

Magdalena Przysiężna-Pizarska\*

orcid.org/0000-0001-5253-6227

Dariusz Bajno\*\*

orcid.org/0000-0001-7664-8653

## Metodyka badań archeologicznych w kontekście badań technicznych w kościele pw. Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu (katedra opolska)

## Archaeological Research Methodology in the Context of Technical Investigations at the Church of the Exaltation of the Holy Cross in Opole (Opole Cathedral)

**Słowa kluczowe:** archeologia, architektura, kolegiata, katedra opolska, średniowiecze, bezpieczeństwo konstrukcyjne i mikrobiologiczne

**Keywords:** archaeology, architecture, collegiate church, Opole Cathedral, Middle Ages, structural and microbiological safety

### Wstęp

Badania archeologiczne w kościele pw. Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu (katedrze opolskiej), prowadzone w 2022 i 2023 r., rozpoczęto po tym, jak diecezja opolska, która jest właścicielem obiektu, podjęła decyzję o wymianie posadzki i wprowadzeniu w katedrze ogrzewania podłogowego. Kilka lat wcześniej, również na zlecenie właściciela obiektu, wykonano badania georadarowe, na których wprawne oko interpretatora mogło dostrzec relikty dawnego kościoła. Archeologów nie zaskoczyło zatem odkrycie samych reliktyw – niespodzianką był ogrom i stan zachowania pozostałości budynku kościoła kolegiackiego. Trwające w sumie sześć miesięcy badania archeologiczno-architektoniczne pozwoliły odkryć kolegiatę opolską w pełnej krasie zachowania reliktyw najcenniejszych dla poznania historii Opola. Katedra opolska jest najważniejszym kościołem na Opolszczyźnie, a prowadzone w niej badania i odkrycie kolegiaty datowanej na początek wieku XIII pokazały, że jest to również jeden z najstarszych kościołów na Opolszczyźnie. Ingerencja archeologicz-

### Introduction

Archaeological research at the Church of the Exaltation of the Holy Cross in Opole (Opole Cathedral), conducted in 2022 and 2023, began after the Diocese of Opole, which owns the building, decided to replace the flooring and install underfloor heating in the cathedral. Several years earlier, also commissioned by the building owner, ground-penetrating radar (GPR) surveys were conducted, which, to a trained observer's eye, revealed relics of the former church. Therefore, the archaeologists were not surprised by the discovery of the relics themselves—what was surprising was the sheer size and state of preservation of the remains of the collegiate church building. The six-month archaeological and architectural research revealed the Opole Collegiate Church in its full glory, preserving its most valuable relics for understanding the history of Opole. Opole Cathedral is the most important church in the Opole region, and the research conducted there, along with the discovery of the collegiate church dating back to the early thirteenth century, has shown that it is also

\* dr, Instytut Historii Uniwersytetu Opolskiego

\*\* dr hab. inż., prof. Politechniki Wrocławskiej, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej

\* *Ph.D., Institute of History, University of Opole*

\*\* *D.Sc. Ph.D. Eng., University Professor, Faculty of Civil Engineering, Wrocław University of Science and Technology*

**Cytowanie / Citation:** Przysiężna-Pizarska M., Bajno D. Archaeological Research Methodology in the Context of Technical Investigations at the Church of the Exaltation of the Holy Cross in Opole (Opole Cathedral). *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2025, 83:63–76

**Otrzymano / Received:** 7.05.2025 • **Zaakceptowano / Accepted:** 28.07.2025

**doi:** 10.48234/WK83OPOLE

*Praca dopuszczona do druku po recenzjach*

*Article accepted for publishing after reviews*

na nie naruszyła struktury obiektu istniejącego, to jest katedry opolskiej.

### **Badania archeologiczno-architektoniczne. Historia badań w katedrze opolskiej**

Informacje o katedrze w Opolu umieszczali w swoich raportach konserwatorzy, którzy sprawowali pieczę nad pracami budowlanymi. „Na przykład niemiecki konserwator państwowy von Quast zanotował w swym dzienniku” [Legendziewicz 2023, s. 1–30], że na murach świątyni zaznaczone są fragmenty dawnych murów, będące zapewne śladami wcześniejszego założenia sakralnego. Badania archeologiczne prowadzone przez zespół z Uniwersytetu Opolskiego są pierwszymi badaniami prowadzonymi w tym miejscu. W latach 60. ubiegłego wieku podjęto prace związane z próbą renowacji posadzki [Frankiewicz 1968, s. 203–237] oraz renowacji katedry – w katedrze zbito tynki i przeprowadzono wstępne badania architektoniczne, nie przewidziano jednak badań archeologicznych. W wyniku kwerendy archiwalnej i badań architektonicznych prowadzonych przed rokiem 2022 ustalono, że kościół został wzniesiony z cegieł w wątku gotyckim. W części zachodniej pozostawiono nieotynkowane fragmenty ścian o wątku gotyckim i miejscami wendyjskim, pochodzące z kościoła XIII-wiecznego.

„Wnętrze kościoła jest pięcioprzęsłowe, trójnawowe o układzie halowym, bez wyodrębnionego prezbiterium. Nawy kończą się wielobokiem, a arkady międzynawowe spoczywają na filarach ośmiobocznych z pilastrami na osi dłuższych boków. Od południa do nawy przylegają przybudówki mieszczące kaplicę, zakrystię i kruchtę. Pierwsza od wschodu jest kaplica św. Trójcy, zwana Piastowską, datowana na 1518 r., ze sklepieniem krzyżowo-żebrowym o dwóch przęsłach różnej wielkości. Po stronie zachodniej do kaplicy przylega duża zakrystia. Nawa zewnętrzna została dobudowana w latach 1897–1902. W wejściu do kościoła znajduje się odnowiony portal z XIII w. Pod koniec XV lub na początku XVI w. po stronie północnej wbudowano między przyporami kaplicę św. Jadwigi oraz kaplicę św. Anny. Najstarszym źródłem informacji o dziejach kościoła jest opracowanie Johanna Ehrenfrieda Böhme’a” [1770, s. 203–237; zob. też Legendziewicz 2023, s. 1–30]. Opis kościoła przekazał Hans Lutsch [1894, s. 230–233; zob. też Legendziewicz 2023, s. 1–30], który czas jego powstania określił na 2. połowę XV w., a sklepienia – na połowę XVI w., oraz „zauważył podobieństwa do kościołów w Dzierżoniowie i Świdnicy. Następnie Rolf Hartmann i Hide Eberle [1939, s. 244–350] opisali istniejący kościół, nawiązując do kościołów w Namysławie i we Wrocławiu (NMP na Piasku). Opis kolegiaty wraz z planem zamieścił Hans Tintelnot [1951, s. 130], który wykazał, że budowano ją etapami w ciągu XV w., aż do połowy wieku XVI. Szczegółowy opis dziejów kościoła oraz inwentarz wyposażenia wnętrza przedstawiła Urszula Popłonyk [1970, s. 98]. Kościół bazylikowy

one of the oldest churches in the Opole region. The archaeological intervention did not damage the existing structure, namely the Opole Cathedral.

### **Archaeological and architectural research. history of research at Opole Cathedral**

Information about the Opole Cathedral was included in the reports of conservators who supervised the construction work. "For example, the German state conservator von Quast noted in his diary" [Legendziewicz 2023, pp. 1–30] that fragments of former walls were marked on the church walls, likely traces of an earlier religious structure. The archaeological research conducted by a team from the University of Opole is the first to be conducted at this site. In the 1960s, work was undertaken to renovate the floor [Frankiewicz 1968, pp. 203–237] and the cathedral—plastering was carried out and preliminary architectural studies were conducted, but archaeological research was not planned. As a result of archival research and architectural research conducted before 2022, it was determined that the church was built of brick in a Gothic bond. In the western part, unplastered wall fragments with Gothic and, in some places, Wendish bonds, dating from the thirteenth-century church, were left.

"The church's interior is a five-bay, three-nave hall-style structure, without a separate chancel. The naves terminate in a polygon, and the arcades between the naves rest on octagonal pillars with pilasters along the axis of the longer sides. Adjacent to the nave on the south are annexes housing a chapel, sacristy, and porch. The first from the east is the Holy Trinity Chapel, known as the Piast Chapel, dating from 1518, with a cross-ribbed vault with two bays of unequal size. On the western side, a large sacristy adjoins the chapel. The outer nave was added between 1897 and 1902. The church entrance features a restored thirteenth-century portal. At the end of the fifteenth or beginning of the sixteenth century, the Chapel of St. Hedwig and the Chapel of St. Anne were built between the buttresses on the north side. The oldest source of information on the history of the church is a study by Johann Ehrenfried Böhme" [1770, pp. 203–237; Legendziewicz 2023, pp. 1–30]. A description of the church was provided by Hans Lutsch [1894, pp. 230–233; see also Legendziewicz 2023, pp. 1–30], who dated its construction to the second half of the fifteenth century, and the vaults to the mid-sixteenth century, and "noted similarities to the churches in Dzierżoniów and Świdnica. Subsequently, Rolf Hartmann and Hide Eberle [1939, pp. 244–350] described the existing church, referring to the churches in Namysłów and Wrocław (St. Mary on the Sand). A description of the collegiate church, along with a plan, was published by Hans Tintelnot [1951, p. 130], who showed that it was built in stages throughout the fifteenth century, until the mid-sixteenth century. A detailed description of the church's history and

z końca XIII w. został przebudowany na halę po pożarze w 1415 r. Marian Kornecki [1975, s. 38] uważał, że kościół powstał na wzór kościoła w Namysławie, a ukończenie korpusu nastąpiło w 1470 r. W swoim opracowaniu stwierdził, że w partii zachodniej wież i korpusu nawowego zachowały się elementy murów kościoła z końca XIII w.". Autorzy publikacji *Architektura gotycka w Polsce* [1995] datowali kościół na 1. połowę XV w. Odnotowali też, że z wykorzystaniem murów z końca XIII w. po stronie zachodniej, na przełomie XV i XVI w. powstały kruchty i kaplice. Przeprowadzone badania archeologiczne potwierdziły, że pod posadzką kościoła pochodzącego z XV w. znajdują się pozostałości kościoła kolegiackiego, o którym wzmianki pojawiają się w dokumencie z 1223 r. [Pobóg-Lenartowicz 2023, nr 260], a odkrywano fundamenty (prezbiterium, schody, ołtarz) są częścią świątyni wybudowanej w latach 20.–30. XIII wieku. W nawarstwieniach archeologicznych po usunięciu warstwy zasypiskowej (m.in. gruzu, zaprawy, tynku, fragmentów cegieł), która załęgała do głębokości 50–60 cm, została odsłonięta warstwa związana najprawdopodobniej z pożarem kościoła w 1415 r., wzmiankowanym przez źródła [Böhme 1770, s. 34], oraz z późniejszą budową kościoła halowego. Ostatnia przebudowa łączy się z kolejnym pożarem, który w 1615 r. zniszczył dach, sklepienie i wieże.

„Obecnie odkrywana świątynia została zbudowana przez Kazimierza I, księcia opolskiego i raciborskiego. Kazimierz był jedynym znanym nam synem Mieszka Laskonogiego (do niedawna zwanego Płatonogim) oraz Ludmiły, księżniczki morawskiej (czeskiej) [Pobóg-Lenartowicz 2023, s. 12–13]. W trakcie piątej wyprawy krzyżowej dotarł do Ziemi Świętej. Z tej wyprawy przywiózł relikwie Krzyża Świętego. W 1224 r. w źródłach pojawia się imię pierwszego plebana (proboszcza) opolskiej świątyni – Reginalda, który jest w ogóle pierwszym znanym plebanem górnośląskim. Rok później pojawia się herb Opola – przedstawiający pół (piastowskiego) orła i pół krzyża. Może to oznaczać, że książę ofiarował nowo budowanemu kościołowi przywiezione z Ziemi Świętej relikwie. Tym samym darował je też miastu, kościół bowiem stał się kościołem parafialnym – jedynym przez następne kilkaset lat. Kazimierz zmarł w 1229 lub 1230 r.” [Pobóg-Lenartowicz 2023, s. 12–13]. Wiele wskazuje na to, że mógł zostać pochowany przed głównym ołtarzem budowanej przez siebie świątyni. Przed odkrytym podczas badań archeologicznych w latach 2022–2023 ołtarzem znajdowała się tylko oprawa grobowa. Przed pożarem w 1415 r., najprawdopodobniej w trakcie przebudowy przestrzeni prezbiterium, tumba grobowa została usunięta i być może przeniesiona. „W tamtych czasach było oczywiste, że dla fundatora, dobrodzieja kościoła, przeznacza się w nim najlepsze miejsce. Po śmierci Kazimierza władzę nad księstwem opolskim przejął jego stryjeczny brat, książę wrocławski Henryk Brodaty, a w 1238 r. rządy objął starszy syn Kazimierza I – Mieszko II Otyły. Z tego mniej więcej czasu pochodzi pierwsza informacja o funkcjonowaniu w Opolu kole-

a survey of the interior furnishings were presented by Urszula Popłonyk [1970, p. 98]. The basilica church from the end of the thirteenth century was rebuilt into a hall after a fire in 1415. Marian Kornecki [1975, p. 38] believed that the church had been modelled on the church in Namysłów, and the nave was completed in 1470. In his study, he stated that in the western part of the towers and the nave, elements of the church walls from the end of the thirteenth century had been preserved." The authors of the publication *Architektura gotycka w Polsce* [1995] dated the church to the first half of the fifteenth century. They also noted that, using the walls from the end of the thirteenth century, porches and chapels were built on the western side at the turn of the fifteenth and sixteenth centuries. Archaeological research has confirmed that beneath the floor of the fifteenth-century church lie the remains of a collegiate church, mentioned in a document from 1223 [Pobóg-Lenartowicz 2023, no. 260], and the discovered foundations (chancel, stairs, altar) are part of a church built in the 1220s–1230s. After removing the backfill layer (including rubble, mortar, plaster, and brick fragments), which lay to a depth of 50–60 cm, archaeological deposits revealed a layer most likely associated with the church fire of 1415, mentioned in sources [Böhme 1770, p. 34], and with the subsequent construction of a hall church. The most recent reconstruction is associated with another fire in 1615, which destroyed the roof, vault, and towers.

"The church currently being discovered was built by Casimir I, Duke of Opole and Racibórz. Casimir was the only known son of Mieszko Spindleshanks (until recently known as Tanglefoot) and Ludmila, a Moravian (Czech) princess [Pobóg-Lenartowicz 2023, pp. 12–13]. During the Fifth Crusade, he reached the Holy Land. From this expedition, he brought back relics of the True Cross. In 1224, the name of the first parish priest of the Opole church, Reginald, appears in sources, and he is the first known Upper Silesian parish priest. A year later, the coat of arms of Opole appears, depicting half a (Piast) eagle and half a cross. This may mean that the prince donated the relics brought from the Holy Land to the newly built church. By the same token, he also donated them to the city, as the church became a parish church—the only one for the next several hundred years. Casimir died in 1229 or 1230" [Pobóg-Lenartowicz 2023, pp. 12–13]. Much suggests that he may have been buried before the main altar of the church he was building. In front of the altar, discovered during archaeological excavations in 2022–2023, was only a tombstone. Before the fire in 1415, most likely during the reconstruction of the chancel, the tomb was removed and perhaps moved. "At that time, it was obvious that the best place within the church was reserved for the founder and benefactor. After Casimir's death, his cousin, Henry the Bearded, Duke of Wrocław, took over control of the Duchy of Opole, and in 1238, the elder son of Casimir I, Mieszko II the Fat, took over. The first information about the



Ryc. 1. Katedra opolska, plan zbiorczy odkryć archeologicznych, skala 1:100; fot. A. Golembnik

Fig. 1. Opole Cathedral, collective plan of archaeological discoveries, 1:100; photo by A. Golembnik

giaty. Za rządów synów Kazimierza I budowa kościoła Świętego Krzyża została zakończona” [Pobóg-Lenartowicz 2023, s. 12–13].

Przeobrażeniom architektonicznym, jakie wprowadzano od połowy XIV w., towarzyszyły działania przygotowawcze i budowlane. Kościół został posadowiony na osadniczym układzie nawarstwień z początku XIII w. Rozpoczęto od budowy prezbiterium, gdzie w wykopach archeologicznych zanotowano nawarstwienia budowlane zawierające nieliczny materiał ceramiczny, kości zwierzęce, paciorki, a w nawarstwieńiach z XIII w. – ceramikę, szkło, paciorki i złoty pierścień. Zachowane nawarstwienia, sięgające do głębokości zalegania ław fundamentowych, zanotowano jedynie w wykopach I, II, V, w pozostałych nawarstwienia są już późniejsze i związane z funkcjonowaniem cmentarza wewnątrz kościoła w XIV i XV w. oraz później.

### Metodyka badań archeologicznych

Archeologia jest nauką zgłębiającą przeszłość człowieka na podstawie prowadzonych badań wykopaliskowych. Polegają one na usuwaniu układów nawarstwień, ręcznie, w obrębie zalegających warstw kulturowych. Warstwy kulturowe zawierają pozostałości działalności ludzkiej, czyli dziedzictwa kulturowego. Archeolodzy poszukują materialnych i niematerialnych śladów działalności ludzkiej, aby odtworzyć życie codzienne ludzi

existence of a collegiate church in Opole dates from around this time. During the reign of Casimir I's sons, the construction of the Church of the Holy Cross was completed" [Pobóg-Lenartowicz 2023, pp. 12–13].

The architectural transformations introduced from the mid-fourteenth century onward were accompanied by preparatory and construction activities. The church was founded on a settlement pattern dating back to the early thirteenth century. Construction began with the chancel, where archaeological excavations revealed building layers containing sparse ceramics, animal bones, and beads, while thirteenth-century layers revealed ceramics, glass, beads, and a gold ring. Preserved layers, extending down to the foundation, were found only in excavations I, II, and V; in the remaining layers, the layers are later and related to the use of the cemetery within the church in the fourteenth and fifteenth centuries and beyond.

### Archaeological research methodology

Archaeology is a science that explores the human past through excavations. These involve manually removing layers of layers within underlying cultural layers. Cultural layers contain remnants of human activity, i.e., cultural heritage. Archaeologists search for tangible and intangible traces of human activity to reconstruct the daily lives of people in different periods. Within the



Ryc. 2. Katedra opolska, nr inw. 2113, relikwiarz / pojemnik na hostię; fot. M. Przysiężna-Pizarska  
 Fig. 2. Opole Cathedral, survey no. 2113, reliquary / host container; photo by M. Przysiężna-Pizarska



Ryc. 3. Katedra opolska, nr inw. 2224, medalion krzyżowy św. Benedykta; fot. M. Przysiężna-Pizarska  
 Fig. 3. Opole Cathedral, survey no. 2224, cross medallion of St. Benedict; photo by M. Przysiężna-Pizarska

w różnych okresach. W obrębie badanego stanowiska (w tym wypadku w katedrze opolskiej) zostały wyznaczone miejsca (wykopy), które eksplorowano, aby pokazać dziedzictwo kulturowe najważniejszego miejsca kultu chrześcijańskiego w Opolu.

Decyzją właściciela obiektu usunięto wszystkie elementy starej posadzki, pod którymi, zaraz pod podsypką, pokazały się zachowane mury.

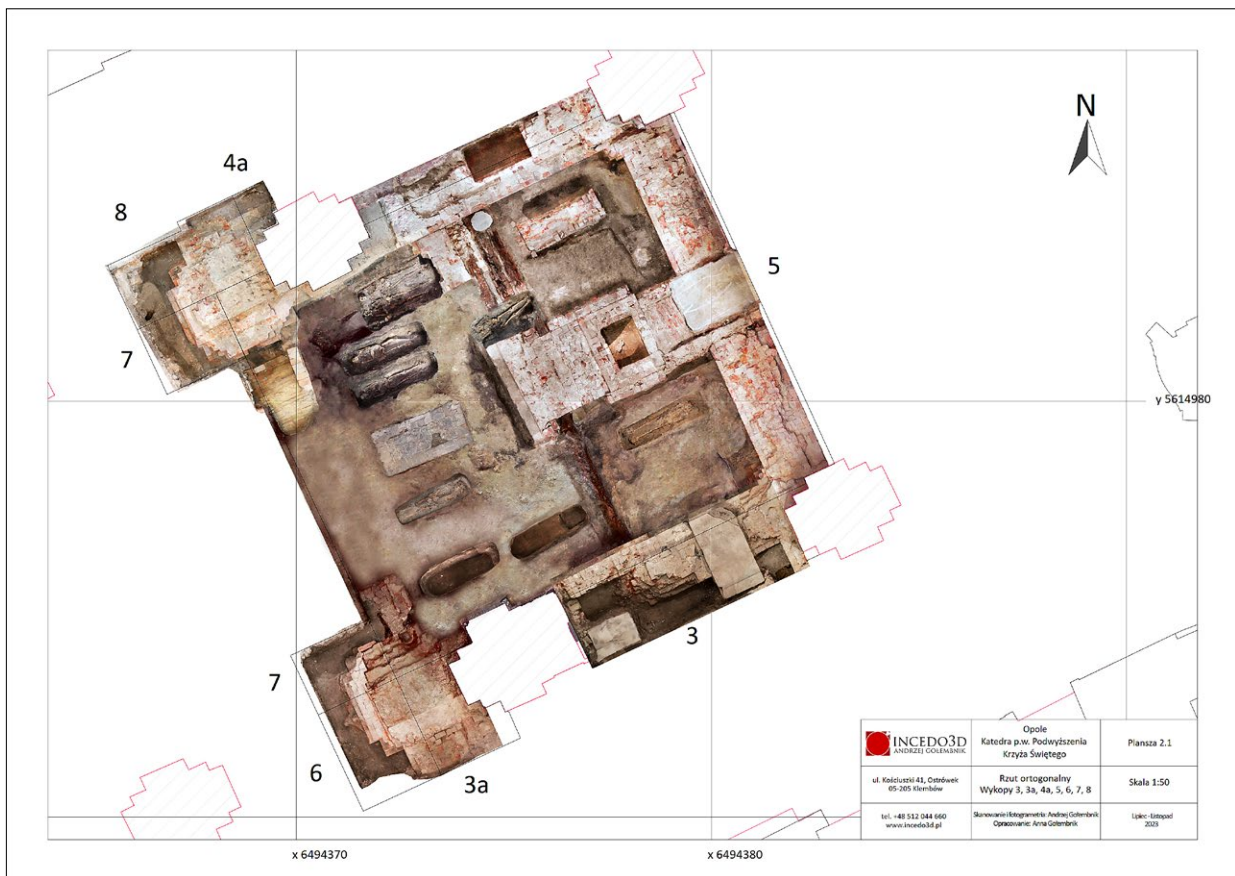
W wyniku analizy źródłowego materiału historycznego i obrazów badań georadarowych odkryto pozostałości kościoła kolegiackiego, które stanowiły rzeczywisty ślad tradycji tego miejsca. W badaniach archeologicznych brał udział 150-osobowy zespół złożony z archeologów, antropologów, historyków, architektów, konserwatorów, gleboznawców, inżynierów statyków i geotechników, studentów z uniwersytetów we Wrocławiu, w Poznaniu, Krakowie i Opolu oraz wolontariuszy.

Eksploatacja była prowadzona zgodnie z układem nawarstwień. W obrębie wykopów architektonicznych wyznaczonych w pierwszym etapie badań, w drugim etapie założono 14 wykopów archeologicznych (ryc. 1). Każdorazowo odnotowywano głębokość każdej kolejnej warstwy kulturowej oraz przesiewano nawarstwienia na sitach budowlanych o średnicy oczek 4 mm, pozyskując w ten sposób materiał zabytkowy ruchomy, masowy i wydzielony (ryc. 2, 3). Dokumentację rysunkową sporządzono obiektywnie, w sposób wyczerpujący i jednolity. Jednocześnie ze sporządzaniem standardowej dokumentacji rysunkowej wykonywano fotogrametrię i skanowanie 3D. Wtedy gdy było to nie-

research site (in this case, the Opole Cathedral), designated areas (excavations) were explored to reveal the cultural heritage of the most important Christian place of worship in Opole.

According to the owner's decision, all elements of the old floor were removed, revealing preserved walls beneath the gravel.

As a result of analysis of historical source material and ground-penetrating radar images, the remains of a collegiate church were discovered, providing a true trace of the traditions of this site. A 150-person team comprised of archaeologists, anthropologists, historians, architects, conservators, soil scientists, structural and geotechnical engineers, students from universities in Wrocław, Poznań, Cracow, and Opole, and volunteers participated in the archaeological research. Exploration was conducted according to the stratification system. Within the architectural excavations designated in the first stage of the research, 14 archaeological excavations were established in the second stage (Fig. 1). The depth of each subsequent cultural layer was recorded, and the strata were sieved using 4 mm construction sieves, thus obtaining movable, bulk, and isolated historical material (Fig. 2, 3). The drawing documentation was prepared objectively, comprehensively, and uniformly. Photogrammetry and 3D scanning were performed simultaneously with the preparation of standard drawing documentation. When necessary, the tests were carried out under the substantive and technical supervision of a construction expert and an expert from the Ministry of Culture and National Heritage list.



Ryc. 4. Katedra opolska, rzut prezbiterium, wykopy archeologiczne, skala 1:50; fot. A. Golembnik

Fig. 4. Opole Cathedral, presbytery plan, archaeological excavations, 1:50; photo by A. Golembnik

zbędne, badania prowadzono przy nadzorze merytorycznym i technicznym rzeczoznawcy budowlanego i rzeczoznawcy z listy MKiDN.

W czasie badań pochówków regularnych w obrębie prowadzonych prac badawczych wykonano skanowanie 3D i fotogrametrię (ryc. 4), a także dokumentację zwykłą fotograficzną i rysunkową w skali 1:10 i 1:20. Dokonano również wstępnej ceny antropologicznej. Podczas prac prowadzono szczegółowe inwentarze zabytków ruchomych, nieruchomych, detali architektonicznych, wykonano dokumentację fotograficzną, pobrano próbki gleb, materiału osteologicznego oraz zaprawy do dalszych analiz, założono także dziennik badań zawierający m.in. wpisy dotyczące zaleceń BHP (np. ze strony statyka), zapisy na temat inspekcji konserwatorskich itd. Podstawową formą dokumentacji graficznej są czarno-białe rysunki z użyciem oznaczeń i opisu. Eksploracja była prowadzona tak, aby znaleziska mogły otrzymać odpowiednią dokumentację trójwymiarową, co odnosi się również do zabytków i konstrukcji towarzyszących szczątkom. Z uwagi na delikatność samych materiałów organicznych eksploracja i doczyszczanie były wykonane tak, aby uzyskać jak najlepszą dokumentację graficzną i fotograficzną (również fotogrametryczną). Pochówków odkryto niewiele, znajdowały się w obrębie przestrzeni grzebalnej w nawach bocznych. W wypadku pochówku zalegającego w krypcie zamkniętej, datowanej w 1755 r. (inskrpcja widoczna

During the survey of regular burials within the research area, 3D scanning and photogrammetry were performed (Fig. 4), as well as standard photographic documentation and drawings to scales of 1:10 and 1:20. A preliminary anthropological assessment was also conducted. During the work, detailed inventories of movable and immovable artefacts, as well as architectural details, were made, photographic documentation was taken, samples of soil, osteological material, and mortar were collected for further analysis, and a research journal was established, containing, among other things, entries regarding health and safety recommendations (e.g., from the structural engineer), records of conservation inspections, etc. The basic form of graphic documentation consists of black-and-white drawings with markings and descriptions. The exploration was conducted so that the finds could be properly documented in three dimensions, which also applies to the artefacts and structures accompanying the remains. Due to the delicate nature of the organic materials themselves, the exploration and cleaning were conducted to obtain the best possible graphic and photographic documentation (including photogrammetry). Few burials were discovered, located within the burial space in the side aisles. In the case of the burial located in the closed crypt, dated 1755 (the inscription is visible on the gable end of the

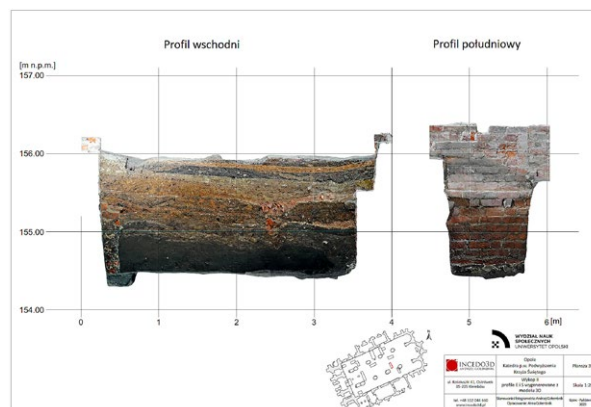
na szczytowej ścianie wschodniej krypty), z informacją o imieniu, zachowano szczególną ostrożność i zadbane o bezpieczeństwo – użyto odzieży ochronnej, rękawic, masek, ozonatora i płynu dezynfekcyjnego. Szczegółowy opis badań szczątków organicznych i osteologicznych będzie tematem odrębnego artykułu.

Podczas odsłaniania elementów architektury brano pod uwagę niezbędne zabezpieczenie odkrytych konstrukcji (ryc. 5), z uwzględnieniem niebezpieczeństwa wietrzenia cegieł i zapraw oraz rozsychania się i gnicia elementów drewnianych. Ani spoiny, ani powierzchnia cegieł nie były świadomie niszczone (m.in. nie były używane szczotki o sztywnym włosiu, a tym bardziej metalowe), stosowano zabezpieczenia zgodnie z zaleceniami konstruktora dr hab. inż. Dariusza Bajny, profesora PWr, i mgr. Rafała Rzeźniczka, uprawnionego konserwatora, którzy dbali o relikty podczas badań archeologicznych. Pobrano próbki do badań dendrochronologicznych, co pozwoliło na ustalenie dat wzniesienia i reperacji konstrukcji drewnianych. Do badań została włączona próba cegieł dla poszczególnych murów jako egzemplifikacja materiału budowlanego (szczególnie w wypadku cegieł kształtek). Elementy kamieniarki, gzymsów, filarów itp. zostały szczegółowo zadokumentowane graficznie i będą włączone do inwentarza detali architektonicznych (ryc. 6).

Ze względu na unikatowość zabytków należało już w obrębie wykopu stosować specjalistyczne działania konserwacyjne, prowadzone przez osoby wykwalifikowane, a sposób ich prowadzenia był na bieżąco konsultowany z właściwymi specjalistami. Konserwacja zabytków dotyczyła również przedmiotów dobrze zachowanych, ponieważ jej celem było zabezpieczenie ich przed działaniem obecnych i przyszłych czynników negatywnych. Konserwacji powinno towarzyszyć sporządzenie odpowiedniej dokumentacji (fotografie przed konserwacją i po niej, opis kolejnych działań dostosowanych do monet, metali, detali szklanych itd.). Zabytki zostały oznaczone jako część zachowana na stanowisku archeologicznym nr 3 interpretowanym jako nawarstwienia kulturowe miasta. Obok obiektów architektonicznych zanotowano przylegające nawarstwienia kulturowe, które łączyły się z murami kolegiaty (ryc. 7). Nawarstwienia zawierały materiał zabytkowy, pochodzący z różnych faz przebudowy kościoła oraz z warstwy zasypiskowej, zawierającej cegły, zaprawę, tynki, kości ludzkie, monety, paciorki czy szpilki. Jest to element uzupełniający do danych pochodzących z badań architektonicznych, analiz nawarstwień kulturowych i wyników badań dendrochronologicznych czy C14. Badania związane ze szczegółowym opracowaniem końcowym odsłoniętych relikwów oraz materiału archeologicznego wciąż trwają, ze względu na ilość odkrytych artefaktów (ryc. 8).

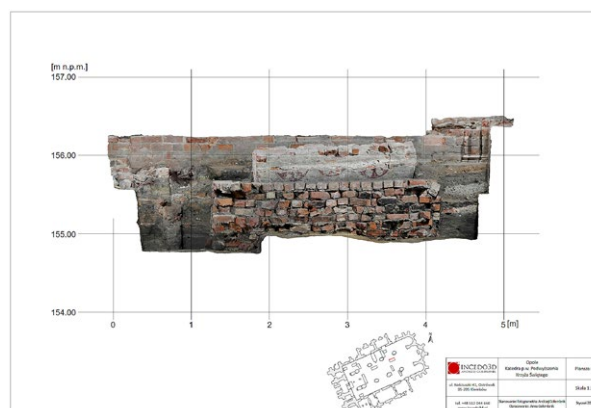
### Podsumowanie wyników badań

Zrealizowane w dwóch etapach (od sierpnia do grudnia 2022 i od lipca do października 2023 r.) badania



Ryc. 5. Katedra opolska, rzut pionowy (profil) części muru wschodniego prezbiterium kolegiaty oraz profil nawarstwień stratygraficznych, wykop II, skala 1:20; fot. A. Golembnik

*Fig. 5. Opole Cathedral, vertical plan (profile) of part of the eastern wall of the collegiate church presbytery and profile of stratigraphic layers, excavation II, 1:20; photo by A. Golembnik*



Ryc. 6. Katedra opolska, rzut na relikw architektoniczny z zachowaną malaturą, skala 1:20; fot. A. Golembnik

*Fig. 6. Opole Cathedral, view of the architectural relic with preserved paintings, 1:20; photo by A. Golembnik*

eastern wall of the crypt), with information about the name, special care was taken and safety was ensured—protective clothing, gloves, masks, an ozonator, and disinfectant were used. A detailed description of the examination of the organic and osteological remains will be the subject of a separate article.

Due to the unique nature of the monuments, specialized conservation procedures, conducted by qualified personnel, were required within the excavation area, and the procedures were consulted on an ongoing basis with the appropriate specialists. Conservation also applied to well-preserved objects, as its goal was to protect them from the effects of current and future negative factors. Conservation should be accompanied by the preparation of appropriate documentation (photographs before and after conservation, descriptions of subsequent activities tailored to coins, metals, glass details, etc.). The monuments were designated as part of the preserved part of archaeological site no. 3, interpreted as the city's cultural strata. Alongside the architectural features, adjacent cultural strata were noted, which were connected to the walls of the collegiate

archeologiczno-architektoniczne wykazały, że pod posadzką obecnego kościoła katedralnego znajdują się relikty starszej świątyni kolegiackiej. Odsłonięte w wykopach archeologicznych elementy detali ceramicznych oraz kamiennych możemy wiązać analogicznie z kościołami w Legnicy, Namysławie czy Trzebnicy. Wzmianka źródłowa pochodząca z 1223 r. i informująca o plebanie Reginaldzie skłania do wysunięcia hipotezy, że budowę pierwszego kościoła parafialnego w prawobrzeżnym Opolu zrealizowano zapewne w latach 20. XIII w. Zgodnie z opracowaniem Andrzej Legendziewicza [2023, s. 1–30] można uznać, że również kwadratowe prezbiterium wraz z aneksami po stronie północnej i południowej powstało w latach 20. XIII w., a transept trójnawowy, trójrzędowy korpus oraz masyw wieżowy zrealizowano zapewne w 3. ćwierci XIII w. Późnoromański kościół kolegiacki pełnił funkcję kościoła parafialnego dla miasta lokacyjnego Opola od 1295 r. Przebudowa kościoła nastąpiła po pożarze w 1415 r. W wyniku pierwszego etapu prac budowlanych powstało halowe, trójnawowe prezbiterium, dostawione do późnoromańskiego korpusu z transeptem. Taka świątynia parafialna funkcjonowała zapewne do połowy XVI w., gdy ukończono przebudowę jej części zachodniej. Późnogotycki korpus nawowy otrzymał układ halowy, trójnawowy, trójrzędowy.

### Część konstrukcyjna

W latach 2022–2023 w opolskiej kolegiacie (katedrze) pochodzącej z końca XIII w., odbudowanej i rozbudowanej po pożarze w drugiej dekadzie XV w., były prowadzone badania archeologiczne. Jako doświadczony inżynier budownictwa zajmujący się oceną i naprawą konstrukcji obiektów zabytkowych oraz skutkami wywoływanymi przez zachodzące w nich procesy fizyczne, miałem okazję i przyjemność uczestniczyć w pracach, które toczyły się we wnętrzu tego obiektu, jako osoba odpowiedzialna za jego bezpieczeństwo [Bajno 2023; Geowiert 2023a]. W pierwotnych założeniach właściciela obiektu celem zamierzenia inwestycyjnego miała być jedynie wymiana posadzki połączona z wykonaniem instalacji ogrzewania podłogowego, lecz po demontażu płyt kamiennych i odkryciu cennych artefaktów historycznych rozpoczęto prace archeologiczne, których tempo i zakres wzbudziły obawy o naruszenie stabilności konstrukcji obiektu wskutek odsłaniania fundamentów ścian i filarów. Początkowe przewidywania, sugerujące prawdopodobieństwo posadowienia budynku katedry za pośrednictwem drewnianych pali (analogicznie do sąsiadującego z nią średniowiecznego muru obronnego), nie potwierdziły się [Geowiert 2023a]. Obiekt ten zafundowany został bezpośrednio na gruntach ilastych, dlatego niekontrolowane odkrytki fundamentów mogły stanowić poważne zagrożenie dla jego konstrukcji, wynikające ze zmian wilgotności zarówno w podłożu, jak i w samej ceramice budowlanej powiązanej zaprawą wapienną. Problemem byłyby tu zmiany związane z wysychaniem i ponownym zawilgacaniem gruntu i konstrukcji murowych.

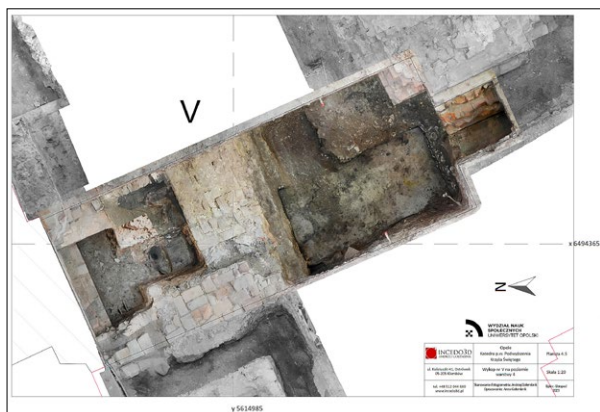
church (Fig. 7). The strata contained historical material from various phases of the church's reconstruction and from the backfill layer, containing bricks, mortar, plaster, human bones, coins, beads, and pins. This is a complementary element to data from architectural studies, analyses of cultural layers, and the results of dendrochronological or C14 studies. Research related to the detailed final processing of the uncovered relics and archaeological material is still ongoing due to the number of discovered artifacts (Fig. 8).

### Summary of research results

Archaeological and architectural research, conducted in two stages (from August to December 2022 and from July to October 2023), revealed relics of an older collegiate church beneath the floor of the current cathedral church. The ceramic and stone details uncovered during the excavations can be linked to churches in Legnica, Namysłów, and Trzebnica. A source mention from 1223 and informing about the parish priest Reginald leads to the hypothesis that the construction of the first parish church in right-bank Opole was probably carried out in the 1220s. According to the study by Andrzej Legendziewicz [2023, pp. 1–30], it can be assumed that the square chancel with annexes on the north and south sides was also built in the 1220s, and the three-nave transept, three-bay nave, and the tower massif were probably built in the 3rd quarter of the thirteenth century. The late Romanesque collegiate church served as the parish church for the chartered town of Opole from 1295. The church was rebuilt after the fire in 1415. As a result of the first stage of construction works, a hall, three-nave chancel was built, added to the late Romanesque nave with a transept. This parish church likely functioned until the mid-sixteenth century, when the reconstruction of its western section was completed. The late Gothic nave was given a hall-like, three-aisle, three-bay layout.

### Construction

In 2022–2023, archaeological research was conducted at the Opole collegiate church (cathedral), dating from the late thirteenth century and rebuilt as well as expanded after a fire in the second decade of the fifteenth century. As an experienced civil engineer specializing in the assessment and repair of historic structures and the effects of physical processes occurring within them, I had the opportunity and pleasure of participating in the work carried out inside this building, as the person responsible for its safety [Bajno 2023; Geowiert 2023a]. The owner's initial intention was to replace the flooring and install an underfloor heating system. However, after the removal of stone slabs and the discovery of valuable historical artifacts, archaeological work began. The pace and scope of the work raised concerns about the structural stability of the building due to the exposure of foundations, walls, and pillars. Initial predictions sug-



Ryc. 7. Katedra opolska, rzut poziomy na relikty zachowanego transeptu północnego, skala 1:20; fot. A. Golembnik

Fig. 7. Opole Cathedral, horizontal view of the relics of the preserved northern transept, 1:20; photo by A. Golembnik

Badania, a następnie monitorowanie konstrukcji rozpoczęto wówczas, gdy kamienne płyty posadzki były już usunięte wraz z podbudową do głębokości ok. 70 cm (ryc. 9a). Choć budynek katedry nie był obiektem przeznaczonym do gromadzenia ciężkich materiałów, to jego posadzka bywała okresowo silnie obciążana tłumem ludzi lub urządzeniami w układzie powierzchniowym, blokowym, a nawet punktowo.

Monitorowanie konstrukcji obiektu prowadzone podczas eksploracji warstw podposadzkowych, w tym przyściennych i przysłupowych, nie wykazało niekorzystnego ich wpływu na stanu techniczny i bezpieczeństwo konstrukcji budynku. Zalecone w opracowaniu [Bajno 2023] zabezpieczenie odsłoniętych konstrukcji murowych i ich odcinków w poziomie posadowienia obiektu do wysokości posadzki za pomocą geowłókniny nasączonej wodą oraz dodatkowe okrycie ich folią nie dopuściło do nagłego i niekontrolowanego wysychania ceramiki budowlanej oraz ilów stanowiących podłoże nośne budynku katedry.

Przeprowadzone badania archeologiczne oraz inżynierskie geologiczno-konstrukcyjne wykazały [Bajno 2023; Geowiert 2023a, 2023b], że odsłonięta podbudowa posadzki składa się z drobnego piasku przemieszanego z artefaktami historycznymi oraz licznie występującymi tu szczątkami ludzkimi, co w świetle aktualnych wymagań stawianych posadzkom zdyskwalifikowałoby tę warstwę jako podkład nośny [Geowiert 2023a]. Powodem tej sytuacji była rozbudowa kolegiaty w XV w., obejmująca swoim zasięgiem otaczający ją cmentarz, z którego „urobek” wykorzystano m.in. do wykonania podłoża pod płytami kamiennymi. Tak więc problemem technicznym stało się ułożenie nowej posadzki na powierzchni ok. 800 m<sup>2</sup> (mającej zawierać instalację ogrzewania podpodłogowego), gdzie nowe nasypowe warstwy podbudowy pozbawione możliwości mechanicznego dogęszczenia stykałyby się bezpośrednio z pozostałościami szczątków organicznych (ryc. 9 b, c), starszych murów (ryc. 11a), komór grobowych (ryc. 11b), tumb oraz dawnych przejść. Wszelkiego rodzaju niewielkie wyko-



Ryc. 8. Katedra opolska, rzut poziomy wykopu 4, klatka schodowa, skala 1:20; fot. A. Golembnik

Fig. 8. Opole Cathedral, horizontal view of excavation 4, staircase, 1:20; photo by A. Golembnik

gesting the cathedral building might have been founded on wooden piles (similar to the adjacent medieval defensive wall) were not confirmed [Geowiert 2023a]. The structure was founded directly on clayey soil, so uncontrolled foundation excavations could have posed a serious threat to its structure, resulting from changes in moisture content both in the subsoil and in the building ceramics themselves, bound with lime mortar. The problem here would be changes related to the drying and re-moistening of the soil and masonry structures.

The examination and subsequent monitoring of the structure began when the stone floor slabs had already been removed, along with the substructure, to a depth of approximately 70 cm (Fig. 9a). Although the cathedral building was not designed for the storage of heavy materials, its floor was periodically subjected to heavy loads from crowds of people or equipment in a surface, block, or even point-by-point configuration.

Monitoring of the structure, conducted during the exploration of the subfloor layers, including those adjacent to the walls and the pillars, did not reveal any adverse impact on the technical condition or safety of the building's structure. The recommended approach in [Bajno 2023] was to protect the exposed masonry structures and their sections at the foundation level up to the floor level with water-soaked geotextile and additionally cover them with foil, which prevented the sudden and uncontrolled drying of the building ceramics and clays constituting the load-bearing subfloor of the cathedral building.

Archaeological and geological-construction engineering studies have shown [Bajno 2023; Geowiert 2023a, 2023b] that the exposed floor substructure consists of fine sand mixed with historical artifacts and numerous human remains, which, in light of current requirements for floors, would disqualify this layer as a load-bearing substructure [Geowiert 2023a]. The reason for this situation was the expansion of the collegiate church in the fifteenth century, which encompassed the surrounding cemetery, the “excavated



Ryc. 9. Prace budowlano-archeologiczne wewnątrz katedry: a) usuwanie płyt posadzkowych; fot. Sebastian Ruszała, b), c) odsłonięte i wybrane szczątki ludzkie z warstw podbudowy posadzki; fot. M. Przysiężna-Pizarska, D. Bajno

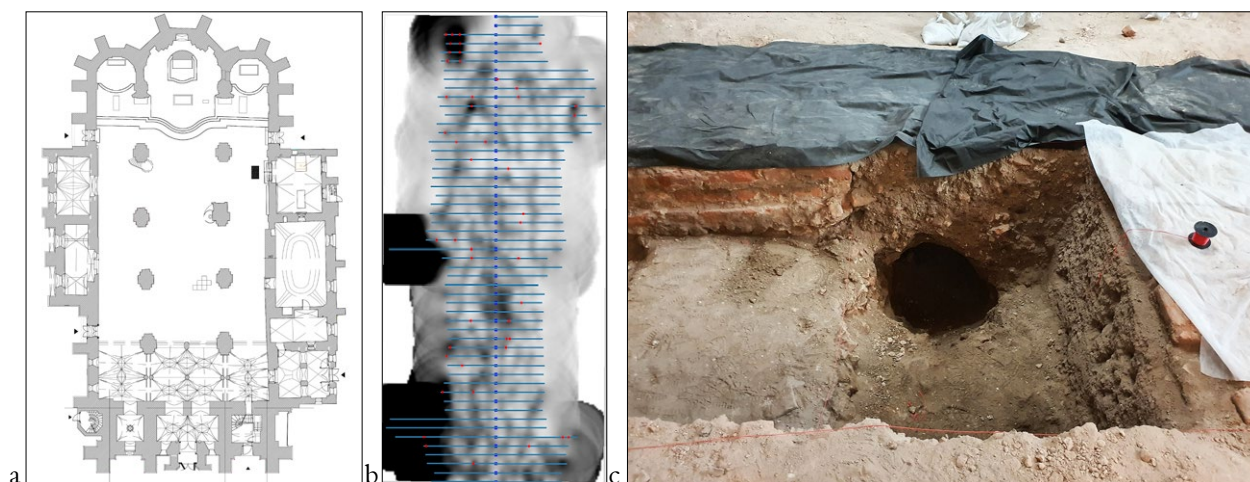
Fig. 9. Construction and archaeological works inside the cathedral: a) removal of floor slabs; Photo by Sebastian Ruszała, b), c) exposed and selected human remains from the floor substructure; Photo by M. Przysiężna-Pizarska, D. Bajno

py, w tym zagłębienia po pochówkach, były na bieżąco zasypywane piaskiem średnim i dogęszczane ręcznie ubijakiem o wadze 10 kg, warstwami nie grubszymi niż 10 cm [Geowiert 2023a]. Wojewódzki Konserwator Zabytków nie wyraził zgody na wdrożenie nowoczesnych rozwiązań, takich jakie są aktualnie stosowane do posadzek przemysłowych, ze względu na zachowanie autentyczności pierwotnych, historycznych warstw spodnich. Kolejnym problem były nieregularnie występujące na całej powierzchni budynku „tunele kawerny” o średnicy dochodzącej do 56–60 cm i głębokości ok. 70–90 cm, licząc od powierzchni posadzki (ryc. 10c). Występowały one również w warstwach jeszcze nieodkrytych i nieprzewidzianych do eksploracji. Są to kawerny, które po wyschnięciu wierzchnich warstw nasypów częściowo się zapadły, co doprowadziło do deformacji górnej podbudowy. Kawerny (tunele) były tu najprawdopodobniej skutkiem niewłaściwego przygotowania nasypów podkładowych lub konsekwencją powodzi nawiedzających Opole w minionych wiekach (od XII wieku w dorzeczu Odry udokumentowano 120 dużych powodzi).

Na ryc. 10a i 10b przedstawiono rzut przyziemia budynku katedry wraz z georadarową „mapą kawern tuneli”, z których część już się zapadła. Pozostała jeszcze ich spora nieregularnie rozmieszczona sieć (ryc. 10b), która może w sposób bezpośredni i silny wpływać na okształcenia przyszłej posadzki, bez względu na to, czy będzie ona wyposażona w instalację grzewczą, czy też będzie miała wyłącznie kamienną warstwę użytkową. W celu zmniejszenia zakresu prac ingerujących w istniejące podkłady piaszczyste zaproponowano nawiercanie korytarzy tuneli sondami penetrującymi o średnicy 50 mm w odstępach 50–60 cm i ręczne dogęszczanie tych odcinków, co powinno spowodować ich zapadanie się i kompresję [Bajno 2024]. Kolejną czynnością byłoby uzupełnianie powstałych zagłębień

material” from which was used, among other things, to construct the subgrade under the stone slabs. Thus, a technical challenge arose in laying a new floor covering an area of approximately 800 m<sup>2</sup> (intended to include an underfloor heating system), where the new, embankment-like subfloor layers, deprived of mechanical compaction, would have been in direct contact with the remains of organic remains (Fig. 9 b, c), older walls (Fig. 11a), burial chambers (Fig. 11b), tombs, and former passages. All types of small excavations, including burial pits, were continuously back-filled with medium-grade sand and compacted manually with a 10 kg tamper, in layers no thicker than 10 cm [Geowiert 2023a]. The Voivodeship Conservator of Monuments did not approve the implementation of modern solutions, such as those currently used for industrial floors, to preserve the authenticity of the original, historical underlayments. Another problem was the irregular occurrence of “cavern tunnels” across the entire building, with diameters reaching 56–60 cm and depths of approximately 70–90 cm, measured from the floor surface (Fig. 10c). They also occurred in layers not yet discovered and not intended for exploration. These caverns partially collapsed after the top layers of the embankments dried, leading to deformation of the upper substructure. The caverns (tunnels) were most likely the result of improper preparation of the sub-embankments or a consequence of floods that had hit Opole in previous centuries (since the twelfth century, 120 major floods have been documented in the Oder River basin).

Fig. 10a and 10b show the ground floor plan of the cathedral building, along with a GPR “map of tunnel caverns,” some of which have already collapsed. A large, irregularly distributed network of caverns remains (Fig. 10b), which could directly and significantly



Ryc. 10. Lokalizacja tuneli: a) rzut nawy głównej budynku katedry; źródło: Kuria Opolska, b) odpowiadająca rzutowi mapa georadarowa tuneli; fot. J. Majewski, c) przekrój tunelu; fot. M. Przysiężna-Pizarska, D. Bajno

Fig. 10. Location of the tunnels: a) view of the main nave of the cathedral building; Source: Opole Curia, b) GPR map of the tunnels corresponding to the projection; photo by J. Majewski, c) tunnel cross-section; photo by M. Przysiężna-Pizarska, D. Bajno



Ryc. 11. Przyszłe warstwy podbudowy posadzki: a) pozostałości wcześniejszej zabudowy, b) sklepienie krypty grobowej; fot. M. Przysiężna-Pizarska, D. Bajno

Fig. 11. Future floor substructure layers: a) remains of earlier buildings, b) vault of the burial crypt; photo by M. Przysiężna-Pizarska, D. Bajno

pospółką, warstwami o grubości  $\leq 10$  cm i ich dogęszczanie ręcznym ubijakiem o masie ok. 10 kg. Należało się tu liczyć z tym, że nie wszystkie tunele zostaną zasypane i dogęszczone. Wobec powyższego zaproponowano wprowadzenie w wyższe warstwy podbudowy konstrukcji wzmacniającej opartej na geosyntetykach, a dokładnie, na „georusztach”, pozwalających na znaczne ograniczenie jej nierównomiernych osiadań.

W omawianym przypadku najwłaściwszą metodą byłoby usunięcie wszystkich istniejących nasypów niebudowlanych do spodu ich pustych przestrzeni (kawern tunelowych) i wypełnienie wnętrza obiektu nowym sytkim gruntem, zagęszczonym do stopnia  $I_D \geq 0,7$ , co ze względu na bezpieczeństwo konstrukcji obiektu, koszty i konieczność usunięcia nasypów zawierających szczątki ludzkie nie było możliwe.

Uzupełniana fragmentami podbudowa była niejednorodna zarówno pod względem „morfologicznym”, jak i nośnym. Stopień zagęszczenia warstw pierwotnych wynosił  $I_D = 0,35$ , a wtórnych warstw zasypowych  $I_D = 0,40$  (przy zalecanym  $I_D = 0,70$ ) [Geowiert 2023b, 2024]. Tak więc grunty te były i nadal są niejednorodne, o zbyt

wpływem na deformację przyszłej podłogi, niezależnie od tego, czy jest wyposażona w system grzewczy, czy ma jedynie warstwę kamienia. Aby ograniczyć zakres prac ingerujących w istniejącą piaseczną podłogę, zaproponowano wprowadzenie w wyższe warstwy podbudowy konstrukcji wzmacniającej opartej na geosyntetykach, a dokładnie, na „georusztach”, pozwalających na znaczne ograniczenie jej nierównomiernych osiadań. Wobec powyższego zaproponowano wprowadzenie w wyższe warstwy podbudowy konstrukcji wzmacniającej opartej na geosyntetykach, a dokładnie, na „georusztach”, pozwalających na znaczne ograniczenie jej nierównomiernych osiadań. Wobec powyższego zaproponowano wprowadzenie w wyższe warstwy podbudowy konstrukcji wzmacniającej opartej na geosyntetykach, a dokładnie, na „georusztach”, pozwalających na znaczne ograniczenie jej nierównomiernych osiadań.

Wobec powyższego zaproponowano wprowadzenie w wyższe warstwy podbudowy konstrukcji wzmacniającej opartej na geosyntetykach, a dokładnie, na „georusztach”, pozwalających na znaczne ograniczenie jej nierównomiernych osiadań. Wobec powyższego zaproponowano wprowadzenie w wyższe warstwy podbudowy konstrukcji wzmacniającej opartej na geosyntetykach, a dokładnie, na „georusztach”, pozwalających na znaczne ograniczenie jej nierównomiernych osiadań.

niskich parametrach w stosunku do wymaganych dla podkładów nośnych posadzek. Te nasypy jako niezależne istnieją obok siebie i dodatkowo zawierają zalegające poniżej kawerny tunelowe (które opisano wyżej). Ponadto w różnych miejscach i pomiędzy nasypem pierwotnym a wtórnym występują licznie pozostałości konstrukcji murowych (ryc. 11a), w tym krypt grobowych (ryc. 11b), czyli elementów charakteryzujących się znacznie większą sztywnością w porównaniu z sąsiadującymi z nimi nasypami. Można tu przyjąć, że dla nich „stopień zagęszczenia wynosi  $I_D = 1,0$ ”. Tak więc mamy do czynienia z bardzo zróżnicowanym podłożem pod posadzkę, która w przyszłości będzie podatna na deformacje.

Budynek katedry nadal pozostaje zamknięty dla wiernych z uwagi na niezakończone w nim jeszcze prace budowlane – brak opisywanej wyżej posadzki oraz instalacji ogrzewania. W celu utrzymania właściwych warunków eksploatacyjnych we wnętrzu budynku zaproponowano wykonanie nieinwazyjnego inteligentnego systemu zarządzania wewnętrznym mikroklimatem ze stałym dostosowywaniem się do liczby zgromadzonych w nim osób oraz do wymagań samego budynku. Instalacja ta miałaby być zasilana ze źródeł energii odnawialnej i jej magazynowanych zasobów. Sama struktura budynku wymaga innych warunków klimatycznych niż przebywający w nim wierni.

Po okresie zimowym 2023/2024 pojawił się kolejny problem związany z podwyższonym zawilgoceniem ścian i filarów katedry oraz dużą zawartością wilgoci w powietrzu. Nadal pozostawał też problem związany z silnym i stale narastającym zawilgoceniem północnowschodniego narożnika budynku – przyczyna tego zawilgocenia została zlekceważona i dotąd nieusunięta [Bajno 2023, 2024]. Dodatkową porcję wilgoci do obiektu dostarczono pod postacią sporych ilości nowego, wilgotnego gruntu nasypowego wprowadzonego do jego wnętrza w ilości ok. 700 ton. Od grudnia 2023 do kwietnia 2024 r. katedra była całkowicie zamknięta. Brak wymiany powietrza (przewiewu) sprzyjał przyrostowi wilgoci, a następnie pojawieniu się i szybkiemu rozwojowi grzybów, praktycznie na każdej powierzchni wnętrza, jak również na meblach stanowiących wyposażenie budynku. Przeprowadzone przez pracowników Uniwersytetu Warszawskiego badania mykologiczne (*in situ* i laboratoryjne) wykazały wysoki stopień zawilgocenia i zasolenia przegród oraz filarów wewnątrz budynku, znacznie przekraczający wielkości dopuszczalne dla azotanów i siarczanów, a także przekroczenie dopuszczalnych wielkości szkodliwych dla człowieka pyłów zawieszonych w powietrzu, frakcji PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub> [Frackowiak, Rodek 2024; Pietrowicz, Dyda, Rodek 2024]. Wysoka wilgotność względna powietrza sprzyjała rozwojowi roztoczy i kolonii grzybów pleśniowych. Według mykologów, źródłem infekcji powietrza, ścian oraz mebli w katedrze było zanieczyszczenie mikrobiologiczne i wzrost wilgotności, do jakiego tu doszło w czasie prowadzenia intensywnych prac archeologicznych (tutaj należy dodać, że chodziło o wwiezienie wspomnianych wyżej sporych mas wilgotnego piasku i pospółki),

not possible due to the safety of the facility structure, costs and the need to remove embankments containing human remains.

The subgrade, supplemented with fragments, was heterogeneous both in terms of morphology and load-bearing capacity. The primary layers had a compaction degree of  $ID = 0.35$ , and the secondary backfill layers had a compaction degree of  $ID = 0.40$  (with the recommended  $ID = 0.70$ ) [Geowiert 2023b, 2024]. Therefore, these soils were and still are heterogeneous, with parameters too low for the required load-bearing subgrades of floors. These embankments exist side by side as independent structures and additionally contain tunnel caverns beneath them (described above). Furthermore, in various places and between the primary and secondary embankments, numerous remains of masonry structures (Fig. 11a), including burial crypts (Fig. 11b), occur—elements characterized by significantly greater stiffness compared to the adjacent embankments. It can be assumed that for them, the “compaction degree is  $ID = 1.0$ .” Therefore, we are dealing with a very diverse subfloor, which will be susceptible to deformation in the future.

The cathedral building remains closed to the faithful due to unfinished construction work—the aforementioned flooring and heating system are missing. To maintain proper operating conditions inside the building, a non-invasive, intelligent climate management system has been proposed, continuously adapting to the number of people gathered inside and the requirements of the building itself. This system would be powered by renewable energy sources and its stored resources. The building's structure itself requires different climatic conditions than the worshippers inside.

After the 2023/2024 winter, another problem arose, related to increased moisture in the cathedral's walls and pillars and high air humidity. A persistent problem was the severe and steadily increasing dampness in the northeastern corner of the building—the cause of this dampness was ignored and has not yet been addressed [Bajno 2023, 2024]. Additional moisture was added to the building in the form of substantial amounts of new, damp fill soil, approximately 700 t. From December 2023 to April 2024, the cathedral was completely closed. The lack of air exchange (ventilation) favored moisture growth, followed by the appearance and rapid growth of fungi, practically on every interior surface, as well as on the building's furniture. Mycological studies conducted by the University of Warsaw (*in situ* and laboratory) revealed high levels of moisture and salinity in the building's partitions and pillars, significantly exceeding the allowable levels for nitrates and sulfates, as well as exceeding the allowable levels of harmful airborne particulate matter, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> [Frackowiak, Rodek 2024; Pietrowicz, Dyda, Rodek 2024]. High relative humidity favored the growth of mites and mold colonies. According to mycologists, the source of the infection in the air, walls, and furniture in the cathedral was

w mniejszym zaś stopniu przyczyniło się do tego otwarcie krypt. Przewietrzanie obiektu w okresie wiosny i lata 2024 r. przyspieszyło wysychanie przegród budynku i jego odkrytych konstrukcji, a tym samym sukcesywnie zmniejszało poziom zagrzybienia.

### Podsumowanie

W celu zmniejszenia skutków nierównomiernego osiadania przyszłych warstw posadzkowych i ograniczenia uszkodzeń warstwy użytkowej posadzki opracowano projekt [Bajno 2024] uwzględniający poszanowanie wartości historycznej XIII-wiecznego zabytku, proponujący utworzenie „platformy” o parajednorodnych właściwościach geotechnicznych, bez konieczności wymiany całej podbudowy, której ze względu na bezpieczeństwo zabytku nie można było dogęszczać tradycyjnymi metodami mechanicznymi, jak również nie można było tu zastosować sztywnych i trwałych materiałów z użyciem cementu.

Wobec powyższego zaproponowano rozwiązanie nienaruszające struktury obiektu ani też jego wartości historycznej, poprzez:

- zniwelowanie istniejących warstw nasypów niebudowlanych do głębokości min. 50 cm poniżej docelowej rzędnej posadzki,
- ułożenie w dwóch warstwach podłoży o miąższości 20 cm z łamanego granitu C90/3 o uziarnieniu 0/31,5 stabilizowanego georusztem wielokształtnym, np. typu N/N1,
- ułożenie wierzchniej podsypki piaskowo-żwirowej zagęszczonej do stopnia  $I_D = 0,70$  warstwami o grubości do 10 cm, przy jednoczesnym założeniu i monitorowaniu wskazań wielkości drgań odczytywanych ze stacji pomiarowych zamocowanych głównie na filarach katedry.

Do zagęszczania wymienionych wyżej warstw nasypowych zaproponowano wykorzystanie jednokierunkowej zagęszczarki o małej mocy, tj. o ciężarze  $\leq 80$  kG, sile uderzenia  $\leq 10$  kN i częstotliwości  $\sim 75\text{--}80$  Hz.

W celu konstrukcyjnego wzmocnienia podbudowy zaproponowano wprowadzenie georusztu Tensar®TriAx®(TX) o strukturze heksagonalnej z trójkątnymi oczkami i węzłami gwarantującymi optymalne zazębienie oraz skrupowanie boczne zasypowych ziaren kruszywa, co umożliwi bezpieczne i równomierne przenoszenie obciążeń rozciągających oraz ścinających.

Z uwagi na to, że część odsłoniętych podczas prac archeologicznych konstrukcji murowych przewidziana została do ekspozycji, pozostał problem „przystosowania ich do nowych warunków eksploatacji”, czyli do zmieniającego się klimatu wewnętrznego wskutek otwierania i zamykania świątyni w różnych porach doby oraz roku. Ten problem powinno rozwiązać wprowadzenie opisanej wyżej przyszłej instalacji grzewczej z opcją inteligentnego utrzymywania wymaganego mikroklimatu wewnątrz budynku katedry. Prace budowlane nadal trwają. Otwarcie świątyni dla wiernych przewiduje się na koniec 2025 r.

microbiological contamination and increased humidity that occurred during intensive archaeological work (it should be added that this involved the removal of the large masses of damp sand and gravel mentioned above), while the opening of the crypts contributed to this to a lesser extent. Ventilation of the facility in the spring and summer of 2024 accelerated the drying of the building envelope and its exposed structures, thus gradually reducing the level of mold.

### Conclusions

To reduce the effects of uneven settlement of the future flooring layers and limit damage to the floor's wear layer, a project [Bajno 2024] was developed that respected the historical value of the thirteenth-century monument. It proposed the creation of a “platform” with uniform geotechnical properties, without the need to replace the entire substructure, which, for safety reasons, could not be compacted using traditional mechanical methods, nor could rigid and durable materials be used with cement. Therefore, a solution was proposed that would not damage the structure of the building or its historical value by:

- leveling the existing non-construction embankment layers to a minimum depth of 1000 mm, 50 cm below the target floor elevation;
- laying two layers of 20 cm thick subgrades of crushed C90/3 granite with a grain size of 0/31.5, stabilized with a multi-shaped geogrid, e.g., type N/N1;
- laying a top layer of sand and gravel compacted to an ID of 0.70 in layers up to 10 cm thick, while simultaneously recording and monitoring vibration readings from measurement stations mounted primarily on the cathedral's pillars.

For compacting the above-mentioned fill layers, it was proposed to use a low-power single-directional compactor, i.e., with a weight of  $\leq 80$  kg, an impact force of  $\leq 10$  kN, and a frequency of  $\sim 75\text{--}80$  Hz. To structurally reinforce the substructure, the introduction of Tensar®TriAx®(TX) geogrid was proposed, featuring a hexagonal structure with triangular meshes and nodes, ensuring optimal interlocking and lateral confinement of the backfill aggregate grains, enabling safe and uniform transfer of tensile and shear loads.

Since some of the masonry structures uncovered during archaeological excavations were intended for exposure, the problem of adapting them to new operating conditions remained, meaning the changing internal climate resulting from the opening and closing of the cathedral at different times of the day and year. This problem should be solved by the introduction of the future heating system described above, with the option of intelligently maintaining the required microclimate inside the cathedral building. Construction work is still ongoing. The church is expected to open to the public at the end of 2025.

## Bibliografia / References

### Opracowania / Secondary sources

- Architektura gotycka w Polsce*, t. 2, cz. 2: *Katalog zabytków*, red. Teresa Mroczko, Marian Arsyński, Warszawa 1995.
- Böhme Johann Ehrenfried, *Diplomatische Beyträge zur Untersuchung der schlesische Rechte und Geschichte*, t. 2, Berlin 1770.
- Frankiewicz Edward, *Odkrycia w prokatedrze opolskiej*, „Rocznik Teologiczny Śląska Opolskiego” 1968, s. 203–237.
- Hartmann Rolf, Eberle Hilde, *Die Bau- und Kunstdenkmäler des Stadtkreises Oppeln*, Breslau 1939.
- Kornecki Marian, *Sztuka*, [w:] *Opole. Monografia miasta*, red. Władysław Dziewulski, Franciszek Hawranek, Opole 1975.
- Lutsch Hans, *Verzeichnis der Kunstdenkmäler der Provinz Schlesien*, t. 4, Breslau 1894.
- Pobóg-Lenartowicz Anna, „Opracowanie wstępne historyczne”, mps, wstępne sprawozdanie złożone do Opolskiego Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków w Opolu, 2023.
- Popłonyk Urszula, *Opole*, Wrocław–Warszawa–Kraków 1970.
- Tintelnot Hans, *Die mittelalterliche Baukunst Schlesiens*, Kitzingen 1951.

### Dokumentacja / Documentation

- Bajno Dariusz, Ocena stanu technicznego ścian i filarów w budynku Katedry Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu znajdującej się w Opolu przy ul. Katedralnej 2 oraz ich posadowienia, kwiecień 2023.
- Bajno Dariusz, Projekt techniczny dot. przygotowania podłoża pod wykonanie posadzki w budynku Kate-

- dry Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu, grudzień 2023 r., uzupełnienie październik 2024.
- Geowiert Rzepka Invest Sp. z o.o. Sp.K., Opinia geotechniczna dla potrzeb oceny warunków gruntowo-wodnych wewnątrz Katedry Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu, kwiecień 2023a.
- Geowiert Rzepka Invest Sp. z o.o. Sp.K., Opinia geotechniczna dot. oceny stopnia zagęszczenia istniejących pierwotnie i współcześnie wykonanych nasypów uzupełniających podbudowy katedry, kwiecień 2023b.
- Geowiert Rzepka Invest Sp. z o.o. Sp.K., Opinia geotechniczna dla potrzeb wykonania podbudowy posadzki wewnątrz Katedry Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu, lipiec 2024.
- Frąckowiak Wojciech, Rodek Łukasz, Ekspertyza mykologiczna – część I. Analiza zawilgocenia i korozji biologicznej Katedry Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu, Uniwersytet Warszawski, Warszawa, czerwiec 2024.
- Legendziewicz Andrzej, Wyniki badań architektonicznych reliktyw wcześniejszego kościoła parafialnego (kolegiackiego) w katedrze pw. Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu (raport), Wrocław–Opole 2023.
- Krąpiec Marek, Wyniki badań dendrologicznych materiału pobranego podczas badań archeologicznych w kościele pw. Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu (Katedra Opolska), maj 2025.
- Pietrowicz Wiktoria, Dyda Magdalena, Rodek Łukasz, Ekspertyza mykologiczna – część II. Analiza mykologiczna powietrza i powierzchni Katedry Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu, Uniwersytet Warszawski, Warszawa, czerwiec 2024.

## Streszczenie

Badania archeologiczne w kościele pw. Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu (katedrze opolskiej) prowadzone w latach 2022–2023 zainicjowane zostały planami inwestycyjnymi diecezji opolskiej związanymi z wymianą historycznej posadzki na nową i zamiarem wprowadzenia do obiektu ogrzewania podłogowego. Podczas usuwania wierzchnich warstw posadzki odsłonięto relikty kościoła kolegiackiego datowanego na początek XIII w. Prace archeologiczne i architektoniczne prowadzone były pod nadzorem konstruktorskim i konserwatorskim w obawie o bezpieczeństwo obiektu związane z odsłanianiem fundamentów oraz okresowymi zmianami mikroklimatu we wnętrzu obiektu. Według opinii eksperckich w wyniku usuwania podbudowy istniejącej posadzki w czasie prowadzonych badań nie ucierpiała konstrukcja istniejącego kościoła (katedry opolskiej). Trwające w sumie sześć miesięcy badania archeologiczno-architektoniczne pozwoliły odkryć kolegiatę opolską w pełnej krasie zachowania reliktyw najcenniejszych dla poznania historii Opola. Katedra opolska jest najważniejszym kościołem na Opolszczyźnie.

## Abstract

Archaeological research at the Church of the Exaltation of the Holy Cross in Opole (Opole Cathedral), conducted in 2022–2023, was initiated by the investment plans of the Opole Diocese related to the replacement of the historic floor with a new one and the intention to introduce underfloor heating. During the removal of the upper layers of the floor, relics of a collegiate church dating back to the early thirteenth century were uncovered. Archaeological and architectural work was conducted under the supervision of a construction and conservation officer due to concerns about the safety of the building related to the exposure of foundations and periodic changes in the microclimate within the building. According to expert opinions, the structure of the existing church (Opole Cathedral) was not damaged by the removal of the existing floor substructure during the research. The archaeological and architectural research, lasting a total of six months, revealed the Opole Collegiate Church in its full glory, preserving relics most valuable to understanding the history of Opole. Opole Cathedral is the most important church in the Opole region.