



mgr inż. **Kostiantyn Protchenko**
mgr inż. **Krzysztof Kaczorek**
Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Lądowej

BIM w automatyzacji

procesu projektowania konstrukcji prefabrykowanych

Obiekty w technologii prefabrykowanej, w związku z dynamicznie rozwijającym się rynkiem budowlanym, coraz częściej zastępują konstrukcje monolityczne. Istnieje szereg korzyści wynikających z zastosowania prefabrykatów, np. jedną z głównych zalet jest optymalizacja kosztów inwestycji uwzględniająca czas trwania poszczególnych procesów. Poprzez mechanizację i automatyzację produkcji elementów prefabrykowanych uzyskiwana jest poprawa jej rytmiczności. Ponadto dzięki znacznemu ograniczeniu liczby przerw technologicznych oraz pominięciu robót wykończeniowych na placu budowy redukowany jest czas wykonywania prac na budowie.

Pod pojęciem prefabrykacji kryje się technika projektowania i wykonywania budowli, charakteryzująca się następującymi cechami:

- podział budowli na części i elementy funkcjonalne specjalizowane
- podział i specjalizacja wykonawstwa, obejmujące produkcję, transport i montaż elementów
- specjalizacja zastosowania materiałów i mechanizacja robót w produkcji, transporcie i montażu
- ograniczenie robót na budowie do montażu i łączenia części oraz elementów specjalizowanych [1].

Nowe technologie, wykorzystywane do realizacji elementów prefabrykowanych, oferują nowoczesne rozwiązania, pozwalające na automatyzację procesu projekto-

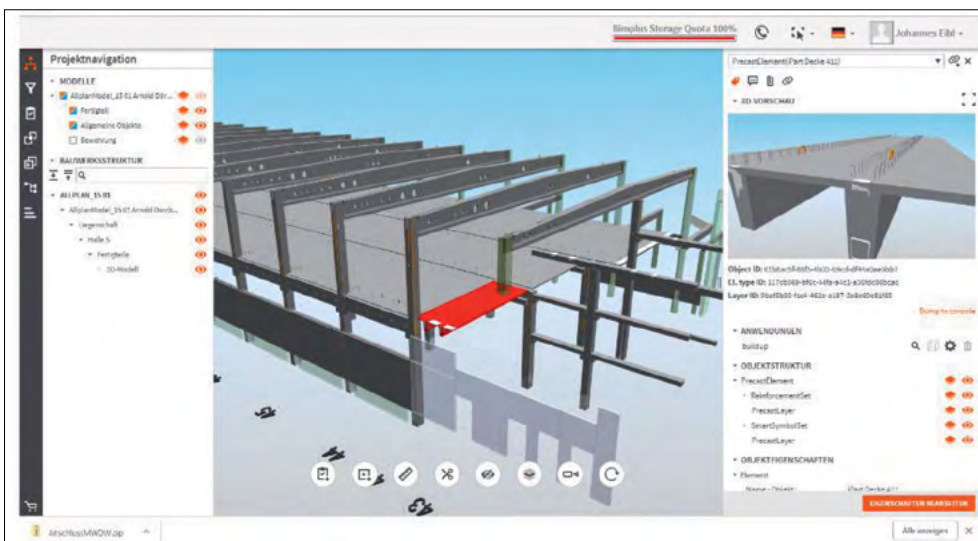
wania oraz redukcję kosztów przez ograniczenie przeróbek i kolizji. W procesie produkcji prefabrykatów najważniejszym etapem jest faza projektowania, podczas której muszą zostać uwzględnione wszystkie inne etapy procesu inwestycyjnego.

Istotnie przydatny w tej kwestii okazuje się BIM (ang. Building Information Modeling), który pozwala na przyspieszenie działań projektowych oraz daje możliwość zweryfikowania zastosowanych w nim rozwiązań przed poniesieniem kosztów realizacji. W prefabrykacji BIM występuje jako komponent usprawniający i integracyjny pomiędzy procesem projektowania i procesami realizacji [2].

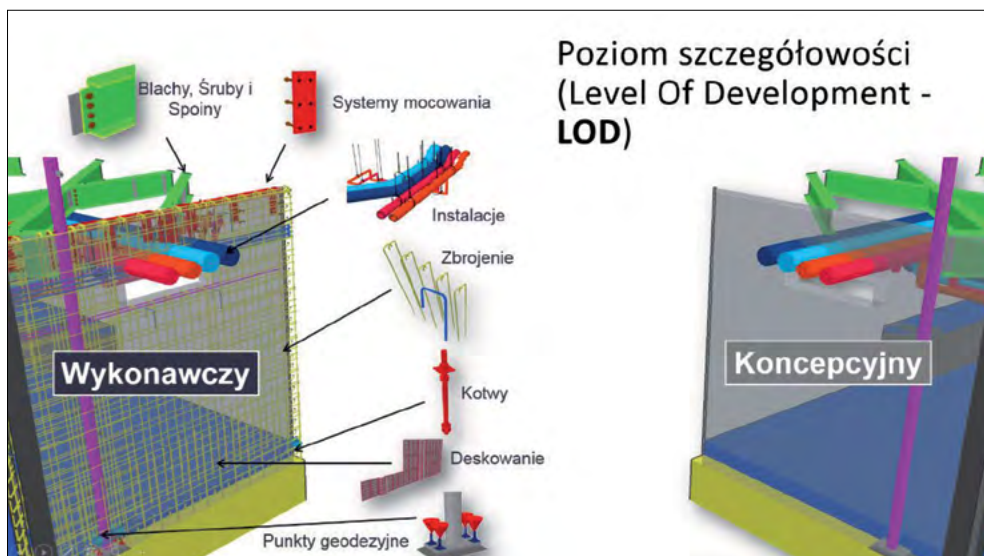
BIM W PROCESIE PROJEKTOWANIA

Wprowadzenie BIM zbiega się w czasie ze zmianą w procesach przebiegu inwestycji: z tradycyjnego DBB (ang. Design-Bid-Build) – projektowania, wyboru wykonawcy i realizacji, do IPD (ang. Integrated Project Delivery) – Zintegrowanej Realizacji Przedsięwzięcia (często: Zintegrowanego Procesu Inwestycyjnego/Zintegrowanej Realizacji Projektu), gdzie działania wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego: inwestora, projektantów, wykonawców i innych mogą być od samego początku przeprowadzone wspólnie [3].

Jednym z kluczowych aspektów tego procesu jest zwiększenie nakładu pracy na etapach koncepcji, planowania i projektowania, co skutkuje



Rys. 1. Sposób współpracy online [4]



Poziom szczegółowości (Level Of Development - LOD)

Rys. 2. Porównanie elementów modelu koncepcyjnego oraz modelu wykonawczego [5]

utworzeniem cyfrowego modelu, który może być podstawą efektywnej współpracy między uczestnikami

Na rys. 1 został pokazany przykład takiej współpracy na modelu projektu o konstrukcji prefabrykowanej.

W procesie produkcji prefabrykatów najważniejszym etapem jest faza projektowa

procesu projektowania. Pozostali uczestnicy procesu inwestycyjno-budowlanego również mają możliwość koordynacji i kooperacji, na przykład za pomocą rozwiązań online.

Część konstrukcyjna jest bazą modelu, ponieważ wszystkie inne elementy projektu muszą zostać dostosowane do kształtu konstrukcji, w wyniku czego powstaje model o wysokim poziomie szczegółowości. Otrzymany model może być dalej modyfikowany według wymagań projektantów innych branż. Porównanie elementów modelu koncepcyjnego oraz modelu wykonawczego zostało pokazane na rys. 2.

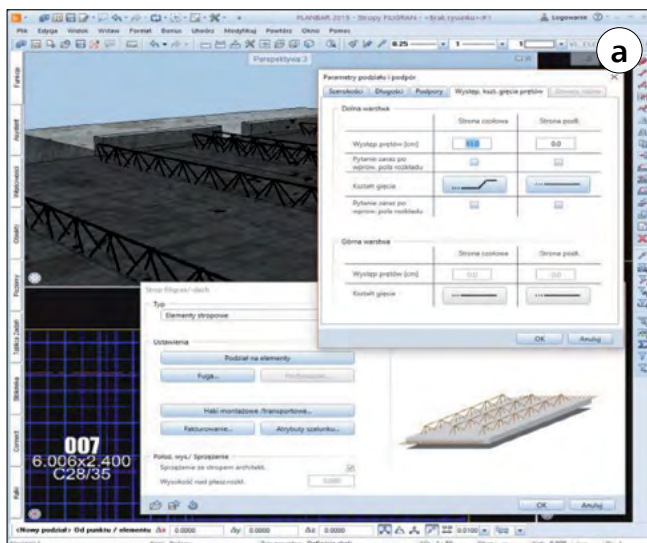
Narzędzia, które zostały wykorzystane do utworzenia cyfrowego modelu powinny charakteryzować się niezbędnym poziomem interoperacyjności, a ich interfejsy muszą funkcjonować w pełnej zgodności, tak by współpracować z innymi produktami lub systemami na każdym etapie procesu inwestycyjnego. Pozwala to branżystom na pracę jednocześnie na jednym modelu, używając różnych systemów i narzędzi dedykowanych do konkretnych potrzeb, dzięki czemu możliwe jest osiągnięcie najlepszych rezultatów.

NARZĘDZIA DEDYKOWANE DO POTRZEB PREFABRYKACJI

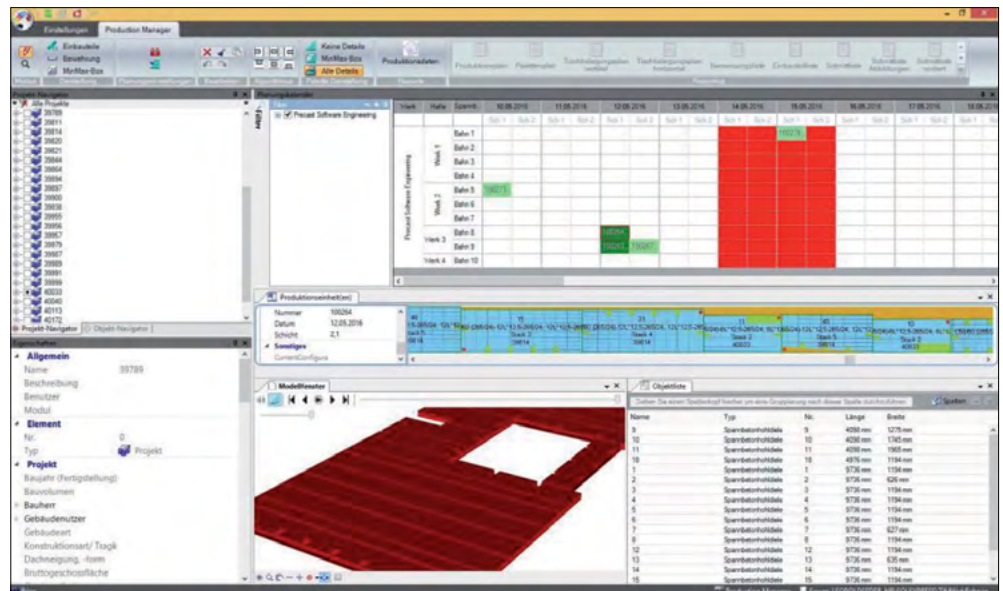
W kontekście narzędzi informatycznych działających zgodnie z technologią BIM, dedykowanych do potrzeb prefabrykacji, można podzielić je na dwie kategorie – oprogramowanie usprawniające proces projektowania oraz oprogramowanie pozwalające przejść z modelu do kolejnej fazy opracowania projektu.

OPROGRAMOWANIE USPRAWNIAJĄCE PROCES PROJEKTOWANIA

Programy tej kategorii mają kompleksowe i bardzo precyzyjne narzędzia umożliwiające modelowanie, analizę i opracowanie szczegółowej dokumentacji konstrukcji



Rys. 3. Usprawnianie procesu projektowania: a) przykład konfiguracji parametrów dla jednego z elementów prefabrykowanych [6] b) elementy podczas montażu [7]



Rys. 4. Przykład konfiguracji i planowania procesu zarządzania produkcją [6]

prefabrykowanych. Zazwyczaj programy te zawierają już wszystkie potrzebne funkcje związane z tworzeniem i edycją „typowych” elementów prefabrykowanych, jak również usprawniają tworzenie unikatowych prefabrykatów. Należy jedynie wprowadzić na początku parametry elementów, dopasowując je do wymagań wytwórni. Domyślnie opracowanie takich elementów może odbywać się graficznie albo parametrycznie. Dopasowanie

prefabrykatów między sobą, wprowadzenie zbrojenia, połączeń, zamków, akcesoriów, dopasowanie prefabrykatów z innymi materiałami konstrukcyjnymi staje się proste przy pomocy takich dedykowanych narzędzi. Na rys. 3a pokazany został sposób konfiguracji parametrów dla komponentu prefabrykowanego i następnie element w trakcie montażu (rys. 3b).

Technologia BIM może znacznie skrócić czas generowania

rysunków warsztatowych, zbiorczych, pojedynczych elementów (metrycznych), raportów pod produkcję oraz innej dokumentacji. Model jest połączony z dokumentacją, co pozwala wprowadzać zmiany bezpośrednio na nim, uwzględniając je w dokumentacji bądź odwrotnie. Redukcja cyklu nanoszenia poprawek to ogromna oszczędność czasu, w branży stalowej szacuje się ją na poziomie 50% [8].

The screenshot shows a web application interface for managing one-time deliveries. The main heading is "Moje dostawy jednorazowe". Below it, there are two buttons: "Dostawa jednorazowa" and "Dostawa długoterminowa". The interface displays a table of orders with the following columns: "lp.", "numer", "data", "Planowany czas", "Opóźnienie", "Status", "Referencja", "Magazyn", "Wzrost", "Kategoria", "Komentarz", "Tel. kierowcy", and "Anuluj".

lp.	numer	data	Planowany czas	Opóźnienie	Status	Referencja	Magazyn	Wzrost	Kategoria	Komentarz	Tel. kierowcy	Anuluj
11	2243	dzisiaj	07:50 - 08:20	+20 min	🚚	W055358	USp01	G-A	nury miedziane			✖
12	2242	dzisiaj	06:50 - 07:20	+16 min	🚚	W055558	USp02	G-A	nury			✖
13	2241	dzisiaj	07:00 - 08:40	+5 min	🚚	WD7777C	USp02	G-A	siatka zbrojeniowa			✖
14	2240	dzisiaj	08:00 - 08:40	-	✓	WD7557C	USp03	G-A	części do koparki			✖
15	2239	dzisiaj	08:00 - 08:20	-	✓	WD1237W	USp01	G-A	minikoparka			✖
16	2238	dzisiaj	07:00 - 08:00	-	✓	WD3423R	USp02	G-B	części do dźwigu			✖
17	2237	jutro	01:10 - 01:50	-	🚚	WF4217K	USp05	G-B	sprzęt do koparki			✖
18	2235	jutro	13:10 - 14:00	-	✓	WF5122i	USp04	G-A	nurtowania			✖
19	2234	30.09.2018	14:30 - 14:50	-	✓	WF4223i	USp04	G-C	sprzęt do cięcia			✖
20	2230	30.09.2018	14:50 - 16:00	-	✓	W48211L	USp04	G-A	kontenery			✖

At the bottom of the table, there is a pagination bar showing "Strona 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8" and "Wyniki | 10 | 50 | 100 | Wszystkie".

Rys. 5. Zarządzanie procesami logistycznymi [9]



Rys. 6. Przykład zidentyfikowania elementu prefabrykowanego [6]

Uwzględniając kolejność montażu, dane geometryczne, terminy dostaw lub inne parametry, komponenty mogą zostać odpowiednio pogrupowane w celu zoptymalizowania procesów wykonawczych, logistycznych oraz produkcyjnych.

OPROGRAMOWANIE POZWALAJĄCE PRZEJŚĆ Z MODELU DO KOLEJNEJ FAZY OPRACOWANIA PROJEKTU

- Wysłanie danych na produkcję

Istotnym atutem pracy na modelu BIM jest możliwość eksportu lub obustronnej wymiany danych z oprogramowaniem usprawniającym proces projektowania oraz sterowanie maszynami numerycznymi CNC (ang. Computer Numerically Controlled), wykorzystywanymi do gięcia, wiercenia, cięcia oraz spawania.

Oprogramowanie umożliwia przygotowanie zestawień, planów i list, zawierających dane niezbędne dla procesu produkcyjnego, które następnie mogą zostać wykorzystane dla wygenerowania raportów. Dane można przekazać bezpośrednio przez różne interfejsy, są to m.in. formaty, takie jak: UNI, PXML, ADS (BVBS) czy IFC lub za pośrednictwem dodatkowych programów pozwalających na optymalne planowanie i konfigurację linii produkcyjnych,

co zostało pokazane na rys. 4.

- Kontrola jakości dostawy

Dzięki dedykowanemu oprogramowaniu można zoptymalizować proces dostawy elementów do miejsca montażu, bazując na informacji z cyfrowego modelu lub z odpowiedniej listy elementów.

Obecnie znane systemy wspierające logistykę to: śledzenie za pomocą kodów kreskowych (ang. bar code tracking), RFID (ang. radio-frequency identification) oraz inteligentne znaczniki NFC (ang. near-field communication) czy skanowanie laserowe. Etykiety/ID mogą być bezpośrednio zintegrowane z modelem czy też być generowane na jego podstawie. Dodatkowo, gdy system zostanie połączony z aplikacją mobilną, zarządzanie wyprodukowanymi elementami w procesie dostaw i montażu może zostać w dużym stopniu zoptymalizowane.

Technologia ta, w połączeniu z modelem BIM, zapewnia możliwe najbardziej efektywne planowanie logistyczne, minimalizuje ilość potrzebnego transportu, znacznie usprawnia procesy zarządzania i lokalizacji elementów na placach budowy. Przykład zarządzania procesem logistycznym jest przedstawiony na rys. 5.

- Montaż elementów na placu budowy

Elementy mogą być w łatwy sposób zidentyfikowane oraz lokalizowane poprzez użycie przypisanych etykiet/ID, które zostały wcześniej zsynchronizowane z odpowiednią aplikacją dla urządzeń mobilnych. Przykład zidentyfikowania elementu prefabrykowanego w trakcie montażu jest pokazany na rys. 6.

WNIOSKI

Zastosowanie technologii BIM w prefabrykacji, zarówno przy projektowaniu jak i w kolejnych fazach projektu, jest optymalnym rozwiązaniem, redukującym wykorzystywany czas i koszty, przy jednoczesnej gwarancji wysokiej jakości. Narzędzia BIM dostarczają szereg rozwiązań technicznych oraz procesowych, umożliwiających generowanie rysunków złożeniowych i warsztatowych wprost z modeli. Uzyskane w ten sposób rysunki warsztatowe zawierają komplet informacji na temat wykończenia i montażu.

Integracja modelu BIM zawierającego wszystkie niezbędne dane w jednym środowisku wspiera zarówno tradycyjne, jak i nowoczesne metody prefabrykacji w zakresie planowania, logistyki i produkcji. Doświadczenia w wykorzystaniu tej technologii

przez światowych liderów w Europie Zachodniej i Stanach Zjednoczonych pokazują jej liczne zalety oraz świadczą o przydatności i potencjale opisanego projektowania. ◀

LITERATURA

1. Adamczewski G., Woyciechowski P., *Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność (online)*, Stowarzyszenie Producentów Betonów, Warszawa, październik 2014, z. 1. Dostępny w Internecie: http://www.s-p-b.pl/sources/Zeszyt_1_PREFABRYKACJA_Jakosc.pdf (dostęp 15 kwietnia 2018 r.).
2. Kaczorek K., Janczura S., *Korzyści z projektowania w BIM*, Inżynier Budownictwa, 10/2017, str. 54–57.
3. Protchenko K., *BIM w biurach projektowych*, BUILDER, styczeń 2018, str. 44–45.
4. www.bimplus.net
5. www.tekla.com
6. www.precast-software.com
7. www.tomdom.net
8. Janczura S., *BIM w prefabrykacji*, Nowoczesne hale, 3/2017, str. 70–76.
9. www.propergate.com