

Rafał Karnicki\*

orcid.org/0000-0002-0755-4044

## Wykorzystanie oznaczeń badań architektonicznych w uszczegóławianiu modeli przestrzennych i sposoby prezentacji wyników

### Architectural Research Annotation in Detailing Spatial Models and Results Presentation Methods

**Słowa kluczowe:** architektura, badania architektoniczne, zapis graficzny, modelowanie przestrzenne, fotogrametria, hBIM

**Keywords:** architecture, architectural research, graphic notation, spatial modeling, photogrammetry, hBIM

#### Wprowadzenie

Tradycyjne metody terenowego pomiaru inwentaryzacyjnego oraz wykonywanie skrupulatnych szkiców z natury coraz częściej ustępują pola zaawansowanym technologicznie rozwiązaniom. Badania architektoniczne stanowią podstawowe narzędzie poznawczo-dokumentacyjne struktury, chronologii i technik wznoszenia obiektów. Pozwalają na przeprowadzenie wnikliwej analizy i stanowią niezbędną podstawę kolejnych etapów prac, w tym konserwacji i rewaloryzacji obiektu zabytkowego. Kolejne opracowania przyczyniają się do pogłębiania wiedzy na temat badanego obiektu. Skan laserowy (LIDAR) i odwzorowania fotogrametryczne ułatwiają pozyskiwanie większej liczby danych wizualnych, w znacznym stopniu pozbawionych wad subiektywnego i selektywnego zapisu. Przetwarzanie tych danych i ich wielowarstwowa interpretacja mogą odbywać się nie tylko w terenie, lecz także w biurze, a nawet równolegle we współpracy ze zdalnymi zespołami konsultacyjnymi. Ograniczenie pracochłonności prac terenowych pozwala badaczowi skupić się na pracy merytorycznej. Rzetelna dokumentacja stanu jest konieczna w przypadku planowanego usuwania nawarstwień, przebudowy,

#### Introduction

Traditional methods of field survey measurement and drawing elaborate sketches from nature increasingly give way to technologically advanced solutions. Architectural surveys are the basic cognitive-documentation tool for the structure, chronology, and construction techniques of buildings. This investigation supports in-depth analysis and provides an indispensable base for further stages of conservation works and the revitalization of a historic building. Subsequent studies contribute to the cumulation and extension of knowledge about the site under study.

Laser scanning (LIDAR) and photogrammetric mapping facilitate the capture of precise visual data, considerably free of the drawbacks of subjective and selective recording. The processing of this data and its complex interpretation can be carried out not only in the field but also in the office and even in collaboration with remote teams of consultants. Reducing the labor intensity of fieldwork allows the researcher to focus on interpretative work. The reliable documentation of a site's state is necessary with the planned removal of overlying parts, remodeling, permanent concealment,

\* dr inż. arch., Wydział Architektury Politechniki Wrocławskiej

\* Ph.D. Eng. Arch., Faculty of Architecture, Wrocław University of Science and Technology

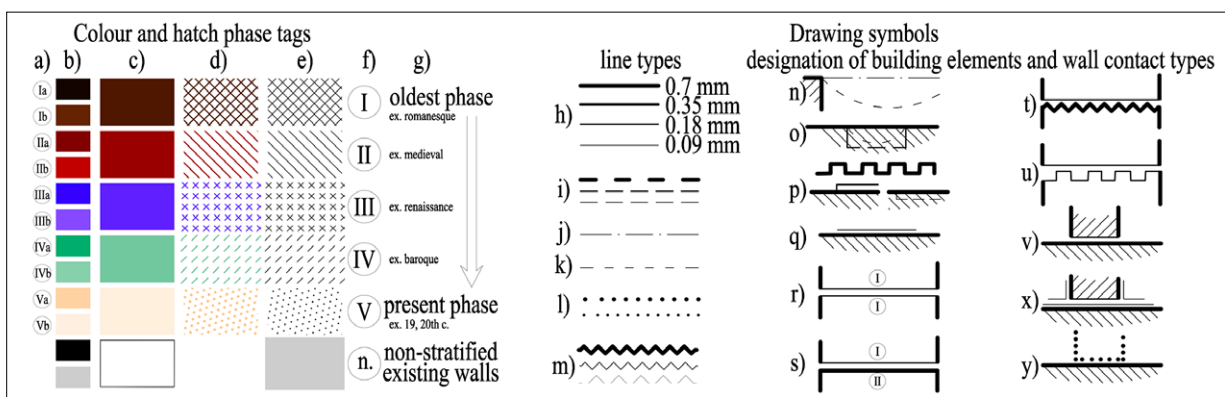
**Cytowanie / Citation:** Karnicki R. Architectural Research Annotation in Detailing Spatial Models and Results Presentation Methods. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2022, 69:89–97

**Otrzymano / Received:** 24.06.2021 • **Zaakceptowano / Accepted:** 7.11.2021

**doi:** 10.48234/WK69RESEARCH

Praca dopuszczona do druku po recenzjach

Article accepted for publishing after reviews



Ryc. 1. Oznaczenia graficzne faz i styków technologicznych – uproszczona graficzna reprezentacja macierzy Harris; przedstawione zapisy stanowią syntezę zapisów tradycyjnie stosowanych w badaniach architektonicznych: a) oznaczenia etapów pośrednich; b) kolory drugorzędne; c) kolory faz głównych, stosowane też do półprzezroczystego podbarwienia podkładu rastrowego; d) kreskowanie barwne, stosowane do barwienia podkładu przy braku przezroczystości; e) kreskowanie monochromatyczne; f) znaczniki faz budowlanych; g) opis sekwencji; h) stosowane grubości: 0,7–0,5 mm linia przekrojowa, 0,35 mm linia otworu lub obrysu kształtu, 0,18 mm linia krawędziowa, 0,09 mm kreskowania i detale; i) rekonstrukcja domyślnych reliktyw lub elementów ukrytych poniżej płaszczyzny przekroju; j) elementy powyżej płaszczyzny przekroju; k) linia profilu (np. kształtu sklepienia); l) linia rekonstrukcji elementów rozebranych; m) linia zerwania w przekroju i widoku; n) przesklepienie; o) nisza ścienna poniżej płaszczyzny przekroju; p) wiązania konstrukcyjne: strzępia, sięgacze/wypusty, bruzdowanie/gniazda; q) relikty wykończenia lica; r) styk jednofazowy/dylatacja; s) styk różnofazowy; t) styk do zerwanego muru; u) jednofazowe wiązanie konstrukcyjne; v) dostawienie do ściany; x) styk uwzględniający układ warstw wykończeniowych; y) lokalizacja/negatyw rozebranego elementu; oprac. autor.

Fig. 1. Graphical annotation of technological phases and points of contact—simplified visual depiction of the Harris matrix; the notations shown are a synthesis of notations commonly used in architectural research: a) secondary phase tags; b) secondary and sub-phase colors; c) primary phase colors, also used for tinting raster underlay; d) color hatching, used for underlay coloring in the absence of transparency; e) monochromatic hatching; f) primary phase tags; g) brief names of phase sequence; h) line thicknesses: 0.7–0.5 mm section line, 0.35 mm opening or shape outline, 0.18 mm edge line, 0.09 mm hatches and details; i) reconstruction of implicit relics or hidden parts below the section plane; j) elements above the section plane; k) profile line (e.g. vault profile shape); l) reconstruction line of demolished components; m) rupture line in section and view; n) arched opening; o) wall niche below section plane; p) masonry tothing: interlocking/joggle joint, tongued joint, grooved joint; q) wall finishing remains; r) single-phase butt joint; s) different-phase construction bond; t) attachment to the broken element; u) single-phase structural joint; v) wall-to-wall attaching; x) contact reflecting the arrangement of finishing layers; y) imprint of the demolished wall; set compiled by the author.

trwałego zakrycia lub postępującej degradacji budowli [Bañuelos et al. 2021, s. 4325].

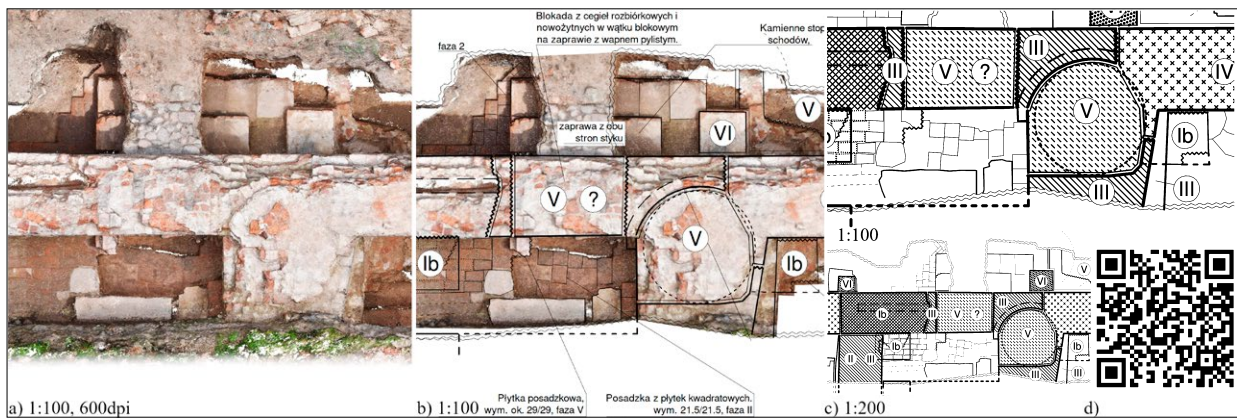
### Kontekst badawczy i kierunek podjętych prac

Doskonalenie techniki zapisu badawczego wymaga poszukiwania skutecznego i efektywnego sposobu adaptacji najnowszych rozwiązań programowych oraz sprzętowych, co sprzyja organizacji struktury dokumentacji oraz efektownej prezentacji wyników [Banfi 2021]. Zespoły badawcze zwracają uwagę na szerokie możliwości gromadzenia danych przestrzennych [Pepe et al. 2020, s. 1235], zarządzania poprzez wiązania z danymi geodezyjnymi [Arroyo Ohoiri et al. 2018, s. 311] czy prowadzenia analiz parametryczno-algorytmicznych [Kulig 2020, s. 59–74]. Podejmowane są próby wykorzystywania wolnego oprogramowania w dziedzinie konserwatorskiej [Diara, Rinaldo 2020, s. 1381–1388]. Badania architektoniczne i archeologiczne służą zrozumieniu i zachowaniu dziedzictwa kulturowego [Delegou i in. 2019, s. 1211–1232]. Porównanie wyników komputerowych rysunków badawczych z ich tradycyjnie kreślonymi odpowiednikami [Legendziewicz 2021, s. 47–64] uwidacznia pewne niedostatki współczesnych narzędzi. Skłoniło to autora do przedstawienia elementów notacji badawczej i zbadaniu możliwości wzbogacania nimi fotorekonstruowanych modeli [Karnicki 2020].

or a structure's progressing deterioration [Bañuelos et al. 2021, p. 4325].

### Research context and focus of the studies

The refinement of research documentation techniques requires the finding of an effective and efficient way of adapting the latest software and hardware innovations. This affects the organization of the documentation structure and the attractive presentation of results [Banfi 2021]. Research teams highlight the extended potential for collecting spatial data [Pepe et al. 2020, p. 1235], managing through geodatabase ties [Arroyo Ohoiri et al. 2018, p. 311], or conducting parametric-algorithmic analyses [Kulig 2020, p. 59–74]. There have been attempts to use open-source software in the conservation domain [Diara, Rinaldo 2020, p. 1381–1388]. Architectural and archeological research and investigations are used to understand and preserve cultural heritage [Delegou et al. 2019, p. 1211–1232]. A comparison between the computer-based resulting research drawings and their traditionally drawn predecessors [Legendziewicz 2021, p. 47–64] reveals some limitations of available contemporary tools. This inspired the author to present applicable elements of survey notation and explore their potential for complementing photoreconstructed models [Karnicki 2020].



Ryc. 2. Kościół św. Wojciecha w Głogowie, przykłady rysunków badawczych: a) podkład rastrowy, b) podkład rastrowy z warstwą adnotacyjną, c) rysunek monochromatyczny, d) kod QR; oprac. autor.

Fig. 2. Głogów, St. Adalbert Church, examples of research drawings: a) raster underlay, b) raster underlay with annotation layer, c) monochrome drawing, d) QR code; by the author.

### Schematy oznaczeń graficznych

W odniesieniu do inwentaryzacji budowlanej badania architektoniczne rozszerzają zakres zapisu o uszczegółowienie aspektu technologicznego. Porównania parametrów materiałowych budynku i węzłów uwzględniające kwerendę archiwalną pozwalają datować elementy i etapy przekształceń obiektu. Grupowanie zidentyfikowanych sekcji w fazy budowlane sprzyja zrozumieniu i przejrzystej prezentacji chronologicznej przemian i układu struktury budynku [Legendziewicz 2019, s. 26–39].

Kody kolorów, grubości kresek, zagęszczenia i odległości między liniami wynikają z docelowej skali reprodukcji graficznej rysunku płaskiego (ryc. 1) i uwzględniają oznaczenia stosowane w rysunkowych zapisach badawczych [Zimnowoda-Krajewska 2015, s. 121–138]. Plan przygotowany w skali 1:50 winien zachować czytelność również po 4-krotnym zmniejszeniu do skali 1:200. Zapewnia to utrzymanie dystansu liniatury powyżej 0,8 mm (4–5 cm odstępu rzeczywistego w skali 1:1). Pojedynczy piksel kolorowego podkładu rastrowego lub fotoodzworowania na potrzeby rysunku w skali 1:50 i rozdzielczości 300 dpi odpowiada rzeczywistej wartości około 4,2 mm fizycznego obiektu. Ustalenia te wiążą się bezpośrednio z wymaganymi parametrami tekstur i siatek modeli przestrzennych.

Monochromatyczny rysunek wektorowy pozostaje wyraźny na rozbielonym, rozjaśnionym o około 30% tle rastrowym (ryc. 2) [Małachowicz et al. 2017; Karnicki 2018]. W przypadku pogładowej ilustracji stratygrafii wystarcza podbarwienie obszarowe lub nałożenie kreskowania. Wałory przyjmowane są według podziału komplementarnego lub triadowego. Natomiast przy liniaturach zagęszczenia złożoność oznaczeń wiąże się z narastającym starszeństwem zidentyfikowanych elementów.

### Dokumentacja stanowiska badawczego

Zastosowanie zaawansowanych algorytmów obliczeniowych oraz dostęp do komputerów o coraz większej mocy obliczeniowej umożliwiły znaczny postęp i upowszechnienie

### Graphical annotation schemes

In relation to building survey plans, architectural studies extend the scope of notation to include greater detail in the technological aspect. Comparisons of stratigraphy, building material parameters, structural nodes, and relationships between them along with archival queries help to identify and date elements and stages of changes. Grouping previously identified sections into construction phases helps in understanding and clearly presenting transformations in terms of chronology and the layout of the building's structure [Legendziewicz 2019, p. 26–39].

Color codes, line widths, and hatch density are derived from the intended scale of graphical reproduction of the two-dimensional drawing (Fig. 1) and take into account the designations used in research drawing notations [Zimnowoda-Krajewska 2015, p. 121–138]. A plan drafted to a scale of 1:50 should remain legible even after it has been reduced four times to a scale of 1:200. The clarity of the line pattern is ensured by maintaining a distance over 0.8 mm (4–5 cm true spacing at a scale of 1:1). A single pixel of a color raster underlay or photorepresentation for a 1:50 scale drawing and 300 dpi resolution corresponds to a real value of approximately 4.2 mm of a physical object. These determinations are directly related to the optimal texture parameters and spatial model mesh complexity. The black lines of vector drawings remain clear on a whitened raster background. It is recommended to increase brightness by around 30% (Fig. 2) [Małachowicz et al. 2017; Karnicki 2018]. For a schematic illustration of stratigraphy, area coloration or hatching overlay is sufficient. Color codes mostly follow either a complementary or triadic distribution. Line density and complexity of coverage are related to the increasing age of the identified elements.

### On-site investigations

Using advanced algorithms and access to increasingly powerful computers have enabled significant progress



Ryc. 3. Ząbkowice Śląskie – odwzorowanie fotogrametryczne; a) zestaw 804 zdjęć z drona wykonany przez poinstruowany zespół studentów, czas prac terenowych ok. 4 godzin; b) koordynacyjna chmura punktów – obliczenia pozycjonujące ok. 6 godzin; c) uzyskany model siatkowy, czas obliczeń ok. 16 godzin, obszar 100x100 m; d) fragment jakościowego odwzorowania tekstur i geometrii; oprac. autor.

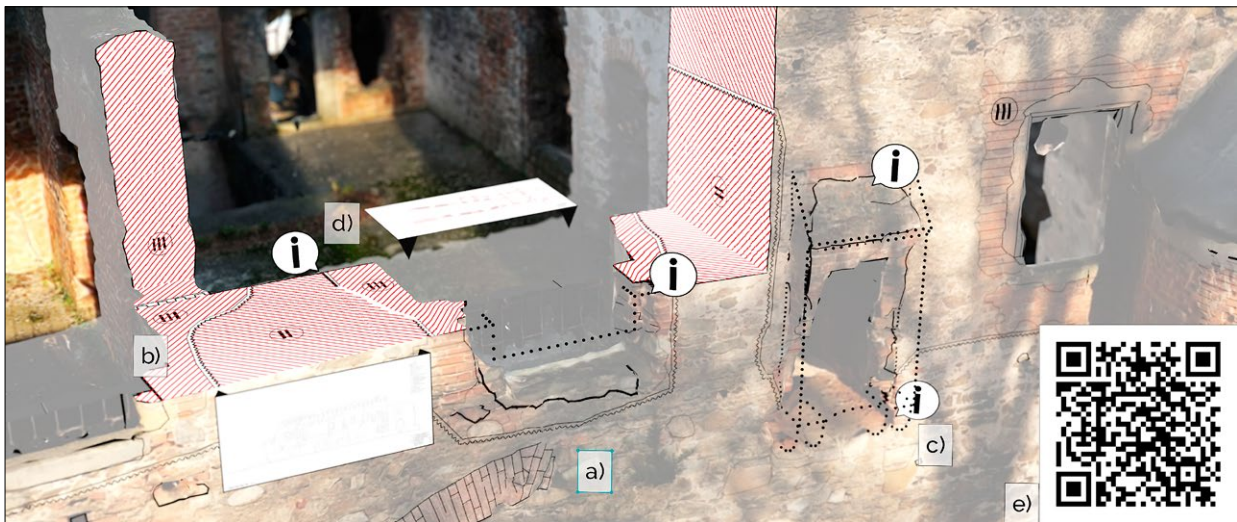
Fig. 3. Ząbkowice Śląskie—photogrammetric reconstruction; a) set of 804 drone images taken by a pre-instructed team of students, field-work time ca. 4 hours; b) coordination point cloud—positioning calculations ca. 6 hours; c) the resultant mesh model, calculation time ca. 16 hours, surveyed area 100x100 m; d) fragment of the qualitative representation of textures and geometry; by the author.

niły stosowanie fotoodwzorowań. Metoda ta pozwala to na zrekonstruowanie obrazu powłoki obiektu lub jego części w cyfrowej przestrzeni 3D. Oparte na pomiarach, parametryzowane obiekty bryłowe BIM (LOD 200/300) [Banfi et al. 2019, s. 14–30] lub rysunek CAD odzwierciedlają ogólne wymiary stałych elementów budynku i hierarchię konstrukcyjną, będące nieocenioną pomocą w pracach studialnych i projektowych [Sztwiertnia et al. 2019, s. 33–43]<sup>1</sup>. Wadą uproszczonych modeli jest skomplikowany sposób przenoszenia tekstur z odwzorowań fotogrametrycznych i trudność oznaczania typów przewiązań. Tutaj pomocne są edytory 3D umożliwiające swobodne szkicowanie, modelowanie i zarządzanie informacjami BIM. Warto zwrócić uwagę na inicjatywę The Open-Source Architecture Community (OSArch), w ramach której na wolnych licencjach rozwijane jest oprogramowanie oparte natywnie na standardach Industry Foundation Classes (IFC), udostępniane bezpłatnie [Małewczyk 2021, s. 99–104].

Pozyskany model przestrzenny winien odpowiadać postulowanym tolerancjom wymiarowym dla danej skali dokumentacyjnej [Murphy 2012]. Akceptowalny odchył geometrii w skali 1:50 wynosi poniżej 15 mm, co kwalifikuje go do opracowań powiązanych i dalszych przekształceń syntetyzujących. Zaletą inwentaryzacji cyfrowej jest możliwość wykonywania przekrojów, inspekcji szczegółów i porównywania relacji pomiędzy poszczególnymi elementami w zakresie niedostępnym obserwatorowi terenowemu. Strukturyzacja relacyjna identyfikowanych elementów, np. oparta na macyzy Harris, wspiera hierarchizację zbieranej informacji [Harris 1989]. Wizualna reprezentacja budowanej bazy danych sprzyja zachowaniu dostępności organizowanej zespołowo dokumentacji. Może służyć chronologicznemu wizualizowaniu poszczególnych faz czy też osadzaniu przestrzennemu dokumentów powiązanych, np. stratygrafii, tomografii radarowych

and popularized the use of 3D reconstructions. This method allows for virtually recreating the shell of an object or its part in a digital 3D space. Measurement-based, parameterized BIM solid objects (LOD 200/300) [Banfi et al. 2019, p. 14–30] or CAD drawings reflect the general dimensions of fixed building elements and structural hierarchy. They are invaluable aids in study and design work [Sztwiertnia et al. 2019, p. 33–43].<sup>1</sup> The disadvantages of simplified models are the complexity of transferring textures from photogrammetric representations and the visual difficulty in the designation of structural joint types. This is where 3D editors that allow free sketching, modeling, and BIM information management are helpful. It is worth noting the initiative of The Open-Source Architecture Community (OSArch), which promotes software based natively on Industry Foundation Classes (IFC) standards and is publicly available under free licenses [Małewczyk 2021, p. 99–104].

The acquired spatial model should match the postulated dimensional tolerances for a specified documentation scale [Murphy 2012]. Acceptable geometry deviation at a 1:50 scale should be less than  $\pm 15$  mm. This allows the compliant part to be used for related studies and further synthesizing transformations. The advantage of digital measurements is the ability to track cross-sections, check details, and compare relationships between components to an extent not available to an on-site observer. Relational structuring of identified elements, e.g., based on the Harris matrix, supports the hierarchization of collected information [Harris 1989]. Bidirectional visual links between the created model and the database make it easier to access collaboratively organized documentation. It can serve to chronologically visualize individual phases or to spatially



Ryc. 4. Zamek w Zabkowicach Śląskich, przykład rzutowania planarnych rysunków badawczych z chronologicznymi rozwarstwieniami murów na inwentaryzacyjny model przestrzenny: a) projekcja rozwarstwienia elewacji; b) zakreskowany i kolorowany przekrój muru; c) linie rekonstrukcyjne; d) elementy informacyjne i odnośniki; e) kod QR; oprac. autor.

Fig. 4. Zabkowice Śląskie, castle, example of projecting planar research drawings with chronological masonry stratification onto a spatial model: a) projection of facade stratification; b) hatched and colored masonry cross-section; c) reconstruction lines; d) informative elements and references links; e) QR code; by the author.

oraz innych danych odzwierciedlających wewnętrzną i przyległą strukturę.

### Oznaczenia rysunkowe i sposoby prezentacji

Przetwarzanie badanego obiektu w przestrzeni wirtualnej pozwala na zachowanie pewnego dystansu czasowego i przestrzennego pomiędzy stanowiskiem badacza a badanym obiektem, umożliwiając ręczną lub obecnie komputerową rekonstrukcję stanu stanowiska [Zawieska et al. 2017, s. 665–669]. Archiwalny materiał fotograficzny pomaga w odtwarzaniu mocno przekształconych lub zniszczonych obiektów. Opanowane zasady notacji rysunkowej i wykonywania przestrzennych odwzorowań skłoniły zespół do kompilacji zalet obu warsztatów. Wykorzystano do tego m.in. programy do swobodnego modelowania 3D [The Blender Foundation 2020].

Szczególnie przydatne są funkcje pozwalające na edycję tekstur czy rzutowanie warstw rysunkowych na powierzchnie opracowywanego obiektu (ryc. 4a). Dopasowanie nawet metrycznie skażonych, ręcznych szkiców badawczych jest możliwe poprzez edycję odniesień parametrów mapowania. Rysowanie bezpośrednio po modelu na niezależnej warstwie opisowej daje możliwość umieszczania tam przyjętych kreskowań lub wybarwień (ryc. 4b).

Opcjonalny rysunek wektorowy trasowany na modelu ułatwia wykonanie obrysów i oznaczanie styków fazowych. Prowadzone swobodnie w przestrzeni krawędzie rekonstrukcyjne lepiej oddają domniemaną geometrię (ryc. 4c) [Małachowicz, Karnicki 2015; Karnicki 2021]. Strukturalne oznaczenia graficzne bądź przynależności do ustalonej fazy budowlanej można przypisać gniazdom materiałów i uwidocznić je dzięki modyfikatorom bryły przekrojowej. Przypisanie cech

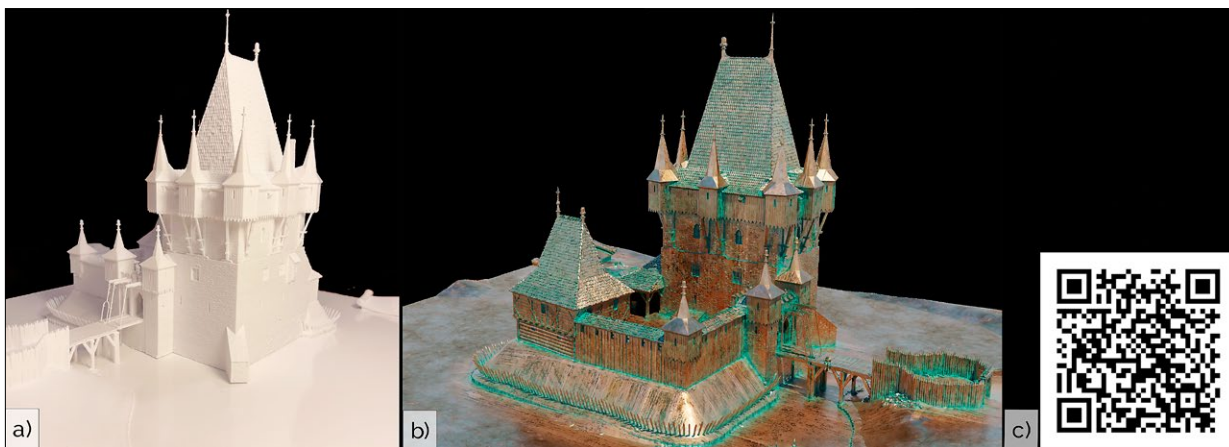
embed related documents, e.g., stratigraphy, radar tomographs, and other data that reflects internal and adjacent structures.

### Annotation and presentation techniques

Remote reinvestigations in virtual space allow for some temporal and spatial distance between the researcher's position and the examination site. It allows manual or nowadays computer-aided reconstruction of the condition of the location [Zawieska et al. 2017, p. 665–669]. Archival photographic material helps in the restoration of heavily reshaped or damaged objects. Mastered principles of drawing notation and proficiency in photogrammetry measurements led our team to combine the advantages of both techniques. Moreover, it was done with the use of free 3D modeling software [The Blender Foundation 2020].

Functions that allow editing textures or projecting drawing layers onto an object's surface are especially useful (Fig. 4a). Matching even metrically tainted, hand-drawn test sketches is possible by editing UV mapping parameter references. Drawing directly on a 3D model's surface on an independent descriptive layer provides an opportunity to place hatching designations or tinting there (Fig. 4b).

An optional vector drawing layer traced on the model facilitates the direct contouring and marking of phase contacts. Reconstruction edges freely placed in space better reflect a presumed geometry (Fig. 4c) [Małachowicz, Karnicki 2015; Karnicki 2021]. The structural graphical hatches or shaders of an identified building phase can be assigned to the material slots of a homogeneous object and made visible using Boolean or sectional modifiers. Physical properties can be also



Ryc. 5. Ślęza Lasowo, interpretacja wyników badań archeologicznych i architektonicznych, model zamku – faza II, XV w.: a) wydruk przestrzenny w technologii FDM; b) murowany zamek wieżowy w Ślęzie, model wirtualny fazy II; c) kod QR; oprac. autor.

Fig. 5. Poland, Ślęza Lasowo, interpretation of archaeological and architectural research results; castle – phase II, fifteenth century; (a) spatial printout using FDM technology; (b) brick tower castle in Ślęza, virtual model of phase II; (c) QR code; by the author.

fizycznych pozwala na symulacje strukturalne. Dodatkowe adnotacje opisowe mogą być odniesieniami do zewnętrznej dokumentacji rysunkowej, fotograficznej i opisowej, np. w postaci hiperłączy zgodnych ze standardami zapisu OpenBIM IFC 4 [BuildingSMART 2020<sup>2</sup>]. Niestety, zarządzanie dokumentacją powiązaną w przeglądarkach modeli nie jest funkcjonalnością eksponowaną lub wymaga dodatkowych rozszerzeń. Dodatkowo precyzyjna orientacja modelu metrycznego względem osnowy geodezyjnej pozwala na jego pełniejsze wykorzystanie koordynacyjne.

Z perspektywy długoterminowego zarządzania archiwami kluczowe jest unikanie zamkniętych i własnościowych standardów zapisu na rzecz systemów ogólnodostępnych, wstecznie kompatybilnych i otwartych. W ramach inicjatywy openBIM rozwijane są narzędzia koordynacji międzybranżowej. Na szczeblu krajowym PZPB, PZITB i SARP szykują wytyczne do opracowania dokumentacji obiektowej dla odbiorców publicznych [Bednarczyk et al. 2020]. Narodowemu Instytutowi Dziedzictwa powierzono prowadzenie cyfrowego archiwum dokumentacji i digitalizacji obiektów zabytkowych [Zabytek.pl]. Rozwój tej platformy w kierunku publicznego gromadzenia i dostępu do szerokiego spektrum zasobów informacyjnych, w tym dokumentacji badawczej i koordynacyjnych modeli obiektów, może sprzyjać trafniejszym ustaleniom decyzji planistycznych czy projektowych, prowadzeniu nadzoru konserwatorskiego oraz zachowaniu dziedzictwa kulturowego [ICOMOS 2003]. Wynikające z analiz wirtualne interpretacje wyników badań wspierają wyobraźnię publicznego odbiorcy [ICOMOS 1990] i pobudzają dalsze interdyscyplinarne i analityczne rozważania (Fig. 5) [Małachowicz, Lasota 2007; Karnicki 2020b].

### Podsumowanie

Omówiony wycinek problematyki zapisu badawczego pokazał możliwości i wyzwania postępującej ewolucji

defined for structural simulations. Additional descriptive annotations can store references to related drawings, photographs, and descriptive documentation, e.g., as hyperlinks conforming to OpenBIM IFC 4 [BuildingSMART 2020] recording standards. Unfortunately, managing associated documentation in model viewers is either not a clearly presented functionality or requires additional extensions. The precise alignment of the surveyed model with the geodetic network allows for its further use in coordination.

For long-term archive management, closed and proprietary file formats should be avoided in favor of publicly supported, backwards-compatible, and open formats. As part of the OpenBIM initiative, tools for collaboration between professionals are being developed. At the national level, the PZPB, the PZITB, and the SARP are developing guidelines for creating object-oriented documentation for public procurements [Bednarczyk et al. 2020].

The National Heritage Institute maintains a digital archive of documentation and digitalization of historical buildings [Zabytek.pl]. The development of this platform towards the public collection of and access to a wide range of information resources, including research documentation and coordination models of monuments, can foster more accurate planning and design decisions, conservation supervision, and better conservation of cultural heritage [ICOMOS 2003]. Virtual, analysis-based interpretations of architectural survey studies enhance the imagination of the public [ICOMOS 1990] and encourage further interdisciplinary and analytical discussions (Fig. 5) [Małachowicz, Lasota 2007; Karnicki 2020b].

### Conclusions

The section of the subject of research notation discussed here has illustrated the opportunities and challenges of the currently ongoing technological evolution. It may

technologicznej. Może się ona okazać wielkim sukcesem, jeśli tylko powszechnie dostępne będą przystępnie ekonomicznie (darmowe) i łatwe w użytkowaniu aplikacje pozwalające przeglądać wzbogacone graficznie i merytorycznie zorganizowane zasoby cyfrowe. Otwarte i przystępne cenowo programy komputerowe dają coraz większą swobodę przetwarzania treści i ograniczają przymus korzystania z drogiej oferty subskrypcyjnych.

Umiejętność przygotowania dokumentacji publicznie dostępnej również na urządzeniach mobilnych pozwala na efektowną prezentację projektów i coraz częściej wzbogaca dydaktykę [<https://sketchfab.com/3d-models/categories/cultural-heritage-history>]. Rozwój technik prezentacyjnych związanych z gromadzeniem danych oraz ich zdalnym udostępnianiem sprzyja interdyscyplinarnemu doskonaleniu umiejętności, porównywaniu metod badawczych i propagacji wiedzy. Uporządkowana struktura dokumentacji i praca z modelami wirtualnymi wspierają zarządzanie gromadzoną wiedzą, co wpływa na decyzje projektowe i administrację obiektem.

Wykazano, że adaptacja tradycyjnego zapisu do podniesienia wartości merytorycznej modelu jest możliwa. Co więcej, można to uzyskać za pomocą ogólnodostępnych, darmowych narzędzi, a rezultaty opublikować na własnej stronie internetowej. Przeszkodą wdrożeniową jest czas potrzebny na opanowanie wykorzystanego oprogramowania innego niż standardowe do modelowania parametrycznego. Zarządzanie projektem opartym na powiązaniach referencyjnych oraz umiejętność współpracy ze specjalistami z różnych dziedzin wymagają rozwijania interdyscyplinarnych kompetencji.

Cyfryzacja umożliwia prowadzenie rozwiniętego i złożonego analitycznie procesu badawczego. Utrzymanie zdalaczynnej dostępności do gromadzonych informacji jest szczególnie ważne, ponieważ sprzyja sprawdzalności uzyskiwanych wyników. Publiczna zgoda na przetwarzanie zbiorów, uzupełnianie i weryfikację z utwaleniem autorstwa każdego etapu powinny być uwzględniane domyślnie. Jest to tym ważniejsze, że wszystkim nam zależy, aby włożona praca była doceniana, a wynikające z niej ekspertyzy, wytyczne konserwatorskie czy projekty opierały się na kompetentnych zasobach.

turn out to be a great success, provided that affordable (free) and user-friendly applications allowing people to browse graphically enriched and structured digital resources and their management become widely available. Open and inexpensive software provides increasing flexibility in processing content and reduces the necessity to use expensive subscriptions.

The knowledge of how to prepare documentation that is also publicly accessible even on mobile devices allows for an effective presentation of results and increasingly enriches teaching [<https://sketchfab.com/3d-models/categories/cultural-heritage-history>]. The advancement of presentation techniques with embedded references and their online sharing promotes interdisciplinary skill improvement, the comparison of research methods, and knowledge propagation. The structured documentation of and working with virtual models support the management of accumulated knowledge, analytical workflows, and influences design decisions and site administration.

It is possible to adapt traditional notation to enhance the content value of a model. Moreover, this improvement can be achieved with widely available and free software tools. Someone can also publish the output on their website. There is an implementation hurdle in the time required to master free modeling programs which may differ from the established standard parametric modeling software. Managing data-rich projects with external reference links and the ability to coordinate the work of specialists from different domains requires the self-development of interdisciplinary competencies.

Digitization provides opportunities to conduct a data-driven and analytically rich research process. Maintaining remote accessibility to previously collected information is particularly important as it promotes the verifiability of results. Public consent to collection processing, completion, and verification, along with the continued acknowledgement of the authorship of each step should be considered as a matter of course. We all want our work to be respected and the resulting expert reports, conservation directives, or designs to be based on competent resources.

---

## Bibliografia / References

### Opracowania / Secondary sources

- Arroyo Ogori K., Diakité Abdoulaye, Krijnen Thomas, Ledoux Hugo, Stoter Jantien, *Processing BIM and GIS Models in Practice: Experiences and Recommendations from a GeoBIM Project in The Netherlands*, „ISPRS International Journal of Geo-Information” 2018, nr 7 (8).
- Banfi Fabrizio, *The evolution of interactivity, immersion and interoperability in HBIM: Digital model uses, VR and AR for built cultural heritage*, „ISPRS International Journal of Geo-Information” 2021, nr 10 (10).
- Banfi Fabrizio, Brumana Raffaella, Stanga Chiara, *Extended Reality and Informative Models for the Architectural Heritage: From Scan-to-Bim Process to Virtual and Augmented Reality*, „Virtual Archaeology Review” 2019, nr 21.
- Bañuelos Korro J., Rodríguez Miranda Á., Valle-Melón José M., Zornoza-Indart Ainara, Castellano-Román

- Manuel, Angulo-Fornos Roque, Pinto-Puerto Francisco, Acosta Ibáñez P., Ferreira-Lopes Patricia, *The Role of Information Management for the Sustainable Conservation of Cultural Heritage*, „Sustainability” 2021, nr 13 (8).
- Bednarczyk Robert, Chajęcki Michał, Grochowski Maciej, Kasznia Dariusz, Kindler Maciej, Magiera Jacek, Owerko Tomasz, Sokołowski Marcin, Wilkosz Krzysztof, Zuber Maciej, *BIM Standard PL*, red. W. Piwkowski, J. Styliński, Warszawa 2020.
- Delegou Ekaterini T., Mourgi Georgia, Tsilimantou Elisavet, Ioannidis Charalabos, Moropoulou Antonia, *A multidisciplinary approach for historic buildings diagnosis: The case study of the Kaisariani monastery* „Heritage” 2019, nr 2.
- Diara Filippo, Rinaldo Fulvio, *Building archaeology documentation and analysis through open source hbim solutions via nurbs modelling*, „ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences” 2020, XLIII-B2.
- Harris Edward C., *Principles of Archeological Stratigraphy*, London 1989.
- ICOMOS, *Charter for the Protection and Management of the Archaeological Heritage in 1990*, Lausanne 1990.
- ICOMOS, *Charter, Principles for the Analysis Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage (2003)*, Victoria Falls 2003.
- Karnicki Rafał, *Photogrammetric Reconstruction Software as a Cost-Efficient Support Tool in Conservation Research*, „Technical Transactions” 2020, nr 1 (117).
- Kulig Anna, Filipowski Szymon, Wójtowicz Maciej, *Nowe technologie w badaniach zabytków architektury. Analiza parametryczno-algorytmiczna gotyckiego sklepienia w Szydłowcu*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” 2020, nr 64.
- Legendziewicz Andrzej, *Gotycka architektura kościoła kolegiackiego w Głogówku i jej przekształcenia do schyłku XVIII wieku*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” 2021, nr 66.
- Legendziewicz Andrzej, *The Gate Tower at the Górny Castle in Opole*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” 2019, nr 60.
- Malewczyk Michał, *The usage of the openBIM idea in architectural design on the example of Blender and Blender-BIM add-on*, „Architectus” 2021, nr 2 (66).
- Murphy Maurice, *Historic Building Information Modeling (HBIM)*, Dublin 2012.
- Pepe Massimiliano, Costantino Domenica, Garofalo Restuccia A., *An Efficient Pipeline to Obtain 3D Model for HBIM and Structural Analysis Purposes from 3D Point Clouds*, „Applied Sciences” 2020, nr 4.
- Sztwiertnia Dominika, Ochałek Agnieszka, Tama Alicja, Lewińska Paulina, *HBIM (heritage Building Information Modell) of the Wang Stave Church in Karpacz – Case Study*, „International Journal of Architectural Heritage” 2019, nr 47.
- Zawieska Dorota, Markiewicz Jakub S., Kopiasz Jarosław i in., *3D Modelling of the Lusatian Borough in Biskupin Using Archival Data*, „International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives” 2017, vol. 42–2/W3.
- Zimnowoda-Krajewska Bożena, *Badania Architektury Ceglanej – Kryteria Analityczne i Graficzna Interpretacja Wniosków*, [w:] *Badania Architektoniczne. Historia i Perspektywy Rozwoju*, red. Marian Arszyński, Toruń 2015.

### Źródła elektroniczne / Electronic sources

- <https://sketchfab.com/3d-models/categories/cultural-heritage-history> (dostęp: 20.10.2021).
- Karnicki Rafał, *Research drawing projection*, 2018, [https://rewaloryzacja.com/modele\\_i\\_rekonstrukcje/glogow/stanislaw/index.html](https://rewaloryzacja.com/modele_i_rekonstrukcje/glogow/stanislaw/index.html) (dostęp: 1.06.2021).
- Karnicki Rafał, *Courtyard of the Frankenstein castle*, 2021, [https://rewaloryzacja.com/modele\\_i\\_rekonstrukcje/zabkowice/dziedziniac/index.html](https://rewaloryzacja.com/modele_i_rekonstrukcje/zabkowice/dziedziniac/index.html) (dostęp: 1.06.2021).
- Karnicki Rafał, *Śleza, zamek z wieżą murowaną, faza II*, 2020, [https://rewaloryzacja.com/modele\\_i\\_rekonstrukcje/sleza\\_faza2\\_hq.html](https://rewaloryzacja.com/modele_i_rekonstrukcje/sleza_faza2_hq.html) (dostęp: 1.06.2021).
- Ltd.buildingSMART International, *Industry Foundation Classes*, 2020, [https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4\\_2/FINAL/HTML/](https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_2/FINAL/HTML/) (dostęp: 3.05.2021).
- OSArch Community, *BlenderBIM add-on*, <https://blenderbim.org/blenderbim-vs-revit.html> (dostęp: 1.06.2021).
- The Blender Foundation, *Blender 3.0*, <https://www.blender.org/download/>, 2020, (dostęp: 1.06.2021).
- Triumph LLC, *Blend4Web Community Edition (CE)*, <https://www.blend4web.com/en/technologies/blend4web-ce/> (dostęp: 1.06.2021).
- Zabytek.pl <https://zabytek.pl/pl> (dostęp: 6.03.2021).

### Inne / Others

- Małachowicz Maciej, Karnicki Rafał „Wyniki badań architektonicznych skrzydła wschodniego i południowego zamku w Ząbkowicach Śląskich”, Wrocław 2015, mps w Archiwum Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków we Wrocławiu, Delegatura w Wałbrzychu.
- Małachowicz Maciej, Lasota Czesław, Łuniewicz Zygmunt, Zgraja Alicja „Wyniki badań architektoniczno-archeologicznych reliktyw kościoła św. Stanisława w Głogowie”, Wrocław 2017, mps w Archiwum Muzeum Archeologiczno-Historycznego w Głogowie.
- Małachowicz Maciej, Lasota Czesław „Wyniki badań architektoniczno-archeologicznych dworu w Ślezy Lasowej”, Wrocław 2007, mps w Archiwum Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków we Wrocławiu.



<sup>1</sup> Można postulować, aby docelowo publikowane modele BIM miały odwołania do szczegółowej inwentaryzowanej części, powiązanej dokumentacji i łatwego zarządzania wyciecznymi projektowymi. Efektywna praca z rozbudowaną geometrią i wysokorozdzielczymi teksturami inwentaryzacji fotograficznych wymaga indywidualnych, efektyw-

nych metod zarządzania projektem i optymalizacji związanych zasobów.

<sup>2</sup> W par. 4.1.6 opisano sposób odwołania do dokumentacji ogólnej; par. 4.4.2 określa sposób przypisania odnośników dokumentów zewnętrznych bezpośrednio do obiektu (np. skan szkicowego rysunku do opisywanej ściany).

---

## Streszczenie

Praca przedstawia wykorzystanie elementów graficznego zapisu badań architektonicznych w oparciu o fotograficzne modele przestrzenne. W części wstępnej przedstawiono techniczne aspekty sporządzania rysunków oraz przykłady syntetyzujących oznaczeń badawczych uwypatniających fazy budowlane i rodzaje styków strukturalnych. Zwraca to uwagę na możliwości i kierunki usprawnienia technik zapisu graficznego. Możliwość wirtualizacji stanowiska badawczego pozwala na wdrażanie technik pracy zdalnej i wzbogacania procesu dydaktycznego. Zastosowanie narzędzi do modelowania trójwymiarowego, których funkcjonalność wykracza poza natywne rozwiązania BIM, służy wykorzystaniu tradycyjnych sposobów wykonywania rysunku badawczego z bezpośrednim działaniem na modelu przestrzennym. Daje to możliwość łatwego oznaczania rozpoznawanych faz budowlanych, integracji zasobów a nawet weryfikowania wcześniej wykonanych rysunków poprzez rzutowanie ich na model metryczny.

## Abstract

This paper presents the use of graphical recordation elements of architectural surveys based on photographic spatial models. The effective use of these techniques, based on traditional designation, has been confirmed by their implementation in our research and design team. The introductory part presents key aspects of drawing preparation and synthetic examples of graphical symbols used for the annotation of technological phases and structural joints. It highlights improvement possibilities and trajectories of graphical recordation techniques. The ability to virtualize a research site allows the implementation of remote working techniques while also making teaching more attractive. The use of three-dimensional modeling tools that exceed generic BIM solutions serves to leverage traditional ways of drawing surveys with direct operations on the spatial model. This provides the ability to easily mark any building phases that have been identified, integrate resources, and even verify previously drafted drawings by projecting them onto a metric model.