

WYBRANE ZAGADNIENIA BEZPIECZEŃSTWA KONSTRUKCJI OBIEKTÓW W OBSZARZE LAGUNY WENECJI

Bogdan SIEDLECKI*

*Wydział Architektury
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
ul. Podchorążych 1, 30-084 Kraków, Polska

E-mail: bogdansid@gmail.com , URL: <http://kpab.pk.edu.pl>

Słowa kluczowe: *architektura, system konstrukcyjny, geologia*

ABSTRAKT

Umiejętność właściwego wykorzystania współczesnych osiągnięć technik budowlanych w zakresie prac konserwatorskich, naprawczych, remontowych jest podstawą zachowania dziedzictwa kulturowego. Czy warto, więc ponosić ogromne nakłady finansowe związane z zabezpieczaniem i utrzymywaniem budowli historycznych, w sytuacji, kiedy nie ma gwarancji na osiągnięcie planowanego efektu? Dwa argumenty są nie do podważenia: historyczny, poparty cytatem polskiego męża stanu, Józefa Piłsudskiego: „Naród, który traci pamięć przestaje być Narodem – staje się jedynie zbiorem ludzi, czasowo zajmujących dane terytorium” i drugi – ekonomiczny; atrakcyjne zabytkowe miejsca przyciągają turystów, ci z kolei ożywiają tkankę miejską, nocują, korzystają z restauracji, barów, sklepów. Dla nich warto organizować imprezy, a te z kolei przyciągają turystów – i tak zamyka się koło mechanizmu ekonomiki. Wenecjanie wykopują, odkopują, pogłębiają kanały, realizują coraz trudniejsze inwestycje niepozostające jednak bez wpływu na cały obszar Laguny. Niektóre działania prowadzą do nieodwracalnych zniszczeń zarówno obiektów jak i szeroko rozumianego środowiska naturalnego.

Najstarsze zachowane pałace weneckie datowane są na XIII wiek. Ich poziom posadowienia sięga do warstwy nośnej, którą tworzą gliny i gliny piaszczyste, nakryte różnej grubości strefą nawodnionych, a więc niestabilnych piasków.

Takie warunki gruntowe wymusiły zastosowanie pośredniego systemu posadowienia budynków z wykorzystaniem pali. Konstrukcje te musiały przejść przez słaby muł, warstwy organiczne, aż do części strefy, którą stanowiła twarda glina, zdolna utrzymać ciężar budynków umieszczonych powyżej, na koronach pali.

Na przełomie XIII i XIV w nastąpiła istotna zmiana hydraulicznego procesu napełniania laguny związanego z występującymi powodziami następujących z dopływów rzek. Zjawisko napełniania słodką wodą zostało spowolnione poprzez przekierowanie rzeki Brenta, Sile i Piave, w kierunku portu weneckiego dla ułatwienia utrzymania kanałów żeglownych. Po usunięciu wody słodkiej w lagunie, nastąpiło zmniejszenie odporności na korozję gleb bagiennych a kombinacja chemiczna składników wody morskiej, doprowadziła do utraty naturalnej konsystencji warstw geologicznych.

Zmiana składu chemicznego wód laguny doprowadziła do znacznego zwiększenia korozji biologicznej zarówno drewna jak i elementów kamiennych posadowienia obiektów. Sytuacja ta była bodźcem do rozpoczęcia działań w kierunku zabezpieczenia istnienia miasta. Niezależnie od prostych robót budowlanych prowadzone są również wielopłaszczyznowe badania prowadzone przez prof. Rachel Armstrong, bazujące na syntetycznych aplikacjach biologicznych dla środowiska naturalnego¹. Pozwalają one na stworzenie między innymi sztucznej rafy wapiennej pod Wenecją, kompleksowo wzmacniające całe, płytkie podłoże geologiczne.

Współczesna technika pozwala na skuteczne określenie przydatności konkretnej lokalizacji do celów inwestycyjnych. Szeroko rozwinięta technika sondowania daje precyzyjny obraz warstw geologicznej budowy podłoża. Tak więc, głębokie badania geologiczne i analizy struktur podziemnych płyt tektonicznych dały możliwość przeprowadzenia symulacji podniesienia całego obszaru laguny weneckiej nawet o kilkadziesiąt centymetrów. Poprzez iniekcje powodujące zwiększenie objętości wybranych stref w warstwach geologicznych, [Fig. 1](#).

¹ Rachel Armstrong - profesor architektury eksperymentalnej na Wydziale Architektury, Planowania i Pejzaży, na Uniwersytecie Newcastle.

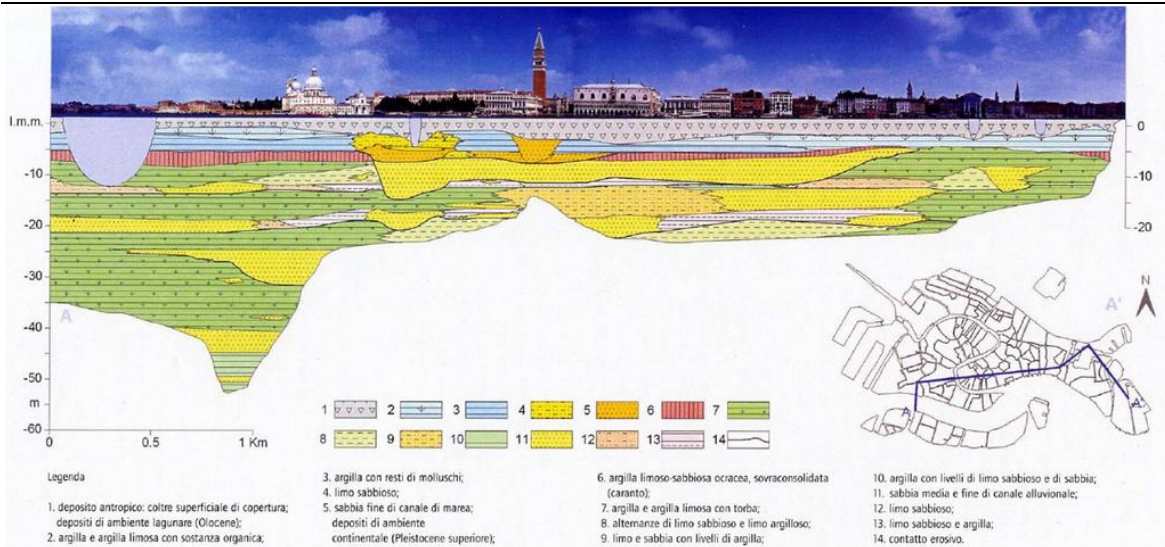


Fig. 1. Głęboka struktura geologiczna pod Laguną Wenecką²

Prowadzone są również inwazyjne, dynamiczne technologie wzmocnienia warstw geologicznych gruntu, co jednak stanowi pewne zagrożenie obiektów zabytkowych, zwłaszcza w zabudowie zwartej, Fig. 2. Zarówno pale wbijane jak i instalowanie szczelnych grodzi „Larsena” technologią wbijania może doprowadzić poprzez propagację drgań do spotęgowania istniejących uszkodzeń obiektów.



Schemat	Proces	Charakterystyka	Zastosowanie	Ograniczenia
	Iniekcja penetracyjna (iniekcji krzemionkowej)	Wypełnianie porów gruntu (szkło wodne i utwardzacz)	Wzmocnienie i uszczelnianie gruntu	Za małą porowatość
	Iniekcja penetracyjna (spotw hydraulicznej)	Wypełnianie porów gruntu (cementy zwykłe i ultradrobne, spoiwa)	Wzmocnienie i uszczelnianie gruntu, wypełnianie szczelin	Za małą porowatość
	Iniekcja strumieniowa (Jet Grouting, Soilcrete®)	Hydrauliczne rozluźnienie gruntu (możliwość uformowania zadanej bryły zeskalenia)	Wzmocnienie i uszczelnianie gruntu, podchwytywanie fundamentów	Skąły
	Iniekcja rozrywająca (Hydraulic fracturing, Soilfrac®)	Hydrauliczne szczelninowanie gruntu (brak możliwości uformowania zeskalonej bryły)	Wypełnianie	Skąły
	Iniekcja rozpychająca (Compaction Grouting, Displacement Grouting)	Rozpychanie i ścisnienie gruntu przez iniekt o wysokim tarczu (brak urobku)	Zagęszczanie i wypełnianie pustek	Skąły

Fig. 2. Różne skale możliwych technologii naprawczych

Dopiero na bazie szczegółowych badań można rozpocząć prace projektowe związane z doбором systemu, jaki spełniłby oczekiwania pod względem możliwości technicznych i przede wszystkim konieczności zachowania bezpieczeństwa budowli wraz z jej szeroko rozumianym otoczeniem.

² <https://docplayer.org/207956627-On-the-long-term-behaviour-of-wooden-pile-foundations-in-venice.html>

Pozostają, więc do dyspozycji technologie umożliwiające łagodne wprowadzenie samych urządzeń materiałów stabilizujących w strefę posadowienia obiektów, zmieniając tym samym warunki gruntowe. Same odwierty, bez względu na technologie ich wykonania, w zależności od dostępu do strefy fundamentowej prowadzić można zarówno w pionie, jak i pod dowolnym kątem. Podobnie jak w technologii przecisku instalacyjnego pod drogami.

Które ze stosowanych technologii okażą się pomocne w zabezpieczeniu Wenecji przed destrukcją. Realizowane są również nowatorskie projekty inżynierskie; m.in. o nazwie MOSE, polegający na budowie potężnych, ruchomych, segmentowych zapór w celu odizolowania Laguny od Adriatyku, na czas powstawania zbyt wysokich pływów.

Niezależnie od wszystkich uwarunkowań społecznych, gospodarczych czy politycznych to wspiane miasto nie poradzi sobie bez pomocy z zewnątrz – a więc pomocy nas wszystkich: architektów, artystów, naukowców, budowlańców, ale i turystów też.

LITERATURA

- [1] Biscontin G., Guidelines for the interventions of consolidation of foundations based in wooden poles, Università Ca' Foscari di Venezia, Wenecja 2012.
- [2] Bonardi M., Canal E., Cavazzoni S., Serandrei Barbero R., Tosi L., Enzi S., Impact of paleoclimatic fluctuations on depositional environments and human habitats in the Lagoon of Venice (Italy), „World Resource Review” 1998, vol. 11, no. 2.
- [3] Evans D.W., Next generation technology for corrosion protection in ground support elements, Coal Operators' Conference, 12–14 February 2014, The University of Wollongong, Northfields Ave, Australia.
- [4] Kent V.D., Rio D., Massari F., Kukla G., Lanci L., Emergence of Venice during the Pleistocene, „Quaternary Science Review” 2002, vol. 21.
- [5] Ossowski M., Borowski T., Tarnowski M., Wierzchoń T., Cathodic Cage Plasma Nitriding of Ti6Al4V titanium alloy, „Materials Science – Medziagotyra” 2016, nr 22.
- [6] Szypilow A., Modernizacja nabrzeża w warunkach jego ciągłej eksploatacji, „Inżynieria Morska i Geotechnika” 2005.
- [7] Rębielak J.: *System of combined foundation for tall buildings*, Journal of Civil Engineering and Architecture, Vol. 6, No 12, December 2012, (Serial No 61), s. 1627-1634.
- [8] Topolnicki M., Podchwytywanie i podnoszenie obiektów budowlanych za pomocą kontrolowanych iniekcji geotechnicznych, Keller Polska Sp. z o.o., XXV Konferencja Naukowo-Techniczna, Międzyzdroje 2011.
- [9] Tosi L., Carbognin L., Teatini P., Strozzi T., Wegmüller U., Evidence of the present relative land stability of Venice, Italy, from land, sea, and space observations, „Geophysical Research Letters” 2002, vol. 29, no. 12.