

## Modelowanie informacji BIM 4D na przykładzie modernizacji klatki schodowej

Od kilku lat inżynier jest zapewniany o konieczności projektowania, budowania i eksploatacji obiektu budowlanego zgodnie z regułami BIM (ang. „Building Information Modeling” – modelowanie informacji o obiektach budowlanych). BIM nie jest nową technologią. Jest to raczej idea zintegrowanego procesu projektowania, budowania i eksploatacji obiektów budowlanych. Postępowanie zgodnie z zasadami BIM-u ma zapewnić inwestycji zmniejszenie liczby błędów w projektowaniu i wykonawstwie, ułatwić realizację projektu, obniżyć koszt inwestycji (bo mniej błędów w projektach).

W niniejszym artykule przeanalizowano proces projektowania zgodny z ideą BIM, posługując się jednym z programów wykorzystywanych w tego rodzaju projektowaniu. Omawiany przykład jest prosty, ale wymaga zaprojektowania kilku niezależnych wariantów i precyzyjnego etapowania prac. Krótko przedstawiono też samą ideę BIM – jej założenia, kierunki rozwoju oraz zalety i wady.

### Building Information Modeling

• **Co to jest BIM?** BIM umożliwia projektowanie obiektu zgodnie z podejściem from cradle to grave (od kołyski do grobu), czyli modeluje się obiekt przez cały czas istnienia (wirtualnego i rzeczywistego), od samego zamierzenia inwestorskiego aż do wyburzenia obiektu.

Realizacja tej idei jest możliwa przez zastąpienie tradycyjnej dokumentacji budowlanej cyfrowym modelem opisującym w przestrzeni trójwymiarowej obiekt budowlany, uzupełnionym wieloma informacjami dodatkowymi niezbędnymi do pełnej analizy fizycznej, kosztowej, funkcjonalnej. Model taki składa się z odpowiednich obiektów (elementów) odpowiadających funkcjonalnie wbudowywanym elementom (np. drzwi, okna) lub przegrodom (ściany, stropy). Każdy obiekt (element) ma określony zestaw cech, które w zależności od rodzaju elementu oraz potrzeb umożliwiają wykonanie zestawień materiałowych, analizę kosztów lub mogą stanowić pewne ułatwienie przy przygotowywaniu modelu obliczeniowego. Oczywiście dodawanie tych informacji wymaga czasu, jednak każda informacja dodana do modelu może zostać wykorzystana w dowolnym miejscu i czasie, a modyfikacja cechy, takiej jak np. położenie ściany w przestrzeni, powoduje, że automatycznie jest aktualizowany każdy rysunek, każde zestawienie zawierające daną ścianę. W modelu BIM informacja nie powinna się powtarzać. Celem BIM-u jest tworzenie jednej spójnej bazy kompletnej informacji o obiekcie, z której korzysta projektant, wykonawca, użytkownik.

Modelowanie przestrzenne jest dość czasochłonne i żmudne, ale – jak pokazuje doświadczenie – projektowanie 3D zmniejsza liczbę błędów w projektach, np. przez łatwość wychwytywania kolizji. Czasem wręcz programy nie pozwalają na modelowanie pewnych elementów, jeśli kolizja jest oczywista. Nie jest też możliwe „oszukiwanie” przy wymiarowaniu – jeśli chce się zmienić wymiar ściany, trzeba zmienić model. To pozornie uciążliwe utrudnienie tak naprawdę oszczędza czas, ponieważ cała dokumentacja jest w całości spójna (precyzyjna); nie da się stworzyć rozbieżnych rysunków, jeśli przy współpracy kilku osób lub pracy w kilku programach w jakiś sposób zapewni się, żeby każdy pracował na aktualnym modelu.

W skrócie można powiedzieć, że BIM to pewna idea zachęcająca do pełnej integracji oprogramowania stosowanego w budownictwie, do wykonywania projektów w przestrzeni trójwymiarowej, do uzupełniania projektów o np. właściwości materiałów, o parametr czasu, kosztów itp. Oprogramowanie BIM ma obejmować cały cykl życia obiektu – od koncepcji, przez budowę, eksploatację aż do rozbiórki. Nie ma definicji programu BIM. Na obecnym etapie rozwoju oprogramowania przyjmuje się, że BIM można realizować przez zbiór programów komputerowych obsługujących format wymiany danych IFC; por. [2, 3].

• **Terminologia związana z BIM-em.** W zależności od stopnia wdrożenia BIM-u w poszczególnych etapach procesu projektowego i inwestycyjnego rozróżnia się następujące jego rodzaje (por. [1]):

– **BIM 3D** – jest to najprostsza postać BIM-u, polegająca na wykorzystaniu modelu wyłącznie do przygotowania dokumentacji projektowej budynku, należy jednak odróżnić ten sposób modelowania od projektowania obiektu w 3D w programie CAD; zgodność z ideą BIM wymaga, aby obiekt budowany był podzielony na funkcjonalne części z przypisanymi określonymi właściwościami;

– **BIM 4D** – polega na rozszerzeniu modelu BIM 3D o element czasu; oznacza to, że do elementów modelu przypisuje się informacje z harmonogramu budowlanego, czyli planowany, a także później rzeczywisty czas wykonania elementu, ewentualnie również czasy rozbiórki w przypadku komponentów wyburzanych lub tymczasowych;

– **BIM 5D** – oznacza dodanie do poprzedniego modelu informacji o kosztach poszczególnych prac; zostaje zautomatyzowany (teoretycznie) proces tworzenia kosztorysów;

– **BIM 6D** – model obiektu budowlanego w tym ujęciu jest wzbogacony o informacje dotyczące charakterystyki energetycznej budynku, w fazie projektowania – planowanej, a w fazie użytkowania – rzeczywistej (np. wyznaczonej za pomocą kamer termowizyjnych);

– **BIM 7D** – termin ten oznacza wykorzystanie modelu obiektu budowlanego do zarządzania nim w fazie użytkowania.

• **Format IFC.** Format IFC (ang. Industry Foundation Classes) powstał w połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku jako proponowany standard wymiany danych między różnymi programami z AEC (ang. Architecture, Engineering and Construction); por. [2, 3]. Format ten ma zapewniać możliwie szerokie zapisanie informacji o dowolnym obiekcie budowlanym. Specyfikacja formatu jest otwarta, publicznie dostępna i jest zarejestrowana przez organizację ISO oraz stanowi oficjalny standard ISO 16739:2013 [4]. Każdy program zgodny z ideą BIM powinien korzystać z plików IFC.

Struktura pliku IFC jest oparta na modelu diagramu związków encji<sup>1)</sup>, czyli można porównać ją do struktury relacyjnej bazy danych, w której poszczególne encje są powiązane ze

<sup>1)</sup> encje (ang. entity) – w bazach danych encja oznacza reprezentację obiektu (w sensie informatycznym). Przykładem encji jest np. obiekt „ściana”, atrybutami encji są np. wymiary ściany, materiały, układ warstw itp.

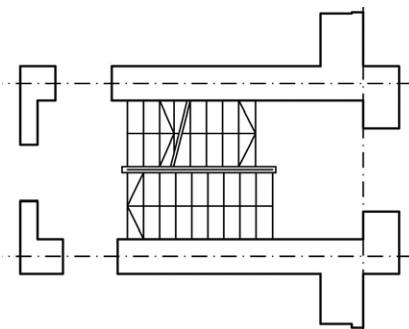
sobą rozmaitymi relacjami. Te powiązania są szczególnie istotne, ponieważ umożliwiają bardzo szeroki i elastyczny opis elementów jakiegoś obiektu – jest możliwe wykorzystanie bardzo wielu różnych encji pozwalających na zapisanie niemal każdej istotnej informacji. Tak więc oprócz takich podstawowych informacji o elemencie, jak jego geometria i lokalizacja można też zapisać informację o rodzaju materiału, producencie, powiązaniach z innymi elementami (np. rodzaj połączenia belki ze ścianą). Ważne jest, żeby zaznaczyć, że opisy nie wyglądają jak lista właściwości przypisana do każdego elementu; są przypisane raczej odniesienia do innych encji. Oznacza to, że rozpatrując np. segment ściany, jedną z jej właściwości jest rodzaj materiału, który jest wskazany przez odniesienie do innego obiektu, np. „Beton klasy C30/37”. Taka struktura pozwala później na bardzo szybkie uzyskiwanie różnych informacji. Dzięki powiązaniom od razu wiadomo, w których elementach zastosowano dany materiał. Organizacja danych jako zestawu statycznych opisów właściwości każdego elementu w celu uzyskania podobnego zestawienia wymagałaby sprawdzenia właściwości każdego elementu z osobna. Zastosowanie modelu relacyjnego pozwala też uniknąć redundancji danych oraz ułatwia ich walidację.

### Opis istniejącego obiektu i jego dokumentacji

• **Opis obiektu.** Obiektem, na którego przykładzie zostanie wykonana analiza efektywności oprogramowania BIM, jest klatka schodowa w kilkudziesięcioletniej kamienicy zlokalizowanej przy ul. Rakowieckiej w Warszawie.

Jest to budynek typu klatkowego, a więc dostęp do części lokali jest zapewniony wyłącznie przez tę jedną klatkę. Fakt ten będzie bardzo istotny przy planowaniu modernizacji budynku. Budynek ma 7 kondygnacji: piwnicę, 5 kondygnacji mieszkalnych i poddasze. Wysokość piwnicy wynosi 268 cm, a pozostałe kondygnacje mają po około 335 cm.

Istniejącą geometrię klatki schodowej przedstawiono na rys. 1. Model 3D wykonano na podstawie dokumentacji 2D zawierającej rzuty i przekroje klatki schodowej sporządzone na podstawie inwentaryzacji architektoniczno-budowlanej.

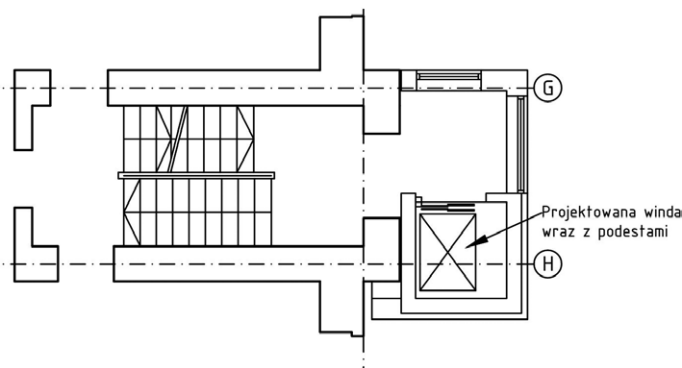


Rys. 1. Rzut parteru klatki schodowej (stan obecny)

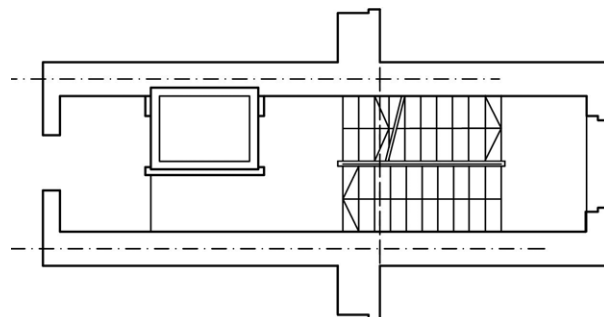
• **Planowana modernizacja budynku.** Zamierzeniem inwestora jest wybudowanie windy w istniejącej klatce schodowej. Rozważane są trzy główne opcje:

- 1) dostawienie szybu windowego na zewnątrz klatki schodowej (rys. 2);
- 2) wybudowanie szybu w środku, z jednoczesnym przesunięciem biegów schodów (rys. 3);
- 3) wykonanie szybu w miejscu jednego biegu schodów, który zostanie zastąpiony schodami dostawionymi na zewnątrz (rys. 4).

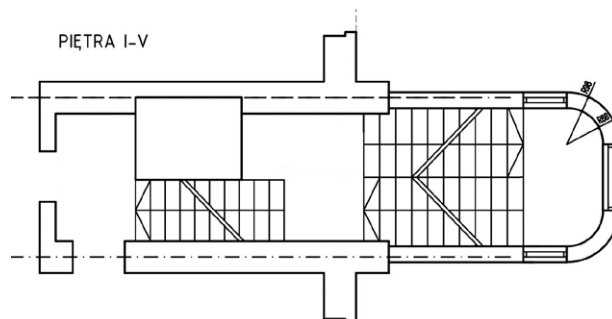
Bez wątpliwości pierwszy wariant (por. rys. 2) będzie się cechował najniższym kosztem wykonania i małą uciążliwością prac budowlanych dla mieszkańców. Jego wadą będzie jednak mała użyteczność windy z uwagi na konieczność jej zatrzymania się na półpiętrach.



Rys. 2. Pierwszy wariant przebudowy klatki schodowej



Rys. 3. Drugi wariant przebudowy klatki schodowej



Rys. 4. Trzeci wariant przebudowy klatki schodowej

Drugi wariant (por. rys. 3) zapewni dużo lepszą funkcjonalność – winda zatrzymuje się na poszczególnych piętrach. Koszt tego rozwiązania jest jednak największy; uciążliwość przebudowy również nie przemawia za tym rozwiązaniem.

Trzeci wariant (por. rys. 4) wydaje się rozwiązaniem najlepszym, ponieważ uciążliwość prac budowlanych będzie podobna jak w wariantcie pierwszym, przy zapewnieniu funkcjonalności podobnej do wariantu drugiego.

Ważną zaletą BIM-u w przypadku tego projektu jest możliwość pokazania w czytelny sposób (wizualizacja 3D) osobom zainteresowanym najważniejszych cech wszystkich wariantów, bez konieczności uciążliwego analizowania tradycyjnej dokumentacji budowlanej (rzutów i przekrojów).

### Przygotowanie dokumentacji z zastosowaniem BIM-u

• **Modelowanie budynku.** Model wykonano w programie BIM Revit 2015 firmy Autodesk. Programy BIM są niezwykle rozbudowane, zawierają wiele różnych funkcji i jest potrzebne pewne doświadczenie w posługiwaniu się tego rodzaju oprogramowaniem. Dużym wyzwaniem jest przyzwyczajenie do projektowania 3D. Pierwszym krokiem wykonania modelu było zaimportowanie dostarczonej dokumentacji jako podkładu do tworzenia modelu 3D. Następnym etapem przygotowania modelu było ustalenie poziomów, na jakich znajdują się

poszczególne piętra (pomocne może się okazać również utworzenie poziomów spoczynków).

Kolejnym krokiem jest ustalenie rodzajów ścian i elementów, jakie występują w budynku (z jakich warstw składają się ściany, stropy, schody itd.). Należy pamiętać, żeby nie zostawiać materiału warstwy bez przypisanej kategorii. Inną ważną uwagą jest, aby od samego początku pilnować funkcji elementu – jeśli jest to element konstrukcyjny, to należy go modelować jako konstrukcyjny, a nie architektoniczny (nienośny).

Po takim przygotowaniu można już przystąpić do modelowania geometrii budynku. Na początku należy wymodelować istniejący stan budynku.

Po stworzeniu bazy do modyfikacji można przystąpić do modelowania opcji modeli. Najlepiej jest od początku ustawić kilka etapów prac i później sukcesywnie przypisywać etapy wyburzenia do konkretnych elementów. Należy pamiętać też, że element nie może zmienić swoich właściwości w czasie swojego „życia” (jest to istotna wada programu). W sytuacjach takich, że ściana zostanie rozbudowana, a np. w stropie może zostać wycięty otwór, nie można wykorzystać standardowych możliwości oprogramowania i trzeba sięgać do pewnych sztucznych zabiegów.

Cały proces modelowania można łatwo kontrolować dzięki widokowi 3D, który znacznie ułatwia zweryfikowanie wszelkich błędów, szczególnie jeśli chodzi o położenie elementów, ale też poprawność przypisania etapów utworzenia i wyburzenia elementów.

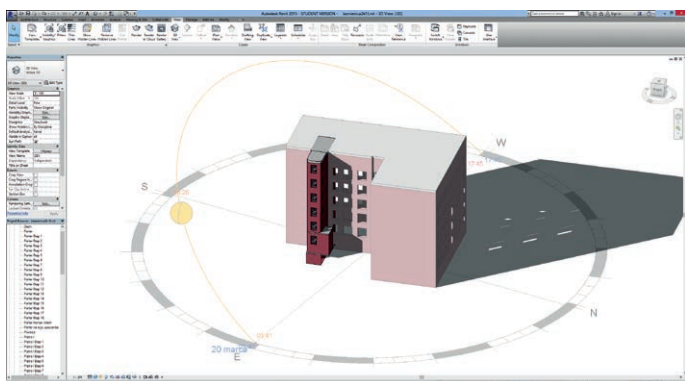
• **Analiza nasłonecznienia budynku.** Programy modelowania przestrzennego oferują bardzo wygodne narzędzie do analiz nasłonecznienia. Dane, jakie są potrzebne, aby przeprowadzić taką analizę, to lokalizacja budynku (długość i szerokość geograficzna) oraz azymut jednej ze ścian budynku.

Po określeniu położenia budynku w przestrzeni jest możliwe przeprowadzenie kilku rodzajów analiz. Są to analizy:

- statyczna oświetlenia w jednym położeniu słońca,
- jednodniowa,
- wielodniowa,
- oświetlenia „bocznego” do celów wizualizacji.

W przypadku analizowanego projektu najbardziej przydatna okazuje się opcja analizy jednodniowej z uwagi na warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [7], z których wynika, że w dniach równonocy wymagany czas nasłonecznienia pokoju mieszkalnego powinien wynosić co najmniej 1,5 h w godzinach 7<sup>00</sup>–17<sup>00</sup>.

Analizę nasłonecznienia przeprowadzono przez wykonanie symulacji padania cienia na okna w dniu równonocy wiosennej. Wynikiem analizy jest godzina całkowitego zacielenia rozważanego okna. Przykładową analizę oświetlenia przeprowadzoną w programie Autodesk Revit pokazano na rys. 5. Wyniki analizy zebrano w tablicy.



Rys. 5. Analiza słoneczna opcji z windą na zewnątrz

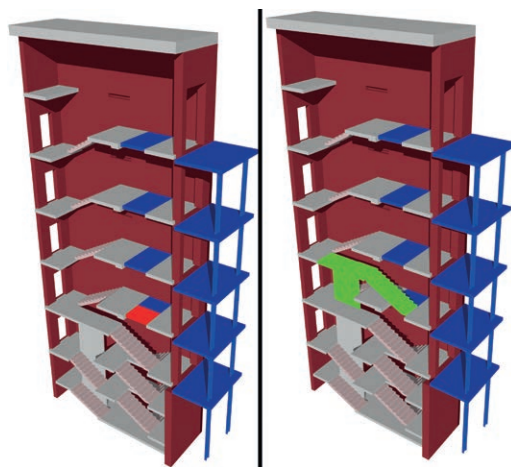
Zestawienia wyników analizy nasłonecznienia

Opcja projektowa	Stan istniejący	1	2	3
Godzina końca nasłonecznienia okna kuchni	10 <sup>00</sup>	7 <sup>30</sup>	6 <sup>40</sup>	6 <sup>45</sup>
Godzina końca nasłonecznienia okna pokoju	10 <sup>30</sup>	9 <sup>15</sup>	8 <sup>30</sup>	8 <sup>30</sup>

• **Wykonywanie harmonogramu 4D i wizualizacji.** Harmonogram 4D wykonano w programie Autodesk Navisworks. Pracę w tym programie należy rozpocząć od wyeksportowania modelu z Revita. Wprawdzie program Navisworks potrafi importować aktywne pliki Revita, jednak efekty są słabe (istotna wada oprogramowania) – geometria przenosi się nie tak jak powinna, a wiele właściwości elementów albo jest pozamienianych (np. etap wykonania przypisany jako materiał), albo w ogóle zostaje utraconych. Właściwą metodą przeniesienia modelu jest eksport z Revita przez odpowiednią wtyczkę. Navisworks nie interpretuje wszystkich danych, jakie są zawarte w modelu. Jednak jest możliwe wykorzystanie nieznanych w programie danych, m.in. do filtrowania elementów, np. w przypadku etapów utworzenia i wyburzenia elementów. Navisworks „nie wie”, co oznaczają te cechy, ale można je wykorzystać do przefiltrowania odpowiednich elementów przy tworzeniu harmonogramu, nie trzeba ręcznie od nowa zaznaczać każdego elementu i przypisywać mu na nowo tych etapów; zamiast tego zaznacza się grupę o ustalonym etapie utworzenia/wyburzenia i przypisuje od razu całej grupie odpowiednie właściwości.

Po przeniesieniu modelu do Navisworksa i przypisaniu komponentom odpowiednich etapów trzeba te etapy jeszcze umieścić na osi czasu. Czasy trwania poszczególnych etapów/robót można zaimportować z harmonogramu utworzonego w programie MS Project lub innym o podobnej funkcjonalności.

Wizualizację modelu można wykonać w programach modelowania 3D, jednak gdy szczególnie istotną jest jakość, to dużo lepsze jest użycie wymienionego programu do wizualizacji. Navisworks wydaje się natomiast niezastąpiony, gdy jest potrzebne wykonanie animacji powstawania budynku, ponieważ można ją wykonać od razu po wykonaniu harmonogramu 4D. Dwa przykłady takiej animacji przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Przykładowe klatki animacji modernizacji budynku

• **Tworzenie dokumentacji budowlanej.** Wykonywanie dokumentacji w BIM-ie jest bardzo łatwym i szybkim etapem pracy. W przytoczonym przykładzie jednak powstaje pewien problem przy korzystaniu z opcji projektowych, gdyż wybór opcji projektowej działa globalnie w przypadku całego projektu, czyli nie da się np. stworzyć arkusza z dwiema różnymi opcjami projektowymi. Trzeba też pamiętać o zmianie opcji

projektowej przy drukowaniu odpowiednich arkuszy (kolejna wada oprogramowania).

Innym problemem jest to, że nie można wykorzystać jednego widoku/przekroju na arkuszach więcej niż jeden raz. Dlatego aby pokazać kilka różnych etapów wykonania projektu, trzeba duplikować przekroje. Wbrew pozorom ma to jednak dość duży sens, ponieważ jeśli daloby się wykorzystać jeden przekrój kilka razy (tylko ze zmienionym etapem robót), to pojawiłby się problem z wymiarowaniem – wymiary musiałyby, podobnie jak komponenty budynku, mieć przypisane etapy, w których mają być widoczne. Takie rozwiązanie wydaje się niepotrzebną komplikacją.

Po ustawieniu odpowiedniej liczby przekrojów pozostaje odpowiednie ich opisanie. Większość elementów opisu dodaje się bez większych problemów. Wymiarowanie jest sformatowane zadowalająco przy domyślnych ustawieniach. Domyślne opisy schodów niestety znacząco różnią się od tych, jakie zazwyczaj spotyka się w praktyce.

Niestety, przy wielu etapach robót i wielu kopiach rzutów przekrojów trzeba również utworzyć oddzielne arkusze do każdego etapu.

### Porównanie efektywności BIM-u z tradycyjnym sposobem pracy

• **Wykonywanie dokumentacji budowlanej.** Dokumentacja wykonywana na podstawie modelu BIM właściwie jest pozbawiona kolizji. Do tego jej wykonanie sprowadza się do opisanie rysunku generowanego automatycznie.

W przypadku tradycyjnego rysowania przekroju nakład pracy zależał od stopnia jego skomplikowania, a praca poświęcona na wykonanie innych rysunków (np. rzutów) w niewielkim stopniu przekładała się na skrócenie czasu jego wykonywania. W przypadku BIM-u praca wykonana przy tworzeniu rzutów od razu jest widoczna na przekroju – w końcu tworzy się model, a nie dwuwymiarowe, niezależne rysunki. Dodatkowo czas tworzenia przekroju w niewielkim stopniu zależy od stopnia jego skomplikowania, ponieważ do projektanta należy głównie kontrola czytelności i estetyki rysunków. Wszelkie opisy można wygenerować automatycznie, trzeba je później tylko odpowiednio rozmieścić. Przekroje często są wykonywane niejako jednocześnie z modelem, tzn. często łatwiej jest rozmieścić jakieś elementy, korzystając z przekroju zamiast z widoku 3D.

• **Modele obliczeniowe i wymiarowanie konstrukcji.** Efektywność pracy w przypadku zastosowania BIM-u zwiększa się znacząco, ponieważ przy odpowiednim wykonywaniu modelu obiektu jednocześnie jest tworzony poprawny model analityczny (obliczeniowy), który wymaga nielicznych korekt. Model obliczeniowy konstrukcji *de facto* jest wykonywany w prostych obiektach przez architekta, a do konstruktora należy tylko weryfikacja i korekta modelu oraz wymiarowanie poszczególnych elementów; por. [5]. Przy takiej automatyzacji pracy należy jednak uważać i nie przesadzać ze złożonością modelu. Model złożony jest trudno zweryfikować; zazwyczaj dużo wygodniej i szybciej jest wymiarować poszczególne elementy lub ustroje jako wydzielone części konstrukcji. Jest to ważne ze względu na konieczność weryfikacji modelu metody elementów skończonych. W przypadku modelu przestrzennego dużej konstrukcji sprawa mocno się komplikuje (por. [6]).

• **Wizualizacje.** Pracując z użyciem BIM-u ten element uzyskuje się właściwie bez nakładu pracy. Wykonując dokumentację budowlaną, tworzy się przecież model przestrzenny z informacjami o materiałach, czyli wszystko co jest potrzebne do wizualizacji budynku. Do wymodelowania pozostaje dodatkowo jedynie tło i otoczenie obiektu, jednak dodatkowy nakład pracy jest niewielki. W przypadku tradycyjnego projektowania

w CAD 2D cały model budynku trzeba by stworzyć na nowo na podstawie rzutów, przekrojów i elewacji.

• **BIM na budowie.** BIM na placu budowy pozwala przede wszystkim na łatwiejsze panowanie nad posiadaną dokumentacją, ponieważ wykonawca ma cały czas aktualną dokumentację z małą liczbą błędów. Dodatkowo osoba nadzorująca ma dostęp do dokumentacji praktycznie przez cały czas – wystarczy wgrać na tablet (laptop) model obiektu. Dokumentację 2D tworzy się na podstawie modelu przestrzennego BIM. W porównaniu z tradycyjną dokumentacją papierową 2D daje to możliwość wprowadzania uwag i ich synchronizacji z resztą kadry czy też sprawdzania kart charakterystyk oraz innych właściwości elementów. Również nawigowanie w modelu przestrzennym jest dużo łatwiejsze niż szukanie odpowiedniego rzutu bądź przekroju. Co ważniejsze, niekiedy może brakować odpowiedniego przekroju lub elewacji w dokumentacji tradycyjnej. W modelu przestrzennym problem ten nie występuje. Za pomocą BIM-u jest możliwe nawet wykorzystanie modułu GPS, żyroskopu i kompasu do określenia położenia tabletu w przestrzeni; wtedy nawigacja po modelu odbywa się przez fizyczne wskazywanie tabletem wybranego obszaru obiektu.

• **Kiedy zrezygnowanie z BIM-u jest oszczędnością czasu lub pieniędzy?** Koszty wdrożenia BIM-u ponosi głównie zespół projektowy. Są to koszty sprzętu, oprogramowania i szkolenia projektantów. Projekt wykonany zgodnie z zasadami BIM-u ma więcej informacji i mniej błędów niż tradycyjna dokumentacja. Koszty te zwracają się na etapie realizowania inwestycji; por. [8].

Wydaje się, że w przypadku dużych projektów, z raczej standardowymi rozwiązaniami architektonicznymi, zastosowanie BIM-u przynosi same korzyści. Oszczędza się zarówno na kosztach, jak i na czasie, przy jednoczesnej wyższej jakości projektu. Trudności z wykorzystaniem programów BIM mogą się pojawić jedynie w przypadku nietypowych obiektów, co wiąże się z możliwościami użytkowanego oprogramowania. Koszt zakupu licencji kolejnych programów, które poradzą sobie z danym problemem, może przekroczyć zysk, jaki można uzyskać za wykonanie projektu. Jednak jeśli konstrukcja jest zbyt skomplikowana do modelowania w programach BIM, to programy zdolne do jej policzenia, ale niemające możliwości współpracy z programami BIM, są równie drogie co te z nurtu BIM.

W przypadku projektów małych, prostych obiektów zastosowanie BIM przynosi dużo mniejsze korzyści, gdyż np. w przypadku budynku jednorodzinnej koordynacja instalacji wydaje się nie być w ogóle potrzebna, a korzyści z połączenia modelu obliczeniowego z modelem architektonicznym nie są zbyt duże, ponieważ do wykonania obliczeń konstrukcyjnych nie jest potrzebny model całego budynku; łatwiej i szybciej jest zwymiarować poszczególne elementy jako wydzielone ustroje za pomocą dużo prostszych i tańszych programów.

• **Przyszłość BIM-u.** BIM konsekwentnie wkracza do rzeczywistości rynku budowlanego i prawdopodobnie w niedługim czasie większość dużych inwestycji będzie realizowana w BIM-ie. Należy spodziewać się szybkiego rozwoju tego rodzaju oprogramowania.

W pewnym momencie być może będzie można zrezygnować z wymagania dostarczania dokumentacji 2D w wersji papierowej do urzędu, zastępując ją modelem obiektu w formacie IFC. Wydaje się to być dużą rewolucją, ale świat projektowania już przeżywał podobne, jak np. przy wprowadzeniu technologii CAD.

### Podsumowanie

Analizowany projekt pokazuje, że Autodesk Revit dość dobrze realizuje zadania, w których istotną rolę odgrywa etapo-

wanie prac. Czas wykonywania takiego projektu jest znacznie krótszy niż w przypadku technologii CAD 2D, szczególnie jeśli następują jakieś zmiany w projekcie. Warunkiem jest oczywiście umiejętność modelowania 3D.

Gorzej wypada Revit w przypadku tworzenia kilku wariantów projektu – opcja ta wydaje się być przeznaczona do ustalania raczej małych zmian. Im więcej zmian wprowadzają poszczególne opcje, tym większe komplikacje, szczególnie jeśli chodzi o wykonywanie dokumentacji budowlanej. Wygląda na to, że opcje te stworzono w celu obsługi małych, tymczasowych wariantów projektu, gdzie projektant powinien jak najszybciej zdecydować, jakie rozwiązanie zostanie zastosowane, i zapomnieć o pozostałych. Kiedy jest potrzebne stworzenie kilku niezależnych koncepcji obiektu, praca w kilku niezależnych modelach wydaje się lepszym wyjściem.

BIM bez wątplenia już teraz umożliwia realizację dowolnego projektu i zaowocuje krótszym czasem projektowania (ale nie zawsze niższym kosztem projektowania). Konieczny jest jednak przemyślany dobór oprogramowania oraz odpowiednio do niego dostosowany system wymiany danych (czy korzystać z IFC, czy też opierać się plikach natywnych) oraz sposób pracy rozumiany jako przemyślana kolejność projektowania konstrukcji i poszczególnych instalacji oraz ich umiejętna koordynacja.

Należy pamiętać, że najważniejszym elementem nadal są umiejętności użytkowników. BIM wiele ułatwia, daje dużo możliwości, ale wykonanie dobrego, ekonomicznego projektu wciąż wymaga doświadczenia i wiedzy projektanta.

#### PIŚMIENNICTWO I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] <http://buildingsmart.pl/bimpl.html>, dostęp 15.05.2014 r.
- [2] <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/index.htm>, dostęp 15.05.2014 r.
- [3] <http://www.buildingsmart.org/standards/ifc>, dostęp 15.05.2014 r.
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Industry\\_Foundation\\_Classes](http://en.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes), dostęp 20.05.2014 r.
- [5] *Kacprzyk Z., Pawłowska B.: Modelowanie obliczeniowe konstrukcji stosowane w technologii BIM. Teoretyczne podstawy budownictwa. Konstrukcje inżynierskie. Monografie Wydziału Inżynierii Lądowej, III (III). Instytut Inżynierii Budowlanej Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013.*
- [6] *Rakowski G., Kacprzyk Z.: Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.*
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. DzU nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami.
- [8] *Kacprzyk Z.: Idea BIM – nowa jakość kosztorysowania. „Budownictwo i Prawo”, nr 3 (71), 2014.*
- [9] *Kępa T.: Analiza BIM 4D na przykładzie rozbudowy klatki schodowej. Praca dyplomowa inżynierska. Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, 2014.*