

## Geologia obszarów miejskich – przykłady z aglomeracji warszawskiej

Michał Radzikowski<sup>1</sup>, Krzysztof Cabalski<sup>1</sup>, Sebastian Kowalczyk<sup>1</sup>



M. Radzikowski K. Cabalski S. Kowalczyk

**Urban geology – a case study of Warsaw agglomeration.** *Prz. Geol.* 65: 883–889.

*A b s t r a c t.* The article presents the attempt to systematize the problems of urban geology using the example of Warsaw agglomeration. The introduction discusses the available literature, both domestic and foreign. It was noted that many authors understand this concept in various ways, defining it differently. This is the result of diverse interests of researchers, whose common point is that their works and research were located in or associated with urban areas. It also presents, in general, the range of subjects and the set of tools related to Earth sciences, which help in solving research tasks. The article makes reference to the constraints associated with availability of the

land and problems related to the applicability of methods. It presents the thesis stating that the needs of users of geoinformation in the urban environment are different from the current ones, which were mainly focused on natural resources, rather than on interaction or coexistence of natural resources and development. The recipients of geoinformation in the urban environment, in relation to the presented conceptual scheme, are mainly people or institutions that do not have an appropriate knowledge of geology. Hence, it is necessary to present geoinformation in a clear and accessible manner, as conclusions or guidelines for use. The examples presented in the article prove that geology of urban areas is now becoming a very important part of knowledge necessary for proper, sustainable development of our cities. Over the last few years a significant part of the population moved to urban areas. This trend is noticeable in Poland and around the world.

**Keywords:** urban geology, geological-engineering investigation, anthropogenic soils

Termin „geologia obszarów miejskich” (*urban geology*) pojawia się w literaturze naukowej już od lat 50. XX w., jednak nie doczekał się jeszcze jednoznacznej definicji. Zdaniem McGilla (1964) jest to dział geologii mający istotne znaczenie w planowaniu przestrzennym oraz w inżynierii lądowej i wodnej. Autor ten podkreśla znaczącą rolę geologii inżynierskiej w wymienionych dyscyplinach, jednak uważa, że geologia obszarów miejskich jest pojęciem szerszym niż geologia inżynierska, gdyż obejmuje dodatkowo geologię ekonomiczną surowców mineralnych występujących na obszarach zurbanizowanych (McGill, 1964). Fuchu i in. (1994) podają, iż głównym obszarem działań geologii obszarów miejskich jest badanie zasobów naturalnych i zagrożeń geologicznych odnoszących się do rozwoju, przebudowy czy też rozbudowy obszarów miejskich. Catto i Bobrowsky (2003) wskazują, że dyscyplina ta ma tradycyjne powiązania z kartowaniem geologicznym oraz oceną osadów czwartorzędowych i przedczwartorzędowych z punktu widzenia budowy infrastruktury i łagodzenia skutków geozagrożeń. Natomiast El May i in. (2010) twierdzą, że oprócz zbierania danych, analiz geologicznych i tworzenia map miejskiego środowiska geologicznego dla planistów i inżynierów, innym celem geologii obszarów miejskich jest dostarczenie wiedzy geologicznej planistom i politykom, potrzebnej do tworzenia racjonalnych planów rozwoju. Nieco inną definicję geologii obszarów miejskich przedstawił Culshaw i Price (2011), według których jest to badanie interakcji pomiędzy sferą działalności ludzkiej a środowiskiem geologicznym w obszarach zurbanizowanych, wraz z wynikającymi z tego skutkami, oraz zapewnieniem niezbędnej geoinformacji w celu umożliwienia zrównoważonego rozwoju i ochrony.

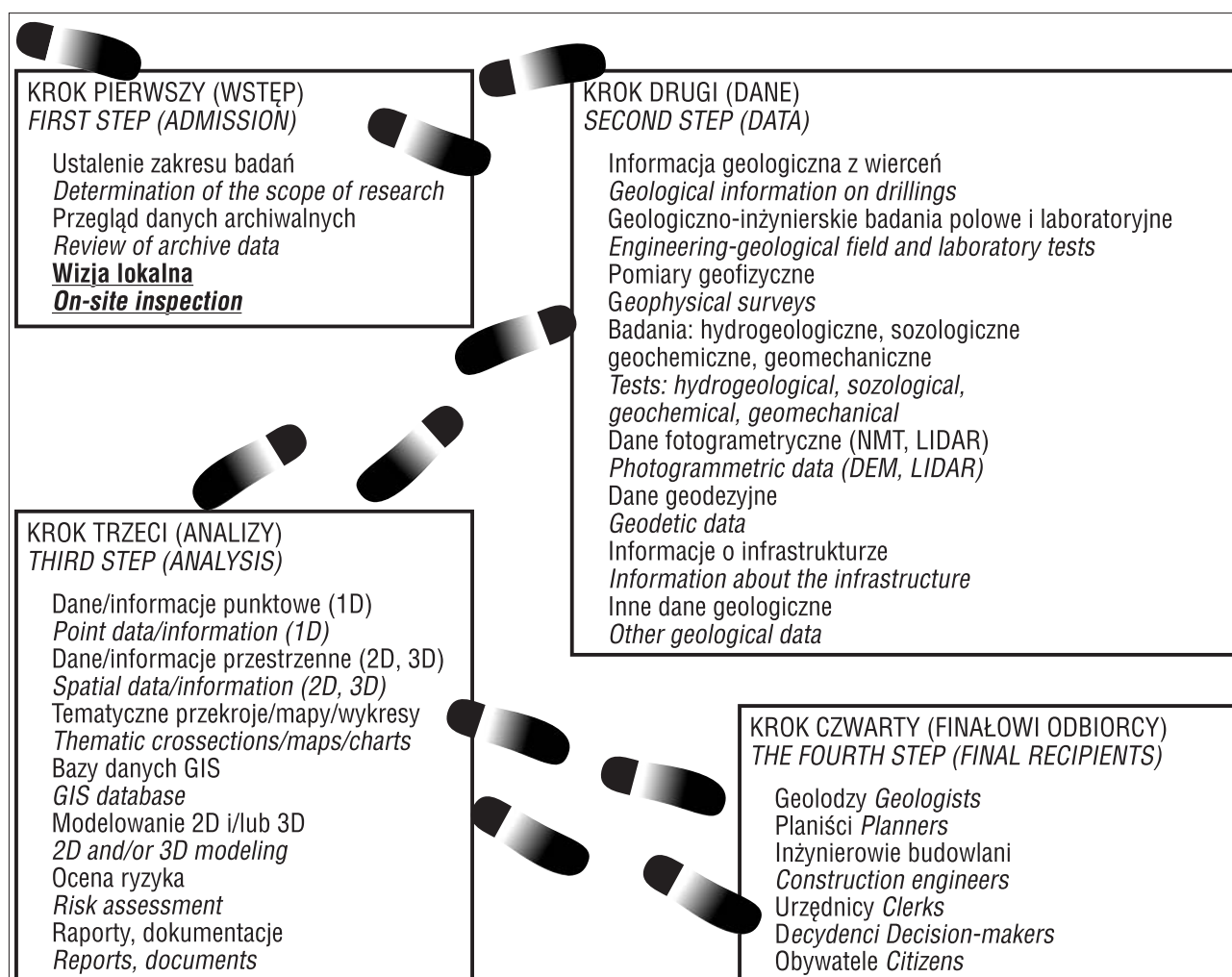
Zdaniem Panteliasa i in. (2008) geologia obszarów miejskich dostarcza informacji potrzebnych na takich polach działania, jak: zrównoważone planowanie przestrzenne, planowanie w dziedzinie ochrony środowiska, potrzeby budowlane, zarządzanie wodami podziemnymi i odpadami oraz zrównoważone wykorzystanie zasobów geologicznych. Obejmuje zatem wiele dziedzin nauk o Ziemi, m.in. geologię inżynierską, hydrogeologię, geochemię, stratygrafię i geomorfologię, a jej celem jest stworzenie trójwymiarowego modelu charakterystycznych cech terenu i wyjaśnienie procesów geologicznych związanych z lokalną równowagą dynamiczną (Pantelias i in., 2008).

Ze względu na powszechne zastosowanie kamienia do budowy ulic i obiektów małej infrastruktury krajobraz miejski jest postrzegany jako doskonały poligon do poznawania wielu aspektów petrografii (np. Perez-Monserrat i in., 2013; Kozłowska, Jarmołowicz-Szulc, 2015) i paleontologii (Donovan, Madern, 2016). W kręgu zainteresowań wielu badaczy znalazły się też czynniki naturalne i antropogeniczne, które negatywnie wpływają na tempo starzenia się miejskich budowli kamiennych (Pinińska, 2007; Pinińska i in., 2010; Kłopotowska, 2011; Bobrowska, 2013; Łukasik, 2013; Bellopede i in., 2016; Pinińska i in., 2016).

Podsumowując, można stwierdzić, że geologia obszarów miejskich obejmuje (ryc. 1):

- kartowanie geologiczne, geologiczno-inżynierskie, hydrogeologiczne i geochemiczne;
- identyfikację geozagrożeń oraz ocenę ich interakcji z infrastrukturą techniczną,
- tworzenie modeli geologiczno-inżynierskich,
- wykorzystanie surowców mineralnych,

<sup>1</sup> Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02–089 Warszawa; [michal.radzikowski@uw.edu.pl](mailto:michal.radzikowski@uw.edu.pl); [krzysztof.cabalski@uw.edu.pl](mailto:krzysztof.cabalski@uw.edu.pl); [s.kowalczyk@uw.edu.pl](mailto:s.kowalczyk@uw.edu.pl).



**Ryc. 1.** Schemat koncepcyjny postępowania w ramach geologii obszarów miejskich  
**Fig. 1.** Conceptual diagram showing the proceedings in the framework of urban geology

– rozpoznanie oraz ocenę zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego.

Na potrzeby planowania rozwoju miasta coraz częściej jest stosowane obrazowanie 2D geologii obszarów miejskich z wykorzystaniem technik GIS. Coraz większą rolę odgrywa w tym również analiza informacji przestrzennych oraz modelu terenu (El May i in., 2010; Ferrario i in., 2015). Tworzy się także niezwykle użyteczne modele 3D geologii obszarów miejskich (De-fu i in., 2008; Jarna i in., 2015), w czym bardzo pomocne jest zastosowanie metod geofizycznych (Kaczmarek, 2014; Kowalczyk i in., 2014).

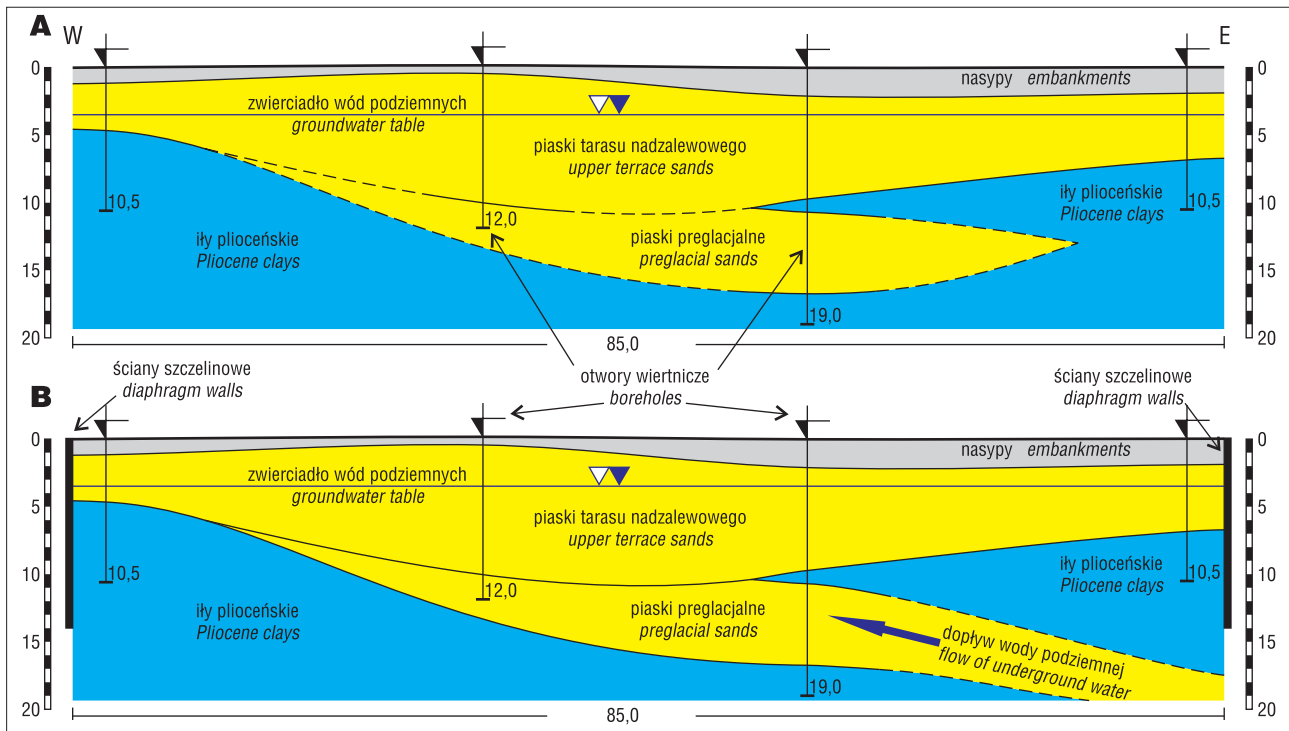
Informacje gromadzone o środowisku miejskim stanowią ogromną bazę danych, które są przetwarzane przez systemy informacji geograficznej (GIS), umożliwiające opracowanie map i modeli opisujących budowę geologiczną i oddziaływanie człowieka na środowisko w miastach. W Polsce dane tego typu gromadzi Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy i udostępnia poprzez przeglądarki internetowe w formie map – np. geologiczno-inżynierskich map aglomeracji miejskich czy atlasów geochemicznych (Gogołek i in., 2010).

Celem niniejszego artykułu jest próba ukazania różnorodności problematyki geologii obszarów miejskich na przykładzie prac prowadzonych w aglomeracji warszawskiej.

## NIEZGODNOŚĆ MODELU GEOLOGICZNEGO Z RZECZYWISTOŚCIĄ PRZYCZYNĄ AWARII NA BUDOWIE

### Centrum biurowe przy ul. Czerskiej w Warszawie

W trakcie budowy centrum biurowego otwierano stopniowo wykop i obserwowano szczegóły budowy geologicznej, weryfikując je z modelem geologicznym stworzonym na potrzeby projektu budowlanego. W profilu występowały od powierzchni: nasypy antropogeniczne, poniżej utwory związane z akumulacyjną działalnością Wisły, głównie piaski rzeczne, podścielone zaburzonymi glacitektonicznie, piaszczystymi utworami preglacjalnymi i łożami plioceńskimi, noszącymi dodatkowo na powierzchni ślady rozmyć (Sarnacka, 1980). Schematyczny model geologiczny oraz jego zmodyfikowany obraz, skonstruowany w wyniku obserwacji dokonanych w trakcie budowy, przedstawiono na rycinie 2. Warunki miejskie, zobowiązujące do zaplanowania odpowiedniej liczby miejsc postojowych, wymusiły zaprojektowanie głębokiego posadowienia w celu zbudowania podziemnego garażu. Według założeń projektowych w budowlu tej należało zastosować technologię ścian szczelinowych, połączoną z metodą stropowo-rozporową. Ściany szczelinowe posadowiono na łożach, a następnie przystąpiono do odwodnienia przestrzeni ogra-



**Ryc. 2.** Budowa centrum biurowego przy ul. Czerskiej w Warszawie. Schematyczne przekroje geologiczne: **A** – na podstawie rozpoznania geologicznego; **B** – rzeczywisty obraz budowy geologicznej. Wszystkie wymiary w metrach

**Fig. 2.** Construction of the office center at Czerska Street in Warsaw. Schematic geological sections: **A** – based on the geological exploration; **B** – the actual picture of the geological structure. All dimensions in meters

niczonoj ścianami i warstwą iłóv. Po ocenie efektów odwodnienia otwarto wykop i głębioo go do docelowej rzędoej. Okazało się, że na tej głębiookości warstwa iłóv jest bardziej zaburzonoj glacictekonioicnie niż zakłádoj i nie jest ciągła. W zwiázku z tym nastąpił niekontrolowan dopływ wody i lokalne zniszczenie podłoża.

Mapy geologiczne obszaróv zurbanizowaných dostarczają czasami bardzo szczególowých informacji o budowie geologicznej terenu, determinującej choćby sposób posadowienia i warunki prowadzenia odwodnień budowlanych, jednak należy pamiętać, że są one wynikiem losowych badań prowadzonych na obszarach gęstej zabudowy. Prawdopodobieństwo zgodności modelu przestrzennego z rzeczywistymi warunkami geologiczno-inżynierskimi i geotechnicznymi podłoża zależy od stopnia skomplikowania budowy geologicznej oraz od zakresu i szczególowości badań wykonanych w celu rozpoznania podłoża budowlanego. W przypadku tej inwestycji nie przeznaczono funduszy na dokładne przestrzenne rozpoznanie kontaktów hydrogeologicznych, np. poprzez zastosowanie metody obrazowania elektrooporowego (ERI). Zastosowanie tej metody w połączeniu z wynikami standardowych badań terenowych umożliwiłoby znacznie lepsze rozpoznanie podłoża. Na podstawie interpretacji obrazu zmienności oporności elektrycznej badanego ośrodká można by było rozpoznać strefę kontaktu wód gruntowych dwóch poziomów wodonośnych, na co wskazują wyniki badań Kowalczyka i in. (2017). Metoda elektrooporowa (ERI) była z powodzeniem wykorzystywana do analizy i oceny uwarunkowań stateczności Skarpy Warszawskiej (Kaczmarek, 2014; Kowalczyk i in., 2014).

## ZAWODNIENIE ZABYTKOWYCH PIWNIC W SKOMPLIKOWANYCH WARUNKACH HYDROGEOLOGICZNYCH

### Stare Miasto w Warszawie

Przygotowania do rewitalizacji piwnic i podziemi na terenie Starego Miasta w Warszawie wymagały wykonania wielu analiz, opracowań i dokumentacji. Ze względu na trwający od średniowiecza rozwój zabudowy, współpraca geologóv inżynierskich, hydrogeologóv, geologóv środowiskowych, inżynieróv budowlanych i projektantóv w realizacji projektu została wsparta udziałem archeologóv. Rozpoznanie geologiczne i hydrogeologiczne miało dostarczyć informacji potrzebnych do oceny stanu zachowania podziemi budynków, ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływania na nie zawilgoceń i zawodnień.

W celu rozpoznania warunków hydrogeologicznych na Starym Mieście podjęto następujące działania:

- na podstawie analizy dostępnych materiałów archiwalnych oraz poprzez wykonanie wykopóv, wierceń i odkrywek fundamentóv scharakteryzowano grunty w strefie posadowienia wybranych budynków;
- dokonano rejestracji poziomóv wód podziemnych i scharakteryzowano warunki hydrogeologiczne terenu;
- obserwowano i dokumentowano przebieg procesóv geodynamicznych;
- ustalono zasięg zmian środowiskowych istotnych dla warunkóv zawilgoceoia budynków.

W ocenie warunkóv geologiczno-inżynierskich szczególną uwagę zwrócono na grunty antropogeniczne występujące przy powierzchni terenu, powstałe na skutek długotrwałego oddziaływania na środowisko geologiczne



czynników związanych z bytowaniem i gospodarowaniem człowieka (ryc. 3). Grunty te rozpatrywano w dwóch aspektach:

– jako determinujące zakres i warunki przenikania wód opadowych i roztopowych do piwnic budynków i powodujących zawilgocenie ścian oraz zalania podłóg,

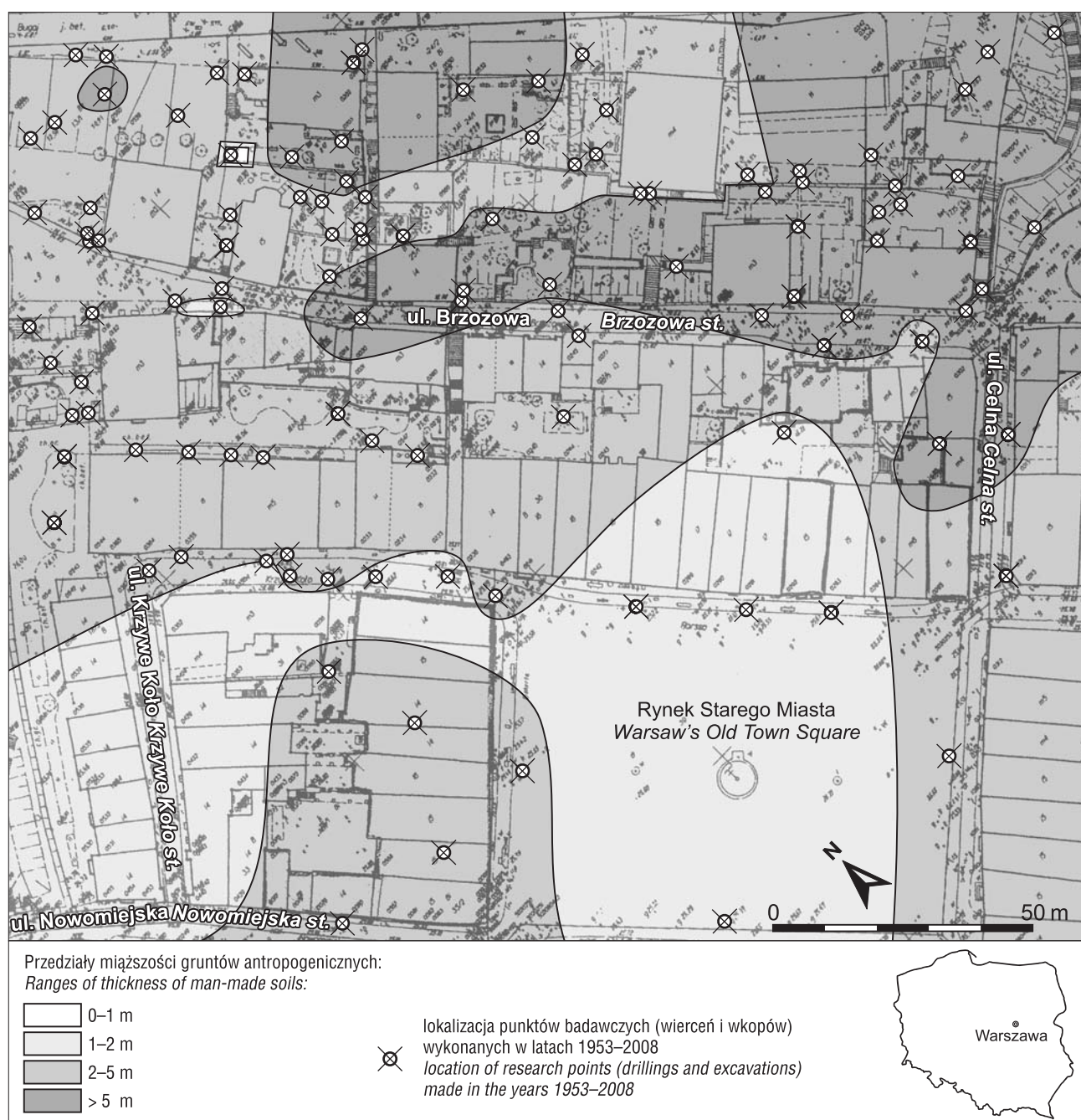
– jako najbardziej predysponowane do ruchów masowych w wyniku oddziaływania czynników zewnętrznych – wzrostu wilgotności, deformacji filtracyjnych, drgań itp.

Szczególne uwagę zwrócono na określenie stanu wilgotności gruntów oraz rejestrowanie przejawów migracji wód gruntowych. Ponadto pobrano próbki gruntów do badań laboratoryjnych – granulometrycznych oraz agresywności korozyjnej w stosunku do betonu i żelbetu.

Wielu istotnych informacji, które miały wpływ na zakres przeprowadzanych prac i badań, dostarczyła analiza

materiałów archiwalnych. Historyczny materiał ikonograficzny i kartograficzny umożliwił wyciągnięcie wniosków dotyczących dynamiki Skarpy Warszawskiej (Wysokiński, 1982; Czarnecki, 1983, 1996).

Śródmiejski odcinek skarpy jest obszarem o najbardziej skomplikowanych warunkach hydrogeologicznych w stolicy, co potwierdza Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1: 50 000 (Cygański i in., 1997). Szczególnie skomplikowane są stosunki wodne na terenie Starego Miasta – z powodu znacznej zmienności budowy geologicznej i czynników antropogenicznych. Grunty antropogeniczne na Starym Mieście są bardzo niejednorodne i w przeważającej masie trudno przepuszczalne. Wśród gruntów pylastych, organicznych i gruzu stwierdzono drobne soczewki osadów piaszczystych i towarzyszące im liczne wysięki wody. Przewarstwienia gruntów nieprzepuszczalnych występują mozaik-



Ryc. 3. Fragment mapy miąższości gruntów antropogenicznych rejonu Rynek Starego Miasta w Warszawie  
 Fig. 3. Part of the man-made soil thickness map in the region of the Old Town in Warsaw

kowo, a zawieszony poziomy wód gruntowych pojawiają się nieregularnie na różnych głębokościach. Często nie ma między nimi łączności hydraulicznej lub jest ona bardzo utrudniona.

Warunki hydrologiczne kształtuje również gęsta zabudowa obszaru oraz silnie rozbudowana sieć kanalizacyjna i odwodnieniowa. Sieć ta w dużej mierze drenaży płytko występujące poziomy wód podziemnych, jednak stanowi również element zasilający, gdyż w wielu miejscach jest nieuszczelniona, co bardzo komplikuje podziemne drogi krążenia wód (Czarnecki, 1996; Knyszyński, 1996).

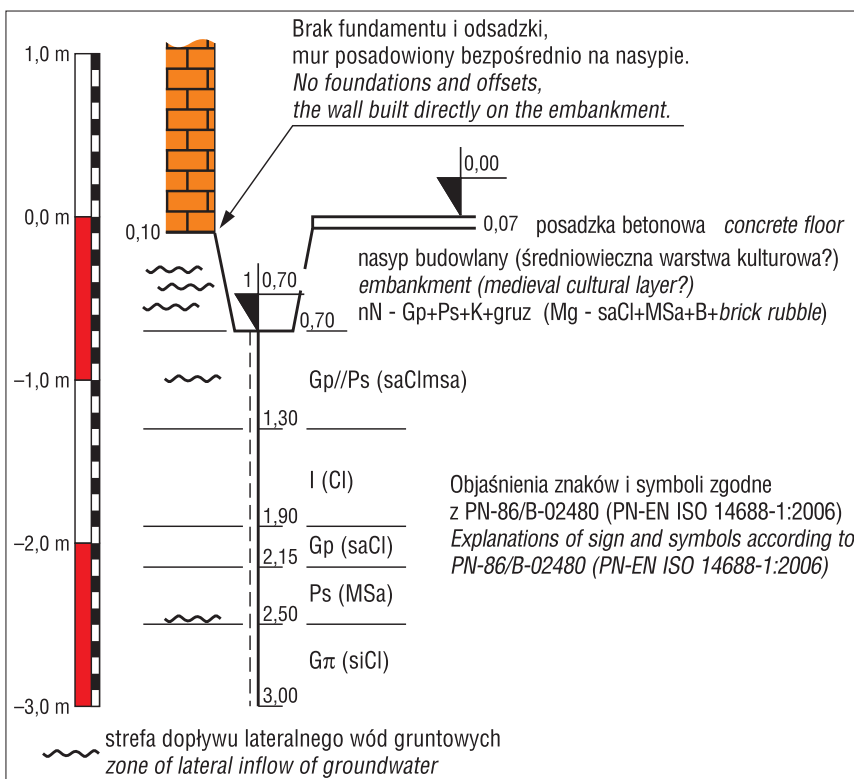
Drogami tranzytu wód opadowych pod powierzchnią terenu są zapieczone fugi między płytami chodnikowymi. Zawieszona soczewki wód podziemnych gwałtownie reagują na opady zawodnieniem. Im płycej występują, tym reakcja na opad jest szybsza. Takie warunki hydrauliczne panują np. w rejonie Muzeum Historycznego m.st. Warszawy

(Rynek Starego Miasta 28/42). Po opadach deszczu w piwnicach muzeum pojawia się zawodnienie posadzek. Dzieje się tak, ponieważ woda z powierzchni rynku Starego Miasta sphywa fugami pod ziemię i dalej płynie lateralnie soczewkami piaszczystymi, po czym wypływa w piwnicach domów przy Rynku Starego Miasta od strony NW, m.in. w piwnicy restauracji „U Dekerta” (ryc. 4 i 5).

Wykazano, że zawilgocenie ścian piwnic i okresowe zalewanie posadzek w budynkach przy Rynku Starego Miasta następuje w wyniku przesiąkania do nich wód zawieszonych z utworów antropogenicznych (nasypowych), zasilanych głównie opadami atmosferycznymi i roztopowymi. Nie zależy ono od głębokości. Często warstwy gruntu znajdujące się płycej były bardziej wilgotne niż położone głębiej, co wskazuje na występowanie poziomów zawieszonych. Faktem potwierdzającym taką tezę było zawodnienie tylko środkowej części wyższego poziomu

**Ryc. 4.** Wykop w drugim, niższym poziomie piwnic pod restauracją „U Dekerta” na Rynku Starego Miasta 38/42: **a** – wspólnie wykonany nasyp pod posadzkę z piasku, gruzu ceglano i zwietrzałego węgla lub pozostałości po pożarze (pogorzeliści); **b** – nasyp gliniasto-pyłasty; **c** – drobne, piaszczyste soczewki i przewarstwienia

**Fig. 4.** Geologically readable photograph, excavation at the bottom, second level of basements, under the restaurant „U Dekerta”, at Rynek Starego Miasta No. 38/42: **a** – modern embankments under the floor of sand, bricks and weathered coal or residues after fire (site after fire); **b** – embankment made of clay and silt; **c** – fine sandy lenses and interbeddings



**Ryc. 5.** Punkt dokumentacyjny (wykop i wiercenie) w dolnym, drugim poziomie piwnic pod restauracją „U Dekerta” na Rynku Starego Miasta 38/42

**Fig. 5.** Documentation point (excavation and drilling) at the bottom, second level of basements, under the restaurant „U Dekerta”, at Rynek Starego Miasta No. 38/42 in Warsaw



piwnic w Muzeum Historycznym m. st. Warszawy, podczas gdy strefa przy fundamencie oraz niższe poziomy piwnic były suche.

Zasilanie poziomów wód podziemnych zachodzi przez:

- infiltrację z powierzchni terenu,
- opad ukośny, spływający po wysokich zewnętrznych ścianach budynków i wsiąkający bezpośrednio przy murze
- przesiąkanie wód z nieuszczelnego systemu rynien.

Stwierdzono, że w pojedynczym profilu może występować kilka sączeń na różnych głębokościach. W warunkach naturalnych woda opadowa spływałaby na wschód – ku Wiśle, jednak na skutek antropogenicznych przekształceń terenu zatrzymuje się ona w soczewkach lub warstewkach piaszczystych leżących na utworach trudno przepuszczalnych. Na drodze odpływu wód stoją często fundamenty budynków, które tworzą zaporę. Gdy woda dłużej stagnuje w gruncie, stanowi większe zagrożenie dla fundamentów i ścian budynków. Przyczyną długotrwałych zawilgoceń fundamentów może być też podsiąkanie kapilarne.

Zaproponowano utworzenie systemu monitorowania wód gruntowych, który powinien być zindywidualizowany dla niewielkich obszarów.

Zmienność litologiczna utworów antropogenicznych sprawia, że nie można zastosować jednolitego modelu przyczyn zawodnienia podłoża na terenie Starego Miasta. Ten wniosek można odnieść szerzej jako wskazówkę dla geologów działających w przestrzeni miejskiej, w szczególności podejmujących prace i badania różnowiekowych gruntów antropogenicznych.

## **NIEWYBUCH Z CZASÓW II WOJNY ŚWIATOWEJ**

### **Plac Powstańców w Warszawie**

Specyficznym zagadnieniem geologii miejskiej na terenie Warszawy jest niebezpieczeństwo natrafienia na pozostałości po II wojnie światowej. Na przykład 28 sierpnia 2012 r., podczas budowy II linii metra, w rejonie Placu Powstańców natrafiono na ponad 2-tonowy pocisk najcięższego, samobieżnego moździerza Karl-Gerät 040. Zdarzenie to pokazuje skalę problemu mimo upływu około 70 lat od zakończenia wojny. Ze względu na tę historyczną spuściznę do dziś nasza stolica, jako jedyne miasto w Polsce, ma swój własny patrol saperki stacjonujący w Nowym Dworze Mazowieckim.

Zagadnienia dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na terenie Warszawy, w tym gruntów antropogenicznych zawierających gruz z czasów II wojny światowej, opisali na przykładzie prac budowlanych w rejonie Trasy Armii Krajowej i węzła Wisłostrady Cabalski i Radzikowski (2010). W pracy tej zaprezentowano m.in. metody identyfikacji starej, nieczynnej infrastruktury technicznej (np. kanalizacji i zabezpieczeń przeciwpowodziowych) oraz jej wpływ na warunki budowlane. Co istotne, do identyfikacji wielu elementów tego typu wystarczyła analiza starych map topograficznych i zdjęć lotniczych (Cabalski, Radzikowski, 2010).

## **SKAŻENIE GRUNTU**

### **Łomianki pod Warszawą**

W Łomiankach pod Warszawą, na terenie przeznaczonym pod budowę nowego obiektu stwierdzono silne skażenie gruntu arsenem i chromem. Na szczęście o skażeniu dowiedziano się przed rozpoczęciem prac budowlanych i po przeprowadzeniu odpowiedniej rekultywacji gruntu można było przystąpić do budowy obiektu. Skuteczność rekultywacji była uzależniona od wykształcenia litologicznego warstw skalnych, warunków geologicznych i hydrogeologicznych, szczegółowości rozpoznania geochemicznego, stopnia degradacji podłoża i zasięgu skażenia, a także od koncepcji rekultywacji (Dragowski, 2002; Dragowski i in., 2011). Przypadki skażenia gruntów na terenach miejskich nie są rzadkością i dowodzą, że przed przystąpieniem do prac budowlanych należy równolegle z badaniami geologiczno-inżynierskimi prowadzić badania geochemiczne. Obecnie są też prowadzone próby wykorzystania metody obrazowania elektrooporowego (ERI) do dokumentowania obszarów zdegradowanych chemicznie (Kowalczyk i in., 2017).

## **PODSUMOWANIE**

Zagospodarowanie terenów miejskich zmienia właściwości przypowierzchniowej części ośrodka geologicznego, co skutkuje powstawaniem złożonych klasyfikacji gruntów antropogenicznych (Rosenbaum i in., 2003; Dragowski, 2010; Dragowski i in., 2011; Volungevičius, Skorupskas, 2011). Colombo i in. (2013) proponują, aby do stratygrafii górnego holocenu wprowadzić jednostki litoantropogeniczne, odzwierciedlające historyczne i współczesne oddziaływanie człowieka na przypowierzchniową część ośrodka geologicznego. Price i in. (2011) oraz Zalasiewicz i in. (2010) wskazują, że działalność człowieka jest dominującym czynnikiem kształtującym środowisko geologiczne, a czas, w którym żyjemy, należałoby nazwać antropocenem.

Geologia obszarów miejskich powinna być traktowana jako osobna specjalizacja naukowa. Przedstawione w artykule przykłady dowodzą, że staje się ona bardzo istotną częścią wiedzy koniecznej do prawidłowej rozbudowy miast. Badania geologiczne prowadzone na obszarach miejskich dostarczają istotnych informacji potrzebnych do planowania przestrzennego, posadowienia obiektów, wykorzystania materiałów kamiennych w budownictwie, konserwacji zabytków, architektury krajobrazu czy identyfikacji zagrożeń geochemicznych. Od wyników tych badań zależy komfort życia i bezpieczeństwo ponad połowy światowej populacji.

Potrzeby użytkowników informacji o geologii terenów miejskich są zorientowane głównie na wskazówki dotyczące możliwości zrównoważonego zagospodarowania tych terenów. Zważywszy na to, że odbiorcami informacji są w zdecydowanej mierze osoby nie mające wykształcenia geologicznego, zachodzi konieczność przedstawiania ich w sposób czytelny i przystępny, jako wnioski lub wytyczne łatwe do odczytania i możliwe do wykorzystania.

Dziękujemy Recenzentom za wszelkie uwagi, które przyczyniły się do powstania ostatecznej wersji tego artykułu i z pewnością okażą się pomocne w dalszych pracach naukowych.

## LITERATURA

- BELLOPEDE R., CASTELLETTO E., MARINI P. 2016 – Ten years of natural ageing of calcareous stones, *Engin. Geol.*, 211: 19–26, DOI: 10.1016/j.enggeo.2016.06.015.
- BOBROWSKA A. 2013 – Zmiany wytrzymałości w warunkach krystalizacji soli oraz oddziaływania dwutlenku siarki w wybranych makroporowych skałach węglanowych. *Prz. Geol.*, 61 (5): 311–314.
- CABALSKI K., RADZIKOWSKI M. 2010 – Grunty antropogeniczne w dokumentowaniu warunków geologiczno-inżynierskich dla budowy dróg – wybrane problemy. *Prz. Geol.*, 58 (9/2): 886–891.
- CATTO N., BOBROWSKY P. 2003 – Urban and Quaternary geology, New Zealand and eastern Australia. (Editorial). *Quater. Intern.*, 103:1–2, DOI:10.1016/S1040-6182(02)00177-5.
- COLOMBO F., RIBA O., REGUANT S., VIRGILI C., RIVERO L. 2013 – Anthropostratigraphy: New lithological units of the Quaternary controlled by human activity. *J. Iberian Geol.* 39 (2): 253–260, [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_JIGE.2013.v39.n2.42500](http://dx.doi.org/10.5209/rev_JIGE.2013.v39.n2.42500)
- CULSHAW M.G., PRICE S.J. 2011 – The 2010 Hans Cloos lecture: The contribution of urban geology to the development, regeneration and conservation of cities. *Bull. Engin. Geol. Envir.*, 70 (3): 333–376. DOI: 10.1007/s10064-011-0377-4.
- CZARNECKI M. 1983 – Mapa utworów nasypowych (antropogenu) oraz własności nasypów Starego Miasta w Warszawie z uwzględnieniem warstw archeologicznych. Arch. Stołecznego Konserwatora Zabytków.
- CZARNECKI M. 1996 – Rozpoznanie geologiczno-archeologiczne warunków posadowienia budowli w strefie Skarpy Staromiejskiej. Arch. ZDK Warszawa Śródmieście.
- CYGAŃSKI K. (red.) 1997 – Mapa Hydrogeologiczna Polski wraz z objaśnieniami, skala 1: 50 000, ark. Warszawa Wsch. Wyd. Geol., Warszawa.
- DE-FU C., LI-XIN W., ZUO-RU Y. 2008 – 3D Urban Geological Modeling and its Application in China: Technologies and Developments. In IGARSS 2008–2008 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 311–314. DOI: 10.1109/IGARSS.2008.4779720.
- DONOVAN S.K., MADERN P.A. 2016 – Rostroconchs in Leiden. *Swiss J. Palaeont.*, 135: 349–352, DOI:10.1007/s13358-016-0118-1.
- DRAĞOWSKI A. 2002 – Grunty zdegradowane chemicznie i oceny możliwości ich zagospodarowania dla potrzeb budownictwa. [W:] Konferencja Naukowo-Techniczna „Zagospodarowanie gruntów zdegradowanych. Badania, Kryteria Oceny, Rekultywacja” Mrągowo, 6–8 listopada 2002 r. ITB, Warszawa: 802–808.
- DRAĞOWSKI A. 2010 – Charakterystyka i klasyfikacja gruntów antropogenicznych. *Prz. Geol.* 58: 868–872.
- DRAĞOWSKI A., CABALSKI K., RADZIKOWSKI M. 2011 – Problematyka rekultywacji terenów zdegradowanych chemicznie w badaniach geologiczno-inżynierskich na przykładzie doświadczeń z rejonu Łomianek. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 446: 453–457.
- EL MAY M., DLALA M., CHENINI I. 2010 – Urban geological mapping: Geotechnical data analysis for rational development planning. *Engin. Geol.*, 116: 129–138. DOI: 10.1016/j.enggeo.2010.08.002.
- FERRARIO M.F., BONADEO L., BRUNAMONTE F., LIVIO F., MARTINELLI E., MICHETTI A.M., CENSI NERI P., CHIESSI V., COMERCI V. HÖBIG N. 2015 – Late Quaternary environmental evolution of the Como urban area (Northern Italy): A multidisciplinary tool for risk management and urban planning. *Engin. Geol.*, 193: 384–401. DOI: 10.1016/j.enggeo.2015.05.013.
- FUCHU D., YUHAI L. SIJING W. 1994 – Urban geology: a case study of Tongchuan city, Shaanxi Province, China. *Engin. Geol.*, 38: 165–175.
- GOGOLEK W., GLIWICZ T., HORDEJUK M., PACIURA W. 2010 – Geologiczna infrastruktura informacji przestrzennej. *Rocz. Geomatyki*, 8 (6/42): 141–152.
- JARNA A., BANG-KITTILSEN A., HAASE C., HENDERSON I.H.C., HØGAAS F., IVERSEN S., SEITHER A. 2015 – 3-dimensional geological mapping and modeling activities at the geological survey of Norway. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 1: 11–16. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-2-W4-11-2015.
- KACZMAREK Ł. 2014 – Geomorfologiczna i geofizyczna analiza uwarunkowań stateczności skarpy warszawskiej w rejonie Ursynowa. *Prz. Nauk. – Inż. Kszt. Środ.*, 65, 215–226.
- KŁOPOTOWSKA A.K. 2011 – Odporność piaskowca sztydlowieckiego na krystalizację soli w aspekcie wzmacniania strukturalnego. *Gór. Geoinż.*, 35 (2): 341–347.
- KNYSZYŃSKI F. 1996 – Ekspertyza hydrogeologiczna rejonu skarpy na Starym Mieście w Warszawie. Arch. ZDK Warszawa Śródmieście.
- KOWALCZYK S., MIESZKOWSKI R., PACANOWSKI G. 2014 – Ocena stateczności wybranych fragmentów skarpy warszawskiej w świetle badań geofizycznych metodą tomografii elektrooporowej (ERT). *Prz. Geol.*, 62 (10/2): 634–640.
- KOWALCZYK S., CABALSKI K., RADZIKOWSKI M. 2017 – Application of geophysical methods in the evaluation of anthropogenic transformation of the ground: A case study of the Warsaw environs, Poland. *Engin. Geol.*, 216: 42–55. DOI: 10.1016/j.enggeo.2016.11.008.
- KOZŁOWSKA A., JARMOŁOWICZ-SZULC K. 2015 – Kamień w zabytkowych budowlach Brisbane (Australia). *Prz. Geol.*, 63: 345–347.
- ŁUKASIAK D. 2013 – Wpływ wybranych procesów niszczących na trwałość piaskowców gódluskich z Brennej. *Gór. Odkr.*, 54 (1): 56–61.
- MCGILL J.T. 1964 – Growing importance of urban geology. *Circular 487. United States Geological Survey, Reston*, 1–4.
- PANTELIAS E., ZERVAKOU A.D., TSOMBOS P.I. NIKOLAKOPOULOS K.G. 2008 – Spatial database for the management of „urban geology“ geothematic information: the case of Drama City, Greece. *Proc. SPIE 7110, Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology VIII*, 711012, DOI:10.1117/12.798864.
- PEREZ-MONSERRAT E.M., de BUERGO M.A., GOMEZ-HERAS M., MURIEL M.J.V., GONZALEZ R.F. 2013 – An urban geomontional route focusing on the petrological and decay features of traditional building Stones used in Madrid, Spain. *Environ. Earth Sci.*, 69, 1071–1084. DOI:10.1007/s12665-012-2164-3.
- PINIŃSKA J. 2007 – Wpływ podwyższonej temperatury na właściwości mechaniczne skał. *Pr. Nauk. Inst. Geotech. Hydrotech. P.Wroc.*, Konferencje, 76 (42): 527–534.
- PINIŃSKA J., BOBROWSKA A., PAMUKCU C. 2010 – Laboratoryjne badania procesu deterioracji trawertynowych elementów konstrukcyjnych. *Prz. Geol.*, 58: 879–885.
- PINIŃSKA J., BOBROWSKA A., ŁUKASIAK D. 2016 – The Influence of Natural Climatic Factors on the Geomechanical Properties of Siliceous Lime Stones from Kazimierz Dolny (Poland). *Stud. Quater.*, 33 (2): 103–110, DOI: 10.1515/squa-2016-0010.
- PN-B-02480:1986 Grunty budowlane – Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
- PN-EN ISO 14688-1:2006 Badania geotechniczne – Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów – Część 1: Oznaczanie i opis.
- PRICE S.J., FORD J.R., COOPER A.H., NEAL C. 2011 – Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369 (1938): 1056–1084.
- ROSENBAUM M.S., MCMILLAN A.A., POWELL J.H., COOPER A.H., CULSHAW M.G., NORTHMORE K.J. 2003 – Classification of artificial (man-made) ground. *Engin. Geol.*, 69 (3–4): 399–409, DOI: 10.1016/S0013-7952(02)00282-X.
- SARNACKA Z. 1980 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski wraz z objaśnieniami, skala 1: 50 000, ark. Warszawa Wsch. Wyd. Geol., Warszawa.
- WYSOKIŃSKI L. 1982 – Analiza warunków geologicznych i prognoza stateczności Skarpy Warszawskiej dla celów zagospodarowania przestrzennego, zabezpieczeń i ochrony środowiska w dzielnicy Śródmieście. *Wyd. Geol. UW.*
- VOLUNGEVIČIUS J., SKORUPSKAS R. 2011 – Classification of anthropogenic soil transformation. *Geologija*, 53 (4): 165–177, DOI: <http://dx.doi.org/10.6001/geologija.v53i4.1904>.
- ZALASIEWICZ J., WILLIAMS M., STEFFEN W., CRUTZEN P. 2010 – The new world of the Anthropocene. *Environ. Sc. Techn.*, 44 (7): 2228–2231.