

Szymon Filipowski\*

orcid.org/0000-0001-6686-4176

Maciej Wójtowicz\*\*

orcid.org/0000-0003-2283-4092

Rafał Zieliński\*\*\*

orcid.org/0000-0002-8505-7481

## Modelowanie przestrzenne BIM w obiektach zabytkowych na przykładzie budynku koszarowego byłego Obozu Auschwitz I w obszarze „Lagererweiterung”

### BIM Spatial Modeling in Historical Buildings Based on a Barracks Building of the Former Auschwitz I Camp in the “Lagerwereitung” Zone

**Słowa kluczowe:** architektura, HBIM, Lagererweiterung, Auschwitz, model 3D, skaning laserowy

**Keywords:** architecture, HBIM, Lagererweiterung, Auschwitz, 3D model, laser scanning

#### Wstęp

Praca analizuje potencjał zastosowania technologii BIM, w powiązaniu z rozwiązaniami pomiarowymi, pod kątem ich wykorzystania do projektowania w zabytkowych obiektach architektonicznych. W ramach działań praktycznych zinventaryzowano przedmiotowy obiekt z zastosowaniem tradycyjnych oraz nowoczesnych metod pomiarowych. Następnie w środowisku BIM wykonano model projektowy, architektoniczno-budowlany, skoordynowany z pozostałymi branżami. W artykule zastosowano metodę badawczą studium przypadku<sup>1</sup> w celu przybliżenia wyspecjalizowanych narzędzi komputerowych i standardów pracy wspomagających projektanta w pozyskiwaniu informacji o obiekcie. Pozwalają one wieloaspektowo przeanalizować projekt rewitalizacji zabytkowego obiektu.

#### Rys historyczny i charakterystyka obiektu

Budynek nr 27 (dawniej 127)<sup>2</sup> znajduje się na terenie osiedla im. rtm. Witolda Pileckiego w Oświęcimiu. Zre-

#### Introduction

This paper presents an analysis of BIM technology application in conjunction with measurement solutions in terms of their application in the design of historical buildings. In terms of practical application, we surveyed the building in question with the application of traditional and modern measurement methods. Afterwards, we built a technical architectural design model in a BIM environment, coordinated with other engineering specializations. We used the case study method<sup>1</sup> to present specialized computer tools and work standards that support designers in procuring information about a building. They allow for a multi-aspect analysis of historical building revitalization designs.

#### Outline of the building and its history

Building no. 27 (formerly 127)<sup>2</sup> is located at the Rotmistrza Witolda Pileckiego Housing Estate in Oświęcim. It was built in the years 1942–1943 as one of twenty buildings erected as a part of a plan of extending the

\* mgr inż. arch., Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej

\*\* mgr inż. arch., Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej

\*\*\* mgr inż. arch., Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej

\* *M.Sc. Eng. Arch., Faculty of Architecture, Cracow University of Technology*

\*\* *M.Sc. Eng. Arch., Faculty of Architecture, Cracow University of Technology*

\*\*\* *M.Sc. Eng. Arch., Faculty of Architecture, Cracow University of Technology*

**Cytowanie / Citation:** Filipowski S., Wójtowicz M., Zieliński R. BIM Spatial Modeling in Historical Buildings Based on a Barracks Building of the Former Auschwitz I Camp in the “Lagerwereitung” Zone. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2021, 66:77–91

**Otrzymano / Received:** 19.02.2021 • **Zaakceptowano / Accepted:** 6.04.2021

**doi:** 10.48234/WK66AUSCHWITZ

Praca dopuszczona do druku po recenzjach

Article accepted for publishing after reviews



Ryc. 1. Jedno ze zdjęć rozbudowy KL Auschwitz I wykonywanych przez SS jako załączniki do sprawozdań budowlanych; w głębi widoczny zespół nowo wznoszonych bloków więziarskich Lagererweiterung, a także charakterystyczna konstrukcja wieszarowa więzarów dachowych oraz murowane z cegły ściany; źródło: APMA-B, opis na podstawie: M. Rawecki, *Strefa Auschwitz-Birkenau*, Gliwice 2003, s. 16.

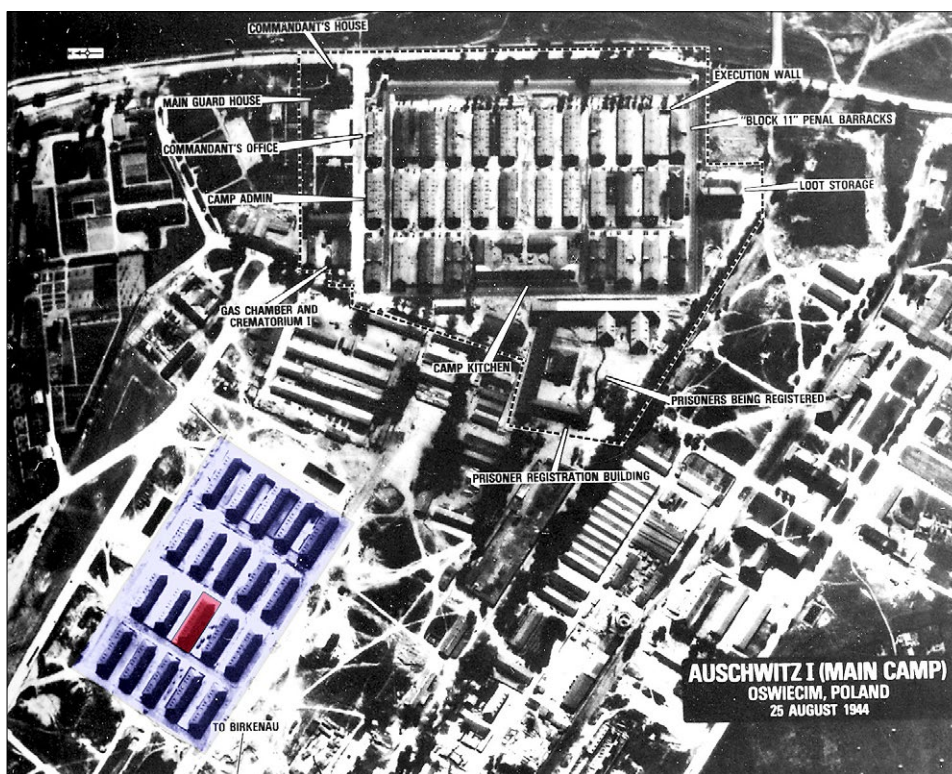
Fig. 1. A photograph of the extension of KL Auschwitz I made by the SS as an attachment to a construction report; the complex of newly-erected prison blocks of the Lagererweiterung can be seen in the back, as well as the distinctive hanging post structure of the roof trusses and brick masonry walls; source: APMA-B, annotated based on: M. Rawecki, *Strefa Auschwitz-Birkenau*, Gliwice 2003, p. 16.

alizowany został w latach 1942–1943 jako jeden z 20 obiektów wzniesionych w ramach planu powiększenia obozu koncentracyjnego Auschwitz I. Historia tego miejsca sięga początku roku 1940, kiedy specjalnie powołane komisje SS wytypowały obiekty dawnej Osady Barakowej<sup>3</sup> pod lokalizację obozu koncentracyjnego. Ustalenia te zobowiązały Wehrmacht, który wkroczył do Oświęcimia już 3 września 1939, do przekazania koszar do dyspozycji SS. W kwietniu 1940 Reichsführer SS Heinrich Himmler wydał rozkaz założenia w Oświęcimiu obozu koncentracyjnego i rozbudowania go siłami więźniów. Komendantem nowo powstałego KL Auschwitz został Rudolf Höss<sup>4</sup>. Pod koniec 1942 zaplanowano rozbudowę obozu od strony północnej. Zamierzenie zakładało realizację ponad 50 budynków, w tym nowej komendantury<sup>5</sup> (ryc. 1). Nie zostało jednak wykonane w całości ze względu na zakończenie działań wojennych i wyzwolenie obozu 27 stycznia 1945<sup>6</sup>. Do tego czasu oddane do użytkowania budynki wykorzystywano jako tymczasowe koszary załogi wartowniczej SS, warsztaty krawieckie i szewskie, a także magazyny, w których przechowywano mienie po ofiarach masowej zagłady. Trzy obiekty (nr 118, 119, 120) znajdujące się w obszarze tzw. przedłużenia obozu (niem. Lagererweiterung lub Schutzhaftlagererweiterung) przeznaczono na osobno wyodrębniony obóz dla kobiet (Frauenlager), w którym zakwaterowano m.in. więźniarki zatrudnione w pobliskiej fabryce Union-Werke (Deutsche Ausrüstungs Werke oraz Wechsel Metall-Union<sup>7</sup>).

Z analizy zdjęć lotniczych wykonanych w sierpniu 1944 (ryc. 2) wynika, że pierwotnie obiekt nr 127 zre-

Auschwitz I concentration camp. The history of this place dates back to 1940, when specifically appointed SS commissions selected the buildings of a former Barracks Settlement<sup>3</sup> for the location of a concentration camp. These decisions obligated the Wehrmacht, which had entered Oświęcim already on September 3, 1939, to transfer the barracks to the SS. In April 1940, SS Reichsführer Heinrich Himmler issued an order to establish a concentration camp in Oświęcim and to extend it using prisoner labor. Rudolf Höss<sup>4</sup> became the commandant of the newly established KL Auschwitz. Towards the end of 1942, plans were made to extend the camp towards the north. The project assumed the construction of over fifty buildings, including a new commandant's office<sup>5</sup> (Fig. 1). However, the project was not realized fully due to the end of wartime operations and the camp's liberation on January 27, 1945.<sup>6</sup> Until that time, the buildings that had been completed were used as temporary barracks for the SS watchmen garrison, sewing and shoemaking workshops, as well as storage spaces in which the personal belongings of the victims of mass genocide were being stored. Three buildings (no. 118, 119 and 120) located in the so-called camp extension (Lagererweiterung or Schutzhaftlagererweiterung in German) were assigned for a separate, fenced women's camp (Frauenlager), which held the prisoners who were working at the nearby Union-Werke factory (Deutsche Ausrüstungs Werke and Wechsel Metall-Union).<sup>7</sup>

An analysis of aerial photographs made in August 1944 (Fig. 2) showed that building no. 127 was orig-



Ryc. 2. Zdjęcia lotnicze obozu Auschwitz I wykonane przez aliantów 25 sierpnia 1944; obszar przedłużenia obozu oznaczono kolorem niebieskim, a budynek nr 127 – czerwonym; w tym czasie miał on jeszcze formę zgodną z pozostałymi obiektami wchodzącymi w skład Lagererweiterung; źródło: APMA-B, opracowanie: autorzy.

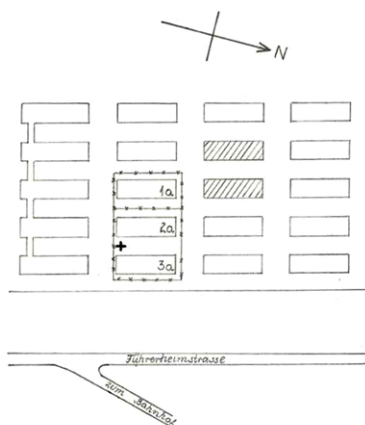
Fig. 2. Aerial photographs of the Auschwitz I camp made by Allied forces on August 25, 1944; the camp extension zone has been marked in blue and building no. 127 in red; at this time it had a form similar to the other buildings that formed the Lagererweiterung; source: APMA-B, annotation: authors.

alizowano jako dłuższy (ok. 45,2 m), podobnie jak pozostałe budynki na terenie Lagererweiterung. Jesienią 1944 został jednak częściowo zniszczony w wyniku działań wojennych (ryc. 3), a następnie przebudowany do teraźniejszej formy i przywrócony do użytkowania. Jest to obiekt niewielki, dwupiętrowy, częściowo podpiwniczony, pokryty dachem czterospadowym. Ściany są murowane z cegły, wzmocnione układem słupów i belek żelbetowych ukrytych w ścianach centralnie usytuowanego korytarza. Stropy międzykondygnacyjne wykonano w technologii gęstożebrowej, z wypełnieniem pustakami Ackermana, piwnicę przykryto ceglаныmi sklepieniami kolebkowymi i krzyżowymi. Więźba dachowa ma układ płatwiowo-kleszczowy, z więzarami wieszarowymi. W czasie funkcjonowania obozu w budynku prawdopodobnie zakwaterowani byli żołnierze załogi wartowniczej SS, z których 15 zginęło w wyniku alianckiego bombardowania 13 września 1944<sup>8</sup>.

Po II wojnie światowej obszar Lagererweiterung nie został włączony do terenu przeznaczanego pod muzeum Auschwitz-Birkenau i częściowo przeszedł w dyspozycję wojska. Od roku 1949 w oświęcimskich koszarach stacjonował 1. Batalion Pracy (JW 2654)<sup>9</sup> – jedna z otoczonych złą sławą jednostek wojskowych, których zadaniem było zaopatrzenie polskiego przemysłu górniczego w siłę roboczą<sup>10</sup>. Od 1957 obszar ten był siedzibą innych formacji, a w 2018 zapadła decyzja

inally built as longer (ca. 45.2 m), similarly to the remaining buildings in the Lagererweiterung zone. In autumn 1944, it was partially damaged in military operations (Fig. 3) and later remodeled, taking on its contemporary form, and restored to use. The building's walls are brick masonry, reinforced with a system of reinforced concrete columns and beams hidden in the walls of the centrally placed hallway. The decks were built using beam-and-block technology with Ackerman blocks, the cellar was covered with brick barrel and groin vaults. The roofs have a queen post layout with hanging post trusses. During the camp's operation, the building probably housed soldiers from the SS watchmen garrison, fifteen of whom died during an Allied bombing raid on September 13, 1944.<sup>8</sup>

After the Second World War, the Lagererweiterung zone was not incorporated into the area that would become the Auschwitz-Birkenau museum and was partially transferred to the armed forces. In 1949, the Oświęcim barracks began to house the First Workers' Battalion (JW 2654)<sup>9</sup>—a notorious military unit tasked with providing labor to the Polish mining industry.<sup>10</sup> After 1957, the area housed other formations, and in 2018 a decision was made to transfer the 11th Lesser Poland Territorial Defense Brigade to Oświęcim.<sup>11</sup> A year later, procedures were initiated to renovate building no. 127. As a result of a public procurement order, the project was commissioned to a design team



- Bloki 1a - 3a - Frauenlager Au I
- — — — — ogrodzenie obozu z drutu kolczastego
- Blok 1a - kwarantanna, na obok niej, w której wy/workowa  
kuchnia
- Blok 2a - zajęty przez więźniarki zatrudnione  
w "Union - Werke"
- Blok 3a - zajęty przez więźniarki "Schuhkommando"  
i Kommando 303 tzw. Gärtnerei
- + - krzyżykiem oznaczono miejsce egzekucji  
4 więźniarek /6. I. 1945 r./.
- ▨ - bloki sąsiadujące z FKL Au I, które jesienią  
1944 r. uległy częściowo zniszczeniu w czasie  
bombardowania.

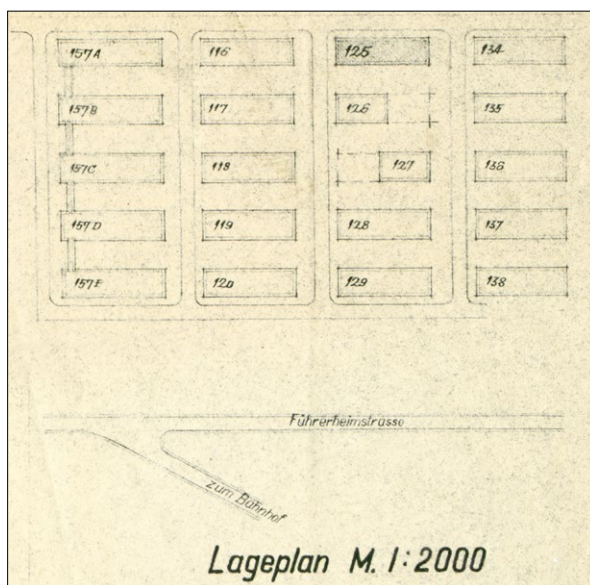
Plan odtworzono w obecności b. więźniarki Marii  
OYRZYŃSKIEJ z domu SLISZ w czasie zwiedzania terenu.

*Maria Oyrzyńska*

*Maria Oyrzyńska*

Ryc. 3. Plan załączony do relacji więźniarki Marii Oyrzyńskiej; oznaczono na nim budynki obozu Frauenlager Au I (nr 118, 119, 120) wraz z ogrodzeniem, a także obiekty 126 i 127, które zostały częściowo zniszczone podczas bombardowania 13 września 1944; źródło: APMA-B.

Fig. 3. Plan attached to the account of prisoner Maria Oyrzyńska; Frauenlager Au I buildings (no. 118, 119, 120) and the fence have been marked, in addition to buildings 126 and 127, which were partially damaged during a bombing raid on September 13, 1944; source: APMA-B.



Ryc. 4. Fragment skanu rysunku „Plan über Instandsetzungsarbeiten des bombengeschädigten Gebäudes Nr. 125” (Plan prac naprawczych zniszczonego przez bombę budynku nr 125) opatrzony datą 23 września 1944; rysunek dotyczy napraw w budynku nr 125, jednak nad tabelą zamieszczono schemat zagospodarowania „Lagererweiterung” wraz z numeracją obiektów (zaznaczono skrócone obrysy bloków 126 i 127); źródło: APMA-B.

Fig. 4. Fragment of a scan of the drawing entitled “Plan über Instandsetzungsarbeiten des bombengeschädigten Gebäudes Nr. 125” (Repair work plan of building no. 125, destroyed by a bomb), dated to September 23, 1944; the drawing concerns repairs of building 125, but above the table is a layout scheme of the “Lagererweiterung” along with building numbers (shortened outlines of blocks 126 and 127 were marked); source: APMA-B.

o przeniesieniu do Oświęcimia 11. Małopolskiej Brygady Obrony Terytorialnej<sup>11</sup>. Rok później rozpoczęto procedury mające na celu przeprowadzenie remontu budynku nr 127. W wyniku postępowania przetargowego tematem zajął się zespół projektowy w składzie: Maria Berko-Haas, Michał Banasik, Maciej Wójtowicz i Rafał Zieliński.

including Maria Berko-Haas, Michał Banasik, Maciej Wójtowicz and Rafał Zieliński.

### Building survey – research methods

The procurement order did not mention the war-time history of the building and only indicated 1942

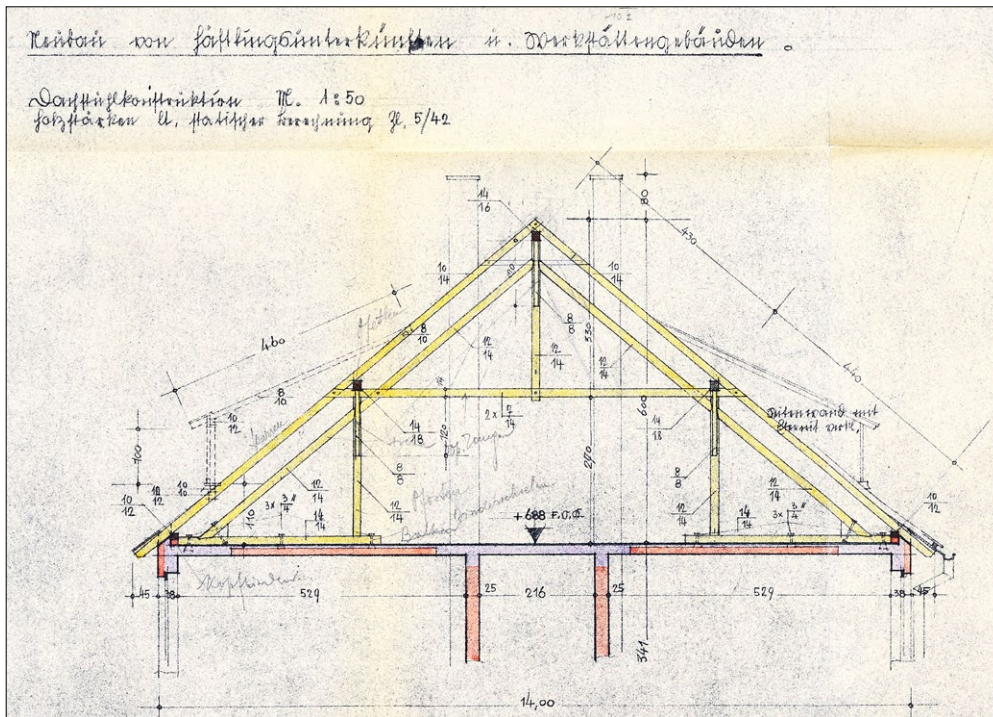
## Inwentaryzacja – metody badawcze

W opisie przedmiotu zamówienia nie wspomniano o wojennej historii obiektu, a jedynie wskazano rok 1942 jako datę jego wzniesienia. W związku z powyższym początkowo nie został zidentyfikowany przez projektantów jako blok poobozowy. Kwerenda w Archiwum Państwowego Muzeum Auschwitz–Birkenau (APMA–B) wyjaśniła jednak, że nie tylko budynek nr 127, lecz także całe osiedle rtm. Witolda Pileckiego stanowiło część założenia obozowego. Wobec braku w dyspozycji zamawiającego dokumentacji archiwalnej, pracę rozpoczęto od inwentaryzacji i analizy materiałów udostępnionych przez APMA–B. Ta część zadania realizowana była w trzech obszarach: pierwszą stanowiła analiza materiałów archiwalnych<sup>12</sup> – rysunków, zdjęć, literatury, a także oryginalnych dzienników budowy z lat 1942–1943 dotyczących obiektów wchodzących w skład Lagererweiterung. Po analizie tej dokumentacji zagadką okazały się kwestie tak podstawowe, jak kształt i wymiary budynku, w materiałach archiwalnych nie znaleziono bowiem planów obiektów, które miałyby wymiar zbliżony do jego gabarytu (ok. 14 x 21 m). Na rysunkach wszystkie budynki posiadały jednakowe proporcje: 14 x 45,2 m. Również na zdjęciu lotniczym, wykonanym przez aliantów 25 sierpnia 1944, wyraźnie widać zrealizowane już przedłużenie obozu, na którym wszystkie obiekty mają wspomniany kształt (ryc. 2). Mimo to na późniejszym planie napraw, opatrzonym datą 23 września 1944 (ryc. 4), część budynku nr 127 była oznaczona przerywaną linią. O przyczynie nietypowych proporcji obiektu zespół inwentaryzacyjny dowiedział się od pracowników APMA–B. Były one wynikiem alianckiego nalotu 13 września 1944, o którym wspominają źródła archiwalne<sup>13</sup> i literatura<sup>14</sup>. Kolejny dowód stanowiły odkrytki wykonane w trakcie inwentaryzacji w jednym z pomieszczeń, usytuowanym po stronie południowej obiektu. Widoczne zarysowanie stropu odkryto metodą inwazyjną – stwierdzono nieregularną zmianę fragmentu jego konstrukcji z gęstożebrowej – typowej dla budynków Lagererweiterung – na płytową, żelbetową. Świadczy to o naprawie obiektu po częściowym zburzeniu w celu szybkiego przywrócenia go do użytkowania. Warto zaznaczyć, że w podobny sposób (od strony północnej) został również uszkodzony bliźniaczy budynek nr 126, który odbudowano w nieco innej formie. Pokryto go dachem trójspadowym, ze ścianą szczytową od północy. Materiały otrzymane z APMA–B okazały się więc niezwykle cenne, dostarczyły danych o historii obiektu i jego konstrukcji, zawierały wiele szczegółowych rysunków, np. szalunków, detali architektonicznych, zestawień materiałowych, przekrojów (ryc. 5).

Drugi obszar prac przedprojektowych stanowiły wspomniane odkrytki<sup>15</sup>. Mimo że zespół dysponował kopiami przekrojów pochodzących z roku 1942, to należało pamiętać, że budynek po zakończeniu wojny przeszedł wiele modernizacji. Jednocześnie elementy, które nie były zmieniane, nie zawsze musiały być realizowane

as its date of construction. In light of the above, it was not initially identified by the designers as a former camp block. A query of the State Archive of the Auschwitz–Birkenau Museum (APMA–B) revealed that not only building no. 127, but also the entire Rotmistrza Witolda Pileckiego Housing Estate formed a part of the camp complex. In light of the ordering party not having access to archival documentation, work began with a building survey and an analysis of archival materials<sup>12</sup>—drawings, photographs, the literature, as well as original construction journals from 1942–1943 concerning the buildings that made up the Lagererweiterung. After analyzing this documentation, basic information such as the shape and dimensions of the building, as no plans with dimensions close to it (ca. 14 x 21 m) was found in archival materials. On archival drawings, all buildings had identical proportions: 14 x 45.2 m. An aerial photograph taken by allied forces on August 25, 1944, also clearly showed the extended section of the camp, where all buildings had the same, elongated shape (Fig. 2). Despite this, a later repair plan dated to September 23, 1944, (Fig. 4) showed a part of building no. 127 outlined with a dashed line. The surveying team learned of the cause behind the atypical proportions of the building from APMA–B employees. It was the Allied bombing raid from September 13, 1944, which was mentioned by archival sources<sup>13</sup> and the literature.<sup>14</sup> Another piece of evidence came in the form of stratigraphic surveying performed during measurements in a room situated in the southern part of the building. Clear cracks in the ceiling were found using an invasive method—an irregular replacement of a fragment of its structure was found, from a beam-and-block structure that had been typical of the Lagererweiterung’s buildings, to a reinforced concrete slab. This showed that the building had been repaired after being partially damaged, so as to be quickly restored to use. It should be noted that the nearby twin building, no. 126, had been damaged in a similar manner (from the north), and was rebuilt in a slightly different form. It was covered in a semi-hipped roof, with a gable wall from the north. The materials received from the APMA–B proved highly valuable and provided data about the history of the building and its structure, featuring many detailed drawings, such as those of formwork, architectural details, material listings, cross-sections, etc. (Fig. 5).

The second area of pre-design work was the previously mentioned stratigraphic surveying.<sup>15</sup> Despite the team having copies of cross-section drawings from 1942 in its possession, it had to keep in mind that the building had been subjected to several modernizations after the war. At the same time, the elements that had been built did not necessarily had to follow the original design. To verify data from archival drawings, we performed numerous stratigraphic surveys of the walls, decks and foundations, and commissioned reports on



Ryc. 5. Skan oryginalnego, typowego dla budynków obszaru Lagererweiterung, przekroju więźby dachowej; uwagę zwraca staranność wykonania rysunku oraz oznaczenia kolorystyczne materiałów budowlanych: kolor żółty – drewno, czerwony – ceramika, szary – beton i żelbet; źródło: APMA-B.

Fig. 5. Scan of an original roof truss cross-section typical of the Lagererweiterung's buildings; of note is the precision of the drawing and the use of color to mark construction materials: yellow – wood, red – ceramics, grey – concrete and reinforced concrete; source: APMA-B.

zgodnie z pierwotnym projektem. Aby zweryfikować dane z archiwalnych rysunków, wykonano liczne odkrywki ścian, stropów i fundamentów, a także zlecono sporządzenie ekspertyz konstrukcyjnej, mykologicznej i kominiarskiej w celu zebrania jak najwięcej informacji na temat stanu technicznego obiektu. Ze względu na fakt, że budynek podczas wykonywania pomiarów nie był użytkowany, zespół inwentaryzacyjny miał pełną swobodę w wyborze miejsca i zakresu odkrywek. Większość z nich realizowana była metodą inwazyjną poprzez wykonywanie odwiertów i miejscowych odkuć posadzek oraz stropów (ryc. 6). Dla całego budynku została również wykonana dokumentacja fotograficzna.

Równoległe z badaniami archiwalnymi oraz odkrywkami zespół realizował trzeci obszar prac – opracowanie trójwymiarowego modelu obiektu na podstawie pomiarów laserowych. Zostały one wykonane dwiema metodami. Pierwsza, bezpośrednia, polegała na zastosowaniu narzędzi współpracujących z oprogramowaniem BIM w czasie rzeczywistym. W odróżnieniu od niej druga metoda, pośrednia, daje autonomiczne wyniki importowane następnie do środowiska, w którym pracuje projektant. Dzięki pracom badawczym dotyczącym nowego typu skanera laserowego, prowadzonym w Katedrze Geometrii Wykreślnej i Technologii Cyfrowych Wydziału Architektury Politechniki Krakowskiej<sup>16</sup>, pojawiła się możliwość porównawczego wykorzystania dwóch urządzeń pomiarowych. Pierwszym z nich był zautomatyzowany tachimetr laserowy Flexijet, pozwalający współpracować ze środowiskiem ArchiCAD i półautomatycznie tworzyć

the structural system, mycological status and ventilation so as to collect the greatest possible amount of information about the building's technical condition. As the building was not used during measurements, the surveying team was free to choose the place and scope of the stratigraphic surveys. Most of them were performed invasively by drilling and the local removal of floor and ceiling layers (Fig. 6). A photographic documentation was also prepared for the entire building.

Alongside archival research and stratigraphic surveys, the team worked on the third area of the project—preparing a 3D model of the building based on laser measurements. The measurements were performed using two methods. The first, direct method, was based on tools that cooperate with BIM software in real time. The second, indirect method, provides autonomous results that are then imported into the environment that the designer works in. Research on a new type of laser scanner conducted at the Chair of Descriptive Geometry and Digital Technologies of the Faculty of Architecture of the Cracow University of Technology<sup>16</sup> provided an opportunity to compare two measurement devices. The first device was the Flexijet automated laser tachymeter, which cooperates with the ArchiCAD environment, and semi-automatically creates a 3D model of a building. Using the link between the tachymeter and the software, the user uses spatial coordinates of the points measured to create a digital structural model in real time. This approach was already used by Anna Kulig, Farid

trójwymiarowy model obiektu. Korzystając ze sprzężenia tachimetru z oprogramowaniem, użytkownik na bieżąco stosuje przestrzenne współrzędne zmierzonych punktów do tworzenia komputerowego modelu budowlanego. To podejście zastosowali już Anna Kulig, Farid Nassery i Szymon Filipowski podczas inwentaryzacji elewacji frontowej i bryły pałacu królewskiego w Łobzowie<sup>17</sup>. Urządzeniem Flexijet zmierzono cały budynek 127, a budynek 126 w zakresie obrysu zewnętrznego, klatek schodowych i głównych ciągów komunikacyjnych. Efekty pracy zautomatyzowanego tachimetru zostały porównane z drugim, alternatywnym urządzeniem – skanerem laserowym opracowywanym na Politechnice Krakowskiej. Zastosowano go do pomiaru całości budynku nr 126. Nie służył on jednak do generowania chmury punktów, tak jak w przypadku większości skanerów tego typu – efektem jego pracy są gotowe obrysy zapisane w formacie „.dxf”. Pomimo zaawansowanych funkcjonalności (automatyczne rozpoznawanie kształtu i wykonywanie obrysów bezpośrednio podczas pomiarów) jest to narzędzie, którego wyniki wczytywane są do oprogramowania modelującego dopiero w warunkach biurowych. Tam, na podstawie uzyskanych danych, budowany jest obiekt BIM. W odniesieniu do metody uzyskiwania wyników pomiarowych można dostrzec analogię do tradycyjnej inwentaryzacji architektonicznej. Jest ona jednak w pełni zdigitalizowana, daje znacznie większą precyzję pomiarów i skraca czas uzyskania wyników. Podobny cel stawia się skaningowi laserowemu, na którego podstawie tworzone są obrysy i elementy BIM. Wszelkie uzupełnienia i detale opisywano na szkicach inwentaryzacyjnych w sposób tradycyjny, z zastosowaniem ręcznego dalmierza laserowego. Liczba materiałów wygenerowanych w wyniku inwentaryzacji była wystarczająca do wykonania modelu 3D. Budynek nie zawiera wielu detali, a jego forma architektoniczna jest prosta. W związku z tym metoda selektywnych pomiarów laserowych okazała się skuteczna, a jej efektem był wysoki poziom precyzji modelu przy jednoczesnym braku niepotrzebnych i skomplikowanych w obróbce danych.

Przy okazji analizy nowatorskich rozwiązań pomiarowych warto zwrócić uwagę na oprogramowanie Point Sense stworzone przez producenta skanerów, firmę Faro. Praca w tym środowisku przypomina nieco działanie z zastosowaniem tachimetru Flexijet. W przestrzeni wygenerowanej przez komputer Point Sense daje możliwość efektywnego wprowadzania elementów BIM w programie Revit. Dzieje się to poprzez wskazanie miejsc z pozycji wirtualnej kamery na wykonanej uprzednio chmurze punktów<sup>18</sup>.

Sposoby gromadzenia informacji o budynku doprowadziły do utworzenia w środowisku ArchiCAD dokładnego, trójwymiarowego modelu inwentaryzacyjnego. Należy zwrócić uwagę, że zastosowane metody wzajemnie się uzupełniały. Zwłaszcza odkrywki i analiza materiałów źródłowych spowodowały, że model zawierał sprawdzone informacje o geometrii i konstrukcji przegród budowlanych. Dysponując takim modelem jako materiałem wyjściowym, przystąpiono do etapu projektowego.



Ryc. 6. Zdjęcie jednej z odkrywek wykonanych w budynku nr 1 wraz z pomiarem grubości warstw posadzkowych; fot. autorzy.

*Fig. 6. Photograph of one of the stratigraphic surveys performed in building no. 1 along with a flooring layer thickness measurement; photo by the authors.*

Nassery and Szymon Filipowski during their survey of the frontal facade and massing of the Royal Palace in Łobzów.<sup>17</sup> The Flexijet device was used to measure all of building 127 and the external outline, stairwells and main circulation routes of building 126. The effects of the use of the automated tachymeter were compared with those of using the second, alternative device—the laser scanner developed at the Cracow University of Technology. It was used to measure the entirety of building 126. However, it was not used to generate a point cloud as in the case of most scanners of its type—it outputs complete outlines in .dxf format. Despite advanced functionalities (automatic shape detection and outline output directly during measurement) it is a tool whose output can only be loaded into a modeling program in office conditions. There, based on the data procured, a BIM object can be built. Concerning the measurement output obtainment method, an analogy with traditional architectural surveying can be seen. However, it is fully digitized and offers a much greater measurement precision and shortens output time. A similar goal is placed before laser scanning, which is used to create outlines and BIM elements. Any supplementations and details were recorded on surveying sketches using traditional methods, using a manual laser rangefinder. The number of materials generated as a result of the survey was sufficient to prepare a 3D model. The building did not feature much detail and its architectural form was simple. As such, the method of selective laser measurements proved effective and its result was a highly

## Tworzenie i zakres informacyjny modelu przestrzennego na etapie projektowym

Opis przedmiotu zamówienia dla budynku nr 127 precyzyjnie określał zakres prac remontowych. Wśród nich znalazły się: termomodernizacja wraz z wymianą okien, zmiany funkcjonalne dostosowujące układ pomieszczeń do potrzeb przyszłego użytkownika oraz wymiana wszystkich drzwi wewnętrznych i zewnętrznych. Z uwagi na długi okres, w którym obiekt nie był użytkowany, niezbędny stał się także jego ogólny remont wraz z zabezpieczeniem pomieszczeń piwnicy przed wilgocią i wymianą posadzki na gruncie. Ekspertyza konstrukcyjna wykazała również konieczność wzmocnienia drewnianej więźby dachowej, stropu w miejscu jego zarysowania i punktowych zabezpieczeń pęknięć ścian.

Warto zwrócić uwagę, że obszar osiedla rtm. Witolda Pileckiego znajduje się w Gminnej Ewidencji Zabytków Miasta Oświęcimia, zatem każda decyzja o pozwoleniu na budowę wydawana dla tego obszaru musi być opiniowana przez Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków w Krakowie. Na tym etapie najważniejsze było uzgodnienie rodzaju i podziałów stolarki okiennej, a także kolorystyki obiektu.

Aby maksymalnie zautomatyzować tworzenie dokumentacji projektowej, podjęto decyzję, że wszelkie rysunki i opracowania zestawcze będą generowane wprost z modelu. W tym celu skupiono się na dwóch działaniach. Pierwszym było wymodelowanie wszystkich elementów projektowanych (m.in. posadzki, wyposażenia wewnętrznego, ścian działowych) oraz nadanie im w oprogramowaniu statusu „projektowane”; równocześnie wszystkim elementom, które miały zostać zdemontowane (np. część posadzek czy niektóre ściany), nadano status „do wyburzenia”. Dzięki takiemu podziałowi z powodzeniem zastosowano funkcję „etapów przebudowy” programu ArchiCAD, która daje pełną kontrolę nad sposobem wyświetlania wszystkich wspomnianych grup elementów. W efekcie powstały rzuty i przekroje ukazujące za pomocą odpowiednich kolorów oraz wypełnień elementy istniejące, wyburzane i projektowane. Ponadto model 3D uszczegółowiono o takie obiekty, jak: sufity podwieszane, odbojnice, kraty okienne, wyposażenie. Dzięki temu możliwe było wygenerowanie dodatkowych rzutów i schematów przedstawiających ich typ i rozmieszczenie w budynku.

Drugim działaniem było nasycenie informacyjnie trójwymiarowego modelu. Zespołowi zależało, aby zgodnie z metodologią BIM uniknąć tworzenia tradycyjnych rysunków zestawczych, wymagają one bowiem manualnej aktualizacji i ręcznych obliczeń po każdej zmianie wprowadzonej w projekcie, co może powodować błędy w rozliczeniach materiałowo-ilościowych. Zatem takim obiektom jak okna, drzwi, kraty i pomieszczenia nadano właściwości, na których podstawie wygenerowano zautomatyzowane rysunki zestawcze. Zebranie wszystkich informacji w jednym pliku było istotne z kilku względów. Po pierwsze, wprowadzone parametry były ściśle po-

precise model and no unnecessary data that would be complicated to process.

While analyzing innovative measurement devices, it is worth mentioning Point Sense software, developed by Faro, a scanner manufacturer. Working in this environment resembles the use of the Flexijet tachymeter. In a computer-generated space, Point Sense allows the effective input of BIM elements in Revit. This is done via indicating the location of a virtual camera in a previously generated point cloud.<sup>18</sup>

Building information collection methods were used to create a precise 3D survey model in ArchiCAD. It should be noted that the methods we used were mutually complementary. Especially the stratigraphic surveys and source material analyses resulted in a model that featured reliable information about structural partition geometry and composition. The design stage began with said model as a starting point.

### Design-stage spatial model creation and information scope

The procurement order for building no. 127 featured a precise scope of renovation work. These included: thermal retrofitting with window replacement, functional changes intended to adapt the room layout to the needs of future users and a replacement of all interior and exterior doors. Due to the long period when the building was not in use, it was necessary to perform its general renovation, along with proofing the cellars against damp and replacing the slab-on-grade. The structural report also indicated a necessity to replace the wooden roof truss, and the deck at the site of cracking and local repairs where wall cracks were observed.

It should be noted that the area of the Rotmistrza Witolda Pileckiego Housing Estate is included in the Municipal Monument Record of the City of Oświęcim, which is why every construction permit issued for this area is subject to an opinion by the Voivodeship Monument Conservator in Cracow. At this stage, it was crucial to consult window types and pane divisions, as well as the building's color scheme.

To maximize the automation of design documentation preparation, a decision was made to generate all drawings and schedules directly from the model. To this end, two tasks were focused on. The first was modeling all the newly-designed elements (e.g. floors, internal furnishing, partition walls) and assigning them as “new” in the program; at the same time, all the elements that were to be disassembled (e.g. some of the floors and walls), were marked “to be demolished.” This division allowed for the successful application of the “renovation filter” function in ArchiCAD, which offers complete control over the display of all the previously mentioned element groups. The effect came as plans and cross-sections that showed elements that existed, that were slated to be demolished, and were under design, via specific colors and hatches. Furthermore, the 3D model featured objects such as suspended ceilings, buffers, window grates and



Nr	Nazwa pomieszczenia	Powierzchnia	Remont tynków	Rodzaj tynku	Gładź	Malowanie	Posadzka	Podział płytek	Sufit podwieszany	Wymiana drzwi	Wymiana inst. el.	Brak demontażu inst. TT	Inne roboty budowlane	UWAGI
2	POM. BIUR	9,0	☒	Gips. (twardy)	☒	Farba akrylowa	PCV (wymiana)	-	☐	☒	☒	☒	Zmiany aranżacyjne (zgodnie z cz. rysunkową)	zwiększona odporność na ścieranie
3	POM. BIUR	5,5	☒	Gips. (twardy)	☒	Farba akrylowa	PCV (wymiana)	-	☐	☒	☒	☒	Zmiany aranżacyjne (zgodnie z cz. rysunkową)	
4	W.C. DAMSKI	3,5	☒	Cement-wap.	☐	Grunt ponad sufitem	Gres R9 (wymiana)	60x60	☒	☒	☒	☐	Zmiany aranżacyjne (zgodnie z cz. rysunkową); Płytki na ścianach na pełną wys. pomieszczenia; Nowa wentylacja grawitacyjna; Zbicie istniejących okładzin na ścianach i posadzce; Usunięcie posadzki do warstwy konstrukcyjnej; Wymiana urządzeń sanitarnych wraz z podejściami; Nowa izolacja przeciwwilgociowa	

Ryc. 7. Przykład kart pomieszczeń wygenerowanych w formie zautomatyzowanego zestawienia; dane do tabeli połączone są z cechami elementów modelu (tu są to obiekty typu „strefa” opisujące poszczególne pomieszczenia); ze względu na położenie obiektu w obszarze zamkniętym jednostki wojskowej i brak zezwolenia na prezentację dokumentacji remontowej, przedstawiono zestawienie wykonane tymi samymi metodami i przy użyciu zbliżonego zestawu parametrów; oprac. autorzy.

Fig. 7. Example of room sheets generated in the form of an automated schedule; data for the table is linked with model element properties (in this case these are “area” type objects that describe individual rooms); due to the building’s location in a restricted area of a military compound and the lack of permission for presenting the renovation documentation, a schedule made using the same methods and a similar parameter set has been presented; by the authors.

łączone z modelem. Każda zmiana danych w zestawieniu powodowała modyfikację połączonych z nim elementów przestrzennych i na odwrót. W znacznym stopniu zmniejszało to prawdopodobieństwo popełnienia błędów. Po drugie, szczegółowe sprecyzowanie robót budowlanych w istniejącym budynku nie jest wbrew pozorom proste. Często zdarza się, że każde pomieszczenie musi być traktowane indywidualnie, np. zakres robót rozbiórkowych zależy od charakterystycznego wyposażenia pomieszczeń (okładzin ściennych, sufitów podwieszanych itp.). Okazało się również, że podczas remontów wykonywanych w czasie wieloletniego użytkownika nakładano na siebie kolejne warstwy wykończeniowe, które w części pomieszczeń składały się z kilku warstw płytek ceramicznych lub wykładziny PCV. Celem projektu było wyrównanie poziomów wszystkich posadzek na danej kondygnacji, co powodowało, że grubość projektowanych warstw wymagała zróżnicowania. Ponadto pomieszczenia różniły się rodzajem wykończenia ścian: w piwnicy był to tynk renowacyjny, w pomieszczeniach technicznych cementowo-wapienny, a w użytkowych dodatkowo gładź. Różnice występowały również w wyposażeniu i oknach. Wszystko to powodowało, że mimo niewielkiego gabarytu budynku liczba zmiennych, które trzeba było uwzględnić w kartach pomieszczeń, była znaczna. Pozwalał nad tym zapanować wspomniany zautomatyzowany system ustandaryzowanych właściwości zestawianych w formie tabeli (ryc. 7).

Ostatnim elementem projektu było wytworzenie dokumentacji 2D. Wszystkie rysunki inwentaryzacyjne i projektowe generowano wprost z jednego modelu. Tylko detale dotyczące zabezpieczeń ścian pomieszczeń podziemnych opracowywane były w technologii 2D, jednak ich lokalizacje powiązane były z odpowiednim miejscem w modelu.

### Model przestrzenno-informacyjny a metodologia BIM

Zainteresowanie metodologią BIM (Building Information Modeling) oraz zakres jej zastosowań w kontekście obiektów zabytkowych ciągle się zwiększa<sup>19</sup>. Tworzenie

furnishing. This allowed the generation of additional floor plans and schemes that presented their types and distribution in the building.

The second task was to saturate the 3D model with information. Following BIM methodology, the team wanted to avoid creating traditional schedule drawings, as they require manual updating and recalculation after any changes introduced into the design, which can result in errors in material and quantity calculations. Therefore, objects such as doors, grates and rooms were given properties that allowed the automated generation of schedules. The collection of all information in one file was essential for a number of reasons. First, the parameters were closely tied to the model. Any change in data in the schedule resulted in a modification of the spatial models tied to it and vice versa. This considerably decreased error potential. Second, the detailed clarification of construction work in an existing building is not a simple task. Every room must often be treated individually, e.g. the scope of demolition depends on the distinctive furnishing of each room (wall cladding, suspended ceilings, etc.). It also turned out that new finishing layers were laid on top of each other during renovation over the many years of the building’s use, and resulted in numerous layers of ceramic tiles or PVC flooring. The objective of the design was to equalize the level of every floor at a given story, which required specifying the thickness of all layers. Furthermore, the rooms differed in terms of wall finishes: in the cellar the walls were covered with renovation plaster, in technical rooms there was cement-lime plaster, and standard rooms also featured plaster finishes. All this meant that despite the building’s small size, the number of variables that had to be accounted for in room charts was significant. The automated system of standard properties presented in the form of tables allowed the team to keep track of all of them (Fig. 7).

The final element of the design was producing 2D documentation. All the survey and design drawings were generated directly from the model. Only details of wall proofing in underground spaces were drafted in 2D technology, yet their placement was tied with a specific location in the model.

modeli przestrzennych istniejących budynków staje się coraz bardziej popularne również w Polsce, co wynika z ich precyzji oraz wszechstronności możliwych zastosowań. Zarządcy budynków widzą w nowoczesnej technologii 3D możliwości wydajniejszej ich eksploatacji oraz nowych sposobów udostępniania informacji o zabawkach (np. za pomocą technologii VR<sup>20</sup> lub AR<sup>21</sup>). Na marginesie można wspomnieć o programie badawczym realizowanym na Technische Universität w Berlinie pod kierownictwem Christofera Herrmana, dotyczącym Pałacu Wielkich Mistrzów w Malborku<sup>22</sup>. W ramach tego przedsięwzięcia obiekt został poddany skaningu wi laserowemu wspartemu badaniami źródłowymi. Na podstawie otrzymanych danych krakowska firma BIM Point wykonała szczegółowy model przestrzenny założenia. Podobny, lecz zrealizowany w mniejszej skali program badawczy dotyczył XIV-wiecznej kamiennej wieży w Siedlęcinie<sup>23</sup>. W ramach współpracy pomiędzy Przemysławem Nocunem, reprezentującym Instytut Archeologii Uniwersytetu Jagiellońskiego, i Stowarzyszeniem Wieża w Siedlęcinie firma BIM Point zrealizowała pomiary laserowe, na których podstawie wykonano model 3D, dodatkowo wzbogacony o informacje dotyczące rozwarstwienia chronologicznego poszczególnych elementów budynku (ryc. 8). Użytkowe zastosowanie modelowania przestrzennego w inwentaryzacji opisuje również Przemysław Markiewicz na przykładzie budynku V Liceum Ogólnokształcącego w Krakowie<sup>24</sup>. Ciekawe są też analizy konstrukcyjne istniejących budynków przeprowadzane na podstawie wirtualnych modeli przestrzennych<sup>25</sup>. Warto zauważyć, że nawet jeśli BIM nie jest realizowany we wszystkich branżach, możliwe jest wprowadzenie wyników analiz konstrukcyjnych jako zawartości informacyjnej modelu architektonicznego. Można w tym celu utworzyć np. dodatkowe właściwości, które określałyby rodzaj uszkodzeń lub wytrzymałość elementu budowlanego.

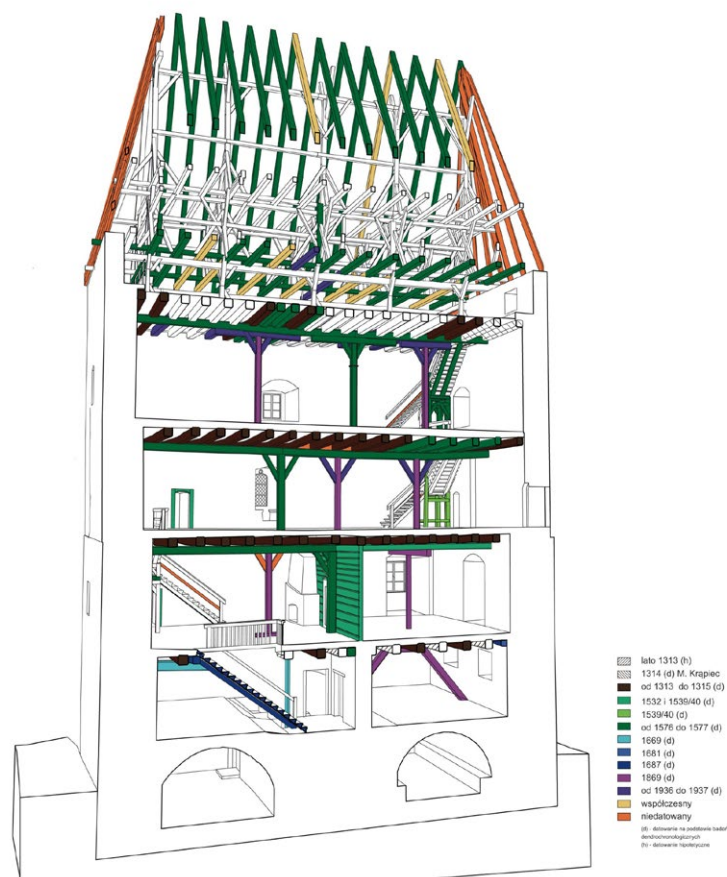
Analizując model przestrzenny wykonany na potrzeby remontu budynku nr 127 (ryc. 9), należy się zastanowić, czy został on stworzony zgodnie z metodologią BIM. Można podjąć próbę oceny tego działania, odwołując się do poziomów dojrzałości BIM, zdefiniowanych w roku 2008 przez Mervyna Richardsa i Marka Bew<sup>26</sup>. Określają oni rozwój tej metodologii, opierając się na opisie głównych jej cech. Można z nich wydzielić takie elementy, jak: poziom szczegółowości i wykorzystania modelu, jego zawartość informacyjną, zakres współpracy międzybranżowej realizowanej na podstawie modelu 3D oraz poziom zarządzania informacją zgodny z ustalonymi standardami i schematami postępowania.

Badając zakres wykorzystania modelu przestrzennego budynku nr 127, można określić, że posiada on poziom dojrzałości 1 z wykorzystaniem elementów poziomu dojrzałości 2. Należy zaznaczyć, że cechą charakterystyczną poziomu dojrzałości 1 jest tzw. samotny BIM (Lonely BIM), polegający na tym, że modele przestrzenne różnych branż wykonywane są niezależnie i nie następuje pomiędzy nimi wymiana informacji<sup>27</sup>. W przypadku budynku nr 127 powstał tylko model architektoniczny, nato-

Interest in BIM methodology (Building Information Modeling) and the scope of its application in the context of historical buildings has been constantly increasing.<sup>19</sup> Creating 3D models of existing buildings is also becoming increasingly popular in Poland, as such models are precise and have a wide range of applications. Property managers see the modern 3D technology as a potential form of increasing effective building use and a new form of sharing information about historical buildings (e.g. using VR<sup>20</sup> or AR<sup>21</sup> technologies). Here we should note a research project conducted at the Technical University of Berlin under the leadership of Christof Herrman that focuses on the Grandmasters' Palace in Malbork.<sup>22</sup> As a part of the project, the building was subjected to laser scanning supported by a review of sources. Based on the data, the Cracow-based company BIM Point built a detailed 3D model of the complex. A similar research project, though smaller in scale, focused on a fourteenth-century stone tower in Siedlęcin.<sup>23</sup> In cooperation with Przemysław Nocun, who represented the Institute of Archeology of the Jagiellonian University, and the Wieża w Siedlęcinie Association, BIM Point performed laser measurements and prepared a 3D model that featured information about the chronological stratification of each of the building's elements (Fig. 8). The practical application of 3D modelling in building surveying was also discussed by Przemysław Markiewicz, who used the case of the Fifth General High School in Cracow as an example.<sup>24</sup> Structural analyses of existing buildings based on virtual 3D models are also interesting.<sup>25</sup> It is worth noting that even if BIM is not applied by all engineering specializations, it is possible to introduce the findings of structural analyses as information content into an architectural model. To this end, additional properties can be created that could describe the degree of damage or the strength of a given structural element.

When analyzing the 3D model built for the purposes of renovating building no. 127 (Fig. 9), one could explore whether it indeed was created following BIM methodology. An attempt at evaluating this procedure could be made, referencing BIM maturity levels defined in 2008 by Mervyn Richards and Mark Bew.<sup>26</sup> They defined the development of the methodology as based on an overview of its major features. These include elements like: the level of detail and model implementation, its information content, the scope of inter-specialization cooperation engaged in using the 3D model and the level of information management compliant with established standards and modes of conduct.

When studying the scope of the application of the model of building no. 127, it can be stated that it had a maturity level of 1, and used elements of maturity lev-

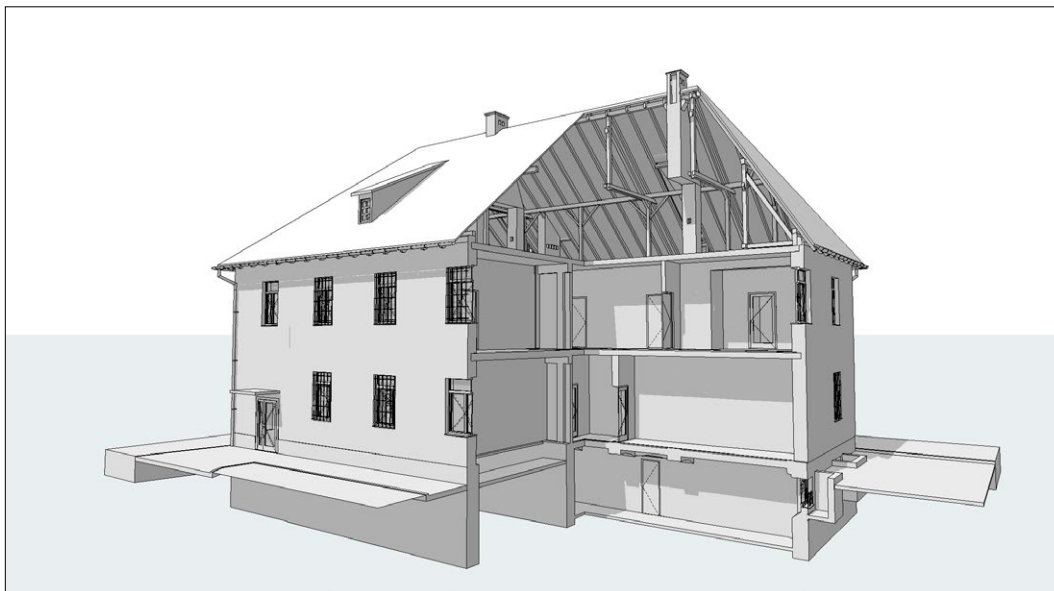


Ryc. 8. Wieża w Siedlęcínie – przekrój perspektywiczny wraz z zaznaczonym rozwarstwieniem chronologicznym elementów drewnianych; informacje z badań dendrochronologicznych zostały zaimplementowane do modelu BIM i wyświetlone w postaci reprezentacji graficznej; źródło: *Wieża w Siedlęcínie w świetle dotychczasowych badań*, red. P. Nocuń, Kraków 2016, s. 78, oprac. T. Pałka, P. Nocuń, A. Konieczny.

Fig. 8. The Tower in Siedlęcín – perspective cross-section with the chronological stratification of timber elements marked; information from dendrochronological testing was implemented into the BIM model and displayed via a graphical representation; source: *Wieża w Siedlęcínie w świetle dotychczasowych badań*, ed. P. Nocuń, Kraków 2016, p. 78, by P. Pałka, P. Nocuń, A. Konieczny.

miast pozostałe opracowania branżowe wykonywane były w technologii CAD. Elementami poziomu dojrzałości 2 były natomiast wygenerowanie dokumentacji 2D wprost z modelu przestrzennego i jego zawartość informacyjna. Do pełnego poziomu 2 zabrakło wymiany międzybranżowej realizowanej na podstawie modelu 3D, zarządzania informacją, a także standardów realizacji BIM (np. Planu Realizacji BIM). W związku z tym trudno zakwalifikować tego rodzaju model przestrzenny do konkretnego poziomu rozwoju metodologii BIM. Trafniejszym i prostszym określeniem wydaje się pojęcie użyte przez Finitha Jernigana w książce *BIG BIM, little bim*<sup>28</sup>. Jako „BIG BIM” autor rozumie szeroko pojęte zarządzanie informacją, począwszy od zasobów technicznych, a skończywszy na relacjach międzyludzkich, natomiast „little bim” utożsamia z wykorzystaniem modelowania przestrzennego na poziomie służących do tego aplikacji (np. Revit, DDS CAD, ArchiCAD). To pojęcie, choć szerokie, jest trafne w kontekście przedstawionego w artykule zastosowania. Wbrew pozorom „mały bim” może przynieść wiele korzyści przy jednocześnie mocno zoptymalizowanych nakładach ze strony projektanta. W tym kontekście można się posłużyć

el 2. Here it should be noted that the defining feature of maturity level 1 is so-called Lonely BIM, in which the 3D models for various specializations are made independently and there is no information exchange between them.<sup>27</sup> In the case of building no. 127, only an architectural model was built, while other types of documentation were prepared using CAD technology. The elements of maturity level 2 included generating 2D documentation directly from the 3D model and its informative content. Reaching a full maturity level 2 would require inter-specialization information exchange performed using the 3D model, information management and BIM implementation standards (e.g. a BIM Implementation Plan). Therefore, it is difficult to assign this type of 3D model to a specific level of BIM methodology development. A more accurate and simpler term appears to be little bim, used in the book *BIG BIM, little bim* by Finith Jernigan.<sup>28</sup> Jernigan understood BIG BIM as widely perceived information management, ranging from technical resources to interpersonal relations, and equated “little bim” with the use of 3D modeling at the level of dedicated software (e.g.



Ryc. 9. Widok modelu inwentaryzacyjnego budynku nr 127 z fragmentem przekroju; stan projektowany nie jest widoczny z uwagi na położenie obiektu w obszarze zamkniętym jednostki wojskowej; oprac. autorzy.

Fig. 9. View of the survey model for building no. 127 with a cross-section fragment; the newly-designed state is not visible due to the building being located in the restricted area of a military compound; by the authors.

określeniem BIM 1/2<sup>29</sup>. Autorzy wprowadzili ten termin w celu opisanego poziomu przejściowego. Jest on adekwatny do przypadku opisywanego w bieżącej pracy i zawiera pełny poziom dojrzałości 1 oraz wybrane elementy z poziomu dojrzałości 2. Należy pamiętać, że projekt był realizowany na podstawie postępowania przetargowego, które nie stawiało żadnych wymagań związanych z technologią BIM. Projektanci sami zdecydowali o zastosowaniu modelu przestrzennego, pamiętając o konkurencyjności cenowej w stosunku do innych oferentów.

### Etap realizacji i użytkowania obiektu

Dla budynku 127 zastosowanie modelu przestrzennego nie ograniczyło się do fazy inwentaryzacyjnej i projektowej. Okazał się on również przydatny podczas sporządzania kosztorysu inwestorskiego części budowlanej (został wykorzystany jako materiał wspomagający analizę przedmiarową). Jednak ze względu na brak modeli instalacyjnych zastosowanie to było ograniczone do jednej branży. Dodatkowo, by w pełni zaimplementować model przestrzenny do programu kosztorysującego, konieczne jest zapewnienie odpowiedniej struktury i nazewnictwa jego elementów już od początku realizacji projektu. Mimo to autor opracowania kosztorysowego korzystał z pliku IFC<sup>30</sup> w celu ustalania obmiarów poszczególnych pozycji. Możliwe było również sprawne przygotowanie przez projektantów automatycznych tabel zestawczych, które okazały się pomocne w procesie kosztorysowym.

W przyszłości istnieje również możliwość wykorzystania modelu informacyjnego w formacie IFC przez użytkownika do przedmiarowania przyszłych prac remontowych i konserwacyjnych, a także monitorowania ewentualnych uszkodzeń. Model można uzupełniać

(Revit, DDS CAD, ArchiCAD). This term, although broad, is accurate in the context of the implementation presented in the paper. Contrary to appearances, “little bim” can bring multiple benefits while also highly optimizing efforts by the designer. In this context, we can use the term BIM 1/2.<sup>29</sup> The authors introduced this term to describe a transition level. It is adequate to the case presented and includes the full maturity level 1 and selected elements of maturity level 2. It should be remembered that the design is implemented based on a public procurement order, and no requirements concerning BIM technology had been defined. The designers made the decision to use a 3D model at their own discretion, keeping in mind the need to maintain competitive pricing relative to other bidders.

### Building construction and use stage

In the case of building no. 127, the application of the 3D model was not confined to the surveying and design phases. It also proved useful while preparing the bill of costs for the construction phase (it was used as supplementary material for quantity analysis). However, due to there being no models for utilities, its implementation was restricted to a single specialization. In addition, to fully implement the 3D model into the costing software, it is necessary to provide proper element structure and naming from the very start of preparing the design. Despite this, the author of the bill of costs used an IFC<sup>30</sup> file to determine the quantities for each item. The designers could also effectively prepare automatic table schedules that proved helpful during the costing process.

In the future, there is a possibility of using the information model in IFC format by the user to as-

o informacje pojawiające się w cyklu życia obiektu, wykorzystując np. dodatek do przeglądarki BIM Vision o nazwie BIM Asset Management<sup>31</sup>. Umożliwia on użytkownikowi dodawanie do modelu IFC nowych właściwości oraz dołączanie różnych dokumentów (np. protokołów kontroli okresowej, ekspertyz, kart technicznych, zdjęć). Bardziej zaawansowane, wielobranżowe modele BIM można na etapie eksploatacji obiektu integrować z systemami zarządzania budynkiem. Dziś zastosowania te dopiero się rozwijają. Ciekawe jest również tworzenie makiet w technologii wydruku 3D na podstawie plików w formacie STL generowanych z modelu natywnego.

### Wnioski i podsumowanie

Z powyższego studium przypadku można wysnuć kilka wniosków. Przede wszystkim podstawą wykonania modelu projektowego musi być model inwentaryzacyjny zgodny ze stanem rzeczywistym obiektu. Nowoczesne technologie pomiaru laserowego czy skaningu są w stanie odtworzyć elementy widoczne, ale nie dają pełnej informacji na temat geometrii ukrytej i materiałów (np. konstrukcji przegród budowlanych, warstw posadzkowych czy poziomu i rodzaju posadowienia budynku). Dane tego rodzaju można jednoznacznie określić poprzez analizę materiałów archiwalnych oraz wykonanie odpowiedniej liczby odkrywek. Są to prace przedprojektowe, których nie należy pomijać, ponieważ może to skutkować wprowadzeniem do modelu błędnych informacji i późniejszym ich powtarzaniem. Kolejnym wnioskiem jest potwierdzenie tzw. małego bimu – poziomu 1/2 – jako optymalnego rozwiązania dla budynków o nieskomplikowanej strukturze budowlanej. Biorąc pod uwagę koszty i czas, dobrze sprawdza się on podczas pracy w małym zespole projektowym nad niewielkimi budynkami istniejącymi. Do największych korzyści należy zapisywanie wszystkich danych w jednym modelu – w trakcie eksploatacji obiektu użytkownik może je nie tylko odczytywać, lecz także uzupełniać, korzystając z modelu w formacie IFC. Cenna jest również automatyzacja tworzenia dokumentacji projektowej – czas poświęcony szczegółowemu procesowi inwentaryzacyjnemu oraz tworzeniu wirtualnego budynku zwraca się w postaci rysunków 2D automatycznie generowanych z modelu przestrzennego. Koszt takiego procesu wynika przede wszystkim z konieczności dysponowania odpowiednimi urządzeniami pomiarowymi oraz oprogramowaniem zgodnym z BIM. Badania wykazały, że model przestrzenny nie zawsze musi powstawać na bazie skaningu laserowego – w budynkach o prostej konstrukcji i małej liczbie detali „tradycyjne” metody laserowe wystarczająco dobrze spełniają swoje zadanie.

**Podziękowania** dla pracowników Archiwum Państwowego Muzeum Auschwitz–Birkenau oraz Rejonowego Zarządu Infrastruktury w Krakowie

sess quantities for future renovation and conservation work, as well as to monitor any damage. The model can be supplemented to include information that appears over a building's life cycle using BIM Asset Management,<sup>31</sup> a plugin for BIM Vision. It allows users to add new properties to the IFC model and to attach various documents (e.g. periodic inspection summaries, expert reports, technical sheets, photographs). More advanced, multi-specialization BIM models can be integrated with building management systems during the use phase. Today, these solutions are at the development stage. Creating mockups by 3D printing based on STL files generated from the native model also appear interesting.

### Conclusions and summary

A number of conclusions can be drawn from the case study presented above. First, a basis for preparing the design model must be provided by a survey model that is compliant with the actual state of the building. Modern laser measurement and scanning technologies can recreate visible elements, but cannot provide full information about hidden geometry and materials (e.g. the structure of building partitions, floor layers or level, and footing type). Such data can only be reliably collected by analyzing archival materials and performing a sufficient number of stratigraphic surveys. These are pre-design tasks, which should not be ignored, as this can result in introducing erroneous information into the model and its later repetition. Another conclusion is the confirmation of so-called little bim—level 1/2—as an optimal solution for buildings with an uncomplicated structure. Concerning time and cost, it performs well during work in a small design team that focuses on small existing buildings. Its greatest benefits include recording all data in one model—during the building's use, a user can not only read this data, but also supplement it in IFC format. Design documentation automation is also valuable—the time devoted to high-precision building surveying and creating a virtual building profits in the form of 2D drawings that are automatically generated from a 3D model. The cost this process lies primarily in the necessity to obtain proper measurement equipment and BIM-compliant software. Research has shown that the 3D model does not necessarily have to be created using laser scanning—in buildings with a simple structure and a low level of detail, “traditional” laser methods offer sufficient performance.

**Acknowledgements:** We wish to thank the employees of the State Archive of the Auschwitz–Birkenau Museum and the Regional Infrastructure Authority in Cracow.

## Bibliografia / References

### Teksty źródłowe / Source texts

Fragment relacji Marii Oyrzyńskiej, Archiwum Państwowego Muzeum Auschwitz–Birkenau, Zespół Oświadczenia, t. 60, k. 25–36, Oświęcim, 10 kwietnia 1968.

### Opracowania / Secondary sources

Bednarczyk Robert, Chajęcki Michał, Grochowski Maciej, Kasznia Dariusz, Kindler Maciej, Magiera Jacek, Owerko Tomasz, Sokołowski Marcin, Wilkosz Krzysztof, Zuber Maciej, *BIM Standard PL*, Warszawa 2020.

Czech Danuta, *Kalendarz wydarzeń w KL Auschwitz*, Oświęcim 1992.

Jernigan Finith, *BIG BIM, little bim: the practical approach to building information modeling*, Salisbury 2008.

Kasznia Dariusz, Magiera Jacek, Wierzowiecki Paweł, *BIM w praktyce: standardy, wdrożenie, case study*, Warszawa 2017.

Kulig Anna, Nassery Farid, Filipowski Szymon, Zieliński Rafał, *Wykorzystanie technologii BIM w nowoczesnej inwentaryzacji i analizie zabytków architektury*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” 2015, nr 42.

Markiewicz Przemysław, *Pierwszy krok w kierunku „smart project”, czyli inwentaryzacja stanu istniejącego budynku w standardzie BIM*, „Środowisko Mieszkaniowe = Housing Environment” 2018, nr 23.

Miedziałowski Czesław, Walendziuk Adam, *Modelowanie stref zdegradowanych w analizach wytrzymałościowych obiektów zabytkowych*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” 2019, nr 57.

Murphy Maurice, McGovern Eugene, Pavia Sara, *Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*, „ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing” 2013, vol. 76.

Nalepa Edward J., *Wojskowe bataliony górnicze w Polsce w latach 1949–1959*, „Przegląd Historyczny” 1994, nr 85 (1–2).

Niezabitowska Elżbieta D., *Metody i techniki badawcze w architekturze*, Gliwice 2014.

Rawecki Marek, *Strefa Auschwitz–Birkenau*, Gliwice 2003. *Wieża w Siedlęcinie w świetle dotychczasowych badań*, red. Przemysław Nocuń, Kraków 2016.

Zieliński Rafał, Wójtowicz Maciej, *Different BIM levels during the design and construction stages on the example of public utility facilities*, „AIP Conference Proceedings” 2019, t. 2076.

### Akty prawne / Legal acts

B/555 Roadmap (June 2013 Update), *Design, Construction & Operational Data & Process Management for the Built Environment*, BSI 2008, [https://shop.bsigroup.com/upload/Construction\\_downloads/B555\\_Roadmap\\_JUNE\\_2013.pdf](https://shop.bsigroup.com/upload/Construction_downloads/B555_Roadmap_JUNE_2013.pdf).

### Źródła elektroniczne / Electronic sources

[http://www.70.auschwitz.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=176&Itemid=176&lang=pl](http://www.70.auschwitz.org/index.php?option=com_content&view=article&id=176&Itemid=176&lang=pl).

<http://www.hochmeisterpalast.eu/pl/projekt-badawczy>.  
[https://knowledge.faro.com/Software/Legacy-Software/Legacy-PointSense\\_and\\_CAD\\_Plugins/PointSense/PointSense\\_for\\_Revit](https://knowledge.faro.com/Software/Legacy-Software/Legacy-PointSense_and_CAD_Plugins/PointSense/PointSense_for_Revit).

<https://oswiecim.naszemiasto.pl/oswiecim-trwaja-przygotowania-do-sformowania-jednostki/ar/c1-7543437>.

<https://store.bimvision.eu/home/viewplugin/5693dfc9-59ac-486d-96b3-526cee92b904>.

[https://www.jednostki-wojskowe.pl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1016&Itemid=26](https://www.jednostki-wojskowe.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=1016&Itemid=26).

<sup>1</sup> Metoda badawcza według: E.D. Niezabitowska, *Metody i techniki badawcze w architekturze*, Gliwice 2014, s. 222.

<sup>2</sup> Obecna numeracja budynków związana jest z systematyką obowiązującą w jednostce wojskowej i różni się od przyjętej w czasie funkcjonowania KL Auschwitz.

<sup>3</sup> Budowana od 1916 Osada Barakowa początkowo pełniła funkcję obozu dla uchodźców. W 1923 obszar ten podzielono, a jego część zajął Polski Monopol Tytoniowy. Dwa lata później cały teren przeznaczono pod garnizon wojskowy, który istniał w tym miejscu aż do początku września 1939; zob. M. Rawecki, *Strefa Auschwitz–Birkenau*, Gliwice 2003, s. 13–14.

<sup>4</sup> D. Czech, *Kalendarz wydarzeń w KL Auschwitz*, Oświęcim 1992, s. 9–11.

<sup>5</sup> [http://www.70.auschwitz.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=176&Itemid=176&lang=pl](http://www.70.auschwitz.org/index.php?option=com_content&view=article&id=176&Itemid=176&lang=pl) (dostęp: 15 II 2021).

<sup>6</sup> M. Rawecki, op. cit., s. 19.

<sup>7</sup> Ibidem, s. 88.

<sup>8</sup> Ibidem.

<sup>9</sup> [https://www.jednostki-wojskowe.pl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1016&Itemid=26](https://www.jednostki-wojskowe.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=1016&Itemid=26) (dostęp: 2 XII 2020).

<sup>10</sup> E.J. Nalepa, *Wojskowe bataliony górnicze w Polsce w latach 1949–1959*, „Przegląd Historyczny” 1994, nr 85 (1–2), s. 123–133.

<sup>11</sup> <https://oswiecim.naszemiasto.pl/oswiecim-trwaja-przygotowania-do-sformowania-jednostki/ar/c1-7543437> (dostęp: 15 II 2021).

<sup>12</sup> Technika badawcza według: E.D. Niezabitowska, op. cit., s. 246, 250.

<sup>13</sup> Fragment relacji Marii Oyrzyńskiej, APMA–B, Zespół Oświadczenia, t. 60, k. 25–36, Oświęcim, 10 kwietnia 1968.

<sup>14</sup> M. Rawecki, op. cit., s. 88.

<sup>15</sup> Technika badawcza wg: E.D. Niezabitowska, op. cit., s. 251.

<sup>16</sup> Patent na sposób pomiaru i analizowania kształtów autorstwa Szymona Filipowskiego (nr P.224847).

<sup>17</sup> A. Kulig et al., *Wykorzystanie technologii BIM w nowoczesnej inwentaryzacji i analizie zabytków architektury*, „Wiadomości

- Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” (dalej: „WK”) 2015, nr 42, s. 33–43.
- <sup>18</sup> [https://knowledge.faro.com/Software/Legacy-Software/Legacy-PointSense\\_and\\_CAD\\_Plugins/PointSense/PointSense\\_for\\_Revit](https://knowledge.faro.com/Software/Legacy-Software/Legacy-PointSense_and_CAD_Plugins/PointSense/PointSense_for_Revit) (dostęp: 17 II 2021).
- <sup>19</sup> Coraz częściej ten obszar zastosowania określa się jako HBIM (Heritage BIM), choć pojęcie to pojawiło się już przeszło dekadę temu; zob. M. Murphy et al., *Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*, „ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing” 2013, vol. 76, s. 89–102.
- <sup>20</sup> VR (ang. Virtual Reality) – rzeczywistość wirtualna polegająca na przeniesieniu użytkownika w środowisko wirtualne bez powiązania ze światem rzeczywistym.
- <sup>21</sup> AR (ang. Augmented Reality) – rzeczywistość rozszerzona polegająca na nałożeniu wirtualnych obiektów statycznych na obraz rzeczywisty.
- <sup>22</sup> <http://www.hochmeisterpalast.eu/pl/projekt-badawczy> (dostęp: 15 II 2021).
- <sup>23</sup> *Wieża w Siedlęcinie w świetle dotychczasowych badań*, red. P. Nocuń, Kraków 2016, rozdz. *Wieża Mieszkalna*.
- <sup>24</sup> P. Markiewicz, *Pierwszy krok w kierunku „smart project”, czyli inwentaryzacja stanu istniejącego budynku w standardzie BIM*, „Środowisko Mieszkaniowe = Housing Environment” 2018, nr 23, s. 63–71.
- <sup>25</sup> C. Miedziałowski, A. Walendziuk, *Modelowanie stref zdegra-*
- dowanych w analizach wytrzymałościowych obiektów zabytkowych*, „WK” 2019, nr 57, s. 127–133.
- <sup>26</sup> Grafika przedstawiająca klin poziomów dojrzałości metodologii BIM, której autorami są Mark Bew i Mervyn Richards, została zamieszczona po raz pierwszy [w:] *B/555 Roadmap (June 2013 Update), Design, Construction & Operational Data & Process Management for the Built Environment*, BSI 2008, [https://shop.bsigroup.com/upload/Construction\\_downloads/B555\\_Roadmap\\_JUNE\\_2013.pdf](https://shop.bsigroup.com/upload/Construction_downloads/B555_Roadmap_JUNE_2013.pdf) (dostęp: I 2021).
- <sup>27</sup> D. Kasznia et al., *BIM w praktyce: standardy, wdrożenie, case study*, Warszawa 2017, s. 19.
- <sup>28</sup> F.E. Jernigan, *BIG BIM, little bim: the practical approach to building information modeling*, Salisbry 2008.
- <sup>29</sup> R. Zieliński, M. Wójtowicz, *Different BIM levels during the design and construction stages on the example of public utility facilities*, „AIP Conference Proceedings” 2019, t. 2076, s. 1–8.
- <sup>30</sup> IFC – otwarty format zapisu danych 3D służący do przekazywania informacji między uczestnikami procesu projektowo-budowlanego. Na etapie projektowania wykorzystywany jest do koordynacji między podmiotami używającymi różnego oprogramowania, w tym między zamawiającym a wykonawcą; zob. R. Bednarczyk et al., *BIM Standard PL*, Warszawa 2020.
- <sup>31</sup> Opis funkcjonalności BIM Asset Management zob.: <https://store.bimvision.eu/home/viewplugin/5693dfe-9-59ac-486d-96b3-526cee92b904> (dostęp: 11 IV 2021).

## Streszczenie

Artykuł omawia implementację nowoczesnych technologii podczas pracy projektowej nad obiektami istniejącymi, zwłaszcza zabytkowymi. Na podstawie studium przypadku i doświadczeń własnych podjęta została analiza przydatności modelowania przestrzennego i wykorzystania elementów technologii BIM; porównano też tradycyjne metody inwentaryzacyjne opierające się na ręcznych pomiarach i odkrywkach z nowoczesnymi metodami laserowymi. Równocześnie analizy skupiają się na rozwiązaniach, których dostępność jest szeroka i nie wymaga znacznego wkładu finansowego ze strony projektantów. Wnioski dotyczą praktycznego, optymalnego modelowania przestrzennego podczas projektowania adaptacji istniejących budynków. Analizie poddano budynek nr 127, położony na terenie os. Rotmistrza Witolda Pileckiego w Oświęcimiu. Obszar ten podczas II wojny światowej stanowił część tzw. przedłużenia obozu KL Auschwitz, realizowanego w latach 1943–1944.

## Abstract

This paper discusses the implementation of modern technologies during design work on existing buildings, especially monuments. Based on a case study and our personal experiences, an analysis of the suitability of 3D modeling and the use of BIM technology elements; we also compared traditional building surveying methods based on manual measurements and stratigraphic surveys with modern laser methods. At the same time, our analyses focused on solutions whose availability is wide and does not require considerable financial investment from designers. The conclusions concern practical, optimal 3D modeling during the design of a building's adaptive reuse. The analysis focused on building no. 127, located at the Rotmistrza Witolda Pileckiego Housing Estate in Oświęcim. During the Second World War, this area was a part of a so-called extension of KL Auschwitz, built in the years 1943–1944.