

dr inż. Jacek Nawrot¹⁾

ORCID: 0000-0002-9581-1388

dr hab. inż. Izabela Major, prof. PCz^{1*)}

ORCID: 0000-0003-1234-9317

The level of BIM implementation among construction engineers in the Silesian agglomeration

Stopień implementacji BIM wśród inżynierów budownictwa aglomeracji śląskiej

DOI: 10.15199/33.2024.11.15

Abstract. The article presents the results of research conducted in the form of a survey, in cooperation with the Silesian District Chamber of Construction Engineers, among engineers with construction qualifications in the Silesian agglomeration. The study aimed to determine the level of knowledge of BIM technology and the scope of its use in the entities covered by the study, as well as to determine the level of preparation for introducing automation and robotization of construction processes using the BIM model in the next 5 – 10 years.

Keywords: BIM technology; automation and robotization of construction processes.

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w formie ankiety, przy współudziale Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa, wśród inżynierów posiadających uprawnienia budowlane pracujących na terenie aglomeracji śląskiej. Badanie miało na celu określenie stopnia znajomości technologii BIM oraz zakresu jej stosowania w podmiotach objętych badaniem, a także ustalenie poziomu przygotowania do wprowadzania automatyzacji i robotyzacji procesów budowlanych z wykorzystaniem BIM, w okresie najbliższych 5 – 10 lat.

Słowa kluczowe: technologia BIM; automatyzacja i robotyzacja procesów budowlanych.

BIM (Building Information Modeling) technology is the next major step in the development, improvement and optimization of the design, construction and operation of buildings. Its basic idea is to develop a digital model of a building (a digital twin) that will contain all the data of the real counterpart. It is equally important that the various stakeholders in the construction process have access to the model for regular input and retrieval of the required information. The use of cloud-based data solutions allows these operations to be conducted in real time, as well as coordination of data (inconsistency/collision detection) and its further processing. In order to keep the actual building fully compatible with its digital counterpart, it is necessary to update information throughout the building's life cycle, from conception, design, construction, operation to its eventual demolition [1]. The extent of the information included in the model is determined by the so-called BIM dimensions. The most basic 4D BIM includes 3D geometry of all the industries supplemented with the aspects of time and sequence of activities for each or selected components of the model, while the most complex 7D BIM includes a 3D model along with data to effectively manage the operation of the building [2].

BIM technology is increasingly being used by the respective participants in the investment process (designers, contractors,

Technologia BIM (*Building Information Modeling*) to kolejny istotny krok w kierunku rozwoju, doskonalenia oraz optymalizacji procesu projektowania, wykonawstwa i eksploatacji obiektów budowlanych. Podstawowym jej założeniem jest opracowanie cyfrowego modelu obiektu budowlanego (cyfrowego bliźniaka), który będzie zawierał wszystkie dane rzeczywistego odpowiednika. Równie istotne jest, aby poszczególni interesariusze procesu budowlanego mieli zapewniony dostęp do modelu w celu bieżącego wprowadzania i pozyskiwania wymaganych informacji. Zastosowanie rozwiązań opartych na chmurze danych pozwala na prowadzenie tych operacji w czasie rzeczywistym, koordynację danych (wykrywanie niezgodności/kolizji) oraz dalsze ich przetwarzanie. Aby zachować pełną zgodność obiektu rzeczywistego z jego cyfrowym odpowiednikiem, niezbędna jest aktualizacja informacji w całym cyklu życia obiektu, począwszy od fazy koncepcji, projektowania, wykonawstwa, eksploatacji aż po jego ewentualną rozbiórkę [1]. Zakres informacji zamieszczonych w modelu określają tzw. wymiary BIM. Najbardziej podstawowy 4D BIM zawiera geometrię 3D wszystkich branż wzbogaconą o aspekt czasu i kolejność czynności w przypadku każdego lub wybranych komponentów modelu, natomiast najbardziej złożony 7D BIM obejmuje model 3D wraz z danymi pozwalającymi efektywnie zarządzać eksploatacją obiektu [2].

Technologia BIM jest coraz powszechniej stosowana przez poszczególnych uczestników procesu inwestycyjnego (projektantów, wykonawców, zarządców nieruchomości itp.), przy

¹⁾ Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa

^{*)} Correspondence address: izabela.major@pcz.pl

property managers, etc.), but the degree of its implementation in Poland is at a much lower level than in other countries [3]. This is due to the numerous difficulties faced by those trying to implement BIM, among which are: the cost of implementation; unfamiliarity with BIM and the resulting lack of understanding of and confidence in the new technology; ignorance of the benefits; lack of BIM specialists; lack of extensive education in the use of BIM at technical universities, etc. [3, 4]. A detailed analysis of the curriculum of the Polish technical universities that educate future civil engineers in BIM technology is presented in [5]. It is worth mentioning that the project “Digitization of the construction process in Poland” implemented from 2019 to 2020 by the Ministry of Development and Technology, in cooperation with PwC and supported by the European Commission, has resulted, among others, in the development of BIM document templates to facilitate the work of engineers, architects and investors [6]. Additional assistance can be provided by publications posted on the website of the Public Procurement Office, specifying the necessary information for contracting authorities, and innovative approaches to public procurement in construction [7, 8].

Despite the barriers, in the coming years the widespread use of BIM technology in the investment process is inevitable. In light of recent global trends toward the increasing use of artificial intelligence (AI), BIM can be a launching point for the automation and robotization of the investment process. Algorithms used by artificial intelligence are already being used at the planning [9] and design [10] stages, contributing to the efficiency of human activities. A natural prospect for the development of innovative companies that will guide the construction sector in the future is the development and implementation of methods to automate and robotize the investment process as much as possible, with the support of artificial intelligence. This is particularly important in the context of the continuous shortage of qualified technical staff, high labor costs and the risks incurred by construction companies related to the so-called human factor (sick leaves, accidents, wage pressure, employment instability, etc.). Current trends and detailed policies for implementing BIM in Europe are set forth in [11]. The authors showed that 35% of European countries have already implemented or are planning to implement BIM to improve construction processes.

The use of the BIM model in the process of robotization of construction projects is facing numerous challenges, including: orienting the BIM model for robotization [12] and automation [13], automatically initiating the robot inside the building to enable its navigation [14], integrating BIM data formats with those used for simulating the robotic environment [15], ensuring that a team of robots work together to perform a specific task, etc. [16, 17]. Ongoing research is aimed at solving the aforementioned problems and, as a result, developing technologies that increasingly increase the level of automation and robotization of the construction process [18]. This is also served by the scientific research into adapting the structure erection process to

czym stopień jej wdrożenia w Polsce jest na dużo niższym poziomie niż w innych krajach [3]. Wiąże się to z licznymi trudnościami, które napotykają podmioty próbujące wdrożyć BIM, wśród których są: koszty wdrożenia; nieznajomość BIM i wynikający z niej brak zrozumienia oraz zaufania do nowej technologii; nieznajomość korzyści; brak specjalistów BIM; brak szerokiego kształcenia w zakresie wykorzystania BIM na uczelniach technicznych itd. [3, 4]. Szczegółowa analiza oferty polskich uczelni technicznych kształcących przyszłych inżynierów budownictwa w zakresie technologii BIM przedstawiona została w [5]. Warto wspomnieć, że projekt „Cyfryzacja procesu budowlanego w Polsce” realizowany w latach 2019 – 2020 przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii we współpracy z firmą PwC i wspierany przez Komisję Europejską zaowocował opracowaniem m.in. szablonów dokumentów BIM, które mają ułatwić pracę inżynierom, architektom oraz inwestorom [6]. Dodatkową pomoc stanowią mogą publikacje zamieszczone na stronie Urzędu Zamówień Publicznych, określające niezbędne informacje dla zamawiającego oraz innowacyjne podejście do zamówień publicznych w budownictwie [7, 8].

Pomimo barier, powszechne stosowanie technologii BIM w procesie inwestycyjnym, w perspektywie najbliższych lat jest nieuniknione. W świetle najnowszych globalnych tendencji zmierzających do coraz powszechniejszego wykorzystywania sztucznej inteligencji (AI), BIM może być punktem startowym do automatyzacji i robotyzacji procesu inwestycyjnego. Algorytmy stosowane przez sztuczną inteligencję wykorzystywane są już na etapie planowania [9] i projektowania [10], przyczyniając się do wzrostu efektywności działań człowieka. Naturalną perspektywą rozwoju innowacyjnych firm, które będą w przyszłości wyznaczały kierunki rozwoju sektora budowlanego, jest opracowanie i wdrażanie metod umożliwiających w jak największym stopniu zautomatyzowanie i zrobotyzowanie procesu inwestycyjnego przy wsparciu sztucznej inteligencji. Jest to szczególnie istotne w kontekście ciągłego niedoboru wykwalifikowanej kadry technicznej, wysokich kosztów pracy oraz ponoszonych przez przedsiębiorstwa budowlane ryzyk związanych z tzw. czynnikiem ludzkim (zwolnienia chorobowe, wypadki, presja płacowa, niestabilność zatrudnienia itp.). Aktualne tendencje oraz szczegółowa polityka wdrażania BIM w Europie zostały określone w [11]. Autorzy wykazali, że 35% krajów europejskich już wdrożyło lub planuje wdrożyć BIM w celu ulepszenia procesów budowlanych.

Wykorzystanie modelu BIM w procesie robotyzacji przedsięwzięć budowlanych wiąże się z licznymi wyzwaniem, m.in.: zorientowanie modelu BIM na robotyzację [12] i automatyzację [13], automatyczne inicjowanie pracy robota wewnątrz budynku umożliwiające jego nawigację [14], integracja formatów danych BIM z formatami używanymi do symulacji środowiska pracy robotów [15], zapewnienie współpracy zespołu robotów w celu wykonania określonego zadania itd. [16, 17]. Prowadzone badania zmierzają do rozwiązania wymienionych problemów, a w efekcie opracowania technologii w coraz większym stopniu zwiększających poziom automatyzacji i robotyzacji procesu budowlanego [18]. Temu również

suitably adapted industrial robots. The process of joining the structure's components will be carried out using properly designed assembly joints that will be adapted to the robot's arms.

A prerequisite for development of the construction industry is the widespread use of BIM technology by all participants in the investment process. Features such as parametricity, interoperability and multidimensionality of the BIM system will ensure proper control, communication and customer satisfaction with excellent design solutions [19]. In order to determine the familiarity with BIM and the extent of its use in the domestic construction market, a survey was conducted among active construction engineers, in cooperation with the Silesian District Chamber of Civil Engineers.

Purpose and scope of the survey, method used and profile of participants

The purpose of the survey was to determine the degree of familiarity with BIM technology and the extent of its use in the entities surveyed, in order to determine their level of preparedness for introducing automation and robotization of construction processes using the BIM model, in the next 5 to 10 years. The survey was distributed among civil engineers in the Silesian agglomeration, which is the largest (in terms of population) metropolitan and urban complex in Poland, accounting for 12.1% of Poland's GDP [20]. To ensure the highest reliability of the responses obtained, an electronic Google form was used, allowing respondents to maintain full anonymity. The survey began on 13 February 2023, and was completed on 15 June 2023. The subjects addressed in the survey concerned knowledge of BIM, the ability to use this technology, the degree of its implementation in the entities where the respondents work, the prospects for the development of BIM in the context of the activities of these entities, and the time required for full implementation of BIM. The questions were both general in nature, allowing respondents to self-assess their familiarity with BIM technology, and specific, so that the information they provided could be verified.

The survey covered the entire Silesian province. A total of 175 respondents took part in the survey, representing design entities, contractors, property managers as well as public and local government institutions. The most numerous groups were designers (50%) and contractors (36%), while the size of the last two groups – property managers and engineers working in public administration and local government institutions – was at the same level and amounted to 7% of the total respondents (Figure 1). The overwhelming majority of

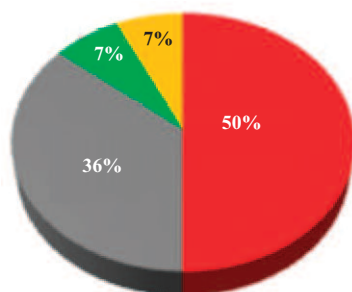
służą prowadzone badania naukowe w zakresie dostosowania procesu wznoszenia konstrukcji do odpowiednio zaadaptowanych robotów przemysłowych. Proces łączenia elementów konstrukcji będzie realizowany z zastosowaniem odpowiednio zaprojektowanych połączeń montażowych, które będą dostosowane do ramion robota.

Warunkiem koniecznym rozwoju budownictwa jest powszechne stosowanie technologii BIM przez wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego. Takie cechy jak parametryczność, interoperacyjność i wielowymiarowość systemu BIM zapewnią odpowiednią kontrolę, komunikację i zadowolenie klientów, którzy otrzymają doskonałe rozwiązania projektowe [19]. W celu określenia, jaka jest znajomość BIM oraz zakres jego stosowania na rodzimym rynku budowlanym, przeprowadzono, przy współudziale Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa, ankietę wśród czynnych zawodowo inżynierów budowlanych.

Cel oraz zakres badania, zastosowana metoda i profil uczestników

Celem badania było określenie stopnia znajomości technologii BIM oraz zakresu jej stosowania w podmiotach objętych badaniem, aby móc określić ich poziom przygotowania do wprowadzania automatyzacji i robotyzacji procesów budowlanych z wykorzystaniem modelu BIM, w nadchodzących najbliższych 5 – 10 latach. Ankietę rozesłano wśród inżynierów budownictwa aglomeracji śląskiej, będącej największym (pod względem ludności) zespołem metropolitalnym oraz zespołem miejskim w Polsce, odpowiadającym za 12,1% PKB Polski [20]. W celu zapewnienia najwyższej wiarygodności uzyskanych odpowiedzi zastosowano elektroniczny formularz Google, umożliwiający respondentom pełną anonimowość. Badanie rozpoczęto 13.02.2023 r., a zakończono 15.06.2023 r. Zakres tematyczny ankiety dotyczył wiedzy z zakresu BIM, umiejętności posługiwania się tą technologią, stopnia jej wdrożenia w podmiotach, w których pracują ankietowani, perspektyw rozwoju BIM w kontekście działalności tych podmiotów, a także czasu niezbędnego na pełną implementację BIM. Pytania miały charakter zarówno ogólny, umożliwiający ankietowanym samodzielną ocenę stopnia znajomości technologii BIM, a także szczegółowy, dzięki czemu można było zweryfikować podane przez nich informacje.

Badaniem objęto całe województwo śląskie. W ankiecie wzięło udział 175 respondentów, reprezentujących podmioty projektowe, wykonawcze, zarządców nieruchomości oraz instytucje administracji publicznej i samorządowej. Najliczniejszą grupę stanowili projektanci (50%) i wykonawcy (36%), natomiast liczebność dwóch ostatnich grup – zarządców nieruchomości oraz inżynierów pracujących w instytucjach administracji publicznej i samorządowej była na takim samym poziomie i wyniosła 7% ogółu respondentów (rysunek 1). Przeważająca część respondentów to właściciele



■ designers/projektanci ■ contractors/wykonawcy ■ property managers/zarządcy nieruchomości ■ employees of public administration and local government institutions/pracownicy instytucji administracji publicznej i samorządowej

Fig. 1. Structure of respondents in the construction sector of the Silesian agglomeration participating in the study

Rys. 1. Struktura respondentów sektora budowlanego aglomeracji śląskiej biorących udział w badaniu

respondents are business owners, answering questions both on their own behalf and on behalf of the companies they represent.

Since the process of automation and robotization of construction projects (implemented on the basis of information contained in the BIM model) already begins at the design stage, and continues at the construction stage, the responses of the people, especially from the group of designers and contractors

representing a total of 86% of all respondents, give an idea of the degree to which the construction market is (in the studied sample) prepared for automation and robotization. This stage will lead to changes in the preparation and conduct of construction projects which can be implemented according to the diagram shown in Figure 2.

When creating technical documentation using BIM technology, designers prepare a database in accordance, among others, with [21], which is the basis for automation and robotization of construction processes carried out by contractors, and all work is supported and supervised using artificial intelligence. Both groups' familiarity with BIM is crucial to the successful implementation of such an investment method.

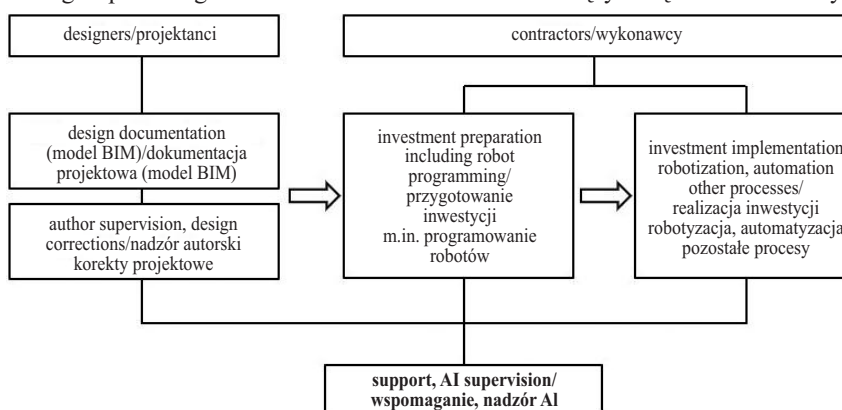


Fig. 2. Proposed scheme for the implementation of construction projects using robotization and automation of construction processes based on the BIM model

Rys. 2. Proponowany schemat realizacji przedsięwzięć budowlanych z wykorzystaniem robotyzacji i automatyzacji procesów budowlanych wg modelu BIM

firm, odpowiadający na pytania zarówno w imieniu własnym, jak też firm, które reprezentują.

W związku z tym, że proces automatyzacji i robotyzacji przedsięwzięć budowlanych (realizowany na podstawie informacji zawartych w modelu BIM) rozpoczyna się już na etapie projektowania, a kontynuowany jest w fazie wykonawstwa, odpowiedzi osób, zwłaszcza z grupy projektantów i wykonawców stanowiących łącznie 86% wszystkich ankietowanych,

pozwalają zorientować się, jaki jest (w badanej próbie) stopień przygotowania rynku budowlanego do automatyzacji i robotyzacji. Etap ten spowoduje zmiany w przygotowaniu oraz prowadzeniu przedsięwzięć budowlanych, które będą mogły być realizowane wg schematu pokazanego na rysunku 2.

Projektanci, tworząc dokumentację techniczną z wykorzystaniem technologii BIM, przygotowują bazę danych, zgodnych m.in. z [21], będącą podstawą do automatyzacji i robotyzacji procesów budowlanych realizowanych przez wykonawców, a całość prac jest wspomagana i nadzorowana z wykorzystaniem sztucznej inteligencji AI. Znajomość BIM przez obie te grupy jest kluczowa dla pomyślnego wdrożenia takiego sposobu realizacji inwestycji.

Research results

The first issue studied was to assess the general state of knowledge regarding the degree of familiarity with BIM technology. A five-point scale was used, with “1” indicating no knowledge of BIM and “5” indicating very good knowledge. The results are shown in Figure 3. The vast majority – ca. 62% – have poor or up to sufficient knowledge of BIM, 22% – good or very good knowledge, and 16% do not know the technology at all. The proportions are similar among designers and contractors, with designers having about 80% more respondents with good or very good knowledge of BIM than contractors.

In order to get an idea of which life cycles of a building are identified by the respondents as associated with

Wyniki badań

Pierwszym badanym zagadnieniem była ocena ogólnego stanu wiedzy dotyczącej stopnia znajomości technologii BIM. Zastosowano skalę pięciostopniową, w której „1” oznacza brak znajomości BIM, a „5” bardzo dobrą znajomość. Wyniki pokazano na rysunku 3. Zdecydowaną większość stanowią osoby ze słabą lub dostateczną znajomością BIM ok. 62%), z dobrą lub bardzo dobrą znajomością ok. 22%, a 16% nie zna w ogóle tej technologii. Podobne proporcje kształtują się w grupie projektantów i wykonawców, przy czym w przypadku projektantów liczba respondentów z dobrą lub bardzo dobrą znajomością BIM jest o ok. 80% większa niż w grupie wykonawców.

W celu zorientowania się, z którymi cyklami życia obiektu budowlanego ankietowani utożsamiają stosowanie BIM, w kolejnym pytaniu poproszono ich o przypisanie tej technologii do fazy projektowania, realizacji lub eks-

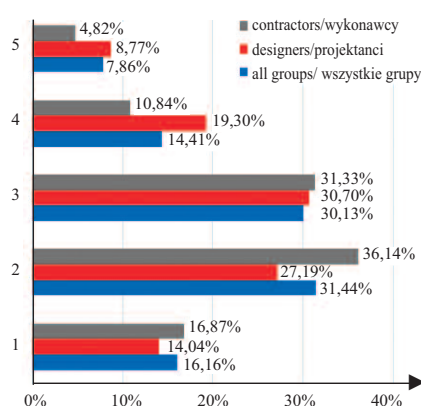


Fig. 3. Assessment of the state of knowledge regarding knowledge of BIM technology (description in the article)

Rys. 3. Ocena stanu wiedzy dotyczącej znajomości technologii BIM (opis w artykule)

the use of BIM, in the next question they were asked to assign the technology to the design, construction or management phase, and more than one answer could be chosen (Figure 4). The largest number of respondents indicated designing – both in the aggregate and in the respective groups, with the majority of respondents indicated that BIM could be used in the entire life cycle of a building.

The document that organizes the issue of the application of BIM technology in Poland, including the scope and standard of data contained in the digital model of a building, is the draft BIM standard, i. e. BIM Standard PL, which is the result of cooperation between professional self-government bodies, representatives of employers and construction companies [2]. Accordingly, the next question asked respondents to determine their level of familiarity with that standard. A five-point rating scale was used, where „1” means no familiarity and „5” – very good familiarity. The results are shown in Figure 5. The responses indicate a poor knowledge of the BIM Standard PL document which, in addition to proposing to organize all the issues related to the content of a digital model of a building, is a valuable compendium of knowledge on BIM in a broad sense. Approximately 50% of respondents are not at all familiar with BIM standards (both in terms of total respondents and in the respective groups), familiarity to at least a good degree is declared by just over 11% of designers and less than 5% of contractors, and the figure for all groups is around 8%.

The possibility of using BIM technology in the work of a civil engineer requires the availability of appropriate software. Therefore, the next question asked respondents to indicate whether the company/institution where they are employed, has such software. The results indicate that more than 62% of the total respondents do not have access to software operating in the BIM environment, and this percentage is similar in both the group of designers – just under 58% – and contractors – about 60% (Figure 6).

In the next question, respondents who have BIM software estimated the share of investments/tasks/projects in which they

participate, przy czym można było zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź (rysunek 4). Najwięcej osób wskazało na projektowanie – zarówno w zestawieniu zbiorczym, jak i w poszczególnych grupach, przy czym większość respondentów zakres stosowania BIM odniosła do całego cyklu życia obiektu budowlanego.

Dokumentem porządkującym zagadnienie stosowania technologii BIM w Polsce, w tym zakres i standard danych zawartych w cyfrowym modelu obiektu budowlanego, jest projekt standardów BIM, tzn. BIM Standard PL, będący wspólnym efektem współpracy organów samorządu zawodowego, przedstawicieli pracodawców oraz firm budowlanych [2]. W związku z tym, w następnym pytaniu zwrócono się do respondentów z prośbą o określenie poziomu znajomości tego opracowania. Zastosowano pięciostopniową skalę ocen, gdzie „1” oznacza brak znajomości, a „5” bardzo dobrą znajomość. Wyniki przedstawiono na rysunku 5. Uzyskane odpowiedzi wskazują na słabą znajomość dokumentu BIM Standard PL, który oprócz propozycji uporządkowania wszystkich kwestii związanych z zawartością cyfrowego modelu obiektu budowlanego stanowi cenne kompendium wiedzy z zakresu szeroko rozumianej tematyki BIM. Ok. 50% ankietowanych nie zna w ogóle standardów BIM (zarówno jeśli chodzi o ogół badanych, jak i poszczególne grupy), znajomość w stopniu co najmniej dobrym deklaruje niewiele ponad 11% projektantów oraz niespełna 5% wykonawców, a w przypadku wszystkich grup wartość ta wynosi ok. 8%.

Możliwość stosowania technologii BIM w pracy zawodowej inżyniera budownictwa wiąże się z dostępnością odpowiedniego oprogramowania. W związku z tym, w następnym pytaniu poproszono ankietowanych o wskazanie, czy przedsiębiorstwo/institucja, w której są zatrudnieni, ma takie oprogramowanie. Wyniki wskazują, że ponad 62% ogółu ankietowanych nie ma dostępu do programów działających w środowisku BIM i odsetek ten jest podobny zarówno w grupie projektantów – niespełna 58%, jak i wykonawców – ok. 60% (rysunek 6).

W kolejnym pytaniu respondenci, którzy dysponują oprogramowaniem BIM, oszacowali udział inwestycji/zadań/projektów, w których wykorzystują tę technologię w stosunku do całego zakresu działalności. Tylko u ok. 21% respondentów tematy realizowane z wykorzystaniem technologii BIM stanowią ponad połowę wszystkich zadań, przy czym w przypadku projektantów udział ten wynosi nie-

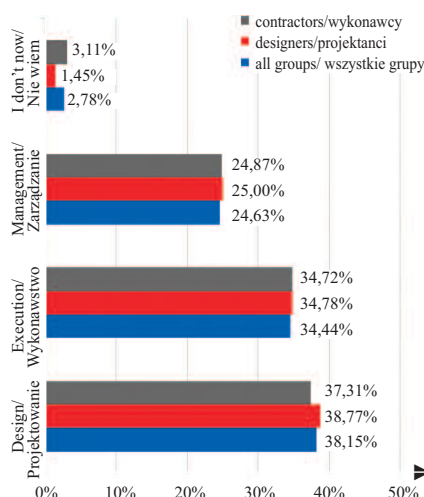


Fig. 4. The scope of application of BIM technology in relation to individual phases of the life cycle of a building object

Rys. 4. Zakres stosowania technologii BIM w poszczególnych fazach cyklu życia obiektu budowlanego

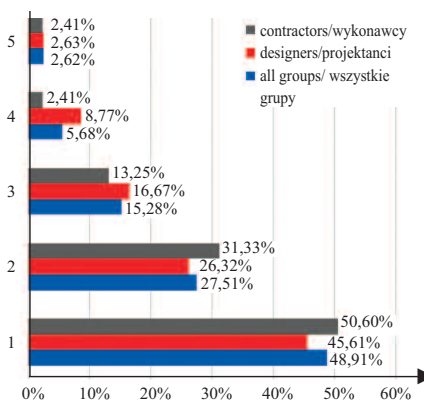


Fig. 5. Assessment of the level of knowledge of BIM Standard PL (description in the article)

Rys. 5. Ocena poziomu znajomości BIM Standard PL (opis w artykule)

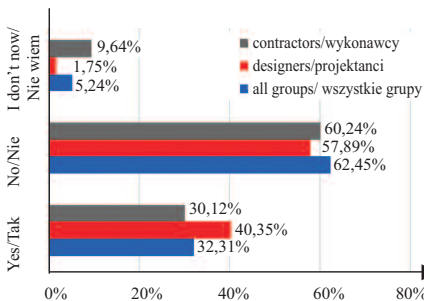


Fig. 6. Access to BIM software

Rys. 6. Dostęp do oprogramowania BIM

use the technology in relation to all of their activity. For only about 21% of respondents, topics implemented using BIM technology account for more than half of all tasks, with designers accounting for just over 28% and contractors – for 12% (Figure 7).

Employees at companies/institutions where BIM technology is not yet in use gave an approximate time frame for its introduction, if it were necessary. The largest group of respondents indicated a period of 1 year, with the vast majority of indicating a period of 2 years would be sufficient, both for respondents as a whole and in the respective groups (Figure 8). It should be noted that more than 32% of respondents were unable to answer this question.

In addition, respondents identified what they consider to be the most significant factor affecting the time required to introduce this technology at the companies/institutions where they work. The responses given first point to the significant financial costs required to implement BIM, and also to the shortage of employees with the necessary competence in this area and the need to train their own staff. The distribution of responses is similar for all respondents and in the respective groups (Figure 9).

Conclusions

The survey shows that the degree of implementation of BIM technology among the surveyed entities is at a relatively low level. More than 60% of respondents indicated lack of access to appropriate software in order to work in a BIM environment. Among the entities that enjoy such a possibility, the largest groups are designers (about 40%) and contractors (about 30%), but even in these entities, BIM-enabled tasks are a small part of all the activities: a share of BIM projects exceeding 50% is declared by only sli-

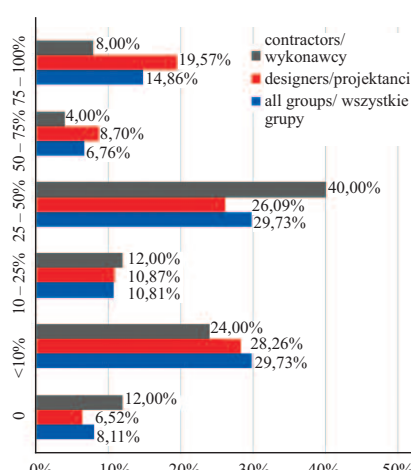


Fig. 7. Share of investments/tasks/projects implemented using BIM technology

Rys. 7. Udział inwestycji/zadań/projektów realizowanych z wykorzystaniem technologii BIM

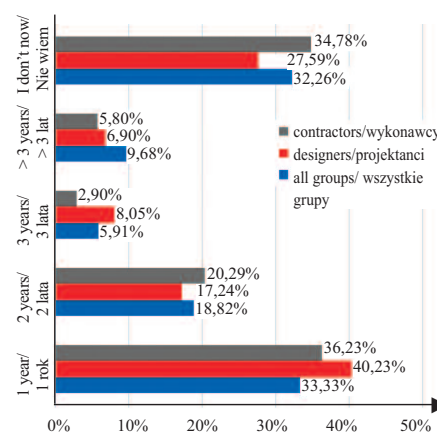


Fig. 8. Approximate time of introduction of BIM technology

Rys. 8. Orientacyjny czas wprowadzenia technologii BIM

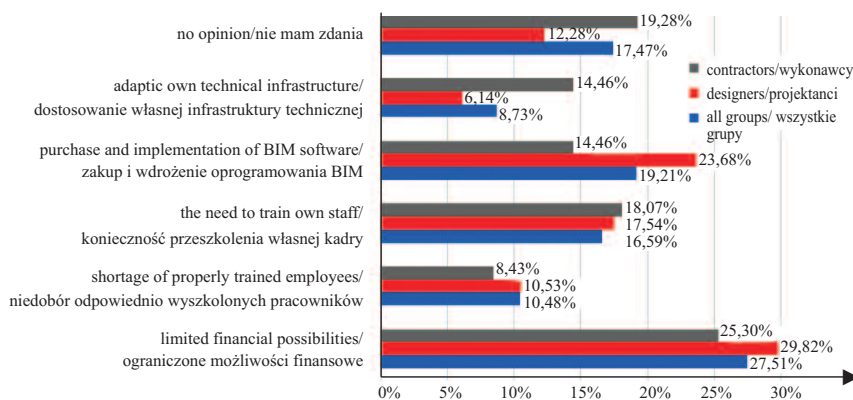


Fig. 9. Factors influencing the implementation time of BIM technology

Rys. 9. Czynniki wpływające na czas implementacji technologii BIM

wiele ponad 28%, a wykonawców 12% (rysunek 7).

Pracownicy zatrudnieni w firmach/institucjach, w których technologia BIM nie jest jeszcze stosowana, podali orientacyjny czas jej wprowadzenia, jeśli byłaby taka konieczność. Największa grupa ankietowanych wskazała okres 1 roku, przy czym w przypadku zdecydowanej większości ankietowanych okres 2 lat byłby wystarczający, zarówno dla ogółu badanych, jak i w poszczególnych grupach (rysunek 8). Należy zwrócić uwagę, że ponad 32% respondentów nie było w stanie udzielić odpowiedzi na to pytanie.

Ponadto ankietowani określili najbardziej istotny ich zdaniem czynnik wpływający na czas niezbędny do wprowadzenia tej technologii w firmach/institucjach, w których pracują. Udzielone odpowiedzi wskazują w pierwszej kolejności na konieczność poniesienia znacznych kosztów finansowych niezbędnych do wdrożenia BIM, zwracają również uwagę na niedobór pracowników posiadających odpowiednie kompetencje w tym zakresie oraz na konieczność przeszkolenia własnej kadry. Rozkład odpowiedzi jest podobny dla ogółu badanych i w poszczególnych grupach (rysunek 9).

Wnioski

Z przeprowadzonego badania wynika, że stopień wdrożenia technologii BIM wśród ankietowanych podmiotów jest na stosunkowo niskim poziomie. Ponad 60% respondentów wskazało na brak dostępu do odpowiedniego oprogramowania umożliwiającego pracę w środowisku BIM.

Wśród podmiotów, które taką możliwość mają, największą grupę stanowią projektanci (ok. 40%) oraz wykonawcy (ok. 30%), ale nawet w tych podmiotach zadania realizowane z wykorzystaniem BIM stanowią niewielką część w całej działalności: udział projekt-

tów BIM przekraczający 50% deklaruje tylko nieco ponad 28% projektantów i 12% wykonawców. W pozostałych podmiotach udział ten jest na niższym poziomie lub BIM w ogóle nie jest wykorzystywany. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest brak

ghtly more than 28% of designers and 12% of contractors. In other entities, the share is at a lower level, or BIM is not used at all. The reason for this is the lack of requirements for the use of BIM technology in many investment tasks. As the cost of drafting a project using BIM is higher than traditional methods, the lack of the obligation allows design entities not to use BIM, which prevents the use of this technology in the subsequent phases of the building's life cycle (construction, management). Of course, a digital model can be developed at a later stage, but this involves a much higher cost than developing it at the design stage.

If regulations or market requirements force the widespread use of BIM technology, the important issue will be the timing of its implementation in the entities not yet using it. An optimistic observation from the survey is the relatively short period of time needed to introduce BIM in the companies where the survey respondents are employed. Only less than 15% of designers and 10% of contractors would take more than 2 years to implement BIM. More than one third of respondents were unable to specify a timeframe, which may be related to little knowledge of BIM and, consequently, an inability to identify potential problems associated with such an implementation. According to the respondents, the most significant factor affecting the speed of BIM implementation is limited financial capacity. A certain solution to this problem may be the gradual introduction of this technology while using the available financing mechanisms to spread the costs over a longer period of time (leasing, payments in installments). Favorable conditions of the construction sector, which translates into higher corporate profits, potentially increases executives' willingness to invest in new technologies that improve the competitiveness of the company. As such, it may be the right time to start implementing BIM in companies not yet using it.

Considering all the respondents, the overall degree of familiarity with BIM technology is unsatisfactory, with nearly 78% of respondents rating it no higher than adequate. This was confirmed by the answers to the question on the state of knowledge regarding Polish BIM standards, the knowledge of which was declared to be at least sufficient by slightly more than 23% of all the respondents. This problem is relatively easiest to solve by introducing a training program to introduce BIM, and practical workshops on how to use the BIM software. The next step is to expand that knowledge and hone one's skills in one's professional work, particularly when performing tasks using BIM technology.

Robotization and automation of construction processes is the next stage in development of the construction industry, in the implementation of which BIM technology can be particularly helpful. The data contained in the digital building model can be easily processed and used for robot programming and automation of construction production. For this to be possible, the scope of investments made using BIM must be at a much higher level than today. The results of the survey indicate that the number of entities that recognize the potential of BIM and are able to invest their own resources in the implementation and development of this technology is relatively small, but it will

wymagań dotyczących stosowania technologii BIM w wielu zadaniach inwestycyjnych. W związku z tym, że koszt sporządzenia projektu z zastosowaniem BIM jest większy niż w przypadku tradycyjnych metod, brak obowiązku pozwala podmiotom projektowym nie stosować BIM, co uniemożliwia użycie tej technologii w kolejnych fazach cyklu życia obiektu (wykonawstwo, eksploatacja). Można oczywiście wykonać cyfrowy model na późniejszym etapie, ale wiąże się to z dużo większymi kosztami niż opracowanie go w fazie projektowania.

W przypadku, gdy przepisy lub wymagania rynku wymuszają powszechne stosowanie technologii BIM, istotną kwestią będzie czas jej implementacji w podmiotach dotychczas z niej niekorzystających. Optymistycznym spostrzeżeniem z przeprowadzonego badania jest stosunkowo niedługi okres potrzebny do wprowadzenia BIM w przedsiębiorstwach, w których ankietowani są zatrudnieni. Tylko niespełna 15% projektantów i 10% wykonawców potrzebowałoby ponad 2 lat na wdrożenie BIM. Ponad 1/3 badanych nie była w stanie określić ram czasowych, co może wiązać się z niewielką znajomością BIM i w konsekwencji niemożnością identyfikacji potencjalnych problemów związanych z takim wdrożeniem. Zdaniem ankietowanych najistotniejszym czynnikiem mającym wpływ na szybkość wdrożenia BIM są ograniczone możliwości finansowe. Pewnym rozwiązaniem tego problemu może być stopniowe wprowadzanie tej technologii przy jednoczesnym wykorzystaniu dostępnych mechanizmów finansowania rozkładających koszty w dłuższym okresie (leasing, płatności ratalne). Korzystna koniunktura w sektorze budowlanym, przekładająca się na większe zyski przedsiębiorstw, potencjalnie zwiększa skłonność kadry zarządzającej do inwestycji w nowe technologie poprawiające konkurencyjność firmy. W związku z tym może to być właściwym momentem na rozpoczęcie procesu wdrażania BIM w przedsiębiorstwach do tej pory z niego niekorzystających.

Biorąc pod uwagę wszystkich ankietowanych, ogólny stopień znajomości technologii BIM jest niezadowalający – prawie 78% respondentów oceniło ją na poziomie nie wyższym niż dostateczny. Potwierdziły to odpowiedzi na pytanie dotyczące stanu wiedzy odnośnie do polskich standardów BIM, których znajomość w stopniu co najmniej dostatecznym zadeklarowało nieco ponad 23% ogółu respondentów. Ten problem jest stosunkowo najprostszy do rozwiązania przez wprowadzenie programu szkoleń przybliżających tematykę BIM i praktycznych warsztatów dotyczących obsługi oprogramowania BIM. Kolejnym krokiem jest pogłębianie tej wiedzy i doskonalenie umiejętności w ramach swojej pracy zawodowej, w szczególności przy realizacji zadań z wykorzystaniem technologii BIM.

Robotyzacja i automatyzacja procesów budowlanych jest kolejnym etapem rozwoju budownictwa, w realizacji którego szczególnie pomocna może być technologia BIM. Dane zawarte w cyfrowym modelu obiektu mogą być łatwo przetwarzane i wykorzystywane do programowania robotów oraz do automatyzacji produkcji budowlanej. Aby to było możliwe, zakres inwestycji realizowanych z wykorzystaniem BIM musi być na dużo wyższym poziomie niż obecnie. Wyniki przeprowadzonego badania wskazują, że liczba podmiotów, które do-

steadily increase given global trends. Awareness is also increasing among investors about the benefits of using BIM, which will result in an increasing number of investments carried out using BIM. Now that work on the automation and robotization of the construction processes has moved from the realm of research and testing to industry applications, the BIM format will become a common standard for construction projects. Entities that manage to implement it by then will increase their competitiveness and be ready to meet market demands, while others will have little time to adapt.

Received: 24.05.2024

Revised: 29.07.2024

Published: 25.11.2024

strzegają potencjał BIM i są w stanie zainwestować własne środki na wdrożenie oraz rozwój tej technologii, jest stosunkowo niewielka, ale biorąc pod uwagę tendencje światowe stale będzie wzrastała. Zwiększa się również świadomość wśród inwestorów dotyczące korzyści wynikających ze stosowania BIM, co zaowocuje coraz większą liczbą inwestycji realizowanych z użyciem BIM. Obecnie kiedy prace nad automatyzacją i robotyzacją procesów budowlanych przejdą ze sfery badań i testów do aplikacji w przemyśle, format BIM stanie się powszechnie obowiązującym standardem przy realizacji przedsięwzięć budowlanych. Podmioty, które zdążą go do tego czasu wdrożyć, zwiększą swoją konkurencyjność i będą gotowe sprostać wymaganiom rynku, pozostałe będą miały niewiele czasu, aby się dostosować.

Artykuł wpłynął do redakcji: 24.05.2024 r.

Otrzymano poprawiony po recenzjach: 29.07.2024 r.

Opublikowano: 25.11.2024 r.

Literature

- [1] Tomana A. BIM – Innowacyjna technologia w budownictwie. Podstawy, standardy, narzędzia. Kraków: Wydawnictwo PWB Media Zdziełowski Spółka Jawna; 2016.
- [2] BIM Standard PL – Ministerstwo Rozwoju i Technologii – Portal Gov.pl. Ministerstwo Rozwoju i Technologii. <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologie/realizuj-inwestycje-zgodnie-z-metodyka-bim-opracowanie-bim-standard-pl> (dostęp: 18 kwietnia 2024).
- [3] Apollo M, Grzyl B. Aktualny stan wdrożenia BIM w polskich firmach budowlanych. Materiały Budowlane. 2023. DOI: 10.15199/33.2023.02.07.
- [4] Tan T, Chen K, Xue F, Lu W. Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: an interpretive structural modeling (ISM) approach. J CleanerProd 2019. DOI: /10.1016/j.jclepro. 2019.02.141.
- [5] Zabielski J, Juszczyk A. Poziom wdrożenia technologii BIM w procesie kształcenia budowlanego w Polsce. Przegląd budowlany 2023. DOI 10.5604/01.3001.0016.3256.
- [6] Cyfryzacja procesu budowlanego w Polsce – zakończenie projektu, <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologie/cyfryzacja-procesu-budowlanego-w-polsce-zakonczenie-projektu>, (dostęp: 18.07.2024).
- [7] BIM – innowacyjne podejście do zamówień publicznych w sektorze budowlanym, red. J. Pożarowska. Urząd Zamówień publicznych, Warszawa-Gdańsk, 2022.
- [8] Kasznia D. BIM dla sektora publicznego – zagadnienia związane z wymaganiami informacyjnymi zamawiającego. Urząd Zamówień Publicznych, Warszawa, 2023.
- [9] Regona M, Yigitcanlar T, Xia B, Yi Man Li R. Opportunities and Adoption Challenges of AI in the Construction Industry: A PRISMA Review, Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity. 2022. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010045>.
- [10] Liao H, Lu X, Fei Y, Gu Y, Huang Y. Generative AI design for building structures. Automation in Construction. 2024; 157: 105187.
- [11] Mitera-Kielbasa E, Zima K. BIM Policy Trends in Europe: Insights from a Multi-Stage Analysis. Applied Sciences. 2024. DOI: /10.3390/ap14114363.
- [12] Anane W, Iordanova I, Ouellet-Plamondon C. BIM-driven computational design for robotic manufacturing in off-site construction: an integrated Design-to-Manufacturing (DtM) approach. Automation in Construction. 2023, 150: 104782.
- [13] Zhanga J, Luoa H, Xub J. Towards fully BIM-enabled building automation and robotics: A perspective of lifecycle information flow. Computers in Industry. 2022; 135: 103570.
- [14] Zhao X, Chern Cheah Ch. BIM-based indoor mobile robot initialization for construction automation using object detection. Automation in Construction. 2023; 146: 104647.
- [15] Zhu A, Pauwels P, De Vries B. Component-based robot prefabricated construction simulation using IFC-based building information models. Automation in Construction. 2023; 152: 104899.
- [16] Leder S, HyunGyu K, Sitti M, Menges A. Enhanced co-design and evaluation of a collective robotic construction system for the assembly of large-scale in-plane timber structures, Automation in Construction. 2024; 162: 105390.
- [17] Zhu A, Pauwels P, De Vries B. Smart component-oriented method of construction robot coordination for prefabricated housing, Automation in Construction. 2021; 129: 103778.
- [18] Niemiro-Mażniak J, Major M, Major I. Artificial intelligence as automation and robotization tool in construction processes, Collection of scientific papers of Ts. Mirtskhulava Water Management Institute. 2023. DOI. ORG/10.36073/1512-2344.
- [19] Borkowski AS. Konstytutywne cechy BIM – parametryczność, interoperacyjność, wielowymiarowość. Builder 2024. DOI: 10.5604/01.3001.0054.1433.
- [20] Wstępne szacunki produktu krajowego brutto w przekroju regionów w 2022 r. – Urząd Statystyczny w Katowicach – Portal stat.gov.pl Urząd statystyczny w Katowicach <https://katowice.stat.gov.pl/opracowania-biezace/opracowania-sygnalne/rachunki-regionalne/wstepne-szacunki-produktu-krajowego-brutto-w-przekroju-regionow-w-2022-r-,4,6.html> (dostęp: 18 kwietnia 2024).
- [21] PN-EN ISO 19650-1:2019-02 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 1: Koncepcje i zasady.