

POZIOMY SZCZEGÓŁOWOŚCI MODELU (LOD) W PROJEKTOWANIU INFRASTRUKTURY STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM W TECHNOLOGII BIM¹

Paweł Wontorski

dr inż., Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, Rail-Mil Computers, ul. Kosmatki 82, 03-982 Warszawa, tel.: +48 517 141 987, email: pawel.wontorski.dokt@pw.edu.pl

Andrzej Kochan

dr inż., Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.: +48 22 234 7882, email: andrzej.kochan@pw.edu.pl

Streszczenie. *W artykule przedstawiono zagadnienie poziomów szczegółowości modelu LOD (ang. Levels of Definition) wykonanego w technologii BIM (ang. Building Information Modeling) w aspekcie projektowania infrastruktury systemu sterowania ruchem kolejowym (srk). Przeprowadzono analizę struktury projektu systemu srk oraz podział projektu na etapy, do których należy dopasować właściwy zakres informacji zawartej w modelu. Zaproponowano podział na sześć poziomów szczegółowości graficznej modelu LOGD oraz nasycenia modelu informacją niegraficzną LOMI, opisując wymagania dla każdego poziomu. Podkreślono różnicę między poziomem szczegółowości modelu a poziomem szczegółowości wizualizacji danych z modelu, dobieranej w zależności od wymagań i potrzeb dla danego etapu projektu. Każdy obiekt, raz zdefiniowany w bazie danych, może być wizualizowany w różny sposób, na dowolnym poziomie szczegółowości. Zaproponowany standard zilustrowano przykładami różnych typów obiektów srk – urządzeń zewnętrznych i wewnętrznych oraz sieci kablowej.*

Słowa kluczowe: *system srk, LOD, projektowanie, BIM*

1. Wprowadzenie

Technologia BIM (ang. *Building Information Modeling*) stopniowo rozpowszechnia się w projektowaniu, już nie tylko kubaturowym, ale również liniowym (infrastrukturalnym) [15]. Wielobranżowy charakter inwestycji wymaga poszukiwania rozwiązań standaryzujących sposób modelowania i prezentacji modelu w taki sposób, aby był on zrozumiały dla wszystkich projektantów, wykonawców i inwestorów. Jednym z elementów standaryzacji jest określenie wymaganego poziomu szczegółowości modelu dla różnych etapów inwestycji oraz poszczególnych składników dokumentacji generowanej na podstawie modelu [17].

W modelu tradycyjnym projektanci poszczególnych branż pracują w dużym stopniu niezależnie od siebie, wymieniając się od czasu do czasu informacjami dotyczącymi punktów wspólnych projektu. Wzrastający stopień złożoności

¹ Wkład procentowy poszczególnych autorów: Wontorski P.: 50%, Kochan A.: 50%

obiektów, duża liczba urządzeń i instalacji w niewielkich kubaturach oraz specjalizacja projektantów powoduje, że taki system projektowania okazuje się już nieefektywny. Przy jednoczesnym pojawieniu się możliwości projektowania na wspólnym, otwartym, cyfrowym modelu (*OpenBIM*) oczywiste staje poszukiwanie wspólnego języka i standardów w komunikacji międzybranżowej [4], [9].

Pojawiają się pytania: ile informacji należy zawrzeć w modelu i ile z tych informacji można zaprezentować? Czy na każdym etapie inwestycji potrzeba pełnej informacji od każdej branży? Skąd projektanci mają wiedzieć, ile informacji wystarczy na danym etapie projektu?

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie zagadnienia poziomów szczegółowości modelu BIM na przykładzie branży sterowanie ruchem kolejowym (srk). Branża ta wyróżnia się specyficznymi zasadami projektowania i pewną odrębnością co do formy i zakresu dokumentacji [20] spośród innych, a przez to wymaga szczególnej uwagi podczas prób ujęcia jej w ramy ogólnobudowlanych zasad projektowania.

2. Projektowanie infrastruktury systemu srk na różnych poziomach szczegółowości

Projektowanie urządzeń i systemów srk w Polsce realizowane jest od kilkadziesiąt lat w oparciu o pewne standardy, przepisy [7], wiedzę ekspercką i tradycję. Niezależnie od projektu zawsze występują w nim pewne stałe fragmenty. Poziom szczegółowości prezentacji poszczególnych urządzeń, układów i ich połączeń jest w przybliżeniu ustalony dla każdej z tych części. Podobnie jak symbole stosowane w projekcie srk [7].

Dopóki arkusze były rysowane ręcznie lub, tak jak obecnie, rysowane są w oprogramowaniu CAD, zagadnienie szczegółowości rysunku jest stosunkowo proste do analizy. Dwuwymiarowy rysunek tworzony przez projektanta jest jednocześnie pełnym zbiorem informacji o urządzeniu oraz formą prezentacji tych informacji. Nie można zapisać więcej informacji, niż widoczne na rysunku lub w opisie.

Koncepcja BIM zakłada tworzenie wielowymiarowych, cyfrowych modeli obiektów rzeczywistych poprzez opisanie ich danymi. Natomiast sposób wizualizacji graficznej tego obiektu jest kwestią odrębną. Zatem konieczne jest przejście z tradycyjnych form zapisu informacji i prezentacji graficznej na formy dostosowane do koncepcji BIM [18].

Projekt systemu srk zawiera następujące części (rodzaje arkuszy, formy prezentacji) różniące się poziomem szczegółowości przedstawianych w nich treści:

- **plan schematyczny** – rysunek schematyczny zawierający informacje o rozmieszczeniu urządzeń srk na uproszczonym układzie torowym stacji lub szlaku; urządzenia przedstawione są w postaci symboli, które zawiera-

- ją wszystkie informacje niezbędne do wykonania pozostałej części projektu,
- **plansza zbiorcza projektu zagospodarowania terenu** (plan sytuacyjny) – rysunek zawierający informacje o rozmieszczeniu urządzeń srk, kabli zewnętrznych i innych obiektów na podkładzie geodezyjnym; urządzenia przedstawione są w postaci uproszczonych symboli informujących tylko o ich rodzaju i lokalizacji; na planie zaznaczony jest dokładny przebieg kabli, ale informacje o nich są bardzo ograniczone,
 - **plan rozprowadzenia kabli** – rysunek schematyczny zawierający informacje o relacjach połączeń kablowych i rodzajach kabli; urządzenia przedstawione są w postaci uproszczonych symboli informujących tylko o ich rodzaju; na rysunku nie ma informacji o przebiegu kabli, poza relacjami, ale są wszystkie informacje o typie kabli;
 - **plan układowej kontroli niezajętości** – rysunek schematyczny zawierający informacje o rozmieszczeniu niektórych urządzeń srk; urządzenia przedstawione są w postaci uproszczonych symboli informujących tylko o ich rodzaju i przybliżonej lokalizacji;
 - **schematy obwodów urządzeń** – rysunki schematyczne zawierające informacje o połączeniach elektrycznych między urządzeniami; urządzenia i ich elementy przedstawione są w postaci symboli; opis symboli urządzeń i połączeń zawiera wszystkie informacje niezbędne do wykonania prac instalacyjnych,
 - **rysunki montażowe, mechaniczne i elektryczne** – rysunki schematyczne i widoki 2D zawierające informacje o sposobie instalacji, budowie i połączeniach wewnętrznych poszczególnych urządzeń; elementy urządzeń przedstawione są w postaci symboli; opis symboli urządzeń i połączeń zawiera wszystkie informacje niezbędne do wykonania montażu, uruchomienia i testowania,
 - **wizualizacje 3D** – rysunki trójwymiarowe zawierające różny zakres informacji o urządzeniach srk, połączeniach kablowych, aranżacji pomieszczeń, widoczności semaforów, kolizjach międzybranżowych, stosowane jako pomocnicze w projektowaniu srk.

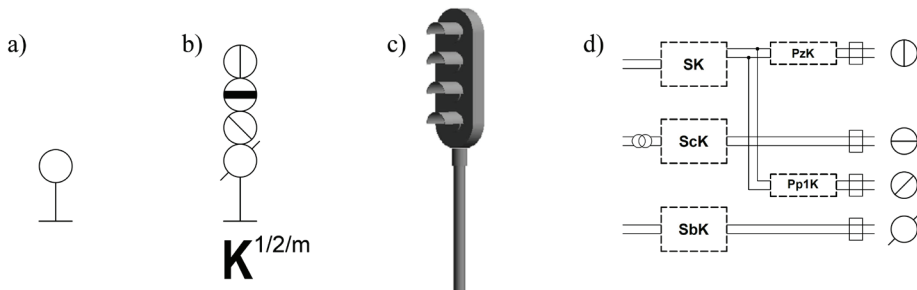
Poszczególne formy prezentacji graficznej występują na różnych etapach projektu, w różnych rodzajach dokumentacji. Tabela 1 przedstawia zależność poziomu szczegółowości rysunku od składnika dokumentacji, w którym występuje oraz etapu projektu. Niektóre rysunki, takie jak plan schematyczny, występują niemal na każdym stadium projektu. Natomiast szczegółowe schematy montażowe, elektryczne i mechaniczne pojawiają się dopiero na etapie projektu wykonawczego i dokumentacji powykonawczej.

Tab. 1. Zależność poziomu szczegółowości rysunku od składnika projektu srk oraz etapu projektu

część projektu \ stadium projektu	koncepcja programowo-przestrzenna	projekt budowlany	projekt wykonawczy	dokumentacje techniczno-ruchowe	dokumentacja powykonawcza
plan schematyczny	dokładne symbole	dokładne symbole	dokładne symbole	---	dokładne symbole
plansza zbiorcza projektu zagospodarowania terenu	---	symbole uproszczone	symbole uproszczone	---	symbole uproszczone
plan rozprowadzenia kabli	---	symbole uproszczone	symbole uproszczone	---	symbole uproszczone
plan układowej kontroli niezajątości	---	---	symbole uproszczone	---	symbole uproszczone
schematy obwodów urządzeń	---	---	dokładne symbole	dokładne symbole	dokładne symbole
rysunki montażowe mechaniczne i elektryczne	---	---	dokładny widok 2D	dokładny widok 2D	dokładny widok 2D
wizualizacje 3D	---	uproszczony widok 3D *	uproszczony widok 3D *	dokładny widok 3D	dokładny widok 3D *

* występuje bardzo rzadko, jako część modelu wielobranżowego
(źródło: opracowanie własne)

Pełny zakres informacji o urządzeniu srk nie jest wymagany na każdym etapie projektu. Niekiedy wystarcza bardzo prosty symbol do przekazania kompletnej w danym zastosowaniu informacji. W innym przypadku to samo urządzenie musi być przedstawione i opisane bardzo dokładnie. Rysunek 1 przedstawia różny sposób prezentacji graficznej tego samego urządzenia: pięciokomorowego semafora na różnych arkuszach projektu oraz w różnych stadiach projektowania.



Rys. 1. Różne sposoby prezentacji graficznej urządzenia w projekcie srk, na przykładzie semafora: a) symbol uproszczony na planszy zbiorczej, b) dokładny symbol na planie schematycznym, c) uproszczony widok 3D na cele sprawdzania widoczności, d) schemat obwodów światel

(źródło: opracowanie własne)

3. Poziomy szczegółowości modelu LOD

Poziomy szczegółowości modelu określają wymaganą, wystarczającą dokładność odwzorowania obiektu dla poszczególnych faz projektowania i realizacji inwestycji. Szczegółowość należy rozumieć zarówno w sensie wierności graficznego odwzorowania obiektu, jak również jako nasycenie modelu informacjami, które nie są prezentowane w postaci graficznej (wizualnej). Przez wystarczającą dokładność modelu BIM należy rozumieć taką zawartość informacyjną, *aby możliwe było zrozumienie intencji projektantów i istoty proponowanych przez nich rozwiązań, ale ograniczało ilość pracy do niezbędnego na danym etapie rozwoju projektu minimum* [16].

W praktyce oznacza to ograniczenie poziomu szczegółowości modelu na danym etapie realizacji inwestycji do treści niezbędnych z punktu widzenia projektantów, inwestora i wykonawców. Okazuje się, że model przeładowany informacjami i nadmiernie szczegółowy nie jest potrzebny. Ponadto może sprawiać szereg problemów ze względu na wielkość plików, odświeżanie obrazu, uchwycenie istotnych elementów, itp. Konieczne stało się więc określenie poziomów szczegółowości właściwych dla danych zastosowań, do których powinni stosować się projektanci poszczególnych branż podczas tworzenia modelu cyfrowego obiektu.

Pierwsze standardy zostały określone przez AIA (ang. *American Institute of Architects*) [1], [9] i wprowadziły w 2008 roku pojęcie poziomów szczegółowości (albo zaawansowania) modelu LOD (ang. *Levels of Development*). Standardy te rozwija dalej organizacja BIMForum w ramach buildingSMART [2], [4]. Amerykański standard LOD [10] definiuje sześć poziomów:

- 100: koncepcja (dane niegeometryczne, symbole, dane przybliżone),
- 200: projektowanie (elementy w trzech wymiarach, ilości przybliżone),
- 300: dokumentacja (elementy szczegółowo w trzech wymiarach, wykorzystywane do kosztorysowania i generowania dokumentacji projektowej),
- 350: zależności między elementami i systemami (szczegóły połączeń),
- 400: budowa, produkcja, montaż (rysunki montażowe, specyfikacja techniczna),
- 500: użytkowanie, utrzymanie (dodatkowe informacje istotne na etapie eksploatacji obiektu).

Standardy AIA/BIMForum są najbardziej znane, ale zdefiniowane zostały głównie dla obiektów kubaturowych. Poza tym nie rozróżniają wprost warstwy informacji graficznej i niegraficznej. Podział ten wprowadziła dopiero norma brytyjska PAS 1192-2:2013 [12], w której rozróznilo dwa pojęcia:

- poziom szczegółowości graficznej modelu LOD (ang. *Level of Detail*) oraz
- poziom informacji niegraficznej modelu LOI (ang. *Level of Information – LOI*).

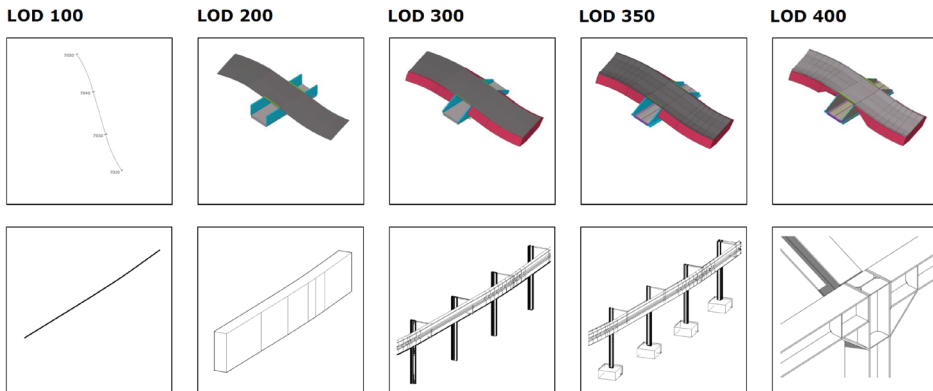
Wypadkową wyżej wymienionych dwóch poziomów jest poziom definicji modelu (ang. *Level of Definition*). W tym kontekście posługiwanie się zamiennie tymi pojęciami, tym łatwiejsze ze względu na zbliżone akronimy, nie jest poprawne. Norma brytyjska wprowadziła sześć poziomów szczegółowości LOD (siódmy jest poziomem niegraficznym LOI):

- 1: symboliczny (symbol zastępczy, bez skali, dwuwymiarowy),
- 2: koncepcyjny (symbole zastępcze, minimum detali, szacunkowe wymiary, ogólny typ materiału),
- 3: ogólny (identyfikacja typu i materiału, wymiary przybliżone),
- 4: szczegółowy (model obiektu trójwymiarowy zgodny z wymiarami, elementy budowlane i gotowe, wystarczający do kosztorysowania i zamówień),
- 5: budowlany (dokładny, szczegółowy model trójwymiarowy, wszystkie informacje konieczne do prowadzenia budowy),
- 6: powykonawczy/użytkowy (precyzyjne odwzorowanie rzeczywistego obiektu, wszystkie odstępstwa i zmiany względem projektu).

Podejście brytyjskie jest bardziej elastyczne ze względu na możliwość stosowania opisu będącego kombinacją poziomu szczegółowości graficznej oraz poziomu nasycenia informacjami niegraficznymi. Jednocześnie taki opis jest bardziej jednoznaczny i uwzględnia więcej aspektów charakterystycznych tylko dla niektórych branż. Na przykład bardzo prosty symbol dwuwymiarowy może przenosić bardzo dużo informacji niegraficznej, jeśli są one istotne z innych powodów niż wizualizacja obiektu. I odwrotnie: bardzo szczegółowy pod względem graficznym model 3D nie musi posiadać kompletu danych niegraficznych, jeśli służy jedynie samej wizualizacji.

Poziomy szczegółowości modelu według standardów amerykańskiego i brytyjskiego zostały opracowane na podobnej zasadzie i w podobny sposób opisane. Trzeba jednak podkreślić, że nie odpowiadają sobie dokładnie. Rozbieżności wynikają chociażby ze zróżnicowania norm budowlanych, do których odwołują się standardy LOD.

Prace nad standaryzacją pojęć z zakresu poziomów szczegółowości modelu prowadzone są w wielu krajach, również w obszarze infrastruktury. Przykładami są m.in. prowadzony w Finlandii projekt InfraBIM [8], inicjatywa *NBS BIM Toolkit* (ang. *National Building Specification*) [11] wraz ze standardem RIBA [14], standard Autodesk pt. *Corporate BIM Standard For Infrastructure Projects* [5] opracowany dla Rosji oraz propozycje duńskiej firmy MT Højgaard [3]. Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy sposób wizualizacji obiektów infrastruktury na różnych poziomach właśnie według propozycji MT Højgaard, bazującej na standardzie amerykańskim.



Rys. 2. Poziomy szczegółowości modelu LOD na przykładach elementów infrastruktury
(źródło: {3})

Próbie standaryzacji poziomów szczegółowości podjęto również w Polsce, w odniesieniu do infrastruktury drogowej, fundacja ECCBIM (Europejskie Centrum Certyfikacji BIM). W opracowaniu [16] zaproponowano, na wzór normy brytyjskiej, rozróżnienie poziomu szczegółowości modelu LOD/LOGD (ang. *Level of Graphical Development/Detail*) oraz poziomu nasycenia modelu informacją niegeometryczną LOI/LOMI (ang. *Level of Model Information*).

Powołana w 2016 grupa zadaniowa EU BIM Task Group zrzeszająca ponad 20 krajów UE i EFTA, w tym Polskę, prowadzi prace standaryzacyjne w celu ułatwienia wprowadzenia BIM w zamówieniach publicznych. W 2017 grupa wydała podręcznik [6] (dostępny także po polsku) zawierający odniesienia do poziomów szczegółowości LOD. W roku 2019 zakończono prace nad dwoma normami: ISO 19650-1 oraz ISO 19650-2, przyjętymi następnie jako Polskie Normy. Obydwe są analogiczne do standardów brytyjskich: PAS 1192-2:2013 oraz PAS 1192-3:2014. W normie ISO 19650-1 można więc znaleźć analogiczne do normy brytyjskiej pojęcie **poziomu zapotrzebowania na informację** (ang. *level of information need*) [13], określającego zakres i szczegółowość dostarczanych informacji, zarówno dla danych graficznych jak i niegraficznych.

4. Koncepcja zastosowania poziomów LOD w projektowaniu infrastruktury kolejowej

Definiowanie poziomu szczegółowości zarówno przez podanie wymaganego stopnia złożoności graficznej jak i informacji niegraficznej należy uznać za zasadne ze względu na wspomniane wcześniej zalety, a także próbę wdrażania go przez ECCBIM w Polsce oraz zaangażowanie Polski w grupie zadaniowej EU BIM, której norma ISO 19650-1 także nawiązuje do takiego podejścia.

W tej chwili nie można jeszcze jednoznacznie określić, czy ten standard zostanie przyjęty jako docelowy w polskim budownictwie. Zaproponowana niżej propozycja standaryzacji poziomów LOD dla infrastruktury kolejowej jest w tym zakresie elastyczna i otwarta na dalszy rozwój.

Przyjęto, analogicznie do propozycji ECCBIM [16], równoległy podział zakresu danych modelu na:

- **poziomy szczegółowości graficznej modelu LOGD,**
- **poziomy nasycenia modelu informacją niegraficzną LOMI.**

Każdy obiekt kolejowy może być opisany przez kombinację LOGD/LOMI. Stąd można wyróżnić teoretycznie aż 36 kategorii.

Na razie tylko niektóre z nich będą miały praktyczne zastosowanie w sterowaniu ruchem kolejowym z uwagi na ograniczoną obecnie rolę BIM i technik 3D w branży srk. Poziomy LOGD oraz LOMI zostały zebrane i opisane w tabelach 2 i 3.

Tab. 2. Poziomy LOGD proponowane do opisu infrastruktury kolejowej

Poziom LOGD	Nazwa	Opis
LOGD1	Podstawowy / symboliczny	Obiekt reprezentuje prosty symbol, bez skali, 2D, który określa tylko rodzaj obiektu bez informacji dot. konfiguracji
LOGD2	Koncepcyjny	Obiekt reprezentuje symbol, bez skali, 2D, który określa konfigurację i podstawowe właściwości danego obiektu
LOGD3	Ogólny	Obiekt reprezentuje prosty model 3D o poziomie szczegółowości podobny do LOGD2, ale posiadający już przybliżone wymiary w skali; w modelu trudno wyróżnić poszczególne elementy
LOGD4	Szczegółowy	Obiekt reprezentuje złożony model 3D o poziomie szczegółowości koniecznym do kosztorysowania, z dokładnymi wymiarami; w modelu można wyróżnić poszczególne elementy
LOGD5	Budowlany / instalacyjny	Obiekt reprezentuje złożony model 3D o poziomie szczegółowości koniecznym do instalacji i uruchomienia; w modelu są rozdzielone wszystkie istotne elementy, interfejsy i połączenia
LOGD6	Powykonawczy / użytkowy	Obiekt reprezentuje złożony model 3D o poziomie szczegółowości koniecznym do eksploatacji; w modelu odwzorowane są wszystkie właściwości, istotne w fazie eksploatacji

(źródło: opracowanie własne)

Tab. 3. Poziomy LOMI proponowane do opisu infrastruktury kolejowej

Poziom LOMI	Nazwa	Opis
LOMI1	Podstawowy / symboliczny	Obiekt opisany jest tylko lokalizacją i informacją o przynależności do branży srk
LOMI2	Koncepcyjny	Obiekt opisany jest jak w LOMI1, a dodatkowo identyfikatorem i podstawowymi atrybutami
LOMI3	Ogólny	Obiekt opisany jest jak w LOMI2, a dodatkowo danymi konstrukcyjnymi i konfiguracyjnymi
LOMI4	Szczegółowy	Obiekt opisany jest jak w LOMI3, a dodatkowo danymi materiałowymi, kosztowymi i czasowymi
LOMI5	Budowlany / instalacyjny	Obiekt opisany jest jak w LOMI4, a dodatkowo danymi istotnymi do wykonania instalacji i uruchomienia
LOMI6	Powykonawczy / użytkowy	Obiekt opisany jest jak w LOMI5, a dodatkowo danymi istotnymi na etapie eksploatacji

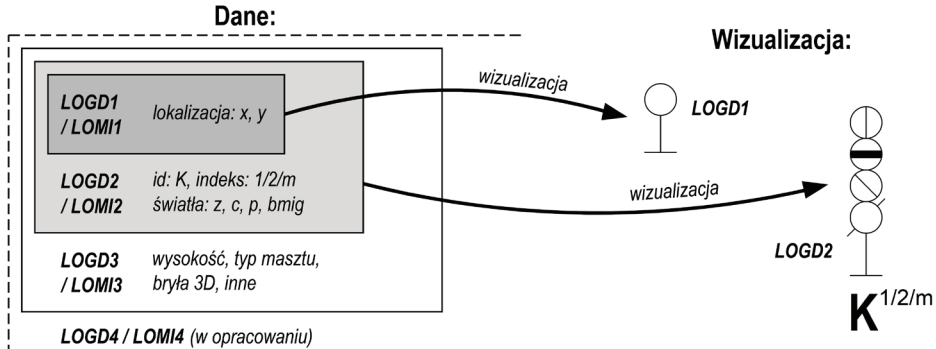
(źródło: opracowanie własne)

W tym miejscu należy rozróżnić dwa główne cele wprowadzania LOD w projektowaniu infrastruktury kolejowej:

- (1) uporządkowanie i standaryzacja zawartości informacyjnej modelu w zależności od zastosowania i etapu projektu – co przekłada się na ograniczenie złożoności modelu tylko do poziomu, który jest konieczny,
- (2) wizualizacja tylko tych danych o obiekcie, które są konieczne na danym poziomie, mimo istnienia większego zbioru informacji w bazie danych – co nie przekłada się na ograniczenie złożoności modelu, natomiast umożliwia definiowanie danego obiektu tylko raz w bazie danych, z możliwością wizualizowania go w różny sposób.

W pierwszym celu nacisk położony jest na poziom szczegółowości modelu, a w drugim raczej na poziom szczegółowości wizualizacji modelu.

Różnicę między jednym i drugim podejściem przedstawia rysunek 3. W przedstawionym przykładzie semafor K opisany jest danymi na poziomie szczegółowości modelu LOGD4/LOMI3. Mimo to, dane mogą być wizualizowane na niższych poziomach szczegółowości, wystarczających w danych zastosowaniach (w tym przypadku LOGD1 albo LOGD2). Istotą modelu cyfrowego ma być raz zdefiniowany w bazie danych obiekt, który może być wizualizowany na dowolnym poziomie szczegółowości.



Rys. 3. Różnica między poziomem szczegółowości modelu a poziomem szczegółowości wizualizacji modelu – przykład (źródło: opracowanie własne)

Przy wyróżnieniu poszczególnych poziomów posłużono się przede wszystkim kryterium celu, jakiemu służy dany poziom szczegółowości modelu. Dwa pierwsze poziomy LOGD służą przede wszystkim prezentacji koncepcji systemu oraz opracowaniu podstawowych dokumentów, a więc planu schematycznego i płaskich schematów pochodnych. Poziomy od LOGD3 do LOGD5 to kolejne fazy rozwoju modelu 3D obiektu na potrzeby projektowania, wizualizacji, koordynacji międzybranżowej i instalacji. Poziom LOGD6 jest modelem powykonawczym, eksploatacyjnym. Podobnie zdefiniowano poziomy LOMI.

Mając na uwadze rozwojowy i otwarty charakter modelu podczas prac projektowych oczywistym jest, że stopień złożoności modelu będzie się zmieniał i może być różny dla poszczególnych elementów. Co więcej, rozwój warstw graficznej i niegraficznej często będzie niesymetryczny. Dlatego też należy wprowadzać do modelu definicję każdego obiektu w taki sposób, aby możliwe było uzupełnianie jego opisu aż do osiągnięcia maksymalnego możliwego poziomu LOGD6/LOMI6.

5. Poziom LOD w odniesieniu do struktury i etapu projektu srk

Przyszły standard dla projektantów infrastruktury kolejowej będzie określał poziomy szczegółowości LOD dla poszczególnych projektów i ich części na każdym etapie projektu (lub szerzej: realizacji inwestycji).

Poniżej zaproponowano poziomy LOD: zarówno LOGD jak i LOMI dla poszczególnych części projektu srk (arkuszy) w zależności od stadium projektu.

Tab. 4. Zależność poziomu szczegółowości rysunku od składowika projektu srk oraz etapu projektu (źródło: opracowanie własne)

część projektu \ stadium projektu	koncepcja programowo-przestrzenna	projekt budowlany	projekt wykonawczy	dokumentacje techniczno-ruchowe	dokumentacja powykonawcza
plan schematyczny	LOGD2 / LOMI2	LOGD2 / LOMI2	LOGD2 / LOMI2	---	LOGD2 / LOMI2
plansza zbiorcza projektu zagospodarowania terenu	---	LOGD1 / LOMI1	LOGD1 / LOMI1	---	LOGD1 / LOMI1
plan rozprowadzenia kabli	---	LOGD1 / LOMI4	LOGD1 / LOMI5	---	LOGD1 / LOMI5
plan układowej kontroli niezajętości	---	---	LOGD1 / LOMI5	---	LOGD1 / LOMI5
schematy obwodów urządzeń	---	---	LOGD5 / LOMI5	LOGD5 / LOMI5	LOGD6 / LOMI6
rysunki montażowe mechaniczne i elektryczne	---	---	LOGD5 / LOMI5	LOGD5 / LOMI5	LOGD5 / LOMI5
wizualizacje 3D	---	LOGD3 / LOMI3	LOGD4 / LOMI4	LOGD5 / LOMI5	LOGD6 / LOMI6

Analiza zapisów w tabeli potwierdza założenie, że przypisanie poziomów jedynie do etapów projektu jest niewystarczające, a rozróżnienie części projektu konieczne, aby precyzyjnie zdefiniować wymagania dla projektu systemu srk.

Należy podkreślić, że niektóre części projektu wymagają takiego samego poziomu LOGD i LOMI przez wszystkie etapy projektu (np. plan schematyczny, który pełni w projekcie rolę podstawy do wszystkich dalszych prac). W niektórych przypadkach poziom LOGD różni się znacznie od LOMI – dotyczy to na przykład planu rozprowadzenia kabli, gdzie dość prosta symbolika urządzeń (niski poziom LOGD) idzie w parze z dość dużą zawartością informacyjną opisu połączeń kablowych (wysoki poziom LOMI).

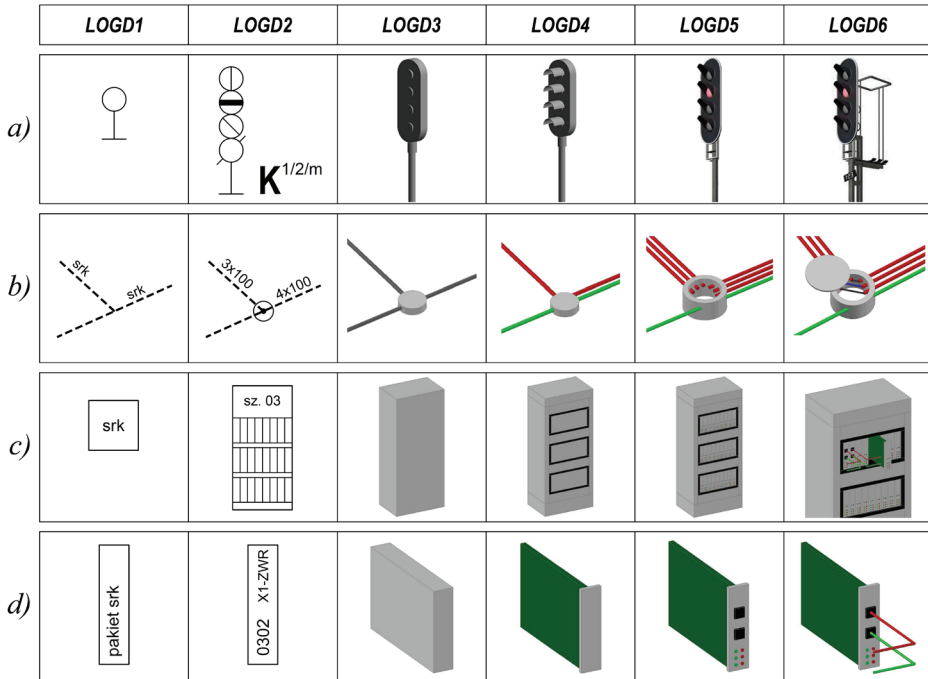
Tabela ma charakter poglądowy i nie stanowi zbioru ścisłych definicji. Będą one przedmiotem procesu standaryzacji w przyszłości, z uwzględnieniem potrzeb innych branż.

6. Przykładowe symbole urządzeń na różnych poziomach LOGD

Na rysunku 4 przedstawiono widoki przykładowych obiektów srk na poszczególnych poziomach szczegółowości LOGD według tabeli 2. Wybrano przykłady obiektów charakterystycznych dla różnych poziomów organizacji infrastruktury systemu srk [19]:

- obszaru linii i stacji kolejowej (przykłady: semafor, trasa kablowa),
- obiektu kubaturowego (przykład: szafa aparaturowa),
- urządzeń wewnętrznych srk (przykład: moduł wykonawczy).

Analogicznie można tworzyć definicje dla kolejnych rodzajów urządzeń srk oraz całych układów i systemów.



Rys. 4. Poziomy LOGD w sterowaniu ruchem kolejowym na przykładach: a) semafora, b) trasy kablowej, c) szafy aparatuowej, d) modułu wykonawczego

(źródło: opracowanie własne)

7. Podsumowanie

Wprowadzenie technologii BIM do projektowania infrastruktury kolejowej wiąże się z potrzebą standaryzacji wymagań dotyczących właściwości modelu. Poziom szczegółowości wymagany na każdym etapie projektu jest różny i nie zawsze zbyt rozbudowany model jest konieczny [9].

Na przykładzie projektowania infrastruktury systemu sterowania ruchem kolejowym można wykazać, że w początkowej fazie projektowania zaawansowany model nie jest potrzebny, a jego przygotowanie i zmiany, które prawie zawsze występują, generują straty czasu i dodatkowe koszty. Istotna jest przy tym precyzyjna, jednoznaczna definicja zawartości modelu w każdym poziomie szczegółowości, zrozumiała dla wszystkich specjalności budowlanych i uczestników procesu inwestycyjnego. Stąd konieczność uniwersalnego podejścia do kształtowania wymagań projektowych, nawet dla tak wydawać by się mogło autonomicznych branż, jak sterowanie ruchem kolejowym. Do tej pory nie opracowano szczegółowych

standardów LOD zorientowanych na infrastrukturę kolejową, z uwzględnieniem różnych obiektów srk.

Zaprezentowana próba systematyki jest pewną propozycją, która oczywiście będzie dalej rozwijana i uszczegółowiona. Podejście z rozróżnieniem poziomów szczegółowości graficznej modelu LOGD oraz poziomów szczegółowości informacji niegraficznej LOMI wydaje się bardziej elastyczne i wspierane przez organizacje działające w Polsce, takie jak ECCBIM. Wybór ostatecznego modelu systematyki będzie jednak wymagał analiz wymagań i potrzeb przeprowadzonych dla wszystkich branż biorących udział w procesach inwestycyjnych dotyczących obiektów kolejowych.

Bibliografia

- [1] AIA E202-2009 BIM and Digital Data Exhibit, American Institute of Architects (AIA), 2008;
- [2] BIMForum, <https://bimforum.org>, dostęp: 09.2019;
- [3] Building component catalogue with LOGD levels, MT Højgaard, Ver. 4.0, Gladsaxe (Dania), 2017;
- [4] Buildingsmart, <https://www.buildingsmart.org>, dostęp: 09.2019;
- [5] Corporate BIM Standard for Infrastructure Projects, Autodesk, Moskwa 2015;
- [6] Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector, EU BIM Task Group, UE, 2017;
- [7] Ie-4 (WTB-E10). Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2017;
- [8] InfraBIM, <http://www.infrabim.ee>, dostęp: 09.2019;
- [9] Kasznia D., Magiera J., Wierzowiecki P., BIM w praktyce. Standardy, wdrożenie, case study, PWN, Warszawa 2018;
- [10] Level of development (LOD) specification part I & Commentary for Building Information Models and Data, BIMForum, 2019;
- [11] NBS BIM Toolkit, <https://toolkit.thenbs.com/definitions>, dostęp: 09.2019;
- [12] PAS 1192-2:2013, Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling, British Standards Institution, BSI Standards Limited, Londyn, 2013;
- [13] PN-EN ISO 19650-1:2019-02, Organizacja i digitalizacja informacji o budynkach i budowlach, w tym modelowanie informacji o budynku (BIM) – Zarządzanie informacjami za pomocą modelowania informacji o budynku – Część 1: Koncepcje i zasady;
- [14] RIBA Plan of Work 2013. Overview, RIBA, Londyn, 2013;

-
- [15] Salamak M., Januszka M., Płaszczek T., Technologia BIM+AR w zarządzaniu infrastrukturą kolejową, Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP, Oddział w Krakowie, nr 3(110), Kraków 2016;
- [16] Standardy BIM Fundacji EccBIM. Propozycja definicji poziomów LOGD/LOMI dla projektów infrastrukturalnych i liniowych. Załącznik nr 9.5 do Wymagań Informacyjnych Zamawiającego dla zadania pn. „Zaprojektowania i budowy obwodnicy Zatora w ciągu drogi krajowej nr 28”, Europejskie Centrum Certyfikacji BIM, Warszawa 2018;
- [17] Tomana A., BIM: innowacyjna technologia w budownictwie: podstawy, standardy, narzędzia, PWB Media Zdziebłowski, Kraków 2016;
- [18] Wontorski P., Kochan A., Elektroniczny system obiegu dokumentacji projektowej urządzeń srk - wybrane zagadnienia [w:] Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie, vol. II, nr 2(116), s. 143-156, 2018
- [19] Wontorski P., Kochan A., Możliwości wdrożenia modelowania informacji o obiekcie (BIM) w projektowaniu urządzeń srk [w:] Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport, z. 118, Warszawa 2017;
- [20] Wontorski P.: Metoda automatyzacji projektowania infrastruktury komputerowego systemu sterowania ruchem kolejowym, rozprawa doktorska, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2019;

