

Transformacja cyfrowa w budownictwie infrastrukturalnym



tekst: **dr hab. inż. MAREK SALAMAK**, prof. nadzw., Politechnika Śląska,
mgr inż. WIKTORIA DRZYZGA, infraTEAM, zdjęcia: **infraTEAM**

Transformacja cyfrowa jest obecnie jednym z najczęściej używanych pojęć, które opisują obserwowane przez nas przemiany niemal we wszystkich dziedzinach naszego życia. Pozornie wydawać się może, że powinna ona dotyczyć tylko stosunkowo wąskiej grupy specjalistów i inżynierów związanych z technologiami IT, jak np. informatyków czy automatyków. Okazuje się jednak, że ponieważ towarzyszy ona wręcz epokowemu przejściu naszego społeczeństwa z ery industrialnej do ery informacji, to musiała pojawić się również w branży budowlanej. Podstawą transformacji cyfrowej jest oczywiście powszechna komputeryzacja, dzięki której informacja, a zwłaszcza dostęp do niej i skuteczność jej przetwarzania, stały się globalnymi czynnikami stymulującymi dalszy rozwój.

Pamiętamy lekcje historii na temat pierwszej rewolucji przemysłowej i maszyn parowych z końca XVIII w. Kolejne jej etapy trwały za każdym razem krócej. Dzisiaj możemy obserwować, jak na naszych oczach wszystko przyspieszyło. Rządy najbardziej rozwiniętych krajów świata ogłaszają swoje strategie rozwoju, których hasłem stał się bardzo modny obecnie zwrot przemysł 4.0 (z niem. *Industrie 4.0*). Ma on w ten sposób wskazywać na czwartą rewolucję przemysłową. Jest to powiązanie automatyzacji, przetwarzania olbrzymiej ilości danych (*Big Data*) oraz inteligentnych technik wytwórczych. Do tego jeszcze dochodzą systemy cyberfizyczne (*Cyber-Physical System*), Internet Rzeczy (*Internet of Things*) i przetwarzania chmurowe (*Cloud Computing*). Ideą jest wizja nowoczesnej fabryki, która ma pozwalać na prowadzenie niemal całego procesu produkcyjnego z minimalnym udziałem ludzi. Podobnie będą zmieniać się nasze budowy.

Wszelkie transformacje są niezbędnym elementem rozwoju, którego potrzebuje każdy organizm czy system. Wielu procesów transformacji nie jesteśmy nawet w stanie zatrzymać i dzieją się one poza naszą kontrolą. Możemy jednak nauczyć się, jak wykorzystać te procesy i jak dostosować się do wynikających z nich przemian. Transformacja cyfrowa w budownictwie zdaje się nieuchronna, ale z pewnością jej zakres i charakter możemy kształtować. Bez niej nie będzie bowiem możliwe poprawienie wskaźników ekonomicznych naszej branży.

Pierwszym etapem tego kształtowania jest wdrożenie i rozwinięcie metodyki BIM (*Building Information Management*). I nie chodzi tylko o wyposażenie się w nowe narzędzia do modelowania i projektowania, które potrafią operować na trójwymiarowych modelach. Chodzi raczej o cyfryzację wszystkich procesów budowlanych i to w całym cyklu życia budowli [1].

Metodyka BIM jest jedną z najnowszych i najbardziej obiecujących osiągnięć branży architektury, inżynierii i budownictwa,

które określa się skrótem AEC (*Architecture, Engineering, Construction*). W tym podejściu zanim jeszcze zostanie wbita pierwsza łopata w terenie, najpierw powstaje dokładny, wirtualny model budowli. Może on być wykorzystany na wszystkich etapach cyklu życia obiektu – do jego planowania, projektowania, budowy, utrzymania, remontów i wyburzenia. Model ten może służyć architektom, inżynierom i konstruktorom do wizualizacji, symulacji i różnych analiz tego wszystkiego, co ma być później zbudowane. W ten sposób można wyprzedzająco zidentyfikować potencjalne problemy projektowe, konstrukcyjne lub operacyjne. Model BIM w budownictwie może być wykorzystany również do tworzenia tzw. cyfrowych bliźniaków (*Digital Twin*), które to pojęcie funkcjonuje już w innych dyscyplinach. Tego typu rozwiązania są stosowane w przypadku pojazdów i środków transportu lub ich podzespołów i elementów (np. samoloty, silniki, turbiny). Natomiast dopiero od niedawna, i to głównie w powiązaniu z BIM, mówi się o ich użyciu w wielkogabarytowych obiektach budowlanych. Otwiera to możliwości wykorzystania cyberfizycznych urządzeń mieszanej rzeczywistości, jak np. kask Trimble XR10 zintegrowany z goglami HoloLens 2. Testy tego urządzenia, które udało się pozyskać dzięki realizacji projektu badawczego na Politechnice Śląskiej i współpracy ze spółką Arkance Systems, pokazano na rycinie 1.

W inżynierii lądowej wśród wielu klasyfikacji rodzajów budownictwa można wyróżnić pewien charakterystyczny podział na budownictwo kubaturowe lub liniowe (ryc. 2). Pierwsze polega na wznoszeniu budowli, w której istotne znaczenie ma ich objętość, czyli kubatura. Są to najczęściej różnego rodzaju budynki, bez względu na ich przeznaczenie. Obiekty te w porównaniu z liniowymi mają raczej charakter punktowy i zajmują stosunkowo niewielką powierzchnię terenu, którą można mierzyć w metrach. Żaden z wymiarów przestrzeni nie



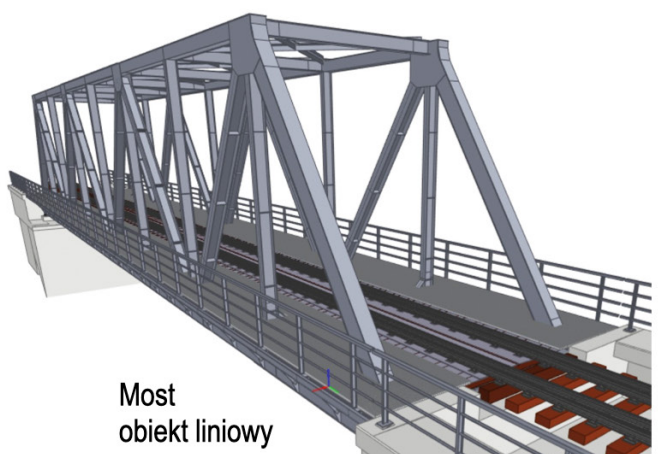
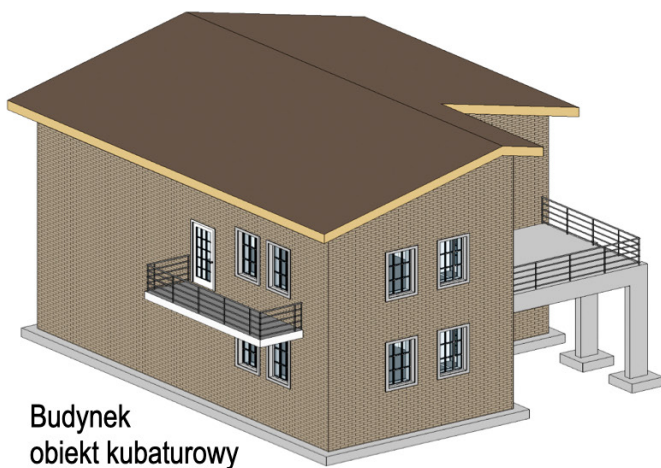
Ryc. 1. Przykłady wirtualnych modeli budowli i narzędzi do ich wykorzystania

jest dominujący. Wyjątkiem są jedynie tzw. wieżowce, czyli superwysokie budynki, w których pionowy wymiar znacznie przewyższa wymiary w planie. Natomiast w przypadku obiektów liniowych zawsze dominuje jeden wymiar, którym jest jego długość. Do tego rodzaju budowli zalicza się przede wszystkim drogi i linie kolejowe z towarzyszącymi im obiektami mostowymi i tunelami, ale też różnego rodzaju instalacje sieciowe, takie jak linie kablowe, rurociągi itp. Ten rodzaj budownictwa nazywany jest również infrastrukturalnym, w którym inwestorami są zwykle podmioty publiczne.

Obserwując rozwój metodyki BIM, należy zauważyć, że jest ona znacznie dłużej stosowana i lepiej rozwinięta w budow-

nictwie kubaturowym niż liniowym. Korzystają z niej głównie architekci i współpracujące z nimi branże, np. konstrukcyjne i instalacyjne. Z użyciem tej technologii powstają wielobranżowe modele budynków użyteczności publicznej, takie jak szpitale, lotniska, biurowce, hotele itp. Znacznie później BIM pojawił się w projektach infrastrukturalnych przy budowie dróg, linii kolejowych, mostów i tuneli oraz instalacji przesyłowych. Przyczyn tego opóźnienia można szukać w wielu uwarunkowaniach związanych z planowaniem i realizacją zadań w infrastrukturze, ale też ewolucją narzędzi informatycznych.

Jedną z przyczyn może być fakt, że – jak już zauważono – zdecydowana większość inwestycji infrastrukturalnych dotyczy



Ryc. 2. Przykłady obiektów kubaturowych i liniowych

sektora zamówień publicznych. Instytucje publiczne należą niestety do organizacji, w których trudniejsze jest wdrażanie nowych technologii i wprowadzanie zmian mogących poprawiać efektywność działania. Ważny jest też model realizacji inwestycji. Zdecydowanie łatwiej jest wdrażać BIM w kontraktach typu projektuj i buduj, gdzie model obiektu stanowi wspólne narzędzie zarówno dla projektanta, jak i wykonawcy. Podlega on ciągłym aktualizacjom w trakcie budowy i daje podstawę do rozliczeń z zamawiającym. Formuła kontraktów publicznych nie jest łatwa do zmiany i zwykle wymaga pewnych decyzji politycznych.

Znaczenie ma również uświadomienie decydentów w centralnych instytucjach publicznych, że właściwie takiej metodyki nie da się wdrożyć bez zasadniczych działań ogólnych. BIM wymaga bowiem ustalenia powszechnie obowiązujących standardów i wymagań, które zwykle są charakterystyczne dla danego kraju. Nie jest możliwe, aby rynek projektantów i wspomagających ich programistów mógł rozwiązać wszystkie problemy sam, np. w Wielkiej Brytanii standaryzacja elektronicznych rysunków CAD (nazewnictwo warstw, użycie kolorów itp.) została usystematyzowana odpowiednimi normami jeszcze w latach 90. XX w.

Dzisiaj obserwujemy po prostu naturalny rozwój tych standardów w kierunku BIM. W naszym kraju, oprócz ograniczonych propozycji kilku niezależnych producentów oprogramowania, nie istnieje żadna standaryzacja w tym zakresie. Polski projektant mógł się zderzyć z tym po wejściu na nasz rynek zachodnich koncernów, które przy projektowaniu i budowie swoich obiektów (sieciowe stacje benzynowe, markety, fabryki), od samego początku narzucały swoje nazewnictwo warstw i organizację całego rysunku CAD, nie biorąc przy tym pod uwagę polskich uwarunkowań, a nawet słownictwa.

Inne trudności opóźniające użycie BIM w projektach liniowych to wolniejszy rozwój narzędzi przeznaczonych do projektowania obiektów infrastruktury. Nie bez znaczenia są trudności związane z różnicami między cechami modeli budynków (projektowanych przez zespoły z wiodącą rolą architektów) i modeli obiektów infrastruktury transportowej, gdzie liderem zespołu jest zwykle inżynier drogowy lub kolejowy. Różnice te zostały zestawione w tabeli 1.

Ważną specyfiką struktur transportowych jest ich lokalizacja przestrzenna i potrzeba zarządzania modelami informacji również jako danymi geograficznymi GIS (*Geographic Information System*). W przypadku budownictwa infrastrukturalnego mówi się głównie o powiązanych ze sobą obiektach liniowych w przeciwieństwie do kubaturowych konstrukcji naziemnych, w których występują obiekty punktowe (zlokalizowane głównie w skoncentrowanej przestrzeni o bardziej złożonym układzie wewnętrznym). Ta specyfika związana jest zarówno z narzędziami programistycznymi, które są wykorzystywane do przygotowania modeli BIM, jak i urządzeniami i maszynami, które są używane podczas budowy (przyrządy geodezyjne i maszyny do robót drogowych). Do zarządzania tymi danymi wykorzystywane są systemy informacji geograficznej, które będą musiały mieć jasno określone powiązanie z modelem BIM budowanego obiektu.

Trzeba również zauważyć, że dostępne obecnie narzędzia BIM wciąż są problematyczne w zakresie niestandardowej geometrii mostów. Chodzi m.in. o nakładanie się geometrii prześel zarówno w planie, jak i na wysokości w pionie, jako rezultat występowania krzywych przejściowych, spadków i przechyleń

Tab. 1. Różnice w modelach BIM między obiektami kubaturowymi i infrastrukturalnymi (autor Janusz Bohatkiewicz)

Rozpatrywany element modelu	BIM w budownictwie kubaturowym	BIM w budownictwie infrastrukturalnym
obiekt w modelu	zwarty i punktowy (do kilkuset metrów)	długi i liniowy (do kilku kilometrów)
teren w modelu	ograniczony do rejonu budynku i jego otoczenia	rozległy, obejmujący drogę i pas drogowy
poziomy obiektu	od kilku do kilkuset kondygnacji	kilka (urządzenia podziemne, powierzchniowe, napowietrzne)
odległości między obiektami	małe lub bardzo małe	duże lub bardzo duże
szczegółowość	bardzo wysoka	wysoka
właściciele obiektu	jeden	jeden lub kilku (zarządcy dróg, sieci)
obiekty dodatkowe	mało	dużo
kolizje z obiektami dodatkowymi	mało	dużo i bardzo dużo
elementy obce	brak (jeden właściciel)	kilka (właściciele sieci)
rozpoznanie uzbrojenia terenu	dobrze	często złe
warunki geodezyjne	jedna działka i uregulowana własność	wiele działek i problem ich własności

oraz poszerzeń czy pogrubień. Problem ten dotyczy szczególnie monolitycznych mostów betonowych. Nie są też rozwiązane problemy modelowania dźwigarów stalowych, które są zakrzywione w planie lub posiadają krzywizny w układzie pionowym.

W naszym kraju nie zostały jeszcze w pełni określone zasady dotyczące elektronicznego przesyłania dokumentacji pomiędzy stronami budowy i w komunikacji z urzędami. Pozwolenie na budowę i wszystkie decyzje kolejnych etapów procesu inwestycyjnego procedowane są na podstawie dokumentacji papierowej. Tymczasem treść tej klasycznej dokumentacji 2D mogłaby w niektórych przypadkach zostać już zastąpiona znacznie bardziej czytelną i jednoznaczną dokumentacją w postaci modelu BIM. Dlatego należy rozważyć możliwość zmiany formy dokumentacji wymaganej do wydawania decyzji w procesie budowlanym. Działania te powinny być zharmonizowane ze stopniowym wprowadzaniem e-przetargów w zamówieniach publicznych, w których ofertowanie będzie wykorzystywać tylko narzędzia elektroniczne. Problem ten został wyraźnie dostrzeżony w obecnej sytuacji epidemicznej, który unaoczniał, że załatwianie spraw urzędowych w tradycyjnej, papierowej formie i z osobistymi wizytami petentów właściwie został zatrzymany.

Decyzja o zastosowaniu metodyki BIM w konkretnym projekcie (przedsięwzięciu inwestycyjnym) wymaga konsekwent-

nego użycia narzędzi BIM i cyfrowych form komunikacji przez wszystkie biorące w nim udział podmioty: zamawiającego, projektanta, wykonawcy, nadzór, producentów i dostawców. Wszyscy muszą być przygotowani na tę nową formę realizacji inwestycji, ale też konieczne jest zapewnienie odpowiedniej jakości przekazywanych między nimi danych. Muszą być ustanowione standardy przekazywania informacji i jasno określone wymagania dotyczące opisu właściwości użytkowych zastosowanych w modelu wyrobów budowlanych.

Pierwszy krok w kierunku cyfryzacji decyzji budowlanych zrobili już geodeci. W 2020 r. udało się znowelizować ustawę Prawo geodezyjne i kartograficzne. Nowela wprowadziła wiele zmian, które mają przyspieszyć procesy inwestycyjne i prace geodetów oraz usprawnić prowadzenie ewidencji gruntów i budynków. Został zwiększony zakres bezpłatnych danych z centralnego zasobu geodezyjnego i kartograficznego. Dotyczy to m.in. ortofotomapy, numerycznego modelu terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz danych działek ewidencyjnych w zakresie ich identyfikatorów i geometrii. Pobranie tych informacji możliwe jest na stronie internetowej geoportal.gov.pl. W ślad za tymi zmianami powinna zostać teraz odpowiednio znowelizowana ustawa Prawo budowlane, aby było możliwe alternatywne stosowanie elektronicznych narzędzi modelowania danych o budowlach i metodyka BIM.

Państwo ma szansę odegrać bardzo pozytywną i stymulującą rolę w procesie stopniowej transformacji cyfrowej branży budowlanej i implementacji w budownictwie założeń strategii rozwoju przemysłu 4.0, której odpowiednikiem jest coraz częściej używane hasło budownictwo 4.0 (*Construction 4.0*). Spodziewane korzyści z cyfryzacji to zwiększenie wydajności pracy, przejrzystości, a przede wszystkim możliwość łatwego i kontrolowanego dostępu do wszelkich aktualnych danych na temat planowanych inwestycji oraz użytkowanych obiektów i zasobów. Takie działania są spójne z koncepcją e-administracji, dzięki którym administracja publiczna stanie się przyjazna, dostępna, wydajna, szybsza i tańsza. Wpisują się też one w rozwój rynku cyfrowego i technologii typu *smart city*. Cyfryzacja w coraz szerszym zakresie będzie obejmować nie tylko szeroko rozumianą dziedzinę budownictwa, ale również sektor energetyczny czy transport. Ponadto jej efekty mogą być wykorzystywane w gospodarce odpadami, walce ze smogiem i hałasem lub w zarządzaniu kryzysowym. Jest to zatem jeden ze sposobów wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju do organizacji i zarządzania publicznymi zasobami. Prace w tym zakresie są już zauważalne. Szczególnie chodzi o aktywność Urzędu Zamówień Publicznych i wdrażanie internetowych platform zamówieniowych u największych inwestorów publicznych oraz niedawno opracowany *BIM Standard PL* [2].

Ważnym krokiem na początkowych etapach wdrażania BIM jest budowanie bazy wiedzy i podnoszenie poziomu świadomości na temat metodyki BIM i płynących z nich korzyści w instytucjach odpowiedzialnych za infrastrukturę. Szczególnie brakuje wiedzy o tym, jak można wykorzystywać informację o zasobach w postaci elektronicznej na kolejnych etapach cyklu życia budowli. Oczywiście brakuje wciąż podstawowych standardów, wytycznych i procedur w tym zakresie. Konieczne jest jednak nie tylko zdefiniowanie podstawowych wymagań i regulacji, ale także położenie większego nacisku na szkolenia

i edukację wszystkich potencjalnych uczestników procesów objętych BIM, zwłaszcza zarządców, którzy mogą najlepiej wykorzystać przechowywane z modelami BIM dane.

Ponieważ BIM należy do grupy najszybciej rozwijających się obecnie cyfrowych technologii w budownictwie, to wszelkie próby jej jednoznacznego opisanie lub propozycje adaptacji będą tracić na aktualności. Trudno też przewidzieć wszystkie jej potencjalne zastosowania w obecnie tworzonych wymaganiach technicznych. Wynika to przede wszystkim z początkowej fazy definiowania poziomu trzeciego dojrzałości BIM (*BIM, level 3*), w którym znaczenie będą miały zastosowania metodyki BIM na potrzeby utrzymania, analiz środowiskowych czy cyklu życia (*BIM 6D i 7D*). Te obszary nie zostały jeszcze wystarczająco opracowane i w większości są dopiero na etapie koncepcji lub prac badawczych.

Funkcjonujące w branży budowlanej stereotypy, przyzwyczajenia i praktyki, często zakorzenione jeszcze w nakazowej gospodarce, mogą powodować, że zmiana podejścia do cyfryzacji budownictwa będzie długim i bardzo wymagającym procesem. Dlatego powinien on być ewolucyjny, ale za to z wystarczającą dynamiką, która pozwoli na praktyczną weryfikację podejmowanych działań wdrożeniowych. Działania te powinny zacząć się od uruchomienia projektów pilotażowych. Po ich zakończeniu i ocenie można będzie przystąpić do opracowania dokumentów w postaci standardów, klasyfikacji, procedur i szablonów. Pierwszy taki pilotaż w infrastrukturze prowadzi obecnie GDDKiA i jest nim projekt obwodnicy miasta Zator w ciągu drogi krajowej nr 28 [3]. Dobrym rozwiązaniem byłoby skonfrontowanie pozyskanych w ten sposób doświadczeń z tym, co zdobyły już inne kraje. Głównie przez adaptację ich sprawdzonych standardów. Transformacja cyfrowa i wdrażanie metodyki BIM powinno dotyczyć całej infrastruktury transportowej (drogowej, kolejowej i mostowej) i z takim założeniem należy tworzyć wszystkie kolejne opracowania dotyczące stosowania technologii BIM w infrastrukturze. Natomiast koordynacją działań wdrożeniowych powinny zająć się rządowe instytucje centralne.

Zainteresowanych tematyką transformacji cyfrowej w inżynierii lądowej, szczególnie w infrastrukturze, odsyłam do dwóch najważniejszych w tej części Europy wydarzeń, które mają miejsce w Arena Gliwice i są transmitowane online w Internecie. W maju odbywa się www.infraMOST.info, a w grudniu www.infraBIM.info. Relacje z nich dostępne są również na wideo kanale informacyjnym www.infraSTUDIO.info, gdzie dodatkowo można znaleźć inspirujące rozmowy z ekspertami BIM.

Literatura

- [1] Salamak M.: *BIM w cyklu życia mostów*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2020.
- [2] *Realizuj inwestycje zgodnie z metodyką BIM* (online). Urząd Zamówień Publicznych. Dostępny w Internecie: <https://www.uzp.gov.pl/strona-glowna/slider-aktualnosci/realizuj-inwestycje-zgodnie-z-metodyka-bim/realizuj-inwestycje-zgodnie-z-metodyka-bim> (dostęp 6 kwietnia 2020).
- [3] Karolak M. et al.: *Projekt pilotażowy zastosowania technologii BIM w GDDKiA przy projektowaniu, budowie obwodnicy Zatoru*. „Magazyn Autostrady” 2018, nr 10, s. 83–89.



Więcej na www.infraSTUDIO.info