

Beata GRZYL, Magdalena APOLLO, Emilia MISZEWSKA-URBAŃSKA

BUILDING INFORMATION MODELING - ANALIZA ZAKRESU I STANU IMPLEMENTACJI W POLSKIEJ BRANŻY BUDOWLANEJ

Problematyka BIM (Building Information Modeling) jest obecnie tematem wielu publikacji naukowych, ale także przedmiotem działań podejmowanych przez uczestników szeroko pojętego procesu budowlanego. Liczne zalety i szanse płynące ze stosowania technologii BIM w kolejnych etapach cyklu życia obiektu budowlanego, należy rozpatrywać z punktu widzenia inwestora/zamawiającego, architekta, projektanta konstrukcji i instalacji, dewelopera, inżyniera, wykonawcy, kierownika kontraktu i zarządcy obiektu m.in. w aspekcie podejmowania racjonalnych i efektywnych decyzji. Istotnym elementem każdej inwestycji jest właściwe określenie jej kosztu, czasu realizacji i zakresu. W artykule rozpatruje się te zagadnienia w kontekście zastosowania BIM. Celem artykułu jest przedstawienie zakresu i stanu implementacji BIM w firmach budowlanych działających na terenie Polski.

WSTĘP

BIM (Building Information Modeling) stanowi zagadnienie, które od kilku lat jest szeroko dyskutowane w branży budowlanej i budzi wiele emocji – sceptycyzm spowodowany brakiem przekonania do korzyści płynących z nowego podejścia do wymiany informacji, ale również nadzieję na rozwiązanie problemów, z którymi zmaga się współczesne budownictwo (brak sprawnego przepływu informacji i ścisłej współpracy pomiędzy uczestnikami procesu, nadmierne koszty, niekiedy niska jakość i długi czas realizacji inwestycji). W związku z powyższym ważnym jest zrozumienie istoty BIM, wskazanie możliwości, które ze sobą niesie, ale także czynników stanowiących ryzyko i barierę dla wdrożenia i rozwoju tej technologii na polskim i światowym rynku budowlanym. Wymagania, w zakresie stosowania BIM, stawiane projektantom i wykonawcom, przez klientów prywatnych i podmioty realizujące zamówienia publiczne na świecie, są obecnie bardzo wysokie. Coraz większa grupa projektantów konstrukcji, instalacji, producentów elementów, inżynierów, architektów, wykonawców, deweloperów, kierowników kontraktów i zlecniodawców w Polsce i na świecie dostrzega liczne szanse płynące ze stosowania tej technologii, w toku przygotowania, realizacji i zarządzania obiektem budowlanym.

W branży budowlanej na świecie obserwuje się silną tendencję do stosowania BIM. W krajach, w których technologia BIM aktywnie się rozwija, rząd podejmuje czynne działania na rzecz jej szerokiej implementacji i rozwoju. Najbardziej zaawansowana w tym zakresie jest Wielka Brytania i Skandynawia, gdzie proces wdrożenia BIM jest centralnie sterowany przez rząd i rządowe agendy, które przeznaczają na ten cel znaczne środki finansowe (od 2016 r. w Wielkiej Brytanii obowiązuje nakaz stosowania BIM dla wszystkich centralnie finansowanych projektów publicznych). W Europie obserwuje się liczne działania podejmowane w ostatnim czasie na szczeblu państwowym, w kontekście realizacji inwestycji publicznych. I tak np. [1]: dyrektywa w sprawie zamówień publicznych UE z 2014 r. [2] zachęca wszystkie państwa członkowskie do wdrożenia BIM w celu zwiększenia wartości w projektach publicznych, we Francji powołano kierownictwo Budownictwa Cyfrowego w ramach Ministerstwa Budownictwa Mieszkaniowego i ogłoszono Narodowy Plan Cyfryzacji promujący stosowanie BIM, w Niemczech Komisja Reformy

Budownictwa ustanowiła Grupę Roboczą BIM w celu opracowania strategii BIM dla Niemiec i zwiększenia jego implementacji w projektach, a w Austrii opublikowano Narodową Normę BIM.

Zalecenia, sformułowane na szczeblu UE, w zakresie stosowania BIM, skłaniają podmioty zainteresowane wdrożeniem tej technologii do wprowadzenia zmian w zakresie oprogramowania, doskonalenia procesów, a także poniesienia określonych kosztów. Liczne badania dokumentują szybkie wdrażanie BIM w projektach budowlanych na całym świecie [3]. Wiele firm budowlanych sięga po BIM m.in. w celu uzyskania przewagi konkurencyjnej i zwiększenia wydajności pracy. I chociaż Polska ma także duży potencjał inwestycyjny, to należy stwierdzić, iż brak jest inicjatywy zamawiających publicznych w zakresie promowania technologii BIM, brak wsparcia państwa dla implementacji innowacyjnej technologii, a dodatkowo obserwuje się niski poziom konkurencyjności polskich firm budowlanych na rynkach europejskich i światowych. Obowiązujące w Polsce regulacje prawne nie określają żadnych klasyfikacji i standardów technicznych w zakresie realizacji procesu projektowego, współpracy uczestników procesu inwestycyjnego czy dokumentacji itd.

1. ZASADNICZE ZAŁOŻENIA KONCEPCJI BIM

Według National Institute of Building Sciences Modelowanie Informacji o Budynku (BIM) stanowi cyfrowy opis fizycznych i funkcjonalnych cech obiektu, obejmujący kompleksowy zasób wiedzy i informacji o obiekcie, tworzący podstawę do podejmowania decyzji w toku całego cyklu życia obiektu budowlanego. Informacje są definiowane od najwcześniejszej fazy koncepcyjnej obiektu aż do jego rozbiórki. Podstawowym założeniem koncepcji BIM jest ścisła współpraca podmiotów biorących udział w budowlanym procesie inwestycyjnym - zamawiającego/inwestora, projektanta, wykonawcy, dostawcy wyposażenia, producenta elementów, materiałów budowlanych, technologii oraz zarządcy obiektu, w trakcie kolejnych faz cyklu życia obiektu. Ich stała współpraca umożliwi wprowadzanie, pobieranie oraz aktualizację bieżących i istotnych z punktu widzenia danego podmiotu informacji, w celu wspierania podejmowanych przez niego decyzji [4]. Zasadniczym założeniem systemu, jest cyfrowy zapis wszystkich elementów obiektu - parametryczne określenie poszczególnych elementów, z których składa się obiekt. Ich definiowanie obejmuje parametry materiałowe i geometryczne

(wymiar elementu, jego lokalizację, zakres ingerencji w otaczające elementy i integralność z układem), ale również definiowanie czynników kosztowych i czasowych, w podziale na poszczególne elementy [5].

Model obiektu skonstruowany w technologii BIM może być generowany na różnych poziomach od 3D do 7D, w zależności od potrzeby ustalenia określonych informacji przez architekta, inżyniera, wykonawcę, nadzór, właściciela czy zarządcę. Parametryczny opis cech materiałowych i geometrycznych na poziomie 3D, umożliwia wykorzystanie modelu przez podmioty związane np. z produkcją i prefabrykacją elementów, do wirtualnych spacerów w celu dokonania oceny funkcjonalności przyszłego obiektu, a także dla potrzeb marketingowych w zakresie wizualizacji aranżacji pomieszczeń. Model BIM 3D jest przydatny dla konstruktorów do prowadzenia obliczeń i analiz statyczno-wytrzymałościowych oraz dynamicznych [6].

Poziom 4D w technologii BIM odnosi się do czasu montażu i budowy. Zdefiniowany w ten sposób model może być wykorzystany do planowania realizacji przedsięwzięcia, w oparciu o harmonogram budowy, a także rzeczywistego zarządzania czasem w toku realizacji robót, jako narzędzie wsparcia działań logistycznych (dostaw, zagospodarowania placu budowy, najmu sprzętu, organizacji ruchu i BHP). Harmonogram czasowy może być zwizualizowany w postaci animacji i sekwencyjnych etapów odzwierciedlających kamienie milowe, przy uwzględnieniu ścieżki krytycznej, zależności pomiędzy procesami wraz z ukazaniem relacji model-harmonogram [6].

Poziom 5D umożliwia prowadzenie działań związanych z inżynierią kosztów - tj. generowanie przedmiarów robót, na ich podstawie kosztorysów, wariantowanie rozwiązań, analizowanie różnych scenariuszy finansowych dla całego przedsięwzięcia i wykonywanie bieżącej analizy kosztów założonych i faktycznie poniesionych, w celu dokonywania rozliczeń częściowych.

Poziomy 6D i 7D znajdują zastosowanie przy zarządzaniu gotowym obiektem. Poziom 6D dotyczy zrównoważonego rozwoju tj. szacowania i optymalizacji zużycia energii oraz kosztów utrzymania i użytkowania obiektu. Istotą poziomu 6D jest monitoring i weryfikacja obiektu pod kątem certyfikacji LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), w którym oceniana jest lokalizacja i rodzaj terenu przeznaczony pod inwestycję, zużycie energii i wody, jakość środowiska wewnętrznego, rodzaj i trwałość zastosowanych materiałów oraz innowacyjność. Poziom 7D obejmuje procedury i instrukcje użytkowania obiektu, planowania remontów, modernizacji, inspekcji, prowadzenia działań związanych z bezpieczeństwem (np. przeciwpożarowym). Efektywne wykorzystanie poziomu 7D wymaga ciągłej aktualizacji modelu w trakcie budowy. Oczywistym jest bowiem fakt, iż tylko zaktualizowany model może być wykorzystywany w dalszej perspektywie do podejmowania decyzji dotyczących utrzymania obiektu [6].

Liczba danych zgromadzonych w projekcie zrealizowanym w technologii BIM jest kilkakrotnie większa niż w typowej dokumentacji (w wersji 2D). Dlatego też informacje te powinny być rozdzielone na np. cztery zasadnicze segmenty:

- dla projektanta,
- dla wykonawcy robót budowlanych,
- dla podwykonawcy (danej branży, zakresu robót),
- dla właściciela obiektu i zarządcy budynku.

Dostęp do określonego zakresu powyższych danych wiąże się także z odpowiedzialnością za zarządzanie informacją - istotny jest sprawny przepływ aktualnych informacji z uwzględnieniem zainteresowanych podmiotów.

BIM stawia przed budownictwem, a także segmentem IT wiele poważnych wyzwań. Technologia ta obejmuje również metodykę

zarządzania kluczowymi informacjami w postaci cyfrowej w toku realizacji kolejnych faz tworzenia i istnienia budynku. W realizacji powyższej koncepcji wykorzystywane są narzędzia i technologie, dla których można zdefiniować następujące założenia [11, 12]:

- model obiektu zawiera informacje możliwe do automatycznego przetwarzania przez wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego poprzez dane zapisane w standardzie IFC (Industry Foundation Classes), stworzonym przez BSA (Building Smart Alliance), a będącym otwartym formatem stosowanym w celu wymiany danych i informacji między różnymi aplikacjami,
- informacje zawarte w modelu są aktualne (równocześnie z wprowadzanymi zmianami projektowymi modyfikowany jest model obiektu) i realne (w czasie wnoszenia obiektu zachowana jest pełna zgodność z cyfrowym modelem),
- cyfrowy model towarzyszy realizowanemu obiektowi w ciągu całego cyklu jego życia, dzięki zastosowaniu standardu COBie (Construction Operations Building Information Exchange); standard polega na zapisaniu danych, dotyczących wbudowanych materiałów i elementów wyposażenia budowli (obejmujących m.in.: nazwę i dane producenta, dostawcy elementu, parametry techniczne, specyfikację produktu, dane gwarancyjne, listę części zamiennych, harmonogram konserwacji) oraz innych dokumentów potrzebnych do poprawnego działania i użytkowania elementu,
- informacje zawarte w modelu obiektu są dostępne (w odpowiednim zakresie) dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego, a model budynku funkcjonuje jako obszar współpracy wszystkim zainteresowanym podmiotom - zgodnie z koncepcją IPD (Integrated Project Delivery),
- elementy modelu obiektu zawierają informacje podane na określonym poziomie uszczegółowienia LoD (Level of Development), dostępne dla wszystkich zainteresowanych podmiotów.

1.1. Cykl życia obiektu budowlanego w koncepcji BIM

W dniu 28 lipca 2016 r. weszła w życie nowelizacja ustawy Prawo zamówień publicznych (Pzp) [7]. 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. Zastosowanie technologii BIM, przez zamawiających/inwestorów i wykonawców, umożliwia przeprowadzenie analizy efektywności kosztowej z uwzględnieniem cyklu życia obiektu budowlanego (zgodnie z obowiązującymi przepisami Pzp), a w efekcie pozwala na wskazanie wariantu optymalnego, uwzględniającego najlepszą relację jakości zastosowanych materiałów, zainstalowanych urządzeń, warunków serwisu i parametrów wytworzonego obiektu do ceny tj. dokonanie wyboru oferty najkorzystniejszej ekonomicznie.

W wielu przypadkach zamawiający/inwestor podejmuje decyzję o realizacji inwestycji budowlanej w oparciu o krótkoterminowe kryterium np. kosztu inwestycyjnego. Stanowi on jednak tylko koszt początkowy, nie uwzględniający innych wydatków, które właściciel poniesie w pełnym cyklu życia obiektu. W celu dokonania precyzyjnej oceny szeroko rozumianych kosztów, związanych z przygotowaniem, realizacją, utrzymaniem i użytkowaniem inwestycji, należy zastosować np. analizę LCC tj. szacowanie kosztów cyklu życia obiektu (z ang. Life Cycle Cost) [8]. Cykl życia obiektu należy rozpa-

trywać jako okres od jego powstania do likwidacji. Zadaniem szacowania kosztów, w ramach analizy LCC, jest dostarczenie informacji stanowiących podstawę podjęcia decyzji dotyczącej projektowania, realizacji i użytkowania obiektu. Najlepsze efekty daje prowadzenie analizy LCC w fazie projektowania - umożliwia dokonanie optymalizacji projektu poprzez ocenę różnych rozwiązań. Analiza LCC znajduje także szerokie zastosowanie w kolejnych fazach cyklu życia obiektu, przy podejmowaniu ważnych decyzji związanych z jego utrzymaniem i użytkowaniem - umożliwia ocenę efektywności różnych koncepcji i sposobów eksploatacji obiektu. Koncepcja BIM zakłada m.in. postrzeganie obiektu budowlanego jako produktu z odpowiednim cyklem życia, przez co stanowi doskonałe narzędzie wspomagające prowadzenie analizy LCC w zakresie szacowania kosztów cyklu życia obiektu (poprzez gromadzenie i przetwarzanie danych cząstkowych o różnym charakterze na potrzeby szacowania LCC).

Poniższe zestawienie odzwierciedla udział technologii BIM w kolejnych fazach cyklu życia obiektu budowlanego traktowanego jako produkt. Wyodrębnią się następujące fazy [9]:

- programowania (programming), obejmującą koncepcję, zdefiniowanie celu, ram czasowych i finansowych, identyfikację problemów, studium możliwości, studium przedinwestycyjne oraz wykonalności przedsięwzięcia,
- sporządzenia projektu koncepcyjnego (conceptual design), obejmującego wstępne definiowanie obiektu tj. określenie kubatury, kształtu, rozwiązań architektonicznych; w efekcie powstaje wstępny trójwymiarowy model cyfrowy obiektu, umożliwiający wykonanie projektu budowlanego,
- realizacji projektu branżowego (detailed design), w którym cyfrowy model obiektu zostaje uzupełniony o brakujące elementy (np. instalacje),
- przeprowadzania analiz (analysis), obejmujących aspekty statyczno-wytrzymałościowe i dynamiczne, kosztowe, czasowe, zrównoważonego rozwoju; w tej fazie dokonuje się weryfikacji rozwiązań zastosowanych w obiekcie np. pod kątem potencjalnych kolizji elementów,
- dokumentowania (documentation), polegającą na generowaniu dokumentacji niezbędnej do rzeczywistego wykonania obiektu, obejmującej m.in. szczegóły wykonawcze (zestawienia materiałów, technologii itp.) przypisane do danego okresu realizacji przedsięwzięcia.

Po wygenerowaniu modelu, następuje faza realizacji obiektu, bądź rozbudowy modelu o dodatkowe poziomy koncepcji BIM. Kolejne fazy w cyklu życia obiektu budowlanego obejmują [16]:

- produkcję (fabrication), która jest ściśle powiązana z poziomem 3D i umożliwia we wczesnej fazie realizacyjnej, zlecenie prefabrykacji poszczególnych elementów obiektu,
- konstruowanie poziomów 4D/5D (construction 4D/5D) tj. poszerzenie modelu o element czasu i kosztu, stanowiących podstawę do wygenerowania harmonogramu oraz kosztorysu budowlanego,
- budowanie (construction logistics), stanowiące podstawę realizacji przedsięwzięcia budowlanego, obejmujące sformułowanie CLP - logistycznego planu budowy (Construction Logistics Plan) z uwzględnieniem m.in. oddziaływania na środowisko,
- obsługę i konserwację (operation and maintenance), które są związane z poziomami 6D, 7D i użytkowaniem obiektu budowlanego,
- remont (renovation), który jest uzależniony od podjęcia decyzji dotyczącej sposobu zarządzania nieruchomością, zakresu robót remontowych, przebudowy,

- rozbiórkę (demolition), dla której informacje zawarte w modelu BIM pozwalają określić nakłady wymagane do przeprowadzenia tych prac.

2. KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z IMPLEMENTACJI I STOSOWANIA BIM

Szerokie spektrum zastosowań technologii BIM w cyklu życia obiektu budowlanego powoduje, iż grupa zainteresowanych nią podmiotów jest bardzo liczna. Należą do nich: zamawiający (dysponujący środkami publicznymi), prywatny inwestor, projektant, wykonawca, właściciel obiektu, zarządca, deweloper [10]. Korzyści płynące ze stosowania BIM są zauważalne nawet przy zastosowaniu podstawowych poziomów. Każda z informacji zawarta na danym poziomie modelu może być wykorzystana oddzielnie i wpływa na zakres dostępny na poziomie sąsiadującym, a jednocześnie zintegrowana jest z określoną fazą cyklu życia obiektu budowlanego. W dalszej części artykułu autorki omawiają zasadnicze korzyści płynące ze stosowania BIM.

Ułatwienie i przyspieszenie procesu projektowego

Zastosowanie technologii BIM pozwala na podniesienie efektywności działań prowadzonych przez wszystkich uczestników branży budowlanej. Praca prowadzona na modelach 3D i posługiwanie się obiektami (ściana, strop, itd.), a nie liniami, jak w przypadku projektowania 2D, pozwala na znaczne skrócenie czasu tworzenia dokumentacji projektowej. Istotnym ułatwieniem jest także możliwość szybkiego wprowadzenia zmiany, która jest widoczna na wszystkich wygenerowanych rysunkach i widokach oraz dokonania aktualnego zestawienia potrzebnych materiałów (duża jego dokładność pozwala ograniczyć straty materiałów).

Wizualizacje

Wykorzystanie zdjęć cyfrowych i satelitarnych oraz laserowych skanów istniejącej infrastruktury w połączeniu z narzędziami BIM pozwala na stworzenie modelu, który wiernie odwzorowuje planowany obiekt w rzeczywistym otoczeniu. W efekcie model ten pozwala również na łatwiejszą komunikację pomiędzy uczestnikami przedsięwzięcia, a także wykrycie nieprawidłowości i kolizji (automatycznie wykrycie niezgodności pomiędzy modelami branżowymi).

Możliwość przeprowadzania analiz i symulacji

Zastosowanie technologii BIM pozwala na podjęcie przez zamawiającego/inwestora efektywnej decyzji inwestycyjnej. Korzystając z modelu BIM, można zweryfikować opłacalność planowanej inwestycji, a kontrolując budżet regulować parametry projektowanego obiektu, w celu zwiększenia efektywności ekonomicznej [10]. Stworzenie wirtualnego modelu budynku, który wiernie odwzorowuje planowany obiekt, umożliwia szybkie przeprowadzanie symulacji i analiz, które przy zastosowaniu tradycyjnych metod projektowania są kosztowne i czasochłonne. W praktyce duże zastosowanie znajduje możliwość przeprowadzenia symulacji nasłonecznienia, analizy energetycznej czy skuteczności działania dróg ewakuacji w razie pożaru.

Zarządzanie obiektem

Opracowany na etapie projektowania model obiektu wraz z bazą danych zawierającą komplet informacji jest również użyteczny na etapie użytkowania. Uaktualniony model powykonawczy stanowi kompletną bazę danych o obiekcie, dlatego też może być wykorzystywany przez zarządcę obiektu do planowania prac remontowych i konserwacyjnych lub przez służby ratunkowe do zarządzania infor-

macją o obiekcie w sytuacjach kryzysowych np. pożaru w celu wyznaczenia dróg ewakuacji lub odciążenia instalacji.

Podniesienie jakości współpracy podmiotów

Technologia BIM umożliwia zaangażowanym podmiotom lepsze zrozumienie projektu, wykonywanie pracy w sposób skuteczny, szybki i dokładny poprzez integrowanie pracy wielu osób (dzięki zastosowaniu modelu IFC), wprowadzanie na bieżąco zmian i analizowanie rozwiązań alternatywnych. Dzięki wysokiej efektywności przekazywanych informacji pomiędzy uczestnikami budowlanego procesu inwestycyjnego, BIM pozwala na wyeliminowanie błędów, kolizji i braków w dokumentacji projektowej, generujących dodatkowe koszty, dostarcza rozwiązania uwzględniających potrzeby wszystkich zaangażowanych podmiotów, także w fazie użytkowania obiektu i podnosi jakość podejmowanych działań. Zwiększona operacyjność modelu umożliwia wprowadzanie zmian również w późniejszych etapach projektowania, pozwala na elastyczną pracę oraz dostosowywanie projektowanego i wykonywanego obiektu do zmieniających się wymagań zamawiającego/inwestora. Możliwość równoczesnego prowadzenia prac projektowych przez konstruktorów i instalatorów oraz automatycznego generowania dokumentacji technicznej, stanowi istotny element skracający czas procesu projektowania [10].

Technologia BIM wiąże się ściśle z procesem IPD i koordynacją międzybranżową. Poprawa współpracy dotyczy m.in. możliwości wspólnego wypracowywania rozwiązań projektowych (zgodnie z ideą procesu IPD), a także dobrej komunikacji w zakresie przejrzystości przekazywanych informacji. Złożony charakter budowlanego procesu inwestycyjnego, powoduje konieczność szczegółowego określenia zakresu obowiązków i oczekiwań, zasad współpracy i zobowiązań zaangażowanych w niego podmiotów [13]. Brak doprecyzowania powyższych kwestii i wynikające stąd konflikty, w praktyce stanowią przyczynę licznych roszczeń i sporów sądowych [14, 15, 16]. Z uwagi na nieograniczone możliwości BIM w zakresie symulacji przebiegu realizacji i eksploatacji inwestycji, technologia może stanowić również cenne narzędzie przewidywania i zapobiegania konfliktom i istotnym zmianom treści umowy o roboty budowlane zawieranej pomiędzy zamawiającym/inwestorem i wykonawcą/dostawcą/usługodawcą [17]. Wykonawca - w przypadku stworzenia cyfrowego modelu obiektu, z wykorzystaniem elementów zawierających informacje zgodne z poziomami 4D i 5D, może wygenerować harmonogram oraz kosztorys, w zależności od aktualnych potrzeb dotyczących zakresu tych dokumentów. Elastyczna forma automatycznie generowanych dokumentów może być wykorzystana np. do rozliczeń częściowych inwestycji, bądź przy ocenie kosztów prac dodatkowych i pierwotnie nie planowanych. Istotne są również kwestie logistyczno-technologiczne i możliwość wykorzystania modelu BIM w tym zakresie [10].

Prowadzenie na bieżąco, w oparciu o aktualne dane, analizy i symulacje przebiegu przedsięwzięcia, pozwalają ograniczyć ryzyko opóźnień i zwiększenia kosztów, a tym samym efektywnie zarządzać ryzykiem i zmianami w projekcie.

Redukcja kosztów

Wszystkie korzyści wynikające ze stosowania BIM tj. eliminacja błędów i kolizji, ograniczenie strat materiałów, możliwość przeanalizowania wielu wariantów i wybrania optymalnego, usprawnienie procesu projektowania itp., w praktyce skutkują istotną redukcją kosztów w fazie projektowania, realizacji i użytkowania obiektu.

Skrócenie czasu realizacji inwestycji

Zastosowanie technologii BIM przyczynia się do sprawnej i efektywnej organizacji wykonywania robót budowlanych. Wynika to

m.in. z możliwości usprawnienia procesu projektowania i sporządzenia dokumentacji projektowej wysokiej jakości (przy redukcji błędów i kolizji), dokładnego określenia ilości materiałów oraz realnego harmonogramu robót. W praktyce wszystkie te działania skutkują skróceniem czasu realizacji inwestycji.

Wyższa jakość zrealizowanego obiektu

W efekcie zastosowania technologii BIM zrealizowany obiekt jest zoptymalizowany także pod względem kosztów eksploatacji. Mniejsza liczba kolizji i błędów na etapie projektowania, oznacza również redukcję usterek i awarii w trakcie eksploatacji obiektu. Model, który odpowiada rzeczywistości znacznie ułatwia działania w przypadku przeglądów, serwisowania, pomocy technicznej, modernizacji lub zmiany funkcji użytkowej obiektu, tym samym jego zarządca dysponuje narzędziem do efektywnego i długookresowego zarządzania obiektem.

Budowanie wizerunku firmy

Stosowanie BIM umożliwia firmom budowlanym uzyskanie licznych korzyści, m.in. w postaci budowania dobrego wizerunku i podniesienia atrakcyjności, poprzez proponowanie nowej usługi. W dalszej perspektywie takie podejście przyczyni się do zdobycia nowych, utrzymania dotychczasowych klientów i uzyskania większej liczby zleceń przewagi konkurencyjnej.

3. PROBLEMY I WYZWANIA ZWIĄZANE Z IMPLEMENTACJĄ I STOSOWANIEM BIM

Pomimo wielu niezaprzeczalnych zalet, technologia BIM pociąga za sobą również ryzyko. Stosowanie BIM pozwala m.in. na znaczne skrócenie czasu projektowania, co w oczywisty sposób eliminuje z rynku mniejsze podmioty (pracownie architektoniczne, projektowe) opierające swoje działania na "tradycyjnych" rozwiązaniach. W dalszej części artykułu autorki omawiają wybrane problemy i bariery związane z wdrożeniem i stosowaniem BIM.

Wymiana danych

Jednym z kluczowych wyzwań, przed którym stoi technologia BIM jest wymiana danych. Uczestnicy procesu budowlanego opracowują swoje części projektu korzystając z różnych oprogramowań, przysyłając sobie wielokrotnie pliki z danymi. Docelowo istnieje potrzeba złożenia wszystkich danych w jeden wspólny model, zawierający wszystkie informacje (Federated Model), stanowiący narzędzie do zarządzania obiektem. Rozwiązanie stanowi IFC - format pośredni, docelowo obsługiwany przez każde oprogramowanie wspierające technologię BIM. Format IFC stanowi obecnie standard na całym świecie i jest z powodzeniem wykorzystywany w realizacji wielu przedsięwzięć budowlanych. Uzyskanie efektu wspólnych i na bieżąco prowadzonych uzgodnień oraz generowanie jednakowych i aktualnych informacji, wymaga korzystania przez wszystkie zaangażowane podmioty (zamawiającego/inwestora, projektanta, wykonawcę) z otwartego formatu stosowanego do wymiany danych i informacji pomiędzy różnymi aplikacjami (IFC) oraz umiejętności biegłego stosowania technologii BIM. Brak doświadczenia w powyższym zakresie może być przyczyną występowania błędów w modelowaniu obiektu. Przeszkodą może okazać się również brak zainteresowania środowiska architektonicznego stosowaniem formatu IFC (m.in. z uwagi na jego wciąż niedoskonałą postać). "Naturalne formaty" (.dwg, .rvt, .tsc, .nwd, .ams) są nadal uznawane za wystarczające dla przesyłania dokumentacji pomiędzy podmiotami zaangażowanymi w budowlany proces inwestycyjny [18].

Projektowanie w technologii BIM polega m.in. na korzystaniu z biblioteki elementów strukturalnych o zdefiniowanych wcześniej parametrach geometrycznych i materiałowych. Należy podkreślić, iż brakuje obecnie kompletnej bazy informacji do budowy skomplikowanych i nietypowych modeli odwzorowujących przyszły obiekt. Aktualne zasoby stanowiące podstawę technologii BIM, pozwalają na budowę prostych i standardowych modeli (zarówno w aspekcie projektowania konstrukcji, instalacji jak i harmonogramu i wyceny poszczególnych elementów lub robót). Nadal ograniczony jest również zakres możliwości cyfrowego opisu fizycznych i funkcjonalnych cech przyszłego obiektu. Zakres informacji zawartych w bazie nie pozwala na uwzględnienie unikatowych i nowatorskich rozwiązań projektowych, dlatego też w takich przypadkach ograniczony jest zasób wiedzy i informacji o obiekcie w generowaniu modelu, a tym samym brakuje pełnej podstawy do podejmowania decyzji w toku całego cyklu jego życia. Obserwuje się również pewne niedoskonałości w zakresie integracji międzybranżowej.

Jednolite standardy nazewnictwa

Obecnie w Polsce brakuje jednego i kompletnego systemu klasyfikacji budowlanej, który pozwoliłby na współpracę z systemem nazewnictwa komputerowego. Istnieje potrzeba stworzenia jednolitych i spójnych standardów nazewnictwa budowlanego, które pozwolą na pełne i jednoznaczne zrozumienie przekazywanych danych wszystkim uczestnikom procesu budowlanego oraz standardów dotyczących pracy z wykorzystaniem technologii BIM. Stanowi to jeden z zasadniczych warunków powszechnej i skutecznej implementacji technologii BIM w polskich firmach.

Brak wsparcia państwa

Wsparcie państwa w zakresie implementacji BIM powinno obejmować m.in. działania propagujące tę technologię. Jednym z takich działań, na które zdecydowało się już wiele krajów na świecie, to wymóg stosowania technologii BIM w zamówieniach publicznych. Należy stwierdzić, iż wsparcie państwa w zakresie implementacji innowacyjnej technologii BIM w Polsce jest niezauważalne. Obowiązujące w Polsce prawo nie określa żadnych klasyfikacji - standardów technicznych w zakresie realizacji procesu projektowego i współpracy uczestników budowlanego procesu inwestycyjnego.

Brak specjalistów i zaniedbania edukacyjne

W praktyce obserwuje się duże problemy związane ze znalezieniem odpowiedniej liczby specjalistów do stworzenia zespołu zdolnego do kompleksowej realizacji wielobranżowego projektu w technologii BIM. Umiejętność obsługi oprogramowania, która często znajduje się na różnych poziomach, istotnie zakłóca współpracę uczestników. Brak efektywnej współpracy uczestników i nieprawidłowy przepływ informacji w efekcie generuje zakłócenia.

Nastawienie do zmian

Implementacja technologii BIM zarówno w skali mikro (na poziomie pojedynczych przedsiębiorstw), jak i makro (na poziomie państwa) wiąże się dużą liczbą zmian. Wdrożenie tej technologii wiąże się dla firmy z dużym wydatkiem związanym z zakupem oprogramowania, szkoleniem pracowników, wykonaniem projektów pilotażowych, przygotowaniem planu wdrożeniowego, realizacją i kontrolowaniem przebiegu procesu implementacji, analizą osiągniętych rezultatów itp. Niezwykle ważnym elementem jest dobrze przygotowany plan wdrożeniowy oraz świadomość, że implementacja nie od razu przyniesie wzrost wydajności pracy i spadek kosztów. Wydajność pracy przy realizacji pierwszych projektów z zastosowaniem technologii BIM będzie prawdopodobnie mniejsza niż osiągnięta dotychczas. Wiąże się to z poznaniem nowych metod

pracy i potrzebą rozwiązywania trudnościami. Ważnym elementem procesu wdrożeniowego jest przekonanie pracowników do zasadności wprowadzanych zmian i zbudowanie motywacji. Zaangażowanie pracowników ma bowiem bezpośredni wpływ na efektywność procesu wdrożeniowego. Pozytywne nastawienie podmiotów biorących udział w przygotowaniu i realizacji procesu budowlanego oraz integracja zespołu na płaszczyźnie organizacyjnej i prawnej, stanowią zagadnienia, których nie można pominąć.

4. STAN ZAAWANSOWANIA IMPLEMENTACJI BIM W BRANŻY BUDOWLANEJ

Trudno jest precyzyjnie i jednoznacznie ocenić stopień zaawansowania implementacji technologii BIM w polskich firmach budowlanych (m.in. z uwagi na brak wyników szeroko zakrojonych badań). W październiku 2015 r. na zlecenie firmy Autodesk Instytut MillwardBrown przeprowadził na grupie 350 firm z branży architektoniczno - budowlanej (pracownie architektoniczne, firmy projektowania konstrukcyjnego i instalacji budowlanych, firmy deweloperskie) badanie pt. „BIM - polska perspektywa” [18]. Celem badania było określenie poziomu znajomości i zakresu stosowania technologii BIM w Polsce. Wyniki wskazują, iż ponad połowa badanych (54%) nie słyszała o technologii BIM, a z pozostałych 75% respondentów nigdy nie stosowało jej w swojej pracy. Pozostałe 25% respondentów, którzy korzystają z technologii BIM, ocenia swój stopień zaawansowania na poziomie 0 - 6% badanych, na poziomie 1 - 10%, na poziomie 2 - 6% i na poziomie 3 - 1%. Aż 2% badanych nie potrafiło określić jaki jest ich poziom biegłości w posługiwaniu się technologią BIM. Poziomy 2 i 3 odnoszą się do zaawansowanego stopnia wykorzystania technologii BIM - taki poziom znajomości zadeklarowało 7% badanych. Wynik potwierdza problem braku specjalistów z tej branży.

Tę część respondentów, która miała do czynienia z technologią BIM (164 firm spośród 350 ankietowanych) zapytano, jakie działania są według nich potrzebne, aby zwiększyć stopień wykorzystania technologii BIM w Polsce. Badani zwrócili uwagę na potrzebę podniesienia stanu wiedzy na temat możliwości jakie stwarza technologia oraz opracowania polskich standardów i regulacji prawnych. Jedynie 2,5% respondentów stwierdziło, że nie są potrzebne żadne działania. W badaniu zapytano również o bariery stanowiące przeszkodę we wdrożeniu technologii BIM. Najczęściej wymieniana była kwestia finansowa tj. zbyt niskie ceny dokumentacji projektowej i brak uzasadnienia dla dużego wydatku związanego z zakupem oprogramowania BIM. Badani zwrócili również uwagę na brak specjalistów na rynku budowlanym, brak powszechnie obowiązującego standardu dla BIM, a także barierę psychologiczną w postaci niechęci do zmian. Warto zaznaczyć, że badani odpowiedzieli, iż nie uważają technologii za zbyt skomplikowaną czy czasochłonną we wdrożeniu lub wykorzystaniu i nie jest to czynnikiem powstrzymującym firmy przed jej implementacją. W badaniu stwierdzono również, że BIM jest bardziej rozpowszechniony w większych firmach (56,5% przebadanych większych biur i przedsiębiorstw, które zadeklarowało zetknięcie się z technologią). Badania wykazały również, że BIM jest bardziej popularny wśród reprezentantów branży, których staż pracy nie przekracza 10 lat (większość osób korzystających z BIM stosuje go od nie więcej niż pięciu lat, a w przypadku 20% z nich okres pracy z BIM nie przekracza jednego roku). Wskazano również, że najlepszą znajomością technologii BIM wykazują się architekci (65,4% ankietowanych architektów zadeklarowało znajomość BIM), projektanci konstrukcji i instalacji (50,3%), zaś najslabiej znają go wykonawcy (24,7%).

4.1. BIM na trójmiejskim rynku budowlanym

W dalszej części artykułu autorki prezentują wyniki badania na temat poziomu wiedzy o technologii BIM oraz stanu i zakresu jej implementacji na trójmiejskim rynku budowlanym [19], przeprowadzonego drogą ankiety w trzecim kwartale 2016 r. wśród 19 firm deweloperskich i wykonawczych oraz 16 firm projektowych. Celem badania było również ustalenie stopnia zainteresowania, zakresu możliwości i gotowości powyższych podmiotów do wdrożenia technologii BIM.

W wyniku przeprowadzonego badania [19] ustalono, iż z 19 firm deweloperskich i wykonawczych tylko 2 wykorzystują (w pewnym zakresie) technologię BIM.

Aż 8 firm nie udzieliło odpowiedzi - prawdopodobnie nie stosuje się w nich BIM. Wg [19] 9 przedsiębiorstw zadeklarowało, że nie stosuje technologii BIM (5 nie słyszało wcześniej o BIM, 2 - nie wykorzystują i nie znają BIM, 2 - nie stosują, ale są świadome na czym polega technologia, jednak nie przewidują jej stosowania w najbliższej przyszłości). Niektórzy badani rozważają możliwość stosowania technologii BIM (np. z powodu wymagań stawianych przez zamawiających/inwestorów), ale sądzą, że stanie się to w perspektywie 10-20 lat. Inne firmy nie przewidują stosowania BIM, gdyż nie widzą takiej potrzeby.

Należy podkreślić, iż tylko 10,5% ankietowanych firm zadeklarowało stosowanie technologii BIM, podczas, gdy 89,5% jej nie wykorzystuje i nie planuje jej wdrożenia. Wg [19] 2 firmy, które korzystają z technologii BIM i realizują inwestycje w Polsce działają również na rynkach międzynarodowych. Wyniki badania [19] potwierdzają również wyniki [18] - świadomość możliwości i korzyści płynących z wykorzystania technologii BIM jest bardziej rozpowszechniona wśród dużych firm (najmniejsze z badanych przedsiębiorstw nie słyszały o BIM).

Wyniki ankiety [19] wykazują, iż znacznie lepsze rezultaty w zakresie znajomości i możliwości implementacji BIM, zanotowano wśród firm projektowych - pracowni architektonicznych. Z 16 firm wytypowanych do badania, 5 korzysta z technologii BIM. W przypadku 3 z nich narzędzia 3D są stosowane od 4 - 10 lat działalności. Jest to prawdopodobnie wynik wymagań stawianych przez inwestorów prywatnym działających na polskim rynku budowlanym. Mimo stosowania narzędzi BIM, 1 z badanych firm stwierdziła, że w rzeczywistości rynek tego obecnie nie wymaga, inna, że stosuje wprawdzie oprogramowanie BIM i praktycznie całkowicie odeszła od tradycyjnych metod projektowania, ale nie jest to jeszcze pełna praca w BIM.

Wg [19] 9 spośród 16 badanych firm zadeklarowało, że zna technologię BIM, ale jej nie stosuje. Jako przyczynę podano brak wymagań w tym zakresie ze strony rynku budowlanego oraz wysokie nakłady finansowe, związane z wdrożeniem technologii, a niskie obecne stawki za prace projektowe. Inne - mniejsze badane firmy, które nie stosują technologii BIM, nie rozważają jej wykorzystania, gdyż nie odczuwają presji rynku - stosowane dotychczas narzędzia uznają za wystarczające. Jedna z badanych firm nie słyszała wcześniej o technologii BIM.

Znajomość technologii BIM w firmach projektowych można uznać za dobrą i znacznie lepszą niż wśród firm deweloperskich i wykonawczych. Potwierdza to także wynik badania [18] - znajomość technologii BIM wśród architektów jest wyższa niż wśród pozostałych branż. Czynnikiem, na który zwrócili uwagę badani jest brak zewnętrznego sygnału i zapotrzebowania rynku na nową technologię. W opinii większości badanych podmiotów brak jest wyraźnych wymagań rynku i zachęty ze strony zamawiających/inwestorów w zakresie stosowania nowoczesnej metody pracy.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone rozważania oraz analiza zakresu i stanu implementacji BIM w polskiej branży budowlanej [18], [19], uzasadniają sformułowanie niżej podanych wniosków i stwierdzeń.

1. Wymagania sektora publicznego w zakresie stosowania BIM dotyczą przede wszystkim skomplikowanych i długoterminowych przedsięwzięć. Zastosowanie technologii BIM wiąże się z wdrożeniem określonych wytycznych (dotyczących np. formatu wymiany danych) i zmianą procedur organizacyjnych, w zakresie planowania, a także poniesieniem określonych nakładów inwestycyjnych. Podmioty z branży budowlanej (pracownie projektowe, architektoniczne, firmy budowlane) muszą dostosować się do ciągle rosnącej w Europie i na świecie liczby zaleceń i wymagań płynących z sektora publicznego w zakresie stosowania BIM, ponieważ w przeciwnym razie grozi im utrata szans na zdobywanie zleceń [18]. Wymagania te powinny jednak zostać określone przez polskich zamawiających publicznych w sposób precyzyjny i czytelny. Brak wyraźnego sformułowania swoich oczekiwań w zakresie stosowania BIM, przez podmioty wydające środki publiczne w Polsce powoduje, iż pracownie projektowe, architektoniczne i firmy budowlane nadal traktują to zagadnienie w sposób sceptyczny, zwlekając z poniesieniem znacznych kosztów.
2. W celu trwałego i właściwego zaimplementowania BIM w Polsce należy m.in. rozwinąć zaufanie uczestników budowlanego przedsięwzięcia inwestycyjnego do wymiany informacji - w tym m.in. wypracować nowe wspólne podejście zespołów projektowych, ukierunkowane na korzyści płynące z długookresowych inwestycji w wiedzę i umiejętności. Warunkiem skutecznej i prawidłowej implementacji BIM w branży budowlanej jest dobra komunikacja (m.in. międzybranżowa) podmiotów. W praktyce obserwuje się słabą współpracę podmiotów i brak przekazu aktualnych informacji - poszczególni uczestnicy budowlanego przedsięwzięcia inwestycyjnego czują się zobowiązani do współpracy z zamawiającym/inwestorem, lecz nie pomiędzy sobą.
3. Rozwój technologii informatycznych w istotny sposób wpływa na wszystkie gałęzie przemysłu. Również branża budowlana musi dostosować się i zaadoptować nowe możliwości. Koncepcja BIM stanowi kompilację dotychczasowych doświadczeń, obejmujących różne aspekty budowlanego procesu inwestycyjnego (czas, koszt, technologia, jakość, użytkowanie obiektu), w postaci zwartego modelu cyfrowego. Istotnym elementem pełnego zastosowania koncepcji BIM i jej możliwości jest nieskrępowany dostęp wszystkich zaangażowanych w proces inwestycyjny podmiotów do pełnego i przejrzystego modelu, wygenerowanego w odpowiednim formacie (np. IFC).
4. Rozwój koncepcji BIM na świecie i możliwości wynikające z jej stosowania nie znajdują jeszcze dużego zainteresowania wśród polskich zamawiających publicznych ani większego zastosowania wśród firm budowlanych. W niedalekiej perspektywie może to spowodować duże dysproporcje pomiędzy rodzimymi firmami budowlanymi, a podmiotami o zasięgu europejskim i światowym. Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonych badań [18], [19] należy stwierdzić, iż dzisiejszy stan wiedzy i aktualne możliwości implementacji technologii BIM wśród polskich firm z branży budowlanej są na niskim poziomie.
5. Koncepcja Modelowania Informacji o Budynku stanowi naturalny kierunek rozwoju budownictwa. Jej efektywne wdrożenie i stosowanie obejmuje także zmianę sposobu myślenia uczestników przedsięwzięcia budowlanego, w tym przede wszystkim zamawiających publicznych, inicjujących realizację dużych



przedsięwzięć inwestycyjnych, na temat zasad współpracy, korzyści płynących z wymiany i przepływu bieżących informacji (m.in. w kontekście dyscypliny finansów publicznych), możliwości generowania i analizy scenariuszy w zakresie wspomagania procesu decyzyjnego, zarządzania ryzykiem i alternatywnego podejścia do realizacji projektu. W praktyce duże opóźnienie związane z implementacją technologii BIM, może spowodować istotne obniżenie atrakcyjności polskiego rynku budowlanego dla inwestorów i zwiększoną ingerencję zagranicznych firm budowlanych kosztem lokalnych przedsiębiorstw.

6. Wyniki badania przeprowadzonego wśród firm budowlanych z terenu Trójmiasta [19] potwierdzają ogólnopolskie tendencje [18] w zakresie stanu zaawansowania implementacji technologii BIM wśród krajowych podmiotów działających w branży budowlanej.

BIBLIOGRAFIA

1. Suchocki M., *Czy inżynieria lądowa i wodna jest na wymarciu? Szanse i zagrożenia dla sektora inżynierii lądowej i wodnej*, <http://www.aplikom.com.pl/czy-inzynieria-ladowa-i-wodna-jest-na-wymarcu/>; 15.06.2016.
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/24/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie zamówień publicznych, dostęp online: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32014L0024>; 28.08.2016.
3. Praca zbiorowa pod redakcją Russo M. A, Fox K., *Design and Construction Intelligence. SmartMarket Report. McGraw-Hill Construction*. 2012, dostęp online: <http://staticdc.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/building-information-modeling/bim-value/mhc-business-value-of-bim-in-north-america.pdf>; 23.08.2016.
4. National BIM Standard, <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>; 14.09.2016.
5. Tomana A., *Integracja projektowania i kosztorysowania na platformie BIM*, *Civil and Environmental Engineering*, 2(2011), Politechnika Białostocka.
6. Salamak M., Januszka M., Płaszczyk T., *BIM i rzeczywistość poszerzona w zarządzaniu obiektami mostowymi*. VII Ogólnopolska Konferencja Mostowców. Wisła, 2015.
7. Ustawa z dn. 13 lipca 2016 Prawo zamówień publicznych, Dz. U. z 2016, poz. 1020.
8. PN-EN 60300-3-3: *Zarządzanie niezawodnością. Przewodnik zastosowań. Szacowanie kosztu cyklu życia*, PKN listopad 2006.
9. Praca zbiorowa pod redakcją Burmistrza Miasta Londyn, *Construction Logistics Plan Guidance for developers. Transport for London*. Londyn, 2013.
10. Mackiewicz A., *BIM w polskim przedsiębiorstwie – zagrożenia i korzyści*. Inżynier budownictwa 11/2014.
11. Adamus Ł., *Modelowanie Informacji o Budynku (BIM) Podstawy Teoretyczne*. ITB. Warszawa, 2012.
12. East W., *Corps of Engineers Pilots COBie*. Building Sciences Monthly e-Newsletter. NIBS.
13. Grzyl B., Apollo M., *Umowa o roboty budowlane w aspekcie podziału ryzyka stron*, *Inżynieria Morska i Geotechnika* 6/2015.
14. Grzyl B., *Nieprawidłowości w umowach na roboty budowlane w obszarze zamówień publicznych*. *Inżynieria i budownictwo* 70(5), 2014.
15. Grzyl B., *Ryzyko wykonawcy robót budowlanych w zamówieniach publicznych*. *Inżynieria i Budownictwo*, 70(11), 2014.
16. Grzyl B., Apollo M., *Zarządzanie ryzykiem jako element wspomaganie działań logistycznych w przedsiębiorstwie budowlanym*. *Logistyka*, 6/2011.
17. ftp://ftp.uzp.gov.pl/Konferencje/BIM/1000_Pozarowska_BIM_w_dyrektywach_prezentacja.pdf; 15.08.2016.
18. <http://www.procad.pl/bim-w-polsce/>; 24.08.2016 r.
19. Grabowska J., *Building Information Modeling - charakterystyka, opis procesu wdrożeniowego, analiza ekonomiczna*; praca dyplomowa magisterska, październik 2016, Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska.

Building Information Modeling - the analysis of the extent and the status of implementation in the Polish construction industry

The issue of BIM (Building Information Modeling) is currently the subject of many scientific publications. Numerous opportunities flowing from the application of BIM at the stage of preparation, implementation, operation and management of facility construction, should be considered in terms of making effective decisions in successive stages in the building life cycle. The aim of the article is to present the BIM as a tool to support the management process of the construction project investment, analyzed from the point of view of the investor/purchaser, architect, construction and installation designer, developer, engineer, contractor, contract manager and facility manager.

Autorzy:

dr inż. **Beata Grzyl** – Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Konstrukcji Metalowych i Zarządzania w Budownictwie.

mgr inż. **Magdalena Apollo** – Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Konstrukcji Metalowych i Zarządzania w Budownictwie.

mgr inż. **Emilia Miszewska-Urbańska** – Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Konstrukcji Metalowych i Zarządzania w Budownictwie.