

# Analiza zmian warunków gruntowo-wodnych we Wrocławiu w odniesieniu do klas agresywności wód podziemnych na podstawie danych archiwalnych

Marta Trałka<sup>1</sup>, Marek Błachowicz<sup>1</sup>



M. Trałka



M. Błachowicz

**Analysis of changes in groundwater and soil conditions in Wrocław city according to groundwater aggressiveness classes based on archival data.** *Prz. Geol.*, 70: 449–457; doi: 10.7306/2022.14

*Abstract.* The study of the physical and chemical parameters of groundwater is one of many elements enabling complete recognition of engineering geology conditions that are used in the designing process of building construction. The degree of groundwater aggressiveness is determined, based on the groundwater components likely to cause foundation corrosion (pH,  $SO_4^{2-}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ , aggressive  $CO_2$ ) and carried out in accordance with the Polish standard PN-EN 206+A2:2021-08. A series of spatial and statistical analyses of archival data from 40 selected engineering geology documentations from the years 2010–2013 were performed to investigate the potential variability in the degree of aggressiveness of shallow groundwater in Wrocław city.

Groundwater from 50 individual research points was analysed. Groundwater components: of pH and contents of aggressive carbon dioxide and sulfate ions have a significant influence on the degree of groundwater aggressiveness. Magnesium and ammonium ions are statistically unimportant. Groundwater aggressiveness environments are spatially variable and are demonstrated not only in the study area, but also within a single investment. More than one analysis is necessary to be performed to evaluate groundwater aggressiveness. This conclusion is also confirmed by the current study conducted in 2021.

**Keywords:** groundwater aggressiveness, engineering geology documentations, Wrocław, land use changes

Postępujące procesy urbanizacji wywierają znaczący wpływ na środowisko przyrodnicze, co z czasem znajduje odzwierciedlenie w zmieniających się warunkach geologiczno-inżynierskich, widocznych zwłaszcza na zaawansowanym etapie rozwoju miasta. Są one wywołane m.in. zmianami piętrzenia wód powierzchniowych i związanymi z nimi zmianami położenia zwierciadła wód podziemnych, obecnością historycznych nasypów pochodzenia antropogenicznego (często o wielometrowej miąższości) czy zmianami sposobu zagospodarowania terenu (zmiany wielkości i jakości infiltrujących wód opadowych, zanieczyszczenia związane z działalnością rolniczą i przemysłową czy nieszczelną infrastrukturą wodno-kanalizacyjną). Do czynników naturalnych, wpływających bezpośrednio na zmiany agresywności chemicznej wód podziemnych, można zaliczyć m.in. obecność minerałów zawierających siarkę (np. gips), a także procesy utleniania siarczków, które z kolei prowadzą do znacznego obniżenia pH. Podstawowym źródłem  $NH_4^+$  w wodach podziemnych są biochemiczne procesy redukcji  $NO_2^-$  i  $NO_3^-$ . Podwyższona zawartość  $CO_2$  pochodzi głównie z procesów biochemicznych zachodzących w glebach (Macioszczyk, Dobrzyński, 2002). Wrocław jest przykładem miasta, w którym, obok warunków geologicznych, wszystkie ww. postępujące zmiany w widoczny sposób wpływają na warunki gruntowo-wodne decydujące o głębokości posadowienia fundamentów oraz stopień potencjalnych przeobrażeń na kontakcie grunt/materiał budowlany. Zwykle z zachodzącymi zmianami następuje pogorszenie jakości różnych wskaźników chemicznych wód podziemnych, które wpływają na szeroko pojętą wytrzymałość i jakość materiałów budowlanych. Agresywność chemiczna wód, która ma wpływ na infrastrukturę tworzącą fundamenty, pozwala na klasyfikację obszarów inwestycji względem środowisk o różnym stopniu nasilenia tego zjawiska, w zależności od normatywnych wartości wybranych wskaźników (tab. 1). Badania składu chemicznego wód pod

dziemnych są biochemiczne procesy redukcji  $NO_2^-$  i  $NO_3^-$ . Podwyższona zawartość  $CO_2$  pochodzi głównie z procesów biochemicznych zachodzących w glebach (Macioszczyk, Dobrzyński, 2002). Wrocław jest przykładem miasta, w którym, obok warunków geologicznych, wszystkie ww. postępujące zmiany w widoczny sposób wpływają na warunki gruntowo-wodne decydujące o głębokości posadowienia fundamentów oraz stopień potencjalnych przeobrażeń na kontakcie grunt/materiał budowlany. Zwykle z zachodzącymi zmianami następuje pogorszenie jakości różnych wskaźników chemicznych wód podziemnych, które wpływają na szeroko pojętą wytrzymałość i jakość materiałów budowlanych. Agresywność chemiczna wód, która ma wpływ na infrastrukturę tworzącą fundamenty, pozwala na klasyfikację obszarów inwestycji względem środowisk o różnym stopniu nasilenia tego zjawiska, w zależności od normatywnych wartości wybranych wskaźników (tab. 1). Badania składu chemicznego wód pod

**Tab.1.** Klasy agresywności chemicznej w zależności od wybranych parametrów wód podziemnych wg PN-EN 206+A2:2021-08  
**Table 1.** Classes of chemical aggressiveness acc. to PN-EN 206+A2:2021-08

Parametr Parameter	Jednostka Unit	XA1 Środowisko o słabej agresywności chemicznej Environment with low chemical aggressiveness	XA2 Środowisko o umiarkowanej agresywności chemicznej Environment with moderate chemical aggressiveness	XA3 Środowisko o silnej agresywności chemicznej Environment with strong chemical aggressiveness
pH	–	$\leq 6,5$ i $\geq 5,5$	$< 5,5$ i $\geq 4,5$	$< 4,5$ i $\geq 4,0$
$Mg^{2+}$	mg/dm <sup>3</sup>	$\geq 300$ i $\leq 1000$	$> 1000$ i $\leq 3000$	$> 3000$ i do nasycenia
$NH_4^+$		$\geq 15$ i $\leq 30$	$> 30$ i $\leq 60$	$> 60$ i $\leq 100$
$SO_4^{2-}$		$\geq 200$ i $\leq 600$	$> 600$ i $\leq 3000$	$> 3000$ i $\leq 6000$
$CO_2$ agr.		$\geq 15$ i $\leq 40$	$> 40$ i $\leq 100$	$> 100$ i do nasycenia

<sup>1</sup> Zakład Hydrogeologii Podstawowej, Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław; [marta.tralka@uwr.edu.pl](mailto:marta.tralka@uwr.edu.pl); [marek.blachowicz@uwr.edu.pl](mailto:marek.blachowicz@uwr.edu.pl)

tym kątem są zalecane zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. 2012 poz. 463) i wskazane w Polskiej Normie (PN-EN 206+A2:2021-08), jednak to od inwestora zależy, czy badania takie zostaną wykonane i zawarte w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Prezentowana analiza danych archiwalnych badań chemicznych wody zawartych w dokumentacjach geologiczno-inżynierskich skupiła się głównie wokół badania ogólnego trendu zmian w występowaniu wskaźników powodujących agresywność, w zależności od różnych czynników środowiskowych mogących na nie wpływać oraz określeniu stopnia i natężenia tych zmian. Niniejszy artykuł jest kontynuacją badań z 2021 r. prezentujących wyniki agresywności płytkich wód podziemnych Wrocławia (Trałka i in., 2021).

## OBSZAR BADAŃ

Wrocław, o łącznym obszarze 292,8 km<sup>2</sup>, to jedno z największych rozbudowujących się w ostatnim czasie miast Polski (Sroczyńska i in., 2018). Stanowi ono gminę wiejsko-miejską o mozaikowym typie zagospodarowania terenu, który z roku na rok ulega stopniowej zmianie. W strukturze użytkowania gruntów w centrum miasta przeważają tereny mieszkaniowe, usługowe i tereny aktywności gospodarczej, stanowiące 30,9% analizowanego obszaru. Tereny zagospodarowane rolniczo, dominujące na obrzeżach, oraz powszechnie zielone (parki, skwery), występujące także miejscami w centrum, zajmują łącznie 57,5% obszaru miasta. Pozostałe powierzchnie (11,6%) to tereny komunikacyjne oraz nieużytki (ryc. 1).

Budowa podłoża geologicznego Wrocławia charakteryzuje się znaczną zmiennością (ryc. 2). Pokrywa czwartorzędowa to głównie piaski i żwiry oraz ropy i mułki holocenu odsłaniające się na powierzchni w północnej, wschodniej i południowo-wschodniej części miasta oraz w dolinach rzecznych. W centrum miasta czwartorzęd izolowany jest od powierzchni nasypami antropogenicznymi często o znacznej miąższości (>2 m). Wśród utworów plejstocenu przeważają piaski i żwiry oraz gliny zwałowe zlodowaceń środkowo- i północnopolskich w zachodniej, południowej i północno-zachodniej części miasta, natomiast utwory neogenu (ropy i mułki ilaste oraz piaski i żwiry) odsłaniają się lokalnie na powierzchni terenu głównie w zachodniej części miasta. Miąższość utworów czwartorzędowych wynosi średnio 40–50 m, a na zachodzie Wrocławia jest przeważnie mniejsza (<10 m) (Winnicka, 1985). Warunki hydrogeologiczne na terenie miasta są zróżnicowane, głównie ze względu na podatność pierwszego piętra wodonośnego na zanieczyszczenia, wynikające z rosnącej antropopresji. Zwierciadło wód podziemnych w pierwszej połowie 2021 r. zaznaczało się średnio na głębokości 0,4–0,7 m p.p.t., natomiast w ścisłym centrum miasta na głębokości 3,22–6,22 m p.p.t. (Trałka i in., 2021). Rzeka Odra stanowi główną oś drenażu dla czwartorzędowych warstw wodonośnych. Podrzednie tę samą rolę pełnią jej główne dopływy m.in. Bystrzyca i Ślęza, w południowo-zachodniej części miasta, oraz Widawa i Dobra, w północnej i północno-wschodniej jego części. Obraz ten komplikowany jest obecnością jazów i kanałów Wrocławskiego Węzła Wodnego oraz elektrowni wodnej, przez co poziom wód podziemnych i kierunki ich przepływu (zwłaszcza w ścisłym centrum i w rejonie śródmieścia) jest determinowany głównie wielkością piętrzenia wód po-

wierzchniowych, co znajduje potwierdzenie w wynikach obserwacji innych autorów (Worsa-Kozak i in., 2008; Worsa-Kozak, Kotowski, 2009). Pod kątem składu chemicznego pierwsze piętro wodonośne charakteryzuje się często wysoką mineralizacją (do 2 g/dm<sup>3</sup>) oraz podwyższeniem niektórych składników takich jak: jon chlorkowy, potasowy, azotanowy, manganowy oraz żelazowy, głównie w zurbanizowanej części miasta (Żuk, 2000).

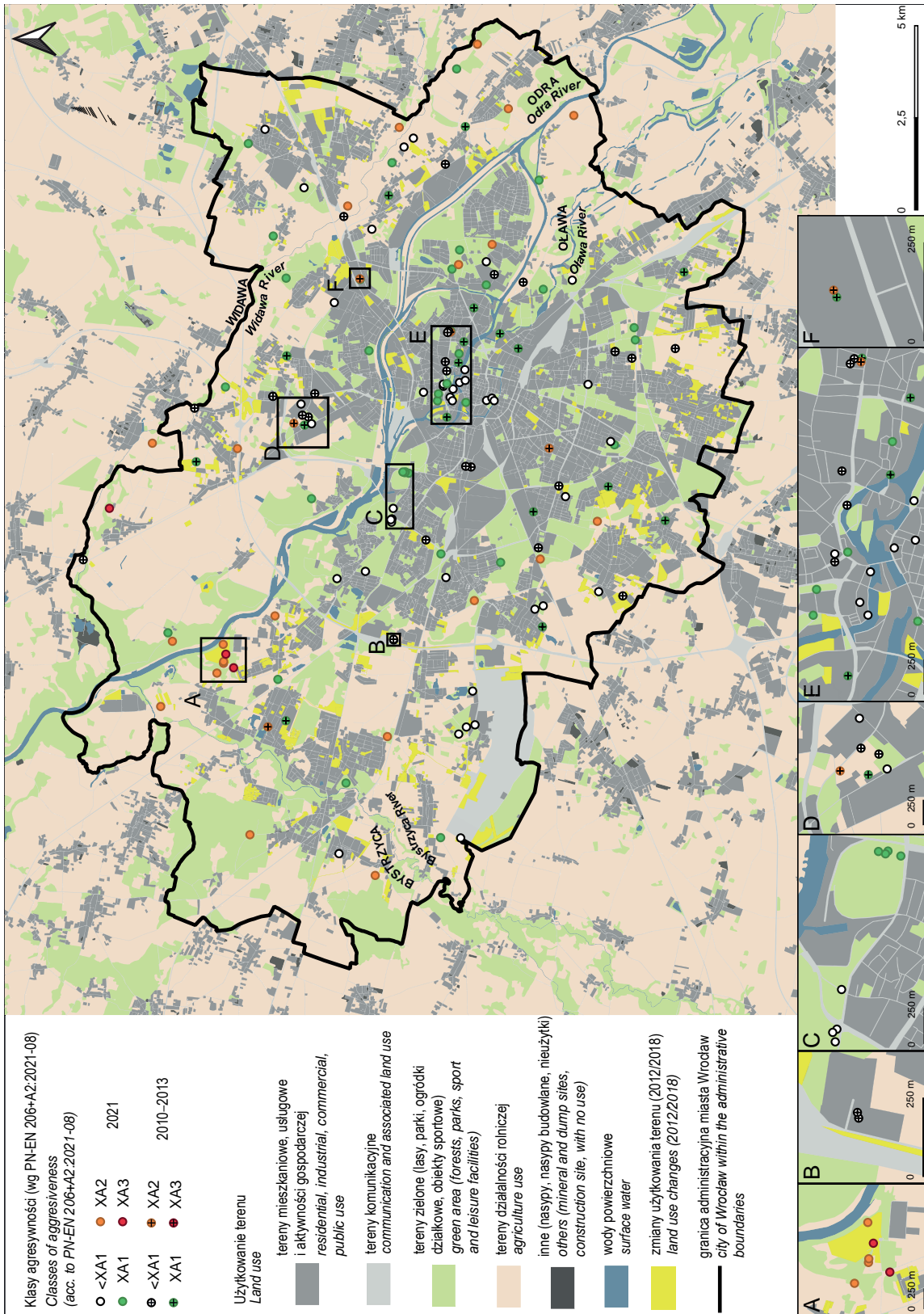
## METODYKA

W poszukiwaniu danych archiwalnych posłużono się internetowym serwisem Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG) Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego (PIG-PIB), pozwalającym przeglądać zasoby państwowych archiwów geologicznych. Archiwalne dane analiz chemicznych wody oraz dane o otworach wiertniczych i ich parametrach pozyskano z dokumentacji geologiczno-inżynierskich. Wybrano 40 dokumentacji zawierających potrzebne informacje, zawiązując obszar do gminy „Wrocław”, a w słowach kluczowych przyjmując hasło „analizy wody”. Spośród 40 wybranych dokumentacji tylko 5 zawierało więcej niż jedną analizę chemiczną, w związku z tym przeanalizowano łącznie 50 wyników parametrów wód. Przy wyborze punktów badawczych położono nacisk na równomierne przestrzenne zlokalizowanie inwestycji tak, aby opisywane zależności mogły odnosić się do całego obszaru miasta (ryc. 3). Jako zakres czasowy analizy przyjęto lata 2010–2013, głównie z powodu niedostatecznej liczby dokumentacji zawierających wyniki w krótszych przedziałach czasowych. Kopie dokumentów pozyskano z Narodowego Archiwum Geologicznego (NAG PIG-PIB) w Warszawie na podstawie złożonego wniosku. Dane przestrzenne dotyczące zagospodarowania terenu pozyskano ze strony Programu Copernicus (COPERNICUS PROGRAMME... 2012, 2018), poddając je analizie i obróbcęw programie QGIS 3.14. Analizy statystyczne wykonano w programie Statistica 13.

## WYNIKI I DYSKUSJA

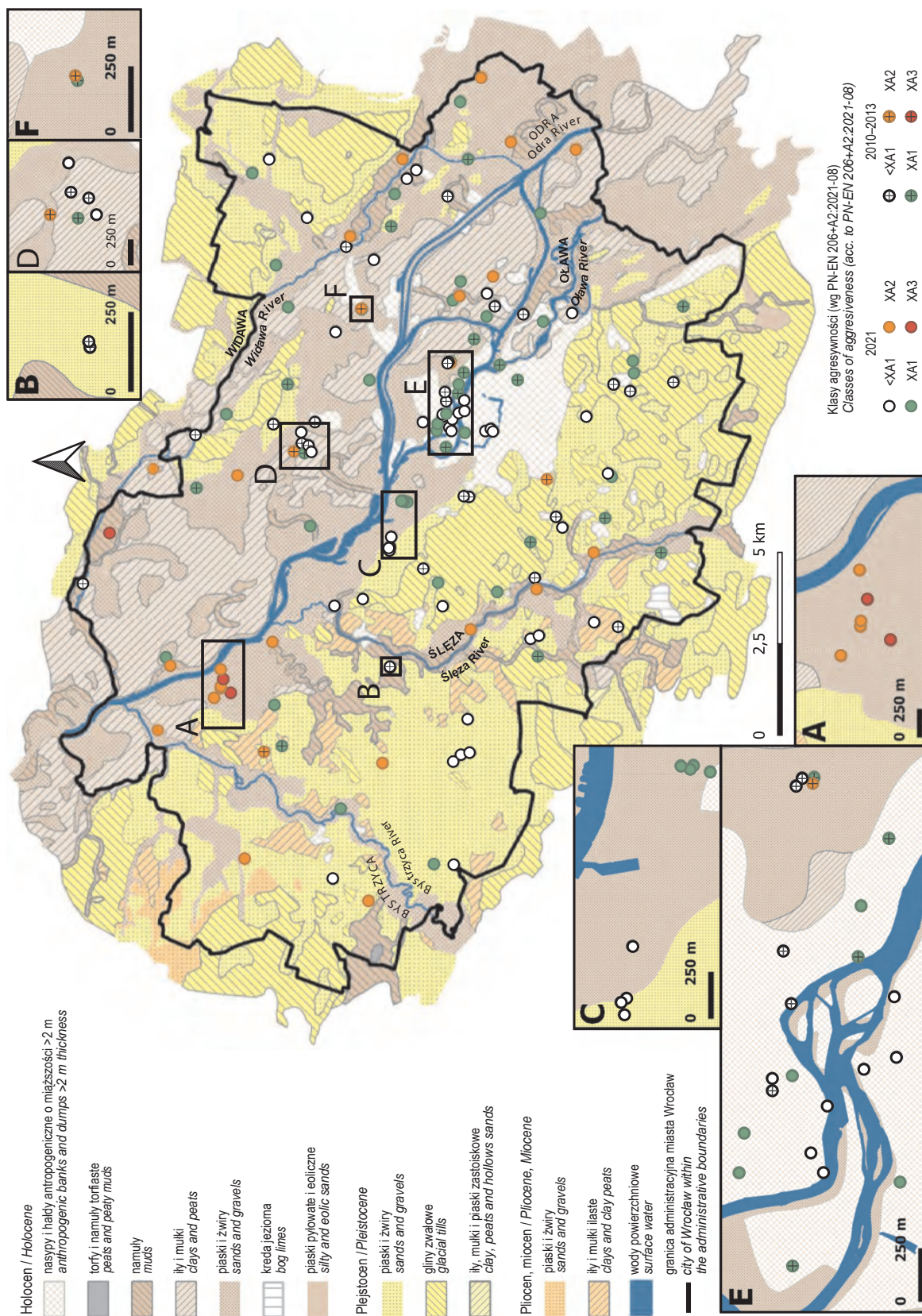
Wyniki kwerendy wykazały zmniejszanie liczby dokumentacji zawierających analizy wody lub ich brak w odniesieniu do ich liczby w latach 2003–2019. Najwięcej dokumentacji zawierających analizy wody opracowano w latach 2006–2013, a od kilku lat obserwuje się ogólny wzrost liczby dokumentacji nie zawierających badań chemicznych wody (ryc. 4). Warto zauważyć, że norma branżowa Beton cz. 1 – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność PN-EN 206-1:2003 została opublikowana w 2003 r., co odpowiada pojawieniu się analiz wody w dokumentacjach geologiczno-inżynierskich krótko po jej publikacji. Aktualnie obowiązującą normą jest PN-EN 206+A2:2021-08, natomiast analizy zawarte w pracy Trałka i in. 2021 wykonywane były względem ówczesnie obowiązującej normy PN-EN 206+A1:2016:12. Pod względem wartości granicznych parametrów klasyfikujących agresywność wody, podział środowisk agresywności wód podziemnych w ww. normach nie uległ zmianie.

Analiza klas środowisk chemicznych wskazała na dominację środowiska niewykazującego podwyższonych wartości żadnego z oznaczanych wskaźników (<XA1), środowisko XA1 o słabej agresywności chemicznej oraz XA2 to odpowiednio 38% i 10% wszystkich analizowanych otworów geologiczno-inżynierskich (ryc. 5). Co ważne, w latach



**Ryc. 1.** Klasy agresywności w punktach archiwalnych i w punktach badawczych z pracy – Trałka i in. (2021) na tle zagospodarowania terenu i jego zmian w granicach administracyjnych miasta Wrocławia w latach 2012–2018 na podstawie danych Programu Copernicus, Urban Atlas 2012 i 2018 – zmienne

**Fig. 1.** Classes of groundwater aggressiveness archival data and investigation points from – Trałka et al. (2021) on the background of land use data and their changes within the administrative boundaries of Wrocław city in 2012–2018, based on data from Copernicus Programme, Urban Atlas 2012 and 2018 – modified



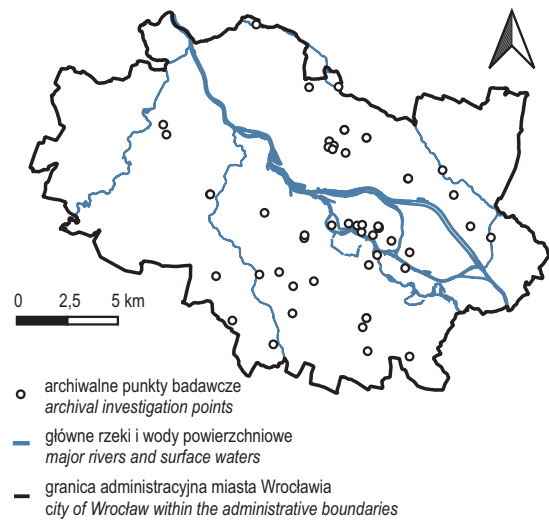
Ryc. 2. Klasy agresywności w punktach archiwalnych i punktach badawczych, z pracy Trałka i in. (2021), na tle uproszczonej budowy geologicznej utworów pokrywowych. Trałka i in. (2021) za: Gizler, 1982; Łabno, 1986; Winnicka, 1985; Winnicki, 1985, zmieniłone

Fig. 2. Classes of aggressiveness archival data and investigation points, from Trałka et al. (2021), on the background of simplified geological settings of cover deposits. Trałka et al. (2021), after Gizler 1982; Łabno, 1986; Winnicka, 1985; Winnicki, 1985, modified

2010–2013, na podstawie archiwalnych danych nie odnotowano przekroczenia stężeń składników mogących klasyfikować środowisko gruntowo-wodne do grupy XA3.

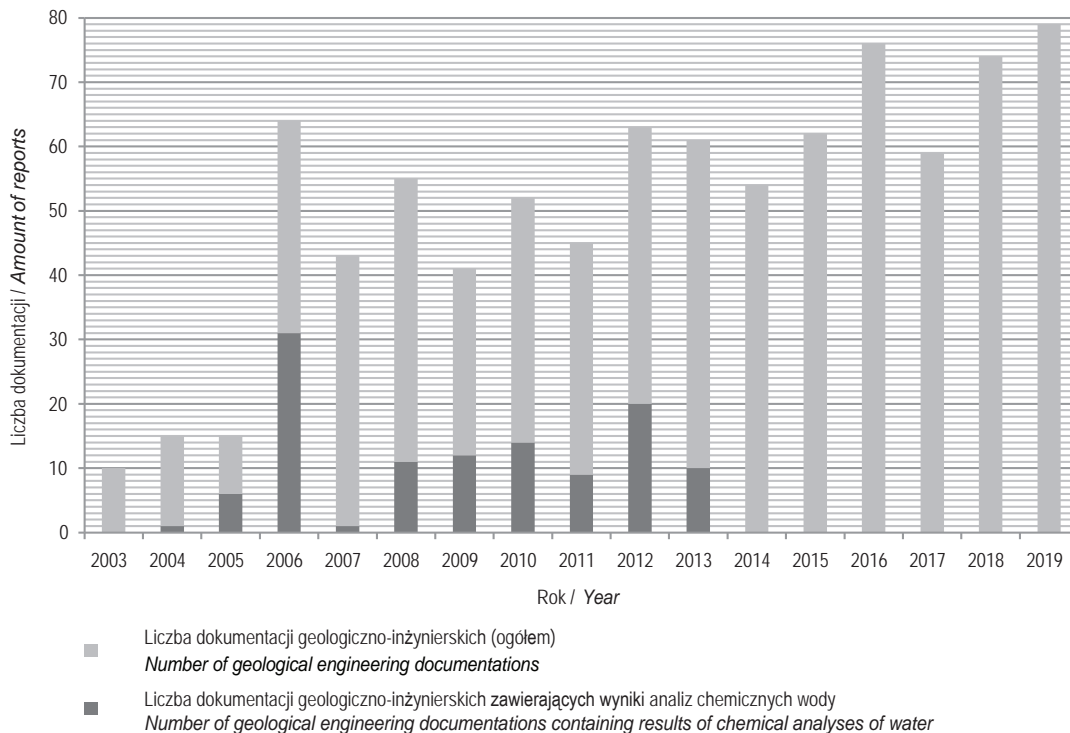
Interpretując dane pod kątem liczby wystąpień poszczególnych składników oznaczanych zgodnie z zaleceniami i Polskiej Normy w każdej z klas, można zauważyć dominujące znaczenie klasyfikacyjne takich parametrów jak: pH, jonu  $\text{SO}_4^{2-}$  oraz zawartości agresywnego  $\text{CO}_2$  w wodach podziemnych i praktycznie zerowy udział jonów  $\text{Mg}^{2+}$  i  $\text{NH}_4^+$  w klasyfikacji środowisk XA2 oraz XA3 (ryc. 5). Przy czym o zaliczeniu danej próbki do określonej klasy agresywności decydowało przekroczenie wybranego wskaźnika o najgorszych parametrach. Podobne wyniki uzyskano w aktualnych badaniach z 2021 r., gdzie jon magnezowy i jon amonowy również nie miały znaczenia klasyfikacyjnego (Trałka i in., 2021). Wartości podstawowych parametrów statystycznych wskaźników chemicznych analiz wód z lat 2010–2013 przedstawiono w tabeli 2. Poszczególne składniki powodujące agresywność wód charakteryzują się znaczną zmiennością stężeń w obrębie danego parametru, szczególnie widoczne jest to dla jonu  $\text{SO}_4^{2-}$  (max.  $1070,12 \text{ mg/dm}^3$ , min  $8,25 \text{ mg/dm}^3$ ). Maksymalne wartości poszczególnych składników, m.in. w podobszarach F i D (ryc. 1), mogą być spowodowane obecnością ognisk zanieczyszczeń oraz brakiem izolacji przypowierzchniowych utworów wodonośnych w najbliższym otoczeniu, co ułatwia migrację zanieczyszczeń (ryc. 2).

W porównaniu do wyników opróbowania całości obszaru w 2021 r., można zauważyć zmiany zawartości agresywnego  $\text{CO}_2$  (średnia  $6,20$  vs  $24,26$ ) oraz pH ( $6,91$  vs  $7,30$ ) (Trałka i in., 2021). W tym pierwszym przypadku trzeba mieć jednak na uwadze nie tylko liczbę wykonanych ozna-



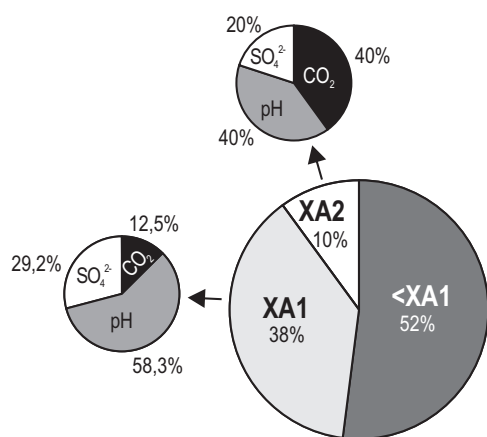
Ryc. 3. Archiwalne punkty badawcze na tle obszaru badań  
Fig. 3. Archival investigation points and the study area boundaries

czeń, która w latach 2010–2013 jest 2-krotnie mniejsza, ale i rozmieszczenie punktów badawczych (zwłaszcza na peryferiach miasta) (ryc. 1). Ponadto agresywność węglanowa w wodach podziemnych może mieć charakter lokalny lub punktowy, cechując się przy tym dużą aktywnością  $\text{CO}_2$  bez istotnie statycznej zależności z pH. Analiza danych archiwalnych i ich porównanie do aktualnych wyników oznaczać jednoznacznych wniosków. Nawet punkty zlokalizowane w bezpośredniej bliskości mogą się znacząco od siebie



Ryc. 4. Liczba dokumentacji geologiczno-inżynierskich zawierających wyniki analiz chemicznych wody na tle ogólnej liczby powstałych dokumentacji geologiczno-inżynierskich w latach 2003–2019, wg wyszukiwarki CBDG (<https://dokumenty.pgi.gov.pl/wyszukiwarka> wg stanu na dzień 6.11.2021)

Fig. 4. Number of engineering geology documentations containing result of chemical analyses of water in relation to the total number of geological engineering documentations in 2003–2019, according to search engine CBDG (<https://dokumenty.pgi.gov.pl/wyszukiwarka> on day 6.11.2021)



**Ryc. 5.** Procentowy udział klas agresywności chemicznej środowiska gruntowo-wodnego wraz z procentowym udziałem (względem wybranej klasy) składników chemicznych o znaczeniu klasyfikacyjnym

**Fig. 5.** Percentage share of the classes of chemical aggressiveness of soil and water environment along with the percentage share (in relation to the selected class) of chemical components of classification significance

różnic pod względem klasy agresywności. Jak wykazano na rycinach 1 i 2 w podobszarach D, E i F wody znajdują się w odmiennych klasach bez względu na równoczesność wykonania oznaczenia. Tym bardziej nie ma możliwości wskazania ogólnych trendów zmian agresywności środowiska gruntowo-wodnego.

Znane są też przypadki, gdzie na obszarze inwestycji wykonano dużą liczbę otworów (>20), korzystnych pod kątem rozpoznania warunków geotechnicznych, ale tylko dla jednego z nich wykonano analizę chemiczną wody i klasyfikację środowiskową zgodnie z wymogami polskiej normy.

Ograniczanie badań chemicznych wody może powodować niewłaściwą ocenę warunków gruntowo-wodnych, ponieważ mogą one zmieniać się nawet w obrębie jednej inwestycji. Przykładem może być obszar D i wschodnia część obszaru E (ryc. 2), gdzie w obrębie jednej inwestycji wykonano 4 otwory wraz z analizą chemiczną wody dla każdego z nich, a wyniki wykazały dużą rozbieżność w klasyfikacji środowiska pod kątem agresywności (od <XA1 do XA2). W obu przypadkach nie znaleziono bezpośredniego związku z wykształceniem litologicznym i głębokością pobieranych próbek, a omawianą klasyfikacją.

Na podstawie analizy danych przestrzennych z Copernicus Programme (2012, 2018) łączny obszar zagospodarowania terenu w latach 2012 i 2018 wyniósł 5,22% (15,3 km<sup>2</sup>), co oznacza, że dla ponad 5% powierzchni obszaru miasta doszło do zmiany dotychczasowego sposobu użytkowania. W całkowitym bilansie (tab. 3) zmiany te zaznaczają się głównie wzrostem obszarów sektora mieszkalno-usługowego i aktywności gospodarczej (1%), przeważnie kosztem terenów rolniczych, które zmniejszyły swoją powierzchnię o 1,4% (tab. 3). Zmiany te zaznaczają się głównie na peryferiach miasta i mają charakter rozproszony (ryc.1), nie wykazując całościowo istotnych zależności z klasami agresywności wód podziemnych zarówno w przypadku punktów archiwalnych, jak i wyników badań z 2021 r.

Uwzględniając cały obszar badań pod względem zależności w występowaniu poszczególnych klas agresywności chemicznej wód podziemnych związanych z typem utworów przypowierzchniowych, nie można stwierdzić wyraźnie zaznaczających się zależności. Jedynie na obszarze nasypów antropogenicznych (obszar E – ryc. 2), zarówno w analizach zawartych w rozpatrywanych dokumentacjach geologiczno-inżynierskich, jak i w badaniach z 2021 r. (Trałka i in., 2021), nie stwierdzono przekroczenia wskaź-

**Tab. 2.** Podstawowe parametry statystyczne wskaźników chemicznych powodujących agresywność płytkich wód podziemnych w latach 2010–2013 zgodnie z normą PN-EN 206+A2:2021-08

**Table 2.** Basic statistical parameters of chemical indicators responsible for groundwater aggressiveness in 2010–2013 according to PN-EN 206+A2:2021-08

Parametr Parameter	Jednostk Unit	N	Średnia Average	Mediana Median	Min	Max	25 percentyl 25 percentile	75 percentyl 75 percentile	Odch. stand. Stand. dev.
CO <sub>2</sub> agr.	mg/dm <sup>3</sup>	50	6,20	2,41	0,00	48,20	0,00	7,34	10,12
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		50	192,82	129,15	8,25	1070,12	90,16	235,20	189,33
Mg <sup>2+</sup>		50	21,09	15,63	5,00	88,20	10,69	24,31	17,50
pH	–	50	6,91	6,91	5,40	7,90	6,63	7,16	0,47
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	50	0,66	0,43	0,00	8,18	0,21	0,80	1,15

**Tab. 3.** Zmiany użytkowania terenu na obszarze miasta Wrocławia na podstawie analizy danych przestrzennych z programu Copernicus, Urban Atlas 2012 i 2018 – zmienione

**Table 3.** Changes in land use of the Wrocław city based on analyses of spatial data from Copernicus Programme, Urban Atlas 2012 and 2018 – modified

	2012	2018	Różnica Difference	
Użytkowanie terenu /Land use	km <sup>2</sup>			%
Tereny mieszkaniowo-usługowe i aktywności gospodarczej / Residential, industrial, commercial public use	87,4	90,5	3,0	1,0
Tereny komunikacyjne / Communication and associated land use	22,0	22,4	0,4	0,1
Tereny zielone / Green area (forests, parks, sport and leisure facilities)	62,4	62,7	0,3	0,1
Tereny działalności rolniczej / Agriculture use	109,9	105,7	4,2	1,4
Inne (nasypy, nasypy budowlane, nieużytki) / Others (mineral and dump sites, construction site, with no use)	4,5	4,3	0,2	0,1

ników klasyfikujących wody podziemne do środowisk XA2 i XA3. Próbkę wody do badań chemicznych pobierano z głębokości 0,97–6,10 m p.p.t i nie wykazano istotnych statystycznie zależności tego parametru z występowaniem poszczególnych klas agresywności.

Analizując możliwość wystąpienia zależności kształtowania się klas agresywności od charakteru zwierciadła wód podziemnych (swobodne/naporowe), wykazano niewielką statystycznie istotną zależność tych parametrów od siebie ( $r = -0,29$ ).

## WNIOSKI

1. Liczba nowych dokumentacji geologiczno-inżynierskich powstałych w ostatnich latach wykazuje tendencję wzrostową, przy spadku liczby dokumentacji zawierających analizy chemiczne wody i ich klasyfikacje środowiskową zgodnie z PN-EN 206+A2:2021-08, co może wynikać z nieobligatoryjności wykonywania analiz chemicznych wód na obszarze planowanych inwestycji.
2. Zmiany zagospodarowania terenu związane z sektorem mieszkaniowym, usług i aktywności gospodarczej nie koncentrują się wyraźnie na określonych obszarach miasta. W ich obrębie nie wykazano zmian warunków gruntowo-wodnych w kontekście stopnia agresywności badanych wód podziemnych. Należy jednak mieć na uwadze, że zmiany mogą lokalnie determinować nasilenie tego zjawiska w dłuższych horyzontach czasowych.
3. W przypadku przeważającej części analizowanych danych oznaczono środowisko XA0 lub XA1 (środowisko nieklasyfikowane oraz środowisko o słabej agresywności chemicznej). Jedynie w kilku przypadkach środowisko zaklasyfikowano do grupy XA2, a w żadnym przypadku nie odnotowano chemizmu wód zaklasyfikowanych do środowiska o najsilniejszej agresywności chemicznej XA3.
4. Podobnie jak w badaniach z 2021 r. wskaźnikami o najważniejszym znaczeniu klasyfikacyjnym okazał się odczyn wód, zawartość jonu siarczanowego oraz agresywnego dwutlenku węgla.
5. Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują na mozaikowe kształtowanie stężeń wskaźników decydujących o agresywności chemicznej (nawet w obrębie pojedynczej dokumentacji), które w słabym lub bardzo słabym stopniu zależą od budowy geologicznej, zagospodarowania terenu, a także od naporowego lub swobodnego charakteru zwierciadła wód podziemnych i głębokości poboru próbek. Nie jest jednak wykluczone, że w sprzyjających warunkach kombinacja tych wszystkich zmiennych jednocześnie może bezpośrednio wpływać na stopień agresywności.
6. Z uwagi jednak na dostępność dokumentacji geologiczno-inżynierskich w zasobach archiwów PIG-PIB i organów administracji geologicznych analiza poczyniona w niniejszym artykule może stanowić wartościowe narzędzie do śledzenia zmian wybranych parametrów jakości wód. Mogą one być wykorzystywane nie tylko w badaniach geologiczno-inżynierskich, ale również w innych badaniach środowiskowych, zwłaszcza obszarów aglomeracji miejskich. Warto jeszcze raz zaznaczyć, że badania agresywności wód podziemnych nie są obligatoryjne, a norma branżowa pozwala jedynie respektować sposób w jaki są wykonywane poszczególne oznaczenia wskaźników klasyfikacyjnych. W swej treści norma pomija natomiast wymaganą liczbę oznaczeń, która jest przyjmowana arbitralnie. Autorzy sugerują, aby badania wody wykonywać w takim samym za-

kresie i z taką samą dokładnością, z jaką rozpoznaje się warunki geologiczne.

Autorzy dziękują Recenzentom za cenne uwagi, mające wpływ na ostateczną treść artykułu. Badania sfinansowano w ramach subwencji badawczej dla Uniwersytetu Wrocławskiego (kd. 76).

## LITERATURA

- Centralna Baza Danych Geologicznych (CBDG) – <https://dokumenty.pgi.gov.pl/wyszukiwarka> (dostęp 10.05.2021 r.).
- COPERNICUS PROGRAMME. URBAN ATLAS 2012 – <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2012> (dostęp 01.09.2021 r.).
- COPERNICUS PROGRAMME. URBAN ATLAS, 2018 – <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018> (dostęp 01.09.2021 r.).
- GAŁAT A., SZCZUREK P., SZCZUREK M., SZCZUREK W.J. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich podłoża pod projektowaną inwestycję w granicach działki 22/5 przy ulicy Szczecińskiej we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5858/2010].
- GAŁAT A., SZCZUREK P., SZCZUREK M., SZCZUREK W.J. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich podłoża pod projektowany zespół budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ulicy Wambierzyckiej w granicach działki nr 1/37 i 1/46 we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5298/2010].
- GIZLER H. 1982 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz 726 – Oborniki Śląskie. Wydaw. PIG, Warszawa.
- GOLDSZTEJN P., URBANIAK M., BARAN J., PILUTA P., KOMPALA E., OTREBSKI A. 2012 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla ustalenia warunków geologiczno-inżynierskich projektowanych obiektów mostowych dla zadania „Ochrona przeciwpowodziowa dorzecza Odry we Wrocławiu – komponent B. 3 – przebudowa wałów przeciwpowodziowych rzeki Widawy”. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5967/2012].
- JAGOSZ Z., EGIERSKI M. 2012 – Dokumentacja geologiczna określająca warunki geologiczno-inżynierskie dla projektowanego budynku mieszkalnego z podziemnym parkingiem na dz. nr 3/16 i 3/19 AM-8, obręb Stabłowice przy ul. Wełnianej/Góreckiej we Wrocławiu, woj. Dolnośląskie. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5118/2012].
- JAGOSZ Z., EGIERSKI M. 2013 – Dokumentacja geologiczna określająca warunki geologiczno-inżynierskie dla projektowanej stacji paliw płynnych PKN ORLEN S.A. na dz. nr 38/8, AM-1, obręb 0050 Karłowice przy ul. Zmigrodzkiej we Wrocławiu, woj. Dolnośląskie. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 3204/2013].
- JAGOSZ Z., EGIERSKI M., SZAFRAŃSKI M. 2012 – Dokumentacja geologiczna określająca warunki geologiczno-inżynierskie w rejonie posadowienia projektowanego budynku mieszkalnego nr A-4 na działce nr 2/3, AM-4 obręb Lipa Piotrowska przy ul. Kminkowej we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 1359/2012].
- JAGOSZ Z., EGIERSKI M., SZAFRAŃSKI M. 2012 – Dokumentacja geologiczna określająca warunki geologiczno-inżynierskie w rejonie posadowienia projektowanych budynków mieszkalnych na działkach nr 73 i 65/58 AM-9 obręb Południe przy ul. Kościuszki 142A we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 1159/2012].
- JAGOSZ Z., EGIERSKI M., SZAFRAŃSKI M. 2012 – Dokumentacja geologiczna określająca warunki geologiczno-inżynierskie w rejonie projektowanego budynku mieszkalnego z podziemnym parkingiem na działce nr 91 AM-12 obręb Klecina nr 0015 przy ul. Wałbrzyskiej 6, 8 we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 3210/2012].
- KOŚCIK M., BEKIER K. 2012 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska określająca warunki gruntowo-wodne podłoża terenu projektowanej inwestycji przy ul. Lotniczej/Na Ostatnim Groszu we Wrocławiu (dz. nr 17/56), gmina Wrocław, powiat m. Wrocław, województwo dolnośląskie. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 2891/2012].
- KOŚCIK M., ZEMSKI K., SZAFRAŃSKA J., OMILJANOWSKA A. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska określająca warunki gruntowo-wodne podłoża pod projektowany budynek wielorodzinny przy ul. Asfaltowej we Wrocławiu (działka nr 5/6). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5859/2010].
- KOŚCIK M., ZEMSKI K., SZAFRAŃSKA J., OMILJANOWSKA A. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska określająca warunki gruntowo-wodne podłoża terenu pod projektowaną inwestycję przy ul. Zmigrodzkiej 247 we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5947/2010].
- KRÓL C. 2011 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska określająca warunki gruntowo-wodne w podłożu działek nr 6/7, 6/10, 6/20, 6/21, 7 oraz części działek nr 6/12, 6/15, 6/16, 6/19 AM-16, obręb Poświętne przy ulicy Henryka Kamińskiego we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 8627/2011].

- KRÓL C. 2013 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla określenia warunków gruntowo-wodnych w podłożu działek nr 5, 10, 11 AM-16 obręb Plac Grunwaldzki przy ulicy Bema 5a we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5067/2013].
- KUCZER J., LUKLIŃSKI G., SKIBA M., GAWLAS Ł., SMOLIŃSKI W. 2012 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska z elementami hydrogeologii dla ustalenia warunków geologiczno-inżynierskich w podłożu działki nr 2/5 położonej przy ul. Ostrowskiego we Wrocławiu (AM-23, obręb Grabiszyn) przewidzianej pod budowę „Centrum Technicznego Rozwoju Produktu”. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5608/2012].
- LUKLIŃSKI G., PAUŚ S., PAWLUSEK G., KUCZER J., WYSPIAŃSKA M., MEJER T. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska z elementami hydrogeologii dla rozpoznania warunków gruntowo-wodnych w podłożu działek nr 4/13, 4/15 i 4/17 /obrub Sołtysowice, AM-9/ przy ul. Sołtysowickiej we Wrocławiu przewidzianych pod budowę budynków mieszkalnych oraz budynku biurowo-usługowego. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 3776/2010].
- LUKLIŃSKI G., PAUŚ S., WYSPIAŃSKA M., RATAJCZAK R., KUCZER J., MEJER T. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska z elementami hydrogeologii dla rozpoznania warunków gruntowo-wodnych w podłożu działki nr 34 zlokalizowanej przy ul. Oficerskiej /obrub Południe AM-33/ we Wrocławiu przewidzianej pod budowę budynku mieszkalnego. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 6148/2010].
- LUKLIŃSKI G., PAUŚ S., WYSPIAŃSKA M., ZAWIŚLAK W., RATAJCZAK R., KUCZER J., MEJER T. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska z elementami hydrogeologii dla rozpoznania warunków gruntowo-wodnych w podłożu działki nr 32/6 zlokalizowanej przy ul. Tatarskiej /obrub Brochów, AM-22/ we Wrocławiu, przewidzianej pod budowę budynków mieszkalnych. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 3777/2010].
- LUKLIŃSKI G., PAWLUSEK G., KUCZER J., RATAJCZAK R. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych w podłożu działki nr 2/5 (AM-14, obręb Kowale), przeznaczanej pod rozbudowę hali, zlokalizowanej przy ul. Kowalskiej we Wrocławiu, woj. dolnośląskie. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 9178/2010].
- LUKLIŃSKI G., WYSPIAŃSKA M. 2011 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska z elementami hydrogeologii dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych podłoża działki nr 206/18 (AM-12, obręb Stabłowice) w rejonie ul. Kokosowej we Wrocławiu przewidzianej pod budowę budynku mieszkalnego wielorodzinnego. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 8500/2011].
- LUKLIŃSKI G., WYSPIAŃSKA M., MEJER T., SKIBA M. 2011 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska z elementami hydrogeologii dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych podłoża działek nr 1/1, AM-35 i 78/1, AM-27 obr. Plac Grunwaldzki, przewidzianych pod budowę budynku biurowego z garażami podziemnymi przy ul. Szczytnickiej we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 3914/2011].
- ŁABNO A. 1986 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50:000, arkusz 763 – Leśnica, PIG, Warszawa.
- MACIOSZCZYK A., DOBRZYŃSKI D. 2002 – Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa. s. 177, 198–199, 224
- MAZUR R. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla projektowanej zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej wraz z usługami i garażami na osiedlu „Kminkowa” (budynki A-2 i A-3) przy ul. Kminkowej we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 8253/2010].
- MEJER T., LUKLIŃSKI G., SKIBA M., GAWLAS Ł., WYSPIAŃSKA M. 2013 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich w podłożu działki nr 33 położonej przy ul. Tarnopolskiej 14 we Wrocławiu (AM-19, obręb Muchobór Wielki) przewidzianej pod budowę budynku mieszkalnego wielorodzinnego z garażem podziemnym. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 6363/2013].
- MEJER T., SMOLIŃSKI W., SKIBA M., GAWLAS Ł., POPIEL J., OLECH S., TYLAK B., PAWLUSEK G., ZAWIŚLAK W. 2011 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska z elementami hydrogeologii dla ustalenia warunków posadowienia obiektów budowlanych w podłożu działek nr 27/7 i 27/8 (AM-27, obręb Grabiszyn) przewidzianych pod budowę budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy al. Gen. J. Hallera we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 2387/2012].
- OPALIŃSKA, SZCZUREK M., SZCZUREK W.J. 2011 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla rozpoznania warunków gruntowo-wodnych w podłożu działki nr 72, AM-16, obręb Gaj we Wrocławiu, przewidzianej pod budowę budynków mieszkalnych wielorodzinnych, woj. dolnośląskie. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 7254/2011].
- PAUŚ S., ZAWIŚLAK W., KUCZER J., WYSPIAŃSKA M. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska z elementami hydrogeologii dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych pod
- łoża przewidzianego pod rozbudowę budynku biurowego zlokalizowanego przy ul. Skarbowców 23A we Wrocławiu Działki nr 7/5, 6/6, 5/6 i 4/8 / AM-1, AM-2, obręb Krzyki. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 6423/2010].
- PETRI A., RINKE M., SULIMA S., KNAP G. 2012 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska określająca warunki geologiczno-inżynierskie w podłożu projektowanego budynku wielorodzinnego na działce nr 3/1 (obrub Plac Grunwaldzki) przy ul. Dmowskiego we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 4312/2012].
- PIETRUSA Ł., CAŁY C., SZCZUREK W.J. 2012 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska określająca warunki geologiczno-inżynierskie podłoża pod projektowany remont i przebudowę zbiornika wody czystej oraz przylegającego od zachodu budynku pompowni na potrzeby Muzeum Wody, ul. Na Grobli, działka nr 12/1 AM-3, obręb Południe we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5634/2012].
- PILECKI K., HAWRYSZ M., ZIELIŃSKI W., SOBAŃSKI S., ŚMIGIELSKA M., NIEMCZYŃSKI D., WALCZAK M. 2011 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów elektrociepłowni z blokiem gazowo-parowym o mocy 400 MW we Wrocławiu przy ul. Obornickiej 195 działka nr 2/9 obręb Różanka, woj. dolnośląskie. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5699/2011].
- PN-EN 206-1:2003 – Beton cz.1 – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- PN-EN 206+A1:2016-12 – Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- PN-EN 206+A2:2021-08 – Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- RATAJ R., ŚMIGIELSKA M., OŁOWNIA A. 2012 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska określająca warunki gruntowo-wodne dla budowy budynku mieszkalnego wielorodzinnego z usługami i parkingiem podziemnym oraz elementami infrastruktury podziemnej inwestycji zlokalizowanej we Wrocławiu przy ul. Sienkiewicza, obręb Plac Grunwaldzki dz. nr 9/3, 9/4, 9/5. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 4440/2012].
- ROZPORZĄDZENIE Z DNIA 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalenia geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. Dz.U. z 2012 r. poz. 463.
- SROCZYŃSKA A. i in. 2018 – Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Wrocławia, Biuro Rozwoju Wrocławia, Wrocław.
- SZNAJDER P., GAWLAS Ł., ZAWIŚLAK W. 2013 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich w podłożu działek nr 11/10, 11/11, AM: 24; (Obręb Grabiszyn) przy ul. Grabiszynskiej 226 i 226A we Wrocławiu, przewidzianych pod budowę budynku mieszkalno-usługowego. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 3417/2013].
- SZNAJDER P., TYLAK B., SKIBA M., ZAWIŚLAK W. 2013 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych podłoża działek nr 4/4, 4/5, AM: 2a (Obręb Stare Miasto) przy ul. Robotniczej we Wrocławiu, przewidzianych pod budowę budynków mieszkalnych wielorodzinnych. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 3418/2013].
- ŚMIECH S. 2012 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska kompleksu badawczy Geocentrum II Politechniki Wrocławskiej we Wrocławiu ul. Na Grobli nr ew. dz. 87/7, 9/3, AM 03 obr. Południe. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 2778/2012].
- ŚMIGIELSKA M., FRĄCZEK B. 2011 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektu Domu Kanonicznego przy ul. Katedralnej 1 na Ostrowie Tumskim we Wrocławiu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 7799/2011].
- ŚMIGIELSKA M., RATAJ R. 2012 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla inwestycji rozbudowy Centrum usług oddziałowych BZ WBK zlokalizowanego we Wrocławiu przy ul. Strzegomskiej 8-10 i Robotniczej 11, obręb Stare Miasto dz. nr 10/19, 10/20, 11/19, 11/20. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 5032/2012].
- TRĄŁKA M., MODELSKA M., BŁACHOWICZ M. 2021 – Agresywność chemiczna płytkich wód podziemnych Wrocławia. Prz. Geol., 69 (12): 901–908.
- WINNICKA G. 1985 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz 764 – Wrocław, PIG, Warszawa.
- WINNICKA G. 1988 – Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz 764 – Wrocław, PIG, Warszawa, s.19.
- WINNICKI J. 1985 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz 727 – Trzebnica, PIG, Warszawa.
- WOLNICKA J. 2013 – Dokumentacja geologiczno inżynierska określająca warunki gruntowo-wodne podłoża terenu pod projektowaną modernizację Bulwarów Odry Śródmiejskiej na odc. od mostu Piaskowego i Tumskiego do mostów Uniwersyteckich, miejscowość Wrocław, gmina Wrocław, powiat Wrocław, województwo dolnośląskie. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [nr inwent. 3880/2013].



WORSZA-KOZAK M., KOTOWSKI A. 2009 – Przykład wykorzystania danych z monitoringu wód podziemnych do oceny wpływu elektrowni wodnych na środowisko, *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 436: 555–562.

WORSZA-KOZAK M., KOTOWSKA A., WARTALSKA A., 2008 – Monitoring stanów wód podziemnych w rejonie Śródmiejskiego Węzła Wodnego we Wrocławiu. *Prz. Geol.*, 56 (4): 302–308.

WYSPIAŃSKA M., SZNAJDER P., MEJER T., KUCZER J., LUKLIŃSKI G. 2012 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska z elementami hydrogeologii dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych podłoża działki nr 43/7 (AM-25, obręb Plac Grunwaldzki) przy ul. Śrutowej we Wrocławiu przewidzianej pod budowę budynku mieszkalno-usługowego. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa* [nr inwent. 1158/2012].

WYSPIAŃSKA M., ZAWIŚLAK W. 2013 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska z elementami hydrogeologii dla ustalenia warunków geologiczno-inżynierskich w podłożu działek nr 2/5, 1/1 i 3/3 położonych przy

ul. Kwiatkowskiego we Wrocławiu (AM-15, 16, obręb Oporów) przewidzianych pod budowę hali produkcyjnej. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa* [nr inwent. 4901/2013].

ZIELIŃSKI W., NIEMCZYŃSKI D., PIETRUCH A. 2010 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla ustalenia warunków geotechnicznych podłoża gruntowego pod projektowany budynek GEO-INFO-HYDRO Wydziału Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przy ul. Grunwaldzkiej. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa* [nr inwent. 9244/2010].

ŻUK U. 2000 – *Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz 764 – Wrocław, PIG, Warszawa: 38–39.*

Praca wpłynęła do redakcji 9.11.2021 r.  
Akceptowana do druku 21.02.2022 r.