

3D	4D	5D	6D	7D
<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelowanie geometryczne</li> <li>Wizualizacja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelowanie geometryczne</li> <li>Wizualizacja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelowanie geometryczne</li> <li>Wizualizacja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelowanie geometryczne</li> <li>Wizualizacja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelowanie geometryczne</li> <li>Wizualizacja</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Czas</li> <li>Planowanie robót, dostaw, materiałów, transportu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Czas</li> <li>Planowanie robót, dostaw, materiałów, transportu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Czas</li> <li>Planowanie robót, dostaw, materiałów, transportu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Czas</li> <li>Planowanie robót, dostaw, materiałów, transportu</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Koszty</li> <li>Planowanie kosztów, budżetu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Koszty</li> <li>Planowanie kosztów, budżetu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Koszty</li> <li>Planowanie kosztów, budżetu</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Projektowanie z uwagi na trwałość (LEED – Leadership in Energy and Environmental Design)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projektowanie z uwagi na trwałość (LEED – Leadership in Energy and Environmental Design)</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Parametry użytkowane</li> </ul>

Rys. 2. BIM 3D-7D w budownictwie [4]

BIM można podzielić na sześć charakterystycznych etapów. Pierwszy z nich to **modelowanie stanu istniejącego i wykorzystanie różnego typu danych**, np. lokalizacji sieci podziemnych, nadziemnych, budynków czy też numerycznego modelu terenu (NMT). Drugim etapem jest **proces modelowania rozwiązań projektowych** łączący wszystkie branże, np. sanitarną, elektryczną, teletechniczną czy drogową. Kolejny etap to **wykrywanie kolizji i związana z tym możliwość podejmowania ważnych decyzji** (wielobranżowych) dotyczących zmian projektowych jeszcze na etapie projektowania. Czwartym etapem jest **budowa związana bezpośrednio z wykonawcą**, który ma możliwość zaimplementowania modelu 3D w pracy maszyn budowlanych (obecnie głównie roboty ziemne i nawierzchniowe). Piąty etap dotyczy **inwentaryzacji powykonawczych**, których głównym celem jest zinventaryzowanie wszystkich zmian projektowych, na budowie i wprowadzenie ich do modelu przygotowanego w etapach projektowych. Ostatnim, szóstym etapem jest **użytkowanie/utrzymanie polegające na wykorzystaniu informacji (danych) zawartych w sparametryzowanym, trójwymiarowym modelu 3D podczas eksploatacji obiektu**. Takie podejście do BIM w zakresie przygotowania danych materiałów do budowy i eksploatacji oraz utrzymania obiektu pozwala na stwierdzenie, czym w przyszłości może być BIM w budownictwie infrastrukturalnym.

Rozwój technologii informatycznych, nowych urządzeń umożliwiających wizualizację oraz technologii BIM, w której podstawę stanowi trójwymiarowy model parametryczny obiektu, przyczynia się do poprawy jakości pracy, realizacji inwestycji oraz eksploatacji obiektów. Przykładem może być wykorzystanie technologii wirtualnej rzeczywistości VR (Virtual Reality) oraz połączonej lub wzbogaconej rzeczywistości (o wirtualną rzeczywistość) AR (Augment Reality). Różnica pomiędzy VR a AR polega na tym, że w Virtual Reality obraz sztucznej rzeczywistości stworzony jest tylko i wyłącznie z wykorzystaniem technologii informatycznej (rysunek 3). Augment Reality to system łączący świat rzeczywisty z tym generowanym komputerowo (rysunek 4).

Do korzyści ze stosowania BIM w budownictwie infrastrukturalnym można zaliczyć:

- **możliwość wykrycia błędów i kolizji (w tym międzybranżowych) na bardzo wczesnym etapie projektowania.**

Ze względu na dotychczasowy charakter projektowania (głównie projekty 2D bez powiązania między branżami tym samym modelem) liczba błędów i kolizji może być bardzo duża. Korzyści odczuwają głównie projektanci i wykonawcy oraz pośrednio inwestorzy. Upatruje się ich w systemie „projektuj i zbuduj”, gdzie poza wymaganiami utrzymania szybkiego tempa projektowania i wykonywania robót oraz dużą interakcją pomiędzy projektantem a wykonawcą istotną staje się optymalizacja wielu parametrów obiektu;

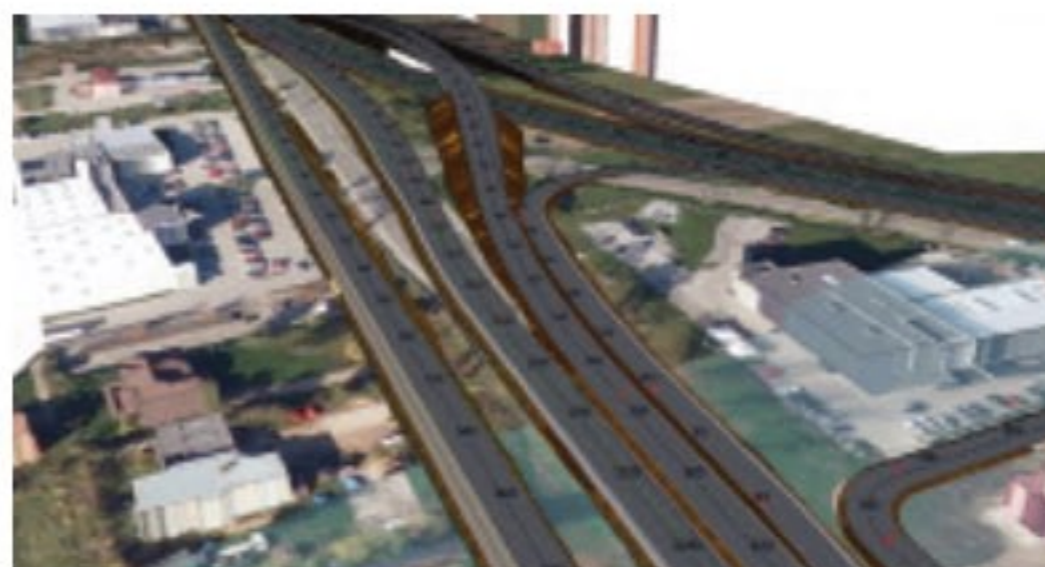
- **większą czytelność projektu dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego.** Wprowadzenie wielobranżowego modelu 3D zwłaszcza na terenach wrażliwych, gdzie wymagane są konsultacje społeczne i występują skomplikowane uzgodnienia (np. z administracją ochrony środowiska) zdecydowanie przyspiesza wykonanie i uzgodnienia projektu. Stosowane dotychczas projekty 2D dla wielu osób są mało czytelne, a w niektórych sytuacjach wręcz niezrozumiałe, co głównie przekłada się na czas uzgodnień, a niekiedy może być powodem braku akceptacji rozwiązania;

- **poprawę jakości projektu** przez wykonanie dokładniejszych analiz niekorzystnych oddziaływań oraz lokalizację inwestycji i wprowadzenie odpowiednich w przypadku danego problemu zabezpieczeń. Efekt ten może być związany nie tylko z etapem projektowania, ale i budową oraz utrzymaniem obiektu;

- **poprawę jakości pracy i koordynacji zespołów projektowych oraz wykonawczych różnych branż.** Dzięki



Rys. 3. Przykład wirtualnej rzeczywistości (VR – Virtual Reality) w przypadku obniżenia niwelety drogi: a) obraz wygenerowany z modelu 3D; b) fotografia stanu istniejącego [3]



Rys. 4. Przykład połączonej rzeczywistości (AR – Augment Reality) rozwiązania projektowego z faktycznym obrazem terenu i istniejących obiektów