

# **Wdrażanie technologii informacyjnych w budownictwie – praktyczne studium przypadku**

## **Leonas Ustinovičius**

Politechnika Białostocka, Katedra Informatyki Gospodarczej i Logistyki  
Wileński Techniczny Uniwersytet im. Giedymina, Litwa  
e-mail: leonas959@gmail.com

## **Dariusz Walasek**

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej  
e-mail: d.walasek@il.pw.edu.pl

## **Romas Rasiulis**

Wileński Techniczny Uniwersytet im. Giedymina, Litwa  
e-mail: romarasi@gmail.com

## **Jovita Cepurnaite**

SA „Geležinkelių projektavimas”, Litwa  
e-mail: jovita.cepurnaite@gmail.com

DOI: 10.12846/j.em.2015.01.18

## **Streszczenie**

W dobie znacznego rozwoju technologii informatycznych oraz szeroko pojętej telekomunikacji, w budownictwie pojawiła się naturalna konieczność opracowania i wdrożenia jednolitego systemu modelowania informacji cyfrowej. Szybki rozwój technologii projektowania w dziedzinie architektury, inżynierii i budownictwa stale dostosowywał aparat pojęciowy dotyczący modelowania informacji o budynku i budowlach (BIM). Technologia BIM przyjmuje nową definicję jako uniwersalne narzędzie opisu poszczególnych elementów inteligentnego, wirtualnego modelu 3D obiektu budowlanego, łącząc w sobie szereg kolejnych etapów związanych z procesem inwestycyjnym, takich jak optymalizacja i spełnienie wymagań projektowanie, budowa, eksploatacja i rozbiórka. W artykule autorzy dokonują prze-

glądu poszczególnych etapów i trendów rozwoju koncepcji BIM na przykładzie czterech studiów przypadków rzeczywistych przedsięwzięć budowlanych, w których elementy technologii BIM zostały zaadoptowane przez uczestników przedsięwzięcia. W artykule przedstawiono zarówno korzyści, jak i problemy wynikające w praktycznej realizacji BIM, wskazując jednocześnie rekomendacje dla przyszłych użytkowników.

## Słowa kluczowe

modelowanie informacji o budynku, zarządzanie cyklem życia produktu, rozwój wirtualnego projektu, studia przypadków, praktyczna implementacja

## Wstęp

W 2012 roku zostały zatwierdzone założenia zawarte w komunikacie Komisji Europejskiej Sektor budowlany i jego zrównoważona strategii konkurencyjności, w którym stwierdzono, że sektor budowlany ma istotny wpływ na rozwój gospodarki. Sektor ten w Unii Europejskiej (UE) tworzy prawie 10% PKB oraz około 20 milionów miejsc pracy (głównie w mikro i małych przedsiębiorstwach). Europejska Federacja Przemysłu Budowlanego szacuje, że w większości z gospodarek sektor budowlany na jedno miejsce pracy generuje bezpośrednio lub pośrednio 2-3 miejsc pracy w innych sektorach (na przykład transport, energetyka).

W dobie znacznego rozwoju technologii informatycznych, zarówno w budownictwie, jak również w telekomunikacji pojawia się naturalna konieczność opracowania i wdrożenia jednolitego systemu modelowania informacji cyfrowej.

Poszczególne kraje europejskie od dłuższego czasu koncentrują się na rozwoju *Building Information Modeling* (BIM). W sektorze budownictwa Rząd Danii finansuje realizowany od 2003 roku projekt Digital Construction. Finlandia, Wielka Brytania, Holandia i inne kraje UE oraz Norwegia, Stany Zjednoczone, Australia od ponad 10 lat rozwijają krajowe inicjatywy mające na celu wdrożenie modelowania cyfrowego w budownictwie i biorą udział w działaniach tak zwanych *Building Smart* przy koordynowaniu i opracowywaniu klasyfikacji, standardów, formatów wymiany danych, opracowaniu jednolitych wymogów zamówień publicznych, opracowaniu technologii informacyjnych i komunikacyjnych (ICT).

Wspólnie inicjatywy biznesu, edukacji i rządu, które ogólnie można określić jako budownictwo cyfrowe, mają na celu opracowane zintegrowanych i jednolitych systemów modelowania cyfrowego, aby cała informacja zawarta w projekcie budowlanym miała zastosowanie w całym cyklu życia budynku, od jego koncepcji aż do rozbiórki. Może to nastąpić przez usystematyzowanie poszczególnych etapów

procesu inwestycyjnego, stworzenie scentralizowanych baz danych, odpowiadających różnorodnym rodzajom obiektów.

Konieczna wydaje się być unifikacja wymagań dla modelowania informacji o budynku, a także opracowanie jednolitej klasyfikacji i standaryzacji oraz przyjęcie międzynarodowych formatów wymiany danych.

Modelowanie informacji o budynku i budowlach można traktować jako wynik ewolucji CAD (projektowania wspomaganego komputerowo). Wdrożenie technologii BIM przyczynia się do wzrostu efektywności w budownictwie przez zwiększenie współpracy pomiędzy poszczególnymi członkami zespołu realizującego inwestycję, a w konsekwencji zmniejszenie liczby kolizji i ograniczenie konieczności ponownego wykonywania poprawek oraz robót dodatkowych (Ford i in., 1995). Szeroko zakrojone badania i dotychczasowy rozwój w tej dziedzinie w środowiskach zarówno akademickim, jak i biznesowym zaowocowały powstawaniem wielu użytecznych i praktycznych narzędzi wspomagających przeprowadzanie analiz, projektowanie i uszczegółowianie przy zastosowaniu modelowania informacji o budynkach i budowlach (Sacks i in., 2004). Przedmiotowe narzędzia cyfrowego projektowania (DC) mogą zostać z powodzeniem zaadoptowane przez duże lub średnie firmy projektowe i mogą być stosowane niezależnie do rozwiązywania różnych zagadnień problemowych. Należy nadmienić, że stosowanie tylko samego oprogramowania jest warunkiem niewystarczającym do skutecznego wdrożenia BIM (Migilinskas, Ustinovichius, 2006). Jedynie radykalne zmiany w kulturze pracy, umiejętnościach pracowników, relacjach z zamawiającym i pozostałymi członkami zespołu projektowego zapewnią prawidłowo wdrożony BIM. Praktyka pokazuje, że w skład zespołów projektowych wchodzi specjaliści o różnym poziomie wiedzy i doświadczenia w zakresie aplikacji metodologii BIM. W konsekwencji zaangażowania w proces wielu interesariuszy, wdrażania BIM musi przełamywać pewne granice i pokonywać szereg przeszkód o zróżnicowanym charakterze. Obserwuje się, że bariery te są większe na małych rynkach, na których firmy projektowe i konstrukcyjne są niewielkie i nie mają wystarczającej ilości zasobów do tego, by zidentyfikować i spełnić wymagania wynikające z zastosowania metodologii BIM.

W pracy przedstawiono studium przypadków zastosowania koncepcji BIM w środowisku o bardzo niskim poziomie wiedzy w zakresie BIM i wysokim przywiązaniu poszczególnych członków zespołu projektowego do postępowania tradycyjnego (bez BIM). Studium przywołuje doświadczenia zdobyte przez zespół stosujący BIM w czterech przedsięwzięciach inwestycyjnych realizowanych w różnych uwarunkowaniach kontaktowych i różnie zarządzanych. Informacje zebrane przez poszczególne zespoły pozwoliły na sformułowanie kilku praktycznych zaleceń i rekomendacji dotyczących planów wdrożenia BIM.

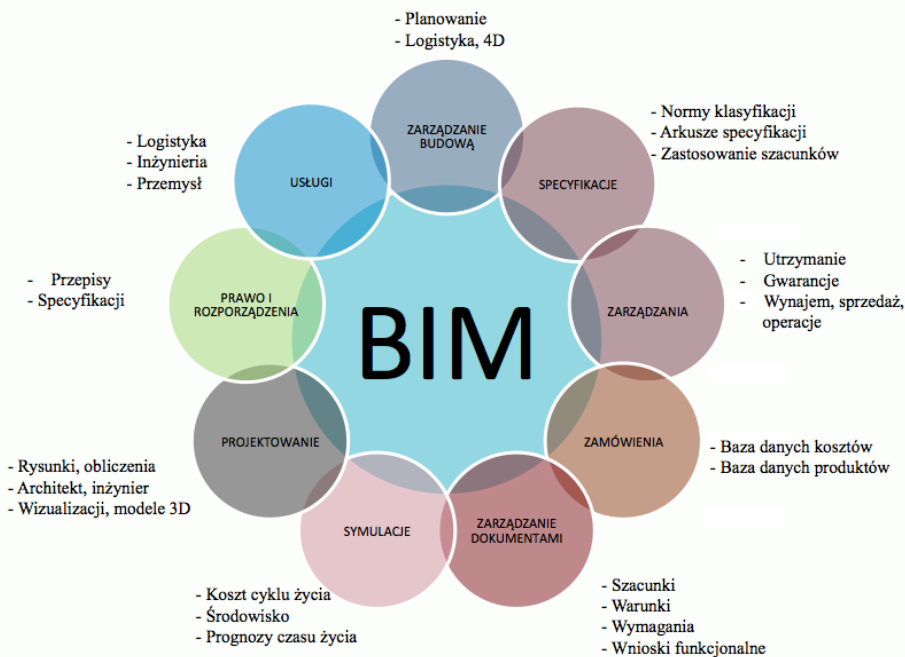
## 1. Ewaluacja u rozwój BIM

Akronim BIM na przestrzeni lat odzwierciedlał odmienny zakres pojęciowy i nadal nie ma jednej, powszechnie akceptowanej definicji. Idea BIM pochodzi z okresu początków CAD (w latach osiemdziesiątych XX wieku), kiedy była opisana koncepcyjnie przez naukowców (Eastman i in., 2008) i wdrożona w oprogramowaniu w pierwszych wersji programów CAD. W tym okresie BIM faktycznie oznaczał trójwymiarowe graficzne modelowanie wzbogacone o dodatkowe możliwości (informacje sprzężone z grafiką). Podstawą tej technologii była informacja o graficznym modelu (Ford i in., 1995), obejmującym model geometryczny budynku, jego fizyczne cechy, nazwy i funkcjonalne szczegóły jego poszczególnych elementów. Nowoczesna definicja BIM pojawiła się w późnych latach dziewięćdziesiątych i początku XXI wieku, wraz z pojawieniem się na rynku wielu wdrożeń koncepcji określanych jako *Single Building Model* (SBM - model jednego budynku) i oferowanych przez różnych producentów oprogramowania, takich jak CAD, Autodesk Revit, Graphisoft i Bentley (Smith, Tardif, 2009; Jung, Joo, 2011). BIM stał się standardem integracji szeregu informacji o modelowaniu w budownictwie pomiędzy różnymi jej obszarami, tworząc wirtualne modele inteligentnych sparаметryzowanych obiektów (Lee, Ha, 2013; Leite i in., 2011). Wówczas rozpoczął się pierwszy etap wdrożenia BIM w firmach projektowych (Grilo, Jardim-Goncalves, 2010).

W ciągu ostatnich lat dokładano starań, aby przekształcić tradycyjny trójwymiarowy BIM w czterowymiarowy (4D), (Kim i in., 2013), pięciowymiarowy (5D), a nawet sześciowymiarowy (6D) czy siedmiowymiarowy (7D), opracowywany na podstawie *Product Lifecycle Management* (PLM - zarządzanie cyklem życia produktu) w budownictwie (Migilinskas, Ustinovichius, 2006; Eastman i in., 2008; Popov i in., 2010). Rozwiązanie to ma szczególne określenie: *Building Lifecycle Management* (BLM - zarządzanie cyklem życia budynku) lub ujednoczone zarządzanie projektem (rys. 1), (Froese, 2003). Ten trend jest logiczną konsekwencją dalszego wykorzystania obszernej informacji zawartej w inteligentnym modelu budynku 3D (Ding i in., 2014). Technologia BIM 4D, 5D, 6D może być opisana jako:

- 4D - wirtualny model budynku z planami budowy i zdolnością do kontroli postępu robót w czasie wraz z wizualizacją powstającego wirtualnie budynku w wybranym czasie;
- 5D - umożliwia precyzyjne stworzenie kosztorysu oraz eliminuje błędy popełnione przy przedmiarowaniu przez kosztorysanta;
- 6D - wprowadzenie zrównoważonego rozwoju w proces inwestycyjny; dzięki tej technologii można już w fazie koncepcji ocenić budynek pod względem na przykład wykorzystania energii słonecznej.

Najnowszymi trendami we wdrażaniu BIM jest modelowanie 7D oparte na *Facility Management*. Polega ono na zarządzaniu obiektem w całym cyklu życia od koncepcji aż do rozbiórki. Integracja wielu płaszczyzn projektowania pozwala analizować rzeczy, które do niedawna wydawały się poza zasięgiem projektowania.



**Rys. 1.** Cykl życia utrzymania budynku

Źródło: opracowanie własne.

Dokonując podsumowania terminologicznego, BIM można opisać jako sposób:

- opracowania strategii projektu budowlanego, projektowania, budowy, zarządzania w oparciu o modelowanie i symulację komputerową samego obiektu, jak również i jego całego cyklu życia (Miettinen, Paavola, 2014);
- zapewnienia zintegrowanego zarządzania danymi graficznymi i przepływem informacji w połączeniu z opisem procesu, w ramach zintegrowanego środowiska informatycznego;
- przekształcenia poszczególnych wykonawców w zespoły i zdecentralizowane narzędzia do rozwiązywania skomplikowanych zadań i integracji poszczególnych zadań w procesy;

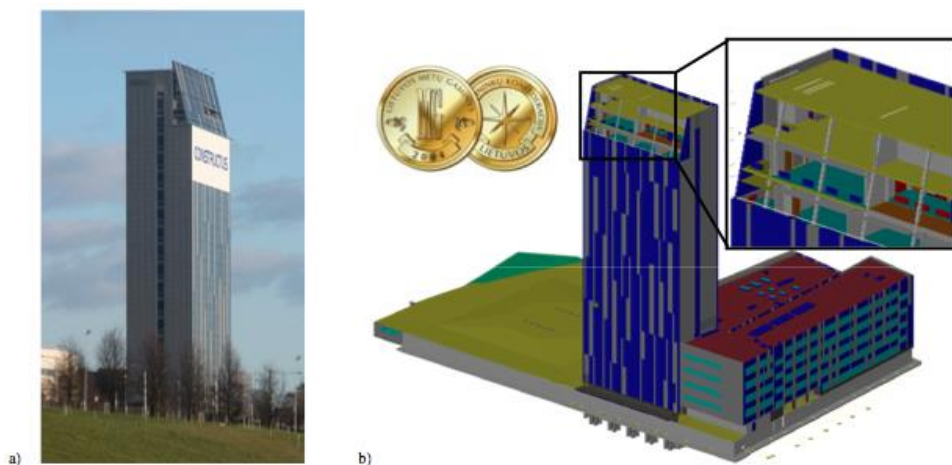
- szybszego, bardziej efektywnego, mniej kosztownego wykonywania operacji w całym cyklu życia projektu budowlanego (Love i in., 2014), (rys. 1).

## 2. Wdrożenie BIM – studia przypadków

Przeprowadzone przez autorów opracowania badania miały charakter studiów przypadków odnoszących się do czterech przedsięwzięć inwestycyjnych (realizowanych na Litwie), w których wybrane elementy BIM były realizowane przez ten sam zespół realizujący, ale w innych uwarunkowaniach wynikających z zawartych umów i struktury własnościowej firm (Associated General Contractors of America, 2007). Pierwszy projekt był realizowany przez przedsiębiorstwo budowlane odpowiedzialne za realizację kontraktu na projekt i wykonawstwo. Właściciele przedsiębiorstwa mieli wdrożoną politykę BIM. Wynikiem końcowym realizacji projektu z uwzględnieniem koncepcji BIM był program zarządzania obiektem połączony z wybranymi elementami metodologii BIM. Trzy pozostałe realizacje zostały wykonane po zmianie struktury własnościowej przedsiębiorstwa, kiedy jego główni udziałowcy wstrzymali wdrażanie BIM na poziomie przedsiębiorstwa. Te projekty miały plany wdrożenia BIM na poziomie projektu bazujące na procedurach zarządzania ryzykiem w budownictwie lub realizacji kontraktów typu projekt-przetarg-budowa.

### Vilnius Municipal

Generalny wykonawca rozpoczął roboty budowlane Urzędu Miejskiego w Wilnie w 2002 roku, a zakończył w pierwszym kwartale 2004 roku. Na 15060 m<sup>2</sup> kompleksu zbudowano 20-piętrowy (76,85 m wysokości) budynek główny i 2 budynki przyległe 5-piętrowy i 3-piętrowy, które miały zapewnić miejsca pracy dla ponad 1000 pracowników (rys. 2). Nowy Plac Europy, o powierzchni 4800 m<sup>2</sup> łączył kompleks z budynkami komercyjnymi i nowym budynkiem Okręgu Wileńskiego, który również został wzniesiony przez tę samą spółkę. Podziemny garaż o powierzchni 11500 m<sup>2</sup> na 344 samochody został zbudowany pod budynkami. Projekt Vilnius Municipal Center zdobył nagrodę – Litewski Produkt Roku 2004.



**Rys. 2.** Urząd Miejski w Wilnie na fotografii (a) i wirtualny BIM model dla zarządzania budynkiem (b)  
 Źródło: opracowanie własne.

W przedmiotowym projekcie zużyto około 10700 m<sup>2</sup> szkła na fasady budynków kompleksu, a przeszklenie wykonano z wysokiej jakości nietłukących i energooszczędnych wieloszybowych paneli SUN GUARD. W Vilnius Municipal Center (VMC) zostały zainstalowane nowoczesne systemy instalacyjne. Jednym z głównych zadań wykonawców było zapewnienie, że nowy VMC spełni wszystkie niezbędne kryteria w zakresie jakości, trwałości i efektywności kosztowej eksploatacji.

*Oprogramowanie.* Podczas projektowania i fazy przed realizacyjnej pod uwagę brano kryteria wydajności i funkcjonalności. Projekt koncepcyjny, wizualizacje, rysunki robocze i specyfikacje materiałowe zostały wygenerowane w modelu 3D. Model 3D powstał przy użyciu oprogramowania Bentley Triforma i Bentley Structural. Analiza konstrukcyjna i projekt powstały w programie STAAD-Pro przy użyciu modelu 3D zaimportowanego z Bentley Structural. Model 3D został następnie wyeksportowany do Bentley Navigator i dane dotyczące z budowy kompleksu były przechowywane w bazie danych do wykorzystania w projekcie zarządzania obiektem. Każdy element modelu 3D Vilnius Municipal Center był powiązany z danymi informacyjnymi, projektem i rysunkami roboczymi, procesem produkcji systemami wewnętrznymi wykonawcy, należnymi certyfikatami, zasadami utrzymania i instrukcjami obsługi a także specyfikacjami technicznymi i innymi (po raz pierwszy zgodnie z teoretycznymi wytycznymi BIM).

*Realizacja.* Średnio dziennie zatrudniano ponad 200 pracowników, a prawie 130

podwykonawców i dostawców regularnie dostarczało usługi i materiały. Ścisłe procedury i dokładne monitorowanie procesów budowlanych przez zespół kierowników budowy (CM) i szczególny nacisk na wymagania dotyczące bezpieczeństwa pomógł wyeliminować czynniki ryzyka w odniesieniu do wypadkowości na budowie. W trakcie budowy ściśle przestrzegano wszystkich standardów ochrony środowiska.

*Korzyści.* Możliwość wykorzystania jednego ramowego modelu 3D dla: wizualizacji, analizy konstrukcji były podstawą końcowej korekty modelu 3D, modelu zarządzania z uwzględnieniem przyporządkowanej informacji. Zaoszczędzono około 20% czasu na planowanie i wykonywanie rysunków w AutoCAD oraz na kopiowanie, korektę i nanoszenie zmian. Model 3D zastosowano do oszacowania ilości większości zakresów robót, co uczyniło proces negocjacji z podwykonawcami i dostawcami łatwiejszym. Znacznie poprawiono proces zamówień i dostaw wykonanych elementów i poszczególnych detali. Straty czasu personelu wynikające ze sporów o ilość wykonanych robót zostały znacząco obniżone, co pozwoliło specjalistom zwrócić większą uwagę na jakość wykonywanych prac, jak również znaleźć czas na usprawnienie metod pracy.

### **Biurowiec MG Valda Victoria (2004-2005)**

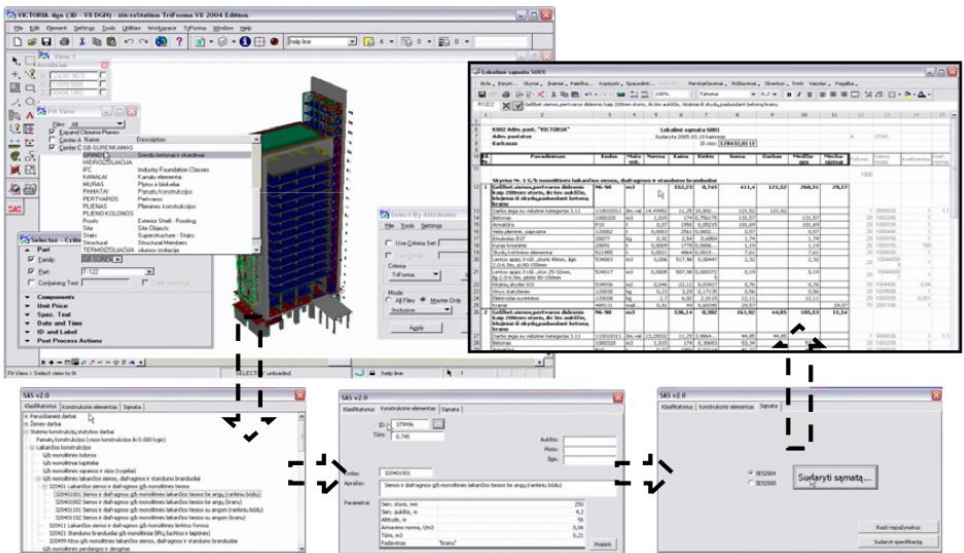
W 2005 roku wykonawca zakończył prace nad nowym biurowcem Victoria w Wilnie, znajdującym się w centrum biznesowym usytuowanym w trójkącie na lewym brzegu Wilii, będącym 16-piętrowym, budynkiem o wysokości 76,3 m o łącznej powierzchni 6500 m<sup>2</sup>.

W trakcie postępowania przetargowego na projektowanie, specjaliści po stronie wykonawców aktywnie poszukiwali technicznych i technologicznych rozwiązań, które mogłyby poprawić jakość budynku i zaoszczędzić środki finansowe zamawiających. Eksperti zaproponowali inwestorowi rozwiązanie unikalne na Litwie polegające na zamianie płyt żelbetowych monolitycznych na prefabrykowane na belkach stalowych, w celu zwiększenia niezawodność konstrukcji oraz skrócenia czasu budowy.

*Oprogramowanie.* Nowym podejściem w tym projekcie było porównanie tradycyjnego projektowania z modelowaniem w 3D. W wyniku przeprowadzonej analizy porównawczej zwrócono uwagę na korzyści płynące z modelowania 3D, mimo konieczności poświęcenia dodatkowego czasu. Zespół projektu został poinformowany o pominiętych rozwiązaniach projektowych i o możliwych problemach z tego wynikających. Modelowanie 3D z wykorzystaniem Bentley Triforma i Bentley Structural potwierdziło zarówno poprawności projektu, jak i jakość w stosunku do technicznej dokumentacji rysunkowej. Model 3D zastosowano do wsparcia przy tworzeniu procedur przetargowych. Opracowano CAES (SAS) – komputerowo wspomaganą



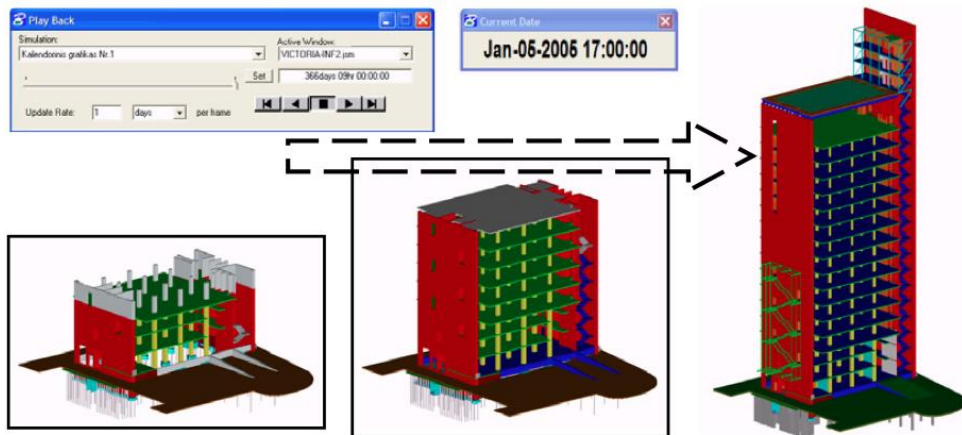
ocenę systemów w budownictwie, opartą na koncepcji BIM łączącą projektowanie konstrukcyjne, szacowanie kosztów oraz planowanie (Migilinskas, Ustinovichius, 2006), (rys. 3). Głównym celem było zapewnienie komputerowo wspomaganą oceny koncepcji projektu pod względem kryteriów ekonomicznych, a tym samym zapewnienie użytkownikowi (projektantowi, CM, wykonawcy lub inwestorowi) możliwości oszacowania kosztu na każdym etapie realizacji. Firma budowlana zapewniła ograniczenie negatywnego oddziaływania inwestycji na środowisko, a w szczególności na pracowników w sąsiednich budynkach z uwzględnieniem nadmiernego hałasu oraz natężenia ruchu w trakcie realizacji inwestycji. Operacyjne planowanie i zarządzanie procesem budowlanym był kolejną przesłanką, aby w przedmiotowej inwestycji zastosować model 3D. Model 3D powiązany z harmonogramem projektu (rys. 4), wykorzystując oprogramowanie Microsoft Project.



**Rys. 3.** Koncepcja BIM łącząca strukturalne projektowanie, oszacowanie kosztów oraz planowanie na biurowcu MG Valda Victoria

Źródło: opracowanie własne.

*Realizacja.* Budowę obiektu rozpoczęto w styczniu 2004 roku i została ona zakończona na początku 2005 roku. Projekt wymagał precyzyjnego spełnienia szeregu wymagań jakościowych i środowiskowych. Wymagane było także odpowiednie zarządzaniem ryzykiem w trakcie budowy.



Rys. 4. Model BIM biurowca MG Valda Victoria połączony z harmonogramem

Źródło: opracowanie własne.

*Korzyści.* Wcześniejsza informacja o pominiętych rozwiązaniach projektowych i możliwych problemach z tego wynikających pomogła wyeliminować opóźnienia oraz oszczędzić czas podczas robót budowlanych. Wczesne rozpoznanie problemu wpłynęło na jakość budowy i szybki proces jej przekazania do użytkowania. Kierownik budowy i kierownik projektu zaoszczędzili około 10% czasu na zapoznanie się z poszczególnymi problemami. Technologia BIM okazała się być pomocna podczas planowania i zarządzania procesami budowy oraz dostawy materiałów budowlanych, ze względu na ograniczenia przestrzenne wynikające z placu budowy oraz sąsiedztwo czynnych obiektów biurowych.

#### Zakład produkcji granulatu i formatek PET (2005-2006)

Kierownictwo budowy dysponowało ograniczonym czasem na podjęcie decyzji biznesowej, gdy Inwestor - wiodący producent granulatu PET i butelek z tworzyw sztucznych w Europie Środkowo-Wschodniej - przedstawił swoje plany inwestycyjne dla zespołu projektowego i zaproponował, aby zespół realizujący uzyskał status partnera budowlanego. Projekt zakładów przetwórstwa z tworzywa PET w Kłajpedzie otrzymał nagrodę Litewski Produkt Roku 2005.

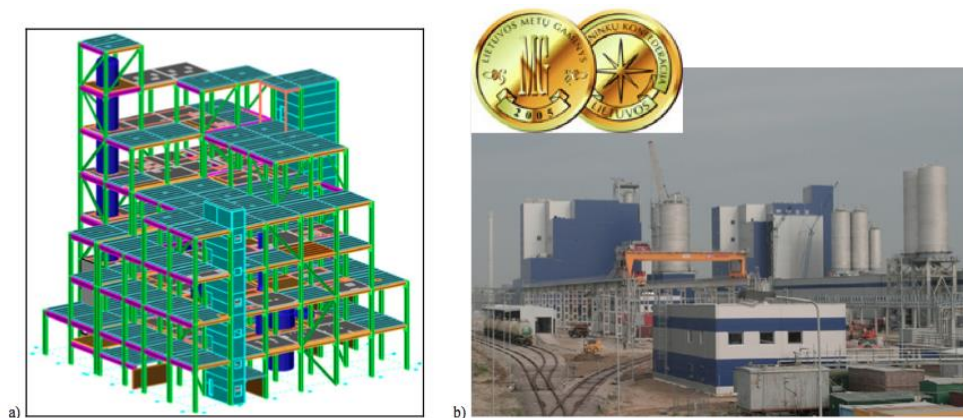
Zespół realizujący stanął przed wielkim wyzwaniem zbudowania fabryki w niespełna 1,5 roku. Pierwszym zadaniem była identyfikacja i oszacowanie ryzyka, ale jeszcze ważniejsze było stworzenie strategii i prognozy odpowiednich działań tak-

tycznych w zarządzaniu. Nastąpiła natychmiastowa mobilizacja zespołu budowlanego i zespół ten rozpoczął wdrażanie niezbędnych procedur w ramach struktury projektu, w tym opracowanie harmonogramu i przygotowanie do rozpoczęcia budowy.

*Oprogramowanie.* W trakcie przygotowania do budowy wstępny model – 3D został wykonany z Bentley Triforma. Połączenie modelu 3D z harmonogramem projektu w Microsoft Project dało możliwość wszechstronnej analizy złożonych prac budowlanych i podzielenia ich na poszczególne etapy realizacyjne i rozpatrywanie ich jako niezależnych, jak również zsynchronizowanych. Przeprowadzona symulacja kilku alternatywnych wariantów budowy pozwoliła na odpowiednie zaprojektowanie robót budowlanych w celu dotrzymania terminu.

Po uzgodnieniu obciążeń i wyborze układu konstrukcyjnego, rozpoczęto prace projektowe i powstał szczegółowy model 3D, który następnie był kilkakrotnie korygowany w trakcie realizacji przedsięwzięcia (rys. 5). Model 3D zastosowano jako narzędzie kontroli, które zarządzający budową przedstawił Inwestorowi w odniesieniu do procesów technologicznych modelu 3D zaprojektowanych przez niemiecką firmę.

*Realizacja.* Wszystkie roboty budowlane i technologiczne dla zakładu produkcji granulatu i formatek PET (rys. 6) powierzono zespołowi zarządzania budową (CM). Obejmowało to przygotowanie szczegółowej dokumentacji rysunkowej, konstrukcji wszystkich głównych budynków produkcyjnych, jak i wszystkich budynków usługowych, zaprojektowanie otoczenia, robót związanych z infrastrukturą i instalacji. Propozycja projektu została przygotowana przez litewską firmę projektową wspólnie z pracownikami zespołu CM. Procesy technologiczne i wyposażenie fabryki zostały zaprojektowane przez niemiecką firmę, dostawcą urządzeń do produkcji polimerów. Zdecydowano, aby prace budowlane głównego bloku polikondensacji i polimeryzacji wykonano w 4 etapach, w 3-4 zsynchronizowanych obszarach. Budowa, dostawa i prace montażowe były zarządzane zgodnie z harmonogramem projektu i żadne opóźnienia nie były akceptowane. Wszystkie, nawet niewielkie zmiany w dostawach czy harmonogramie pracy symulowano w „Bentley Navigator” tak, aby ocenić ich wpływ na punkty synchronizacyjne oraz dokonać czynności kontrolnych procesu.



**Rys. 5.** Model BIM zakładu produkcji z wyposażeniem technologicznym (a) i zdjęcie wykończonego zakładu (b)

Źródło: opracowanie własne.

Organizacja całości prac wymagała nie tylko doświadczenia i umiejętności CM (Construction Managera), ale także całego zespołu liczącego ponad 1000 pracowników pracujących na placu budowy, włączając w to ponad 20 dostawców i podwykonawców. Najbardziej skomplikowany technologicznie budynek był głównym blokiem polikondensacji i polimeryzacji zajmującym powierzchnię 12500 m<sup>2</sup> i 50 m wysokości. Około 150 repozytoriów zostało zainstalowanych, zamontowano również dwa reaktory. Jeden z reaktorów o 4,8 m wadze 125 ton, został wysłany z Niemiec na specjalnej barce, a następnie został przetransportowany z portu w Kłajpedzie na specjalnej 20-metrowej 13-osiowej przyczepie. Zespół CM zatrudnił specjalny żuraw o nośności ponad 500 ton od firmy partnerskiej w pobliżu Estonii.

*Korzyści.* Technologia 3D BIM okazała się bardzo pomocna podczas fazy projektowania, stanowiąc główne narzędzie do tworzenia rysunków konstrukcyjnych pozwalające zminimalizować czas poświęcony na czynności powtarzalne i korekty. Technologia ta umożliwiła również wcześniejsze zdefiniowanie kluczowych punktów technologicznych oraz przygotowanie się do wykonania czynności leżących na ścieżce krytycznej. Pakiet generujący ilościowe informacje, opracowany na podstawie modelu BIM, ograniczył błędy człowieka w odniesieniu do zamówień materiałów i komponentów.

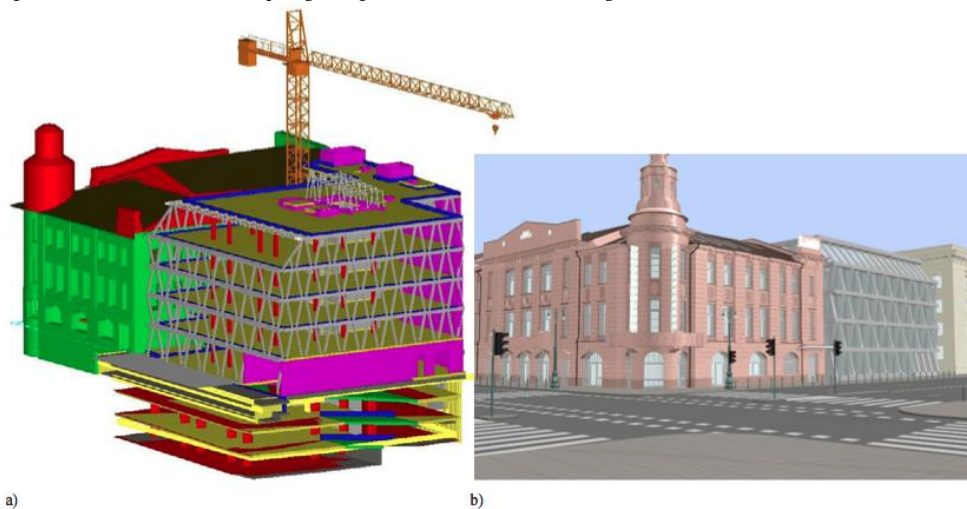
Ekonomiczne korzyści wynikające z wykorzystania systemu i oszczędności uzyskane przez wybrane rozwiązania i dokładne oszacowanie ilościowe przekroczyły

co najmniej 10-krotnie poniesione dodatkowe koszty zarządzania wynikające z zastosowania BIM. Wirtualny Projekt Budowy (VPD) był wykorzystany jako model 3D do symulacji procesu budowy i zarządzania realizacją prac w przestrzeni wirtualnej, które powinny być wykonane z wyprzedzeniem tak aby uniknąć kolizji pomiędzy pracą żurawia a konstrukcją (Popov i in., 2010).

Po otwarciu pierwszej linii produkcyjnej w październiku 2005 roku, właściciel zakładu wybrał ten sam zespół CM w celu określenia przyszłego rozwoju zakładu. Firma wykorzystwała swoje doświadczenie w zarządzaniu projektami z wykorzystaniem modelu 3D z pierwszej etapu i zakończyła wszystkie nowo uzgodnione instalacje budowlane, technologie i rurociągi w ciągu sześciu miesięcy.

### **Budynek biurowy na ul. Gedimino 35 (Wilnius (2008–2012))**

W 2008 roku rozpoczęto prace związane z modernizacją budynku administracyjnego w sercu Starego Miasta w Wilnie. Stary budynek na ul. Gediminas 35 został zbudowany w 1913 roku i należy do dziedzictwa kulturowego Litwy. Projekt modernizacji zakładał powstanie kompleksu budynków: budowę nowego budynku i odnowienie starego budynku administracyjnego (rys. 6). Całkowita powierzchnia kompleksu to 10200 m<sup>2</sup>, na którą składa się z 3 kondygnacyjny podziemny parking o powierzchni 2900 m<sup>2</sup>, 4-piętrowy istniejący i 5-piętrowy nowy budynek o powierzchni 6300 m<sup>2</sup> z przeznaczeniem na wynajem powierzchni biurowej.



**Rys. 6.** Model BIM budynku biurowego na ul. Gedimino 35 z 3D dźwigiem do prac montażowych i wizualizacji architektury

Źródło: opracowanie własne.

Głównym wyzwaniem było zapewnienie efektywnej współpracy między różnymi uczestnikami procesu inwestycyjnego i programistów. Interoperacyjność i współpraca uczestników dla realizacji przedsięwzięcia była głównym problemem, biorąc pod uwagę fakt, że projekt architektoniczny powstawał w Niemczech a projekt konstrukcyjny technologii i zarządzania w różnych częściach Litwy.

*Realizacja.* Podziemna konstrukcja (połowa z 3-kondygnacji znajdowała się poniżej poziomu wody gruntowej) wykonana z betonu monolitowego, zaś parter budynku wykonany został z zewnętrznej stalowej ramy zespolonej z nośną konstrukcją betonową (zastosowano specjalne elementy izolacji termicznej mostka tak, aby zapewnić odpowiednią efektywność energetyczną).

*Oprogramowanie.* W ramach przedsięwzięcia wykorzystano następujące oprogramowanie: Nemetschek Allplan Architektura - architektura i wizualizacje; Bentley Structural - 3D modelowanie strukturalne, Nemetschek SCIA Inżynier - analiza konstrukcyjna i projektowanie; Nemetschek Allplan Inżynieria - detale konstrukcji żelbetowych, rysunki, BOM; Tekla Structures - detale konstrukcji stalowych, rysunki, BOM; AutoCAD & CADVENT - HVAC systemy wodne i kanalizacyjne. Integracja wszystkich elementów konstrukcyjnych zostało wykonane przy użyciu platformy Bentley Triforma.

*Korzyści.* Efektywne wykorzystanie technologii BIM pomogło sprawdzić interoperacyjność zespołów projektowych i zaoszczędzić około 0,5% wartości projektu w fazie projektowania. Dokładne kosztorysy pozwoliły eliminować niepotrzebne spory natury finansowej z dostawcami, a tym samym poprawić relacje pomiędzy zespołem CM, podwykonawcami i dostawcami, które motywowały do wspólnego poszukiwania lepszych rozwiązań.

### 3. Korzyści, ograniczenia, przeszkody związane z wdrożeniem BIM

W 2007 roku Associated General Contractors of America (AGC) opublikowała przewodnik BIM dla wykonawców (Associated General Contractors of America, 2007). Podstawą jego opracowania były doświadczenia wykonawców wdrażających BIM. Podręcznik został zaktualizowany w 2010 roku w oparciu o informacje związane z procesami wdrażania BIM w firmach AECOO, współpracującymi z innymi uczestnikami projektu (Son i in., 2015), jak również szczegółowy przegląd różnego rodzaju oprogramowania, posiadającego cechy funkcjonalne modelowania informacji o budynkach i budowlach. Podstawowym celem przewodnika jest edukacja wszystkich uczestników realizujących przedsięwzięcia w technologii BIM, obejmująca w szczególności korzyści oraz odpowiednie narzędzia i aplikacje. Przedstawiono

podstawowe obowiązki każdego członka zespołu w odniesieniu do procesów BIM oraz zawarto opis głównych obszarów zarządzania ryzykiem (Smith, Tardif, 2009; Gao, Fischer, 2008).

Z punktu widzenia jakości dokumentacji projektowej, użytkownik BIM może podnieść poziom koordynacji dokumentacji, branż i całego zespołu lub poszczególnych uczestników projektu jak również zmniejszyć liczbę błędów i zaniedbań (Cao i in., 2015; Porwal, Hewage, 2013). Usprawniony proces projektowania, poprzez koordynację poszczególnych dokumentów projektowych i poprawne określenie założeń projektowych, zwiększa poziom wymiany informacji i pozwala na oszczędności zasobów w realizacji danego przedsięwzięcia nie ograniczając się jedynie do materiałów, środków finansowych oraz czasu (Migilinskas, Ustinovichius, 2006).

Przedstawiciele ośrodków naukowych i specjaliści z branży AECO pracujący w BIM, przedstawili swoje opinie na temat procesu opartego na tej metodologii sformułowane w oparciu o szereg zrealizowanych analiz, raportów i prac naukowych. Do najważniejszych ograniczeń związanych z wdrożeniem BIM należy zaliczyć:

- uzyskanie maksymalnej korzyści z technologii BIM jest bezpośrednio skorelowane ze zdolnością do maksymalizacji poziomu współpracy przy realizacji danego przedsięwzięcia inwestycyjnego; bez względu na fakt, kto pełni funkcje lidera przedsięwzięcia inwestycyjnego, w przypadku kiedy wszyscy kluczowi członkowie są zaangażowani na odpowiednim poziomie maksymalizuje to korzyści wynikające z pracy całego zespołu projektowego;
- w większości przypadków członkowie zespołu realizującego dane przedsięwzięcie inwestycyjne przyzwyczajają się do pracy z konkretnym narzędziem (oprogramowani i sprzęt) i często transfer informacji w odniesieniu dla pozostałych uczestników jest ograniczony z powodu niezgodności wynikającej z przekazu danych; nieskutecznie przekazywane dane muszą być odzyskiwane i należy ponieść dodatkowe wysiłki, aby dokonać transferu informacji do innych narzędzi;
- uczestnicy przedsięwzięcia inwestycyjnego wykorzystują inteligentne modele w odniesieniu do wybranego jego zakresu tak, aby wspomóc swoje tradycyjny sposób postępowania nie ograniczając się do projektu, czasu i oceny adekwatności kosztów; główna koncentracja działań skupia się na najbardziej kosztownym lub najbardziej ryzykownym zakresie prac, który powinien podlegać szczegółowej ocenie w oparciu o wiarygodne źródła informacji; wdrożenie po raz pierwszy niektórych zaawansowanych inteligentnych rozwiązań takich jak na przykład Wirtualny Projekt Realizacji pokazuje, że brak niezbędного doświadczenia i prowadzi do czasochłonnych

poszukiwań rozwiązań oraz drogich konsultacji z posiadaczami najlepszych praktyk rynkowymi; najczęściej wirtualne tło oraz gotowe modele są traktowane jako powierzchowne i nie godne zaufania;

- aby efektywnie korzystać z BIM, projekt musi być opracowany wspólnie (jak to jest powszechne w modelach 3D/4D), tak jak w schematach w zarządzania budową pod ryzykiem (CM @ R) lub projektuj-buduj (DB); jednak doświadczenie pokazuje, że nadal istnieją konkretne korzyści tradycyjnego podejścia projekt-przetarg-budowa (DBB);
- istnieje wiele barier powstrzymujących członków projektu przed wykorzystaniem najnowszych technologii w tym BIM; te bariery to między innymi obawa zbyt małego sukcesu lub wręcz porażki, wysokie początkowe koszty inwestycji, czas niezbędny do nauki oprogramowania; być może dla wielu największą przeszkodą jest brak wsparcia ze strony starszego kierownictwa firmy (konserwatywne podejście);
- w celu przeprowadzenia modelowanie 4D należy wziąć pod uwagę w sposób efektywny, kwestie wyboru oprogramowania do modelowania 3D/4D biorąc pod uwagę ich ograniczenia, sposób zarządzania informacją i eliminację problemów wynikających z wymiany danych oraz wykorzystania właściwego sprzętu, a także problem dostosowania kwalifikacje organizacyjnych i zawodowych;
- ostatnią przeszkodą w realizacji BIM jest brak wiedzy w zakresie standardów i zasad wdrożenia BIM niektórych uczestników projektu, obowiązków wynikających z umów oraz nieujednoliconą dokumentacji w niektórych krajach lub regionach (jak Unia Europejska, Ameryka, Azja i innych), (Ford i in., 1995; Migilinskas, Ustinovichius, 2006; Smith, Tardif, 2009; Popov i in., 2010; Gao, Fischer, 2008; Thomassen, 2011).

To, jakie problemy dominują w trakcie realizacji projektu zależy od ustaleń umownych (system kontraktów i uwarunkowania prawne umów w każdym kraju) w odniesieniu do realizacji projektu, ponieważ te rozwiązania tworzą ogólną atmosferę i klimat relacji pomiędzy członkami projektu (Sacks i in., 2010).

Ustalenia umowne w przypadku umów ryczałtowych pomiędzy zespołem zarządzającym budową (CM) i klientem i zwrotne między CM a dostawcami mogą doprowadzić do sytuacji, w którym każdy członek zespołu projektowego dąży przede wszystkim do osiągnięcia indywidualnych korzyści, a nie realizacji celów projektu. W związku z tym, wszystkie problemy wymienione powyżej mogą stanowić istotne bariery dla wdrożenia metodologii BIM w pełnej skali. W tym przypadku tylko wybrane elementy technologii BIM mogą być wykorzystywane przez różnych uczestników projektu do wywiązania się z ich zadań (Popov i in., 2010).



Przeciwnie, zintegrowana realizacja projektu (IPD) i jej ustalenia umowne prowadzą do minimalizacji wymienionych powyżej problemów, stanowiąc najlepsze warunki dla pełnego zakresu stosowania metodologii BIM oraz wykorzystania w pełni jej zalet. Zintegrowana realizacja projektu z metodologią BIM tworzy wartość dodaną i najbardziej korzystną dla użytkownika końcowego budynku lub budowl (społeczeństwa, właścicieli budynków lub najemców) środowiska kompilacji.

Przewidywane korzyści według grup użytkowników obejmują:

- rząd i odbiorcy:
  - poprawa przejrzystość w zamówieniach publicznych;
  - poprawa dokładności oceny;
  - redukcja kosztów przetargów publicznych;
  - możliwość stworzenia nowych miejsc pracy;
  - możliwość promowania innowacji;
  - zwiększenie konkurencyjności;
  - stworzenie nowych przedsiębiorstw w nowych i istniejących sektorach budownictwa;
- zamawiający, deweloperzy, inwestorzy prywatni:
  - redukcja kosztów cyklu życia obiektu budowlanego;
  - redukcja liczby zmian projektowych;
  - większa liczba projektów zrealizowanych na czas;
  - poprawa jakości;
- projektanci:
  - szybsze projektowanie;
  - zmniejszenie liczby popełnianych błędów;
  - większy zysk;
  - możliwość uczestniczenia w międzynarodowych projektach budowlanych;
- wykonawcy:
  - poprawa dokładności procesu kosztorysowania;
  - dokładne szacunki przepływów pieniężnych;
  - jakościowe zarządzanie zasobami;
  - redukcja kosztów;
  - poprawa konkurencyjności i rentowności;
  - możliwość udziału w międzynarodowych projektach budowlanych.

## Podsumowanie

Informacje i dane zgromadzone w wyniku studiów przypadków pozwoliły wskazać potencjalne korzyści wynikające z zastosowania koncepcji BIM. Doświadczenia uczestników projektów jako zespołów pozwoliły zdefiniować proces podejmowania decyzji przed rozpoczęciem wdrożenia BIM, jak również opracować rekomendacje dotyczące planowania procesów BIM w małych przedsiębiorstwach z różnych oprogramowaniem i korzystających z różnej metodologii prac.

Wdrożenie BIM wymaga pilnego rozwoju niezawodnych narzędzi do wymiany danych między użytkownikami zróżnicowanego oprogramowania i jednocześnie umożliwiających efektywną i bezpośrednią koordynację i monitoring procesów pomiędzy uczestnikami projektu i członkami zespołów. W celu upowszechniania koncepcji BIM, niezbędna jest standaryzacja metod pracy.

## Literatura

1. Associated General Contractors of America (AGC), (2007), *AGC Contractors' Guide to BIM*, <http://newsletters.agc.org/buildingmaterial/2010/02/15/the-contractors-guide-to-bim-2nd-edition/> [04.04.2015]
2. Cao D. i in. (2015), *Practices and effectiveness of building information modelling in construction projects in China*, *Automation in Construction* 49, s. 113-122
3. Ding L., Zhou Y., Akinci B. (2014), *Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD*, *Automation in Construction* 46, s. 82-93
4. Eastman C. i in. (2008), *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*, Hoboken, Wiley, New Jersey
5. Ford S. i in. (1995), *An information engineering approach to modelling building design*, *Automation in Construction* 4 (1), s. 5-15
6. Froese T. (2003), *Future directions for IFC-based interoperability*, *ITcon* 8, Special Issue IFC – Product models for the AEC arena, <http://www.itcon.org/2003/17> [04.04.2015], s. 231-246
7. Gao J., Fischer M. (2008), *Framework & Case Studies Comparing Implementations & Impacts of 3D/4D Modeling Across Projects*, CIFE Technical Report #TR172 March 2008 Stanford University, <http://cife.stanford.edu/node/141> [04.04.2015]
8. Grilo A., Jardim-Goncalves R. (2010), *Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments*, *Automation in Construction* 19, s. 522-530
9. Jung Y., Joo M. (2011), *Building information modelling (BIM) framework for practical implementation*, *Automation in Construction* 20, s. 126-133

10. Kim H. i in. (2013), *Generating construction schedules through automatic data extraction using open BIM (building information modeling) technology*, Automation in Construction 35, s. 285-295
11. Lee S., Ha M. (2013), *Customer interactive building information modeling for apartment unit design*, Automation in Construction 35, s. 424-430
12. Leite F. i in. (2011), *Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models*, Automation in Construction 20, s. 601-609
13. Love P.E.D. i in. (2014), *A benefits realization management building information modeling framework for asset owners*, Automation in Construction 37, s. 1-10
14. Miettinen R., Paavola S. (2014), *Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling*, Automation in Construction 43, s. 84-91
15. Migilinskas D., Ustinovichius L. (2006), *Computer-aided modelling, evaluation and management of construction project according PLM concept*, Lecture Notes in Computer Science 4101, s. 242-250
16. Popov V. i in. (2010), *The use of A Virtual Building design and Construction model for developing an effective Project concept in 5D environment*, Automation in Construction 19 (3), s. 357-367
17. Porwal A., Hewage K.N. (2013), *Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects*, Automation in Construction 31, s. 204-214
18. Sacks R., Radosavljevic M., Barak R. (2010), *Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction*, Automation in Construction 19, s. 641-655
19. Sacks R., Eastman C.M., Lee G. (2004), *Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete*, Automation in Construction 13 (3), s. 291-312
20. Smith D. K., Tardif M. (2009), *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide For Architects, Engineers, Constructors, And Real Estate Asset Managers*, John Wiley & Sons, New Jersey
21. Son H., Lee S., Kim Ch. (2015), *What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architects' behavioral intentions*, Automation in Construction 49, s. 92-99
22. Thomassen M. (2011), *BIM & Collaboration in the AEC Industry*, Construction Management, Master's (MSc) Thesis, [http://projekter.aau.dk/projekter/files/55376698/BIM\\_Collaboration\\_in\\_the\\_AEC\\_Industry\\_by\\_Mats\\_Thomassen.pdf](http://projekter.aau.dk/projekter/files/55376698/BIM_Collaboration_in_the_AEC_Industry_by_Mats_Thomassen.pdf) [04.04.2015]

# **Implementation of information technologies in construction - practical case study**

## **Abstract**

In the era of great development of information technologies and the wider telecommunications, appeared a natural need to develop and implement a unified system of digital building information modeling. The rapid development of design technology in the field of architecture, engineering and construction, continuously adapt the conceptual apparatus for building information modeling and buildings (BIM). BIM Technology adopts a new definition, as a universal tool for describing various elements of intelligent virtual 3D model of a building combining a series of sequential steps related to the investment, such as requirements of design, construction, operation and demolition optimizations and preparations. In the article, the authors review the different stages and trends in the development of BIM concept based on the example of the four case studies of real estate projects in which BIM elements have been adopted by the participants of the project. The article presents both benefits and problems arising in the practical implementation of BIM, indicating the recommendations for future users.

## **Keywords**

building information modeling, product lifecycle management, virtual project development, case studies, practical implementation

## **Author information**

### **Leonas Ustinovičius**

Białystok University of Technology  
Wiejska 45A, 15-351 Białystok, Poland  
Vilnius Gediminas Technical University  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania  
e-mail: leonas959@gmail.com

### **Dariusz Walasek**

Warsaw University of Technology  
Al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa, Poland  
e-mail: d.walasek@il.pw.edu.pl

**Romas Rasiulis**

Vilnius Gediminas Technical University  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania  
e-mail: romarasi@gmail.com

**Jovita Cepurnaite**

SA „Geležinkelių projektavimas“  
Iešminikų 17A, LT-02151 Vilnius, Lithuania  
e-mail: jovita.cepurnaite@gmail.com