzki, inne roboty wykończeniowe wewnętrzne)	m² p.u.	562,47	386,32	114,54	
1.3.1. Tynki i oblicowania	m ²	39,83	144,95	42,98	
1.3.2. Stolarka okienna i drzwiowa	m ²	377,85	58,21	17,26	
1.3.3. Roboty malarskie	m ²	10,27	34,08	10,10	
1.3.4. Posadzki	m ²	72,85	72,85	21,60	
1.3.5. Inne roboty wykończeniowe wewnętrzne	m ² p.u.	26,23	18,01	5,34	
1.4. STAN WYKOŃCZENIOWY ZEWNĘTRZNY (elewacje, inne	m² p.u.	227,28	156,10	46,28	

roboty wykończeniowe)					
1.4.1. Elewacje (docieplenia, balustrady zewnętrzne)	m ²	192,58	146,66	43,48	
1.4.2. Różne roboty zewnętrzne	m ² p.u.	13,75	9,44	2,80	
2.0. INSTALACJE I URZĄDZENIA TECHNICZNE	m² p.u.	687,53	472,22	140,00	28,00%
2.1. INSTALACJE I URZĄDZENIA KANALIZACYJNE, WODOCIĄGOWE I GAZOWE	m² p.u.	240,94	165,49	49,06	
2.2. INSTALACJE I URZĄDZENIA ZAOPATRZENIA W CIEPŁO	m² p.u.	323,87	222,45	65,95	
2.3. INSTALACJE I URZĄDZENIA ELEKTRO-ENERGETYCZNE	m² p.u.	107,89	74,10	21,97	
2.4. INSTALACJE I URZĄDZENIA TELETECHNICZNE I TECHNIKI INFORMATYCZNEJ	m² p.u.	14,82	10,18	3,02	

Źródło: OWEB Promocja Sp. z o.o., Zeszyt 32/2016 (1654), s. 83-86 (wyciąg)

*Uwaga - zmiana rozwiązania konstrukcyjnego - wycena uwzględnia budynek niepodpiwniczony (wykorzystano ceny z Przykładu 2)

Cena wynosi 2455,45 zł m² p.u.

Przykład 2

Dom jednorodzinny wolno stojący energooszczędny "Garda" bez podpiwniczenia z pustaków Silka E24 wg [15, s. 83-86]. Stan "pod klucz".

1110-131 - kod obiektu wg Polskiej Klasyfikacji Obiektów Budowlanych PKOB z 1999 r. (wraz z uwzględnieniem zmian z 2002 r.)

1173 - kod obiektu utworzony na podstawie Klasyfikacji Obiektów Budowlanych (GUS-KOB) z 1989 r.

Zaopatrzenie energetyczne:

Ep: 73,22 kWh/(m²·rok)

Ek: 57,31 kWh/(m²·rok)

EUco: 32,18 kWh/(m²·rok)

Technologia budowy: tradycyjna

Podstawowe dane techniczno-użytkowe obiektu

Powierzchnia zabudowy: 150,96 m²

Powierzchnia użytkowa: 151,65 m²

Powierzchnia netto: 197,32 m²

Kubatura brutto: 824,57 m³

Liczba kondygnacji nadziemnych: 1 + poddasze użytkowe

Podpiwniczenie: brak

Program użytkowy obiektu: budynek mieszkalny, jednorodzinny, wolno stojący z poddaszem użytkowym i garażem

Charakterystyka techniczna obiektu:

- fundamenty - ławy żelbetowe,
- ściany fundamentowe - z bloczków betonowych zakończone warstwą bloczków Isomur Plus,

- ściany nadziemna - zewnętrzne dwuwarstwowe z pustaków silikatowych Silka E24 z dociepleniem płytami styropianowymi fasadowymi paroprzepuszczalnymi Neodyfuzja Graphite 031 grubości 20 cm; ściany wewnętrzne nośne z pustaków silikatowych Silka E24,
- stropy - gęstożebrowe TERIVA I,
- schody wewnętrzne i wieńce - żelbetowe,
- kominy, przewody wentylacyjne - murowane z pustaków betonowych typu Schiedel,
- belki, słupy, podciągi - żelbetowe, monolityczne,
- dach - o konstrukcji drewnianej krokwiowo-jętkowej, wentylowany, pokrycie z dachówki cementowej Euronit (typu Verona), na wstępnym pokryciu z folii dachowej, dach ocieplony styropianem gr. 30 cm, okna połaciowe drewniane,
- tynki i wyprawy wewnętrzne - tynki zwykłe kat. III z gładzią gipsową,
- okładziny i oblicowania - ściany w pomieszczeniach sanitarnych i w kuchni licowane płytkami glazurowymi; na poddaszu okładzina gipsowo-kartonowa na ruszcie metalowym,
- okna i drzwi zewnętrzne - okna niskoemisyjne z PVC, profil sześciokomorowy; drzwi wejściowe drewniane, antywłamaniowe,
- drzwi wewnętrzne - płytowe, oszklone, fornirowane,
- ścianki działowe - z płyt gipsowo-kartonowych na rusztach metalowych z pokryciem obustronnym jednowarstwowym,
- malowanie tynków wewnętrznych - farba lateksowa,
- posadzki - płytki gresowe, nieszkliwione, polerowane, parkiet oraz panele podłogowe,
- schody wewnętrzne - obłożone tarcicą podłogową struganą dwustronnie - iglastą, balustrada drewniano-stalowa,
- docieplenie elewacji - płyty styropianowe fasadowe paroprzepuszczalne Neodyfuzja Graphite 031, gr. 20 cm, metoda lekka-mokra, wyprawa cienkowarstwowa z tynku mineralnego,
- instalacje: wodna (wraz z armaturą), kanalizacyjna, gazowa, c.o., wentylacyjna, elektroenergetyczna.

Tabela 2 Zestawienie cen i struktury ceny w obiekcie w zakresie konstrukcji i elementów budowlanych oraz instalacji

Konstrukcje i elementy budowlane - opis	Jednostka miary	Cena jednostkowa [zł]	Wskaźnik - cena 1 m ² powierzchni netto budynku [zł/m ² p.n.]	Wskaźnik - cena 1 m ³ kubatury brutto budynku [zł/m ³ k.b.]	Udział % kosztu dla poszczególnych stanów obiektu
1.0. KONSTRUKCJE I ELEMENTY BUDOWLANE	m² p.u.	2472,22	1900,21	454,68	80,00%
1.1. STAN ZEROWY (roboty ziemne, fundamenty, ściany podziemia, izolacje fundamentów i ścian podziemia)	m² p.z.	223,57	171,06	40,93	7,20%
1.1.1. Roboty ziemne	m ³	56,55	31,86	7,62	
1.1.2. Fundamenty (betonowe i żelbetowe)	m ³	414,89	53,01	12,68	
1.1.3. Ściany podziemia	m ³	807,41	50,22	12,02	
1.1.4. Izolacje fundamentów i ścian podziemia (przeciwwilgociowe, cieplne i przeciwdźwiękowe)	m ²	21,50	35,97	8,61	
1.2. STAN SUROWY (ściany	m² p.u.	1002,47	770,53	184,37	32,50%

nadziemna, stropy, sklepienia, schody, podesty, konstrukcja i pokrycie dachu, podłóża i kanały wewnętrzne budynku, izolacje nadziemna, warstwy wyrównawcze pod posadzki)					
1.2.1. Ściany nadziemna (murowane, żelbetowe)	m ³	542,58	143,38	34,31	
1.2.2. Stropy, sklepienia, schody, podesty	m ²	172,25	97,93	23,43	
1.2.3. Dach konstrukcja żelbetowa monolityczna, konstrukcja drewniana	m ² polaci	71,06	79,53	19,03	
1.2.4. Dach pokrycie, rynny, rury spustowe	m ² polaci	144,78	162,03	38,77	
1.2.5. Podłóża i kanały wewnątrz budynku	m ² p.u.	93,86	72,14	17,26	
1.2.6. Izolacje nadziemna (przeciwwilgociowe, cieplne i przeciwdźwiękowe)	m ²	39,66	175,84	42,07	
1.2.7. Warstwy wyrównawcze pod posadzki	m ²	37,18	39,68	9,50	
1.3. STAN WYKOŃCZENIOWY WEWNĘTRZNY (tynki i oblicowania, stolarka okienna i drzwiowa, ścianki działowe, roboty malarskie, posadzki, inne roboty wykończeniowe wewnętrzne)	m² p.u.	890,46	684,43	163,77	28,80%
1.3.1. Tynki i oblicowania	m ²	57,98	157,68	37,73	
1.3.2. Stolarka okienna i drzwiowa	m ²				
1.3.3. Ścianki działowe (plyty G-K)	m ²	129,32	88,75	21,23	
1.3.4. Roboty malarskie	m ²	8,36	24,71	5,91	
1.3.5. Posadzki	m ²	150,53	157,28	37,63	
1.3.6. Inne roboty wykończeniowe wewnętrzne	m ² p.u.	24,50	18,83	4,51	
1.4. STAN WYKOŃCZENIOWY ZEWNĘTRZNY (elewacje, inne roboty wykończeniowe)	m² p.u.	356,74	274,20	65,61	11,50%
1.4.1. Elewacje (docieplenia, balustrady zewnętrzne)	m ²	173,59	171,04	40,92	
1.4.2. Różne roboty zewnętrzne	m ² p.u.	134,22	103,16	24,68	
2.0. INSTALACJE I URZĄDZENIA TECHNICZNE	m² p.u.	617,06	474,29	113,49	20,00%
2.1. INSTALACJE I URZĄDZENIA KANALIZACYJNE, WODOCIĄGOWE, GAZOWE	m² p.u.	149,81	115,14	27,55	4,80%
2.2. INSTALACJE I URZĄDZENIA ZAOPATRZENIA W CIEPŁO	m² p.u.	187,17	143,87	34,42	6,10%
2.3. INSTALACJE I URZĄDZENIA TECHNIKI WENTYLACYJNEJ	m² p.u.	146,31	112,45	26,91	4,70%
2.4. INSTALACJE I URZĄDZENIA ELEKTRO-ENERGETYCZNE	m² p.u.	125,23	96,25	23,03	4,10%
2.5. INSTALACJE I		8,55	6,57	1,57	0,30%

URZĄDZENIA TELETECHNICZNE I TECHNIKI INFORMATYCZNEJ	m² p.u.				
--	---------------------------	--	--	--	--

źródło: OWEB Promocja Sp. z o.o., Zeszyt 32/2016 (1654), s. 83-86 (wyciąg)

Cena wynosi 3089,28 zł netto za m² p.u.

3.2. Technika ustalenia cen za realizację obiektu w technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego, stan obiektu "pod klucz"

Z uwagi na fakt, iż w cennikach OWEB Promocja Sp. z o.o. (system cenowy Sekocenbud) brak informacji na temat cen obiektów realizowanych w technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego, ich ustalenia dokonano na podstawie danych rynkowych. W tym celu autorzy opracowania wytypowali 6 wiodących firm działających na terenie Polski, zajmujących się budową domów w powyższej technologii, drogą e-mailową skontaktowali się z pracownikami ich działów sprzedaży, marketingu itp. i poprosili (precyzując wcześniej podstawowe dane i parametry techniczno-użytkowe przyszłego obiektu), o podanie informacji cenowych (Cj m² p.u.). Odpowiedzi udzieliła tylko jedna firma (Przedsiębiorstwo Wielobranżowe TRAK-BUD, Byszewo 11B, 78-123 Siemyśl), druga firma (DANWOOD, Brańska 132, 17-100 Bielsk Podlaski) przesłała wyjaśnienie, iż realizuje tylko obiekty budownictwa jednorodzinnego i współpracuje tylko z indywidualnymi klientami. W przypadku pozostałych czterech firm autorzy nie otrzymali żadnej odpowiedzi.

Informacje podane w Przykładzie 3 pochodzą z firmy, która udzieliła odpowiedzi.

Dane zawarte w Przykładzie 4, 5 i 6 zostały ustalone na podstawie informacji cenowych podanych na stronach internetowych firm specjalizujących się w budowie domów prefabrykowanych w technologii szkieletu drewnianego.

Przykład 3

Informacje podane przez Przedsiębiorstwo Wielobranżowe TRAK-BUD, Byszewo 11B, 78-123 Siemyśl [19].

Wycena obejmuje podział na 5 grup kosztów i odpowiadające im zakresy prac. Podane ceny jednostkowe (Cj) m² p.u. odnoszą się do zasadniczych stanów budynku mieszkalnego wielorodzinnego realizowanego w technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego.

1. STAN ZEROWY - 350,00 zł netto/m² p.u.

W cenie przewidziane jest wykonanie robót ziemnych, ściany obwodowej żelbetowej budynku, płyty fundamentowej dołem i górą zbrojonej wg obliczeń statycznych, izolacji, podejść instalacji (wody, kanalizacji, prądu) pod płytą.

2. STAN SUROWY - 1.200,00 zł netto/m² p.u.

W cenie przewidziano wykonanie: elementów prefabrykowanych budynku wraz z izolacją cieplną i przeciwdźwiękową, ścian zewnętrznych wraz ze stolarką okienną, ścian działowych, stropów, schodów, dachu pokrytego folią paroprzepuszczalną. Cena obejmuje dostawę elementów prefabrykowanych i ich montaż.

3. STAN WYKOŃCZENIOWY WEWNĘTRZNY - 790,00 zł netto/m² p.u.

Cena obejmuje wykonanie następujących robót: tynki i oblicowania, stolarka drzwiowa, ścianki działowe, roboty malarskie, posadzki, inne roboty wykończeniowe wewnętrzne.

4. STAN WYKOŃCZENIOWY ZEWNĘTRZNY - 600,00 zł netto/m² p.u.

W ramach ceny przewidziano wykonanie: elewacji wraz z izolacją termiczną, robót blacharskich (orynnowanie, rury, parapety zewnętrzne, balustrady balkonowe), robót dekarских (krycie dachówką np. betonową), robót stolarskich (wszelkiego rodzaju obróbki drewniane).

5. INSTALACJE WEWNĄTRZ BUDYNKU (wodno-kanalizacyjna z białym montażem, c.o., elektryczna) - 390,00 zł netto/m² p.u.

Łączna cena wynosi 3 330,00 zł netto za m² p.u.

Przykład 4

Informacje cenowe pobrano ze strony internetowej firmy F.P.H.U "ALT-BUD" Paweł Ziobrowski, Stępina 50, 38-125 Stępina, woj. podkarpackie.

<http://www.altbud-domy.pl/domy-drewniane/mieszkalne/art-50,-dudek-2-d.html> [20]

Dom jednorodzinny z poddaszem użytkowym. Na parterze zaprojektowano otwartą przestrzeń pokoju dziennego połączoną z kuchnią, dodatkowy pokój, kotłownię i łazienkę. Na poddaszu zlokalizowano trzy sypialnie oraz łazienkę. Nazwa pracowni: MTM STYL

Podstawowe parametry techniczno-użytkowe budynku:

Powierzchnia użytkowa: 141.88 m²

Powierzchnia całkowita: 141.88 m²

Stan "pod klucz" obejmuje wykonanie:

- kompletnej konstrukcji szkieletowej (na fundamencie przygotowanym przez inwestora), tj: ścian nośnych, ścian działowych, stropu, więźby dachowej, izolacji z folii na ścianach i dachu budynku; szkieletu domu wykonany z drewna świerkowego, sezonowanego, czterostronnie struganego, zaimpregnowanego przeciwogniowym i przeciwgrzybicznym preparatem ochronnym,
- komina (kompletny system kominowy z wkładem ceramicznym),
- elewacji (półbal drewniany o wymiarach 5 cm x 19 cm, płyta budowlana MFP: styropian 8 cm, siatka i tynk, elewacja mieszana – tynk z elementami drewna),
- stolarki okiennej i drzwi balkonowych - PCV,
- drzwi wejściowych,
- parapetów zewnętrznych metalowych,
- podbić dachowych drewnianych,
- balkonów,
- tarasów (zadaszenie, balustrady – bez podłogi),
- impregnacji elementów drewnianych na zewnątrz budynku. (impregnaty firmy ALTAX),
- pokrycia dachu blachodachówką, montaż obróbek dekarских i orywnowania (firma Blachotrapez),

- instalacji wewnętrznych: elektrycznej, wodnej, kanalizacyjnej, centralnego ogrzewania (rozprowadzenie rur c.o. w tym ogrzewanie podłogowe bez pieca, grzejników, rozdzielaczy),
- ocieplenia ścian nośnych i dachowego wełną mineralną gr. 20 cm, ścian działowych i stropu wełną mineralną gr. 15 cm,
- montażu płyt budowlanych MFP i płyt gipsowo-kartonowych (lub wykończenia drewnianego),
- podłogi drewnianej iglastej (lub paneli podłogowych),
- montaż schodów (na poddasze użytkowe),
- montaż drzwi wewnętrznych,
- montaż parapetów wewnętrznych drewnianych (lub kamiennych).

Cena obiektu w stanie "pod klucz": 304 900,00 zł netto

Cena wynosi 2 149,00 zł netto m² p.u. - stan "pod klucz"

Przykład 5

Informacje cenowe pobrano ze strony internetowej firmy ECOLOGIQ Sp. z o.o. 80-298 Gdańsk, ul. Geodetów 29.

<http://www.ecologiq.pl/produkty/wygodny-2> [21]

Podstawowe informacje na temat technologii stosowanej przez firmę

Firma specjalizuje się w produkcji domów i obiektów wielkogabarytowych prefabrykowanych, energooszczędnych o konstrukcji drewnianej dla osiedli mieszkaniowych, klientów indywidualnych, służby zdrowia, oświaty i handlu. Elementy konstrukcyjne wykonywane są z drewna klejonego KVH oraz LVL, charakteryzującego się niską wilgotnością drewna. Materiały izolacyjne są wytworzone z naturalnych włókien drzewnych, które dobrze izolują ścianę zimą i chronią budynek przed ciepłem zewnętrznym w lecie, są całkowicie dyfuzyjne (ściana oddycha dając wysoki komfort mieszkania). Od wewnętrznej strony konstrukcji drewnianej stosuje się tzw. ściankę techniczną, pozwalającą na swobodne przeprowadzenie instalacji. Stosowana na ścianach zewnętrznych i na dachu folia paroizolacyjna zmienia swoje parametry w zależności od temperatur i wilgotności wewnątrz i na zewnątrz budynku. Dla ściany współczynnik przenikania ciepła wynosi $U < 0,14 \text{ W/m}^2$. Dla dachu stosowana jest izolacja nakrokwiowa, współczynnik przenikania ciepła przez dach wynosi $U < 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Podstawowe parametry techniczno-użytkowe budynku:

Nowoczesny dom jednorodzinny, energooszczędny z poddaszem użytkowym.

Powierzchnia użytkowa: 140,1 m²

Powierzchnia całkowita: 162 m²

Powierzchnia zabudowy: 137,9 m²

Wysokość obiektu: 8,63 m

Kąt nachylenia dachu: 40°

Jeden garaż

Koszt budowy domu: 341 000,00 zł netto

Cena obejmuje transport prefabrykatów i materiałów, montaż obiektu na placu budowy oraz wykonanie "pod klucz":

1. Projektu stanowiącego podstawę uzyskania pozwolenia na budowę oraz projektu wykonawczo-warsztatowego.

2. Ścian zewnętrznych w zakresie:

- konstrukcji o wymiarach 200x60 mm,
- izolacji zewnętrznej wykonanej z płyt izolacyjnych Steico Protect o grubości 60 mm,
- wyprawy zewnętrznej z tynków STO (siatka, klej, grunt, tynk baranek 1,5 mm),
- izolacji przestrzeni międzykonstrukcyjnej wykonanej z wełny z włókien drzewnych Steico Zell o grubości 200 mm,
- paroizolacji tj. aktywnej blokady pary wodnej,
- ścianki technicznej o grubości 60 mm wraz z wypełnieniem izolacją Steico Flex,
- wykończenia wewnętrznego z płyty Fermacell gipsowo-włóknowej,
- obróbki glifów w systemie STO.

Opis ścian - w standardzie (bez dodatkowych opłat) - konstrukcja nośna z drewna klejonego KVH, współczynnik przenikania ciepła $U < 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$, węższe i cieplejsze niż murowane, zapotrzebowanie cieplne - o ponad 50% niższe niż dla ścian murowanych.

3. Połaci dachowej – dachu dwuspadowego w zakresie:

- konstrukcji nośnej o wymiarach 60x240 mm,
- poszycia płytą Steico Uniwersal 35 mm,
- pokrycia dachowego z dachówki cementowej zakładkowej,
- orynnowania i montażu rur spustowych wykonanych z blachy powlekanej,
- okapów nadrynnowych nakrokwiowych,
- izolacji termicznej z wełny z włókien drzewnych Steico Zell o łącznej grubości 240 mm,
- paroizolacji tj. aktywnej blokady pary wodnej,
- poszycia sufitów płytą Fermacell gipsowo-włóknową klejoną na stykach na stelażu z drewna klejonego wraz z dodatkową izolacją Steico Flex grubości 60 mm.

Opis dachu - w standardzie wykonania (ez dodatkowych opłat) - materiały termoizolacyjne z włókna drzewnego, izolacja nakrokwiowa, dach otwarty dyfuzyjnie (zdrowy wewnętrzny mikroklimat), współczynnik przenikania ciepła $U < 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4. Dachy płaskiego (nad garażem) w zakresie:

- izolacji wykonanej z membrany PCV zgrzewanej,
- obróbek attyki z blachy powlekanej.

5. Ścianek działowych w zakresie:

- konstrukcji drewnianej szerokości 100 mm,
- izolacja akustycznej - wypełnienia z Steico Zell o grubości 100 mm,
- wykonania obustronnego poszycie płytą Fermacell gipsowo-włóknową klejoną na stykach.

6. Sufitu /Stropu w zakresie:

- konstrukcji nośnej o przekroju 60x240 mm,
- izolacji termicznej z Steico Zell o łącznej grubości 240 mm,
- wykonania poszycia sufitu płytą Fermacell gipsowo-włóknową klejoną na stykach na stelażu z drewna klejonego,
- wykonania poszycia stropu (góra) z płyty OSB 22 mm.

7. Instalacji w zakresie:

- instalacji elektrycznych - 120 punktów poprowadzonych w peszlach wraz z rozdzielnią elektryczną (bez kontaktów, wyłączników itp.),
- instalacji wodno-kanalizacyjnej bez armatury i białego montażu,
- kanałów wentylacyjnych pod montaż wentylacji mechanicznej,
- instalacji ogrzewania podłogowego wraz z rozdzielaczem na parterze,
- instalacji grzewczej wraz z grzejnikami, zaworami i termostatami na poddaszu.

8. Stolarki okiennej i drzwiowej w zakresie:

- montażu okien trójszybowych o współczynniku przenikania przez szybę $U=0,7$ a dla całego okna $U<0,9$, profil sześciokomorowy (okna jednostronnie od zewnątrz malowane, od środka - białe),
- montażu drzwi drewnianych,
- "ciepłego montażu" stolarki okiennej i drzwiowej oraz „ciepłego parapetu”,
- wykonania obróbek zewnętrznych gładzi w systemie STO,
- montażu okien połaciowych (o wymiarach 78x118 cm, 5 szt.),
- montażu wyłazu dachowego,
- wykonania obróbek zewnętrznych gładzi/węgarków w systemie STO.

9. Dodatkowo należy uwzględnić koszt wykonania fundamentu – płyty fundamentowej izolowanej płytą EPS o grubości 20 cm (przyjęto standardowe warunki gruntowe) wraz z wymianą gruntu (grubość warstwy około 30 cm) i pracą koparki. Cena wynosi 33 000 zł netto.

W związku z powyższym należy doliczyć kwotę: 235,55 zł netto m² p.u. obiektu.

Cena wynosi 2669,53 zł netto za m² p.u. - stan "pod klucz"

Przykład 6

Informacje cenowe pobrano ze strony internetowej firmy Archeton Sp. z o.o. - Budowa domów drewnianych, Cystersów 9, 31-553 Kraków.

<http://www.domnamiare.pl/dom-omega-o-powierzchni-177-m2> [22]

Podstawowe parametry techniczno-użytkowe obiektu

Dom energooszczędny, drewniany wykonany w technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego.

Dom jednorodzinny, składający się z 3 sypialni, gabinetu, garderoby i łazienki na poddaszu oraz salonu połączonego z aneksem kuchennym i jadalnią oraz łazienki na parterze budynku.

Przewidziano również garaż z wejściem z wiatrołapu oraz dużą kotłownię z osobnym wejściem. Prostą bryłę budynku przykrywa dach dwuspadowy.

Powierzchnia netto: 177,4 m²

Powierzchnia użytkowa: 120,5 m²

Powierzchnia zabudowy: 112,1 m²

Kąt nachylenia dachu: 39°

Wysokość do kalenicy: 8,3 m

Współczynnik przenikania ciepła dla ścian wynosi $U=0,17$

W cenie uwzględnione są następujące koszty:

- koncepcji domu, opracowanej przez architekta w oparciu o istniejący projekt z oferty firmy lub na podstawie propozycji klienta,
- pełnej dokumentacji projektowej niezbędnej do zrealizowania inwestycji,
- wykonania fundamentów i wylewek wewnętrznych,
- montażu wszystkich ścian zewnętrznych i wewnętrznych nośnych oraz działowych, ocieplonych wełną mineralną grubości 15 cm, montażu płyty OSB-3 i gipsowo-kartonowej (od wnętrza); ściany zewnętrzne docieplone styropianem elewacyjnym wykończone tynkiem dekoracyjnym (silikonowym); łącznie 25 cm warstwy izolacyjnej ścian zewnętrznych,
- wykonania konstrukcji dachu i pokrycia dachówką cementową BRASS, ocieplenia wełną mineralną, wykończenia obróbkami blacharskimi oraz wyposażenia w system rynnowy PCW,
- wykonania stropu budynku z konstrukcji drewnianej, przykrytej płytą OSB-3 o grubości 22 mm, ocieplonego wełną mineralną i przykrytego podsufitką z płyty gipsowo-kartonowej na ruszcie drewnianym lub metalowym,
- wykonania trzonów kominowych w systemie LEIER lub SCHIEDEL, obudowanych płytą gipsowo-kartonową, powyżej dachu wykończonych płytkami dachówkowymi w kolorze dachu,
- montażu stolarki okiennej z PCW 5-komorowej firmy DRUTEX o współczynniku przenikania ciepła $K = 1,0 \text{ kW/m}^2$ w kolorze białym,
- montażu ocieplonej bramy segmentowej HORMANN, drzwi wejściowych drewnianych firmy CAL oraz parapetów zewnętrznych aluminiowych,
- wykonania instalacji.

Cena obiektu wynosi 339 900 zł netto.

Cena wynosi 2820,75 zł m² p.u. - stan "pod klucz"

3.3. Porównanie kosztów wykonania obiektu w technologii tradycyjnej murowanej i prefabrykowanego szkieletu drewnianego

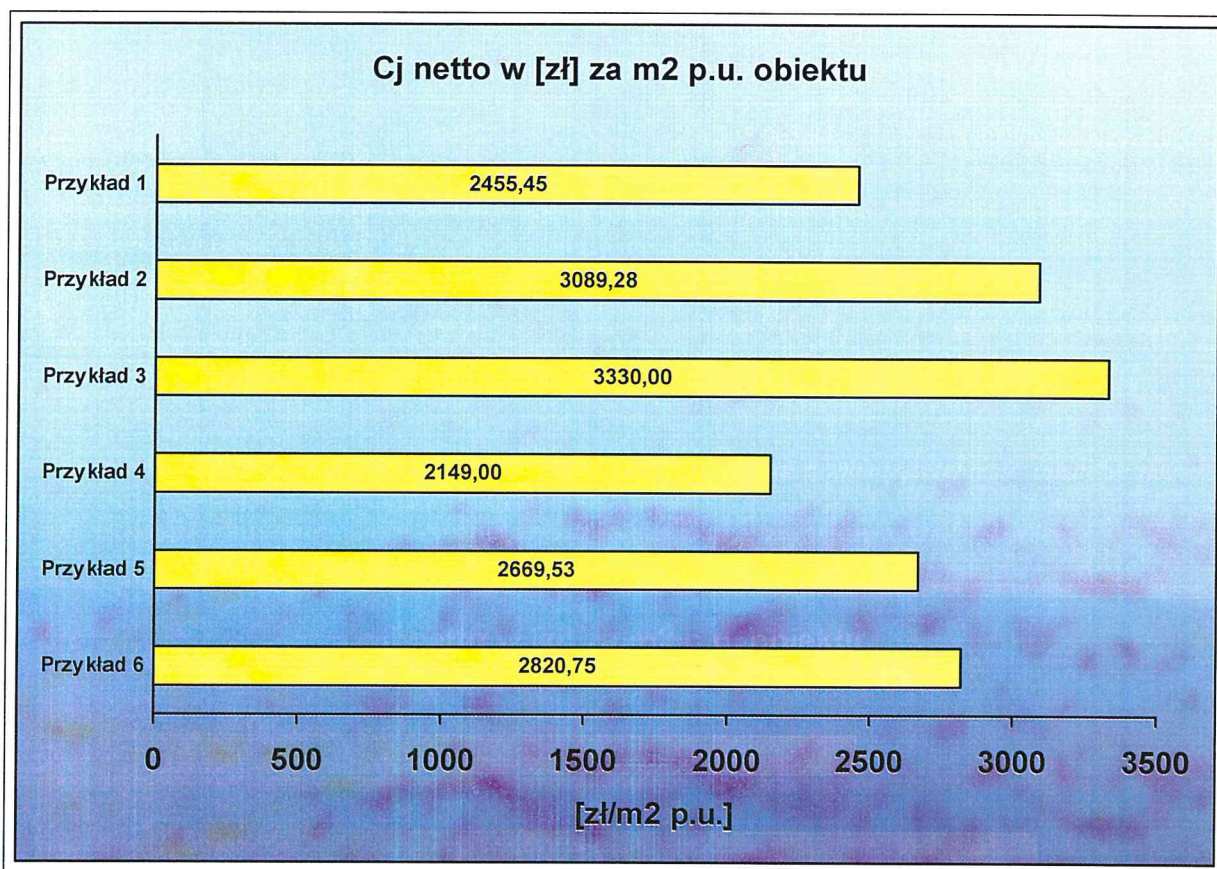
W Tabeli 3 dokonano zestawienia cen jednostkowych (Cj) m² p.u. wykonania obiektów w technologii tradycyjnej murowanej (Przykład 1, 2) oraz prefabrykowanego szkieletu drewnianego (Przykład 3, 4, 5, 6) wraz z instalacjami, a także wyliczono cenę wykonania budynku stanowiącego przedmiot analizy, przyjmując jego powierzchnię użytkową równą 1468 m². W każdym przypadku uwzględniono koszt wykonania stanu zerowego, surowego, robót wykończeniowych zewnętrznych i wewnętrznych oraz instalacji.

Tabela 3 Zbiorcze zestawienie cen realizacji przedmiotowego obiektu w poszczególnych wariantach (Przykład 1 - 6) - stan obiektu "pod klucz"

Nr przykładu	Cj netto w [zł] za m ² p.u. obiektu	Cena netto wykonania przedmiotowego budynku* w [zł]	Uwagi
Przykład 1 - technologia murowana	2455,45	3 604 600,60	
Przykład 2 - technologia murowana	3089,28	4 535 063,04	dom energooszczędny
Przykład 3 - technologia szkieletu drewnianego	3330,00	4 888 440,00	
Przykład 4 - technologia szkieletu drewnianego	2149,00	3 154 732,00	
Przykład 5 - technologia szkieletu drewnianego	2669,53	3 918 870,04	dom energooszczędny
Przykład 6 - technologia szkieletu drewnianego	2820,75	4 140 861,00	dom energooszczędny

źródło: opracowanie własne

* dotyczy budynku wielorodzinnego (26 lokali mieszkalnych wraz z pomieszczeniami towarzyszącymi) zlokalizowanego w Gdańsku przy ul. Dolne Młyny



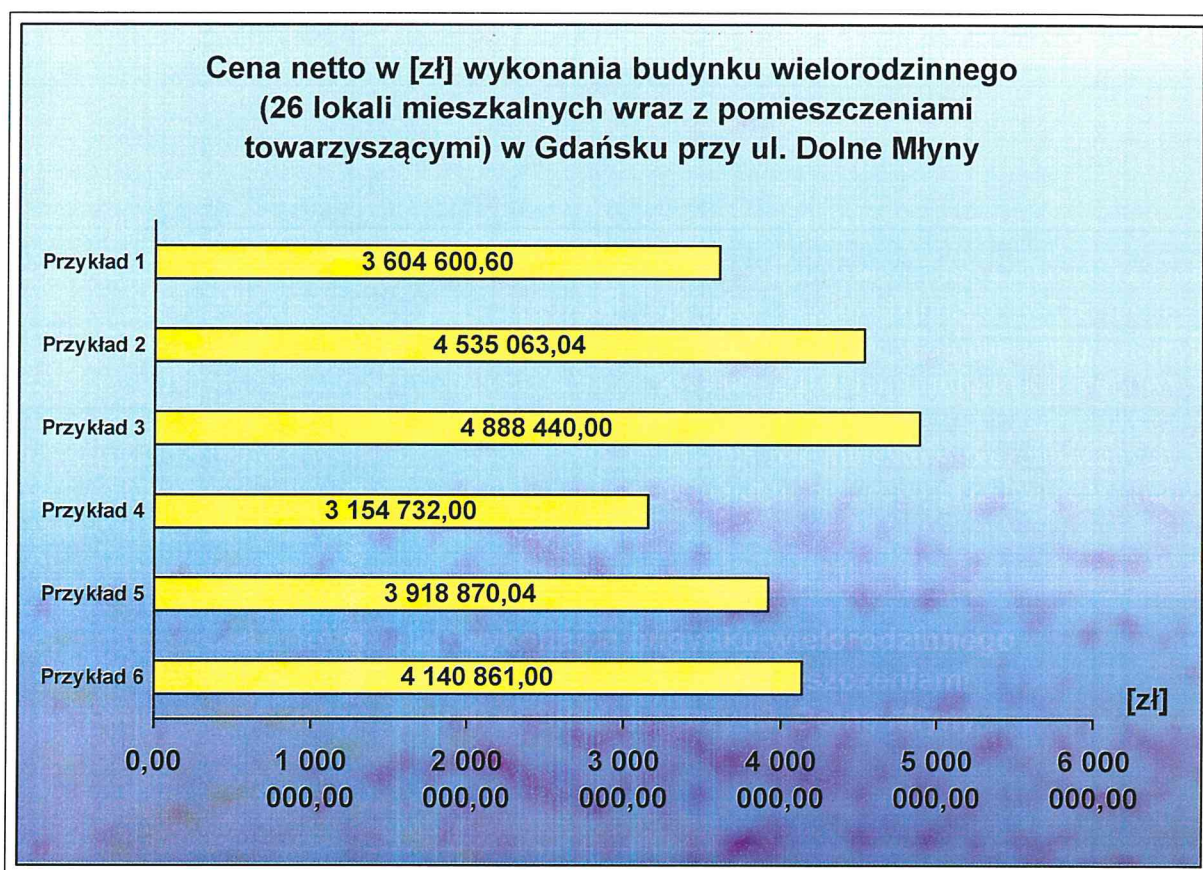
Rys. 4 Cena jednostkowa wykonania 1 m² powierzchni użytkowej obiektu w technologii murowanej (Przykład 1, 2) i prefabrykowanego szkieletu drewnianego (Przykład 3, 4, 5, 6)

źródło: opracowanie własne

Ceny podane w Przykładzie nr 1, 2, 3, 4, 5 i 6 obejmują wykonanie robót zasadniczych wchodzących w skład konstrukcji i elementów budowlanych (tj. stanu zerowego, surowego oraz robót wykończeniowych zewnętrznych i wewnętrznych) oraz instalacji (wodno-kanalizacyjnej, gazowej, c.o., elektrycznej) - Rys. 4.

Kalkulacje kosztorysowe sporządzone przez autorów opracowania, dotyczące określenia wartości robót budowlanych przy realizacji budynku wielorodzinnego w technologii tradycyjnej murowanej i prefabrykowanego szkieletu drewnianego, wykonano na podstawie cennika systemu Sekocenbud (poziom cen: II kwartał 2016 r.) i informacji cenowych pozyskanych z rynku.

Przyjęto założenie, iż wskaźniki cenowe wykonania m² p.u. obiektów prezentowanych w przykładach można wykorzystać do obliczenia ceny obiektu będącego przedmiotem analizy (zgodność technologii robót budowlanych) - Rys. 5.



Rys. 5 Cena wykonania przedmiotowego obiektu w technologii murowanej (Przykład 1, 2) i prefabrykowanego szkieletu drewnianego (Przykład 3, 4, 5, 6)

źródło: opracowanie własne

Pewne rozbieżności w Cj dla Przykładu 1 i 2 oraz Przykładu 3, 4, 5, i 6 (Tabela 3) wynikają z różnego, szczegółowego zakresu robót budowlanych np. instalacyjnych, uwzględnionych w cenie podanej w cenniku Sekocenbud oraz przez danego producenta domu w technologii szkieletowej drewnianej. Ceny z Przykładu nr 1 i 2 obejmują montaż armatury oraz wykonanie instalacji wentylacyjnej, cena z Przykładu nr 3 obejmuje biały montaż, cena z Przykładu nr 5 nie obejmuje montażu kontaktów, włączników, armatury i białego montażu, w przypadku cen z Przykładu nr 4 i 6 nie podano wyraźnej informacji dotyczącej szczegółowego zakresu robót instalacyjnych. Rozbieżności cenowe mogą wynikać również z faktu, iż w niektórych przypadkach, na podstawie krótkiego opisu prac objętych podaną ceną, trudno jest precyzyjnie ustalić np. jaki jest szczegółowy zakres robót wykończeniowych czy standard zastosowanych materiałów.

W Przykładzie 2, 5 i 6 podano ceny dla domu energooszczędnego. Należy podkreślić, iż cena obiektu energooszczędnego wykonanego w technologii tradycyjnej murowanej (Przykład 2) jest o 394 202,04 zł wyższa od najwyższej ceny obiektu energooszczędnego wykonanego w technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego (Przykład 6).

Dla obiektu z Przykładu 1, 3 i 4 brak jednoznacznej informacji czy jest to dom energooszczędny.

3.4 Oszacowanie kosztów budowy i użytkowania ścian zewnętrznych wynikających z izolacyjności konstrukcji tradycyjnej i drewnianej

Przyjęto następujące założenia kalkulacyjne:

- okres eksploatacji 25 lat,
- powierzchnia obliczeniowa przegród 100 m^2 ,
- materiały konstrukcyjne przegród, które wybrano do porównania kosztów budowy i eksploatacji obiektu to: pustak ceramiczny, autoklawizowany beton komórkowy, silikaty, drewno (Tabela 4).

Obliczenia przeprowadzono na podstawie:

- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, Dz. U. 2015 poz. 376 [29],
- Normy PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach - Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego [30], uwaga: straty ciepła w okresie eksploatacji policzono na podstawie właściwości cieplnych murów, dla przypadków, w których budynek zostałby wykonany z wybranych materiałów; obliczono straty ciepła przez przenikanie na zewnątrz budynku zgodnie z normą,
- informacji zawartych w cennikach: Informacja o cenach materiałów budowlanych IMB, Informacja o stawkach robocizny kosztorysowej i cenach pracy sprzętu budowlanego IRS, poziom cen - II kwartał 2016 r., Ośrodek Wdrożeń Ekonomiczno-Organizacyjnych Budownictwa "Promocja" Sp. z o.o., Warszawa 2016, system cenowy Sekocenbud,
- danych materiałowych dobranych na podstawie: W. Żenczykowski: Budownictwo ogólne, Arkady, Warszawa 2010 [31].

Wyznaczenie strat ciepła – założenia do obliczeń

Norma PN-EN 12831:2006 podaje następujący wzór do obliczania projektowej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej (i) przez przenikanie:

$$\Psi_{Ti} = (HT_{ie} + HT_{iue} + HT_{ig} + HT_{ij}) * (Q_{inti} - Q_e) \quad [W] \quad (1.1)$$

HT_{ie} – współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do otoczenia (e) przez obudowę budynku $[W/K]$,

HT_{iue} - współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do otoczenia (e) przez przestrzeń nieogrzewaną $[W/K]$,

HT_{ig} - współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do gruntu (g) w warunkach ustalonych $[W/K]$,

HT_{ij} - współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do sąsiedniej przestrzeni (j) ogrzewanej do różnej temperatury, tzn. przyległej przestrzeni ogrzewanej w tej samej części budynku lub w przyległej części budynku [W/K],

Q_{inti} - planowana temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i) [°C],

Q_e - planowana temperatura zewnętrzna [°C].

Wartość współczynnika straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) na zewnątrz (e) HT_{ie} zależy od wymiarów i cech charakterystycznych elementów budynku oddzielających przestrzeń ogrzewaną od środowiska zewnętrznego, takich jak ściany, podłogi, stropy, drzwi i okna. Wg normy PN-EN 12831:2006 uwzględnia się również liniowe mostki cieplne:

$$HT_{ie} = \sum Ak * Uk * ek + k \sum \Psi l * ll * el \quad [W/K] \quad (1.2)$$

Ak - powierzchnia elementu budynku (k) [m²],

Uk - współczynnik przenikania ciepła przegrody (k) [W/m²K],

Ψl - współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego (l) [W/mK],

ll - długość liniowego mostka cieplnego (l) między przestrzenią wewnętrzną, a zewnętrzną [m],

ek, el - współczynniki korekcyjne ze względu na orientację, z uwzględnieniem wpływów klimatu. Orientacyjne wartości współczynników korekcyjnych podane są w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006: $ek = 1.0$, $el = 1.0$.

Dla pojedynczej przegrody pionowej pozbawionej mostków cieplnych wzory 1.1 i 1.2 można uprościć:

$$\Psi T_i = HT_{ie} * (Q_{inti} - Q_e) \quad [W] \quad (1.3)$$

$$HT_{ie} = Ak * Uk \quad [W/K] \quad (1.4)$$

Ostateczny wzór na obliczenie projektowej straty ciepła ściany zewnętrznej:

$$\Psi T_i = Ak * Uk * (Q_{inti} - Q_e) \quad [W] \quad (1.5)$$

Aby uzyskać zużycie ciepła dla poszczególnych przegród Q_i należy wzór 1.5 przemnożyć przez okres ogrzewania określony w godzinach (t):

$$Q_i = \Psi T_i * t = Ak * Uk * (Q_{inti} - Q_e) * t \quad [kWh] \quad (1.6)$$

t - całkowity okres ogrzewania.

Znając zużycie ciepła w zadanym okresie ogrzewania, w celu obliczenia całkowitego kosztu zastosowania wybranego rozwiązania należy zmodyfikować wzór 1.6:

$$K_i = Q_i * k_p = \Psi T_i * t * k_p = A_k * U_k * (Q_{inti} - Q_e) * t * k_p \quad [zł] \quad (1.7)$$

k_p – koszt produkcji 1[kWh] ciepła.

Określenie okresu ogrzewania i występujących temperatur

Można przyjąć, że sezon grzewczy, w którym warunki atmosferyczne powodują konieczność ciągłego dostarczania ciepła w celu ogrzewania obiektów, w Gdańsku stanowi okres pomiędzy wrześniem, a majem roku następnego. Średnio w roku jest to około 200 dni grzewczych.

Koszty eksploatacji związane ze stratą ciepła przez przenikanie przez przegrodę - ścianę obliczono na podstawie wzoru 1.7:

Dane:

Przyjęta powierzchnia ściany: $A_k = 100 \text{ m}^2$

Na potrzeby obliczeń temperaturę wewnętrzną przyjęto na poziomie 21°C

Oszacowana średnia wartość roczną $(Q_{inti} - Q_e) * t$ wynosi 92300 [K*h]

Wartość $(Q_{inti} - Q_e) * t$ w okresie 25 lat eksploatacji wynosi $25 * 92300 = 2307500$ [K*h]

Koszt produkcji 1kWh ciepła

Na potrzeby przykładu obliczeniowego założono ogrzewanie przy pomocy kotła gazowego niskotemperaturowego o sprawności 85%.

Uśredniona cena gazu ziemnego w I półroczu 2016 - przyjęto 2,40 zł/m³.

Wartość opałowa gazu ziemnego: 10,29 kWh/m³.

Cena 1kWh uwzględniając sprawność kotła wynosi: $2,40 / 10,29 * 1/0,85 = 0,2744$ [zł/kWh]

Założono wzrost cen gazu na przestrzeni 25 lat o 2,1% rocznie, co daje średnią cenę gazu na przestrzeni 25 lat: 0,41436 [zł/kWh].

Do obliczeń strat ciepła przyjęto ocieplenie ścian wykonane z warstwy styropianu grubości 15 cm - dla konstrukcji murowanych i dla konstrukcji drewnianej szkieletowej.

Przyjęto stawkę robocizny 15,00 zł/r-g.

Tabela 4. Właściwości wybranych elementów murowych przyjętych do oszacowania kosztów

Nazwa/parametry	Błoczki silikatowe	Autoklawizowany beton komórkowy	Pustak ceramiczny	Panel drewniany - szkielet
Szerokość [mm]	150	300	188	150
Długość [mm]	333	599	498	1000
Wysokość [mm]	199	199	238	1000
Zużycie/m ² *ustalone na podstawie KNR	15,15 szt.	8,33 szt.	8,16 szt.	1 szt.
Opór cieplny [m ² K/W]	0,30	1,88	0,61	2,53 (wełna drzewna)*
Gęstość [kg/m ³]	1500	600	877	110
Izolacyjność akustyczna [dB]	45	46	47	55
Nakłady robocze [r-g/m ²] (wykonania konstrukcji) *ustalone na podstawie KNR	0,85	0,51	1,10	0,93
Cena jednostkowa wykonania ocieplenia [zł/m ²]	97	97	97	97

* oszacowano na podstawie danych zawartych w projekcie *Koncepcja architektoniczna budynku wielorodzinnego (26 lokali mieszkalnych wraz z pomieszczeniami towarzyszącymi) zlokalizowanego w Gdańsku przy ul. Dolne Młyn, opracowanie własne*

Koszty ogrzewania pomieszczeń

Obliczenie współczynnika przenikania ciepła przegrody. W tym celu dokonano obliczenia oporu cieplnego przegrody korzystając ze wzoru:

$$RT = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad (2.1)$$

gdzie:

R_{si} – opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni (dla ścian równy 0,13),

R_1 – opór cieplny ściany,

R_2 – opór cieplny izolacji ze styropianu EPS 15 cm ($\lambda=0,04$ [W/mK]) równy 3,75 [m² K/W],

R_{se} – opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni (dla ścian równy 0,04).

Wyżej wymienione wartości podstawiono do wzoru 2.1:

$$RT = 0,13 + R_1 + 3,75 + 0,04 = R_1 + 3,92 \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad (2.2)$$

Wzór do obliczenia współczynnika przenikania ciepła przez przegrodę:

$$U = 1/R_T = 1/R_1 + 3,92 \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (2.3)$$

Koszty strat w budynku ze ścianą z silikatu – okres eksploatacji: 25 lat, powierzchnia obliczeniowa: 100 m²

Opór cieplny $R_1 = 0,30 \text{ [m}^2\text{K/W]}$

Współczynnik przenikania ciepła przegrody: $U = 1/(0,30 + 3,92) = 0,237 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Koszty związane ze stratą ciepła wydostającego się przez ścianę:

$$K_i = Q_i * k_p = \Psi T_i * t * k_p = A k * U_k * (Q_{inti} - Q_e) * t * k_p \\ = 100 * 0,000237 * 2307500 * 0,41436 = 22661 \text{ [zł]}$$

Koszty strat w budynku ze ścianą z autoklawizowanego betonu komórkowego – okres eksploatacji: 25lat, powierzchnia obliczeniowa: 100 m²

Opór cieplny $R_1 = 1,88 \text{ [m}^2\text{K/W]}$

Współczynnik przenikania ciepła przegrody: $U = 1/(1,88 + 3,92) = 0,1724 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Koszty związane ze stratą ciepła przez ścianę:

$$K_i = Q_i * k_p = \Psi T_i * t * k_p = A k * U_k * (Q_{inti} - Q_e) * t * k_p \\ = 100 * 0,0001724 * 2307500 * 0,41436 = 16483 \text{ [zł]}$$

Koszty strat w budynku ze ścianą z pustaka ceramicznego – okres eksploatacji: 25 lat, powierzchnia obliczeniowa: 100 m²

Opór cieplny $R_1 = 0,61 \text{ [m}^2\text{K/W]}$

Współczynnik przenikania ciepła przegrody: $U = 1/(0,61 + 3,92) = 0,22 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Koszty związane ze stratą ciepła przez ścianę:

$$K_i = Q_i * k_p = \Psi T_i * t * k_p = A k * U_k * (Q_{inti} - Q_e) * t * k_p \\ = 100 * 0,00022 * 2307500 * 0,41436 = 21034 \text{ [zł]}$$

Koszty strat w budynku ze ścianą ze szkieletu drewnianego – okres eksploatacji: 25 lat, powierzchnia obliczeniowa: 100 m²

Opór cieplny $R_1 = 2,53 \text{ [m}^2\text{K/W]}$

Współczynnik przenikania ciepła przegrody: $U = 1/(2,53 + 3,92) = 0,155 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

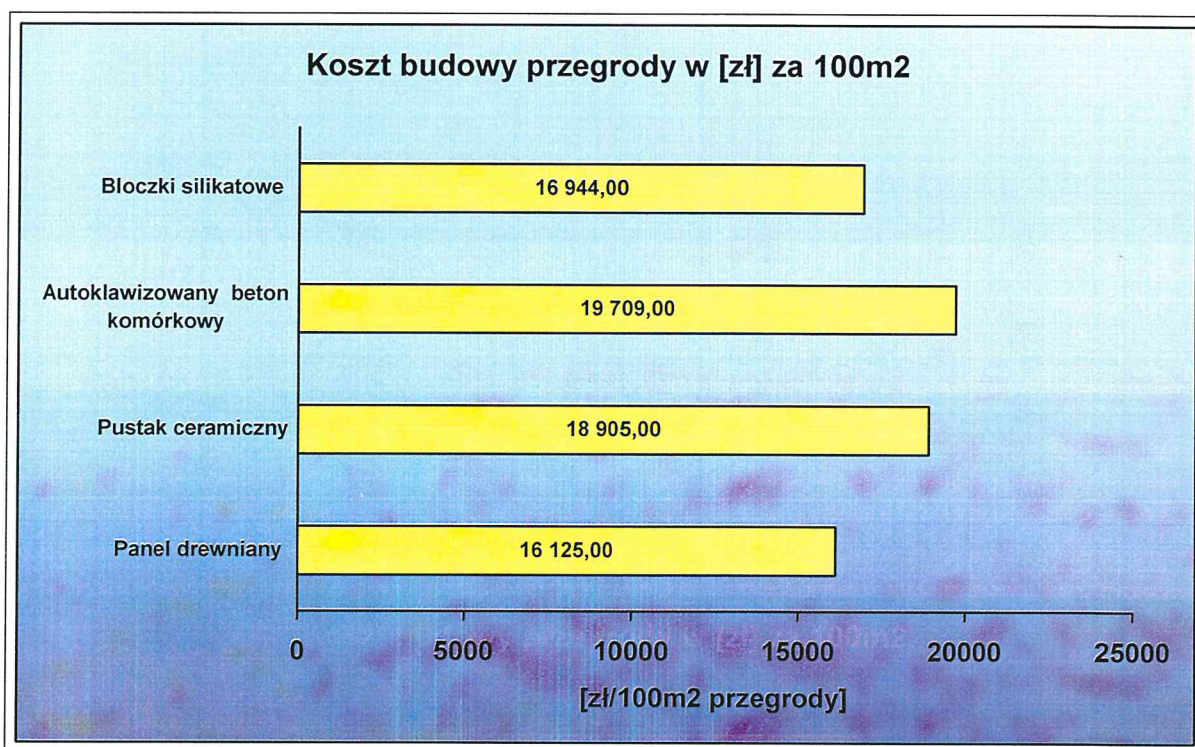
Koszty związane ze stratą ciepła przez ścianę:

$$K_i = Q_i * k_p = \Psi T_i * t * k_p = A k * U_k * (Q_{inti} - Q_e) * t * k_p \\ = 100 * 0,000155 * 2307500 * 0,41436 = 14820 \text{ [zł]}$$

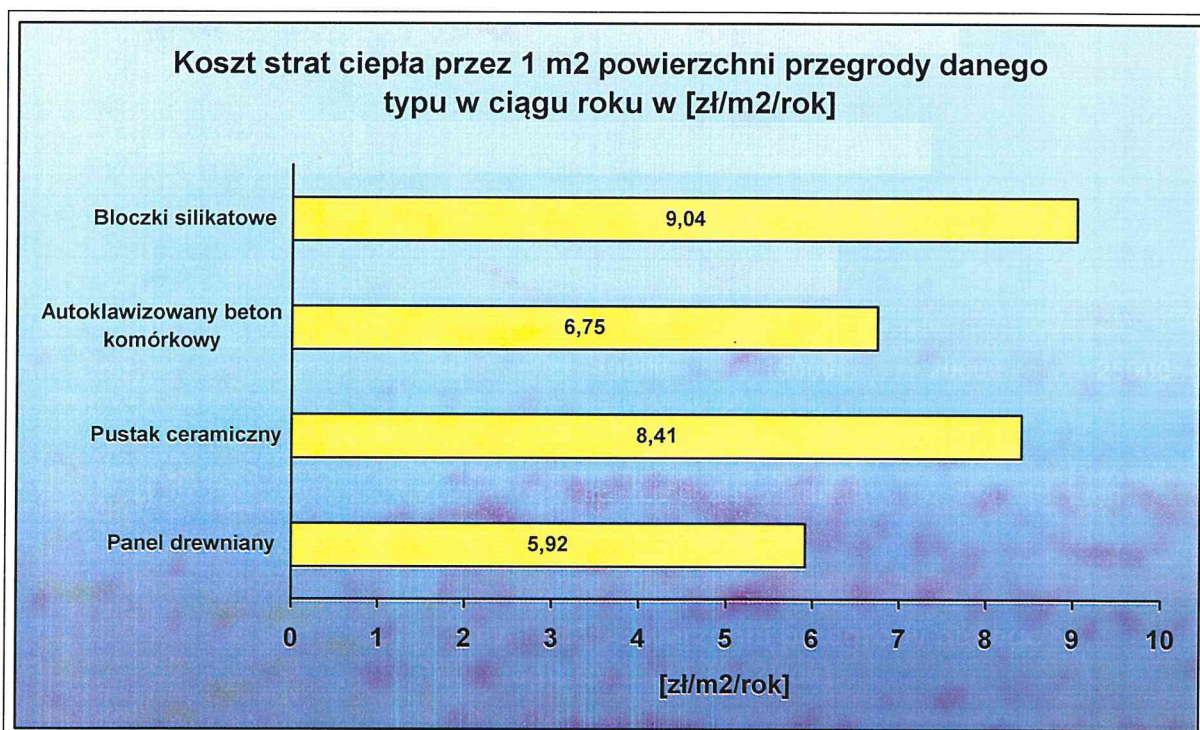
Tabela 5. Zestawienie łącznych kosztów utrzymania i użytkowania w okresie 25 lat przegrody o powierzchni 100 m² wykonanej z materiału danego rodzaju w [zł]

Zestawienie	Jednostka	Błoczki silikatowe	Autoklawizowa -ny beton komórkowy	Pustak ceramiczny	Panel drewniany - szkielet
Koszt budowy przegrody 100m² (wraz z kosztem ocieplenia)	[zł]	16944	19709	18905	16125
Robocizna	[zł]	1230	647	1595	1395
Materiały	[zł]	4787	8730	6015	4557
Koszt ocieplenia	[zł]	9700	9700	9700	9700
Materiały dodatkowe (np. zaprawa, łączniki)	[zł]	1227	632	1595	473
Łączny koszt budowy 1m ² ściany	[zł/m ²]	169,44	197,09	189,05	161,25
Koszt strat ciepła przez 100 m ² przegrody w okresie 25 lat podane w [zł]	[zł]	22661	16483	21034	14820
Koszt strat ciepła przez 1m² przegrody w ciągu roku w [zł/1m²/rok]	[zł/1m ² /rok]	9,04	6,75	8,41	5,92

źródło: opracowanie własne



Rys. 5 Koszt budowy 100 m² przegrody z danego rodzaju materiału wraz z ociepleniem gr. 15 cm; *źródło: opracowanie własne*



Rys. 6. Łączny koszt strat ciepła w ciągu roku przez powierzchnię 1m² przegrody z materiału danego typu w [zł/m²/rok]; *źródło: opracowanie własne*

Z przedstawionej kalkulacji wynika, że najtańszym rozwiązaniem jest budowa przegród (wraz z ociepleniem grubości 15 cm) z konstrukcji drewnianej szkieletowej (16125 zł/100m²), nieco drożej (16944 zł/100m²) kosztuje wykonanie przegrody

z silikatów. Najdroższym wariantem jest budowa przegród z pustaka ceramicznego (18905 zł/100m²).

Kolejnym parametrem, który poddano analizie w celu dokonania oszacowania i oceny kosztów użytkowania budynku jest koszt strat ciepła wydostającego się przez przegrodę. Koszt ten jest ponoszony bezpośrednio przez użytkowników obiektu. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że najmniejsze straty z tego tytułu będą w budynku o konstrukcji drewnianej szkieletowej (5,92 [zł/1m²/rok]), natomiast największe w układzie ścian wykonanych z bloczków silikatowych (9,04 [zł/1m²/rok]).

3.5 Zestawienie nakładów czasu pracy przy realizacji obiektu w technologii tradycyjnej i szkieletu drewnianego

Do zestawienia (Tabela 6) przyjęto nakłady niezbędne do budowy domu jednorodzinnego o powierzchni 120 m² dwukondygnacyjnego bez podpiwniczenia z dachem spadzistym krokwiowym. Wynika to z faktu, iż w istniejących bazach katalogowych nie ma katalogów nakładów rzeczowych, które mogłyby bezpośrednio posłużyć do kalkulacji czasu pracy przy opracowaniu harmonogramu budowy domu wielorodzinnego w technologii drewnianej prefabrykowanej. Stąd też autorzy dokonali szczegółowego zestawienia nakładów dla budynku jednorodzinnego, aby móc drogą analogii porównać pracochłonność technologii tradycyjnej (murowanej) i drewnianej (szkieletowej). Wykorzystano wybrane katalogi nakładów rzeczowych i na podstawie zawartych w nich informacji ustalono nakłady. Na ich podstawie przeprowadzono kalkulacje indywidualne. Jako metodę organizacji pracy wybrano metodę kolejnego wykonania.

Tabela 6. Zestawienie nakładów robocizny [r-g] podczas planowania budowy domu o powierzchni 120m² w technologii tradycyjnej i szkieletu drewnianego

Lp.	Dział	Liczba [r-g]	Liczba robotników w brygadzie	Czas trwania zmiany roboczej [h]	Technologia wykonania	Liczba zmian
1	ROBOTY PRZYGOTOWAWCZE	515,1	8	8	drewniany	8
		515,1	8	8	murowany	8
2	STAN ZEROWY	1508,7	8	8	drewniany	24
		1590,3	8	8	murowany	25
3	KONSTRUKCJA SZKIELETU	1327,0	5	8	drewniany	33
4	STAN SUROWY OTWARTY	235,1	5	8	drewniany	6
		1791,5	5	8	murowany	44
5	STAN SUROWY ZAMKNIĘTY	603,3	5	8	drewniany	15
		811,2	5	8	murowany	21
6	ROBOTY ELEWACYJNE	891,4	5	8	drew/mur	22
7	MONTAŻ INSTALACJI	192,9	3	8	drew/mur	8
8	MONTAŻ IZOLACJI CIEPLNEJ I AKUSTYCZNEJ ORAZ PAROIZOLACJI	247,9	5	8	drew/mur	6
9	ROBOTY WYKOŃCZENIOWE	1665,8	10	8	drew/mur	21
RAZEM					drewniany	143
					murowany	155

źródło: opracowanie własne

Z przedstawionego zestawienia (Tabela 6) nakładów robocizny wynika, że budynki jednorodzinne wykonane w technologii szkieletu drewnianego można wykonać w czasie krótszym o ok. 10% od budynków wykonanych w technologii tradycyjnej. Należy zwrócić uwagę, że do oszacowania nakładów robocizny wybrano technologię szkieletu drewnianego (montaż całej konstrukcji na placu budowy). Biorąc pod uwagę fakt, że obecnie coraz większym zainteresowaniem cieszą się konstrukcje drewniane prefabrykowane (panelowe) można stwierdzić, że czas budowy w takiej technologii na pewno będzie krótszy, a różnica większa niż podana powyżej wartość 10% na korzyść domów drewnianych panelowych.

4. OCENA WAD I ZALET REALIZACJI OBIEKTU W OBU TECHNOLOGIACH

4.1 Właściwości drewna jako materiału do budowy domów mieszkalnych

Dla osób przebywających w budynku, ze względu na właściwości przeciwpożarowe decydujące są [10]:

- odporność ogniowa budynku,
- możliwie małe tempo rozprzestrzeniania się pożaru,
- odporność poszczególnych materiałów budowlanych na wysoką temperaturę (ze względu na możliwość utraty wytrzymałości danego elementu konstrukcyjnego podczas pożaru i groźbę zawalenia się np. stropu, schodów),
- wyeliminowanie z konstrukcji tworzyw sztucznych, które w wypadku pożaru uwalniają wysoce toksyczne związki.

Elementy drewniane zwęglają się w pełnym otoczeniu płomieni (do 1000°C) w tempie 0,4 do 0,7 mm/min. Wymagana przez warunki techniczne [11] minimalna klasa odporności ogniowej np. dla ścian zewnętrznych budynku o klasie odporności pożarowej „C” wynosi EI 30 (szczelność i izolacyjność ogniowa 30 minut). Bez problemu jest osiągana przez elementy drobnowymiarowe np. w konstrukcjach szkieletowych przez zastosowanie np. płyt gipsowo – kartonowych jako okładzin. Jeżeli elementy konstrukcyjne są z drewna pełnego, to klasa odporności ogniowej wzrasta do ponad 60 minut (EI 60) i jest tym większa, im większe są co do przekroju elementy drewniane. Dla porównania stropy betonowe lub ceglane posiadają w tym względzie słaby punkt, którym jest zbrojenie. W temperaturze zbliżonej do 900°C stal zbrojeniowa zaczyna tracić swoje właściwości, co w konsekwencji powoduje odkształcenia lub zawalenie się elementów konstrukcyjnych nawet po kilkunastu minutach w przypadku stropów ceglanych. Należy pamiętać, że np. beton, chociaż niepalny, jest dobrym przewodnikiem ciepła, przez co nie „pomaga” w odniesieniu do izolacyjności ogniowej. Stąd też można zauważyć, że w krajach skandynawskich, USA i Kanadzie coraz częściej wznosi się budynki o konstrukcji drewnianej także jako wielorodzinne i kilkukondygnacyjne.

Kolejną właściwością materiałów budowlanych stanowiących ich główną cechę, szczególnie jeżeli chodzi o budynki mieszkalne, jest wartość współczynnika przenikania ciepła przez przegrody. Współczynnik przenikania ciepła „U” określa ilość ustalonego strumienia ciepła przepływającego przez 1m² powierzchni przegrody rozdzielającej dwa ośrodki przy różnicy temperatur obu ośrodków wynoszącej 1K. Im mniejsza wartość tego współczynnika, tym można powiedzieć, że przegroda lepiej izoluje. Można stwierdzić także, że przekłada się to bezpośrednio na koszty eksploatacji obiektu, głównie związane z ogrzewaniem pomieszczeń lub ich schładzaniem. Im mniejsza wartość współczynnika „U” tym do ogrzania/chłodzenia budynku potrzeba mniej energii. Ściany z drewna dają przy tym samym współczynniku przenikania ciepła wielokrotnie dłuższy czas wychładzania, a przy

ogrzewaniu wyziębionego pomieszczenia ich powierzchnia zdecydowanie szybciej nagrzewa się. Wynika to z tego, że np. 1 m³ cegieł ważący ok. 800 kg i przy zmianie temperatury o 1°C jest w stanie „zmagazynować” 738 KJ ciepła, natomiast 1 m³ np. drewna jodłowego o wadze ok. 550 kg jest w stanie „zmagazynować” 1155 KJ ciepła przy takiej samej zmianie temperatury [10]. Z badań zleconych przez Austriackie Ministerstwo Komunikacji i Technologii wynika, że dla domu pasywnego z konstrukcji panelowej zapotrzebowanie na energię grzewczą wynosi 9,7 kWh/m² na rok. Taki sam budynek wykonany z drewna pełnego wykazuje zapotrzebowanie na taką energię w wysokości 6,8 kWh/m² na rok. Badania przeprowadzono m. in. dlatego, że koszty wybudowania domu w technologii tradycyjnej murowanej, spełniającej wymagania pasywności obiektu są wysokie, a żeby uznać budynek za pasywny zapotrzebowanie na energię grzewczą powinno być mniejsze niż 15 kWh/m² na rok. Stąd - jeśli wiadomo, że koszt wybudowania obiektów w dwóch powyższych technologiach jest podobny, to można pokusić się o stwierdzenie, że budynki drewniane wznoszone z drewna litego bądź z paneli drewnianych mogą zużywać do 40% mniej energii, niż budynki tradycyjne murowane, przy tych samych parametrach architektonicznych i konstrukcyjnych.

Argumenty decydujące o wyborze drewna jako materiału konstrukcyjnego wg [13]:

- podczas budowy domów drewnianych uzyskuje się większe tempo realizacji prac, aniżeli przy budowie w technologii murowanej; skraca to czas budowy i zmniejsza koszty realizacji prac budowlanych,
- budynki drewniane charakteryzują się bardzo dobrą ochroną cieplną w porównaniu z murowanymi (ich koszty budowy i gabaryty są porównywalne),
- prawidłowo wykonany i eksploatowany dom drewniany może spełniać zakładane funkcje użyteczności przez okres porównywalny z domem murowanym,
- mniejszy ciężar konstrukcji przekłada się na mniejsze koszty wykonania fundamentu,
- budynki drewniane spełniają wszystkie wymagania warunków technicznych odnoszących się do ochrony p-poż,
- ściany budynków drewnianych mogą mieć mniejsze wymiary przekroju niż budynków murowanych, przy tych samych parametrach związanych z ochroną przed utratą ciepła; skutkuje to zwiększeniem powierzchni użytkowej pomieszczeń w domach drewnianych - nawet do 10%,
- drewno jest surowcem odnawialnym, produkcja domów drewnianych zmniejsza skutki negatywnego wpływu produkcji budowlanej i budynków na środowisko,
- drewno jest materiałem, który przyczynia się do powstania korzystnego mikroklimatu w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi,
- konstrukcja domów szkieletowych drewnianych pozwala w przypadkach koniecznych łatwo przebudowywać/modernizować obiekt w zakresie wielkości powierzchni pomieszczeń, instalacji, sposobu użytkowania,
- drewno jest materiałem, którego cena jednostkowa jest stosunkowo wysoka, uwzględniając jednak koszt robocizny, czas realizacji robót, koszty eksploatacji obiektu przez okres użytkowania, to miara łączna związana z kosztem cyklu życia obiektu (LCC) wskazuje, że konstrukcje drewniane w pewnych warunkach są lepsze co do przyjętych kryteriów oceny.

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza technologiczno-ekonomiczna, m.in. w oparciu o literaturę przedmiotu, publikacje branżowe, Koncepcję architektoniczną obiektu dostarczoną przez Zleceniodawcę - GIS Sp. z o.o. oraz własne doświadczenia autorów, uzasadnia sformułowanie niżej podanych wniosków, stwierdzeń i zaleceń.

1. Przedstawiona w opracowaniu kalkulacja kosztorysowa dotycząca realizacji obiektu w technologii tradycyjnej murowanej i prefabrykowanego szkieletu drewnianego dla sześciu wybranych przypadków, wyraźnie wskazuje, iż należy rozważyć możliwość realizacji budynku wielorodzinnego przy ul. Dolne Młyny w Gdańsku jako energooszczędnego w technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego. Należy podkreślić przewagę cenową domu energooszczędnego realizowanego w technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego (cena: 4 140 861,00 zł netto) nad domem energooszczędnym realizowanym w technologii tradycyjnej murowanej (cena: 4 535 063,04 zł netto). Przeprowadzone analizy kosztowe pokazuje, iż cena obiektu energooszczędnego wykonanego w technologii tradycyjnej murowanej jest o 394 202,04 zł wyższa od najwyższej ceny realizacji tego samego obiektu jako energooszczędnego w technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego.
2. Podczas budowy domu drewnianego uzyskuje się większe tempo realizacji prac, aniżeli przy budowie w technologii murowanej - skraca to czas budowy i zmniejsza koszty realizacji prac budowlanych. Jak wykazano w opracowaniu, budynki jednorodzinne w technologii szkieletu drewnianego można wykonać w czasie krótszym o ok. 10% od budynków w technologii tradycyjnej. Biorąc pod uwagę fakt, że obecnie coraz większym zainteresowaniem cieszą się konstrukcje drewniane prefabrykowane (panelowe) można stwierdzić, że czas budowy w takiej technologii na pewno będzie krótszy, a różnica większa niż 10% na korzyść domów drewnianych panelowych.
3. Innym argumentem, który także należy uwzględnić przy wyborze technologii realizacji obiektu, są koszty jego eksploatacji i związana z tym energooszczędność (Tab. 5). Należy ją rozpatrywać w aspekcie ekonomicznym (wydatku początkowego), ale również szeroko pojętych długookresowych kosztów związanych z użytkowaniem i utrzymaniem obiektu (koszty cyklu życia). Energooszczędność obiektu stanowi obecnie jedno z kluczowych zagadnień decydujących o wyborze danego rozwiązania projektowego i technologii robót budowlanych. Oznacza to, że oszczędzanie energii musi gwarantować proponowane rozwiązanie projektowe, ale również sam proces produkcji materiałów i akcesoriów budowlanych. Z uwagi na rosnące ceny energii, już na etapie podejmowania decyzji inwestycyjnej, należy szczegółowo rozważyć kwestię kosztu ogrzewania budynku realizowanego w technologii tradycyjnej (w niektórych przypadkach koszty ogrzewania mogą stanowić nawet 2/3 wszystkich wydatków związanych z utrzymaniem obiektu).
4. W opracowaniu dokonano m.in. analizy i oceny kosztów ponoszonych przez użytkowników obiektu związanych z jego eksploatacją. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń kosztów strat ciepła przez przegrody (dla czterech wariantów: ściana z pustaków silikatowych, autoklawizowanego betonu komórkowego, pustaków ceramicznych oraz paneli drewnianych) stwierdzono, iż najmniejsze straty ciepła, a tym samym najniższy koszt występuje w budynku o konstrukcji drewnianej szkieletowej (5,92 [zł/1m²/rok]), natomiast największy w budynku ze ścianami wykonanymi z bloczków silikatowych (9,04 [zł/1m²/rok]).

5. W dalszej perspektywie, w aspekcie energooszczędności, na uwagę zasługują również kwestie ekonomiczne związane ze wzrostem cen źródeł energii (gazu, ropy) na rynkach międzynarodowych oraz kwestie ekologiczne - potrzeba ograniczenia zużycia energii na świecie (emisja gazów cieplarnianych, związana z tradycyjnymi sposobami pozyskiwania energii, zakłóca działanie systemu samoregulacji klimatu na Ziemi).
6. Obecnie przy projektowaniu i wykonywaniu obiektów budowlanych, także w aspekcie możliwych do wykorzystania technologii, należy brać pod uwagę zagadnienia dotyczące środowiska cieplnego, oświetlenia, jakości powietrza, wilgoci i hałasu. Wymagania stawiane obiektom dotyczą także stosowanych materiałów budowlanych, których cechy decydują o właściwościach użytkowych obiektu z uwagi na zdrowie, higienę i środowisko. W aspekcie budynków mieszkalnych szczególnego znaczenia nabiera jakość powietrza (temperatura, wilgotność, zapach) oraz akustyka. Wszystkie powyższe elementy powinny zapewnić mieszkańcom i użytkownikom zdrowe środowisko wewnętrzne oraz właściwą izolację akustyczną i termiczną [28]. W kontekście powyższych kwestii należy szczegółowo przeanalizować i rozważyć wariant budowy domu w technologii wykorzystującej drewno [10].
7. W dniu 28 lipca 2016 r. weszła w życie nowelizacja ustawy Prawo zamówień publicznych [23]. Jedną z istotnych, zawartych w niej, regulacji dotyczy kosztu cyklu życia obiektu w powiązaniu z kryteriami wyboru najkorzystniejszej oferty. Zgodnie z art. 91, ust. 2a Pzp, zamawiający może zastosować kryterium ceny jako jedyne kryterium oceny ofert lub kryterium o wadze przekraczającej 60%, jeżeli określi w opisie przedmiotu zamówienia standardy jakościowe odnoszące się do wszystkich istotnych cech przedmiotu zamówienia i wykaże w załączniku do protokołu w jaki sposób zostały uwzględnione w opisie przedmiotu zamówienia koszty cyklu życia.
8. Podjęcie przez zamawiającego decyzji inwestycyjnej nie może być poparte wyłącznie krótkoterminowym kryterium kosztu początkowego związanego z realizacją obiektu. Należy również uwzględnić inne koszty, które właściciel/użytkownik poniesie w pełnym cyklu życia obiektu. W celu dokonania precyzyjnej oceny szeroko rozumianych kosztów, związanych z przygotowaniem, realizacją, utrzymaniem i użytkowaniem obiektu, należy zastosować np. analizę LCC (z ang. Life Cycle Cost) tj. szacowanie kosztów cyklu życia obiektu. Zasadnicze założenia koncepcji szacowania kosztu cyklu życia ze szczególnym uwzględnieniem kosztów związanych z niezawodnością obiektu zawarte są w [24].
9. W Dyrektywie [25], podkreśla się promowanie, przy wyborze najkorzystniejszej oferty, stosowania podejścia opartego na efektywności kosztowej. Rachunek kosztów cyklu życia może obejmować [23], [25] m.in. koszty poniesione przez zamawiającego lub innych użytkowników związane z nabyciem, użytkowaniem, utrzymaniem oraz wycofaniem z eksploatacji (m.in. koszty rozebrania i recyklingu). Wprowadzenie przepisami Pzp wymogu stosowania rozwiązań efektywnych m.in. w aspekcie zużycia energii, wyboru rozwiązania optymalnego w kontekście ponoszonych kosztów w cyklu życia obiektu, stanowi zasadniczy element szeroko pojętego zrównoważonego rozwoju kraju. Narzędziem pozwalającym na dokonanie wyboru rozwiązania zwiększającego efektywność ekonomiczną poprzez wskazanie najniższych kosztów całkowitych, jest m.in. analiza LCC. Jej zastosowanie przez zamawiającego przyczynia się m.in. do optymalizacji kosztów realizacji inwestycji oraz kosztów eksploatacji obiektu. Łączne koszty ponoszone w całym cyklu życia obiektu (LCC) to koszty jego nabycia, posiadania i

likwidacji. W ramach kosztów nabycia obiektu budowlanego należy uwzględnić m.in. wydatki związane z koncepcją, projektowaniem i budową. Koszty posiadania obiektu (tj. operacyjne, użytkowania) obejmują m.in. opłaty za zużycie mediów, zarządzanie, serwisowanie, przeglądy i obsługę techniczną obiektu, usuwanie awarii, sprzątanie, ochronę, ubezpieczenia, podatek od nieruchomości, przeglądy i kontrole (m.in. systemu przeciwpożarowego), remonty, utrzymanie obiektu w należytym stanie technicznym (czyszczenia, konserwacje). Koszty likwidacji tj. wycofania obiektu z eksploatacji obejmują wydatek związany z jego rozebraniem, demontażem i utylizacją.

10. Ważnym czynnikiem, mającym wpływ na koszt nabycia, ale również koszty eksploatacji obiektu jest jego niezawodność. Termin oznacza "właściwość obiektu polegającą na tym, że będzie on spełniał postawione mu wymagania w ciągu określonego czasu w określonych warunkach" [26]. Należy podkreślić, iż niska niezawodność obiektu powoduje dla jego użytkowników zwiększone wydatki (koszty napraw, remontów, modernizacji), dążenie do wysokiej niezawodności przyczynia się natomiast do zwiększenia kosztów wykonania obiektu. Należy zatem poszukiwać rozwiązania optymalnego, które w rozsądny sposób pogodzi koszt nabycia i eksploatacji (tj. użytkowania i obsługiwanie) obiektu przy zapewnieniu racjonalnego poziomu jego niezawodności [27].

Uwzględniając powyższe analizy technologiczne i ekonomiczne oraz uwagi i wnioski odnoszące się do dwóch zasadniczych rozwiązań technologicznych, autorzy opracowania proponują rozważyć możliwość zastosowania technologii prefabrykowanego szkieletu drewnianego do budowy domu wielorodzinnego przy ul. Dolne Młyny w Gdańsku.

Gdańsk, 19 września 2016 r.


dr inż. Beata Grzyl

dr inż. Adam Kristowski



KOSZTORYSANT BUDOWLANY
kod zawodu-311201
certyfikat-03/28/KK/NOT/2008

dr inż. Beata Grzyl

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wojciech. Nitka: Mój dom z drewna, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 2010.
- [2] http://murator-dom.pl/budowa/domy-drewniane/domy-kanadyjskie-budowa,109_1765.html
- [3] www.zbudujdom.net/budowa-domu/domy-szkieletowe-jako-sposob-na-tanie-mieszkanie/
- [4] http://murator-dom.pl/budowa/domy-drewniane/domy-kanadyjskie-budowa,109_1765.html
- [5] http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materialy_i_technologie,artykul,podstawowe_wymagania_dla_drewnianego_budownictwa_szkieletowego_konstrukcja_budynku,5643
- [6] http://www.budnet.pl/Zakonczenie_budowy_domu_socjalnego_w_Sulejowku,Inwestycje_i_nieruchomosci,i=14266.html
- [7] <http://www.poznanskie-nieruchomosci.pl/index.php?itemid=2345&catid=34>
- [8] <http://dom.wp.pl/kat,1036381,page,2,title,Prefabrykowany-dom-drewniany-wady-i-zalety,wid,17661505,wiadomosc.html>
- [9] <http://www.zodan.pl/technologia,d6>
- [10] Erwin Thoma: Na długi czas. Domy i wnętrza z drewna. Stare mądrości w służbie nowoczesnych technologii (Für lange zeit. Leben und Bauen mit Holz. Alte Weisheiten für moderne Technologien), VITAGES - VERLAG - TÜBINGEN, Germany, wydanie polskie pierwsze 2014.
- [11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. U 2002, nr 75, poz. 690 wraz z późn. zm.
- [12] http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materialy_i_technologie,artykul,domy_gotowe,7174
- [13] http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materialy_i_technologie,artykul,izolacyjnos_c_cieplna_domow_z_bali,7728
- [14] Koncepcja architektoniczna budynku wielorodzinnego (26 lokali mieszkalnych wraz z pomieszczeniami towarzyszącymi) zlokalizowanego w Gdańsku przy ul. Dolne Młyny; autor opracowania: Wojciech Pilacki, Ecologi Sp. z o.o., Geodetów 29, 80-298 Gdańsk.
- [15] Biuletyn cen obiektów budowlanych BCO, cz. I - obiekty kubaturowe, poziom cen - II kwartał 2016 r., zeszyt 32/2016 (1654), Ośrodek Wdrożeń Ekonomiczno-Organizacyjnych Budownictwa "Promocja" Sp. z o.o., Warszawa 2016, system cenowy Sekocenbud.
- [16] Wojciech Kokociński: Drewno. Pomiary właściwości fizycznych i mechanicznych, Katedra Nauki o drewnie Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań 2004.

[17] Ryszard Guzenda, Wiesław Olek, Łukasz Czajkowski: Technika ciepła w drzewnictwie. Przykłady i zadania, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań 2015.

[18] Ewa Ingeborga Kotwica, Władysław Nożycki: Konstrukcje drewniane - przykłady obliczeń, Stowarzyszenie Producentów Płyt Drewnopochodnych w Polsce, Szczecin 2015.

[19] <http://trak-bud.pl/pl>

[20] <http://www.altbud-domy.pl/domy-drewniane/mieszkalne/art-50,-dudek-2-d.html>

[21] <http://www.ecologiq.pl/produkty/wygodny-2>

[22] <http://www.domnamiare.pl/dom-omega-o-powierzchni-177-m2>

[23] Prawo zamówień publicznych (Dz. U. z dn. 13 lipca 2016, poz. 1020).

[24] PN-EN 60300-3-3: Zarządzanie niezawodnością. Przewodnik zastosowań. Szacowanie kosztu cyklu życia, PKN, listopad 2006.

[25] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/24/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie zamówień publicznych.

[26] Słownik języka polskiego pod red. W. Doroszewskiego, PWN].

[27] Izabela Dziaduch: Analiza kosztów okresu istnienia (LCC) obiektu technicznego w aspekcie jego niezawodności <http://www.czasopismologistyka.pl/artykuly-naukowe/send/178-artykuly-na-plycie-cd/46-artykul>

[28] Leonard Runkiewicz: Realizacja obiektów budowlanych zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, Przegląd budowlany 2/2010.

[29] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, Dz. U. 2015 poz. 376.

[30] PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach - Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.

[31] Wacław Żenczykowski: Budownictwo ogólne, Arkady, Warszawa 2010.

dr inż. Beata GRZYL - pracownik Zespołu Technologii i Zarządzania w Budownictwie, Katedry Konstrukcji Metalowych i Zarządzania w Budownictwie, Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, członek Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN (sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych), Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa, Pomorskiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT, członek Zarządu Stowarzyszenia Kosztorysantów Budowlanych - oddział Gdańsk; od 2002 r. posiada uprawnienia budowlane bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, w 2008 r. uzyskała Certyfikat potwierdzający kwalifikacje zawodowe w specjalności kosztorysant budowlany, od 2011 do 2016 r. pełniła funkcję kierownika studiów podyplomowych pt. „Kontrakty na roboty budowlane według polskich i międzynarodowych procedur” realizowanych na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej; członek zespołu realizującego prace naukowo-badawcze z zakresu budownictwa w okresie 2016-2018; autorka ponad 40 publikacji w materiałach konferencyjnych, czasopismach fachowych i poradnikach.

dr inż. Adam Kristowski - pracownik Zespołu Technologii i Zarządzania w Budownictwie, Katedry Konstrukcji Metalowych i Zarządzania w Budownictwie, Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, członek Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN (sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych), Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa, od 2004 r. posiada uprawnienia budowlane wykonawcze i projektowe bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej; autor ponad 50 publikacji w materiałach konferencyjnych, czasopismach fachowych i poradnikach; kierownik i wykonawca w 7 pracach naukowo – badawczych z zakresu budownictwa.