

Marta WARDAS-LASOŃ¹
Mikołaj ŁYSKOWSKI²
Jerzy MOŚCICKI³
Tadeusz SOKOŁOWSKI⁴
Anna BOJEŚĆ-BIAŁASIK⁵
Dariusz NIEMIEC⁶
Agata KUCIA⁷
Aldona GARBACZ-KLEMPKA⁸
Ewelina MAZUREK⁹
Michał ĆWIKLIK¹⁰
Mariola MARSZAŁEK¹¹
Agata KASPRZAK¹²
Jerzy ZIĘTEK¹³

ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI PODŁOŻA W ASPEKCIE ZAGROŻENIA BUDOWLI KLASZTORNICH W REJONIE UL. POSELSKIEJ W KRAKOWIE¹⁴

Zapadanie skrzydła południowo-zachodniego kapelanii przy kościele św. Józefa S.S. Bernardynek postępuje od 2010 roku, powodując pęknięcie murów okalających

¹ Autor do korespondencji: AGH w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, 12 617 35 57, mw@geol.agh.edu.pl, AGH Centrum Badań Nawarstwien Historycznych

² AGH w Krakowie, 12 617 44 64, lyskowski@geol.agh.edu.pl

³ AGH w Krakowie, 12 617 23 59, moscicki@geol.agh.edu.pl

⁴ AGH w Krakowie, 12 617 41 68, tsokol@agh.edu.pl

⁵ PK, ul. Kanonicza1, 31-002, Kraków, 12 628 24 08, bialasik.a@wp.pl

⁶ UJ w Krakowie, ul. Gołębia 11, 31-007 Kraków, 12 66312 88, dariusz.niemiec@uj.edu.pl

⁷ UJ w Krakowie, 12 66312 88, agatakucia@tlen.pl.

⁸ AGH w Krakowie, 12 617 27 74, agarbacz@agh.edu.pl., AGH Centrum Badań Nawarstwien Historycznych

⁹ AGH w Krakowie, 12-617 44 64, emazurek@geol.agh.edu.pl.

¹⁰ AGH w Krakowie, 12 617 23 59, cwiklik@agh.edu.pl.

¹¹ AGH w Krakowie, 12 617 23 76, mmarszal@agh.edu.pl.

¹² AGH w Krakowie, 600 216 131, agata.kasprzak@gmail.com.

¹³ AGH w Krakowie, 12 617 46 01, zietek@geol.agh.edu.pl., AGH Centrum Badań Nawarstwien Historycznych

¹⁴ Temat jest realizowany przez Centrum Badań Nawarstwien Historycznych

ogród, a zwłaszcza pomieszczeń piwnicznych pod zabudowaniami przykościelnymi. Celem badań jest określenie właściwości i stratygrafii gruntów w podłożu zagrożonego obiektu, jak i w najbliższym jego sąsiedztwie. Archeologiczne źródła i ich międzydziedzinowa interpretacja w kontekście wykonanych profili geologicznych, w oparciu o odwierty i wąskoprzestrzenne odkrywki, wykazały złożony układ nawarstwień historycznych i ich potencjalne oddziaływanie na budowle. Oprócz odwiertów i badań gruntoznawczych przeprowadzono georadarowe i elektrooporowe rozpoznanie ośrodka pod poziomem piwnic oraz badania geochemiczne próbek gruntu. Wyznaczony poziom calca jednoznacznie wskazuje na położenie zagrożonych obiektów w strefie 30 stopniowego skłonu pierwotnej morfologii terenu, w którego dnie znajdują się podatne na upłynnienie namuły. W stratygrafii wyróżniono także obecność znacznej miąższości, nierównomiernie zalegającej warstwy organicznej o dużej ściśliwości i małej nośności, stanowiącej materię wybitnie niebudowlaną. Na mechanikę budowli mają wpływ zróżnicowane pod względem stateczności utwory, ale także obecność sztywnych, historycznych obiektów fundamentowych. Istnienie tego typu czynników uzewnętrzniło się w postaci pęknięć murów w rejonie budowli klasztoru, a także zaburzenia poziomu podłóg szczególnie widoczne w piwnicach kapelanii. Obserwowane rozluźnienie struktury podłoża, o zasięgu większym niż teren klasztoru SS. Bernardynek, związane jest prawdopodobnie z szeregiem odwodnień głębokich wykopów wykonywanych w związku z wieloma realizowanymi inwestycjami w gęsto zabudowanej, zabytkowej części Starego Krakowa. Rozwój nowoczesnego miasta w sieci nawarstwień historycznych wymaga stałego monitorowania warunków wodno-gruntowych podłoża. Zarówno nadmierny drenaż, jaki i zbyt duża retencja wód zaburza stateczność zabytkowych budowli i grozi katastrofą budowlaną.

Słowa kluczowe: nawarstwienia historyczne, stratygrafia, namuły, geochemia, artefakty, żuźle

1. Warunki posadowienia na warstwach kulturowych

1.1. Przyczyny niestabilności podłoża

Grunty nawarstwień historycznych zabytkowych miast charakteryzują się znaczącym zróżnicowaniem właściwości fizykomechanicznych [37]. Depozyty i zasypy, różnego rodzaju konstrukcje wkopane w ziemię, jak latryny czy studnie, zasypane bruki lub ciekły to najczęstsze czynniki powodujące niejednorodność podłoża [47]. Charakterystyczną cechą jest zmienny skład granulometryczny i fazowy warstw ziemi, a przez to duże różnice podatności do zatrzymywania wody, kształtowane głównie udziałem detrytusów organicznych i substancji ilastej [11].

Realizacja nowych inwestycji wynikających ze zmian zagospodarowania przestrzennego oddziałuje na właściwości podłoża. Budowy wymagające głębokich wykopów z jednej strony powodują powstawanie lejów depresyjnych, zwykle o zasięgu większym niż powierzchnia inwestycji, z drugiej głębokie fundamenty nowopowstałych obiektów zachowują się jak trudno przepuszczalne bariery dla przesączających się wód, generując innego typu naruszenie stosunków

wodno-gruntowych. Niekorzystne warunki posadowienia próbuje się poprawiać rozwiązaniami technicznymi, takimi jak iniekcyjne mikropalowanie, czy osuszanie gruntów, które wzmacniają ich nośność.

W centrach zabytkowych miast, w przeszłości zwykle otoczonych bagnami, fosami i zamkniętym pierścieniem murów obronnych [1, 3, 9, 10, 18, 19, 27, 33, 40, 48, 49, 50] każda ingerencja w infrastrukturę podziemną po pewnym czasie ujawnia się bardzo znacznymi zmianami właściwości gruntów. Na zabytkowych murach budowli pojawiają się rysy i pęknięcia wynikające z deformacji podłoża.

1.2. Warunki posadowienia w obrębie Plant w Krakowie

Warunki posadowienia w obrębie Plant w Krakowie nie sprzyjają zabytkowym budowlom i prawdopodobnie podlegają niekorzystnym zmianom od dawna, szczególnie intensywnym począwszy od roku 1822, kiedy przystąpiono do burzenia murów obronnych, zasypywania fos i zamiany tych fortyfikacji na Planty. Występująca w obrębie nawarstwień historycznych, szczególnie w organicznych pokładach mierzwy, wysadzinowość gruntów, oraz podatność na upłynnianie warstw osadów wodnych obecnych w podłożu [24, 29, 30, 43, 45] w strefach biegu cieków, fos, rynsztoków i w miejscach wszelkich obniżen terenu, sprzyjających gromadzeniu się błota ze zmywów powierzchniowych, to szczególnie newralgiczne rejonu Starego Krakowa [14].

Najwyraźniejsze objawy skutków utraty stabilności gruntów obserwuje się w przypadku obiektów położonych właśnie w bezpośrednim sąsiedztwie Plant (Rys. 1).



Rys. 1. Topografia i układu urbanistyczny średniowiecznego Krakowa z zaznaczonymi przykładami zagrożonych obiektów zabytkowych ze strony niestatecznego podłoża (na podstawie [23])

Fig. 1. Topography and urban layout of Medieval Krakow, with the objects marked, which are endangered because of unstable ground (based on [23])

Od wielu lat obserwuje się uszkodzenia wielu zabytkowych budynków w postaci zarysowań, a ostatnio powiększających się rozwartości rys, czy pęknięć. Towarzyszą temu zjawiska niszczenia infrastruktury wodno-kanalizacyjnej, które dodatkowo pogarszają stan podłoża. Przykładowo w rejonie Muzeum Archeologicznego (róg Poselskiej i Senackiej), klasztoru Ojców Reformatów (róg Reformatów i św. Tomasza), klasztoru Dominikanek i kościoła Matki Boskiej Śnieżnej, przy ul. Mikołajskiej w Krakowie, zwanym też na Gródku, czy wreszcie klasztoru Bernardynek i kościoła św. Józefa przy ul. Poselskiej na budowlach i murach je okalających widoczne są strefy spękań.

2. Położenie, układ i historia utworzenia klasztoru SS. Bernardynek w Krakowie przy ul. Poselskiej 21

2.1. Układ i historia utworzenia klasztoru SS. Bernardynek w Krakowie

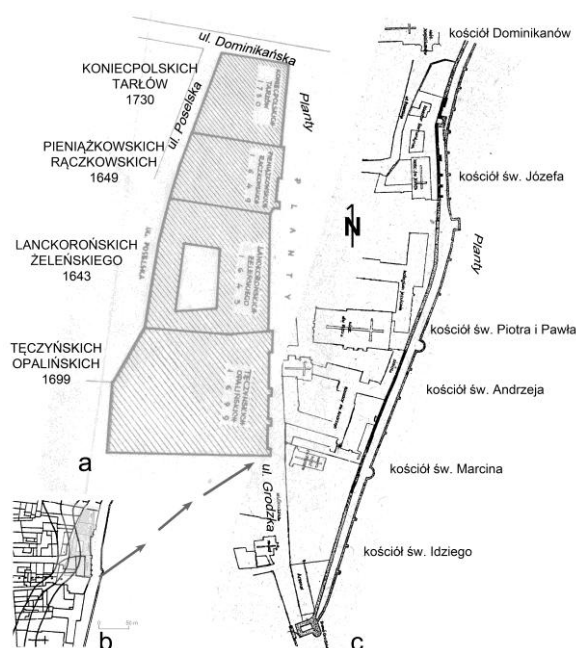
Na Stradomiu, południowym przedmieściu Krakowa, pod koniec XVI wieku istniały nad Wisłą dwa żeńskie klasztory Bernardynek, jeden Koletek po stronie dzisiejszej ulicy Koletek, a drugi przy obecnej ul. św. Agnieszki [6, 8, 15, 16, 17, 28, 41, 42, 44, 51]. Stradom w tych czasach stanowił jakby półwysep oblany wodami rzeki Wisły, dlatego z powodu „każdorocznie praktykowanych wylewów wody” siostry podjęły starania o nową siedzibę „już w obrębie murów miasta Krakowa”. W 1646 roku przy wschodniej części dzisiejszej ulicy Poselskiej założono klasztor SS. Bernardynek i dobudowano do niego drewniany kościół św. Józefa.

Siostra Teresa, z domu Zadzikówna, jeszcze jako przełożona klasztoru św. Agnieszki, rozszerzyła jego zabudowania, odkupując kilka sąsiadujących kamienic, założyła ogród i otoczyła całość murem. Dążyła tam do wybudowania wałów ochronnych by strzec niszczone wodą i zawilgocone mury klasztoru przed wylewami, jednak inwestycja nie doszła do skutku.

Jedynym sposobem zabezpieczenia sióstr na wypadek powodzi była nowa fundacja. Po uzyskaniu pozwolenia króla Władysława IV oraz za zgodą biskupa krakowskiego Piotra Gembickiego 5 października 1644 r. odkupiono na ten cel od Stanisława Żeleńskiego piękny, renesansowy dworek, dawniej posiadłość Lanckorońskich i przystosowano go do potrzeb klasztornych. Dworek położony był przy południowo-wschodnich murach miejskich, w przecznicy Grodzkiej, zw. Poselską, pomiędzy dworkiem Opalińskich, dawniej Tęczyńskich od południa, a tzw. Pieniążkowskim od północy. Dwa lata siostra Teresa starała się o dekret erekcyjny i wprowadzenie się sióstr do klasztoru, gdyż władze miasta nie wyrażały zgody na jeszcze jeden klasztor w obrębie murów, który nie był zobowiązany do opłat miejskich. W 1649 r. siostra Teresa w ramach urzędowania klasztoru dobudowała drewniany kościół św. Józefa i cele mieszkalne. Rozszerzyła budynek klasztorny od strony północnej o dokupiony zrujnowany dworek Raczkowskich, dzierżawiony przez Koniecpolskich, czyniąc starania o przejęcie

także placu zwanego „pustki”, na który prawie z całego miasta zwożone były śmieci. Kiedy w 1730 r. ruiny i plac stały się własnością klasztoru siostry przystąpiły do ogrodzenia gruntu. Budynek dzisiejszej kapelanii stoi także w miejscu dokupionego niegdyś dworku Bębnowskich [6, 8].

Panująca w roku 1652 w Krakowie zaraza i najazd szwedzki (1655-1657) spowodowały, że klasztor popadł w ruiny. Dopiero staraniem siostry Franciszki Brzechwianki udało się nabyć dwór i plac od starosty nowomiejskiego Opalińskiego, graniczący z kolegium jezuickim przy kościele św. Piotra i Pawła. W 1694 r. na tym miejscu wybudowano nowy, istniejący do dziś, kościół św. Józefa. Warte podkreślenia jest, że zakupiony plac był pusty. W 1708 r. został otoczony murem, uporządkowany i obsadzony drzewami, by mógł pełnić rolę ogrodu klasztornego [8] (Rys. 2).

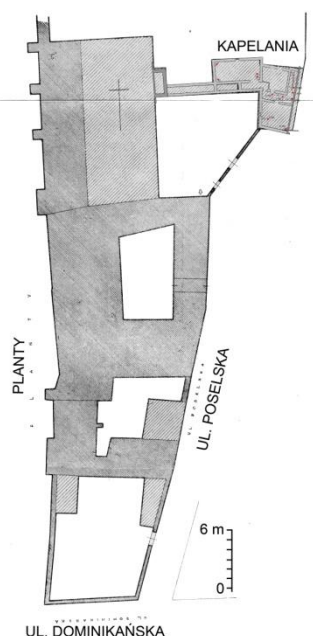


Rys. 2. Schematyczne rozmieszczenie dworków, które złożyły się na dzisiejszy kompleks klasztorny ss. Bernardynek przy ul. Poselskiej 21 (a), położenie w rejonie północnego przedpoła Okołu (b), w sąsiedztwie ówczesnych murów miejskich, dzisiejszych Plant (c) [na podstawie 4, 8, 23]

Fig. 2. Schematic layout of the manors, which constitute the present-day monastery building complex of the Bernardine Sisters at Poselska 21 St. (a), its location in the area of Okół foreground (b), in the neighbourhood of the town walls then, today's Planty (c) [based on 4, 8, 23]

W wyniku II rozbioru Polski w 1788 r. doszło do przeniesienia sióstr z klasztoru św. Agnieszki i do św. Józefa. Od kiedy w 1796 roku klasztor przeszedł pod panowanie austriackie i jego stan materialny znacznie się obniżył, dopiero połączenie zgromadzeń mogło poprawić tę sytuację. W latach 1821-22

miało miejsce burzenie dawnych fortyfikacji, a przy tej okazji rozebrano mury klasztorne „na pustkach” i mury otaczające ogród za kościołem, w ich miejsce stawiając nowe. Siostry Koletki w roku 1823 chętnie przeniosły się z klasztoru stale narażonego na częste wylewy Wisły, na teren północnego przedpoła Okołu, położonego w południowo-wschodniej części Starego Krakowa, choć kolejne lata nie były wolne od problemów. W 1850 pożar Krakowa dotknął także zabudowań klasztornych, mimo to do większych remontów doszło dopiero w 1875 r. „Korytarzyk komunikacyjny”, który połączył mieszkanie kapelana – kapelanię, z wejściem do kościoła, dobudowano w 1879 r., w latach 1895-96 pokryto rozmównicę, refektarz i oficyny blachą cynkową, a kościół miedzianą. Urządzenia wodociągowe doprowadzono do klasztoru w 1902 r. W latach 1935-36 zburzono dawną kapelanię, a na jej miejscu postawiono nową podpiwniczoną (Rys. 3) [8].



Rys. 3. Plan sytuacyjny klasztoru sióstr Bernardynek, z nałożonym planem piwnic kapelanii z 1935 r. [na podstawie 8]

Fig. 3. Location plan of the Bernardine Sisters against the plan of the chaplain's quarters cellars, coming from 1935 [based on 8]

2.2. Położenie klasztoru ss. Bernardynek

Rejon, na którym usytuowane są zabudowania klasztorne św. Andrzeja, Marcina, Piotra i Pawła oraz Józefa i Dominikanów w stosunku do ul. św. Gertrudy (203 m n.p.m.) stanowi wzniesienie, najwyraźniejsze przy klasztorze Dominikanek Na Gródku (212 m n.p.m.). Z przeciwnej strony od ul. Straszewskie-

go (206 m n.p.m.) teren także się podnosi w kierunku na wschód ul. Poselskiej, ku kościołowi św. Józefa (211 m n.p.m.) i na północ ku Kleparzowi (215 m n.p.m.). Od podnóża Wawelu (208 m n.p.m.) łagodnie wznoszące się ku północy Śródmieście (211 m n.p.m.) bardzo znacznie opada na obie strony, wschodnią i zachodnią Plant, położonych na wysokości średnio 205 m n.p.m. Takie ukształtowanie powierzchni lewobrzeżnej części miasta to wynik celowych zabiegów związanych z formowaniem nasypów pod drogi, obejścia domów i brzegi, ale także wielowiekowego nawarstwiania się depozytów. Rosnąca gęstość zabudowy rozwijającego się miasta sprzyjała szybkości odkładania się substancji mineralnej i organicznej, szczególnie w obrębie murów, fos i wałów [2, 10, 12, 20, 36, 39, 52].

Calcem Śródmieścia są utwory piaszczyste, plejstocenske, wyniosłości będącej stożkiem napływowym Prądnika, wpadającego do Prawisły na terenie Śródmieścia. Jego położenie wykreśla pierwotną topografię odpowiednio na poziomie niższym o mniej więcej 5 m, z powolnym spadkiem na linii północ-południe, obecnie około 8,4 m, w okresie przedlokacyjnym 7,6 m [10, 20, 38], co oznacza, że nasypy tworzą powierzchnię mniej więcej równoległą. Badania Radwańskiego [9, 10, 25, 26, 33, 34, 35, 50] na terenie Okołu wykazały istnienie znacznego, nawet do 11 m obniżenia pomiędzy powierzchnią Placu Dominikańskiego, a ulicą Poselską, względnie Senacką, którym mogła biec fosa obronna. Położenie klasztoru, będącego zlepkiem kilku różnych zabudowań, a także historia zwłaszcza dziejów tego miejsca oraz kolejne zmiany zagospodarowania przestrzennego znajdują odbicie w stanie obiektów.

3. Wyniki interdyscyplinarnych badań podłoża budowli klasztornych w rejonie ul. Poselskiej 21 w Krakowie

Badania w zakresie zagadnień architektonicznych i archeologicznych oraz geologicznych, geomorfologicznych, geofizycznych i geochemicznych dotyczyły identyfikacji głównych przyczyn uszkodzeń materii budowlanej obiektów, szczególnie kapelanii kościoła św. Józefa, stanowiącego świątynię klasztorną SS. Bernardynek.

W pierwszym etapie (listopad 2013 – styczeń 2014) wykonano pomiary georadarowe i wstępne elektrooporowe oraz odwierty geologiczno-archeologiczne, w tym badania geochemiczne gruntów podłoża. Dotyczyły one głównie podłoża piwnicy kapelanii. Na terenie dziedzińca i ogrodu klasztornego wykonane zostały rozpoznawcze pomiary georadarowe. W rejonie sąsiednich posesji, w tym w piwnicach kamienicy przy ul. Poselskiej 19 i położonej po przeciwnej stronie ulicy od lat obserwowane są niepokojące zjawiska, które wpływają na stan techniczny konstrukcji budynku.

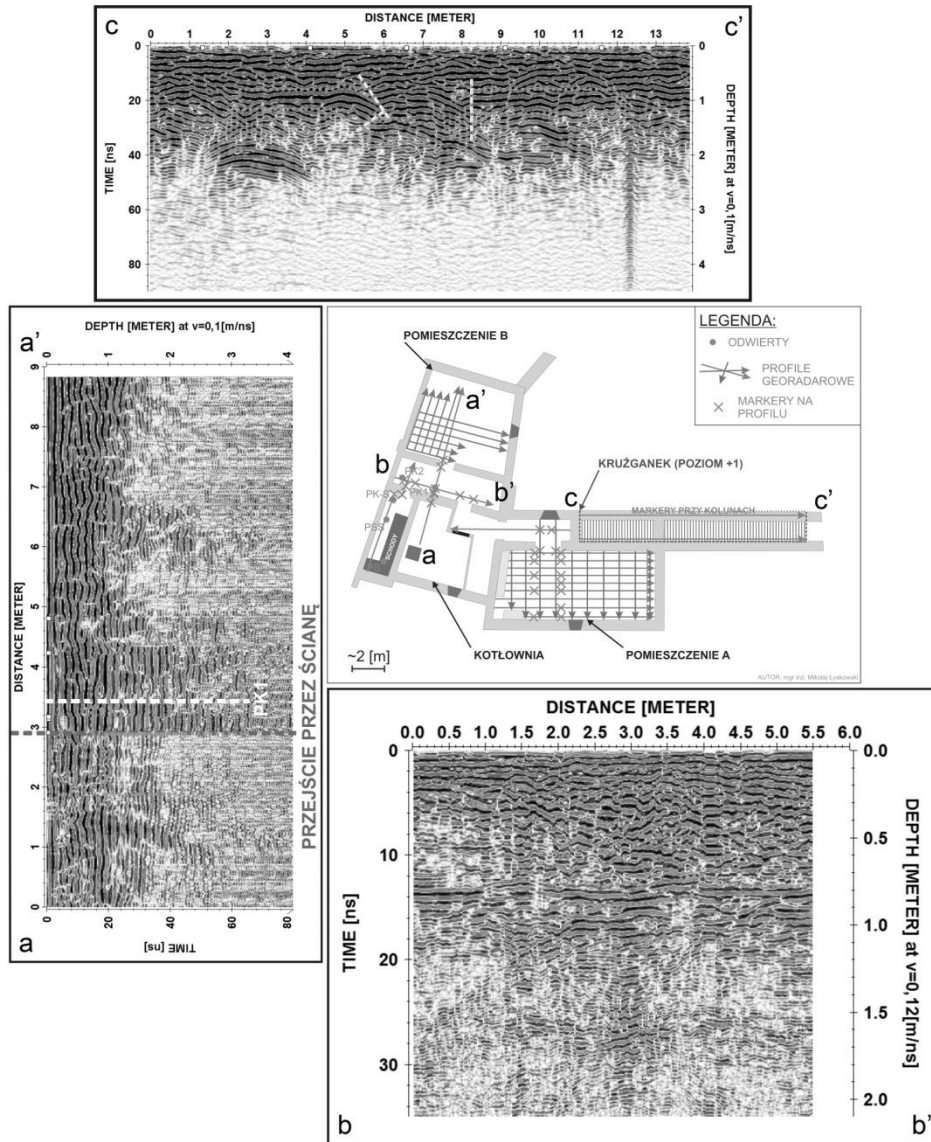
3.1. Metodyka badań i zestawienie wyników pomiarów

Badania rozpoznawcze przy użyciu metody georadarowej (GPR) umożliwiają lokalizowanie stref nieciągłości, rozluźnień, pustek, artefaktów, instalacji technicznych, a także określanie przebiegu ukrytych murów, czy monitorowanie stanu drzewostanów. W zależności od wybranej anteny możliwa jest rejestracja informacji o płytce zalegających strukturach z wysoką rozdzielczością lub występujących głęboko, ale z mniejszą rozdzielczością. Wykonano je przy użyciu anten ekranowanych 500 oraz 1600 MHz. Pozwoliło to na rejestrację informacji użytecznej do głębokości około 2.0 - 2.5 metra [21].

Przeprowadzono szereg pomiarów celem wykrycia stref rozluźnień ośrodka, w których zmieniają się właściwości gruntu. Tym samym wskazano miejsca, w których można upatrywać przyczyn powstawania spękań murów. Na wybranych przekrojach przedstawiono zarejestrowane echogramy odzwierciedlające układ nawarstwień gruntów podłoża (Rys. 4).

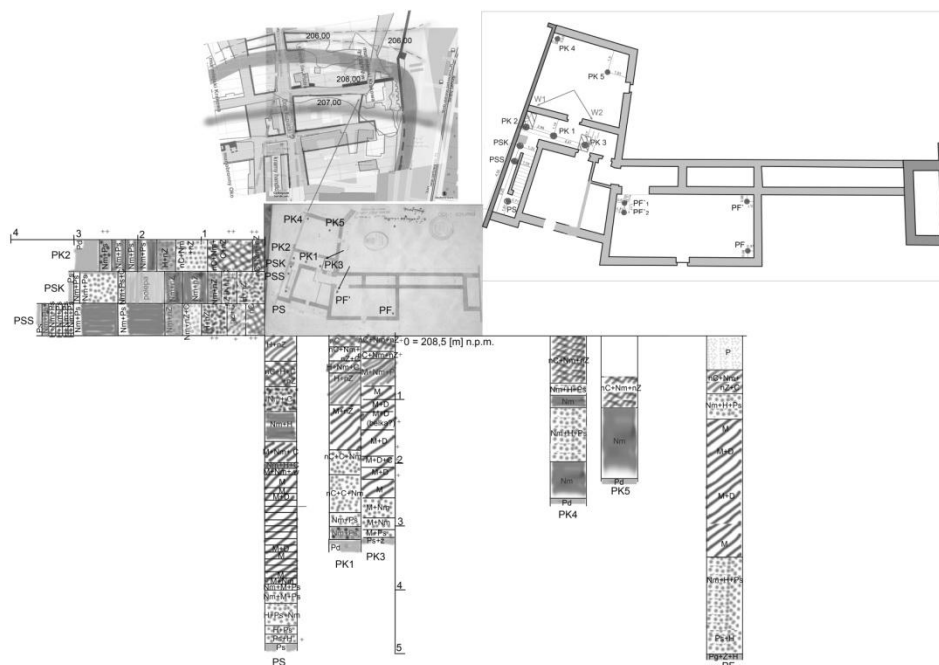
Pomiar wykonany w kierunku prostopadłym do spękanej ściany kotłowni (a-a') wykazał anomalie, której obecność może pochodzić od pozostałości murów w podłożu, których fragment zachował się w narożniku pomieszczenia B (górnego, lewego na planie - Rys.4). Podobna anomalia (na 3 m) widoczna jest na przekroju b-b', która pochodzi od stwierdzonego płytkimi odwiertami rozpoznawczymi muru wapiennego, pogrążonego około 50 cm poniżej posadzki piwnic. Widoczne poziome anomalie mogą świadczyć o warstwowaniu lub innego rodzaju zmianie właściwości gruntów podłoża. Ostatni profil wykonany w korytarzu z filarami (krużganku) na dziedzińcu klasztoru przy użyciu anteny ekranowanej 500 MHz (c-c') ukazuje dwie anomalie, które świadczą o zmianach ciągłości warstw w podłożu. Może być to spowodowane zapadającym się gruntem pod fundamentami obiektu. Wartości prędkości propagacji fali elektromagnetycznej, przyjęte do wyznaczenia głębokości, zostały określone szacunkowo w trakcie pomiaru, na podstawie stanu podłoża po wizji lokalnej [21, 46].

Interesująco przedstawiają się wyniki badań gruntoznawczych, uzupełnione o geochemiczne analizy próbek ziemi z odwiertów zarówno z nasypów i nawarstwień archeologicznych, jak i osadów calcowych. Na schemacie przedstawiono syntetyczną charakterystykę i obraz zmienności składu oraz struktury gruntów (Rys.5).



Rys. 4. Echogramy odzwierciedlające strukturę układu nawarstwień gruntów podłoża, a-a kotłownia-pomieszczenie B, b-b' korytarz piwnic, c-c' krużganek z filarami

Fig. 4. Echograms showing the layer arrangement structure of the subsoil, a-a boiler room B, b-b' cellar corridor, c-c' cloisters



Rys. 5. Schematyczny obraz gruntów podłoża kapelanii kościoła św. Józefa SS. Bernardynek

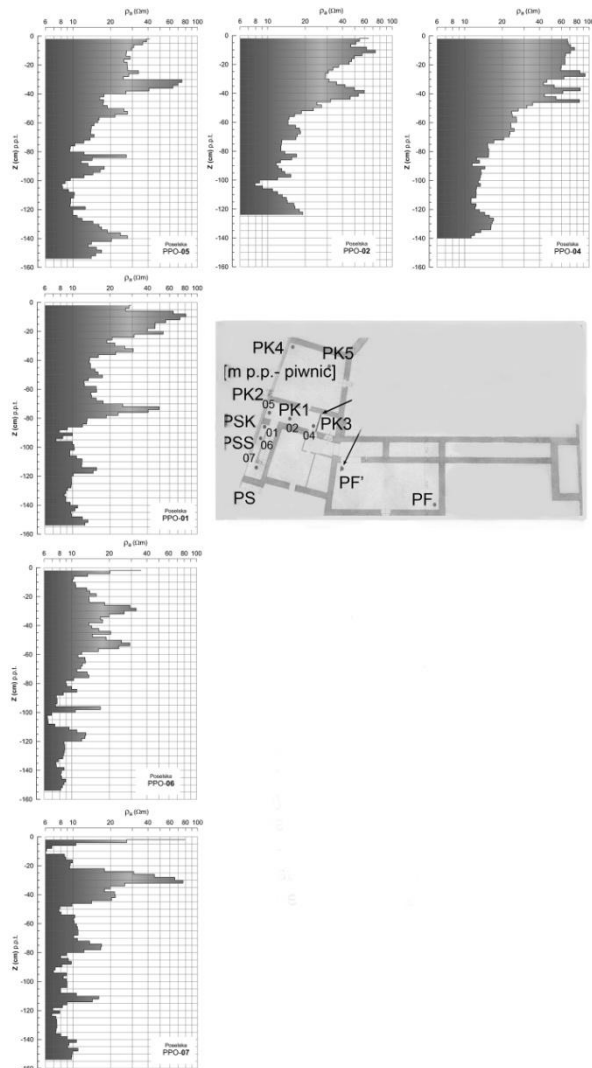
Fig. 5. Schematic picture of the subsoil of the chaplain's quarters of the Bernardine Sisters Church

Na podstawie obserwacji makroskopowych i pomiarów wskaźników fizykochemicznych, szczególnie dotyczących zmian zasolenia gruntów (wskaźnik PEW – przewodność elektrolityczna właściwa), stanu zakwaszenia (odczyn pH) i zawartości substancji organicznej (potencjał Eh) oraz węglanów (reakcja z kwasem solnym) sporządzono profile geotechniczne, które posłużyły do szczegółowego rozpoznania podłoża gruntowego i wskazania utworów niestabilnych, stanowiących główne przyczyny niszczenia obiektów naziemnych.

W poszukiwaniu cech wspólnych nawierconych gruntów pomocne były także badania elektrooporowe. W obrębie gruntów w podłożu piwnic wykonano serię Penetracyjnych Profilowań Oporności (PPO) w sąsiedztwie 6 odwiertów, do głębokości max 1,6 m, co wynika z metodycznych ograniczeń, związanych z wysokością pomieszczeń piwnicznych (Rys. 6). Badania te umożliwiają wykrycie i identyfikację warstw antropogenicznych/archeologicznych, silnie odwodnionych, bądź rozluźnionych utworów [22].

Na wykresach pokazano, że zróżnicowanie oporności elektrycznej utworów obejmuje zakres od kilku do 100 Ω m. Wskazuje to na znaczną zmienność właściwości gruntów wynikającą z litologii, ale także z zawodnienia i zanieczyszczenia. W rejonie korytarza piwnic duże podobieństwo przebiegu zmienności oporności wykazują profile PPO-02 i PPO-04. Charakterystyczny jest wyraźny

spadek oporności z głębokością, podobny we wszystkich miejscach. Oporność gruntów na kierunku od PPO-05 do PPO-07 stopniowo maleje, co może być wynikiem wzrostu zawilgocenia i zanieczyszczeń (komunalnych). Najniższą, stosunkowo mało zróżnicowaną opornością, już od 40 cm głębokości, charakteryzowały się utwory w profilu PPO-07.

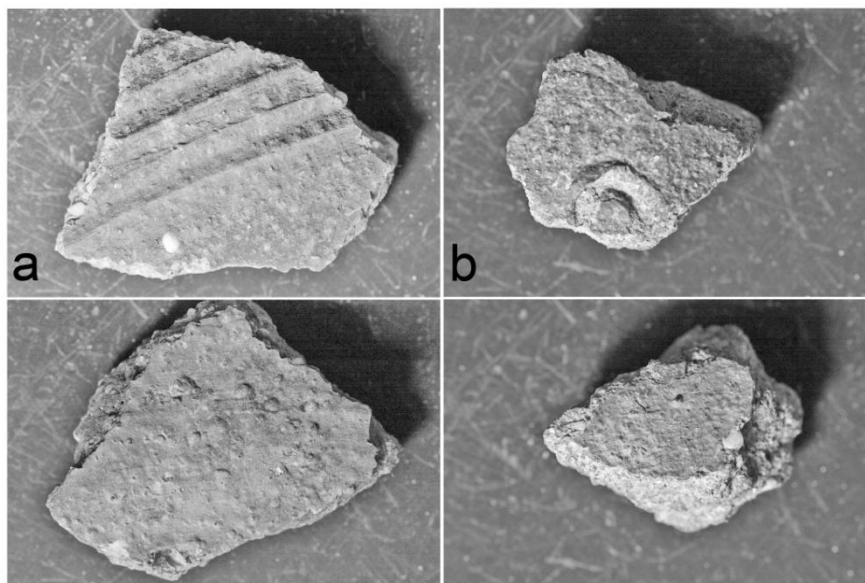


Rys. 6. Rozkład oporności elektrycznej gruntów podłoża kapelani kościoła św. Józefa SS. Bernardynek

Fig. 6. The subsoil resistivity distribution of chaplain's quarters of the Bernardine Sisters Church

3.2. Kontekst archeologicznych wyników badań gruntów podłoża

Budynek kapelanii znajduje się w archeologicznej strefie prawnej ochrony konserwatorskiej, w związku z czym grunty analizowano także pod względem występowania artefaktów. Podczas prac związanych z odwiertami w obrębie jej pomieszczeń piwnicznych znaleziono kilka zabytków archeologicznych, głównie fragmenty późnośredniowiecznych naczyń ceramicznych (Rys. 7) i pojedyncze żużle. Jednak tylko pośrednio mogą one być pomocne przy określaniu chronologii bezwzględnej nawarstwień, w kontekście których zostały znalezione, gdyż nie można zupełnie wykluczyć, że ceramika ta zalegała w nich na wtórnym złożu. Pomimo to stanowią *terminus post quem* dla datowania tych warstw, co oznaczać musi, że nawarstwienia w zasypisku domniemanej fosy zostały uformowane najwcześniej w XIV lub XV w. Wszystkie znalezione fragmenty ceramiki pochodzą z partii brzuśca naczyń, co nie pozwala na poprawną identyfikację typu naczynia i co za tym idzie także na ustalenie jego funkcji. Żużle niewielkich rozmiarów pokryte były grubą warstwą korozyjną, mniejszy z nich wykazywał właściwości magnetyczne.



Rys. 7. Zabytki archeologiczne (fragmenty naczyń ceramicznych) znalezione podczas prac związanych z odwiertami w obrębie pomieszczeń piwnicznych kapelanii, a – PK1, b – PK2

Fig. 7. Archeological artefacts (pottery shards) found during the pit drilling within the chaplain's quarters cellars, a – PK1, b – PK2

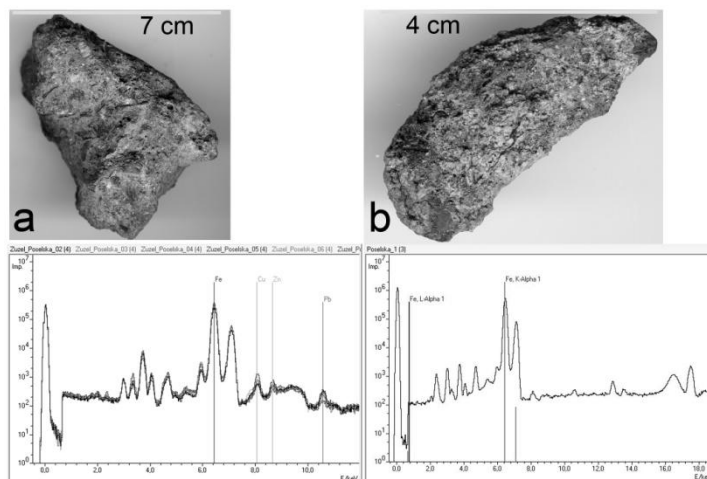
Przykładowo w odwiercie PK1 z warstwy organicznej znajdującej się na głębokości 1,1-1,8 m wydobyto jeden fragment nieszkliwionego naczynia ceramicznego. Wielkość zabytku wynosi 1,1x1,7 cm, a w przekroju ma 0,5 cm

grubość. Obiekt wykonano z gliny z domieszką gruboziarnistego piasku, z użyciem koła garncarskiego, o czym świadczą poziome linie widoczne po wewnętrznej stronie naczynia. Na zewnętrznej partii zabytku znajdują się równoległe, trójkątne w przekroju żłobki (około 0,3 cm szerokości). Najczęściej tego typu zdobienie znajdowało się na górnej partii brzuśca naczynia. Kolor brunatny powierzchni sugeruje wypał w atmosferze utleniającej (Rys.7a). Z kolei dwa inne fragmenty naczyń ceramicznych znaleziono w warstwie kulturowej (PK2 Nm+Ps) na głębokości 2,0-2,2 m (Rys.7b).

Oba zabytki wykonano z gliny z drobnoziarnistą domieszką schudzającą. Jednorodny przekrój oraz ciemnobrunatna i czarna barwa zabytków wskazuje na wypał utleniający w wysokiej temperaturze (powyżej 900 °C). Większy fragment ma wymiary 1,5x2,1 cm i grubość 0,9 cm, natomiast mniejszy 1,4x1,1 cm i 0,4 cm grubość. W tym samym odwiercie fragment brzuśca innego naczynia ceramicznego miał wymiary 1,7x1,9 cm i grubość 0,9 cm. Zbytek został znaleziony na głębokości 2,2-2,4 m w warstwie namuliskowej (Nm+Ps). Naczynie było wykonane z gliny schudzonej domieszką drobnoziarnistego piasku i żwiru (przekrój jednolity, barwy ciemnobrunatnej - wypał utleniający). Na zewnętrznej ścianie naczynia widoczny jest fragment ornamentu w postaci rytej linii falistej.

Interesująca jest obecność 60-cio centymetrowej, wyklinowującej się warstwy polepy, gdyż stwierdzonej tylko w jednym z odwiertów, na głębokości ok. 1,60 m. Polepa jest dość jednorodna i składa się z destruktu przepalanej gliny i cegieł, ale raczej nie ma ona wpływu na stateczność podłoża. Obecność w tym miejscu artefaktów metalowych (Rys. 8) w postaci żużla i zaraz obok znacznej miąższości warstwy polepy może wskazywać na wykorzystywanie terenów w rejonie zasypanej fosy, na skraju osady, dla celów np. odlewniczych (Rys.8a). Inny metalowy artefakt (Rys. 8b) stwierdzono w namulach na głębokości 1,95-2,25 m p.p.t. (PK5).

Wykonano oznaczenia zawartości Cu i Pb jedynie w wybranych rodzajach gruntów (fr. < 0,18 mm), tj. organicznej reprezentowanej przez próbki z odwiertów PK3 (2,30-2,60 m) i PS (3,10-3,20 m) oraz w namulach piaszczystych z PK2 (2,00-2,20 m). Stwierdzono w nich od 80-100 mg/kg Cu, co w stosunku do wartości tłowych, rzędu 7-10 mg/kg w osadach niezanieczyszczonych, stanowi zawartość podwyższoną. Koncentracje ołowiu 60-80 mg/kg w porównaniu do przeciętnych wartości 20 mg/kg, charakterystycznych dla niezanieczyszczonych osadów wodnych, także wskazują na kontakt z zanieczyszczeniami o charakterze metalicznym, choć na znacznie niższych poziomach stężeń niż stwierdzano poprzednimi badaniami [21, 46] w osadach historycznej fosy. Na funkcjonowanie jakiegś działalności gospodarczej w tym rejonie opartej na metalach może także wskazywać obecność żużla zawierającego Pb, Cu, Zn, a także Fe (Rys. 8a).



Rys. 8. Wykres widm fluorescencyjnych wraz z identyfikacją głównych pierwiastków w metalicznych artefaktach - żużlach - (badania jakościowe) metodą spektrometrii fluorescencji rentgenowskiej (XRF); a – PK2 (2,00-2,20 m), b - PK5 (1,95-2,25 m)

Fig. 8. Fluorescent spectrum graph with identification of the main elements in the metallic artefacts – slags – (quality assessment) with the use of XRF method; a – PK2 (2,00-2,20 m), b - PK5 (1,95-2,25 m)

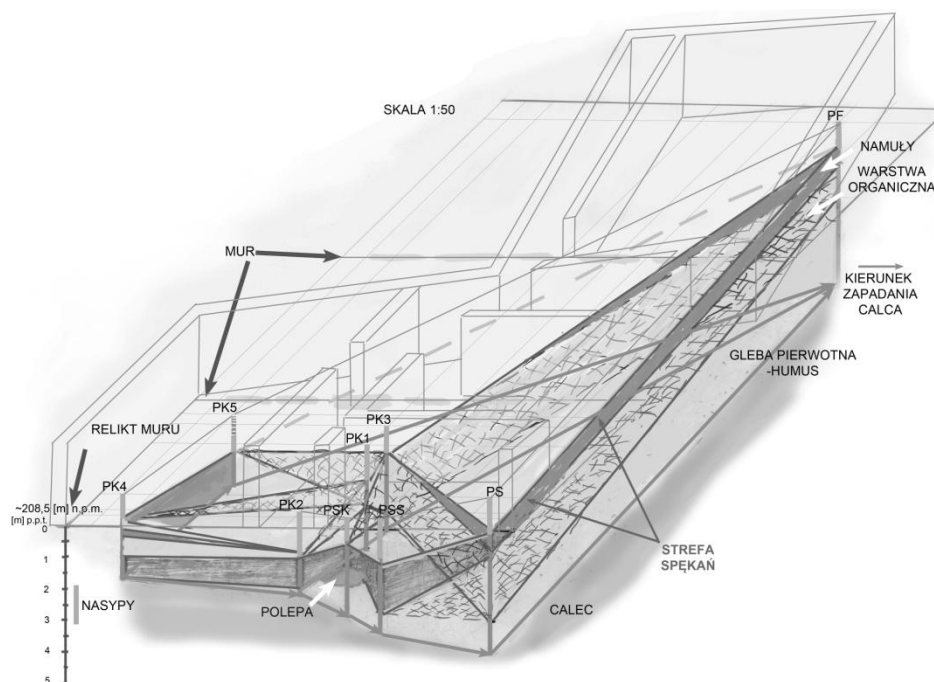
4. Analiza zagrożeń, czynniki geogeniczne i antropogeniczne

4.1. Przyczyny osiadania gruntów w rejonie kapelanii

W oparciu o przekroje pionowe i głębokości występowania podobnych rodzajów gruntów wykreślono blokdiagram układu nawarstwień historycznych (Rys. 9). Wizualizacja układu nawarstwień historycznych w podłożu kapelanii, z wykorzystaniem profili odwiertów, była możliwa jedynie pod specjalnie dobranym, nachylonym kącie widzenia. W powiązaniu z obiektami naziemnymi, a zwłaszcza zarejestrowaną tam strefą zaburzeń stabilności i pęknięciami murów oraz wynikami georadarowego i elektrooporowego skanowania podłoża poszukiwano generalnych przyczyn szybko następujących zjawisk, które doprowadziły do obecnej sytuacji, graniczącej z katastrofą budowlaną.

Stwierdzoną odwiertami i wyznaczonymi przy ich pomocy profilami geologicznymi obecność skłonu struktury, nazywanej na tym etapie drugą młodszą fosą Okołu (funkcjonującej wg najnowszych ustaleń archeologicznych i ich konfrontacji z przekazami pisanymi w stosunkowo krótkim okresie półwiecza pomiędzy latami 1241-1311 [25, 27, 33]), potwierdza w profilu stratygraficznym występowanie wkładek namulów rzecznych (nawet o 70 cm miąższości lub warstewek cieńszych wyklinowujących się). To właśnie one są szczególnie podatne na upłynnienie. W profilu gruntów wyróżniono także obecność słaboosnej strefy stanowiącej warstwy organiczne o znacznej, choć zmiennej miąższości.

W najniższej części występuje humus zapiaszczony, miejscami także zailony, a calec reprezentują średnie i drobne piaski lub piaski ze żwirami.



Rys. 9. Blokdiagram układu nawarstwień historycznych wykreślony w oparciu o przekroje pionowe i głębokości występowania utworów calcowych, namułów i mierzwy

Fig. 9. Block diagram of the historical layers arrangement based on vertical profiles and the depth at which the undisturbed subsoil, muds and mulch were found

Bezpośrednio pod посадką piwnic, w nasypach o miąższości kilkudziesięciu cm, stwierdzono obecność agregatów ilastych, których nagromadzenie tworzy warstewki z glinami jasnobeżowymi. Być może stanowią one materiał z umocnień fosy, do czego często używano gliny, znacznie trudniej lasującej się niż mułki rzeczne. Namuły występujące w postaci przewarstwień w obrębie utworów organicznych mogą być także potwierdzeniem obecności fosy. Zawierają one znaczne ilości drewna o różnym stopniu zbutwienia, nie wykazującego tendencji do zagniwania. Prawdopodobnie pogrążenie w namułach fosy drewna, stanowiącego umocnienia jej brzegów, doprowadziło do kolmatacji i zamknięło dostęp tlenu. Nawet bardzo małe fragmenty drewna się zachowały, nie ulegając procesowi gnicia i dezintegracji, gdyż mineralizacja substancji organicznej zużyła pozostały tlen. Po pogrążeniu w namułach, w warunkach beztlenowych, którymi jak wspomniano wyróżniają się te warstwy (ujemna wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego Eh), mogła zachodzić dalsza dezaktywacja mikrobiologiczna.

Rozważana warstwa organiczna, choć ma charakter mierzwy, z racji ukształtowania terenu mogła powstać w tym miejscu wskutek samoistnego nagromadzenia odpadów roślinnych, bądź z wykorzystaniem tego typu materiałów zasypano fosę. Z kolei do wzbogacenia we frakcję mułkową doszło pod wpływem wielokrotnego napływu wód powodziowych.

Zarówno humus zapiaszczony, jaki i namuły oraz jak się wydaje warstwa organiczna o charakterze namułów torfiastych mają genezę naturalną, dla tych ostatnich ewidentnie związaną z występowaniem terenów zawodnionych. Obecność znacznych ilości drewna, w tym stosunkowo małej ilości detrytusów roślinnego może skłaniać do stwierdzenia, że był to w przeszłości umocniony drewnem i gliną rów wypełniony wodą, o którego drożność dbano.

W profilach o przebiegu wyznaczonym odwiertami PK2-PK1-PK3-PF, PK4-PK2-PSK-PSS-PS oraz PK5-PK3-PS w próbkach gruntu (zawiesina 1:3) obserwowane jest powtarzające się zjawisko gwałtownego spadku zasolenia (przewodności elektrolitycznej właściwej), być może na skutek współczesnego wymywania substancji rozpuszczonych. To właśnie w tych strefach, w obrębie gruntów organiczno-ilastych, które łatwo poddają się penetracji z udziałem roztworów wodnych, stwierdzono małą zwięzłość struktury (wierćło zapadło się). Najwyraźniej tego typu pustki występują w otworze PSS. Zmiany wartości wskaźnika zasolenia próbek gruntów pokazują dwie strefy wyraźnego wypłukania soli, pierwszy raz na głębokości 1,5 m i drugi raz na 2 m. Rozluźnienie struktury gruntu zarejestrowano w tym odwiercie także dwukrotnie, na głębokości 1,6 i 2,2 m.

Na blokdigramie (Rys. 9) strzałki pokazują znaczne opadanie calca w kierunku do ogrodu i łagodniejsze do Plant. W odwiercie PF, zlokalizowanym najbliżej Plant i ogrodu klasztornego na głębokości 5,15 m, w spągu stwierdzono piasek ze żwirem, barwy ciemnoszarej od zdyspergowanej substancji organicznej i mułków, powyżej od 4,40 do 4,70 m występują piaski grube i średnie ze znacznym udziałem frakcji ilastej, ciemno-szare, z przewarstwieniami o barwie ciemno-brązowej (gleba pierwotna). Nad nimi zalegają do poziomu 3,50 m mułki zapiaszczone. Wyżej stwierdzono analogiczne jak w innych odwiertach, znacznej miąższości organiczne namuły, które od 1,35 m do poziomu 0,95 m przykrywają warstwą mułki i mułki zapiaszczone. Zapiaszczenie może być wtórne, gdyż w stropie odwiertu, do poziomu posadzki piwnicy stwierdzono zasypy nowożytnie, w tym piaski niwelacyjne.

4.2. Stan obiektu, przebieg zjawisk niszczenia budowli i generalna przyczyna

W rejonie klasztoru Bernardynek wyraźnie pogarszający się stan techniczny budynków datuje się na drugą połowę lat osiemdziesiątych XX w., opisany m.in. w projekcie technicznym zabezpieczeń konstrukcyjnych w kamienicy przy ul. Poselskiej 19 z 1984 roku. Wówczas także wykonywano badania związane

z remontem murów od strony Plant, podczas których odkryto relikty średniowiecznych umocnień [6, 27] Ich wyjątkowo zły, wymagających prac zabezpieczających stan może potwierdzać negatywne oddziaływanie obecnych w podłożu namulów torfiastych związanych z drugą młodszą fosą Okołu. Kolejnym negatywnym czynnikiem mógł być także obecny w archiwach zapis o zgodzie SS. Bernardynek na poprowadzenie, wspomnianego wcześniej kanału, za ich zgodą, z posesji w rejonie kościoła św. św. Piotra i Pawła oraz dawnego Kolegium Jezuickiego. Być może biegnie on także pod południowym murem ogrodu klasztornego, co powoduje pęknięcia i odspojenia okładzin jego cokołu.

Począwszy od września 2013 roku proces zapadania skrzydła południowo-zachodniego kapelanii postępuje szybko i dość gwałtownie. Zjawisko to zachodzi co najmniej od 2010 roku, powodując stopniowe pęknięcie zwłaszcza pomieszczeń piwnicznych. Osiadanie najwyraźniej daje się zaobserwować w strefie pod schodami, prowadzącymi do piwnic pod zabudowaniami przykościelnymi, ale także na murach okalających ogród od strony południowej.

Wyznaczony poziom calca na głębokościach od 3 do 5 m od poziomu piwnic (bezwzględna wysokość poziomu piwnic określono w przybliżeniu na podstawie map MPWiK w Krakowie, na 208,5 m n.p.m), po wyznaczeniu przekrojów w kilku kierunkach, jednoznacznie wskazuje na położenie zagrożonych obiektów w strefie około 30 stopniowego skłonu pierwotnej morfologii terenu, co dobrze ilustruje przebieg poziomicy jego stropu [23]. Generalny kierunek obniżenia terenu to południowy-wschód, zapadanie obserwowane jest głównie w narożniku południowo-zachodnim wskutek istnienia swoistej podpory, muru pogrążonego w podłożu piwnic. Na głębokości 50 cm (plus ok. 10 cm wylewki) pod posadzką piwnic mur ten ma przebieg NNE-SSW, który być może w piwnicy naprzeciw kotłowni łamie się i biegnie w kierunku zachodnim (na co wskazuje lico muru zanikające w narożniku tej piwnicy). Taki rodzaj stabilizacji podłoża w jednym miejscu, wobec wyraźnej utraty stateczności w innym, musi objawiać się powstawaniem pęknięć, największego zaraz za punktem podparcia, tj. w kotłowni, na cienkiej ścianie działowej.

Należy dodać, że bloki wapieni wydobyte z podłoża, budujące mur, to wapień jurajskie. Makroskopowo charakteryzują się kremową barwą, strukturą mikrytową, teksturą zbitą. Nie obserwuje się na materiale kamiennym jakichkolwiek zmian świadczących o obecności składników pochodzenia antropogenicznego, w postaci np. wykwitów solnych. Wapień jurajskie należą do najstarszych materiałów kamiennych wykorzystywanych w budownictwie sakralnym i świeckim Krakowa. Występują w kilku odmianach: wapień płytowe, uławiczone (cienkoławicowe, gruboławicowe skaliste z krzemieniami) i skaliste. Na bloki kamienne, stosowane jako elementy konstrukcyjne, wykorzystywano najchętniej wapień uławiczone.

Wszystkie odmiany znane są z odsłoneń w granicach Krakowa. Jako miejsca najstarszej ich eksploatacji (od czasów średniowiecznych) wymienia się wzgórze wawelskie, Krzemionki Podgórskie oraz rejon Salwatora i Lasu Wol-

skiego. Z biegiem lat wapienie eksploatowano także w nieco większej odległości od Starego Miasta – w rejonie Skał Twardowskiego (Zakrzówka) oraz okolic Tyńca, Pychowic i Kostrza. Możliwe, że na podstawie charakterystyki petrograficznej oraz studiów źródłowych udałoby się ustalić prawdopodobne, przybliżone miejsce eksploatacji kamienia użytego do budowy muru. Porównanie próbek skał pochodzących z różnych reliktyw, także z muru odkrytego odwiertami w piwnicy równoległej do kotłowni (PF'1-PF'2), na głębokości około 1 m, pozwoliłoby ustalić, czy zachodzi choćby zgodność ich chronologii.

5. Podsumowanie i wnioski

W oparciu o uzyskane dane zaproponowano przeprowadzenie drugiego etapu badań, tj. wykonanie dwóch wkopów ratunkowych w korytarzu piwnic (Rys.5), a także wykonanie na terenie ogrodu, do głębokości ok 10 m, Penetracyjnego Profilowania Oporności (PPO) z użyciem sondy o średnicy 2,2 cm, z krokiem głębokościowym 5 cm. Przy pomocy pomiarów elektrooporowych może zostać wyznaczony poprzeczny przekrój opornościowo-głębokościowy przez domniemaną wg D. Niemca, wskazywaną także innymi badaniami [25, 33] drugą młodszą fosę Okołu, a także miejsce przebiegu kanału poprowadzonego od Jezuitów (kościół Piotra i Pawła), o czym mówią materiały archiwalne SS. Bernardynek. Na podstawie obu metodyk geofizycznych będzie możliwe wytypowanie najbardziej odpowiedniego miejsca do wykonania kilku odwiertów na terenie ogrodu klasztornego i pobranie próbek z profili głębokościowych, które zweryfikują obecność fosy i kanału.

Analiza wyników wskazuje na potęgowanie się niekorzystnych zmian właściwości geotechnicznych gruntów podłoża, których generalną przyczyną jest zaburzenie stosunków wodnych w obrębie infrastruktury podziemnej, które doprowadziło do rozluźnienia struktury gruntów. Mogło do tego dojść, bądź w wyniku znacznej podatności na upłynnienie obecnych w podłożu mułków ilastych, typu mady pochodzenia rzecznego, bądź w skutek odmiennego zjawiska, mianowicie ich odwodnienia. Wymieniane są oba czynniki, gdyż w pierwszej kolejności mogło dojść do lokalnego obniżenia poziomu zwierciadła wód gruntowych i rozluźnienia struktury, a to z kolei umożliwiło z udziałem infiltracji z powierzchni dalsze przemiany związane z upłynnianiem mułków.

W obu przypadkach dochodzi do zjawiska kolapsu grawitacyjnego, które w efekcie objawia się zapadaniem podłoża, co oddziałuje na sztywne konstrukcje murów, powodując pęknięcia i odspojenia. Rozstrzygnięcie i ranking najistotniejszych przyczyn i czynników odpowiedzialnych za wskazywane zjawisko jest możliwy jedynie w oparciu o dalsze badania, które powinny być prowadzone nie tylko w rejonie klasztoru ale także na większej przestrzeni wokół niego.

Obecność mułków w podłożu piwnic wiązana jest z obecnością w tym miejscu historycznego cieką wodnego. Jego istnienie zdaje się potwierdzać stratygrafia utworów w odwiertach, szczególnie zaleganie mułków i mułków za-

piaszczonych na piaskach calcowych. Położenie tych ostatnich wyznacza morfologię obniżenia terenu i pozwala na określenie kierunków opadania terenu. Na tej podstawie określono, że stabilne, piaszczyste podłoże piwnic kapelanii zapada głównie na południe oraz łagodnie na wschód, z najwyraźniejszym skłonem występującym w rejonie miejsc odwiertów oznaczonych PK2-PSK, czyli pomiędzy korytarzem, a schodami do piwnicy.

Oczywistym jest, że za gwałtowne ujawnienie się skutków zapadania gruntu odpowiedzialna jest lokalizacja obiektów klasztornych na wschodnim obrzeżu średniowiecznego miasta, na skarpie o przebiegu północ-południe (teren dzisiejszych Plant). Obecne badania pokazują jednak, że w podłożu występuje także strefa morfologicznego skłonu mniejszej struktury, identyfikowanej z drugą młodszą fosą Okołu [25], której przebieg w przybliżeniu wyznaczają ulice Poselska i Senacka. Układ nawarstwień i wyznaczone na tej podstawie profile geologiczne wskazują, że fosa mogła w miejscu dzisiejszej kapelanii kierować się łukiem w stronę ogrodu klasztornego SS. Bernardynek. Jeśli doszło do zaburzenia stosunków wodnych w rejonie jej biegu, skutki dla obiektów posadowionych na zasypie fosy będą się nadal uzewnętrzniać, stanowiąc znaczne zagrożenie dla ich konstrukcji.

Z tym faktem właśnie, jak się wydaje należy wiązać także problemy zabudowań dawnego klasztoru Karmelitów, obecnej siedziby Muzeum Archeologicznego w Krakowie, a teraz co pokazują badania, także po drugiej stronie ul. Grodzkiej, w rejonie klasztoru SS. Bernardynek. Obie budowle leżą nie tylko w pobliżu średniowiecznej fosy miejskiej i dawnych cieków wodnych ale prawdopodobnie także na zasypie drugiej, młodszej fosy Okołu. Zarówno budynki Muzeum, jak i klasztor Bernardynek ujawniają problemy w rejonie południowej części tych obiektów budowlanych, co może potwierdzać obecność w podłożu osadów mułkowych fosy, której przebiegu należy się spodziewać właśnie od strony południowej.

Należy zwrócić uwagę na historię przebiegu problemów konstrukcyjnych obu zespołów budowli. Muzeum Archeologiczne w latach 1990-1998 uzyskało dotacje na prace ratunkowe, gdyż zauważone pęknięcia zostały ocenione za znacznie zagrażające obiektom budowlanych. Wydaje się jednak, że proces ten musiał zacząć się znacznie wcześniej. Od roku 2001 realizowane były prace zabezpieczające, ingerujące w stan geotechniczny gruntów, polegające na osuszeniu podłoża i wzmacnianiu fundamentów metodą mikropalowania.

W oparciu o wyniki obecnych badań wydaje się, że osuszanie podłoża mogło negatywnie wpłynąć na stateczność budowli, właśnie z uwagi na zjawisko kolapsu rozwijające się masowo po osuszeniu gruntów, szczególnie w miejscu biegu drugiej, młodszej fosy Okołu. Wykonywane wówczas mikropalowanie zostało przerwane, gdyż uznano, że to metoda udarowa zainicjowała pod koniec 2006 roku, gwałtowne powiększenie szczelin w ścianach budowli. Jednak to raczej osuszanie gruntów, w warunkach takiej niejednorodności podłoża mogło negatywnie wpłynąć na stateczność budowli. Pojawiające się w otworach

mocno uwodnione mułki, błoto, jak relacjonował Dziennik Polski z 23 lipca 2008 roku, potwierdzają tezę o łatwym ich upłynnieniu, co znakomicie potwierdza zakładaną przyczynę niestabilności podłoża.

Do uwodnienia mułków historycznych fos, w tym także, drugiej, młodszej fosy Okołu, a nawet ich upłynnienia mogło dojść już podczas wcześniejszych stanów powodziowych. Powodzie sięgające Plant odnotowano w 1813, 1903 i 1908 roku [5, 14, 31, 32]. Zasypana fosa Okołu, podobnie jak średniowieczna w miejscu dzisiejszych Plant, nie jest podłożem utwardzonym i odpowiednio zagęszczonym, wody powodziowe mogą swobodnie infiltrować w głąb ich struktury. Wówczas mułki w sposób niekontrolowany mogą ulegać przemieszczaniu i „płynąć” powodować dalsze rozluźnianie struktury.

Na obecnym etapie badań najpilniejszym jest określenie sposobu zabezpieczenia obiektów budowlanych, w podłożu których pojawiła się niekorzystna tendencja i następujący w konsekwencji wyjątkowo szybki proces pęknięcia ścian i posadzki. Ujawnił się on najwyraźniej w rejonie kapelanii, ale jak zaobserwowano ma zasięg znacznie szerszy, gdyż konstrukcyjne pęknięcie widać także m. in. na krużgankowym przejściu do kościoła z kapelanii, a nawet na południowej ścianie kościoła św. Józefa (RYS. 10).

Wskazanie optymalnego sposobu zażegnania dalszej degradacji i przywrócenia bezpieczeństwa konstrukcji obiektu wymaga bezpośredniego rozpoznania położenia stopy fundamentów ścian objętych spękaniem. Z tego względu wskazane byłoby wykonanie dwóch wkopów ratowniczych w wąskim korytarzu pomiędzy piwnicami po stronie zachodniej (W1), a także po jego stronie wschodniej (W2), w miejscu gdzie stwierdzono istnienie w podłożu starych murów. W skład tych ostatnich utworów (odwierty PK3, PK1) wchodzi zarówno niebudowlane grunty organogeniczne, jak i wcześniej wymieniane mułki. Po stronie wschodniej występują głównie mułki objęte najintensywniej zjawiskiem kolapsu (odwiert PSS, rozluźnienie struktury stwierdzono na głębokości w zakresie 1,8 - 3 m p.p.t. piwnic), powodującym zapadanie się podłoża, a w konsekwencji posadzki na poziomie piwnic.



Rys. 10. Pęknięcia murów krużganków (lewy) i kościoła św. Józefa (prawy)

Fig. 10. The cloisters (left) and St. Joseph's Church (right) walls fracturing

Autorzy składają podziękowania wszystkim, dzięki którym możliwe było wykonanie badań, mając nadzieję, że wyniki zainspirują innych, skłonią do szerszej współpracy, a zwłaszcza przyczynią się do trwałego zapobieżenia procesom destrukcji obiektów. Szczególne podziękowania pragniemy złożyć na ręce SS. Franciszki i Weroniki, za szczerze i pełne zaangażowanie sprzyjanie badaniom naukowym i inżynierskim

Badania były finansowane z umowy statutowej AGH nr 11.11.140.199/2014.

Literatura

- [1] Bąkowski K.: Dawne kierunki rzek pod Krakowem, Rocznik Krakowski, nr 5, 1902, s. 138–172.
- [2] Beres K.: Przyczynki do geologii Krakowa, Wiadomości Geograficzne, nr 16, 3-4, 1938, s. 95-105.
- [3] Bojęś-Białasik A.: Karta kulturowa rzeki Rudawy: studium historyczne i wytyczne konserwatorskie, Rozprawa doktorska, Repozytorium Politechniki Krakowskiej, Kraków 1998.

- [4] Borowiejska-Birkenmajerowa M.: Kształt średniowiecznego Krakowa, Wydawnictwo Literackie, Kraków 1975.
- [5] Fiszer J.: Oddziaływanie wybranych wezbrań powodziowych Wisły na obszary zabudowane Krakowa, Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, nr 10, 1995, s. 25–42.
- [6] Gaczoł A.: Prace konserwatorskie w zespole klasztornym Bernardynek w Krakowie – przywrócenie renesansowej loggii arkadowej dawnego dworu Lanckorońskich, Wiadomości Konserwatorskie, nr 16, 2004, s. 63–67.
- [7] Garbacz-Klempka A., Wardas-Lasoń M., Rządkosz S.: Miedź i ołów – zanieczyszczenia historyczne na Rynku Głównym w Krakowie, Archives of Foundary Engineering, nr 12(1), 2012, s. 33–38.
- [8] Gustaw R.: Klasztor i kościół św. Józefa ss. Bernardynek w Krakowie 1646–1946, Nakładem Księgarni Stefana Kamińskiego i Towarzystwa Miłośników Historii i Zabytków Krakowa, Biblioteka Krakowska, nr 105, 1947, s. 207.
- [9] Jamka R.: Kraków w pradziejach, Biblioteka Krakowska, nr 16, 1963, s. 5–317.
- [10] Jamroz J.S.: Układ przestrzenny Krakowa przed i po lokacji 1257 r., Kwartalnik Architektury i Urbanistyki, Teoria i Historia, nr 12(1), 1967, s. 17–49.
- [11] Kasprzak A., Motyka J., Wardas-Lasoń M.: Changes in the chemical composition of groundwater in quaternary aquifer in Old Krakow, Poland (years 2002–2012), Geology, Geophysics & Environment, nr 39(2), 2013, s. 143–152.
- [12] Kmietowicz-Drathowa I.: Wstępna rekonstrukcja naturalnej topografii centrum Krakowa, Materiały Archeologiczne, nr 15, 1974, s. 151–159.
- [13] Kmietowicz-Drathowa I.: Nowe dane o terasach Wisły i Rudawy w centrum Krakowa, Sprawozdania z Posiedzeń Komisji Naukowych Polskiej Akademii Nauk, Oddział w Krakowie, nr 19(1), 1975, s. 396–397.
- [14] Kmietowicz-Drathowa, I.: Naturalne warunki wodne Krakowa (po zdjęciu nasypów), Sprawozdania z Posiedzeń Komisji Naukowych Polskiej Akademii Nauk, Oddział w Krakowie, 1967, s. 620–622.
- [15] Komorowski W.: Rozwój urbanistyczno-architektoniczny Krakowa intra muros w średniowieczu (od połowy XIV wieku), w: Wyrozumski J. (Ed.), Kraków. Nowe studia nad rozwojem miasta, Biblioteka Krakowska, nr 150, 2007, s. 153–188.
- [16] Komorowski W., Follprecht K.: Rozwój urbanistyczno-architektoniczny Krakowa intra muros w czasach nowożytnych, w: Wyrozumski J. (Ed.), Kraków. Nowe studia nad rozwojem miasta, Biblioteka Krakowska, nr 150, 2007, s. 189–296.
- [17] Krasnowolski B.: Lokacje i rozwój Krakowa, Kazimierza i Okołu. Problematyka rozwiązań urbanistycznych, w: Wyrozumski J. (Ed.), Kraków. Nowe studia nad rozwojem miasta, Biblioteka Krakowska, nr 150, 2007, s. 386–387.
- [18] Krasnowolski B.: Ze studiów nad wodą w średniowieczu i nowożytności, w: Wardas-Lasoń M. (Ed.), Nawarstwienia historyczne miast: Forum Naukowe 2008 — Kraków, Wydawnictwa AGH, 2012, s. 325–346.
- [19] Laberschek J.: Rozwój przestrzenny krakowskiego zespołu osadniczego extra muros XIII–XVIII wieku. Wyrozumski J. (Ed.), Kraków. Nowe studia nad rozwojem miasta, Biblioteka Krakowska, nr 150, 2007, s. 297–354.

- [20]Łuszczkiewicz W.: Najstarszy Kraków na podstawie badania dawnej topografii *Rocznik krakowski*, nr 2, 1899, s. 1-28.
- [21]Łyskowski M., Wardas-Lasoń M.: Georadar investigations and geochemical analysis in contemporary archaeological studies, *Geology, Geophysics & Environment*, nr 38(3), 2012, s. 307-315.
- [22]Mościcki J.: Wykorzystanie geoelektrycznych metod geofizycznych do rozpoznawania nawarstwień antropogenicznych - możliwości i ograniczenia, w: Wardas-Lasoń M. (Ed.), *Nawarstwienia historyczne miast: Forum Naukowe 2008*— Kraków, Wydawnictwa AGH, 2012, s. 280–297.
- [23]Münch H.: Kraków do roku 1257 włącznie, *Kwartalnik Architektury i Urbanistyki, Teoria i Historia*, nr 8(1), 1958, s. 1–40.
- [24]Myślińska E.: *Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania*, PWN, Warszawa 2001.
- [25]Niemiec D., *Archeologia w badaniach nad średniowiecznymi miastami Ziemi Krakowskiej*, Rozprawa doktorska, Biblioteka Jagiellońska, Kraków 2009.
- [26]Niewalda W., Krasnowolski B.: Układy urbanistyczne Okołu – próba rekonstrukcji, *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury*, nr 15, 1981, s. 69–82.
- [27]Niewalda W., Rojkowska H., Zaitz E.: Średniowieczne fortyfikacje Krakowa – odcinek północny w świetle ostatnich badań, *Krakowska Teka Konserwatorska*, nr 3, 2001, s. 5–68.
- [28]Odlanicki-Poczobutt M., Traczewska-Białek Z.: Plan Kołłątajowski źródłem informacji o Krakowie, *Rocznik Krakowski*, nr 48, 1977, s. 9-18.
- [29]Pisarczyk S.: *Grunty nasypowe, właściwości geotechniczne i metody ich badania*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.
- [30]Pisarczyk S., Rymśa B.: *Badania laboratoryjne i polowe gruntów*, Politechnika Warszawska, Warszawa 1993.
- [31]Pociask-Karteczka J.: Przemiany stosunków wodnych na obszarze Krakowa, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geogr.*, nr 96, 1994. s. 7–53.
- [32]Punzet J.: Wezbrania Wisły w obrębie Krakowa dawniej i dziś, *Gospodarka Wodna*, nr 8, 1985, s. 190–193.
- [33]Radwański K.: Stosunki wodne wczesnośredniowiecznego Okołu w Krakowie, ich wpływ na topografię osadnictwa, próby powiązania tych zjawisk ze zmianami klimatycznymi, *Materiały Archeologiczne*, nr XIII, 1972, s. 5-37.
- [34]Radwański K.: *Kraków przedlokacyjny – rozwój przestrzenny*, Robotnicza Spółdzielnia Wydawnicza Prasa, Książka, Ruch, Warszawa 1975.
- [35]Radwański K.: Kraków przedchrześcijański, w: Wyrozumski J., (Ed.), *Nowe studia nad rozwojem miasta*, Biblioteka Krakowska, nr 150, 2007, s. 89-119.
- [36]Rajman J.: Kraków. Zespół osadniczy, proces lokacji, mieszczanie do roku 1333, *Prace Monograficzne Akademii Pedagogicznej im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie*, nr 375, 2004, s. 5–439.
- [37]Sokołowski T., Wacnik A., Wardas M., Pawlikowski M., Pazdur A., Madeja J., Woronko B., Madej P.: Changes of natural environment in Krakow downtown – its chronology and directions. Case geoarchaeological studies of Krupnicza street site, *Geochronometria*, 2008, nr 31, s. 7–19

- [38]Sokołowski T., Pazdur A., Wacnik A., Madeja J., Woronko B.: Profil osadów stożka Prądnika w pobliżu Dworca PKP w Krakowie, Prace Komisji Paleogeografii Czwartorzędu Polskiej Akademii Umiejętności w Krakowie, nr 4, 2006, s. 61–69.
- [39]Sokołowski T.: Topograficzne tło osadnictwa w Krakowie, *Geologia*, nr 35(1), 2009, s. 67-76.
- [40]Sowina U.: Woda i ludzie w mieście późnośredniowiecznym i wczesnonowożytnym. Ziemię polskie z Europą w tle, Wydawnictwo IAiE PAN, Kraków 2009.
- [41]Sowina U.: Studnie w przestrzeni intra muros późnośredniowiecznego Krakowa, w: Wardas-Lasoń M. (Ed.), Nawarstwienia historyczne miast: Forum Naukowe 2008— Kraków, Wydawnictwa AGH, 2012, 136–149.
- [42]Supranowicz E.: Nazwy ulic Krakowa, Instytut Języka Polskiego, Kraków 1995.
- [43]Tobiasz M.: Dziejowe przemiany sieci wodnej i zagospodarowania przestrzennego Krakowa, Komisja Budownictwa i Gospodarki Wodnej w Rolnictwie PAN, Kraków 1977.
- [44]Tomkowicz S.: Kołłątajowski plan Krakowa z r. 1785, *Rocznik Krakowski*, nr 9, 1907, s. 149-176.
- [45]Tyczyńska M.: Rozwój geomorfologiczny terytorium miasta Krakowa, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne*, nr 17, 1968, s. 5–68.
- [46]Wardas M., Ziętek J., Łyskowski M., Tabaszewski W.: Możliwość wykorzystania zanieczyszczenia miedzią i ołowiem osadów w nawarstwieniach archeologicznych Krakowa do wyznaczania lokalizacji historycznych kolektorów ścieków, w: Rajchel J. (Ed.) Jubileusz Katedry Geologii Ogólnej, Ochrony Środowiska i Geoturystyki Akademii Górniczo-Hutniczej 1920-2010, Wydawnictwa AGH, 2010, s.173-185
- [47]Wardas M., Pawlikowski M., Zaitz E.: Systemy średniowiecznej kanalizacji Krakowa jako ochrona przed antropogeniczną modyfikacją środowiska, w: Latocha A., Traczyk A. (Eds.) Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym. Metody badań i studia przypadków. Gajt, Wrocław, 2006, s. 136 - 146.
- [48]Wierzbicki R.: Konstrukcja i funkcjonowanie wodociągów Krakowa do połowy XVII wieku, *Krzysztofory*, *Zeszyty Naukowe Muzeum Historycznego Miasta Krakowa* nr 28(2), 2010, s. 177–191.
- [49]Wierzbicki R.: Wodociągi Krakowa do roku 1939, Kraków 1999.
- [50]Zaitz E.: Badania archeologiczne w południowej części Plant przy ul. Waryńskiego w Krakowie (południowo-wschodnia krawędź Okołu), *Materiały Archeologiczne*, nr XVI, 1976, s. 71-115.
- [51]Zaitz E.: Osadnictwo wczesnośredniowieczne na terenie Krakowa, w: Firlet Z., Zaitz E. (Eds.), Katalog wystawy Kraków w chrześcijańskiej Europie X-XIII w., Muzeum Historyczne Miasta Krakowa, Kraków, 2006, s. 220 - 272.
- [52]Żurkowska, R.: Kraków wczesnośredniowieczny (wiek X do połowy XIII), w: Dąbrowski J., (Ed.) Kraków, *Studia nad rozwojem miasta*, Biblioteka Krakowska, nr 111, 1957, s.85-116.

CHANGES OF THE SUBSTRATUM PROPERTIES IN CONNECTION WITH THE ENDANGERED NUNNERY BUILDINGS IN THE AREA OF POSELSKA ST. 21 IN KRAKOW

Summary

The collapsing of the south-east wing of Kapelania at the Św. Józef Church of the Bernardine Convent started in 2010, causing fracturing of the walls around the garden, and especially the cellar rooms under the buildings near the Church. The aim of research is to determine the properties and stratigraphy of the earth in the subsoil of the endangered object, as well as of its immediate neighbourhood. Archaeological sources and their interdisciplinary interpretation in the context of the geological profiles conducted, based on the auger holes and narrow open pits, attest to a complex set of historical layers and their potential effect on the buildings. Apart from auger holes and ground-researching investigations, there were GPR and electrical resistance tests of the matter below the cellars level as well as geochemical tests of the earth samples. The established level of undisturbed subsoil clearly shows that the endangered buildings are situated within the 30% slope of the original terrain, in which bottom level there are muds which easily change texture into fluid. In the stratigraphy, there was also established an organic layer of substantial thickness, which is completely unsuitable for construction. The mechanics of the building is affected by deposits of varied stability and also by the presence of rigid objects connected with historical foundations. The existence of these factors manifested itself in the form of wall fractures in the area of convent, especially visible in kapelania, causing also disturbance of the floor level in the kapelania cellars. The observed loosening of the subsoil structure, possibly with a range greater than the area of the Bernardine Convent, is connected with a series of drainage works of deep excavations, in connection with a number of realized investments in the densely populated, historic part of Old Krakow. The development of the modern town within the net of historical layers demands constant monitoring of water and earth conditions of the subsoil. Both excessive drainage and water retention damage the stability of historical buildings and bring the threat of construction disaster.

Keywords: historical layers, stratigraphy, silts, geochemistry, artifacts, slag

DOI:10.7862/rb.2014.66

Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.

Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.