Etapy i zakres prac badawczych realizowanych w ramach zintegrowanego systemu monitorowania wód podziemnych w Gdańsku i Sopocie w latach 2011–2014

Mirosław Lidzbarski[1], Zbigniew Kordalski[1]

Stages and scope of the research work carried out in the framework of integrated groundwater monitoring system in Gdańsk and Sopot in 2011–2014. Prz. Geol., 64: 382–388.

A b s t r a c t. This paper synthetically describes the stages and methods used in the course of research carried out within the integrated groundwater monitoring system in Gdańsk and Sopot in 2011–2014. The study was divided into 3 stages: surveillance, operational and research monitoring. Surveillance monitoring, implemented in 2011–2012, involved comprehensive assessment of the groundwater state. Operational monitoring, carried out in 2013, was intended to confirm the previously identified hydrogeochemical anomalies and to establish ongoing trends in quality changes. The third stage of the research was conducted in post-industrial and urban areas of Gdańsk, where groundwater contamination had been identified. The work focused on the determination of the type, extent, concentration and rate of transport of contaminants. Another task was to prepare a tool enabling efficient use of collected information. It was decided to create a platform for hydrogeological information exchange (environmental database) in the form of geoMonitoring web application.

Keywords: *regional integrated groundwater monitoring system, groundwater monitoring of Gdańsk and Sopot, sea shore groundwater monitroring*

W latach 2011–2014 w Gdańsku i Sopocie realizowano prace badawcze w ramach zintegrowanego systemu monitorowania wód podziemnych. Prowadzono je zgodnie z zaleceniami Państwowego Monitoringu Środowiska (Ustawa z dnia 20 lipca 1991 r. o Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska. Dz.U. z 1991 r. Nr 77 poz. 335 z późn. zm.). Wykonanie szerokiego zakresu prac wymagało podzielenia ich na etapy i stosowanie różnych metod, obejmujące m.in.: prace terenowe, laboratoryjne, modelowe. Wyniki posłużyły do optymalizacji działań związanych z ochroną i gospodarowaniem zasobami wód podziemnych. Założono, że badania i klasyfikacja tych wód będą uwzględniały zapisy ujęte w art. 38a ust. 1, art.47 oraz art. 155a i 155b ustawy Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r. (Dz.U. z 2005 r. Nr 239 poz. 2019 z późn. zm.). Uwzględniono także kryteria i sposób klasyfikacji stanu wód podziemnych zgodne z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych z dnia 6 sierpnia 2008 r. (Dz.U. 143 Nr 896).

Niniejszy artykuł prezentuje najważniejsze etapy i zakres prac badawczych, realizowanych na terenie Gdańska i Sopotu w latach 2009–2014, mających na celu szczegółowe rozpoznanie stanu wód podziemnych.

METODY PRAC BADAWCZYCH

Zastosowanie odpowiednich metod na każdym etapie prac zależało od celu badawczego, warunków hydrogeologicznych i geologicznych, sposobu zagospodarowania terenu oraz rodzaju przewidywanych skażeń.

W trakcie prac terenowych wykorzystano następujące metody:

– sondowania geologiczno-inżynierskie za pomocą sondy mechanicznej Geoprobe i sondy ręcznej Eijkelkamp;

– pobór próbek wody i gruntu;

– pomiary terenowe głębokości zwierciadła wody podziemnej;

– pomiary miąższości warstwy substancji organicznych (wolnego produktu) na powierzchni zwierciadła wód podziemnych;

– badania terenowe podstawowych parametrów chemicznych i fizycznych wód podziemnych i powierzchniowych;

– kartowanie hydrogeologiczne i sozologiczne (w ograniczonym zakresie).

Poboru próbek wody dokonano, w większości przypadków, ze studni i piezometrów. W celu szczegółowego rozpoznania stanu chemicznego wód podziemnych konieczne było wykonanie tymczasowych otworów badawczych.

Do poboru próbek wody oraz analiz polowych wykorzystano m.in.: agregaty prądotwórcze Honda i agregaty pompowe Grundfos, urządzenia analityczne Slandi i Eijkelkamp. Pobór poprzedzono pomiarem głębokości zwierciadła wody i głębokości otworu oraz zapewniono trzykrotną wymianę słupa wody w otworze obserwacyjnym. Dokonano niezbędnych oznaczeń polowych w zakresie: pH, PEW (przewodność elektrolityczna właściwa), temperatury oraz zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie.

Prace kameralne polegały na zebraniu danych, weryfikacji oraz szczegółowej analizie warunków hydrogeologicznych i hydrochemicznych systemu wodonośnego. Ponadto, przed przystąpieniem do prac terenowych, opracowano programy prac badawczych. Wykonano matematyczne badania modelowe procesów hydrogeologicznych. Do interpretacji wyników posłużyły także szczegółowe analizy geostatystyczne oraz opracowana aplikacja internetowa.

ETAPY I ZAKRES PRAC BADAWCZYCH

Z uwagi na szeroki zakres planowanych prac i badań, monitoring prowadzono zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 15 listopada 2011 r. w sprawie

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza, ul. Kościerska 5, 80-328 Gdańsk; miroslaw.lidzbarski@pgi.gov.pl, zbigniew.kordalski@pgi.gov.pl.

form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych (Dz.U. Nr 258 poz. 1550). Prace podzielono na monitoring stanu chemicznego i ilościowego, a ten pierwszy dodatkowo na diagnostyczny, operacyjny i badawczy (ryc. 1, 2). Monitoring stanu ilościowego prowadzono równolegle z monitoringiem diagnostycznym, a na dalszych etapach w ograniczonym zakresie, z uwagi na znaczne rezerwy wód podziemnych.

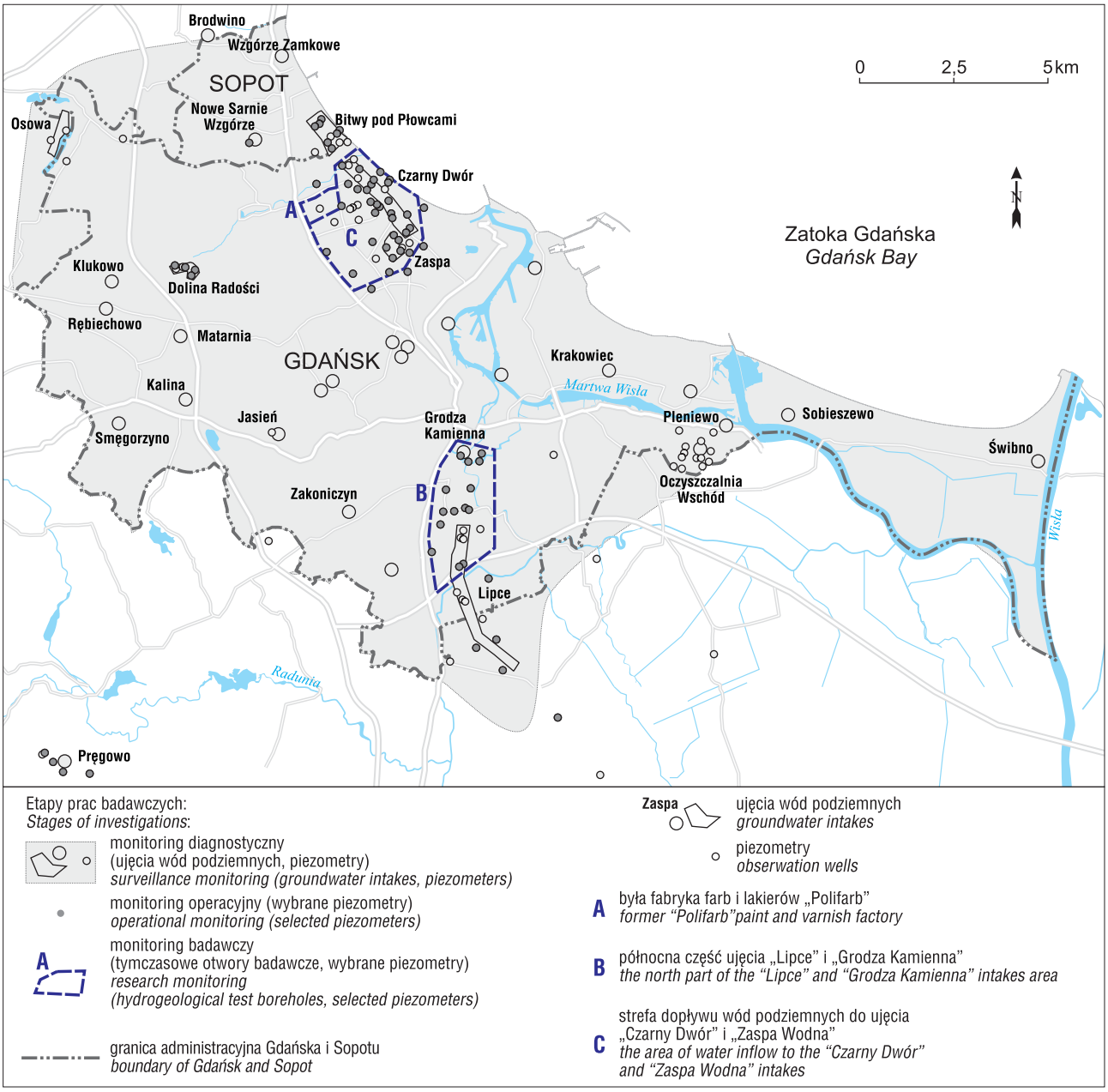
W pierwszym etapie prac prowadzonych w latach 2011–2012 (monitoring diagnostyczny) dokonano kompleksowej diagnozy stanu wód podziemnych na podstawie wyników badań i pomiarów terenowych oraz zebranych informacji od innych użytkowników wód podziemnych. Rozpoznano aktualny stan dynamiki, w tym główne kierunki przepływu wód i zasięgi lejów depresji wokół ujęć komunalnych. Oceniono także stan chemiczny i jakość wód podziemnych. Ponadto zidentyfikowano potencjalne i rzeczywiste ogniska zanieczyszczeń, zagrażające wodom podziemnym (Kordalski i in., 2012).

Opracowano także założenia do Środowiskowej Bazy Danych (ŚBD). Miała ona na celu archiwizowanie, prezentację i analizowanie informacji hydrogeologicznych pozyskanych w trakcie prowadzenia prac badawczych.

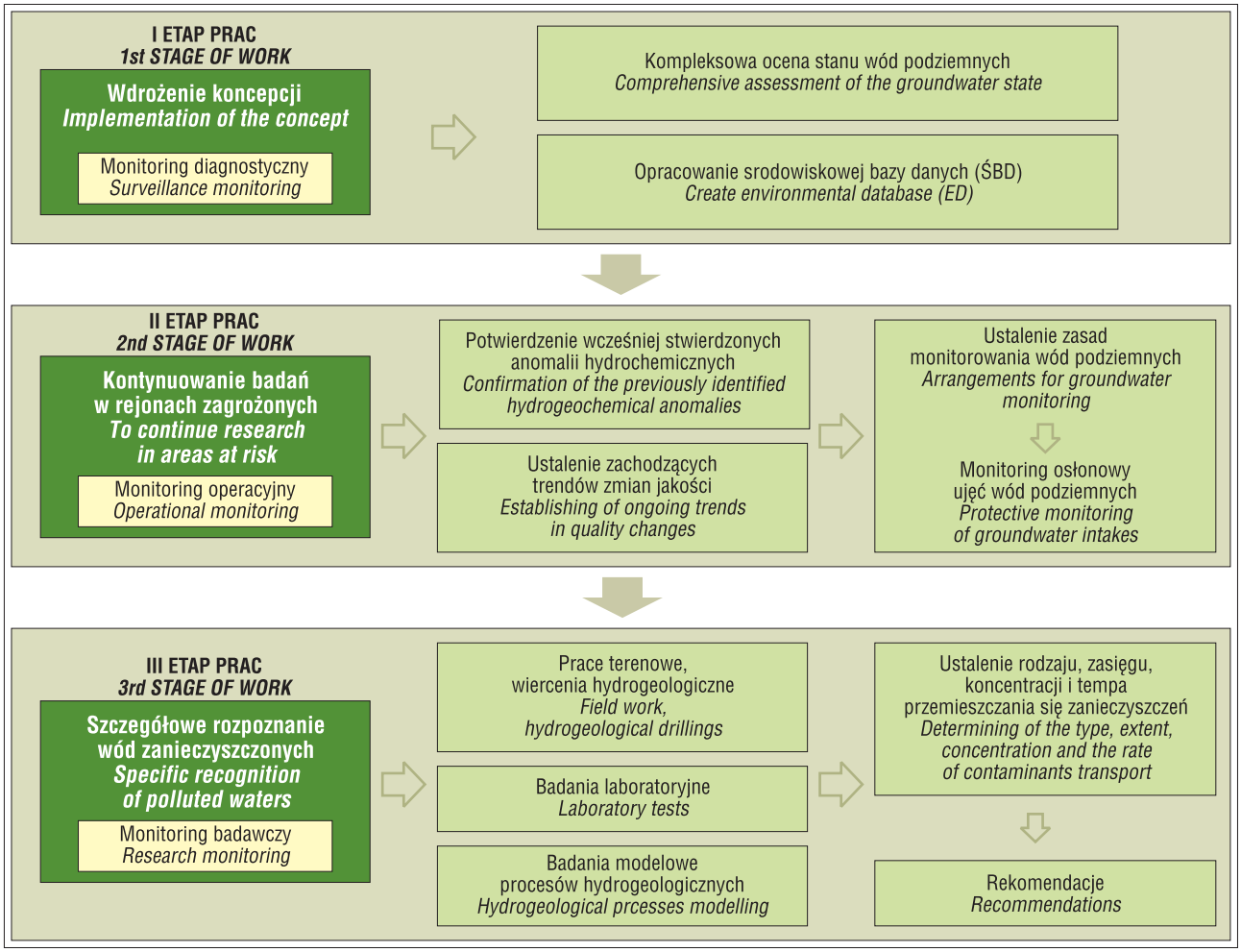
Pobrano 465 próbek wody z 287 studni i piezometrów, dla których określono 69 różnych parametrów stanu jakości (24 016 testów). Wykonano ponad 1600 pomiarów zwierciadła wody oraz zgromadzono dane archiwalne, obejmujące 1376 wyników analiz (33 700 testów).

W zakresie badań laboratoryjnych przyjęto katalog 31 parametrów, zestawionych w czterech grupach:

a) temperatura, barwa, zapach, PEW, pH, tlen rozpuszczony, ogólny węgiel organiczny, utlenialność;



Ryc. 1. Etapy i zakres prac badawczych
Fig. 1. Stages and scope of the research work



Ryc. 2. Etapy i zakres prac badawczych zintegrowanego systemu monitorowania wód podziemnych
Fig. 2. Stages and scope of the investigations of integrated groundwater monitoring system

b) amoniak, azotany, azotyny, bar, bor, chlorki, chrom, cynk, fluorki, fosforany, glin, kadm, magnez, mangan, miedź, nikiel, ołów, potas, rtęć, siarczany, sód, wapń, wodorowęglany, żelazo;

c) fenole;

d) wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) – analiza wykonywana dla próbek pobranych z punktów o braku lub słabej izolacji (<15 m).

W przypadku stwierdzenia innych zanieczyszczeń, poszerzano zakres badań o dodatkowe wskaźniki. Częstotliwość poboru próbek wody do badań laboratoryjnych ustalono w następujący sposób:

– czynne i nieczynne studnie ujęć komunalnych – raz w roku;

– piezometry obserwacyjne – od dwóch do czterech serii poboru próbek w ciągu roku (ryc. 3).

Drugi etap (monitoring operacyjny) został zrealizowany w 2013 r. Przedmiotem badań były wody podziemne w rejonach o stwierdzonych zmianach antropogenicznych. Prace miały na celu weryfikację wszystkich stwierdzonych anomalii oraz ustalenie zachodzących trendów zmian chemizmu wód (ryc. 2).

Do badań laboratoryjnych wytypowano 117 istniejących otworów obserwacyjnych oraz pięć punktów poboru wód powierzchniowych z rowów melioracyjnych. W trakcie prac terenowych w dwóch turach pobrano 136 próbek. Zakres badań laboratoryjnych określono odrębnie dla każdego z punktów monitoringowych. Nie wykraczał on poza ramy ustalone w pierwszym etapie, z wyjątkiem lotnych związków chloroorganicznych, które oznaczono w wybranych piezometrach monitoringu osłonowego ujęcia „Czarny Dwór" i „Zaspa Wodna". W sumie określono 214 różnych parametrów stanu jakości. W 141 punktach obserwacyjnych wykonano (ze zróżnicowaną częstotliwością) 573 pomiary zwierciadła wody.

Na podstawie wyników prac badawczych dokonano weryfikacji sieci obserwacyjnych wód podziemnych na terenie Gdańska. Opracowano szczegółowe zasady prowadzenia monitoringu wokół ujęć komunalnych, m.in.: rodzaj i częstotliwość obserwacji terenowych oraz zakres badań laboratoryjnych.

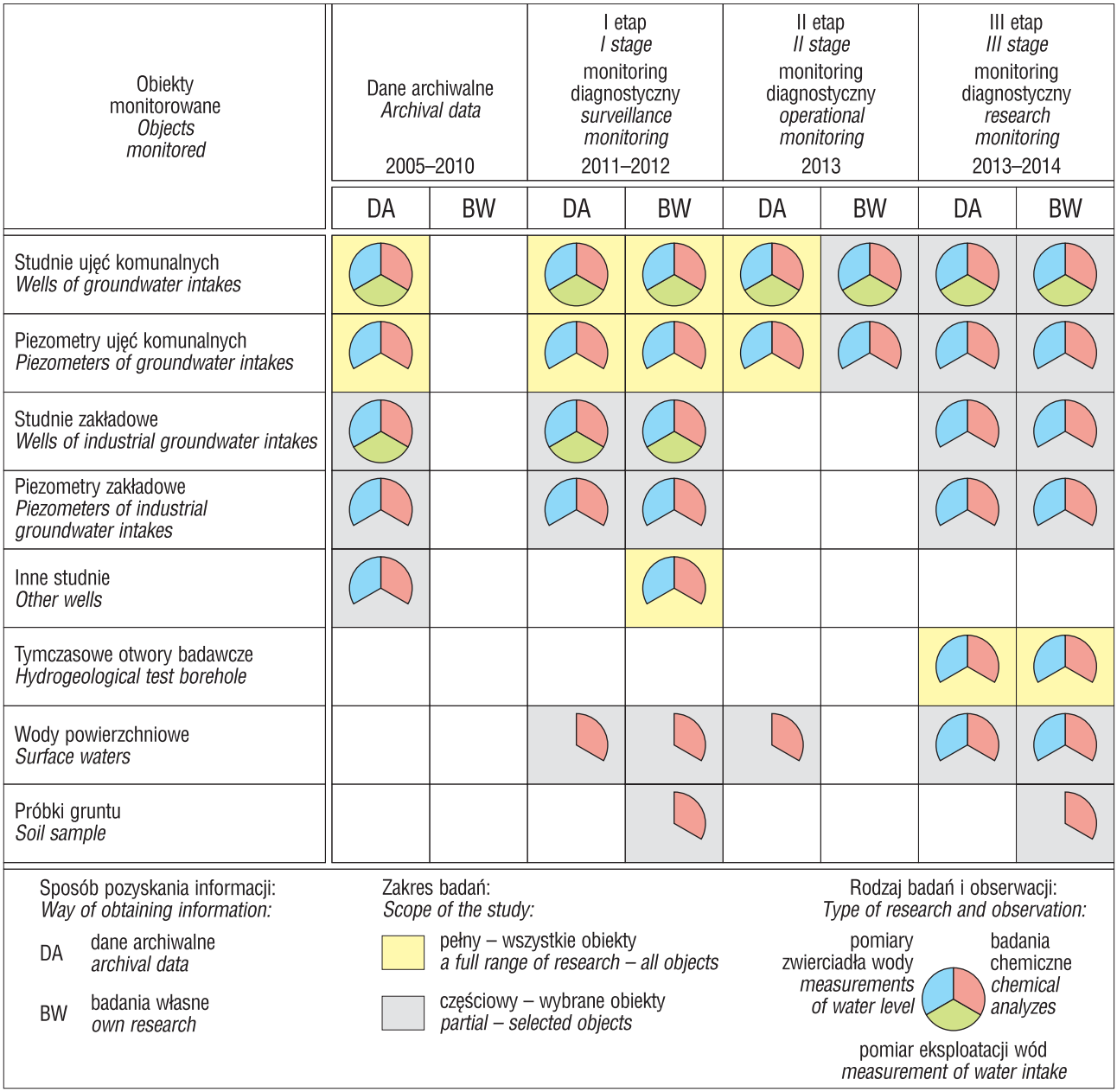
Trzeci etap prac (2013–2014) obejmował obszary zurbanizowane i poprzemysłowe Gdańska, gdzie w poprzednich pracach badawczych zostały zidentyfikowane skażenia i zanieczyszczenia:

A – rejon byłej Fabryki Farb i Lakierów „Polifarb",

B – rejon ujęć „Lipce" i „Grodza Kamienna",

C – rejon ujęć „Czarny Dwór" i „Zaspa Wodna".

Celem tego etapu prac (monitoring badawczy) było określenie rodzaju, zasięgu, koncentracji i tempa przemieszczania się zanieczyszczeń (ryc. 2). Rozpoznanie stanu chemicznego wód podziemnych w obszarach badawczych

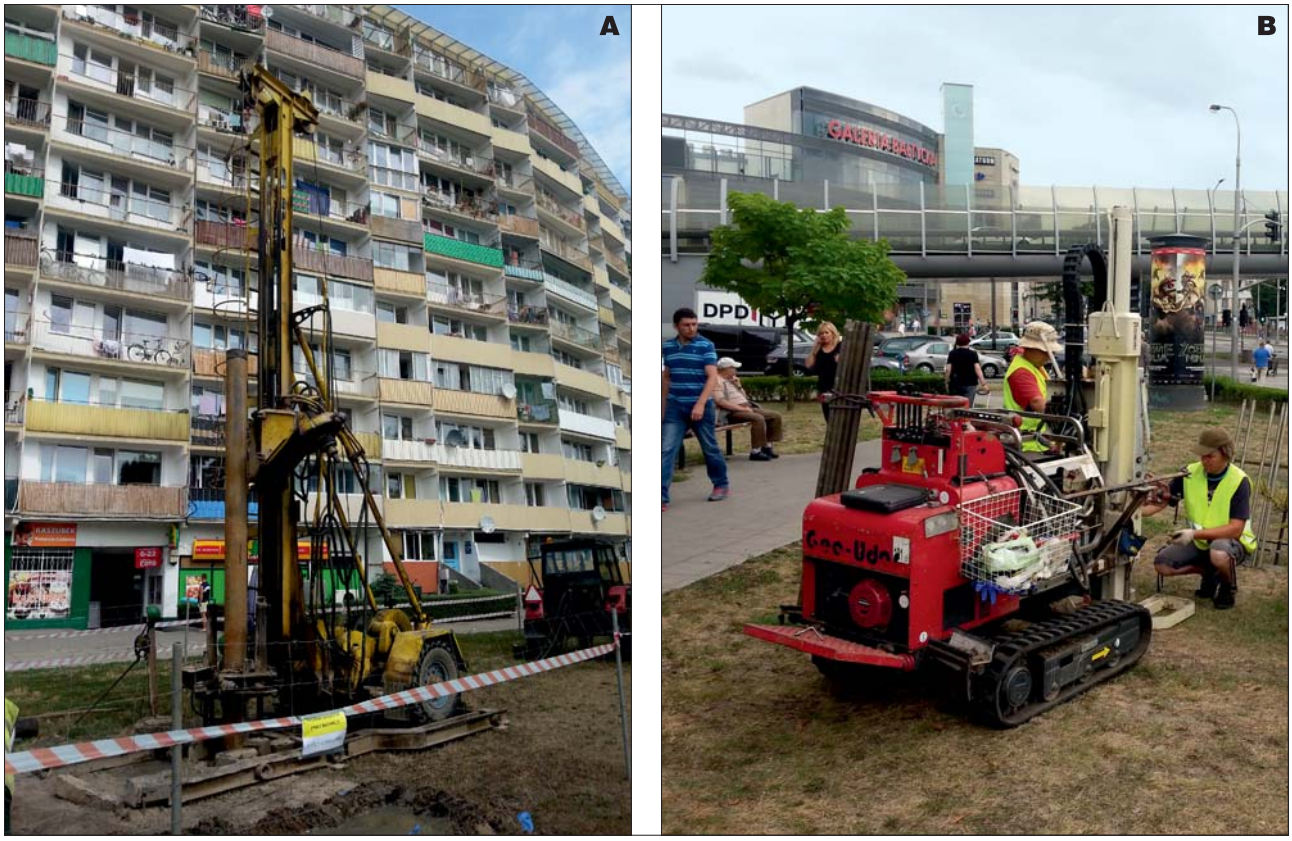


Ryc. 3. Zakres prac realizowanych w poszczególnych etapach badawczych
Fig. 3. The scope of work carried out in various research stages

zaplanowano na podstawie poboru próbek wody ze specjalnie wykonanych w tym celu tymczasowych otworów badawczych (ryc. 4) oraz z istniejących studni i piezometrów. W ramach prac terenowych wykonano 76 tymczasowych otworów badawczych o zróżnicowanej głębokości od 4,5 do 46,0 m. Pobrano 197 próbek wody do analiz chemicznych, z czego 120 w trakcie wiercenia tymczasowych otworów badawczych, 69 z istniejących otworów obserwacyjnych (piezometrów) i studni zakładowych oraz 8 z wód powierzchniowych. Zakres prac terenowych i laboratoryjnych znacznie różnił się od poprzednich etapów. Badania laboratoryjne obejmowały oznaczenie parametrów fizykochemicznych, metali, pestycydów chloroorganicznych i fosforoorganicznych oraz związków organicznych: WWA, lotnych węglowodorów aromatycznych, lotnych związków chloroorganicznych, benzyn, olejów mineralnych i fenoli. W rejonie ujęć „Lipce" i „Grodza Kamienna" pobrano 13 próbek gruntu, w celu oznaczenia stężenia substancji ropopochodnych (ryc. 3). Tam, gdzie było to możliwe, określono przyczyny degradacji wód podziemnych oraz wskazano pierwotne ogniska zanieczyszczeń (Lidzbarski i in., 2014).

Opierając się na badaniach modelowych procesów hydrogeologicznych, analizowano zmiany hydrochemiczne zachodzące w przeszłości i obecnie oraz sformułowano prognozy stanu chemicznego wód podziemnych. Opracowano dwa niezależne modele matematyczne filtracji i transportu zanieczyszczeń dla obszarów badawczych A i C w granicach Tarasu Nadmorskiego oraz model obszaru badawczego B, obejmujący część Żuław Gdańskich.

W ramach zintegrowanego systemu monitorowania wód podziemnych na terenie Gdańska i Sopotu prowadzono monitoring zasobów. Podstawowym narzędziem, pozwa-



Ryc. 4. Prace terenowe. Wiercenie tymczasowych otworów badawczych; **A** – OC-6 i **B** – OC-36. Fot. M. Lidzbarski
Fig. 4. Field work. Drilling of temporary hydrogeological test boreholes; **A** – OC-6 and **B** – OC-36. Photo by M. Lidzbarski

lającym na ocenę, zachodzących zmian hydrodynamicznych były obserwacje położenia zwierciadła wód podziemnych oraz rejestracja poboru wód na ujęciach komunalnych i zakładowych. Analiza wyników obserwacji prowadzonych wcześniej w ramach Trójmiejskiej Sieci Obserwacyjnej wykazała, że do oceny zachodzących zmian hydrodynamicznych są konieczne pomiary o zróżnicowanej częstotliwości. W rejonach ujęć komunalnych, eksploatujących płytkie wody czwartorzędowych poziomów wodonośnych, prowadzono comiesięczne pomiary, a na pozostałym obszarze oraz w głębszych poziomach wodonośnych wykonano czterokrotne pomiary w ciągu roku. Rejestrowano pobór wody na ujęciach w odniesieniu do każdej studni oraz całego ujęcia w cyklu miesięcznym, kwartalnym i rocznym.

Podobny zakres informacji o położeniu zwierciadła wody i wielkości poboru uzyskano od innych użytkowników wód podziemnych (ujęcia zakładowe, sieci lokalne).

W ramach prac terenowych wykonano 1600 pomiarów zwierciadła wody oraz zestawiono ponad 17 000 pomiarów archiwalnych. Informacje o stanie eksploatacji wód podziemnych na ujęciach komunalnych oraz zakładowych zebrano dla okresu 2006–2014.

Wyniki prowadzonych obserwacji i analiza zebranych danych wykazały znaczne rezerwy wód podziemnych na terenie Gdańska i Sopotu (Lidzbarski & Sadurski, 2013).

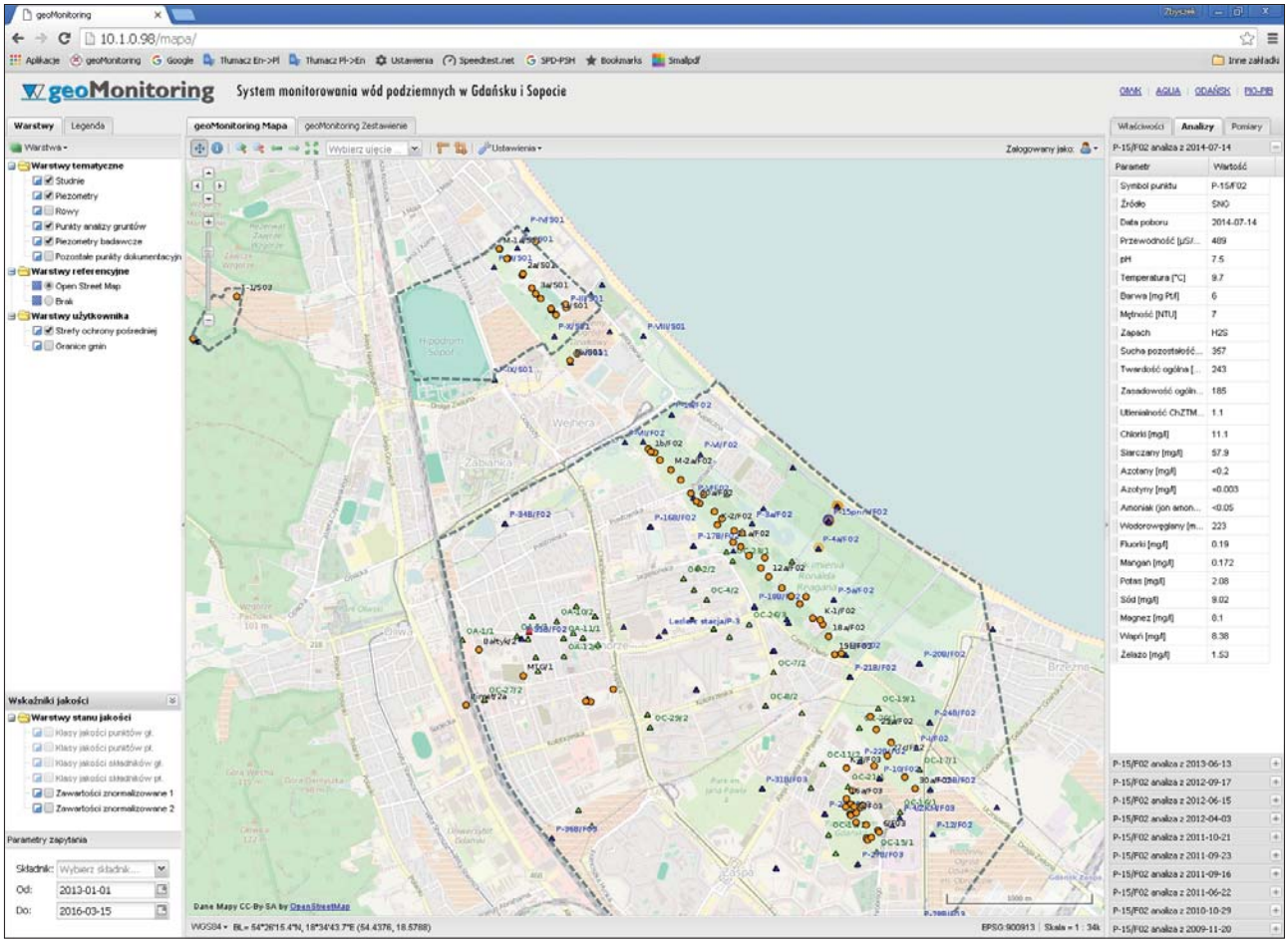
ŚRODOWISKOWA BAZA DANYCH

Wyniki archiwalnych i bieżących obserwacji oraz badań hydrogeologicznych w Gdańsku i Sopocie zgromadzono w utworzonej specjalnie w tym celu Środowiskowej Bazie Danych (ŚBD). Przygotowano ją tak, żeby przechowywała i udostępniała dane przestrzenne oraz opisowe związane z występowaniem i jakością wód podziemnych na obszarze Gdańska i Sopotu. Sposób zorganizowania ŚBD oraz zastosowane technologie informatyczne umożliwiły nie tylko bieżące administrowanie bazą danych, ale także prezentowanie wybranych informacji. Dzięki temu możliwe było analizowanie stanu wód podziemnych oraz w razie konieczności formułowanie prognoz i ostrzeżeń.

Opracowano aplikację internetową w formie geoportalu (dynamiczna mapa, webGIS), której nadano nazwę geoMonitoring. Dane przestrzenne w portalu geoMonitoring są prezentowane w formacie WMS (Kordalski, 2013). Wygląd podstawowych elementów interfejsu użytkownika nawiązuje do aplikacji mapowej projektu geoportal.gov.pl (http://maps.geoportal.gov.pl). Część centralną zajmuje zakładka „geoMonitoring Mapa" z lokalizacją studni i punktów badawczych, natomiast „geoMonitoring Zestawienie" zawiera wykaz obserwowanych punktów monitoringowych (ryc. 5).

Moduł „Chemizm" prezentuje nie tylko informacje o stanie chemicznym wód podziemnych, ale umożliwia także analizowanie stanu jakości wód podziemnych oraz wstępną ich ocenę. Zakładki „Klasy" pozwalają zapoznać się z klasyfikacją poszczególnych składników analizy (ryc. 6). Przekroczenia najwyższych dopuszczalnych stężeń składników dla wód pitnych są oznaczane graficznie.

Środowiskowa Baza Danych prezentuje również średnie stężenie składników z wybranego okresu czasu. Opracowana aplikacja umożliwia odwzorowanie składu chemicznego



Rys. 5. Wygląd interfejsu aplikacji geoMonitoring
Fig. 5. View of the geoMonitoring application interface

Klasa jakości wody

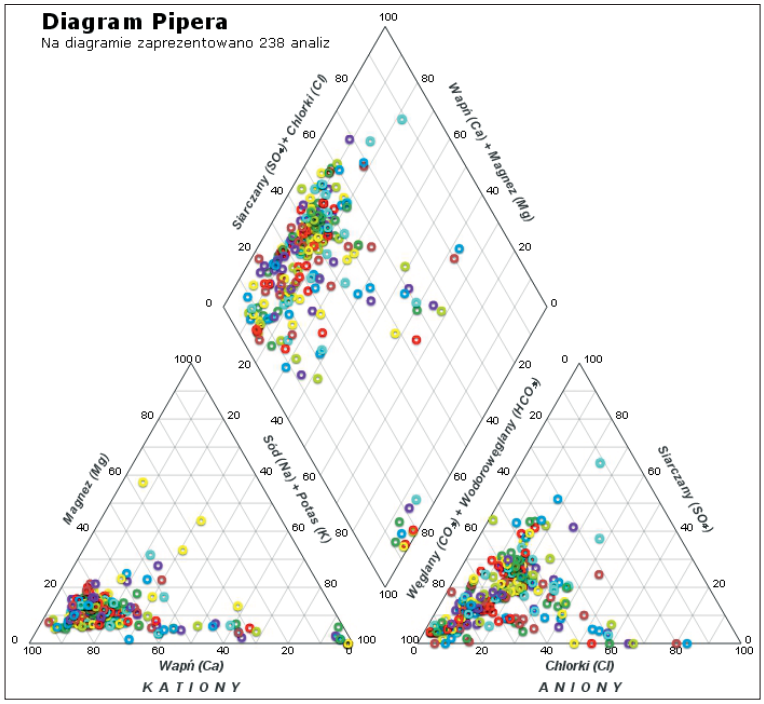
Klasy jakości dla punktu P-14/F02

Pokaż/Ukryj progi | Usuń sortowanie | Szukaj:

Parametry jakości	Id: 1138 2006.01.01 PSH	Id: 1136 2007.01.01 PSH	Id: 1141 2007.01.01 GIOŚ	Id: 1137 2008.01.01 PSH	Id: 1139 2008.06.01 PSH	Id: 1142 2009.01.01 GIOŚ	Id: 1140 2009.01.01 PSH	Id: 1133 2009.11.20 SNG	Id: 1143 2010.01.01 GIOŚ	Id: 1134 2010.10.29 SNG	Id: 1144 2011.04.01 GIOŚ	Id: 1146 2011.06.21 geoMonitoring diagnostyczny 2011	Id: 1147 2011.09.16 geoMonitoring diagnostyczny 2011	Id 201
Symbol punktu	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	P-14/F02	
Przewodność [µS/cm]	551	1012	780	994	447	493	489		396		300		742	
pH	7.58	7.26	8.28	7.34	7.25	7.38	7.32		7.47		7.8		7.4	
Temperatura [°C]													8.9	
Barwa [mg Pt/l]	**31**	3		2	**35**		**25**							
Sucha pozostałość [mg/l]														
Twardość ogólna [mg $CaCO_3$/l]							225							
Zasadowość ogólna [mg $CaCO_3$/l]														
Tlen rozpuszczony [ppm]														
Chlorki [mg/l]	19.2	57.8	53.5	61.5	10.1	16.6	11.2		12.1		6.83	35.66	80.15	
Siarczany [mg/l]	21	232	25	217	13.3	8.7	13.7		14.7		7.4			
Azotany [mg/l]	0.02	0.28	0.05	0.41	0.19	0.07	0.4		1.6		0.32			
Azotyny [mg/l]	0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	0.02	0.01		0.01		0.03			
Amoniak (jon amonowy) [mg/l]	0.06	0.25	0.63	0.22	0.08	<0.05	<0.05		<0.05		<0.05			
Wodorowęglany [mg/l]	279	279	361	285	270	264	277		253		204			
Bromki [mg/l]														
Fluorki [mg/l]	0.84	0.14	**2.11**	<0.1	0.33	0.8	0.94		0.96		0.65			
Wodorofosforany [mg/l]	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		<0.1		<0.3			
Fosfor [mg/l]														
Krzemionka SiO_2 [mg/l]	17.2	25.3	24	24.5	15.4		15.4							
Cyjanki [mg/l]						<0.01	<0.01		<0.01		<0.01			
Ogólny węgiel organiczny [mg/l]	4.9	2.6	<1	<1	7.5	5.6	4.8		2.3		10			
Detergenty anionowe [mg/l]						1.3	1.1		<0.5		2.7			
Arsen [mg/l]	<0.01	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	<0.002		<0.002		<0.002			
Bar [mg/l]	0.011	0.049	<0.001	0.049	0.015	0.023	0.018		0.016		0.013			
Bor [mg/l]	0.19	0.06	**1.1**	0.06	0.17	0.14	0.1		0.05		0.05			
Chrom [mg/l]	0.004	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.047		0.006		0.004			
Cynk [mg/l]														

Wybrano 114 wiersze(y)

Ryc. 6. GeoMonitoring Chemizm, widok na zakładkę „Klasa jakości wody”
Fig. 6. GeoMonitoring Chemistry, view on the “Groundwater Quality” bookmark



Ryc. 7. GeoMonitoring „Chemizm", widok na zakładkę „Diagram Pipera" (wyniki analiz wód z ujęcia „Czarny Dwór")
Fig. 7. GeoMonitoring "Chemistry" view on the "Piper Diagram" bookmark (results of "Czarny Dwór" water intake)

wód podziemnych za pomocą diagramu Pipera i diagramu kołowego (ryc. 7).

Baza danych była zasilana informacjami pozyskanymi na każdym etapie prac oraz danymi archiwalnymi udostępnionymi przez użytkowników ujęć. W efekcie powstał więc szeroki i kompletny zasób danych o stanie środowiska wód podziemnych Gdańska.

LITERATURA

KORDALSKI Z. 2013 – Wykorzystanie wolnego i otwartego oprogramowania GIS w hydrogeologii na przykładzie systemu monitorowania wód podziemnych w Gdańsku i Sopocie. Biul. Państw. Inst. Geol., 456, Hydrogeologia, z. XIV/1.

KORDALSKI Z., BOROWICZ M., KARWIK. A., KOWALEWSKI T., LIDZBARSKI M., PASIEROWSKA B., SOKOŁOWSKI K., SZELEWICKA A., TARNAWSKA E. & WALCZAK M. 2012 – Ocena stanu dynamiki i jakości wód podziemnych na terenie Gdańska i Sopotu. Nar. Arch. Geol., PIG-PIB Gdańsk.

LIDZBARSKI M. & SADURSKI A. 2013 – Analiza uwarunkowań formalno-prawnych gospodarowania zasobami wodnymi w aglomeracji gdańskiej. Biul. Państw. Inst. Geol., 456, Hydrogeologia z. XIV/1.

LIDZBARSKI M., KARWIK. A., KORDALSKI Z., PASIEROWSKA B., SOKOŁOWSKI K., SZELEWICKA A. & TARNAWSKA E. 2014 – Szczegółowa ocena zasięgu i rodzaju zanieczyszczeń na wybranych obszarach zurbanizowanych i poprzemysłowych na terenie Gdańska. Nar. Arch. Geol., PIG-PIB Gdańsk.

ROZPORZĄDZENIEM Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Dz.U. z 2008 r. Nr 143 poz. 896.

ROZPORZĄDZENIEM Ministra Środowiska z dnia 15 listopada 2011 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych. Dz.U. z 2011 r. Nr 258 poz. 1550.

USTAWA z dnia 20 lipca 1991 r. o Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska. Dz.U. z 1991 r. Nr 77 poz. 335 z późn. zm.

USTAWA Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r. Dz.U. z 2005 r. Nr 239 poz. 2019 z późn. zm.

Strefa ochronna ujęcia „Czarny Dwór" w Gdańsku. W oddali widoczne ujęcie „Bitwy pod Płowcami" w Sopocie. Fot. z arch. GIWK Sp. z o.o.