

# Tworząc i niszcząc.

## O funkcjach pomocniczych i tymczasowych konstrukcji budowlanych w historii ludzkości

Dr hab. Agnieszka Teterycz-Puzio, Akademia Pomorska w Słupsku,  
dr inż. Anna Rawska-Skotniczny, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

### 1. Wprowadzenie

W budownictwie obiekty projektuje się najczęściej jako stałe, przewidziane na dłuższy czas użytkowania. Typowe budynki są projektowane na 50 lat, a obiekty monumentalne, mosty, tamy i elektrownie na okresy dłuższe, nawet kilkusetletnie. Ma to konsekwencje w kształtowaniu, buduje się je bowiem z trwałych materiałów, projektując na obciążenia klimatyczne jak śnieg czy wiatr o długich okresach powrotu. Istnieje jednak duża grupa konstrukcji, traktowanych jako tymczasowe, które w przeciwieństwie do stałych są projektowane na znacznie krótsze okresy użytkowania.

Pomocnicze konstrukcje budowlane potocznie kojarzą się najczęściej z rusztowaniami fasadowymi, umożliwiającymi prace na wysokości, wnoszonymi w czasie remontu lub budowy obiektów. Jest to jednak znacznie szersza grupa różnych konstrukcji określana w Eurokodzie 1991–1–6 [39] jako „jakiegokolwiek konstrukcje związane z procesem wykonywania, które nie są wymagane po wykonaniu czynności związanych z zakończeniem robót i mogą być usunięte”. Do tej grupy zalicza się deskowania, rusztowania, systemy podparcia, wieże nośne, tamy, usztywnienia i dzioby montażowe. Z kolei konstrukcje tymczasowe to takie, których przewidywany czas użycia wynosi kilka lat.

Z wiedzy auterek wynika, że nie analizowano dotychczas tych konstrukcji w historycznym kontekście ich wpływu na dzieje ludzkości. Rola rusztowań, pomimo ważności w dziejach, nie jest w ogóle doceniana wśród historyków, architektów, inżynierów ani badaczy ludzkich dziejów. Artykuł ma również na celu zwrócenie uwagi, poprzez subiektywnie wybrane przykłady, na różne zaskakujące zastosowania konstrukcji pomocniczych, kojarzonych zwykle tylko z przemysłem budowlanym.

Geneza dzisiaj stosowanych konstrukcji pomocniczych i tymczasowych sięga daleko w przeszłość. Zaskakują nas one różnorodnością funkcji i ról kulturowych w różnych rejonach świata na przestrzeni dziejów. Ze względu na rozległość zagadnienia w artykule można tylko zasygnalizować problem. Jego celem jest pokazanie na wybranych przykładach, że konstrukcje te służyły zarówno do budowy, jak i do niszczenia. Nie były też przypisane tylko budownictwu, bowiem pomagały przy spełnianiu

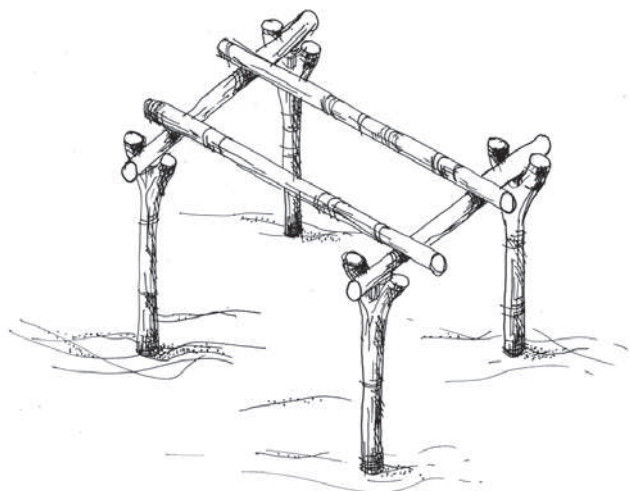
określonych funkcji karnych i militarnych. Używano ich również w czasie pogrzebów czy składania ofiar, służyły więc nie tylko żywym, ale i martwym.

### 2. Nie tylko drewno i stal...

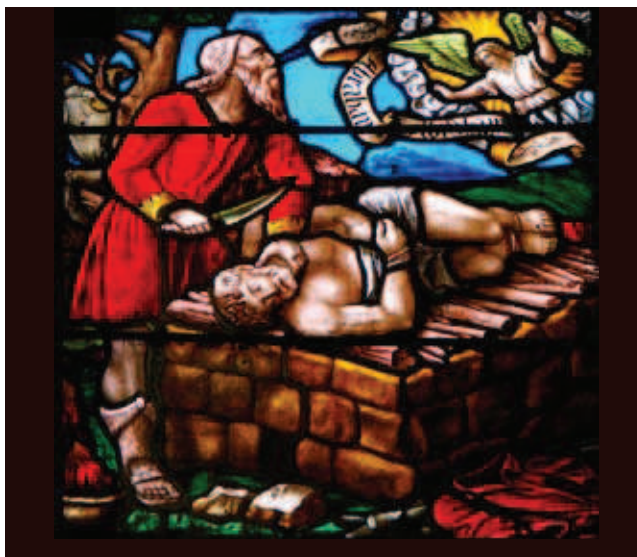
Współcześnie konstrukcje pomocnicze najczęściej wykonuje się ze stali, aluminium, rzadziej z drewna. W przeszłości natomiast, w zależności od rejonu geograficznego i związanych z nim zasobów naturalnych, do wykonywania konstrukcji pomocniczych i tymczasowych stosowano różne materiały. W Europie najczęściej wykorzystywanym materiałem budowlanym było drewno. O rodzajach drzew i ich właściwościach budowlanych wspominał Witruwiusz w swoim dziele „O architekturze ksiąg dziesięć”, które powstało między 20 a 10 r. p.n.e. [55]. Pisał w nim, że każdy gatunek drzew odznacza się odrębnymi, naturalnymi cechami. Opisując właściwości modrzewia, podał przykład wieży zbudowanej z modrzewiowych belek, stojącej przed wejściem do twierdzy Larignum, która nie spłonęła mimo podpalenia na rozkaz Cezara. Dzięki dzisiejszej wiedzy budowlanej wiemy, że przyczyn tego faktu szukać należałoby nie tylko w gatunku drewna, ale także w metodach jego obróbki, jedną bowiem z metod zabezpieczania pożarowego jest dokładne struganie elementów drewnianych. Informacje z katalońskich dokumentów o materiałach stosowanych do budowy rusztowań, takich jak drewno i sznurek, można znaleźć w artykule [15].

Przy budowie obiektów stałych wykorzystywano najczęściej dąb, uważany w średniowieczu za wybrane drzewo boże. Wierzo bowiem, że ma niezwykłą moc, sam przydomek „dębowy” miał pozytywne: wzmacniające i odstrasżające znaczenie [37, 50]. Nie były to wierzenia bezpodstawne, dąb bowiem charakteryzuje się dużą twardością i odpornością na paczenie. Był to jednak materiał drogi, dlatego przypuszczalnie do budowy konstrukcji pomocniczych i tymczasowych stosowano tańsze odmiany drewna, takie jak sosnę i świerk na północy Europy oraz wiąz, topolę i cyprys na południu. Sposób wykonywania pierwotnych konstrukcji drewnianych (rys. 1) można znaleźć u Witruwiusza [55].

W Azji dominował bambus. Jest to materiał chętnie wykorzystywany do dziś w tej części świata. Ze względu



**Rys. 1.** Zasada budowy konstrukcji drewnianej wg Witruwiusza, rys. Monika Adamska



**Rys. 2.** Abraham składa Izaaka na ołtarzu. Witraż w kościele Madeleine Troyes we Francji, XVI wiek, fot. Vassil Asjac [54]

na swoją odnawialność i łatwość utylizacji jest uważany za materiał ekologiczny. Rośnie szybko, jest prosty w obróbce i bardzo lekki, co jest bardzo korzystne w budownictwie, eliminuje bowiem konieczność stosowania ciężkiego sprzętu przy montażu. Stosuje się go zarówno przy bardzo prostych konstrukcjach, połączenia wiążąc linami, jak i bardzo skomplikowanych, stosując połączenia metalowe. Interesujący opis współczesnych badań naukowych dotyczących konstrukcji bambusowych można znaleźć w artykule Albermaniego [1] i Yu [59].

Nie zawsze korzystano z drewna, w niektórych regionach był to materiał zbyt cenny i mało dostępny. W starożytnym Egipcie przy budowie piramid usypywano rampy ziemne. Drzewa bowiem w tym klimacie dawały bezcenny cień, co mogło skłaniać do oszczędnego ich wykorzystania. W wielu podstawowych publikacjach dotyczących problematyki budowy piramid [3, 30] znaleźć można szczegółowe omówienie różnych teorii dotyczących budowy tych ramp: najbardziej popularnych linearnych i spiralnych, ale także „nawracających”, schodkowych oraz wewnętrznych. Inny, spektakularny przykład konstrukcji pomocniczej w postaci wału usypanego z gruntu znajdujemy przy twierdzy Masadie z końca I w p.n.e., zlokalizowanej na terenie dzisiejszego Izraela, o czym dalej.

### 3. „Pulvis es et in pulverem reverteris”<sup>1</sup> [Genesis 3:19]

Jednym z pierwszych znanych zastosowań konstrukcji było wykorzystanie w różnych czynnościach religijnych, szczególnie do budowy ołtarzy ofiarnych czy w obrzędach pogrzebowych. Ogólnikowo o składaniu

<sup>1</sup> „Prochem jesteś i w proch się obrócisz”

ofiar ze zwierząt czytamy zarówno w „Iliadzie” [27], jak i „Odysei” Homera [28]. Wergiliusz w „Eneidzie” pisał o składaniu przez kapłanów ofiary z byka na ołtarzach [53]. Ołtarze będące stałym wyposażeniem świątyń budowane były z materiałów kamiennych, łatwych do utrzymania w czystości, natomiast budowane okazjonalnie, np. w czasach wypraw, wykonywane były z miejscowych materiałów: drewna lub kamieni. Na kamiennym ołtarzu obłożonym drewnem miała się dokonać ofiara Abrahama [Genesis 22:9], scena ta jest często inspiruje różnych artystów (rys. 2).

Z dosyć obcym kulturowo dla Europejczyka sposobem wykorzystania konstrukcji pomocniczych w obrzędach pogrzebowych spotykać się można zarówno u Indian amerykańskich, jak i australijskich Aborygenów. Sposoby postępowania Indian w stosunku do zmarłych różniły się w zależności od plemienia i środowiska, które zamieszkiwali. Podobnie jak w Europie, najpowszechniejsze było grzebanie zmarłych w ziemi. W upalnych regionach południowych często palono zwłoki. Irokezi i inne plemiona leśne pozostawiali zwłoki na tymczasowych marach do czasu ich rozkładu, a następnie zbierali kości i składali uroczyście w ziemi. Podobnie plemiona Północno-Zachodniego Wybrzeża pozostawiały zwłoki w canoe ustawionych na specjalnych rusztowaniach (rys. 3). Na równinach i w górach Indianie także pozostawiali zmarłych na rusztowaniach lub platformach opartych na drzewach [11, 17, 41]. Obyczaj ten można wyjaśnić w różnych aspektach: jeśli odnieść się do środowiska naturalnego, to wytłumaczeniem będzie uciążliwość kopania grobów w skałach czy chęć zabezpieczenia ciała przed dostępem dzikich zwierząt. W odniesieniu do wierzeń natomiast wyjaśnienia szukać należy w tym, że wysoko wyniesione ciało miało bliższy kontakt z Wielkim Duchem.





**Rys. 3.** Canoe pogrzebowe, autor T. Sinclair & Son, 1881 [58]



**Rys. 4** Ruszowanie pogrzebowe. Autor: S. Eastman and C.K. Burt. [46]

Platformy pogrzebowe wznoszono w sposób podobny do podanego przez Witruwiusza, zaczynając od postawienia czterech słupów z rozwidleniami w kształcie litery Y na końcu, czasem usztywniano je stężeniami z desek. Na wysokości około dwóch i pół metra kładziono potężne żerdzie i deski tworzące podłogę, łączone niewyprawionymi rzemieniami [11].

Ciało zmarłego ubrane w uroczysty strój, owinięte w skóry lub korę, wiązano rzemieniami. Na platformę wciągano je linami przy użyciu pochylni (rys. 4). Zwłoki przywiązywano do rusztowania, a obok wieszano tarczę wojownika i jego broń wierząc, że wszystkie zgromadzone przedmioty będą towarzyszyć mu w innym świecie. Po obdarciu słupów rusztowania z kory malowano je kolorami symbolizującymi czyny zmarłego. Przez kolejne dni krewni przychodzili pod rusztowanie, często leżeli pod nim opłakując stratę [17]. Czasem zdarzało się, że na rusztowaniu pogrzebowym pozostawiano nieświadomie żywe osoby [36].



**Rys. 5.** Pogrzeb Marii Klementyny Sobieskiej, autor B. Gabbuggiani, Rzym 1736 [38]

Rusztowania pogrzebowe spełniały zwykle rolę tymczasową, nie były budowlami stałymi, choć w Indiach wyznawcy zaratusztrianizmu ciała zmarłych przenosili do postawionych na stałe tzw. „Wież Milczenia”, gdzie ciało, uznane za nieczyste, pozostawiano na pastwę drapieżnych ptaków, aby nie kłaść ani ziemi, ani ognia, ani wody. Dopiero gdy ze zwłok zostały białe kości, doczesne szczątki były zrzucane do specjalnego szymbu w wieży.

W kulturze europejskiej możemy znaleźć przykład podobnej funkcji. Bogato zdobione dekoracje pogrzebowe katafalków opierane były na specjalnej konstrukcji tymczasowej, tworząc tzw. Castrum Dolores [9, 32]. Zaskakuje jednak różnica kulturowa związana z pogrzebem: u Indian zastosowanie rusztowania miało sens metafizyczny, wiązało się z wiarą, natomiast w Europie raczej było demonstracją znaczenia rodu czy też zmarłej osoby, choć ceremonie miały nie tylko symbolizować dostojność zmarłego, ale i majestat śmierci (rys. 5).

#### **4. „Sztuka wojenna jest sztuką prostą i czysto wykonawczą, nic w niej nie ma niejasnego” [Napoleon Bonaparte]**

Kolejna funkcja konstrukcji pomocniczych związana jest z działaniami wojennymi. Chyba najstarszą znaną konstrukcją tego typu jest koń trojański (wspomniany u Homera [27], opisany przez Wergiliusza [53]), ogromna figura drewniana z ukrytymi wojownikami w środku.



Achajowie użyli podstępów i ofiarowali ją Trojanom, udając, że uchodzą spod Troi. Kolos zbudowany był z dębowych belek, nie mieścił się w bramach, więc wybito dla niego w murze przejście. Pod nogi podstawiono koła, opasano go linami i wciągnięto do Troi.

Machiny są co prawda mechanizmami, ale ze względu na swoją pomocniczą rolę, nie tylko przy oblężeniu i zdobywaniu twierdz (rys. 6), trzeba o nich koniecznie wspomnieć, omawiając konstrukcje pomocnicze. Jest o nich dużo informacji źródłowych, można je potraktować jako prototyp rusztowań przejezdnych. Rusztowań takich używa się do prostych prac budowlanych (np. malarskich), blokując koła na czas pracy. Wykorzystuje się je tam, gdzie nieoptyczne jest ustawienie stałego rusztowania. Przemieszczanie się na takich rusztowaniach jest niezgodne z zasadami BHP, dawniej inaczej podchodzono do tej kwestii. Ale trzeba przyznać, że już starożytni znali niebezpieczeństwa związane z używaniem machin. Witruwiusz pisał, że sposób budowania maszyny do wchodzenia „jest triumfem nie sztuki, lecz odwagi. Trzyma się ona dzięki klamrom, ryglom poprzecznym, splecionym wiązaniom i wspornikom” [55]. Opisał on maszynę jako zwarty zespół części drewnianych, wprawiany w ruch za pomocą obrotu kół. Podzielił maszyny na urządzenia do wchodzenia, do wytwarzania ciśnienia powietrza oraz dźwigi. „O maszynach do wchodzenia mówimy wtedy, gdy rusztowanie ustawia się w ten sposób, że można będzie – po podniesieniu belek i połączeniu ich między sobą poprzecznymi belkami – wspiąć się bezpiecznie w górę” [55]. Opisuje on też maszyny do podnoszenia ciężarów i wciągania okrętów na ląd.

Prokopiusz z Cezarei, historyk bizantyński żyjący w VI w., w dziele „O budowlach” wspominał perskie wieże oblężnicze niesione przez słonie. Cesarz Justynian obawiał się, że Persowie usypią sztuczne nasypy i przetoczą po nich maszyny oblężnicze na osiach zaopatrzonych w koła [42].

Warto wspomnieć o sposobach zdobywania twierdz stosowanych w okresie wypraw krzyżowych, w których brali udział rycerze z różnych rejonów Europy. Stosowali oni metody wypróbowane zapewne na europejskich polach bitew. Anonimowy uczestnik pierwszej wyprawy krzyżowej (1097–1099), opisując oblężenie Nicei w 1097 r. wspominał o budowaniu przez krzyżowców drewnianych maszyn do burzenia murowanych baszt obronnych [2]. Kiedy zdobywano mury Mary przystawiono drabiny do murów, jednak próba zdobycia tą metodą nie powiodła się. Wzniesiono zatem wieżę „drewnianą, silną i wysoką”, którą ustawiono na czterech kołach. Mimo obrzucenia jej przez obrońców kamieniami i „ogniem greckim” (przypuszczalnie mieszanką ropy i smoły) nie spłonęła, bo przewyższała mury miasta. Przy oblężeniu Jerozolimy wykorzystano dwie wieże oblężnicze, wykonane z drzewa sprowadzonego z daleka. Zastosowano jeszcze ciekawy wybieg, żeby przeciągnąć wieżę przez fosę: ogłoszono, że kto przyniesie



Rys. 6. Zdobyć zamku. Autor G.K. Gray, 1927. [25]

trzy kamienie i je wrzuci otrzyma jednego denara – fosę wypełniono w trzy dni i trzy noce. Powstał w ten sposób pomocniczy nasyp.

Marszałek Szampanii Geoffroy de Villehardoin był uczestnikiem IV wyprawy krzyżowej (1202–1204), która zakończyła się zdobyciem i złupieniem Konstantynopola. Opisując zdobywanie kolejnych potężnych twierdz na terenie Cesarstwa Bizantyńskiego, wspominał wielokrotnie o używaniu maszyn, które mieli krzyżowcy [22]. Zdobyć Konstantynopola z innej perspektywy – „szeregowego” uczestnika, przedstawił rycerz pikardyjski Robert de Clari. W jego relacjach z wyprawy znajdujemy mniej opisów dotyczących sposobów zdobywania twierdz i używanych przy tym maszyn, jednak wspominał o maszynach na statkach, służących do ataku od strony morza. Wymieniał nawet ich nazwy, np. „żółwie”, „kotki” i inne [13]. O maszynach oblężniczych pisał też Jean de Joinville, jeden z ważniejszych średniowiecznych kronikarzy francuskich, który towarzyszył królowi Ludwikowi IX Świętemu w wyprawie krzyżowej do Egiptu (1248–1254) gdzie walczył pod Mansurą. Opisował maszyny używane przez krzyżowców, zwane *chats-château* – koty-zamki. Był to rodzaj ruchomej maszyny oblężniczej ze spadzistym dachem, zaopatrzonej w wieżyczki, który miał zrobić wyrwę w murze. Wspominał także o maszynach Saracenów [6].

Konstrukcje do ataków na twierdze były zwykle budowane z drewna, ale podobną rolę spełniały też wały usypywane z gruntu. Spektakularnym przykładem jest tu twierdza Masada na terenie dzisiejszego Izraela. Dostęp do płaskiego szczytu był trudny, a twierdzy broniły



**Rys. 7.** Pomnik „Dzieci Głogowa” z 1956, w tle zamek książąt Głogowa, fot. Piotr Frydrych [56]

stromie zbocza. W roku 73 n.e. Masada była jednym z ostatnich punktów oporu przeciw Rzymianom w czasie wojny żydowskiej. Oblężeniem twierdzy dowodził Flawiusz Silwa. Józef Flawiusz, historyk żyjący w I w n.e. w swoim dziele „Wojna Żydowska” opisał kilkumiesięczne oblężenie i zdobycie tej twierdzy przez Rzymian [18]. Wzniesiony wał miał wysokość 200 i szerokość 50 łokci, Rzymianie przedostali się nim do twierdzy. Nasyp miał być tymczasowy, ale zachował się do dziś i można go obejrzeć, przetrwał więc ponad 2000 lat. Jednakże według Dana Gilla [24], geologiczne badania dowiodły, że nasyp jest zbudowany przeważająco z naturalnej skały, nie był więc w całości zbudowany ręcznie.

Rzadziej wspomina się o drugiej ciekawej konstrukcji w Masadzie, która może być uznana za prototyp innej współczesnej konstrukcji pomocniczej, deskowań do betonu. obrońcy od wewnątrz twierdzy wzniesli drugi mur z belek ułożonych poprzecznie i podłużnie, wypełniony w środku gliną. Uderzenia rzymskich taranów w zewnętrzny mur były dzięki temu tłumione, a pod wpływem wstrząsu ziemia osiadała, co umacniało mur. Konstrukcja opóźniła zdobycie twierdzy, która została opanowana dopiero po spaleniu wspomnianej konstrukcji. Na czele 960 obrońców stał Eleazar ben Jair, który widząc bezcelowość dalszej obrony rozkazał dokonanie zbiorowego samobójstwa [18]. Podobnie jak tamte tarany działają współczesne wibratory do betonu, dzięki drganiom usuwają powietrze z mieszanki betonowej uformowanej w deskowaniu i konsolidują ją.

Ciekawy opis użycia machin spotykamy u Anonima zwanego Gallem, który przedstawił wyprawę interwencyjną cesarza niemieckiego Henryka V w czasie walk między książętami polskimi: Bolesławem Krzywoustym i jego bratem Zbigniewem w 1109 r. Armia cesarza chciała zdobyć Głogów. Przywiązano więc wcześniej wziętych zakładników – synów obrońców – do machin oblężniczych, licząc że obrońcy otworzą bramy grodu. Jednak mieszkańcy Głogowa nie ulegli nawet w obliczu konieczności strzelania do własnych dzieci [21]. Anonim opisując walki księcia Bolesława na Pomorzu,

wspominał też o trudnościach w użyciu drewnianych machin na wilgotnym, bagiennym terenie, wyrównywaniu dołów, znoszeniu gałęzi w celu jego utwardzenia i wyrównania. Barwny opis szturm Głogowa podaje też Mistrz Wincenty zwany Kadłubkiem [33]. Pamięć o tych wydarzeniach zachowała się do dziś w wielu polskich powieściach historycznych i na pomniku „Dzieci Głogowa” (rys. 7).

## 5. „Ocet i łzy”<sup>2</sup>

Polskie słowo „szafot” oznacza „drewniane podwyższenie z desek, na którym ścinano skazanych na śmierć, ustawione w miejscu publicznym” [16] i budzi ewidentnie złe skojarzenia. Jest to zapożyczenie niemieckie właściwe [31, 34], podobne znaczenie w języku niemieckim ma słowo „Schafott”, które wywodzi się z niderlandzkiego „schavot”, a to z kolei ze starofrancuskiego „chafaud”. W języku angielskim konstrukcję budowlaną, ale też miejsce straceń, oznaczają słowa „scaffolding”, „scaffold”, które w XIII w. przeszły z języka starofrancuskiego do języka angielskiego.

Według definicji staropolskiej „rusztowanie” to „drewniana prowizoryczna konstrukcja, pomocna przy wykonywaniu różnych robót, zwłaszcza w budownictwie” [51]. Można więc przyjąć, że rusztowanie jest hiperonimem słowa szafot, czyli wyrazem nadrzędnym w klasyfikacji językowej. Słowo pochodzi od niemieckiego „rüsten”, przypuszczalnie pojawiło się w języku polskim w XVII w. [10] (współcześnie konstrukcja budowlana to „gerüste”). Obecnie definicja ta zawęża się, „rusztowanie” oznacza tylko konstrukcję budowlaną i nie kojarzy się z szafotem jako miejscem kaźni, ponieważ w naszym kręgu kulturowym zniknął desygnat oznaczany przez to słowo. Szafotu już nie ma, więc jego nazwa stała się archaizmem.

Widać więc, że konstrukcje pomocnicze zapisały się także niechlubnie w historii, stosowano je bowiem przy wykonywaniu czynności karnych. Używano w tym celu szafotów i gilotyn, konstrukcji do tortur oraz stosów do palenia czarownic.

O tych ostatnich mówi się zwykle w kontekście tzw. „mroków średniowiecza”. Jest to jednak jeden z najbardziej rozpowszechnionych błędów historycznych. Renesans jest okresem, w którym zaczęto powszechnie oskarżać kobiety o uprawianie czarnej magii i prześladować je. Interesujące rozważania o przyczynach tych zdarzeń można znaleźć w artykule o kobiecej duchowości [48]. Dopiero w 1456 r. została wydana okrutna instrukcja torturowania i wymuszania zeznań kobiet oskarżonych o czary: „Młot na czarownice”. Autorami byli dwaj dominikańscy inkwizytorzy: Heinrich Krämer i Jakob Sprengel. Pierwsza wielka fala prześladowań objęła Europę w latach 1480–1520, druga w latach

<sup>2</sup> nawiązanie do tytułu książki [35], ocet służył do zmywania krwi z miejsca tortur





**Rys. 8.** Płonący stos. Fragment obrazu z 1498, autor nieznany, Muzeum San Marco we Florencji

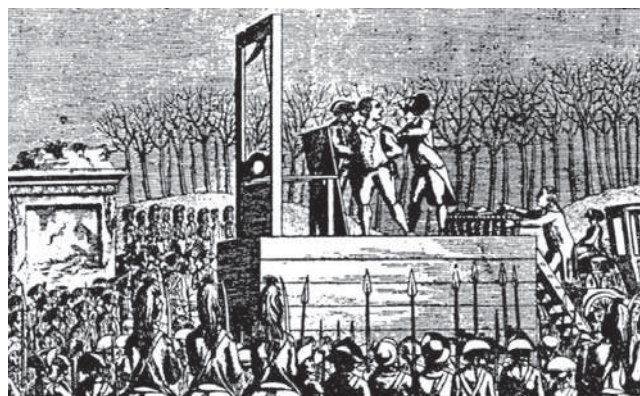
1580–1670 [5], stracono wtedy ponad 50 tysięcy kobiet. O samych stosach wiadomo niewiele, były one najczęściej budowane z drewnianych bali ustawianych w rodzaj wysokiego rusztu. W środku mocowano pionowy bal, do którego przywiązywano skazane. Czasem na stosach ginęli też mężczyźni, egzekucję Girolamo Savonaroli z 1307 r. przedstawia reprodukcja anonimowego obrazu z 1498 r., znajdującego się w Muzeum di Marco we Florencji. Jako pierwsza spalona została jego towarzyszką życia i działalności Małgorzata di Trento [19], egzekucję wykonano na widocznej z daleka wysokiej kolumnie (rys. 8). Egzekucja musiała mieć duże znaczenie dla Inkwizycji, bowiem platforma prowadząca do stosu wykonana została w sposób dosyć kosztowny i czasochłonny.

Ślady tych strasznych wydarzeń odnajdujemy w pomnikach ofiar (rys. 9) i nazwach geograficznych (Łysa Góra, Góra Czarownic). Do dziś też są żywe legendy o miejscach sabatów czarownic.

Konstrukcje pomocnicze to też szafoty, znane już od okresu średniowiecza w różnych krajach Europy. Były to drewniane konstrukcje szkieletowe, składające się ze słupów, opartych na nich belek i desek tworzących podłogę. Skazańca wprowadzano po drewnianych schodach na podwyższenie otoczone barierkami. Wykonywano na nim egzekucje, początkowo katowskim mieczem lub toporem. Podczas rewolucji francuskiej egzekucje udoskonalono i zastosowano na wielką skalę gilotynę jako standardowe narzędzie w całej Francji. Wykorzystanie we Francji znanego od wieków urządzenia do ścinania głów zaproponował francuski chirurg Joseph I. Guillotin. Miała to być bardziej humanitarna metoda wykonywania kary śmierci. Dużą technologiczną innowacją było zastosowanie ukośnego ostrza. Cięcie było szybkie i pewne, skracало to męki skazanych. Najstydniejszymi osobami straconymi na gilotynie byli król Ludwik XVI (rys. 10), królowa Maria Antonina, Danton i Maksymilian Robespierre, który sam był w znacznym stopniu odpowiedzialny za terror rewolucyjny [4, 23, 35]. Jednym z bardziej kontrowersyjnych przedstawień gilotyny,



**Rys. 9.** Kamień poświęcony pamięci siedmiu niewinnie spalonych kobiet w Czechach, Rapotin



**Rys. 10.** Król Ludwik XVI na szafocie, XVIII wiek, autor nieznany [20]

ale jednocześnie znakomitą przykładem traktowania jej w okresie rewolucji jako elementu codziennego życia, jest umieszczenie sceny egzekucji króla i królowej na komplecie śniadaniowym [35].

Miniaturki gilotyny produkowano jako zabawki dla dzieci, wykorzystywane do odcinania głów lalkom, ale i małym zwierzętom. Niemiecki poeta Johan Wolfgang von Goethe chciał, aby matka w czasie podróży zakupiła dla jego syna miniaturkę gilotyny. Ona jednak odmówiła, pisząc o złym wpływie takich zabawek na dzieci [23]. Ostatnia w historii egzekucja na gilotynie miała miejsce we Francji w 1977 r. Gilotynę wykorzystywano także w III Rzeszy pod rządami Hitlera, w Belgii, Persji, Szwecji, Wietnamie, na terenie Ameryki Północnej i w koloniach francuskich.

## 6. „Piękno rzeczy śmiertelnych mija, lecz nie piękno sztuki” [Leonardo da Vinci]

Rusztowania znalazły najszersze zastosowanie w budownictwie i sztuce. Niewiele jednak zachowało się o nich informacji – były tylko środkiem do osiągnięcia celu, więc kronikarze pomijali je przy opisie wielkich budowli i dzieł sztuki.



Najszerze wzmianki o rusztowaniach znaleźć można u Georgio Vasariego [52]. W dziele swym zamieścił m.in. opis publicznego przetargu na wykonawcę kopuły Katedry Florenckiej. Budowa rusztowań potrzebnych do wykonania kopuły wydawała się niemożliwa do wykonania zarówno ze względów technicznych, jak i ekonomicznych. Przedstawione zostały różne pomysły, jeden z wykonawców proponował aby „wypełnić wnętrze kościoła ziemią, a w niej umieścić monety, a potem budowę zasklepić i pozwolić, żeby każdy, kto chce brał ziemię, wskutek czego lud bez kosztów szybko ją usunie”. Ostatecznie wybrano nowatorski projekt Filipa Brunelleschiego, który obiecał oszczędzać na rusztowaniach. Zaprojektował on dwuwarstwową strukturę z powłokami zewnętrzną i wewnętrzną połączoną południkami i równoleżnikami. W równoleżniki wbudowano ołowiane obręcze, które w miarę postępu murowania kopuły spełniały rolę coraz to mniejszego zwornika i usztywniały kopułę. Dzięki temu można było zrezygnować z kosztownego systemu podpór i ograniczyć się do niewielkich rusztowań dla robotników i materiałów budowlanych. Realizacja kopuły bez rusztowań była w oczach ówczesnych niemalże cudem, a pomysł Brunelleschiego wszystkich zaskoczył.

Sposób wznoszenia w średniowieczu masywnych kamiennych i ceglanych budowli z wykorzystaniem lekkich wiszących rusztowań można prześledzić na przykładzie dwóch „bliźniaczych” wież. Pierwsza była zlokalizowana w Coucy, Francja (I połowa XIII w.), szkic pokazuje rusztowanie wspinające się po spirali w górę wieży (rys. 11a). Drugi kamiennie-ceglany donjon, dwukrotnie mniejszy od francuskiego, wciąż stoi w Lublinie. Jego najstarsza część pochodzi prawdopodobnie z połowy XIII w. (rys. 11b). Podobne wieże znajdują się też w Hall i Magdeburgu. Donjon w Lublinie to zapewne najdalej na wschód wysunięty tego typu obiekt, wyróżniający się na tle ówczesnej architektury w Polsce. Potwierdzone są jego podobieństwa z architekturą zachodnią, włoską i francuską [29, 47]. Śledząc układ otworów



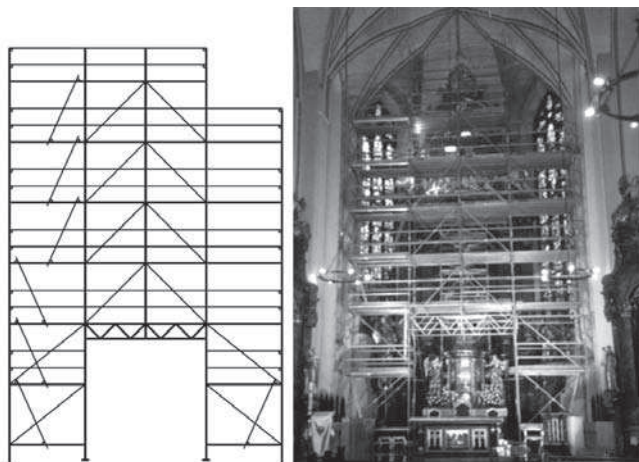
**Rys. 11.** „Bliźniacze” wieże we Francji i Polsce a) wieża w czasie budowy z rusztowaniami, Coucy [54]. b) istniejąca wieża z widocznymi otworami maculcowymi w Lublinie, fot. Małgorzata Nossowska



**Rys. 12.** Otwory maculcowe, świadkowie średniowiecznych rusztowań. Ruiny zamku Ordensburg wybudowanego przez rycerzy Teutońskich, Radzyń Chełmiński

maculcowych w ścianie, można próbować zrekonstruować pozycję rusztowań w czasie budowy [49]. Ślady rusztowań można dziś odnaleźć w wielu murowanych budynkach, pozostały po nich otwory maculcowe, które służyły do kotwienia elementów nośnych rusztowań w murach i przestawiania ich na coraz wyższe kondygnacje w miarę postępu robót (rys. 12). Rusztowania wykorzystywane też były i są nadal przez artystów i konserwatorów zabytków. Zwłaszcza artyści tworzący ogromne dzieła, musieli posługiwać się rusztowaniami w swoich pracowniach. Trudno sobie wyobrazić powstanie wspaniałych fresków Buonarottiego czy panoramicznych obrazów Jana Matejko bez konstrukcji wsporczych, na których malarze rozstawiali materiały i dzięki którym mieli dostęp do sklepień i ogromnych płaszczyzn obrazów. Współcześnie rusztowania są powszechnie stosowane przy renowacjach obiektów zabytkowych, a ustawienie ich jest szczególnie trudnym zadaniem, ponieważ zwykle nie mogą być kotwione do ścian ani sklepień budynków. Wynika to z wymogów konserwatorskich, zalecających jak najmniejszą ingerencję w elementy konstrukcyjne o zabytkowym charakterze, oraz ze złego stanu technicznego uniemożliwiającego często wykonanie stabilnego kotwienia. Przykład takiego trudnego remontu zabytkowego głównego ołtarza katedry w Opolu (rys. 13) opisano w [41]. Same rusztowania bywały czasem uwieczniane przez artystów. W średniowiecznym Kodeksie [12], w sposób charakterystyczny dla komiksu, przedstawiona została katastrofa rusztowania służącego malarzowi (rys. 14). Wizerunki diabłów na rycinie sugerują, że anonimowy





**Rys. 13.** Rusztowanie ustawiane do remontu zabytkowego ołtarza katedry w Opolu [40]



**Rys. 14.** Katastrofa średniowiecznego rusztowania, autor nieznan [12]

autor najwyraźniej przypisywał katastrofę działaniu sił nieczystych.

Piotr Bruegel Starszy na obrazie „Wieża Babel” (1563–1564) przedstawił kilka typów konstrukcji pomocniczych i narzędzi prostych. Malarz oczywiście nie mógł widzieć tej budowy, podobnie jak Antoni Möller, który w 1602 roku namalował obraz „Rekonstrukcja świątyni króla Joasa” (rys.15a). Budowa świątyni jest wyraźnie wyidealizowana, choć same rusztowania przedstawione są dosyć realistycznie (rys.15b), być może malarz oglądał inne rzeczywiste realizacje i na nich się wzorował. Obraz jest cennym źródłem informacji, jak kiedyś konstruowano rusztowania. Nie różnią się one zbytnio pod względem budowy od dzisiejszych, wyraźnie jednak widać, że dawniej nie przywiązywano żadnego znaczenia do bezpieczeństwa pracy: rusztowania nie mają borbac ani poręczy, transport pionowy odbywa się zwykłymi

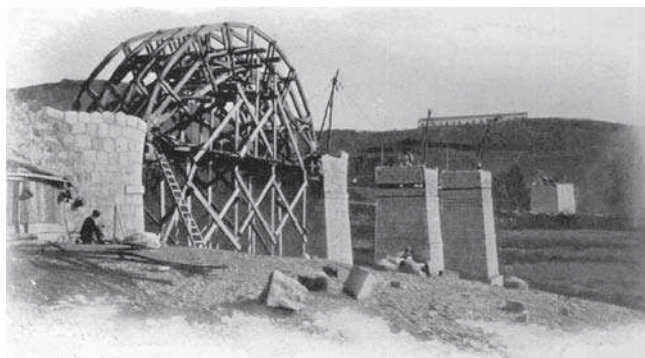


**Rys. 15.** a) obraz A. Möllera „Rekonstrukcja świątyni króla Joasa”, 1602, b) fragment obrazu ukazujący rusztowanie wokół wznoszonej kolumny. fot. Krystyna Augustyniak, Muzeum Narodowe w Gdańsku



**Rys. 16.** Kolumna Aleksandara I w rusztowaniu. Autor G. Gagarin 1832–1833, Saint Petersburg [54]





**Rys. 17.** Rusztowanie w czasie budowy mostu w Hiszpanii. Fotograf nieznan, 1913 [54]

chybotliwymi drabinami zamiast sztywnymi schodniami. Sprawiają też wrażenie bardzo wiotkich, stężenia są nieliczne, stabilność zapewniona jest w zasadzie tylko dzięki sztywności węzłów powiązanych sznurkami. Współcześnie takie rusztowanie nie zostałoby dopuszczone do użytkowania przez nadzór budowlany.

W znacznie bardziej realistyczny sposób przedstawione jest rusztowanie na obrazie „Kolumna Aleksandra I w rusztowaniu” (rys. 16). Grigory Gagarin namalował obraz w 1833 roku, miał wtedy 23 lata, można więc przypuszczać, że widział konstrukcję w rzeczywistości i nie jest ona jedynie wytworem jego wyobraźni. Na obrazie widać solidne belki stężące budowlę w obu płaszczyznach, namalowanie zatem takiej konstrukcji wymagałoby od artysty dobrej znajomości zasad mechaniki budowli. A najwyraźniej ich nie znał, bowiem uważny obserwator zauważył drobne błędy w przenikaniu się płaszczyzn stężeń i miejscach połączeń elementów, co dowodzi, że dla malarza były one raczej płataniną drewna, a nie układem konstrukcyjnym. Kolumna i jej rusztowania były zaprojektowane przez francuskiego architekta Augusta de Montferrand i są one interesującym dziełem inżynierskiego rzemiosła.

## 7. „Postęp to przemiana niemożliwego w możliwe, a możliwe w rzeczywiste” [Z. Dolatowski]

O wykorzystaniu rusztowań w historii przemysłu wiadomo niewiele, zachowały się przekazy o konstrukcjach pomocniczych służących do budowy i wodowania statków. Początkowo były to ruchome podkłady drewniane, stanowiące prymitywną formę późniejszych pochylni. Od XIII-XIV w. miejsca budowy statków miały charakter stały, dlatego zaczęto stawiać urządzenia techniczne nie ulegające likwidacji po zakończeniu budowy statku [7]. Pochylnie były to konstrukcje drewniane, stanowiące podstawę budowanego statku. Składały się z masywnych bali dębowych, wkopanych na głębokość od 4 do 6 stóp. Na nich ustawiano sztaple z bali w układzie każdorazowo przystosowanym do statku. Miejsca właściwej budowy statków, wyposażone w pochylnie,



**Rys. 18.** Jedno z najstynniejszych i największych rusztowań na świecie „Wolność w rusztowaniu” wykonane przez firmę Universal Supply Buildings, Nowy Jork 1984. fot. z archiwum USB

rusztowania, dźwigi i tratwy, było uważane za najważniejsze w całej stoczni [8].

Przykładem rusztowania stosowanego w budowie obiektów kolejowych jest konstrukcja umożliwiająca budowę mostu kolei Canaleo w Południowej Hiszpanii, zbudowanego tuż przed I wojną światową przez Kompanię niemiecką Orenstein & Koppel (rys. 17).

Rozkwit konstrukcji pomocniczych nastąpił wraz z rozwojem przemysłu w okresie powojennym. Budowano wtedy niesamowite konstrukcje przestrzenne, według indywidualnych projektów. Konstrukcje były stosowane zarówno przy budowie nowych obiektów, jak i remoncie czy rozbudowie istniejących.

Jedno z najstynniejszych i największych rusztowań ustawiono w latach 1983–1986 w Stanach Zjednoczonych. Statua Wolności, prezent od Francji dla Narodów Zjednoczonych, obchodziła wtedy stulecie istnienia i z tej okazji przystąpiono do generalnego remontu słynnego symbolu. Wokół Statuy ustawiono ogromne rusztowanie „otaczające ją jak sieć pajęcza” [26], na szczycie którego został zlokalizowany żuraw (rys. 18). Rusztowanie zdało niezwykle egzamin, bowiem w trakcie remontu przez Nowy Jork przeszedł huragan Gloria [43].

Realizacji takich powstawało i powstaje nadal bardzo wiele, nie sposób je tu wymienić. Opisywali je m.in. Coppel i Coulon [14].

## 8. „Wciąż się uczyć”

[Michał Anioł]

Oprócz typowo budowlanych zastosowań konstrukcje pomocnicze i tymczasowe są także obecnie wykorzystywane w innych dziedzinach życia. Buduje się z nich tymczasowe sceny koncertowe, obiekty sportowe jak skocznie rowerowe i narciarskie. Bywają podporami dla wspaniałych szopek budowanych w kościołach w okresie Bożonarodzeniowym. Artyści wykorzystują je jako nowoczesne instalacje w sztuce, mają też zastosowania komercyjne w reklamie i imprezach okolicznościowych (rys. 19). Są często stosowane jako niewidoczne podpory dla teatralnych i filmowych scenografii, czasem bywają istotnym elementem sceny (rys. 20). Od czasów Szekspira słowo pomost roboczy jest używane zamiennie z rusztowaniem, kiedy sztuki są wystawiane na podwyższonych platformach.

Na co dzień nie zwracamy jednak na nie uwagi, choć często są przykładem wspaniałych umiejętności inżynierów budowlanych. Każdy bowiem nietypowy obiekt musi być dokładnie zaprojektowany [45], aby był w stanie przenieść obciążenia od własnego ciężaru, instalacji i obciążeń środowiskowych jak wiatr, śnieg, oblodzenie



**Rys. 19.** Obiekty wykonane z elementów rusztowań, a) Łódź, fot. z archiwum firmy Altrad-Mostostal, b) tymczasowy amfiteatr i trybuna w czasie 47 KFPP w Opolu



**Rys. 20.** Scenografia teatralna do spektaklu „Baśń o grającym spodku”, Teatr Lalki i Aktora w Opolu. Scenograf Pavel Hubička, fot. Rafał Mielnik

czy wstrząsy sejsmiczne w obszarze aktywności kuli ziemskiej [44]. Inżynierowie stale muszą doskonalić swoje umiejętności, aby unikać katastrof takich, jak opisał Wullschleger [57].

## 9. Podsumowanie

Konstrukcje pomocnicze spełniały różnorodne funkcje, towarzyszyły człowiekowi niemal we wszystkich jego działaniach. Niektóre zadania spełniane przez konstrukcje pomocnicze są mało znane: konstrukcje pogrzebowe, ołtarze ofiarne, urządzenia do wykonywania kar: szafoty, gilotyny, konstrukcje pomocne przy zdobywaniu twierdz. Spełniały bardzo ważną rolę w dziejach – bez nich nie mogłyby powstać wspaniałe budowle, zapewne inaczej potoczyłyby się też wielkie bitwy. Także dziś zaskakują różnorodnymi funkcjami, np. w reklamie, sztuce.

Niestety stosunkowo niewiele o nich wiadomo. Z pisarzy starożytnych najwięcej uwagi poświęcił im Witruwiusz, dla kronikarzy średniowiecznych zwykle były one niewarte wzmianki. Archeologowie rzadko je odkrywają, bowiem rozbierano je po osiągnięciu celu do którego służyły, poza tym wykonane były z nietrwałych materiałów. Dopiero od okresu renesansu stosunkowo częściej pojawiają się, np. w literaturze, na obrazach i fotografiach.

Niedoceniane na przestrzeni dziejów konstrukcje pomocnicze odegrały ogromną rolę we wszystkich dziedzinach działalności człowieka. Towarzyszyły mu zarówno w tworzeniu, jak i niszczeniu. Były etapem do osiągnięcia celu, niejednokrotnie bardzo trudnego. Etapem koniecznym, jednak mało widowiskowym, wręcz nieładnym. Istotę znaczenia konstrukcji pomocniczych można odnaleźć w słowach Michała Anioła: „To, co się w największym wysiłku tworzy, winno wyglądać tak, jakby powstało szybko, prawie bez wysiłku, z zupełną łatwością, na przekór prawdzie”.



## Podziękowania

Autorki składają podziękowania Malwinie Łozińskiej z Instytutu Języka Polskiego Uniwersytetu Warszawskiego za konsultacje językowe. Chcemy również serdecznie podziękować wszystkim osobom, które udostępniły nam fotografie ze zgodą na publikację. Specjalne podziękowania należą się naszym kolegom, których konstruktywne uwagi wpłynęły na ostateczny kształt artykułu.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Albermani F. i inni, Lightweight bamboo double layer grid system. *Engineering Structures* Nr 29/2007
- [2] Anonima Dzieje pierwszej krucjaty albo czyny Franków i pielgrzymów jerozolimskich, tłum. K. Estreicher, Warszawa 1984
- [3] Arnold D., *Building in Egypt. Pharaonic Stone Masonry*, New York – Oxford 1991
- [4] Baczek B., *Jak wyjść z terroru*, Gdańsk, 2005
- [5] Barry J. i inni, *Witchcraft in Early Modern Europe: studies in culture and belief*, Cambridge University 1998
- [6] Bianchi V., Una missione quasi impossibile, *Medioevo Dossier*, t.4, Jean sire de Joinville, *Histoire de Saint Louis, Credo et Lettre a Louis X*, texte original, accompagné d'une traduction par Natalis de Wailly, Paris 1874
- [7] Binerowski Z., *Gdański przemysł okrętowy od XVII do początku XIX w.*, Gdańsk 1963
- [8] Binerowski Z., S. Gierszewski, *Rzemieślnicza produkcja drewnianych żaglowców od XIV do połowy XIX stulecia w Historia budownictwa okrętowego na Wybrzeżu Gdańskim*, red E. Cieślak, Gdańsk 1972
- [9] Bogucka M., *Staropolskie obyczaje w XVI-XVII wieku*. Warszawa 1994
- [10] Bruckner A., *Słownik etymologiczny języka polskiego*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1985
- [11] Bushnell D.I., *Burials of the Algonquian, Siouan and Caddoan Tribes West of the Mississippi*, Washington 1927
- [12] Cantigas Santa Maria, during the reign of Alfonso X El Sabio, *Codice E held in El Escorial*, 1280–1283
- [13] de Clari R., *Zdobycie Konstantynopola*, tłum. Z. Pentek, Poznań, 1997
- [14] Coppel Th., Colon J.J., *Echafaudages tubulaires: théorie et pratique*, Dunod, Paris, 1963
- [15] Domínguez Rodés M.C., Cañellas Martínez. S., *Materials for stained glass windows in catalonian documentation (14th and 15th centuries)*, *Journal of Cultural Heritage* Nr 9/2008
- [16] Dubisz S., *Uniwersalny słownik języka polskiego*, PWN Warszawa 2003
- [17] *Encyclopedia of North American Indians. Native American history, culture and life from paleo-indians to the present*, red. F.L. Hoxie, Boston-New York, Houghton Mifflin, 1996
- [18] Flavius J., *Bellum Judaicum (with an English Translation by H.St.J. Thackeray (Loeb Classical Library), vol.3, The Jewish War, Books IV-VII*, London – Cambridge Mass, 1928
- [19] Fra Dolino, *Nascita, vita e morte di un'eresia medievale*, a cura di R. Orioli, Milano 2004
- [20] Fleischman H., *La guillotine en 1793*, Librairie des Publications Modernes, Paris 1908
- [21] Galli Anonymi *Chronicae et gesta ducum sive principum polonorum* edidit K. Maleczyński, [w:] *Monumenta Poloniae Historica. Nova Series*, t II
- [22] Geoffroy de Villehardouin, *Zdobycie Konstantynopola*, tłum. Z. Penek, Poznań 2003
- [23] Gerould D., *Guillotine. Its legend and love*. Blast Books, New York 1990
- [24] Gill D., *A natural spur at Masada*, *Nature* Nr 364/1993
- [25] Hartley D., Elliot M.M., *Life and Work of the People of England: The 14th Century*, Putnam's, New York and London, 1929
- [26] Holland F.R., *Idealists, scoundrels, and the lady: an insider's view of the Statue of Liberty-Ellis Island project.*, University of Illinois Press, 1993
- [27] Homer, *The Iliad*, red. A.T. Murray, Cambridge, Mass. Harvard University Press, London, W. Heinemann, 1988–1993
- [28] Homer, *The Odyssey*, red. A.T. Murray, Cambridge, Mass. Harvard University Press, London, W. Heinemann, 1975–1976
- [29] Koziejowski W., *Późnoromańskie formy stylowe w architekturze wieży na zamku lubelskim*, *Studia i materiały lubelskie*, Lublin 1982
- [30] Lehner M., *The Complete Pyramids*, Cairo 1997
- [31] Łoziński M. i inni, *Słownik zapożyczeń niemieckich w polszczyźnie*, PWN, Warszawa 2008
- [32] Łoziński W., *Życie polskie w dawnych wiekach*. Warszawa 2006
- [33] *Magistri Vincenti dicti Kadlubek, Chronica Polonorum* edidit M. Plezia, [w:] *Monumenta Poloniae Historica. Nova Series*, t. XI
- [34] Markowski A., *Nowy słownik poprawnej polszczyzny*, PWN, Warszawa 1999
- [35] Milewska M., *Ocet i łyzy*, Gdańsk 2001
- [36] Neihardt J.G., DeMallie R.J., *The Sixth Grandfather: Black Elk's Teachings Given to John G. Neihardt Lincoln*. University of Nebraska Press, 1985
- [37] Pacyniak C., *Najstarsze drzewa w Polsce*, Warszawa 1992
- [38] *Parentalia Mariae Clementinae Magn. Britan. Franc., et Hibern. Regin. Jussu Clementis XII. Pont. Max., G.M. Salvioni*, Rome 1736
- [39] PN-EN 1991-1-6. Eurokod 1. *Oddziaływania na konstrukcje, część 1-6: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania w czasie wykonywania konstrukcji*
- [40] Piwkowski W., Rawski H., Rawska-Skotniczny A., Molak E.: *Renowacja ołtarza głównego w Katedrze Opolskiej*, *Przegląd Budowlany* Nr 1/2002.
- [41] Pritzker B.M., *A Native American encyclopedia: history, culture, and peoples*, Oxford Univ. Press, 2000
- [42] Prokopiusz z Cezarei, *O budowlach*, tłum. P.Ł. Grotowski, Warszawa 2007
- [43] Ratay R.T., *Wind design problems with building structures during constructions*. *Journal of Aerospace Engineering ACSE*, Nr 2/1989.
- [44] Rawska-Skotniczny A., *Obciążenia budynków i konstrukcji budowlanych według Eurokodów*, wyd. 2 uzup. i pop., WN PWN, Warszawa 2014
- [45] Robak A., Pieńko M., Błazik-Borowa E., *Examples of unusual construction scaffoldings used for renovation works of historic buildings*, *Civil And Environmental Engineering Reports* Nr 3/2015
- [46] Rowe H., *Information respecting the history, condition and prospects of the Indian tribes of the United States*, Philadelphia, Lippincott 1851-1857
- [47] Rozwałka, R. Niedźwiadek, M. Stasiak, *Lublin wczesnośredniowieczny. Studium rozwoju przestrzennego*. Warszawa 2006
- [48] Słuhovsky M., *The Devil in the Convent*, *The American Historical Review*, Nr 5/2002
- [49] Teterycz-Puzio A., Rawska-Skotniczny A., *Średniowieczne budowle basztowe w systemie obronnym północno-wschodnich kresów Małopolski – donżon w Lublinie*, pod red. T. Ciesielski. *Zamki, twierdze i garnizony Opola, Śląska i dawnej Rzeczpospolitej*, Inforteditions, Zabrze, 2010
- [50] Tyszkiewicz J., *Geografia historyczna Polski w średniowieczu*, Warszawa 2003
- [51] Urbańczyk i inni, *Słownik staropolski*, PAN, Warszawa 1977-81
- [52] Vasari G., *Żywoty najświetniejszych malarzy, rzeźbiarzy i architektów*, tłum. K. Estreicher Warszawa, 1980
- [53] Vergil, *Aeneid*, red. R.A.B. Mynors, Oxford 1969
- [54] Wikimedia Commons, materiały informacyjne serwisu [www.commons.wikimedia.org](http://www.commons.wikimedia.org)
- [55] Witruwiusz, *O architekturze ksiąg dziesięć*, tłum. K. Kumaniecki, Warszawa 1999
- [56] *Wratlaviae Amici*, materiały informacyjne serwisu [www.dolny-slask.org.pl](http://www.dolny-slask.org.pl)
- [57] Wullschlegler L. I inni, *Structural collapse of a freestyle ski-jump*, *Engineering Failure Analysis* Nr 14/2007
- [58] Yarrow H.C., *A further contribution to the study of the mortuary customs of the North American Indians*, *Extracted from U. S. Bureau of American Ethnology. First annual report*, 1879-80
- [59] Yu W.K. i inni, *Column buckling of structural bamboo*. *Engineering Structures* Nr 25/2003