

z analizą statyczno-wytrzymałościową części jego konstrukcji.

Naszym zdaniem technologia BIM może być z powodzeniem wykorzystywana do projektowania remontu i modernizacji istniejącego obiektu budowlanego. Nowoczesne techniki pozyskiwania danych na temat obiektu (skanowanie laserowe, fotogrametria) wraz z technologią BIM umożliwią inwentaryzację, która pozwala na dokładniejsze niż dotychczas odwzorowanie cech fizycznych i funkcjonalnych obiektu.

#### Literatura

- [1] Ustawa z 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 2013 r. poz. 1409 z późn. zm.).
- [2] BS ISO 29481-1:2010 – Building Information Modelling. Information delivery manual. Part 1: Methodology and format.
- [3] Tang P., Huber D., Akinci B., Lipman R., i Lytle A., „Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques”, *Autom. Constr.*, t. 19, nr 7, ss. 829 – 843, 2010.
- [4] Barazzetti L., Banfi F., Brumana R., Gusermeroli G., Previtali M., i Schiantarelli G., „Cloud-to-BIM-to-FEM: Structural simulation

with accurate historic BIM from laser scans”, *Simul. Model. Pract. Theory*, t. 57, ss. 71 – 87, 2015.

[5] Zhang C., Chen J., Sun X., i Hammad A., „Lifecycle Evaluation of Building Sustainability Using BIM and RTLS”, w *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference*, Piscataway, NJ, USA, ss. 3236 – 3247, 2014.

[6] Shou W., Wang J., Wang X., i Chong H. Y., „A Comparative Review of Building Information Modelling Implementation in Building and Infrastructure Industries”, *Arch. Comput. Methods Eng.*, ss. 1 – 18, 2014.

Przyjęto do druku: 09.09.2015 r.

dr hab. inż. Romuald Tarczewski, prof. nadzw. PWr.<sup>1)</sup>

## Problemy związane z zabezpieczeniem budynku Sali Tronowej w Starej Dongoli

### *Problems related to protective works in the Throne Hall building in Old Dongola*

DOI: 10.15199/33.2015.11.47

(Oryginalny artykuł naukowy)

**Streszczenie.** Pochodzący z IX w. n.e. budynek dawnej Sali Tronowej królów Makurii znajduje się w Starej Dongoli, w północnym Sudanie, na terenie stanowiska archeologicznego prowadzonego przez Polskie Centrum Archeologii Śródziemnomorskiej. Jest to jedyna zachowana w całości oryginalna wielokondygnacyjna budowla z kręgu kultury bizantyńskiej w Nubii. Dwukondygnacyjny obiekt jest wykonany z cegły mułowej. Strop nad parterem w formie sklepień ma przekrój zbliżony do paraboli, a dach – konstrukcję drewnianą, pokrytą polepą. Obecnie władze Sudanu planują utworzenie na tym terenie parku archeologicznego, którego ważnym elementem będzie Sala Tronowa. Udostępnienie budynku turystom wymaga wzmocnienia stropów, wykonania nowej konstrukcji dachu (powyżej istniejącej) i wzmocnienia schodów. Ponadto przewidziana jest rekonstrukcja zniszczonej części narożnej, w której powstanie platforma widokowa.

**Słowa kluczowe:** rewitalizacja zabytków, Sala Tronowa królów Makurii, Stara Dongola (północny Sudan).

**Abstract.** Dating from the ninth century B.C. building of the former Throne Room of Makuria kings is located in the archaeological site run by the Polish Centre of Mediterranean Archaeology since 1964 in Old Dongola, Northern Sudan. It is the only fully preserved multi-storey building from Christian period in Nubia. The two-storey building is made of adobe. The floors above the ground level were made in the form of vaults. The roof has a wooden structure covered with sebakh. Currently, the Sudanese authorities are planning to establish in the area an archaeological park, important part of which will be the Throne Room. In order to adapt the building for tourism purposes, it was necessary to strengthen floors, construct a new roof over the existing one and strengthen the stairs. In addition, it is planned to reconstruct the destroyed part of the corner, where will be located observation deck.

**Keywords:** revitalization of monuments, Throne Room of Makuria kings, Old Dongola (North Sudan).

Stara Dongola jest stanowiskiem archeologicznym znajdującym się w pobliżu miejscowości El Ghaddar w północnym Sudanie. Miejsce to po raz pierwszy zostało opisane w 1912 r. przez brytyjskiego badacza Somersa Clarka [1]. Od 1964 r. Pol-

skie Centrum Archeologii Śródziemnomorskiej prowadzi tam prace wykopaliskowe i badawcze. Obecnie kierownikiem misji jest prof. Włodzimierz Godlewski [2].

Stara Dongola była stolicą Królestwa Makuria (od VI w. n.e. chrześcijańskiego), a później stolicą zjednoczonego chrześcijańskiego Królestwa Nubii. Miasto zostało założone w V w. n.e. ja-

ko twierdza, wokół której stopniowo osiedlali się mieszkańcy. Status stolicy utraciło w XIV w., jednak pozostało ważnym ośrodkiem, wokół którego powstało Królestwo Dongoli. Na terenie miasta odsonięto wiele bardzo interesujących i ważnych obiektów, wśród których należy wymienić przede wszystkim Cytadelę, cztery kolejne katedry i kilka kościołów oraz budynek

<sup>1)</sup> Politechnika Wroclawska, Wydział Architektury; e-mail: romuald.tarczewski@pwr.edu.pl

Sali Tronowej królów Makurii. Ten ostatni w późniejszym okresie wykorzystywany był jako meczet. Jest to szczególny obiekt, ponieważ stanowi jedyną zachowaną w całości oryginalną budowlę wielokondygnacyjną z kręgu kultury bizantyńskiej w Nubii. Jego pierwsze pomiary oraz rysunki architektoniczne wykonał Somers Clarke.

W 2010 r. sudańskie Ministerstwo Kultury podjęło decyzję o utworzeniu parku archeologicznego na terenie Starej Dongoli. Jego ogólny plan zagospodarowania, opracowany w 2012 r. przez dr Teresę Dziedzic z Politechniki Wrocławskiej [3], obejmuje m.in. Cytadelę, tzw. Czwartą Katedrę, Kościół w Kształcie Krzyża, Salę Tronową. Od strony północno-wschodniej przewidziano budowę muru stanowiącego barierę zapobiegającą zasypywaniu terenu piaskiem, ogrodzenie terenu i jednocześnie tło dla ekspozycji kamiennych elementów, które nie mogą być jednoznacznie powiązane z konkretnymi obiektami. Plan obejmuje również budowę zaplecza dla ruchu turystycznego: sanitariatów, parkingu itp. Budynki, które zostaną udostępnione zwiedzającym, muszą być uprzednio zabezpieczone i wzmocnione. W latach 2013 – 2014 w znacznej części wykonano mur zabezpieczający przed piaskiem i wydzielający teren parku. W sezonie 2015 r. rozpoczęto prace w Sali Tronowej.

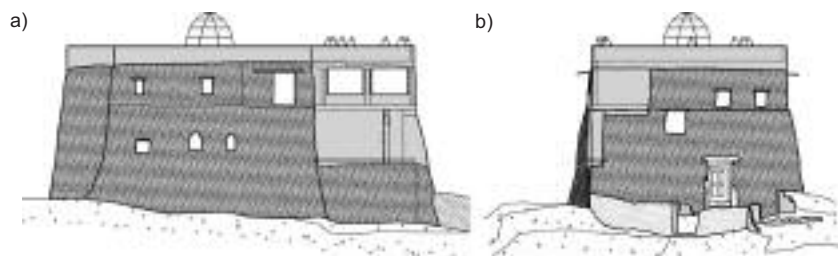
### Sala Tronowa

Sala Tronowa jest oddzielnym budynkiem zlokalizowanym ok. 400 m na południowy zachód od Cytadeli, na wzniesieniu dominującym nad otocznym terenem. Jest to obiekt dwukondygnacyjny. W części dolnej (przyziemiu) wysokości ok. 6,5 m, zlokalizowane były magazyny i pomieszczenia pomocnicze. Górna kondygnacja ma ok. 2,5 m wysokości i niemal w całości zajęta jest przez pomieszczenie audiencyjne, otoczone szerokim korytarzem. Budynek wzniesiono z cegły mułowej, a grubość ścian jest zmienna w poszczególnych częściach i wynosi 0,5 ÷ 2 m. Także stropy nad dolną częścią wykonane są jako sklepienia z cegły mułowej. Udostępnienie budynku zwiedzającym wymagało:

- naprawy oraz wzmocnienia konstrukcji obiektu, przede wszystkim stropów (stan konstrukcji pozwala jedynie

do wprowadzenia do budynku pojedynczych osób);

- wprowadzenia niewielkich zmian w celu ułatwienia dostępu do budynku i wyeksponowania jego najistotniejszych części (rysunek 1).



Rys. 1. Widok Sali Tronowej po zakończeniu renowacji (miejsca odtworzone są jaśnoszare); elewacja: a) północna; b) zachodnia

Fig. 1. View of the Throne Room after renovation (reconstructed parts are marked lighter shade of gray); elevation: a) north; b) west

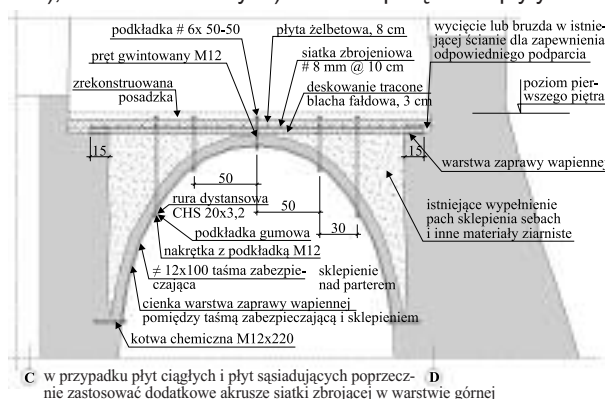
### Zabezpieczenie i wzmocnienie stropów oraz nowy pomost obserwacyjny

W budynku są dwa rodzaje konstrukcji stropów: nad poziomem przyziemia – przede wszystkim sklepienia z cegły mułowej, o przekroju zbliżonym do parabolicznego, wypełnione gruzem z cegły mułowej, zaś na górnej kondygnacji oraz na schodach – stropy o konstrukcji drewnianej (fotografia), z nieobrobionych lub częściowo obrobionych drewnianych belek, pokrytych polepą z mułu i gliny ułożonych na matach z trzciny. Miejscowo do wypełnienia użyto również cegieł mułowych. W budynkach można też znaleźć drewniane belki, które zastosowano do naprawy uszkodzonych fragmentów sklepień.

Ze względu na znaczne uszkodzenia stropów nie wolno było dopuścić

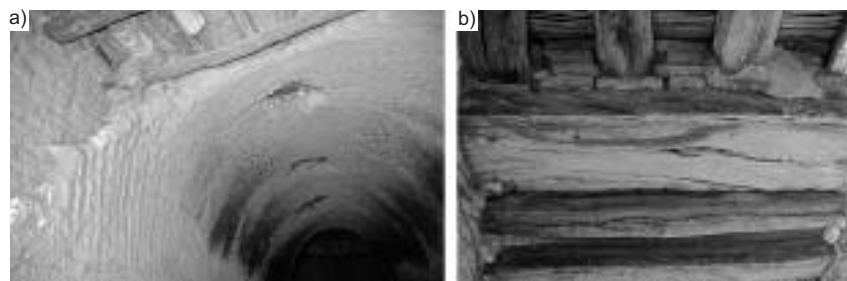
do obciążenia ich tłumem bez odpowiedniego zabezpieczenia. Generalnie w przypadku sklepień i drewnianych stropów przyjęto, że dobrym rozwiązaniem będzie wykonanie dodatkowej płyty żelbetowej powyżej poziomu istniejącej

konstrukcji [3]. Płyta ta zmieści się w grubości warstw wykończeniowych i nie zwiększy całkowitej grubości stropów. Na jej górnej powierzchni zostanie odtworzona istniejąca obecnie warstwa wykończeniowa podłogi. Ogólną koncepcję wzmocnienia stropów przedstawiono na rysunku 2. Zastosowanie płyty żelbetowej umożliwi podwieszenie do niej istniejących elementów konstrukcyjnych stropów (za pomocą wieszaków stalowych). Ponadto połączenie płyty ze



Rys. 2. Wzmocnienie sklepień nad przyziemiem – przekrój poprzeczny

Fig. 2. Strengthening of vaults over the ground floor – cross-section



Stropy w budynku Sali Tronowej w Starej Dongoli – stan w listopadzie 2013 r.: a) sklepienie z cegły mułowej nad kondygnacją przyziemia; b) strop drewniany nad pięterem

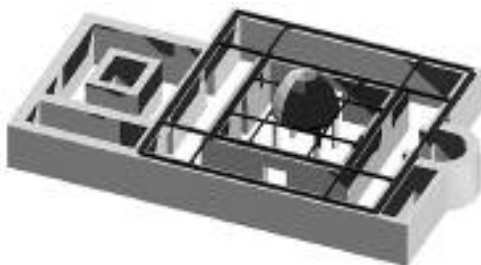
ścianami wzdłuż krawędzi oparcia pozwoli zwiększyć całkowitą sztywność budynku na siły poziome i zabezpieczy ściany przed odkształceniami.

W koncepcji wyekspozowania budynku zaproponowano wykonanie rekonstrukcji fragmentu narożnika przy klatce schodowej, wraz z dodatkowymi poziomami stropów. Podczas prowadzenia prac będą one pełniły rolę pomostów roboczych, a po ich zakończeniu będą wykorzystywane jako dodatkowa powierzchnia ekspozycyjna. Strop w poziomie dachu nad zrekonstruowanym narożnikiem i nad klatką schodową stworzy pomost obserwacyjny, z którego widać będzie cały park archeologiczny i jego okolice.

### Nowy dach nad salą audiencyjną

Nad główną częścią obiektu – salą audiencyjną, wykonany zostanie nowy dach, istniejący bowiem jest w złym stanie. Nowy dach będzie stanowił ochronę konstrukcji z drewnianych belek i umożliwi podwieszenie fragmentów drewnianej konstrukcji przeznaczonej do ekspozycji. Do nowej konstrukcji zostanie również podwieszony fałszywy strop, zastępujący częściowo zniszczoną konstrukcję oryginalną. W centralnej części, nad salą audiencyjną, przewiduje się wykonanie niewielkiej przeszklonej kopuły nawiązującej do konstrukcji istniejącej w przeszłości. Zapewni ona niezbędne oświetlenie wnętrza światłem naturalnym [3].

Nowa konstrukcja dachu (rysunek 3) zostanie wykonana z elementów stalowych walcowanych, jako ruszt podparty w dwóch kierunkach. Na nim za pośrednictwem słupków opierać się będą płaty z cienkościennych prostokątnych rur stalowych, pokrycie wykonane zostanie z blachy trapezowej. W części nad klatką schodową i zrekonstruowanym



Rys. 3. Nowa konstrukcja dachu – schemat aksonometryczny

Fig. 3. Design of the new roof, top – schematic axonometric view

narożnikiem budynku (gdzie przewidziany jest pomost obserwacyjny) na ruszcie stalowym umieszczona będzie płyta żelbetowa. Konstrukcja stalowa zostanie ułożona powyżej poziomu istniejącego obecnie dachu, bez jego naruszania. Na ścianach zostaną wykonane wieńce w murowanych korytach z cegły mułowej, stanowiących dla nich deskowanie i osłonę. Dzięki połączeniu ze ścianami umożliwią one zakotwienie konstrukcji stalowej i zabezpieczą ją przed odrywaniem na skutek działania wiatru. Dodatkowo będą one dociążone atyką z cegły mułowej, która będzie także osłaniać wizualnie nową konstrukcję przed wzrokiem zwiedzających.

### Specyfika prowadzenia prac w Starej Dongoli

W przypadku omawianego obiektu bardzo ważne było dostosowanie przyjętych rozwiązań do możliwości ich realizacji. Ze względu na lokalizację budynku, konieczne jest całkowite oparcie się na miejscowych wykonawcach i stosowanie jedynie technologii, które są dostępne na miejscu. Względny finansowy wykluczają nie tylko sprawozdanie wyspecjalizowanych firm zagranicznych, a nawet robotników. Oddalenie od dużych ośrodków miejskich powoduje wiele ograniczeń, które można podzielić na dwie grupy. Pierwsza z nich dotyczy dostępności materiałów i sprzętu. Dostępne profile stalowe i sprzęt używany do ich obróbki wymuszają stosowanie konstrukcji o prostych schematach, niezbyt rozbudowanych węzłach. Możliwa do uzyskania tolerancja wymiarowa daleko odbiega od wymaganej w Europie. Podobne ograniczenia wiążą się z wykonywaniem konstrukcji żelbetonowych. Szczególnie trudne jest kontrolowanie składu mieszanki betonowej i parametrów wytrzymałościowych uzyskanego betonu. Druga grupa ograniczeń wiąże się ze przygotowaniem zawodowym miejscowych wykonawców. Najczęściej są oni bardzo utalentowani i chętni do pracy, jednak nie posiadają specjalistycznego wykształcenia zawodowego.

### Podsumowanie

Stara Dongola jest unikatowym zespołem wczesnochrześcijańskich i późniejszych, muzułmańskich, zabytków. Decyzja o udostępnieniu go zwiedzającym w formie

parku archeologicznego zapoczątkowała prace nad zabezpieczeniem obiektów, obejmujących zarówno ochronę przed piaskiem, nawiewanym od strony pustyni, jak i zapewnienie bezpieczeństwa wewnątrz budynków. Zakres prac jest bardzo szeroki, są one pracochłonne i wymagają dużej staranności. Na tempo robót i wybór szczegółowych rozwiązań technicznych wpływa również dostępność materiałów oraz wykwalifikowanych pracowników na lokalnym rynku. Jednak, co warto podkreślić, współpraca przy tego typu projektach staje się często swego rodzaju transferem technologii, nierzadko w obie strony.

Aspekt wymiany informacji związanej z opisem (modelowaniem) przewidywanych prac jest szczególnie istotny i stanowi źródło potencjalnych zagrożeń właściwej komunikacji pomiędzy projektantem a lokalnym wykonawcą. Wszelkie ograniczenia w możliwościach przekazywania informacji, zwłaszcza ze względu na niemożność ich właściwej percepcji, skutkują bezpośrednio ograniczeniem możliwości zastosowania określonych rozwiązań [4]. Społeczny wpływ współpracy technicznej jest kluczowy dla lokalnej akceptacji i wsparcia prac budowlanych. Wiąże się on również z formowaniem lokalnego patriotyzmu i związanej z tym dbałości o rewitalizowane zabytki.

Fotografie i rysunki – Autor

### Literatura

- [1] Clarke S., „Christian antiquities in the Nile Valley: a contribution towards the study of the ancient churches”, Clarendon Press, Oxford 1912.
- [2] Godlewski W., „Dongola – Ancient Tungul. Archaeological Guide”, Polish Centre of Mediterranean Archaeology, Warsaw 2013.
- [3] Dziedzic T., Tarczewski R., „Some problems related to making accesible for tourists the Throne Room of Makuria Kings in Old Dongola (North Sudan)”, w: IASS-SLTE 2014 International Symposium „Shells, Membranes and Spatial Structures: Footprints”, red Pauletti R. M. O., Brasil R. M. L. R. F., Brasilia, 15-19 September 2014.
- [4] Tarczewski R., „Correlation of Social and Technological Aspects in Decision Making Process Related to the Protection and Ensuring the Availability of Historical Monuments for Tourism”, w: RE-ConD'15 International Conference on Re-Evaluating Contemporary Design in Historical Context, red. Arun G., Istanbul, 22-24 July 2015.

Przyjęto do druku: 04.09.2015 r.