

BIM jako narzędzie wykorzystywane w czterech etapach cyklu życia inwestycji

Dr inż. Barbara Ksit, Politechnika Poznańska, mgr inż. Dawid Antkowiak, Budimex

1. Wprowadzenie

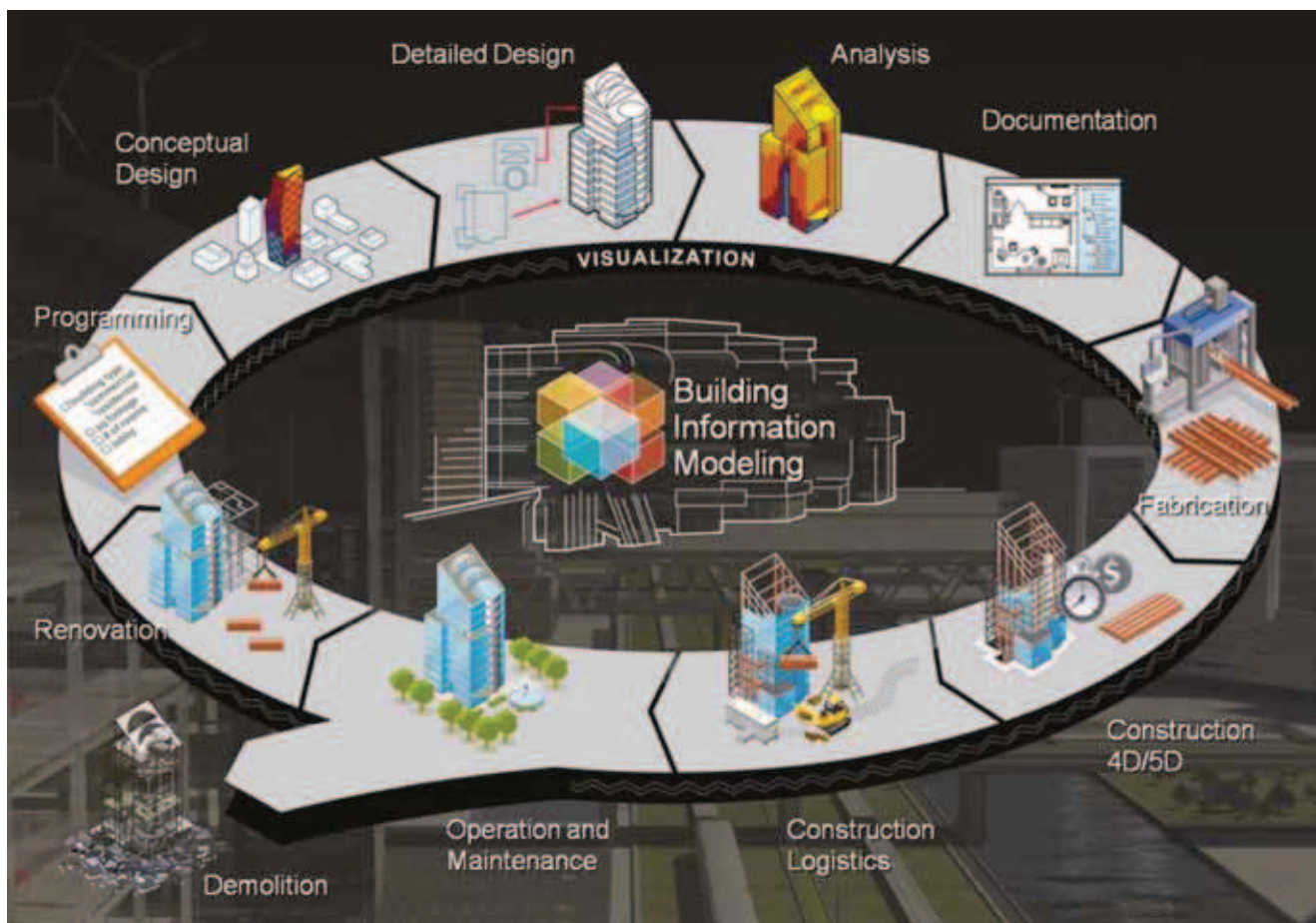
W artykule przedstawiono zalety korzystania z technologii BIM podczas realizacji każdego z czterech głównych procesów budowlanych – planowania, projektowania, budowania i eksploatacji. BIM w znaczący sposób usprawnia te procesy, pozwalając w każdym momencie na proste i skuteczne zarządzanie projektem. Podczas planowania inwestycji zwiększa możliwości pokazania inwestorowi kilku rozwiązań koncepcyjnych, bez żmudnych poprawek kilkunastu rysunków w 2D. Dzięki wykorzystaniu technologii BIM proces projektowy odbywa się nieporównanie szybciej i sprawniej, aniżeli podczas tradycyjnego projektowania. Na etapie wykonawczym modele wykorzystywane są przede wszystkim do koordynacji usterek i napotkanych kolizji projektowych. Większość informacji

zawartej w modelu BIM, wykorzystywanego podczas projektowania i realizacji, może być również użyta przy zarządzaniu obiektem.

2. Koncepcja BIM jako impuls do ewolucji budownictwa

Świadomość wszystkich uczestników procesu budowlanego o zmieniających się sposobach planowania, projektowania, realizacji i zarządzania projektem budowlanym jest coraz większa. Zmienia się nie tylko spojrzenie na poszczególne fazy procesu budowlanego, ale i sposób ich analizowania. Impulsem do ewolucji budownictwa było powstanie koncepcji BIM-u.

BIM (*Building Information Modeling*), czyli komputerowe modelowanie informacji o obiektach budowlanych jest wykorzystaniem



Rys. 1. Model BIM – cykl życia budynku [5, 7]

zaawansowanych technologii informatycznych w procesie budowlanym.

Model BIM jest kompleksowym rozwiązaniem, pozwalającym architektowi na efektywne przeanalizowanie na przykład rozwiązań materiałowych pod kątem energetycznym czy akustycznym. Dla inwestora oznacza to możliwość szybszego zapoznania się z różnymi wariantami danej inwestycji, bez konieczności długiego wyczekiwania na rewizję wizualizacji dokonywaną przez pracownię projektową. Dzięki BIM wykonawca może skutecznie optymalizować czas prac, jak również łatwiej kontroluje zarówno przebieg prac, jak i koszty inwestycji [3, 4]. BIM to cyfrowa reprezentacja cech fizycznych i funkcjonalnych obiektu, jest zasobem wiedzy udostępnionej w celu uzyskania informacji o obiekcie, która jest podstawą do podejmowania decyzji w trakcie jego cyklu życia, od koncepcji do rozbiórki. Tak jak w programach CAD domyślnym rozszerzeniem jest DWG, tak standardowym rozszerzeniem plików BIM jest IFC. Pliki IFC to tekstowa reprezentacja danych opisujących zamodelowany obiekt. Ujednolicony typ plików umożliwia korzystanie z zapisanych w nim danych w całej gamie programów działających w technologii BIM niezależnie od producenta i branży [1].

BIM jest akronimem reprezentującym trzy oddzielne, ale powiązane ze sobą funkcje.

- BIM Model jest to cyfrowy model fizycznych i funkcjonalnych właściwości budowli, służący jako źródło wiedzy i wszelkich danych o obiekcie, w pełni dostępny dla uczestników procesu inwestycyjnego i stanowiący niezawodną podstawę dla podejmowania decyzji w trakcie cyklu funkcjonowania, od pierwszej koncepcji do rozbiórki budynku.
- BIM Modelling jest to proces twórczy generowania i wykorzystania danych o budowlę, jej projektowania, budowy i eksploatacji w trakcie pełnego cyklu funkcjonowania. BIM pozwala, aby wszyscy zainteresowani uczestnicy inwestycji mieli dostęp do tych samych informacji, w tym samym czasie, przez interoperacyjność platform technologicznych.
- BIM Management to organizacja i kontrola procesów inwestycyjnych poprzez wykorzystanie parametrów cyfrowego modelu budynku dla dokonywania wymiany informacji o składnikach aktywów w całym cyklu inwestowania. Jest to również uporządkowanie i nadzór nad korzyściami ze scentralizowanej wymiany danych, wizualnej komunikacji poprzez obiekty 3D, zrównoważonego i efektywnego, interdyscyplinarnego i interakcyjnego projektu, kontroli w trakcie i na miejscu budowy, aktualizacji dokumentacji do stanu rzeczywistego (zmiany projektowe, podczas budowy oraz w trakcie eksploatacji), efektywne rozwijanie składników aktywów i modelu obiektu budowlanego w cyklu optymalnego inwestowania od pierwszej koncepcji aż do rozbiórki budynku.

3. BIM podczas planowania inwestycji

BIM podczas planowania inwestycji znacząco skraca czas opracowania kilku rozwiązań koncepcyjnych, unikając żmudnych poprawek kilkunastu rysunków wykonanych techniką



Rys. 2. Przykład modelu utworzonego z wykorzystaniem narzędzi BIM [1]

tradycyjną (2D). Wiąże się to ze specyfiką pracy na modelu BIM – wprowadzona jedna zmiana do modelu generuje zmiany w pozostałych rysunkach (przekrojach, rzutach) z niego wygenerowanych. Pozwala to do zniwelowania do minimum ryzyka związanego z błędem, wynikającym z przeoczenia poprawienia detalu na każdym rysunku, tworzonym w tradycyjny sposób.

BIM zwiększa konkurencyjność danej firmy podczas uczestniczenia w przetargach dotyczących wyboru generalnego wykonawcy. Na etapie planowania technologią BIM wykorzystuje się do szybkiego i wariantowego tworzenia zestawień materiałowych oraz ilościowych z geometrii obiektu, będących składowymi przedstawianej oferty. Pozwala to na dokładniejsze przedmiary robót, a co za tym idzie, umożliwia przedstawienie inwestorowi, dokładniejszą i zoptymalizowaną ofertę wykonania danej inwestycji. Przeprowadza się również proces optymalizacji konstrukcji, co zmniejsza koszty spowodowane przeprojektowaniem konstrukcji (np. zbyt duża ilość zbrojenia lub zbyt duże gabaryty elementów konstrukcyjnych). Za pomocą modelu można zwizualizować inwestorowi kilka wariantów, w celu wybrania tego najbliższego jego oczekiwaniom. Modele mogą również posłużyć jako narzędzie wykorzystywane podczas konsultacji społecznych na temat planowanych przedsięwzięć.

W celu zwiększenia szans na wygraną w przetargu tworzy się również harmonogram – BIM 4D (4D = 3D + harmonogram – nawiązuje do inteligentnego przyporządkowania poszczególnym elementom 3D informacji odnośnie czasu przeznaczanego na ich realizację), aby pokazać przyszłemu inwestorowi planowane przez wykonawcę etapy robót i związane z nimi konkretne koszty. Ułatwia to zatem zaplanowanie harmonogramu finansowania całej inwestycji. Istniejące budynki lub konstrukcje można zeskanować za pomocą skanera 3D, w celu weryfikacji ich stanu technicznego. Ta metoda jest bardziej dokładna, w porównaniu z tradycyjną inwentaryzacją geodezyjną. Mierząc konstrukcję tradycyjnymi narzędziami, nie ma możliwości zwymiarowania wszystkich elementów w każdym miejscu. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod pozyskiwania danych, m.in. skaning laserowy 3D, fotogrametrię niskopułapową, wykonanie inwentaryzacji geodezyjnej

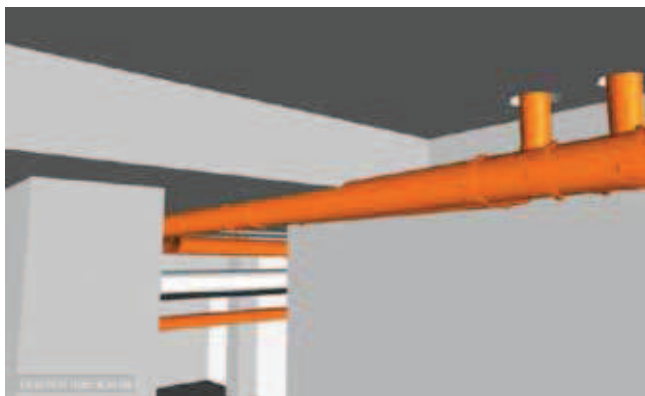
obiektów podlegających adaptacji czy renowacji stało się dokładniejsze i szybsze.

4. BIM jako niezastąpione narzędzie w trakcie projektowania

Zgodnie z zasadami BIM bardzo istotne jest to, aby podczas projektowania przygotowywane modele pozwalały automatycznie generować zestawienia ilościowe, wykorzystywane później na etapie realizacji.

Często, podczas realizowania dużych, przemysłowych kontraktów w formule „Zaprojektuj i wybuduj”, do obowiązków inwestora należy przekazanie wykonawcy projektu technologii, na podstawie którego projektanci prowadzą prace projektowe samego budynku. Dlatego na początku dużym problemem dla konstruktorów i architektów jest brak wystarczających informacji ze strony inwestora odnośnie rozwiązań technologicznych, umiejscowień urządzeń i połączeń między nimi. Dokumentacja dwuwymiarowa okazuje się wtedy niewystarczająca do sprawnej koordynacji. Żeby usprawnić prace projektowe, należy zatem podjąć decyzję o tworzeniu modelu 3D przez wszystkich projektantów i ich cyklicznym łączeniu w tzw. model centralny. Taki model można porównać do tradycyjnego rysunku złożeniowego tylko wykonanego w 3D. Daje to kompletną informację przestrzenną o wszystkich obiektach w budynku i zależności między nimi. Dzięki temu, że w modelu można bardzo dokładnie zobaczyć wszystkie detale, łatwiej jest znaleźć kolizje. Unika się również wielu zapytań między projektującymi stronami. Dzięki technologii BIM, przy bardzo skomplikowanych instalacjach, realizowanych z udziałem międzynarodowych zespołów proces projektowy odbywa się nieporównywalnie szybciej i sprawniej, aniżeli podczas tradycyjnego projektowania.

W przypadku obiektów, w których istnieje duże ryzyko wystąpienia kolizji branżowych, warto „przerysować” projekt z 2D na 3D po to, aby wykryć potencjalne problemy i wprowadzić poprawki do projektu, zanim kolizje pojawią się na budowie. Warto zaznaczyć, że 3D można wykorzystać nawet na fragmencie projektu, jak np. model dachu lub niski garaż ze złożonymi instalacjami. Warto także pamiętać, że z całej sumy przeznaczanej na realizację obiektu ok. 5% kosztów z tytułu



Rys. 3. Wykorzystywanie modelu 3D do wykrywania kolizji między branżami – zła rzędna wysokościowa instalacji kanalizacyjnej [1]

projektowania odpowiada za sposób wydatkowania pozostałych ok. 95% kosztów budowy [1].

BIM jest również przydatny dla mniej skomplikowanego, niż budownictwo publiczne, budownictwa mieszkaniowego. Modele pozwalają bowiem na kontrolowanie powierzchni sprzedażowej, zautomatyzowanie dokumentacji zmian lokatorskich. Są to zatem wymierne korzyści na przykład dla deweloperów, czerpiących zyski ze sprzedaży mieszkań.

Dzięki zastosowaniu BIM projektanci mają możliwość opracowywać projekty dla coraz bardziej skomplikowanych budynków i konstrukcji. Jak wspomniano we wstępie, BIM jest wykorzystany w zakresie planowania, projektowania, zarządzania i prowadzenia budowy. Mając na uwadze powyższe, oraz pracując w tym standardzie, projektanci mogą gromadzić i wymieniać dane, udostępniając sobie niezbędne informacje. Zmiany dokonywane przez jednego z projektantów są natychmiast widoczne przez pozostałych, oszczędzany jest zatem czas poświęcony na koordynację, zachowanie zgodności i dostosowywanie całości dokumentacji do wprowadzonych zmian w 2D.

Ważne jest, aby podczas projektowania kierować się wytycznymi wskazującymi, jak model powinien zostać przygotowany, aby w jak największym stopniu był przydatny na późniejszych etapach inwestycji. Określony w nich jest przede wszystkim stopień szczegółowości poszczególnych elementów składowych, tak aby model zawierał te informacje, które będą potrzebne. Całościowo zapewnia to także wyższą jakość projektową inwestycji.

5. Wykorzystywanie numerycznego modelu obiektu na placu budowy

Na etapie wykonawczym pracownicy na budowie wykorzystują modele przede wszystkim do koordynacji usterek i napotkanych kolizji projektowych. W przypadku, gdy część projektu była wykonana techniką tradycyjną, specjaliści BIM mogą stworzyć brakujące modele branżowe na podstawie dokumentacji płaskiej i wspomóc zespoły realizacyjne przed faktycznym pojawieniem się problemu.

Dzięki aplikacjom na urządzenia mobilne model BIM i cała aktualna dokumentacja techniczna jest zawsze dostępna. Inżynier nie musi nosić wybranej dokumentacji w formie papierowej, ponieważ wszystkie rysunki ma dostępne w formie elektronicznej. Dzięki temu oszczędza czas, nie musząc wracać do biura budowy po rysunek w formie papierowej, który go w danej chwili interesuje. Może w każdej chwili pokazać wykonawcy na ekranie urządzenia mobilnego rozwiązanie danego detalu, odczytać rzędność, czy podać domiar. Może również wskazać dany element i odczytać instrukcję montażu i zweryfikować poprawność jego wykonania.

Przy bardziej złożonych elementach zobrazowanie danego rozwiązania w formie graficznego modelu 3D ułatwia pracownikom orientację w projekcie oraz jego poprawne wykonanie. Posiadanie modelu BIM na budowie pomaga zminimalizować ryzyko wystąpienia kolizji, ponieważ wykrywa problem, zanim pojawi się on w realizacji. Usprawnia również proces podejmowania właściwych decyzji. Inwestycje prowadzone



Rys. 4. Przykład zarządzania obiektem – zestawienie wyposażenia dla konkretnych pomieszczeń [2]

z założeniami BIM-u są zarządzane łatwiej w porównaniu do inwestycji realizowanych tradycyjną myślą budowlaną. BIM optymalizuje przepływ pracy, pomaga organizować zadania, a przez to pracować wydajniej. Zwiększa się zatem szybkość wykonywania zadań inwestycyjnych.

Szybki dostęp do dokumentacji powodowany częstymi zmianami w projekcie ma zasadnicze znaczenie dla realizacji inwestycji w zgodzie z ustalonym harmonogramem. Przykładem na zdecydowane przyspieszenie prac na budowie może być zastosowanie systemu 3D firmy Trimble podczas wykonywania robót ziemnych. Zasada działania tego systemu oparta jest na technologii satelitarnej. Po wgraniu modelu 3D do jednostki centralnej, zainstalowanej w kabinie operatora koparki, prace ziemne wykonywane są automatycznie. System Trimble zastosowany w urządzeniu steruje głębokością i nachyleniem podczas wykonywania poziomów i profili. Używane są czujniki nachylenia, czujnik dwuosiowy oraz odbiornik laserowy. Ten zestaw pozwala na dokładne określenie położenia krawędzi tyłki koparki. Informacje takie jak kąt położenia tyłki, jej wysokość czy oczekiwany kierunek przekazywana jest operatorowi poprzez wyświetlacz, praca odbywa się bez konieczności tyczenia.

6. Ewolucja w zarządzaniu obiektami

Wraz ze wzrostem złożoności technologicznej obiektów budowlanych, budynków i urządzeń następuje ewolucja w zarządzaniu nieruchomościami. Postęp w dziedzinach związanych z technologią informacyjną (ang. *Information Technology*, IT) otworzyła nowe możliwości dla zarządców nieruchomości. Zaimplementowanie koncepcji BIM w ten proces jest możliwe, dzięki temu, iż większość informacji zawartej w modelu BIM,

wykorzystywanej podczas projektowania i realizacji może być użyta również do zarządzania obiektem. Jest to możliwe, ponieważ „powykonawczy” model BIM zawiera [5]:

- całą dokumentację projektową, na bazie której powstał obiekt – w tym model 3D,
- dokumentację techniczno-ruchową wszystkich zainstalowanych urządzeń (DTR), instrukcje obsługi, karty gwarancyjne, karty techniczne, deklaracje zgodności, aprobaty techniczne oraz atesty higieniczne zastosowanych materiałów,
- dynamiczne odnośniki do stron internetowych, systemów zarządzania, dokumentów w „chmurze” – na zewnętrznym serwerze.
- dane kontaktowe do firm serwisujących, personelu odpowiedzialnego za urządzenia.

Największe korzyści przynosi zastosowanie technologii BIM w etapie eksploatacji budynku. Wykorzystanie BIM na etapie projektowania, planowania, realizacji inwestycji oraz etapie inwentaryzacji powykonawczej umożliwi uzyskanie znacznych oszczędności w trakcie użytkowania obiektu. Po zrealizowaniu budowy właściciel/zarządca otrzymuje narzędzie w postaci wirtualnej repliki identycznej z rzeczywistym obiektem (tzw. as-built-model). Umożliwi to optymalizowanie kosztów eksploatacji. Szereg narzędzi do inteligentnego zarządzania (*Facility Management*) pozwala na import baz danych, jakimi są modele BIM oraz komunikację z urządzeniami rozszerzonej rzeczywistości, a nawet bezpośrednie sterowanie automatyką inteligentnych budynków za pośrednictwem internetu w wielowymiarowym środowisku. Do powykonawczego modelu as-built dodawane są kolejne, ważne informacje z punktu widzenia zarządzaniem obiektem, czyli informacje dotyczące najemców, liczby użytkowników, rodzaju wyposażenia etc. Na późniejszym etapie model może być wykorzystywany do planowania remontów,

modernizacji i konserwacji. Pomaga w opracowaniu budżetów eksploatacyjnych danego obiektu. Eksploatacja budynku przy wykorzystaniu koncepcji BIM – to poniższe korzyści.

- **Ulepszone zarządzanie przestrzenią.** Rozumiejąc szczegóły wykorzystania przestrzeni, specjaliści mogą zmniejszyć pustostany i ostatecznie osiągnąć znaczne obniżenie kosztów nieruchomości. Informacje zawarte w modelach BIM są podstawą dobrego zarządzania przestrzenią.
- **Sterowana konserwacja.** Kluczowym wyzwaniem przy opracowywaniu programu konserwacji jest wprowadzenie informacji o produktach i zasobach wymaganych do konserwacji prewencyjnej. Informacje o urządzeniach budowlanych przechowywanych w modelach BIM mogą wyeliminować miesiące starań, aby dokładnie wypełnić systemy konserwacji.
- **Efektywne wykorzystanie energii.** BIM może pomóc w analizowaniu i porównywaniu różnych alternatyw energetycznych, aby pomóc zarządcom obiektów radykalnie zmniejszyć wpływ na środowisko i koszty operacyjne. Analizując koszty i oszczędności związane z różnymi usprawnieniami obiektów i modernizacjami systemów budynkowych, zarządcy obiektu zyskują narzędzie do optymalizacji wydajności budynku przez cały okres użytkowania budynku.
- **Ekonomiczne podstawy renowacji i napraw.** „Żywy” model BIM zapewnia łatwiejszy sposób reprezentowania trójwymiarowych aspektów budynku. Lepsze informacje na temat istniejących warunków zmniejszają koszty i złożoność renowacji budynków i projektów modernizacyjnych. Dostarczając kontrahentom dokładniejszych i rzetelnych informacji, można znacznie ograniczyć zamówienia wynikające z „niespodzianek” w warunkach powykonawczych.
- **Wzmocnienie zarządzania.** Niektórzy projektanci implementują dane dotyczące średniej długości życia i kosztów wymiany poszczególnych urządzeń w modelach BIM, pomagając w ten sposób właścicielowi/zarządcy zrozumieć

korzyści inwestowania w materiały i systemy, które mogą początkowo kosztować więcej, ale mają lepszy zwrot z inwestycji przez cały okres użytkowania budynku. Na przykład użycie lepszej klasy paneli podłogowych do wykończenia podłóg wewnętrznych jest droższe niż wykładzina, ale może spowodować obniżenie ogólnych kosztów cyklu życia, ponieważ panele z wyższą klasą odporności na ścieranie są bardziej trwałe niż wykładzina.

7. Podsumowanie

Ze względu na swoje niepodważalne korzyści technologia BIM znacząco wpłynęła na kształt procesu budowlanego. Zaimplementowanie cech BIM do etapów planowania, projektowania oraz eksploatacji obiektów wpłynęła znacząco na koszt, szybkość i precyzję wykonania inwestycji. Wraz z rosnącą świadomością środowiska architektoniczno-budowlanego rośnie udział projektów budowlanych realizowanych z pomocą technologii BIM.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Antkowiak D., Wpływ implementacji BIM na kształtowanie procesu budowlanego, praca dyplomowa 2018 pod kierunkiem B. Ksit, Politechnika Poznańska
- [2] Tomana A., BIM – Innowacyjna technologia w budownictwie. Podstawy, standardy, narzędzia, PWB MEDIA S.J. Zdziebłowski Spółka Jawna, 2016
- [3] Dorna S., Standaryzacja w zakresie zorganizowanej semantycznej informacji w cyklu życia kreowanego środowiska w oparciu o CEN/TC 442 BIM – kwiecień 2016 r.
- [4] Zima K., Wprowadzenie do BIM – definicje, rozwiązania, cele, korzyści, [w]: Krajowa konferencja Dzień BIM 2017
- [5] Walczak Z., Szymczak-Graczyk A., Walczak N., BIM jako narzędzie przyszłości w projektowaniu i rewitalizacji obiektów budowlanych, Przegląd Budowlany 1/2017
- [6] Strona internetowa: <http://bimpoint.pl/bim-po-realizacji>
- [7] Strona internetowa: <https://thebimhub.com>.

W dniu 14 czerwca 2018 roku odeszła

Teresa Jakutowicz

*Absolwentka Wydziału Dziennikarstwa Uniwersytetu Warszawskiego.
Była Dyrektor Biura Informacji i Promocji w Ministerstwie Infrastruktury,
która była związana przez całe swoje życie zawodowe ze środowiskiem budowlanym.*

Była zawsze uśmiechnięta, pogodna, profesjonalna, pełna życzliwości.

*Rodzinie
składamy wyrazy głębokiego współczucia
Przewodniczący PZITB oraz Koleżanki i Koledzy z PZITB i PB.*