

dr inż. Aleksandra Radziejowska^{1*)}

ORCID: 0000-0002-3190-7129

dr inż. arch. Wojciech Cieplucha²⁾

ORCID: 0000-0002-4738-1782

mgr inż. Marcin Majta³⁾

ORCID: 0000-0001-7259-9276

CDE platforms as an element of the digital transformation of construction

Platformy CDE jako element cyfrowej transformacji budownictwa

DOI: 10.15199/33.2025.11.12

Abstract. The digital transformation of the construction sector involves the implementation of modern tools. One of the key components are CDE (*Common Data Environment*) platforms, which enable the centralization, integration, and control of data. The article presents a definition of these platforms and analyzes their development. It discusses their impact on the efficiency of design, construction, and operation processes. Benefits and implementation challenges are identified. It is indicated that CDE platforms are a vital element in the future of the construction industry.

Keywords: BIM; project management; CDE; new technologies; comparative analysis.

Streszczenie. Cyfrowa transformacja budownictwa to wdrażanie nowoczesnych narzędzi. Jednym z kluczowych elementów są platformy CDE (*Common Data Environment*), które umożliwiają centralizację, integrację i kontrolę nad danymi. W artykule przedstawiono definicję platform, analizując ich rozwój. Omówiono ich wpływ na efektywność projektowania, realizacji i eksploatacji obiektów. Zidentyfikowano korzyści i wyzwania wdrożeniowe. Wskazano, że platformy CDE stanowią istotny element przyszłości sektora budowlanego.

Słowa kluczowe: BIM; zarządzanie projektami; CDE; nowe technologie; analiza porównawcza.

Digital transformation represents one of the key challenges and, at the same time, opportunities for contemporary construction. These changes are not limited to the design phase (Figure 1) but encompass the entire life cycle of a building – from planning, through construction, to operation, renovation, modernization, and demolition. In the context of climate requirements, the necessity to achieve sustainable development goals, and the implementation of EU regulations, digital solutions that support effective information management are gaining increasing importance. One of the crucial elements of this process are CDE platforms (*Common Data Environment*), which enable not only structured data exchange among stakeholders but also the creation of digital representations of assets and their active use in decision-making processes [1, 2].

Within the entire life cycle of a building, CDE platforms already at the planning and design stages facilitate the collection and coordination of project documentation, the integration of BIM models, and the ensuring of information consistency across different disciplines. During the construction phase, they

Cyfrowa transformacja stanowi jedno z kluczowych wyzwań i zarazem szans dla współczesnego budownictwa. Zmiany te nie ograniczają się do projektowania (rysunek 1), ale obejmują cały cykl życia obiektu – od fazy planowania, poprzez realizację, aż po eksploatację, remonty, modernizację i wyjście z użytkowania (rozbiórka). W kontekście wymagań klimatycznych, konieczności realizacji celów zrównoważonego rozwoju oraz wdrażania unijnych regulacji, coraz większe znaczenie zyskują rozwiązania cyfrowe wspierające efektywne zarządzanie informacją. Jednym z ważnych elementów tego procesu są platformy CDE (*Common Data Environment*), które umożliwiają nie tylko uporządkowany przepływ danych między interesariuszami, ale również tworzenie cyfrowych reprezentacji obiektów i ich aktywne wykorzystanie w procesie decyzyjnym [1, 2].

liwiają nie tylko uporządkowany przepływ danych między interesariuszami, ale również tworzenie cyfrowych reprezentacji obiektów i ich aktywne wykorzystanie w procesie decyzyjnym [1, 2].

W kontekście całego cyklu życia obiektu budowlanego, platformy CDE już na etapie planowania i projektowania umożliwiają gromadzenie i koordynację dokumentacji projektowej, integrację modeli BIM oraz zapewnienie spójności informacji między

różnymi branżami. W fazie realizacji pozwalają na bieżącą aktualizację danych, zarządzanie harmonogramem, postępem robót oraz komunikację między uczestnikami procesu budowlanego w czasie rzeczywistym. W okresie eksploatacji platformy CDE stają się cyfrowym repozytorium wiedzy

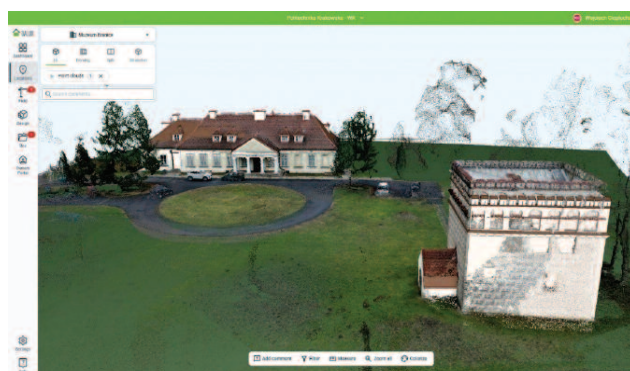


Fig. 1. Museum building with point cloud visible in the Dalux CDE platform

Rys. 1. Budynek muzeum wraz z chmurą punktów widoczny w platformie CDE firmy Dalux

¹⁾ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Ładowej i Gospodarki Zasobami

²⁾ Politechnika Krakowska, Wydział Architektury

³⁾ NDI S.A.

^{*)} Correspondence address: aradziej@agh.edu.pl

allow for real-time updating of data, management of schedules and progress, and efficient communication among project participants. In the operation stage, CDE platforms become a digital repository of building knowledge, supporting technical infrastructure management, maintenance planning, and the identification of modernization potential. Finally, in the decommissioning phase, access to organized historical data enables informed decisions regarding component reuse, material recovery, and minimization of environmental impact, while also allowing for the archiving of comprehensive knowledge about the dismantled asset. Thanks to such a broad scope of application, CDE platforms have become a cornerstone of modern approaches to building life cycle management.

The purpose of this article is to present the functionality and potential of CDE platforms in the context of comprehensive management of building information throughout all stages of its life cycle, with particular emphasis on practical examples of implementation and identification of deployment barriers under Polish and European conditions.

Genesis and definition of CDE

Origins and context of development. The concept of the *Common Data Environment* (CDE) was formally introduced in the context of Building Information Modelling (BIM) and was first described in the British Standard BS 1192:2007. The term refers to a digital environment that enables the centralized storage, management, and distribution of information related to a built asset within a single source of truth [3 ÷ 5]. The key idea behind CDE is to ensure that all participants in a construction project have access to current, consistent, and approved information, thereby eliminating discrepancies and duplication of data [6].

The genesis of CDE platforms stemmed from the need to organize the flow of information in construction projects, which have traditionally been characterized by high data fragmentation, a lack of standardization, and limited interdisciplinary collaboration – factors that often generated significant errors and delays. The development of digital technologies, and in particular the popularization of BIM, initiated the need to create tools supporting integrated information management. The first CDE environments functioned as simple file repositories, enabling centralized storage of project documentation. As market requirements evolved and projects became more complex, these environments were gradually expanded with features supporting document approval workflows, change tracking, version control, and sharing of BIM models. Modern CDE platforms are now advanced cloud-based systems that integrate multiple functions – supporting not only document sharing, but also management of schedules, costs, tasks, clashes (Figures 2 and 3), service requests, and progress monitoring. These platforms can also integrate with various systems and data analysis tools, as well as with IoT devices that support building operation and maintenance during the operational phase.

Evolution of CDE platforms. The evolution of cloud-based platforms, from simple data repositories to complex, integrated information management systems, reflects the growing needs

o obiekcie, wspierając zarządzanie infrastrukturą techniczną, planowanie przeglądów i konserwacji, a także identyfikację potencjału modernizacji. Ostatecznie, w końcowej fazie życia budynku – rozbiórce – dostęp do uporządkowanych danych historycznych umożliwia podejmowanie świadomych decyzji dotyczących ponownego użycia elementów, odzysku materiałów oraz minimalizacji wpływu środowiskowego, pozwalając również zarchiwizować kompletną wiedzę na temat rozbieranego obiektu. Dzięki tak szerokiemu zakresowi zastosowania, CDE stają się filarem nowoczesnego podejścia do zarządzania cyklem życia budynków.

Celem artykułu jest przedstawienie funkcjonalności oraz potencjału platform CDE w kontekście kompleksowego zarządzania informacją o obiekcie budowlanym na wszystkich etapach jego życia, ze szczególnym uwzględnieniem praktycznych przykładów ich zastosowania oraz barier wdrożeniowych w warunkach polskich i europejskich.

Geneza i definicja CDE

Początki i kontekst rozwoju. Pojęcie *Wspólne Środowisko Danych* (z ang. *Common Data Environment* – CDE) zostało formalnie wprowadzone w kontekście modelowania informacji o budynku (BIM) i po raz pierwszy opisane w brytyjskiej normie BS 1192:2007. Termin ten odnosi się do cyfrowego środowiska umożliwiającego centralne gromadzenie, zarządzanie i dystrybucję informacji powiązanych z obiektem budowlanym w ramach jednego źródła prawdy (ang. *single source of truth*) [3 ÷ 5]. Kluczową ideą CDE jest zapewnienie wszystkim uczestnikom przedsięwzięcia budowlanego dostępu do aktualnych, spójnych i zatwierdzonych informacji, eliminując problem rozbieżności i duplikacji danych [6].

Geneza platform CDE wyniknęła z potrzeby uporządkowania obiegu informacji w projektach budowlanych, które tradycyjnie cechowały się silnym rozproszeniem danych, brakiem standaryzacji i ograniczoną, generującą dużo błędów i opóźnień współpracą międzybranżową. Rozwój technologii cyfrowych, a w szczególności popularyzacja BIM, zainicjował potrzebę wypracowania narzędzi wspomagających zintegrowane zarządzanie informacją. Pierwsze środowiska CDE miały charakter prostych repozytoriów plików, umożliwiających przechowywanie dokumentacji projektowej w sposób scentralizowany. Wraz z rozwojem wymagań rynkowych oraz zwiększeniem się złożoności projektów, zaczęto rozbudowywać je o funkcje wspierające procesy zatwierdzania dokumentów, śledzenia zmian, zarządzania wersjami oraz udostępniania modeli BIM. Współczesne platformy CDE to zaawansowane systemy chmurowe, integrujące wiele funkcji wspierających nie tylko współdzielenie dokumentów, ale również zarządzanie harmonogramem, kosztami, zadaniami, kolizjami (rysunki 2 i 3), zgłoszeniami serwisowymi oraz monitorowaniem postępu prac. Platformy te mogą integrować się z różnymi systemami, narzędziami do analizy danych, jak również z urządzeniami IoT wspierającymi funkcjonowanie budynku np. w fazie eksploatacji.

Ewolucja platform CDE. Ewolucja platform chmurowych od prostych repozytoriów danych do złożonych, zintegrowanych systemów zarządzania informacją odzwierciedla rosną-

of the construction industry in terms of effective collaboration, process standardization, and asset life-cycle management. With the development of technology and the widespread adoption of the Building Information Modelling (BIM) approach, CDE platforms have undergone both functional and organizational transformation (Table 1).

ce potrzeby branży w zakresie efektywnej współpracy, standaryzacji procesów oraz zarządzania cyklem życia obiektu. W miarę rozwoju technologii i upowszechniania się podejścia opartego na modelowaniu informacji o budynku BIM, platformy CDE przeszły transformację funkcjonalną i organizacyjną (tabela 1).

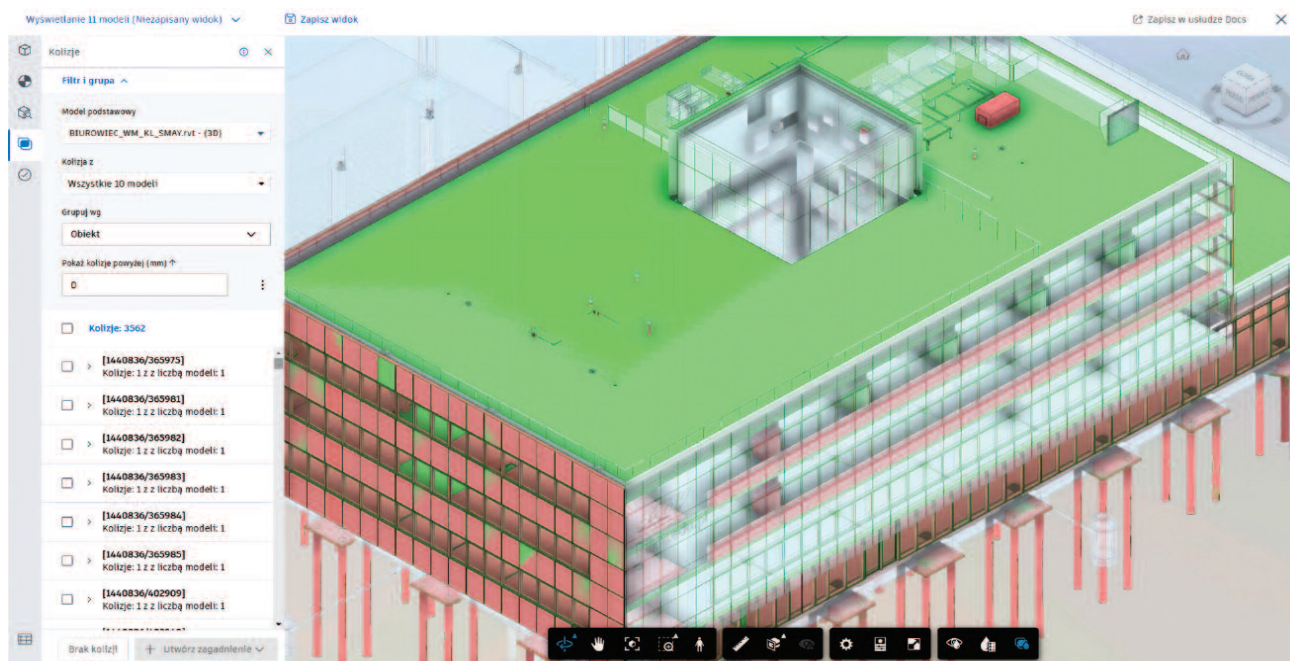


Fig. 2. The model with detected clashes in the ACC
Rys. 2. Model z wykrytymi kolizjami w ACC

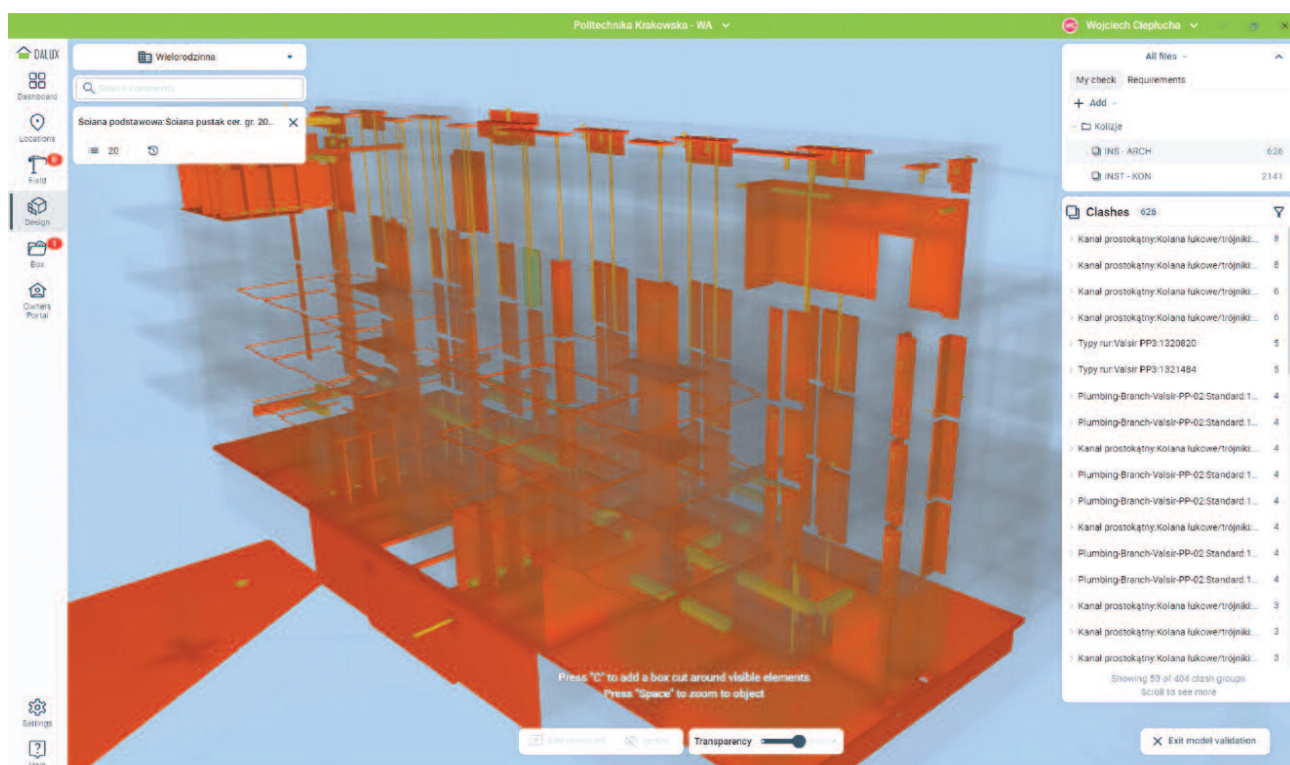


Fig. 3. The model with clashes in the Dalux platform
Rys. 3. Model z kolizjami w platformie Dalux

Table 1. Overview of Common Data Environment (CDE) solutions

Tabela 1 Zestawienie rozwiązań dotyczących wspólnego środowiska danych

Development Stage/Etap rozwoju	Description/Charakterystyka	Main Functionalities/Główne funkcjonalności	Example Solutions/Przykłady rozwiązań
File repositories (early stages of digitalization, since the 1980s, e.g. FTP)/ Repozytoria plików (początki cyfryzacji, już od lat 80-tych (FTP))	simple environments for sharing project documentation/proste środowiska do współdzielenia dokumentów projektowych	file storage, multi-user access to documentation, basic folder structure/przechowywanie plików; dostęp do dokumentacji dla wielu użytkowników; prosty podział katalogów	Dropbox (2007); Google Drive (2012); FTP (File Transfer Protocol)
Document management platforms (version control and access management)/ Platformy dokumentacyjne (zarządzanie wersjami i dostępem)	increased functionality in document workflow and access control/zwiększenie funkcjonalności w obiegu dokumentów i kontroli dostępu	file version control, change history tracking, role and permission assignment, document approval, comments and annotations, team communication/zarządzanie wersjami plików; historia zmian; nadawanie ról i uprawnień; zatwierdzanie dokumentów; komentarze i adnotacje; komunikacja zespołowa	Autodesk BIM 360 Docs (2013); Trimble Connect (2014); Bentley ProjectWise (1997)
BIM-oriented CDE platforms/ CDE zorientowane na BIM	linking the repository with the BIM model, working directly with 3D models/powiązanie repozytorium z modelem BIM, praca na modelach 3D	interdisciplinary coordination, viewing BIM models, support for IFC, RVT, DWG formats, clash detection, task assignment/koordynacja międzybranżowa; przeglądanie modeli BIM; obsługa plików IFC, RVT, DWG; wykrywanie kolizji; przypisywanie zadań	Autodesk BIM Collaborate Pro (2020); Trimble Quadri (2016); Thinkproject CDE (2001)
Project management-enhanced CDE (investment process management)/ Rozszerzenie o narzędzia zarządzania projektem (zarządzanie procesem inwestycyjnym)	integrated environment for managing the entire investment realization process/zintegrowane środowisko do zarządzania całym procesem realizacji inwestycji	scheduling (4D), cost management (5D), quality management, progress tracking, workflow automation, Facility Management (FM) modules/harmonogramowanie (4D); zarządzanie; kosztami (5D), zarządzanie jakością; śledzenie postępów realizacji; automatyzacja przepływów pracy; FM	PlanRadar (2013); Dalux (2010); Oracle Aconex (2000)
Intelligent digital systems (SMART CDE)/ Inteligentne systemy cyfrowe (SMART CDE)	full integration of data and processes across the building life cycle (design – build – operate)/pełna integracja danych i procesów w cyklu życia budynku (design – build – operate)	integration with IoT and BMS, predictive analytics, digital twin support, real-time operational data analysis, artificial intelligence and machine learning, ESG/LCA reporting modules, tools for renovation, SRI, and decarbonization management/integracja z IoT, BMS; analityka predykcyjna; obsługa cyfrowego bliźniaka; analiza danych operacyjnych w czasie rzeczywistym; sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe; moduły do raportowania ESG/LCA; narzędzia do zarządzania renowacją, SRI, dekarbonizacją	Hexagon Xalt (2017); Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE (2012); Autodesk Tandem (2020)

The first solutions referred to as Common Data Environments focused mainly on providing storage spaces for project documentation – drawings, material schedules, timetables, and cost estimates. Their primary function was to ensure that all project participants had access to the current version of documents. Although these early systems were limited in functionality, they represented an initial step toward the digitization of information exchange and the elimination of ambiguities associated with multiple document versions. As BIM developed and construction projects became more complex, the demand grew for tools that could manage not only documents but also entire project workflows [7, 8]. In the next stage of evolution, CDE platforms gained functions such as file version control, document approval, change management, permission assignment, and edit history tracking. Features enabling commenting and markup of models were also introduced, allowing for real-time interdisciplinary coordination and reduction of design clashes during the construction phase. The next milestone was the integration of the CDE environment with BIM models and specialized domain tools for cost estimation, scheduling, and energy analysis. Platforms began to support native BIM file formats (e.g., .rvt, .ifc), enabling users to view models without the need for additional specialized software. These capabilities significantly improved information accessibility for all stakeholders, including investors and facility managers, who had previously faced limited access to technical data.

Pierwsze rozwiązania określane mianem wspólnych środowisk danych koncentrowały się na udostępnianiu przestrzeni do przechowywania dokumentacji projektowej – rysunków, zestawień materiałów, harmonogramów i kosztorysów. Główną funkcją było zapewnienie wszystkim uczestnikom projektu dostępu do aktualnej wersji dokumentów. Tego typu rozwiązania, choć ograniczone pod względem funkcjonalnym, stanowiły pierwszy krok ku cyfryzacji wymiany informacji i eliminacji niejednoznaczności związanych z wieloma wersjami plików. Wraz z rozwojem BIM oraz zwiększeniem skomplikowania inwestycji, rosło zapotrzebowanie na narzędzia umożliwiające zarządzanie nie tylko dokumentami, ale i całym procesem projektowym [7, 8]. W kolejnej fazie rozwoju, platformy CDE zyskały funkcje kontroli wersji plików, zatwierdzania dokumentów, zarządzania zmianami, nadawania uprawnień oraz rejestrowania historii edycji. Pojawiły się możliwości komentowania i oznaczania modeli, co umożliwiło bieżącą koordynację międzybranżową i zmniejszenie liczby kolizji na etapie realizacji. Kolejny krok to integracja środowiska CDE z modelami BIM i dedykowanymi narzędziami branżowymi – do kosztorysowania, harmonogramowania i analizy energetycznej. Platformy zaczęły obsługiwać natywne pliki BIM (np. .rvt, .ifc), umożliwiając ich przeglądanie bez konieczności instalacji specjalistycznego oprogramowania. Funkcje te istotnie zwiększyły dostępność informacji dla wszystkich uczestników procesu, w tym inwestorów i zarządców, którzy wcześniej mieli utrudniony dostęp do danych technicznych.

Currently, new generations of CDE platforms are being developed, equipped with intelligent modules that enable not only the storage and sharing of up-to-date files, but also the execution of analyses and simulations. These solutions are integrated with planning systems, asset management platforms (CAFM), smart monitoring technologies (IoT), and even legal document management systems. Thanks to built-in workflow automation tools, it is now possible to implement digital approval cycles, reporting mechanisms, and response procedures for identified issues. Future developments indicate that CDE platforms will become increasingly open and scalable systems, capable of integrating with any technology used throughout the asset life cycle. In the near future, we can expect further automation of administrative activities, the introduction of advanced predictive analytics, and stronger integration across all phases of a building's life cycle – supporting energy management, technical maintenance, and renovation processes.

Standards and regulations related to CDE. Currently, within the ISO 19650 series, one can find the definition of the Common Data Environment (CDE), its required functionalities, and the principles of information management in the construction process. Requirements for the use of CDE platforms are also appearing in public procurement procedures in some European countries, which demonstrates their growing importance in engineering and construction practice.

According to ISO 19650 [9], the **CDE** is a central repository in which all data and information related to a construction project are stored, organized, managed, and made available to all project participants. The CDE constitutes a fundamental element of information management in BIM-based processes, supporting collaboration, coordination, and data quality control throughout the project. The main characteristics of CDE, as defined by ISO 19650, are presented in Figure 4.

According to [9], the main benefits of using CDE platforms include:

- increased efficiency of collaboration among all project participants;
- reduced risk of errors and clashes through enhanced data transparency;
- improved quality control and compliance of documentation;
- facilitated project management and monitoring of its progress.

In the context of information management regulations, the ISO 19650 series (Parts 1 – 5) constitutes the most important international reference for managing information within a BIM environment. This series includes the following standards:

■ **PN-EN ISO 19650-1:2019-02** – *Organization and digitization of information about buildings and civil*

Obecnie powstają platformy CDE, które są wyposażane w moduły inteligentne, dzięki którym jest możliwe nie tylko przechowywanie i udostępnianie aktualnych plików, ale również prowadzenie analiz i symulacji. Rozwiązania te integrują się z systemami planowania, zarządzania majątkiem (CAFM), monitorowaniem systemów inteligentnych (IoT), a nawet zarządzania dokumentacją prawną. Dzięki wbudowanym narzędziom automatyzującym przepływy pracy, możliwe jest wdrażanie cyfrowych obiegów akceptacji, raportowania i reagowania na nieprawidłowości. Dalszy rozwój wskazuje, że platformy CDE będą stawać się coraz bardziej otwartymi, skalowanymi systemami zdolnymi do integracji z dowolnymi technologiami wykorzystywanymi w cyklu życia obiektu. W przyszłości można się spodziewać coraz większej automatyzacji działań administracyjnych, zaawansowanych analiz predykcyjnych oraz silniejszej integracji z wszystkimi fazami cyklu życia obiektu budowlanego, wspierając zarządzanie energią, serwisem technicznym i procesami renowacyjnymi.

Standardy i regulacje odnoszące się do CDE. Obecnie w serii norm ISO 19650 możemy znaleźć definicję wspólnego środowiska danych, pożądane funkcje CDE i zasady zarządzania informacją w procesie budowlanym. Wymagania dotyczące stosowania platform CDE pojawiają się również w zamówieniach publicznych w niektórych krajach europejskich, co świadczy o ich rosnącej roli w praktyce inżyniersko-budowlanej.

Zgodnie z normą ISO 19650 [9], **CDE** jest centralnym repozytorium, w którym wszystkie dane i informacje związane z projektem budowlanym są przechowywane, organi-

zowane, zarządzane i udostępniane wszystkim uczestnikom projektu. CDE stanowi fundamentalny element zarządzania informacjami w procesach bazujących na BIM, wspomagając współpracę, koordynację oraz kontrolę nad jakością danych w projekcie. Główne cechy CDE zgodnie z ISO 19650 zostały przedstawione na rysunku 4.

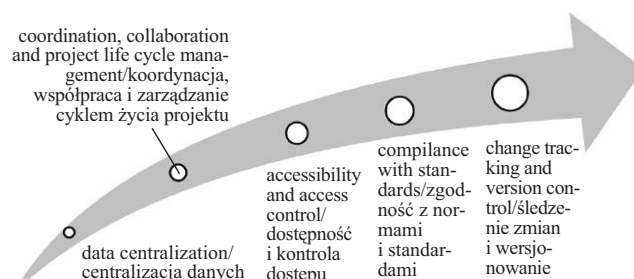


Fig. 4. CDE features according to ISO 19650

Rys. 4. Cechy CDE zgodnie z ISO 19650

Zgodnie z [9] najważniejszymi korzyściami ze stosowania CDE są:

- zwiększenie efektywności współpracy między wszystkimi uczestnikami projektu;
- zmniejszenie ryzyka błędów i kolizji dzięki przejrzystości danych;
- poprawa kontroli jakości i zgodności dokumentacji;
- ułatwienie zarządzania projektem i kontrolowania jego postępu.

W kontekście regulacji dotyczących zarządzania informacją kluczowa jest seria norm ISO 19650 (części 1 – 5), która stanowi obecnie najważniejsze odniesienie w przypadku zarządzania informacjami w środowisku BIM. Seria ta obejmuje normy:

■ **PN-EN-ISO-19650-1:2019-02** *Organizacja i digitalizacja informacji o budynkach i budowlach, w tym modelowanie*

engineering works, including Building Information Modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles;

■ **PN-EN ISO 19650-2:2019-01** Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Information management using building information modelling – Part 2: Delivery phase of the assets;

■ **PN-EN ISO 19650-3:2021** Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Information management using building information modelling – Part 3: Operational phase of the assets;

■ **PN-EN ISO 19650-4:2021** Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Information management using building information modelling – Part 4: Information exchange;

■ **PN-EN ISO 19650-5:2021** Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Information management using building information modelling – Part 5: Security-minded approach to information management;

■ **PN-EN 17412-1:2021** – Building Information Modelling – Level of Information Need – Part 1: Concepts and principles.

In the case of implementing CDE platforms, the openness of data formats is also a crucial aspect. In this context, the fundamental standard is **ISO 16739** (PN-EN ISO 16739-1:2020 – *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema*), which formalizes the IFC format that enables data exchange between different BIM tools. This standard is essential for ensuring interoperability within a CDE environment. It is also important to note other standards that, while not defining CDE explicitly, play a significant role in its functioning. **ISO 29481** (PN-EN ISO 29481-1:2017 – *Building Information Models – Information Delivery Manual – Part 1: Methodology and format*), which refers to Model View Definitions (MVD) and the Information Delivery Manual (IDM), regulates the creation and processing of information in BIM processes, forming the foundation for the data structure within CDE. Similarly, **ISO 12006** (PN-EN ISO 12006-3:2016 – *Building construction – Organization of information about construction works – Part 3: Framework for object-oriented information*) relates to data classification and structuring, which directly influences how information is organized and retrieved within Common Data Environments. Although these standards do not directly reference CDE by name, their application ensures consistent and interoperable information management throughout the entire building life cycle. Taking into account the guidelines of the standards [9] and the scientific publications [3, 10 ÷ 12], the ideal CDE platform should offer a wide range of functionalities that enable efficient information management, collaboration, integration with other systems, and process management across the building life cycle (Figure 5). Table 2 presents the key features that such a platform should include, considering the main functional areas of its operation.

informacji o obiekcie budowlanym (BIM) – Zarządzanie informacjami za pomocą modelowania informacji o obiekcie budowlanym – Część 1: Koncepcje i zasady;

■ **PN-EN-ISO-19650-2:2019-01** Organizacja i digitalizacja informacji o budynkach i budowlach, w tym modelowanie informacji o obiekcie budowlanym (BIM) – Zarządzanie informacjami za pomocą modelowania informacji o obiekcie budowlanym – Część 2: Realizacja projektu;

■ **PN-EN-ISO-19650-3:2021** Organizacja i digitalizacja informacji o budynkach i budowlach, w tym modelowanie informacji o budynku (BIM) – Zarządzanie informacjami za pomocą modelowania informacji o budynku – Część 3: Faza operacyjna zasobów;

■ **PN-EN-ISO-19650-4:2021** Organizacja i digitalizacja informacji o budynkach i budowlach, w tym modelowanie informacji o budynku (BIM) – Zarządzanie informacjami za pomocą modelowania informacji o budynku – Część 4: Wymiana informacji;

■ **PN-EN ISO 19650-5:2021** Organizacja i digitalizacja informacji o budynkach i budowlach, w tym modelowanie informacji o budynku (BIM) – Zarządzanie informacjami za pomocą modelowania informacji o budynku – Część 5: Oparte na bezpieczeństwie podejście do zarządzania informacjami;

■ **PN-EN 17412-1:2021** Modelowanie Informacji o budynku. Wymagany poziom informacji – Część 1: Koncepcje i zasady.

W przypadku wdrażania platform CDE istotna jest także otwartość formatu danych. W tym kontekście normą o fundamentalnym znaczeniu jest **ISO 16739** (PN-EN ISO 16739-1:2020 *Klasy Industry Foundation (IFC) do udostępniania danych w branży budowlanej i zarządzaniu obiektami – Część 1: Schemat danych*), która formalizuje format IFC umożliwiający wymianę danych między różnymi narzędziami BIM. Jest on kluczowy w przypadku zapewnienia interoperacyjności w środowisku CDE. Warto również wskazać inne normy, które choć nie definiują CDE wprost, mają istotne znaczenie. **ISO 29481** (PN-EN ISO 29481-1:2017 *Modele informacji o budynku – Podręcznik dostarczania danych – Część 1: Metodologia i format*), odnosząca się do Model View Definitions (MVD) oraz Information Delivery Manual (IDM), reguluje tworzenie i przetwarzanie informacji w procesach BIM, co jest fundamentem dla struktury danych w CDE. Natomiast wg **ISO 12006** (PN-EN ISO 12006-3:2016 *Budownictwo – Organizacja informacji o obiekcie budowlanym – Część 3: Schemat danych obiektowo-zorientowanych*) dotyczy klasyfikacji i struktur danych, co bezpośrednio przekłada się na sposób organizacji i wyszukiwania informacji w środowiskach wspólnych danych. Choć normy te nie odnoszą się bezpośrednio do CDE z nazwy, ich zastosowanie umożliwia spójne i interopacyjne zarządzanie informacjami w całym cyklu życia obiektu. Uwzględniając wskazania normowe [9] oraz publikacje naukowe [3, 10 ÷ 12] idealna platforma CDE powinna oferować wiele funkcji, które umożliwiają sprawne zarządzanie informacjami, współpracę, integrację z innymi systemami oraz zarządzanie procesami w ramach cyklu życia budynku (rysunek 5). W tabeli 2 przedstawiono kluczowe cechy, które powinna mieć taka platforma, z uwzględnieniem głównych obszarów działania.

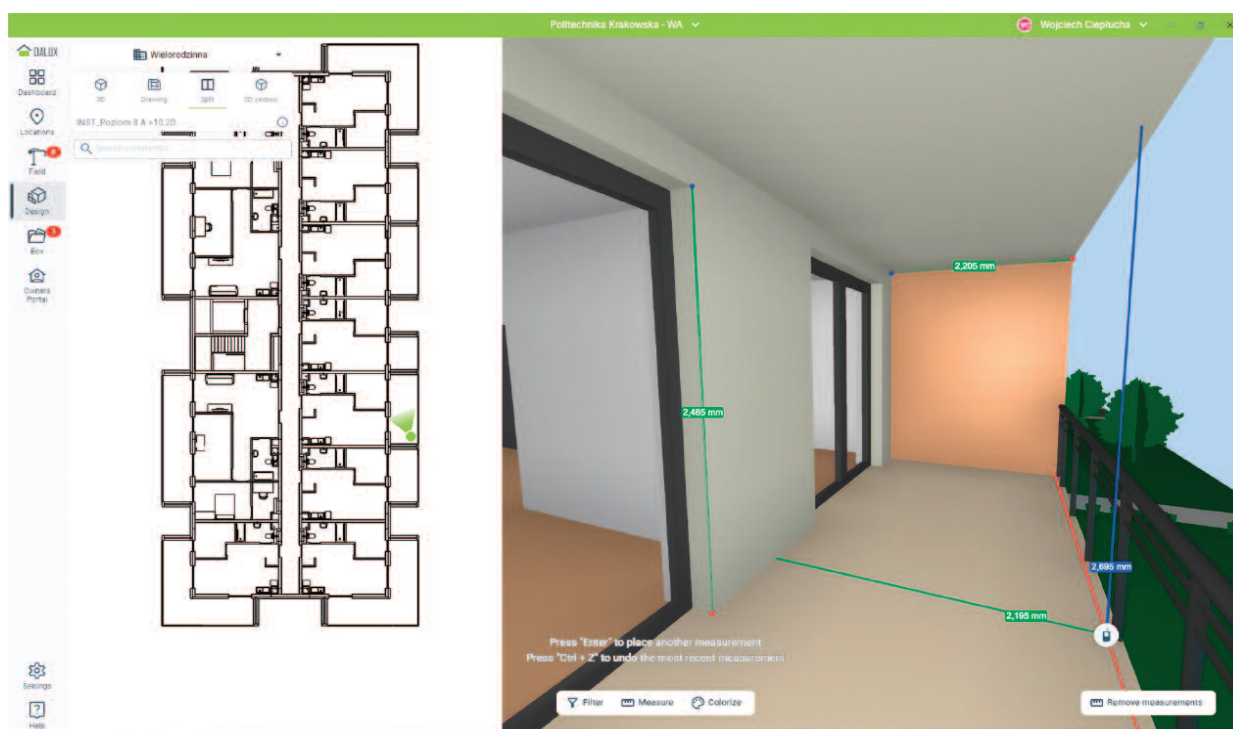


Fig. 5. Dalux Field platform – floor plan and human-perspective view

Rys. 5. Platforma Dalux Field – rzut piętra i widok z perspektywy człowieka

Functions and capabilities of contemporary CDE platforms

Overview of available CDE platforms. With the widespread adoption of BIM and the growing number of projects requiring integrated information management, the CDE platform market has undergone rapid development. Currently, there are numerous commercial and specialized solutions available, offering a wide range of functionalities – from basic document management to advanced 3D model coordination, clash detection, and integration with cost estimation and scheduling systems. The purpose of the comparison presented in Tables 3 and 4 is to provide an overview of selected CDE platforms available on the market as of April 22, 2025, with particular emphasis on:

- the ability to read popular file formats (such as IFC, PDF, DWG, RVT, or PLA) (Table 3);
- key features and functionalities applied in design and construction practice (Table 4).

The presented comparisons allow both the identification of solutions suited to the specific requirements of a given project and the assessment of the maturity level of individual tools in terms of information management within the BIM environment.

Comparative analysis of selected CDE platforms. The data presented in Table 5, containing a qualitative assessment of the functionalities of selected CDE platforms (as of April 22, 2025), enable a deeper exploration of previous analyses and the identification of leaders in key operational areas. The selection of an appropriate CDE platform is of paramount importance for ensuring seamless collaboration among project participants, integration with other digital tools, and compliance with applicable standards. The comparison shown

Funkcje i możliwości współczesnych platform CDE

Zestawienie dostępnych na rynku platform CDE. Wraz z upowszechnieniem się BIM oraz rosnącą liczbą projektów wymagających zintegrowanego zarządzania informacją, rynek platform CDE dynamicznie się rozwinął. Obecnie dostępnych jest wiele rozwiązań komercyjnych i specjalistycznych, oferujących różny zakres – od podstawowego zarządzania dokumentacją po zaawansowaną koordynację modeli 3D, analizę kolizji oraz integrację z systemami kosztorysowymi i harmonogramowymi. Celem zestawienia w tabelach 3 i 4 jest przedstawienie wybranych platform CDE oferowanych na rynku na 22 kwietnia 2025 r., ze szczególnym uwzględnieniem aspektów:

- możliwości odczytu popularnych formatów plików (takich jak IFC, PDF, DWG, RVT czy PLA) (tabela 3);
- kluczowych funkcji wykorzystywanych w praktyce projektowej i wykonawczej (tabela 4).

Przedstawione zestawienia umożliwiają zarówno identyfikację rozwiązań odpowiadających specyfice danego projektu, jak i ocenę stopnia zaawansowania poszczególnych narzędzi w zakresie zarządzania informacją w środowisku BIM.

Analiza porównawcza wybranych platform CDE. Dane przedstawione w tabeli 5, zawierającej jakościową ocenę funkcjonalności wybranych platform CDE (stan na 22.04.2025 r.), pozwalają na pogłębienie wcześniejszych analiz oraz identyfikację liderów w kluczowych obszarach operacyjnych. Bardzo duże znaczenie ma wybór odpowiedniej platformy CDE dla zapewnienia płynnej współpracy między uczestnikami projektu, integracji z innymi narzędziami oraz spełnienia wymagań normatywnych. Zestawienie w tabeli 5 pokazuje

Table 2. Features of an ideal CDE platform according to ISO 19650

Tabela 2. Cechy idealnej platformy CDE zgodnie z ISO 19650

Area/Obszar	Feature/Cecha	Description/Opis
Information Management/Zarządzanie informacją	single source of truth/pojedyncze źródło prawdy	ensures that all project data originates from a single location, maintaining integrity and consistency/gwarancja, że wszystkie dane projektowe pochodzą z jednego miejsca, co zapewnia ich integralność i spójność
	transparent structure of data storage and organization/przejrzysta struktura przechowywania i organizacji danych	enables easy organization and access to data/umożliwia łatwe porządkowanie i dostęp do danych
	clear versioning and change-tracking system/przejrzysty system wersjonowania i śledzenia zmian	tracks the history of documents and models/śledzenie historii dokumentów i modeli
	automatic synchronization of data among all participants/automatyczna synchronizacja danych między wszystkimi uczestnikami	ensures up-to-date and consistent data in real time/zapewnia bieżące i spójne dane w czasie rzeczywistym
Interoperability/Interoperacyjność	support for all popular file formats/obsługa wszystkich popularnych formatów plików	support for all popular file formats/zapewnienie kompatybilności z różnymi formatami plików
	ability to view and work on models without original software/możliwość podglądu i pracy na modelach bez potrzeby posiadania oprogramowania źródłowego	ability to view and work on models without original software/zwiekszenie elastyczności pracy
	data exchange between different systems and tools/wymiana danych między różnymi systemami i narzędziami	data exchange between different systems and tools/zapewnia płynność w integracji z innymi systemami i używanymi w różnych fazach projektu
	API enabling integration with other systems/API umożliwiające integrację z innymi systemami	API enabling integration with other systems/umożliwia rozszerzanie funkcji platformy poprzez integrację z zewnętrznymi narzędziami
Collaboration/Współpraca	role- and permission-based access control/kontrola dostępu bazująca na rolach i uprawnieniach	only authorized users can access specific data and functions, enhancing security/tylko uprawnione osoby mają dostęp do określonych danych i funkcji, co zwiększa bezpieczeństwo
	simultaneous multi-user collaboration/możliwość jednoczesnej pracy wielu użytkowników	enables teamwork from different locations, improving communication and speeding up project delivery/umożliwia współpracę z różnych lokalizacji, co usprawnia komunikację i przyspiesza realizację projektu
	commenting and annotation system directly on models/system komentarzy i adnotacji bezpośrednio na modelach	enables direct interaction with the model and accelerates review and approval processes/umożliwia bezpośrednią interakcję z modelem i przyspiesza procesy rewizji i zatwierdzania
	tools for interdisciplinary coordination/narzędzia do koordynacji międzybranżowej	facilitates integration between design disciplines, aiding in detecting and resolving clashes/umożliwia integrację różnych branż projektowych, ułatwiając znajdowanie i rozwiązywanie kolizji
Process management/Zarządzanie procesami	communication system between project participants/system komunikacji między uczestnikami projektu	provides smooth information flow between all project stakeholders/płynny przepływ informacji między wszystkimi uczestnikami przedsięwzięcia
	defined workflows/zdefiniowane przepływy pracy	automates processes of approval, verification, and documentation within the project/automatyzuje procesy zatwierdzania, weryfikacji i dokumentacji w projekcie
	document approval and verification system/system zatwierdzania i weryfikacji dokumentów	allows control and approval of documents before further use/umożliwia kontrolowanie i zatwierdzanie dokumentów przed ich dalszym wykorzystywaniem
	status and deadline tracking/śledzenie statusów i terminów	enables monitoring of progress and schedules/umożliwia monitorowanie postępu prac i harmonogramów
Accessibility and security/Dostępność i bezpieczeństwo	automation of repetitive processes/automatyzacja powtarzalnych procesów	reduces time spent on manual tasks/redukuje czas poświęcany na manualne zadania
	access via browser and mobile devices/dostęp przez przeglądarkę i urządzenia mobilne	ensures work convenience and flexibility/zapewnia wygodę i elastyczność pracy
	offline work with synchronization/możliwość pracy offline z synchronizacją	enables work in the field or in areas with limited internet access/umożliwia pracę w terenie lub w miejscach o ograniczonym dostępie do Internetu
	data protection and backups/zabezpieczenie danych i kopie zapasowe	ensures data security and integrity in case of system failure/zapewnia ochronę danych i zapewnia ich integralność w przypadku awarii systemu
Analysis and reporting/Analiza i raportowanie	tracking access and change history/śledzenie historii dostępu i zmian	allows monitoring of who accessed the data and when/umożliwia kontrolowanie, kto i kiedy miał dostęp do danych
	model analysis tools/narzędzia do analizy modeli	enables assessment of model quality and compliance/umożliwia ocenę jakości i zgodności modeli
	report and summary generation/generowanie raportów i zestawień	creates reports on project progress, costs, and quality/tworzenie raportów dotyczących postępu, kosztów i jakości projektu
	clash and issue detection/wykrywanie kolizji i problemów	enables automatic identification of design conflicts and issues/umożliwia automatyczne wykrywanie kolizji i nieprawidłowości
Standardization/Standaryzacja	progress tracking/śledzenie postępu prac	monitors and reports on the status of task implementation/monitorowanie i raportowanie o stanie realizacji zadań
	enforcing naming conventions/wymuszanie standardów nazewnictwa	ensures consistency and facilitates data management/zapewnia spójność i ułatwia zarządzanie danymi
	compliance with industry norms and standards/zgodność z normami i standardami branżowymi	enables adherence to applicable norms and regulations/umożliwia przestrzeganie obowiązujących norm i przepisów
	document and process templates/szablony dokumentów i procesów	simplifies applying standards in documentation and workflows/ułatwia stosowanie standardów w dokumentacji i procesach projektowych
Flexibility/Elastyczność	data quality control/kontrola jakości danych	ensures high-quality project data/pozwala na zapewnienie wysokiej jakości danych
	adaptability to project specifics/możliwość dostosowania do specyfiki projektu	allows flexible customization depending on project needs/elastyczne dostosowanie w zależności od potrzeb
	scalability based on project size/skalowalność w zależności od wielkości projektu	enables management of both small and large projects/możliwe zarządzanie małymi i dużymi projektami
	configurable interface and workflows/konfigurowalność interfejsu i procesów	adapts to specific project or organizational requirements/dostosowanie do wymagań konkretnego projektu
	extensibility and scalability for additional functions/możliwość rozbudowy o dodatkowe funkcje – skalowalność	allows adding new functionalities as needs evolve/możliwość dodawania nowych funkcjonalności

Table 3. File compatibility across selected platforms as of 22.04.2025

Tabela 3. Odczytywanie plików przez poszczególne platformy, stan na 22.04.2025

Name of platform/ Nazwa platformy	3D Repo	ACC	Aconex	Asite	Basestone	Bentley Project Wise	BIM Track	BIM&CO	BIMcloud	BIMcollab	Bimsync	Binderless	Dalux	dRofus	PlanRadar	Procore	Revizto	Thinkproject	Trimble Connect	View point For Projects	Xinaps
IFC	✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓✓	✓	✓✓	✓✓	✓	✓✓	✓✓	✓	✓	✓	✓	✓✓	✓	✓✓
PDF	✓	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓✓	✓✓	✓	✓✓	✓	✓✓	✓
DWG	✓	✓	✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RVT	✓✓	✓✓	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓✓	X	X	X	✓✓	X	✓	✓✓	✓	✓✓	X	✓
PLA	X	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	✓✓	✓	✓	X	✓	✓✓	X	X	✓✓	X	✓	✓	X

Table 4. Three key functions of selected CDE platforms as of 22.04.2025

Tabela 4. Trzy najważniejsze funkcje wybranych platform CDE (stan na 22.04.2025 r.)

CDE Platform/ Platforma CDE	Key function 1/Kluczowa funkcja 1	Key function 2/Kluczowa funkcja 2	Key function 3/Kluczowa funkcja 3
3D Repo	online model federation/federacja modeli online	data security/bezpieczeństwo danych	tracking changes in 3D models/śledzenie zmian w modelach 3D
Aconex	multi-level document management/wielopoziomowe zarządzanie dokumentacją	workflow automation/automatyzacja procesów workflow	advanced reporting/zaawansowane raportowanie
Asite	supply chain management/zarządzanie łańcuchem dostaw	document management/zarządzanie dokumentacją	project collaboration/współpraca projektowa
Autodesk Construction Cloud	advanced interdisciplinary coordination/zaawansowana koordynacja międzybranżowa	automatic clash detection/automatyczne wykrywanie kolizji	integrated quality management (QC)/zintegrowane zarządzanie jakością (QC)
Basestone	mobile project management/mobilne zarządzanie projektami	on-site collaboration/współpraca w terenie	photographic documentation/dokumentacja fotograficzna
Bentley ProjectWise	advanced document workflow/zaawansowany workflow dokumentacji	version and revision control/kontrola wersji i rewizji	integration with MS Office and CAD/integracja z MS Office i CAD
BIM Track	centralized issue management/centralne zarządzanie problemami	analysis and reporting/analiza i raportowanie	integration with popular BIM tools/integracja z popularnymi narzędziami BIM
BIM&CO	BIM library management/zarządzanie bibliotekami BIM	object standardization/standaryzacja obiektów	classification and parameterization/klasyfikacja i parametryzacja
BIMcloud	real-time collaboration/współpraca w czasie rzeczywistym	library management/zarządzanie bibliotekami	access control and security/kontrola dostępu i bezpieczeństwo
BIMcollab	issue management/zarządzanie problemami	BCF Manager	model version comparison/porównywanie wersji modeli
Bimsync	Open BIM collaboration	issue tracking management/zarządzanie issue tracking	online model viewing/przegląd modeli online
Binderless	document management/zarządzanie dokumentacją	project collaboration/współpraca projektowa	version control/kontrola wersji
Dalux	advanced mobile model viewing/zaawansowany podgląd modeli na urządzeniach mobilnych	on-site defect management/zarządzanie usterkami w terenie	BIM to Field – construction management/BIM to Field – zarządzanie budową
dRofus	requirements management/zarządzanie wymaganiami	space planning/planowanie przestrzeni	equipment management/zarządzanie wyposażeniem
PlanRadar	construction defect registration/rejestracja usterek budowlanych	task assignment to contractors/przydzielanie zadań wykonawcom	project document centralization/centralizacja dokumentów projektowych
Procore	budget management/zarządzanie budżetem	project coordination/koordynacja projektowa	quality and safety management/zarządzanie jakością i bezpieczeństwem
Revizto	advanced 3D visualization/zaawansowana wizualizacja 3D	issue tracking and management/śledzenie i zarządzanie problemami	multi-format integration/integracja z wieloma formatami plików
Thinkproject	contract management/zarządzanie kontraktami	cost control/kontrola kosztów	technical document management/zarządzanie dokumentacją techniczną
Trimble Connect	precise model coordination/precyzyjna koordynacja modeli	integration with surveying tools/integracja z narzędziami pomiarowymi	advanced collaboration tools/zaawansowane narzędzia do współpracy
Viewpoint For Projects	document management/zarządzanie dokumentami	construction process control/kontrola procesów budowlanych	advanced financial reporting/zaawansowane raportowanie finansowe
Xinaps	automatic model validation/automatyczna walidacja modeli	compliance checking/sprawdzanie zgodności z normami	model analysis/analizy modeli

Table 5. Overview of platform functionalities as of 22.04.2025

Tabela 5. Zestawienie funkcji platform (stan na 22.04.2025 r.)

Platform/Platforma	Ability to compare files/ Możliwość porównania plików				Project management and communication/ Zarządzanie projektami i komunikacja					Technical capabilities and integrations/ Możliwości techniczne i integracje			
	2D	3D	task mana- gement/ zarządzanie zadaniami	multi- lingual support/ wieloję- zyczność	offline work/ praca offline	analysis and re- porting creation/ tworzenie analiz i ra- portów	custom forms/ własne formu- larze	permission manage- ment/za- rządza- nie upra- wnieniami	4D	5D	API access/ dostęp do API	own hosting/ własny hosting	system in- tegration/ integracja między systemami
3D Repo	2	3	3	2	0	3	0	3	2	0	2	2	2
Aconex	3	3	3	3	0	3	2	3	2	2	2	0	3
Asite	2	1	3	2	0	3	2	3	2	2	2	0	3
Autodesk Construction Cloud	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	0	3
Basestone	2	1	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0	2
Bentley ProjectWise	3	3	3	3	2	3	2	3	2	2	2	2	3
BIM Track	1	3	2	2	0	3	2	3	0	0	2	0	2
BIM&CO	1	1	2	3	0	2	0	2	0	0	2	0	2
BIMcloud	3	3	2	3	3	2	2	3	2	0	2	2	3
BIMcollab	1	3	2	2	0	2	0	2	0	0	2	0	2
Bimsync	1	2	2	2	0	2	0	2	0	0	2	0	2
Binderless	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0
Dalux	2	3	3	2	2	2	2	3	2	0	2	0	2
dRofus	2	2	2	3	1	3	2	2	2	0	2	2	2
PlanRadar	3	2	3	3	3	3	3	3	1	1	2	0	2
Procore	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	0	3
Revizto	2	3	3	2	3	2	0	2	2	0	2	0	2
Thinkproject	2	1	3	3	1	3	2	3	2	2	2	2	3
Trimble Connect	3	3	3	3	1	2	0	2	2	0	2	0	2
Viewpoint For Projects	2	0	2	2	0	3	2	3	2	2	2	2	3
Xinaps	1	3	2	2	0	2	0	2	2	0	2	0	2

in Table 5 highlights significant differences between available CDE solutions, particularly in areas such as project management, system integration, and support for 4D/5D model workflows. The leaders in terms of technical advancement and functional scope include, among others, *Autodesk Construction Cloud*, *Bentley ProjectWise*, and *Trimble Connect*. However, it is worth noting that even platforms with a more limited range of functionalities (such as *Basestone* or *Binderless*) may prove suitable for smaller projects or serve as supporting tools for specific tasks. The analysis also confirms that a key trend in the development of CDE platforms is the enhancement of interoperability, API accessibility, and the ability to integrate with external tools – making the selection of a suitable CDE platform a strategic decision in the context of digital management of construction projects.

According to available market data, Autodesk Revit and Autodesk BIM 360 (part of the Autodesk Construction Cloud) are among the most widely used BIM tools worldwide, which directly contributes to the popularity of Autodesk's CDE platform. Bentley Systems, Trimble, and Procore also hold strong market positions, offering solutions tailored to a variety of project-specific needs [13 ÷ 15]. At the same time, it should be emphasized that there is no single “best” CDE platform.

znaczące różnice między rozwiązaniami platformowymi, zwłaszcza w obszarach takich jak zarządzanie projektami, integracja systemów i obsługa modeli 4D/5D. Liderami pod względem zaawansowania technicznego i funkcjonalnego okazują się m.in. *Autodesk Construction Cloud*, *Bentley ProjectWise* oraz *Trimble Connect*. Warto jednak zauważyć, że nawet platformy o bardziej ograniczonym zakresie (jak *Basestone* lub *Binderless*) mogą mieć zastosowanie w małych projektach lub jako wsparcie konkretnych zadań. Tabela potwierdza też, że kluczowym trendem jest rozwój interoperacyjności, dostęp do API oraz możliwość integracji z innymi narzędziami, co czyni wybór odpowiedniej platformy decyzją strategiczną w przypadku cyfrowego zarządzania projektami budowlanymi.

Zgodnie z dostępnymi danymi rynkowymi, Autodesk Revit i Autodesk BIM 360 (część Autodesk Construction Cloud) są jednymi z najczęściej używanych na świecie narzędzi BIM, co przekłada się na popularność platformy CDE oferowanej przez Autodesk. Bentley Systems, Trimble i Procore również zajmują dobre pozycje na rynku, oferując rozwiązania dostosowane do różnych potrzeb projektowych [13 ÷ 15]. Jednocześnie należy podkreślić, że nie istnieje jedna „najlepsz” platforma CDE. Każde z dostępnych narzędzi ma swoją specyfikę, mocne stro-

Each available tool has its own characteristics, strengths, and limitations, and therefore the selection process should be conducted individually, depending on the nature of the project, its implementation stages, the requirements of the design team, the level of BIM maturity, and preferences related to integration, security, and hosting. In practice, this means that the same platform may be ideal for one team but unsuitable for another, making its selection a strategic element of project management. The choice of an appropriate CDE platform should be based on an analysis of the project's specific characteristics, team requirements, and compliance with applicable standards and regulations. Properly aligning the tool with the actual needs of the project ensures work efficiency and contributes to the successful delivery of the investment.

The Role of CDE in the Building Life Cycle

Common Data Environment (CDE) platforms play an increasingly significant role at every stage of a building's life cycle – from the concept and design phases, through construction, to operation and maintenance (Figure 6). Their function goes far beyond that of simple data repositories; CDEs constitute a digital foundation for the integration of processes, communication, and decision-making based on current and consistent information. In the investment preparation and design phase, a CDE platform enables real-time exchange of project documentation and BIM models among all stakeholders. The shared data environment allows for version control, document approval, and change tracking within the project. This significantly reduces the risk of design errors and improves interdisciplinary coordination. During the construction phase, CDE platforms support on-site processes

ny oraz ograniczenia, dlatego wybór powinien być dokonywany indywidualnie, w zależności od charakteru inwestycji, etapów jej realizacji, wymagań zespołu projektowego, poziomu zaawansowania BIM oraz preferencji dotyczących integracji, bezpieczeństwa czy hostingu. W praktyce oznacza to, że ta sama platforma może być idealna dla jednego zespołu, a nieodpowiednia dla innego, co czyni decyzję o jej wyborze strategicznym elementem procesu zarządzania projektem. Wybór odpowiedniej platformy CDE powinien bazować na analizie specyfiki projektu, wymagań zespołu oraz zgodności z obowiązującymi normami i standardami. Dostosowanie narzędzia do konkretnych potrzeb zapewni efektywność pracy i sukces realizacji projektu.

Znaczenie CDE w cyklu życia obiektu budowlanego

Platformy CDE (*Common Data Environment*) odgrywają coraz większą rolę na każdym etapie cyklu życia obiektu budowlanego – od fazy koncepcji i projektowania, przez realizację, aż po zarządzanie i eksploatację (rysunek 6). Ich rola wykracza poza funkcję prostych repozytoriów danych – stanowią cyfrowy fundament integracji procesów, komunikacji oraz podejmowania decyzji opartych na aktualnych i spójnych informacjach. Na etapie przygotowania inwestycji i projektowania, platforma CDE pozwala na bieżącą wymianę dokumentacji projektowej i modeli BIM między wszystkimi interesariuszami. Wspólne środowisko danych umożliwia zarządzanie wersjami, zatwierdzanie dokumentów oraz śledzenie zmian w projektach. To istotnie wpływa na zmniejszenie ryzyka błędów projektowych i poprawia koordynację międzybranżową. W fazie realizacji inwestycji, platformy CDE wspierają procesy budowy przez integrację harmonogramu prac, listy zadań, zgłoszeń, BHP, a także kontrolę po-



Fig. 6. Diagrams of temperature sensors continuously transmitting data from the building to the model

Rys. 6. Wykresy czujników temperatury przekazujących na bieżąco informacje z obiektu do modelu

by integrating work schedules, task lists, issue management, health and safety documentation, and quality and progress control. Collaboration between the contractor, site manager, supervision inspector, and investor takes place within a single digital ecosystem, reducing the need for traditional paper-based documentation. Thanks to mobile access, data can be entered directly from the construction site, and any clashes, inconsistencies, or design modifications become immediately visible to all project participants – ensuring transparency, traceability, and efficiency in project execution.

In the operation phase of a building, a CDE platform becomes a key tool for managing post-construction information and maintaining documentation essential for implementing maintenance, renovation, modernization, inspection, and service policies. Increasingly, these platforms are integrated with CAFM systems (*Computer-Aided Facility Management*), enabling facility operators to manage the building's performance more efficiently. When combined with BIM and IoT technologies, CDE platforms form the foundation for creating a Digital Twin of the building – a dynamic model that reflects the current technical and operational condition of the asset in real time. In the long-term perspective, CDE platforms can also support renovation and modernization activities, serving as a knowledge base containing the building's history, its systems, components, and past technical interventions. In this context, they provide reliable data on the technical condition and energy performance of buildings, which can be crucial for making informed decisions regarding retrofitting, adaptive reuse, or thermal modernization. It is also important not to overlook the final stage of a building's life cycle – deconstruction or demolition. If a CDE platform is utilized during this phase, it can, much like during the construction stage, streamline most on-site processes, including resource recovery, waste management, and documentation of material reuse.

In summary, CDE platforms serve as the fundamental information infrastructure of a building. Their implementation not only enhances the efficiency of individual project phases but also ensures the continuity and traceability of information throughout the entire building life cycle. This, in turn, paves the way for more sustainable, data-driven, and integrated management of the built environment.

Benefits and Challenges of Implementing CDE

A properly implemented Common Data Environment (CDE) not only supports information management but also enhances communication, coordination, quality, and efficiency throughout the project lifecycle. Among the key benefits of its implementation are:

- **improved coordination and communication among all stakeholders.** Centralizing data in a single repository allows all participants – from designers and contractors to investors – to access the same, always up-to-date information. This minimizes the risk of design errors, eliminates misunderstandings, and enables faster decision-making under dynamic project conditions;

stępu i jakości robót. Współpraca między wykonawcą, kierownikiem budowy, inspektorem nadzoru i inwestorem odbywa się w jednym cyfrowym środowisku, co ogranicza potrzebę tradycyjnej dokumentacji papierowej. Dzięki możliwości pracy mobilnej, dane mogą być wprowadzane bezpośrednio z placu budowy, a wszelkie kolizje, niezgodności lub zmiany są natychmiast widoczne dla wszystkich uczestników projektu.

Na etapie eksploatacji obiektu, CDE staje się narzędziem do zarządzania informacją powykonawczą oraz dokumentacją niezbędną do prowadzenia polityki remontowej, modernizacyjnej, przeglądów technicznych i serwisu. Coraz częściej platformy te zasilają systemy CAFM (*Computer-Aided Facility Management*), umożliwiając operatorom obiektu sprawne zarządzanie jego funkcjonowaniem. W połączeniu z technologiami BIM i IoT, platformy CDE stanowią podstawę do tworzenia cyfrowego bliźniaka budynku – dynamicznego modelu odzwierciedlającego aktualny stan techniczny i operacyjny obiektu w czasie rzeczywistym. W perspektywie długofalowej, platformy CDE mogą także wspierać działania związane z renowacją i modernizacją, stanowiąc bazę wiedzy o historii budynku, jego systemach, komponentach i przeszłych interwencjach technicznych. W tym kontekście mogą zapewnić dostęp do wiarygodnych danych o stanie technicznym i zużyciu energii obiektów, co może być kluczowe w przypadku podejmowania decyzji o ich przebudowie, adaptacji lub termomodernizacji. Nie można również zapomnieć o ostatniej fazie cyklu życia obiektu – rozbiórce. Jeśli mamy możliwość wykorzystania platformy CDE w tej fazie, to, podobnie jak w przypadku realizacji inwestycji, może to usprawnić większość procesów, jakie będą miały miejsce na placu rozbiórkowym.

Podsumowując, platformy CDE pełnią rolę bazowej infrastruktury informacyjnej obiektu budowlanego – ich zastosowanie pozwala nie tylko na poprawę efektywności poszczególnych etapów inwestycji, ale także na zapewnienie ciągłości informacji w całym cyklu życia budynku. To z kolei otwiera drogę do bardziej zrównoważonego, świadomego i zintegrowanego zarządzania zasobami budowlanymi.

Korzyści i wyzwania związane z wdrażaniem CDE

Poprawnie wdrożona platforma CDE nie tylko wspiera zarządzanie informacją, ale także wpływa na komunikację, koordynację oraz jakość i efektywność realizacji inwestycji. Wśród najważniejszych korzyści z jej wdrożenia wymienić można:

- **doskonała koordynacja i komunikacja między uczestnikami procesu inwestycyjnego.** Centralizacja danych w jednym repozytorium pozwala wszystkim interesariuszom, od projektantów, przez wykonawców, po inwestora, na korzystanie z tych samych, zawsze aktualnych informacji. Dzięki temu możliwe jest ograniczenie ryzyka występowania błędów projektowych, eliminacja nieporozumień oraz szybsze podejmowanie decyzji w dynamicznych warunkach realizacyjnych;

- **eliminacja duplikacji danych oraz zwiększona kontrola wersji dokumentacji.** Zastosowanie CDE zapewnia pełną przejrzystość dotyczącą historii plików i modeli, co po-

■ **elimination of data duplication and enhanced version control.** The use of CDE ensures complete transparency in file and model histories, helping avoid situations where project participants work on outdated documents. Automated version control enables visibility into changes introduced at each project stage, improving both accountability and transparency;

■ **increased efficiency and reduced indirect costs.** CDE platforms shorten the time required for document retrieval, approval, and distribution, which translates into lower operational costs. Additionally, fewer design and construction errors mean fewer reworks and less costly downtime on construction sites;

■ **project data collection and analytical capabilities.** A digital working environment enables real-time progress monitoring, schedule compliance analysis, and data collection for comparative and predictive analytics in future projects. A well-organized CDE supports a data-driven decision-making approach;

■ **enhanced project risk management.** Through real-time data access and monitoring tools, CDE platforms enable the rapid identification of potential threats, project changes, or delays. This allows for the implementation of preventive actions, reducing financial and organizational risks.

At the same time, numerous challenges and barriers to implementing CDE can be identified, including:

● **implementation costs and technical requirements.** The purchase of licenses, system configuration, IT infrastructure upgrades, and staff training represent significant budgetary burdens – especially for small and medium-sized enterprises. In many cases, these factors act as barriers to adoption despite the long-term benefits;

● **resistance to change and lack of digital competencies.** Introducing CDE involves not only adopting new tools but also transforming the organizational culture. Employees accustomed to traditional methods (e.g., paper documentation or email correspondence) may resist new solutions. Therefore, it is crucial to provide not only training but also long-term organizational support, considering staff turnover and the need for a systematic approach to knowledge management;

● **data security and confidentiality.** Concerns about storing project data in the cloud or on external servers are common, especially in critical infrastructure projects. Key issues include the physical location of servers, compliance with national regulations, and the implementation of encryption, authentication, and access auditing mechanisms;

● **heterogeneity of formats and tools among project participants.** In environments where multiple companies and disciplines collaborate, discrepancies often occur in the software systems and file formats used. Therefore, the CDE platform must ensure high interoperability, supporting formats such as IFC, RVT, DWG, PDF, and PLA, and provide open APIs for integration with external systems;

● **change management and responsibility assignment.** Effective CDE implementation requires the development of clear procedures for managing changes, approving documents,

zwala uniknąć sytuacji, w których uczestnicy projektu korzystają z nieaktualnych dokumentów. System automatycznego wersjonowania umożliwia wgląd w zmiany wprowadzone na każdym etapie prac, co zwiększa transparentność i odpowiedzialność zespołów;

■ **wzrost efektywności i redukcja kosztów pośrednich.** Platformy CDE skracają czas potrzebny na wyszukiwanie, zatwierdzanie i dystrybucję dokumentów, co przekłada się na obniżenie kosztów operacyjnych. Dodatkowo, zmniejszenie liczby błędów skutkuje mniejszą liczbą poprawek wykonawczych oraz ograniczeniem kosztownych przestojów budowlanych;

■ **gromadzenie danych projektowych i możliwość ich analizy.** Cyfrowe środowisko pracy umożliwia bieżące monitorowanie postępu prac, analizę zgodności z harmonogramem, a także gromadzenie danych na potrzeby analityki porównawczej oraz predykcyjnej w kolejnych przedsięwzięciach. Dobrze zorganizowane CDE wspiera podejście „data-driven decision making”;

■ **ulatwione zarządzanie ryzykiem projektowym.** Dzięki bieżącemu dostępowi do informacji i funkcjom monitorującym, platformy CDE pozwalają szybko identyfikować potencjalne zagrożenia, modyfikacje projektowe czy opóźnienia. Umożliwia to wdrażanie działań prewencyjnych, które zmniejszają ryzyko finansowe i organizacyjne inwestycji.

Występuje również wiele wyzwań i barier we wdrażaniu CDE, wśród których wymienić można:

● **koszty wdrożenia i wymagania techniczne.** Zakup licencji, konfiguracja systemu zgodnie ze specyfiką firmy, konieczność modernizacji infrastruktury informatycznej oraz przeprowadzenie szkoleń to istotne obciążenia budżetowe, szczególnie dla małych i średnich przedsiębiorstw. W wielu przypadkach stanowią one barierę wdrożeniową, pomimo potencjalnych korzyści długofalowych;

● **oporność na zmiany i deficyt kompetencji cyfrowych.** Wprowadzenie CDE to nie tylko zmiana narzędzia, ale również zmiana kultury pracy. Pracownicy przyzwyczajeni do tradycyjnych metod (np. dokumentacji papierowej czy e-mailowej) mogą wykazywać opór wobec nowych rozwiązań. Kluczowe staje się wówczas nie tylko przeszkolenie zespołu, ale także długofalowe wsparcie organizacyjne, uwzględniające wysoką rotację kadry i potrzebę systemowego podejścia do zarządzania wiedzą;

● **bezpieczeństwo i poufność danych.** Obawy dotyczące przechowywania danych projektowych w chmurze lub na zewnętrznych serwerach są powszechne, zwłaszcza w projektach infrastruktury krytycznej. Kluczowe znaczenie ma lokalizacja fizyczna serwerów, zgodność z regulacjami krajowymi oraz wdrożenie mechanizmów szyfrowania, uwierzytelniania i audytowania dostępu;

● **zróżnicowanie formatów i narzędzi wśród uczestników projektu.** W środowiskach, gdzie współpracują różne firmy i branże, często występuje rozbieżność w wykorzystywanych systemach projektowych i formatach plików, dlatego platforma CDE musi zapewniać szeroką interoperacyjność, w tym obsługę formatów takich, jak IFC, RVT, DWG, PDF czy PLA, a także oferować otwarte API do integracji z systemami zewnętrznymi;

and assigning roles. A lack of defined rules can lead to information chaos and blurred accountability. It is also essential to ensure compliance with internal regulations and the organizational culture of the company.

In addition to identifying the benefits and challenges of implementing CDE in construction projects, the authors have also developed a SWOT matrix that further classifies these factors into internal and external categories (Table 6).

Table 6. SWOT matrix for CDE platform implementation

Tabela 6. Macierz SWOT wdrażania platformy CDE

Strengths/Silne strony	Weaknesses/Słabe strony
Improved coordination and communication between project participants/ Poprawa koordynacji i komunikacji między uczestnikami projektu	high costs of licensing, implementation, and training/wysokie koszty licencji, wdrożenia i szkoleń
Increased transparency and version control of documentation/Zwiększenie przejrzystości i kontroli nad wersjami dokumentów	need for organizational culture change and employee habit adjustment/konieczność zmiany kultury organizacyjnej i przyzwyczajzeń pracowników
Reduction of administrative costs and execution errors/Redukcja kosztów administracyjnych i liczby błędów wykonawczych	lack of uniform digital competence levels within the team/brak jednolitego poziomu kompetencji cyfrowych w zespole
Ability to analyze project data in real time/Możliwość analizowania danych projektowych w czasie rzeczywistym	dependence on IT infrastructure and internet connection quality/zależność od infrastruktury IT i jakości połączenia internetowego
Facilitated risk management and decision-making/Ułatwione zarządzanie ryzykiem i podejmowanie decyzji	difficulty in assigning data responsibility within large teams/trudności z przypisaniem odpowiedzialności za dane w dużych zespołach
Opportunities/Szanse	Threats/Zagrożenia
Growing digitalization requirements in public procurement/Rosnące wymagania cyfryzacyjne w zamówieniach publicznych	risk of data breaches and cyberattacks/ryzyko naruszenia bezpieczeństwa danych i cyberataków
Possibility of scaling solutions to other projects and industries/Możliwość skalowania rozwiązań do innych projektów i branż	lack of interoperability between different systems and file formats/brak inter-operacyjności między różnymi systemami i formatami plików
Integration with BIM, CAFM, ERP, and IoT systems/Integracja z narzędziami BIM, CAFM, ERP i systemami IoT	difficulties in adopting CDE in smaller companies with limited budgets/trudności z adaptacją CDE w mniejszych firmach z ograniczonym budżetem
Increasing importance of data-driven decision-making/Wzrost znaczenia danych w procesach decyzyjnych (data-driven, czyli opartych na analizie danych rzeczywistych)	limited access to cloud servers in strategic projects/utrudniony dostęp do serwerów chmurowych w projektach strategicznych
Development of standards (e.g., ISO 19650) supporting consistent information management/Rozwój norm (np. ISO 19650) wspierających spójne zarządzanie informacją	rapid technological changes and the need for continuous updates/szybkie tempo zmian technologicznych i konieczność ciągłych aktualizacji

Summary

Common Data Environment (CDE) platforms are becoming one of the key pillars of the digital transformation in the construction industry. Their role extends far beyond simple data archiving — they support integrated information management throughout the entire building life cycle, from the design phase through operation and ultimately to deconstruction. The implementation of a CDE brings numerous benefits, including improved coordination, reduced administrative costs, shortened project schedules, and fewer execution errors as well as lower risks associated with documentation inconsistencies [16, 17]. However, to fully realize the potential of these platforms, it is essential to ensure their conscious and well-structured implementation, supported by appropriate organizational, technological, and competency preparation. This requires not only investment in software and training but also a deep understanding of change management processes and a clear distribution of responsibilities within the project team. A well-

• zarządzanie zmianą oraz przypisanie odpowiedzialności.

Skuteczne wdrożenie CDE wymaga opracowania klarownych procedur dotyczących zarządzania zmianami, zatwierdzania dokumentów i przypisywania ról. Brak jednoznacznych zasad może prowadzić do chaosu informacyjnego i rozmycia odpowiedzialności. Kluczowe jest również zapewnienie zgodności z wewnętrznymi regulacjami i kulturą organizacyjną przedsiębiorstwa.

Oprócz korzyści i wyzwań wdrażania CDE w przedsiębiorstwach budowlanych autorzy sporządzili również macierz SWOT, która pozwala dodatkowo podzielić je na czynniki wewnętrzne i zewnętrzne (tabela 6).

Podsumowanie

Platformy CDE stają się jednym z filarów cyfryzacji budownictwa. Ich rola wykracza poza prostą archiwizację danych – wspierają one zintegrowane zarządzanie informacją w całym cyklu życia obiektu, od etapu projektowego aż po eksploatację i rozbiórkę. Wdrożenie CDE niesie wiele korzyści, takich jak poprawa koordynacji, redukcja kosztów administracyjnych, skrócenie harmonogramów, a także zmniejszenie liczby błędów wykonawczych oraz ryzyk związanych z rozbieżnościami dokumentacyjnymi [16, 17]. Warunkiem skutecznego wykorzystania potencjału platform CDE jest jednak ich świadome wdrożenie, z odpowiednim przygotowaniem organizacyjnym, technologicznym i kompetencyjnym. Wymaga to nie tylko inwestycji w oprogramowanie i szkolenia, ale także głębokiego zrozumienia zarządzania zmianą oraz jasnego podziału odpowiedzialności w zespole projektowym. Właściwie dobrana platforma, dopasowana do charakteru inwestycji i struktury organizacyjnej, może znacznie zwiększyć przejrzystość procesów i jakość realizacji.

selected CDE platform, tailored to the nature of the investment and the organizational structure, can significantly enhance process transparency and the overall quality of project delivery.

In the coming years, the evolution of CDE platforms will increasingly align with the concept of systemic integration in the digital environment. The future of such solutions lies in their interconnection with:

- ERP systems (*Enterprise Resource Planning*) – enabling full integration of resource planning, cost control, and scheduling with project information [18];
- big data and predictive analytics tools, which will enable the use of data collected from multiple projects to optimize processes and develop data-driven decision models [19];
- IoT (Internet of Things) technologies and robotics, which will transform CDE platforms into central hubs for managing data originating from sensors, construction machinery, and monitoring devices [20].

Furthermore, the rapid development of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) will allow CDE platforms not only to store data passively but also to actively support decision-making processes. For example, future applications may include:

- automatic detection of design errors at the modelling stage [21];
- recommendation of optimal technical solutions based on historical project data [22];
- identification of risks and potential conflicts before they impact the construction schedule [2].

As the digital maturity of construction stakeholders continues to grow and legal regulations increasingly incorporate BIM and CDE requirements (for example, in public procurement), these platforms will evolve into **strategic tools for managing project and operational knowledge**. Their ongoing development will become one of the main directions of innovation within the construction sector.

It is worth emphasizing that an increasing number of CDE platform implementations can now be observed in practice – both in Poland and across other European Union countries [23]. In public procurement, requirements for the use of BIM and CDE are increasingly being introduced as a mandatory condition for project execution, particularly in infrastructure projects (e.g., the S19 Rzeszów Południe – Babica contract) [24], as well as in public utility buildings (e.g., the S1 building currently under construction at AGH University of Krakow) [25]. In Poland, platforms such as Dalux and Autodesk Construction Cloud (ACC) are already being utilized by key institutions, including the General Directorate for National Roads and Motorways (GDDKiA) [26], as well as by universities and local government units [27]. These experiences clearly demonstrate that the digital transformation of the construction sector is no longer a vision of the future, but rather an everyday practice delivering tangible and measurable benefits.

W najbliższych latach rozwój platform CDE będzie coraz bardziej powiązany z ideą integracji systemowej w środowisku cyfrowym. Przyszłością tego typu rozwiązań jest ich łączenie z:

- systemami ERP (*Enterprise Resource Planning*), co umożliwi pełną integrację planowania zasobów, kosztów i harmonogramów z informacjami projektowymi [18];
- narzędziami big data i analityki predykcyjnej, które pozwolą wykorzystywać dane z wielu inwestycji do optymalizacji procesów i tworzenia modeli decyzyjnych [19];
- technologiami IoT (Internet of Things) i robotyzacją, co uczyni CDE centrum zarządzania danymi pochodzącymi z czujników, maszyn budowlanych oraz urządzeń monitorujących [20].

Dodatkowo rozwój sztucznej inteligencji (AI) i uczenia maszynowego pozwoli platformom CDE nie tylko pasywnie przechowywać dane, ale również aktywnie wspierać procesy decyzyjne. Przykładowo, możliwe będzie:

- automatyczne wykrywanie błędów projektowych na etapie modelowania [21];
- sugerowanie najlepszych rozwiązań technicznych na podstawie danych historycznych [22];
- identyfikowanie zagrożeń i kolizji zanim wpłyną one na harmonogram budowy [2].

W miarę jak wzrastać będzie dojrzałość cyfrowa uczestników procesu budowlanego, a regulacje prawne coraz częściej uwzględniać będą BIM i CDE (np. w zamówieniach publicznych), platformy te przekształcą się w **strategiczne narzędzie zarządzania wiedzą projektową i operacyjną**. Ich rozwój stanie się jednym z głównych kierunków innowacyjności w sektorze budownictwa.

Warto podkreślić, że coraz więcej przykładów wdrożenia platform CDE można zaobserwować w praktyce, zarówno w Polsce, jak i w innych krajach Unii Europejskiej [23]. W zamówieniach publicznych coraz częściej pojawiają się wymagania dotyczące stosowania BIM i CDE jako warunku koniecznego do realizacji inwestycji, szczególnie w projektach infrastrukturalnych (np. kontrakt S19 Rzeszów Południe-Babica) [24] oraz obiektach użyteczności publicznej (np. AGH w realizowanym obecnie budynku S1 [25]). W Polsce platformy takie jak Dalux i ACC są już wykorzystywane, m.in. przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) [26], a także przez uczelnie i jednostki samorządowe [27]. Te doświadczenia potwierdzają, że cyfrowa transformacja budownictwa nie jest już jedynie koncepcją przyszłości, lecz codzienną praktyką o wymiernych korzyściach. ►

Artykuł wpłynął do redakcji: 23.06.2025 r.
Otrzymano poprawiony po recenzjach: 04.08.2025 r.
Opublikowano: 21.11.2025 r.

Received: 23.06.2025
Revised: 04.08.2025
Published: 21.11.2025 r.

Literature

- [1] What is a Common Data Environment (CDE)? – Newforma. Accessed: May 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.newforma.com/what-is-a-common-data-environment-cde/>.
- [2] What is a Common Data Environment? CDE and BIM in the Construction Industry. Accessed: May 17, 2025. [Online]. Available: <https://revizto.com/en/what-is-common-data-environment/>.
- [3] CDE – Klucz Do Efektywnej Współpracy – BIMagination. Accessed: Mar. 16, 2025. [Online]. Available: <https://bimagination.pl/cde-klucz-do-efektywnej-wspolpracy/>.
- [4] CDE w praktyce – jakich narzędzi używać i kiedy? Accessed: Mar. 17, 2025. [Online]. Available: <https://bimcorner.com/pl/cde-w-praktyce-jakich-narzedzi-uzywac-i-kiedy/>.
- [5] Borkowski AS, Brożyna J, Litwin J, Rączka W, Szponarowicz A. Use of the cde environment in team collaboration in BIM. *Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska*. 2023. DOI: 10.35784/IAPGOS.4261.
- [6] Understanding Common Data Environments in Construction. Accessed: May 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.trimble.com/en/blog/what-is-a-common-data-environment-and-how-is-it-used-in-construction>.
- [7] Preidel C, Borrmann A, Mattern H, König M, Schapke SE. Common data environment. *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice*. 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-92862-3_15.
- [8] Berkay A, Mahmet BA, Pinar IC. Exploring the role of common data environment in BIM. Conference: Exploring the role of common data environment in BIMat: Istanbul, Jun. 2024. Accessed: Apr. 24, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/384064836_Exploring_the_role_of_common_data_environment_in_BIM.
- [9] PN-EN ISO 19650-1: 2019-02P. Accessed: Feb. 27, 2025. [Online]. Available: https://wiedza.pkn.pl/FlowPaper/common/simple_document.jsp?doc=7bf01617-e1b2-4549-a27a-5cab866586f2_PN-EN_ISO_19650-1_2019-02P_KOLOR.pdf&normNumber=8246823.
- [10] Borkowski AS. Digital twin conceptual framework for the operation and maintenance phase in the building's lifecycle. *Archives of Civil Engineering*. 2024. DOI: 10.24425/Ace.2024.150975.
- [11] Torres J, San-Mateos R, Lasarte N, Mediavilla A, Sagama M, León I. Building Digital Twins to Overcome Digitalization Barriers for Automating Construction Site Management Buildings. 2024. DOI: 10.3390/buildings14072238.
- [12] Radziejowska A, Cieplucha W, Majta M. BIM model for the operational phase based on available documentation. *Archives of Civil Engineering*. 2025. DOI: 10.24425/Ace.2025.153338.
- [13] (2) The Top 20 BIM Powerhouses for 2025: Building a Brighter Future | LinkedIn. Accessed: May 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/top-20-bim-powerhouses-2025-building-brighter-future-j2w0c/>.
- [14] 10 Best BIM Software Tools in 2025: Top BIM Companies Use. Accessed: May 17, 2025. [Online]. Available: <https://edificeexpert.com/best-bim-software-tools/>.
- [15] Building Information Modeling (BIM) Market Size, Share, Trends and Growth Analysis 2032. Accessed: May 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/building-information-modeling-market-95037387>.
- [16] Jaskula K, Papadonikolaki E, Rovas D. Comparison of current common data environment tools in the construction industry. *Proceedings of the European Conference on Computing in Construction*. 2023. DOI: 10.35490/EC3.2023.315.
- [17] Radl J, Kaiser J. Benefits of Implementation of Common Data Environment (CDE) into Construction Projects. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/471/2/022021.
- [18] (2) Exploring Common Data Environments and Their Place in the IT Landscape: Integrating, Comparing, and Evaluating | LinkedIn. Accessed: May 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/exploring-common-data-environments-place-landscape-nikita-pospelov-eo4lf/>.
- [19] Big Data Technology Transforming the Construction Industry | Linarc.” Accessed: May 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.linarc.com/buildspace/transforming-construction-projects-with-big-data-technology>.
- [20] Quinn C, Shabestari AZ, Misić T, Gilani S, Litoiu M, McArthur JJ. Building automation system – BIM integration using a linked data structure. *Autom Constr*. 2020. DOI: 10.1016/J. Autcon. 2020.103257.
- [21] Lin JR, Hu ZZ, Zhang JP, Yu FQ. A natural-language-based approach to intelligent data retrieval and representation for cloud BIM. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 2024. DOI: 10.1111/Mice.12151.
- [22] Wang J, Zhang W, Shi Y, Duan S, Liu J. Industrial Big Data Analytics: Challenges, Methodologies, and Applications.. 2018, Accessed: May 17, 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1807.01016>.
- [23] <https://www.dalux.com/dnv-the-new-hospital-in-western-denmark>.
- [24] Mostostal Warszawa, Narzędzia cyfrowe na kontrakcie S19 Rzeszów Południe-Babica – jak Dalux usprawnia pracę, <https://www.youtube.com/watch?v=Yep6eH5UROg>.
- [25] <https://www.agh.edu.pl/aktualnosci/detail/agh-rozbudowuje-centralna-czesc-kampusu>.
- [26] <https://www.gov.pl/web/gddkia-krakow/zator-na-ostatniej-prostej>.
- [27] https://www.linkedin.com/posts/dalux_dalux-bim-cde-activity-7203716856967282688-f4Ti.