

## Jakość wód podziemnych w strefie dopływu wód do ujęcia „Czarny Dwór” i „Zaspa Wodna” w Gdańsku

Agnieszka Karwik<sup>1</sup>, Mirosław Lidzbarski<sup>1</sup>, Zbigniew Kordalski<sup>1</sup>, Anna Szelewicka<sup>1</sup>

The quality of groundwater in the area of water inflow to the “Czarny Dwór” and “Zaspa Wodna” intakes in Gdańsk. *Prz. Geol.*, 64: 408–417.

*Abstract.* The research was aimed at identifying groundwater contaminants in the inflow area of the Gdańsk intakes of “Czarny Dwór” and “Zaspa Wodna”, and determining their origin. The hydrochemical study covered an area of over 12 km<sup>2</sup>; it also included the vertical variation in the chemistry of the aquifer. The study shows that the most common parameters decreasing the water quality are typical municipal sewage components, communication pollutants and, locally at several locations, compounds derived probably from some industrial plants or service facilities. In most of the area, the poor groundwater quality in the upper part of the aquifer, caused by anthropogenic influence, does not affect the quality of water in the central and lower parts of the aquifer. However, the water is mixed near the intakes, because of the induced groundwater inflow from the entire vertical section to the active wells. Migration of VOC compounds, which are heavier than water and gradually sink toward the aquifer's bottom, occurs in a different way. Based on a hydrochemical model, a prognosis of the time and direction of contaminants migration has been made.

**Keywords:** groundwater quality, groundwater pollution, human impact on the environment

Od początku pracy ujęcia „Czarny Dwór” w trzech otworach: 11a, 12a i 13c występowała woda o intensywnej żółtej barwie. Przez wiele lat odpompowywano ją w celu uniknięcia rozprzestrzeniania się zabarwienia wody w sąsiednich studniach. Intensywność zabarwienia wody systematycznie spadała i ostatecznie zakończono pracę studni barierowych. Wysoki stopień urbanizacji na obszarze spływu do ujęcia spowodował pojawienie się substancji, które świadczyły o antropogenicznym zanieczyszczeniu wody. W 2008 r. w studni 15b wykryto tetrachloroeten, a w 1992 r. fenole w otworze 12a. Obie substancje wystąpiły w stężeniach odpowiadających V klasie jakości wody. W ostatnich kilku latach stwierdzono występowanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Ich stężenia były zmienne w czasie i wahały się w znacznych granicach 0,08–123 µg/dm<sup>3</sup>. Najczęściej występującymi zanieczyszczeniami antropogenicznymi w górnej części plejstoceńsko-holocenińskiego poziomu wodonośnego były związki azotu. Stężenia NO<sub>3</sub> na ujęciach „Czarny Dwór” i „Zaspa Wodna” wynosiły średnio ok. 30 mg/dm<sup>3</sup>. W wodach z niektórych studni ujęć komunalnych oraz z otworów obserwacyjnych pojawiły się substancje z grupy chloroetenów oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Ich stężenia znacznie się wahały i były zmienne w czasie. Zanieczyszczenia cechowały się także mozaikowym rozkładem oraz zmiennością w profilu pionowym warstwy wodonośnej (Kordalski i in., 2012).

Ponadnormatywne stężenia substancji organicznych w niektórych studniach negatywnie wpływały na wielkość zasobów wodnych ujęć i ograniczały możliwość pełnej eksploatacji ujęć. Zanieczyszczenia te obejmowały: wysoką barwę, podwyższone stężenia WWA, pestycydy oraz węglowodory chlorowane. Nieznane było pochodzenie tych skażeń ani ich zasięg oraz koncentracja przestrzenna.

Problem badawczy polegał na dokładnym rozpoznaniu skałi występujących zanieczyszczeń oraz w miarę możliwości ustaleniu ich genezy. W tym celu zaplanowano wy-

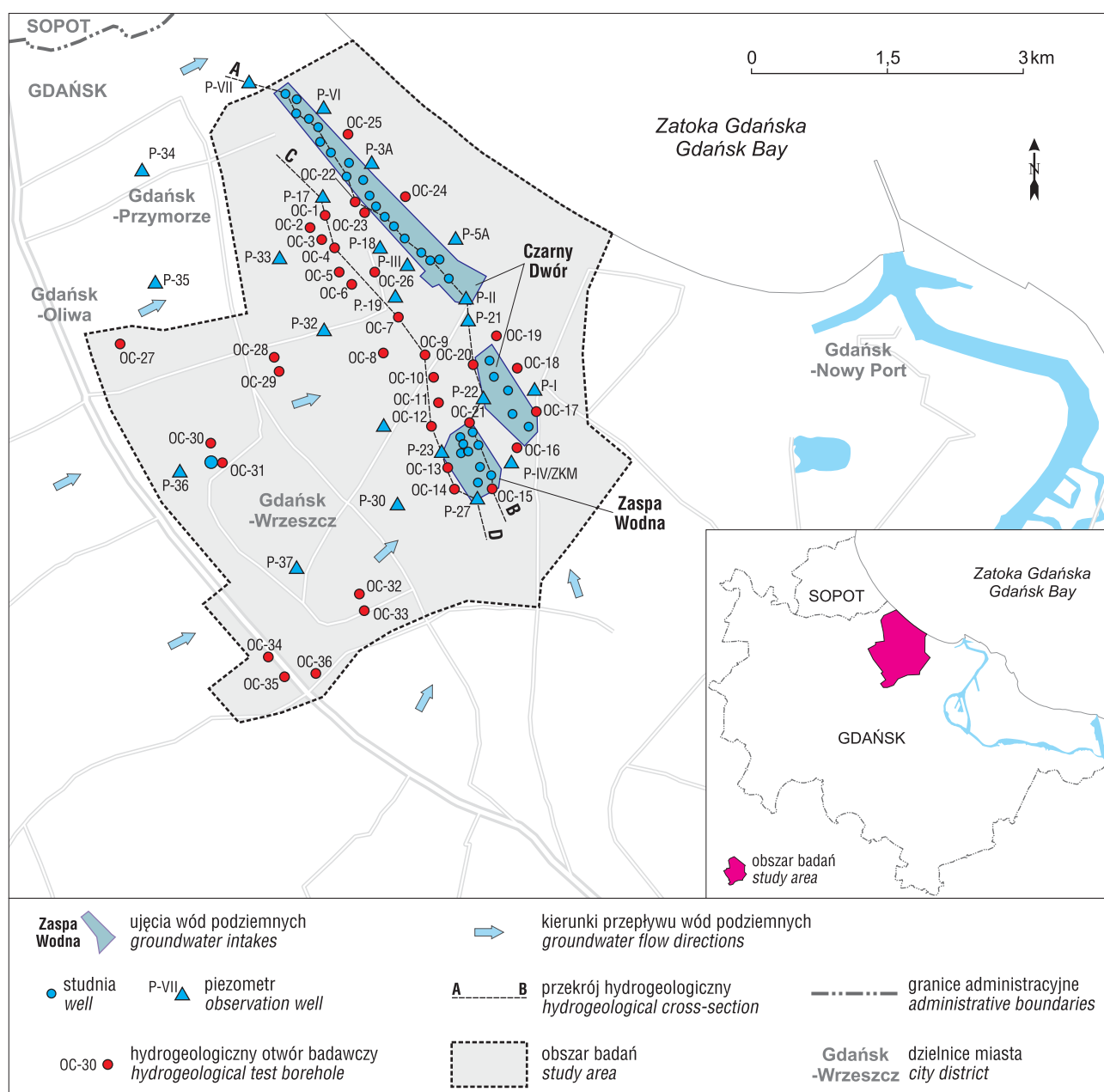
konanie czterech głębokich otworów (do 46 m), 35 płytkich (4–26 m) oraz pobór od jednej do trzech próbek wody z założonych przedziałów głębokości. Tymczasowe otwory badawcze zlokalizowano na dopływie wód do ujęć „Czarny Dwór” oraz „Zaspa Wodna” w odległości ok. 200–700 m od linii studzien. W celu określenia dopływu potencjalnych zanieczyszczeń z tego kierunku zaprojektowano również kilka płytkich otworów po wschodniej stronie ujęć. Dodatkowo zostały zaplanowane tymczasowe otwory badawcze w pobliżu obiektów, które mogły negatywnie oddziaływać na jakość wód podziemnych, dopływających do omawianych ujęć. Łącznie pobrano: 49 próbek wody z tymczasowych otworów badawczych, 23 z istniejących piezometrów oraz 17 ze studni ujęć komunalnych (Lidzbarski in., 2014). Poniżej zaprezentowano najważniejsze ustalenia prac badawczych.

### CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAWCZEGO

Powierzchnia obszaru badawczego, który znajdował się na Tarasie Nadmorskim, wynosiła 12,4 km<sup>2</sup>. Północną granicę terenu badań stanowił Potok Oliwski, wschodnią Zatoka Gdańska, natomiast granica zachodnia i południowa przebiegała wzdłuż głównych ciągów komunikacyjnych Gdańska – ulicami: Grunwaldzką, Kościuszki i Hallera. Teren ten swoim zasięgiem obejmował północno-wschodnie dzielnice Gdańska. Znajdują się tutaj dwa duże ujęcia komunalne: „Czarny Dwór” i „Zaspa Wodna”. Z uwagi na system krążenia wód podziemnych oraz sposób zagospodarowania przestrzennego, obszar badań został rozszerzony znacznie poza rejon ujęć, a nawet ich strefę ochronną, graniczył on z terenem byłej Fabryki Farb i Lakierów „Polifarb” (ryc. 1).

Zagospodarowanie terenu jest zróżnicowane. Między ujęciami komunalnymi a brzegiem zatoki znaczną przestrzeń zajmują tereny zielone, są to zarówno ogródki działkowe, jak i parki śródmiejskie oraz nieużytki. W środkowej

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza, ul. Kościuska 5, 80-328 Gdańsk; agnieszka.karwik@pgi.gov.pl, miroslaw.lidzbarski@pgi.gov.pl, zbigniew.kordalski@pgi.gov.pl, anna.szelewicka@pgi.gov.pl.



**Ryc. 1.** Lokalizacja obszaru badań w strefie dopływu wód do ujęcia „Czarny Dwór” i „Zaspa Wodna”

**Fig. 1.** Location of the study area in the area of water inflow to the “Czarny Dwór” and “Zaspa Wodna” intakes

największej części obszaru badawczego występuje zabudowa mieszkaniowa, są to w większości osiedla bloków mieszkalnych. W zachodniej części znajdują się tereny usługowe, przemysłowe i poprzemysłowe.

Pod względem hydrogeologicznym zasadnicze znaczenie użytkowe na Tarasie Nadmorskim ma plejstoceno-holoceniński poziom wodonośny. Jest on głównym źródłem zaopatrzenia Gdańska w wodę pitną. W jego obrębie można wydzielić dwie warstwy wodonośne – górną i dolną, które są miejscami rozdzielone kompleksem osadów słabo przepuszczalnych. Lokalnie warstwy te cechuje różna dynamika i parametry hydrogeologiczne, zwłaszcza w zachodniej części tarasu. Na obszarze objętym badaniami powierzchnia piezometryczna warstwy górnej znajduje się nieznacznie wyżej niż dolnej. Takie ułożenie powoduje, że pionowy kierunek przepływu wód podziemnych jest skierowany w dół. Fakt ten, a także całkowity brak izolacji poziomu wodonośnego od powierzchni terenu, powoduje

jego dużą podatność na zanieczyszczenia antropogeniczne z powierzchni terenu.

Miąższość strefy aeracji na Tarasie Nadmorskim jest zróżnicowana – od 1 m bezpośrednio w pasie nadmorskim do kilkunastu metrów blisko strefy krawędziowej wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego.

Wody podziemne na badanym terenie płyną z zachodu w kierunku ujęć wód podziemnych usytuowanych wzdłuż linii brzegowej Zatoki Gdańskiej. W pobliżu strefy krawędziowej spadki zwierciadła wody są największe, a prędkość przepływu wody osiąga najwyższe wartości. Współczynnik filtracji wynosi od 2 do ponad 30 m<sup>3</sup>/d i jest wyższy dla dolnej warstwy wodonośnej. W profilu górnej warstwy przeważają piaski drobno- i średnioziarniste, ale miejscami występują też różnoziarniste ze żwirami i otoczkami. Natomiast w dolnej warstwie znacznie częściej pojawiają się osady piaszczyste o grubszej granulacji.

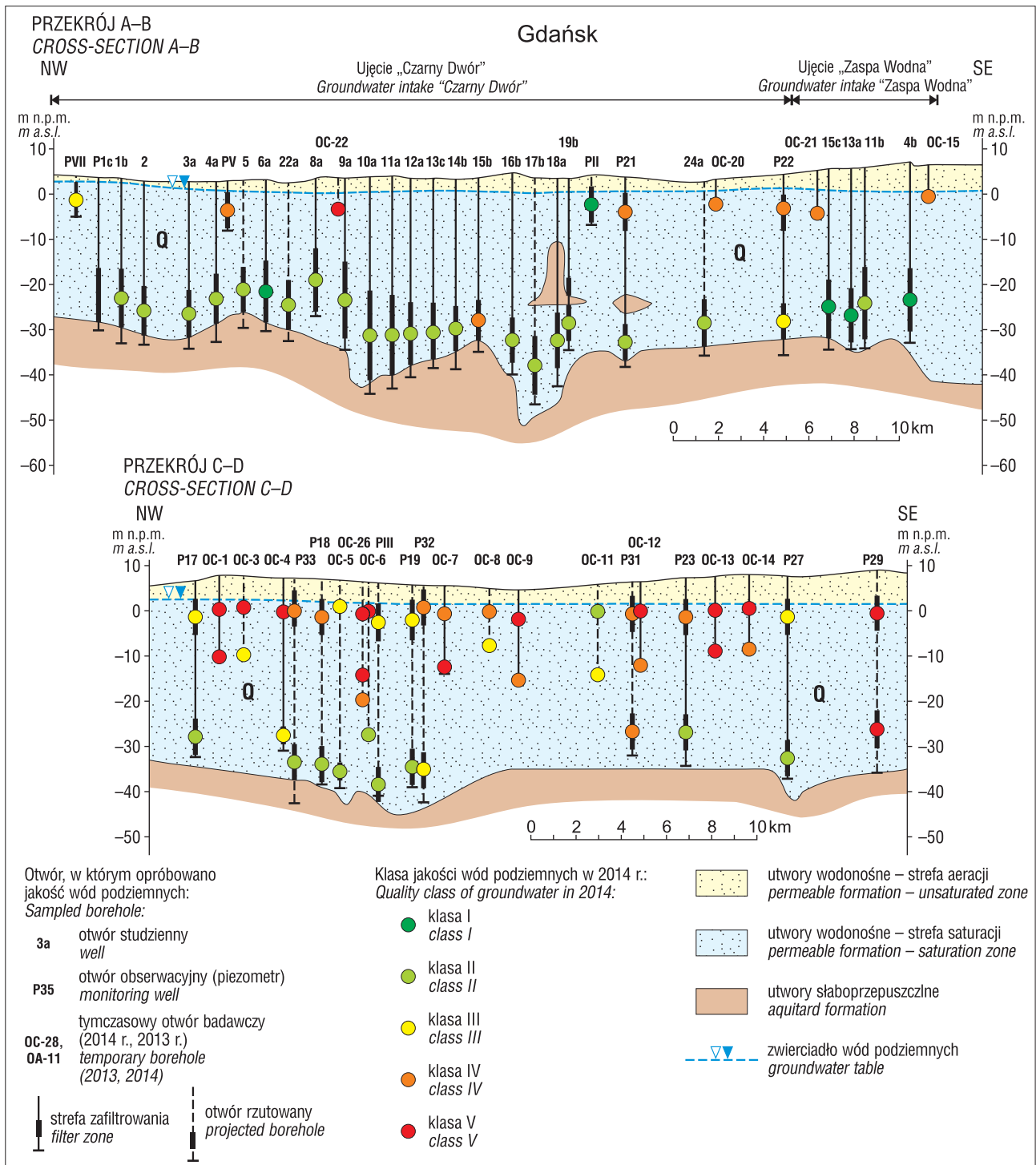
## CHARAKTERYSTYKA UJĘĆ „CZARNY DWÓR” I „ZASPA WODNA”

Ujęcie „Czarny Dwór” wybudowano w latach 60. ub.w. Początkowo pracowało w systemie lewarowym, a od 1973 r. wodę ujmują studnie głębinowe. Otwory są rozmieszczone wzdłuż ul. Czarny Dwór na rzędnych 3–4 m n.p.m., w odległości 600–900 m od brzegu morza. Obecnie w skład ujęcia wchodzi 38 otworów hydrogeologicznych, z czego siedem zostało wyłączonych z eksploatacji ze względu na zły stan techniczny lub nieodpowiednią jakość

wody. Na ujęciu oprócz piętra czwartorzędowego jest eksploatowane piętro paleogeńskie i kredowe.

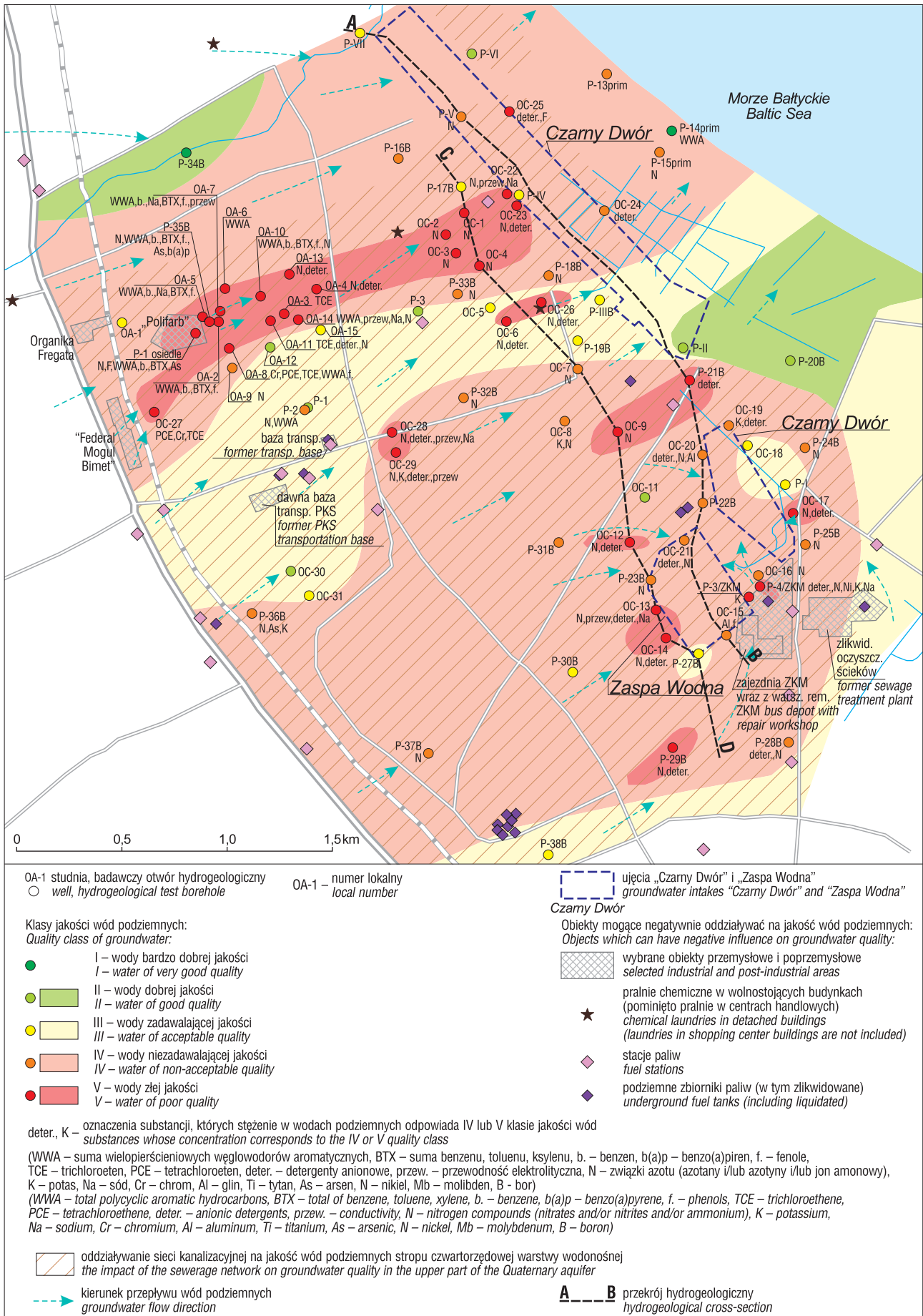
W związku z nadmierną eksploatacją wód podziemnych ujęciem „Czarny Dwór” w wodach poziomu czwartorzędowego do 1986 r. obserwowano znaczny wzrost stężenia chlorków, nawet  $>1000 \text{ mg/dm}^3$ . Obecnie, przy znacznie obniżonej eksploatacji wód podziemnych, nie przekracza ono  $70 \text{ mg/dm}^3$ .

Ujęcie „Zaspa Wodna” powstało w 1914 r. i jest położone na rzędnej ok. 6 m n.p.m., pomiędzy ul. Chrobrego, Czarny Dwór i al. Jana Pawła II. W skład ujęcia wchodzi 14

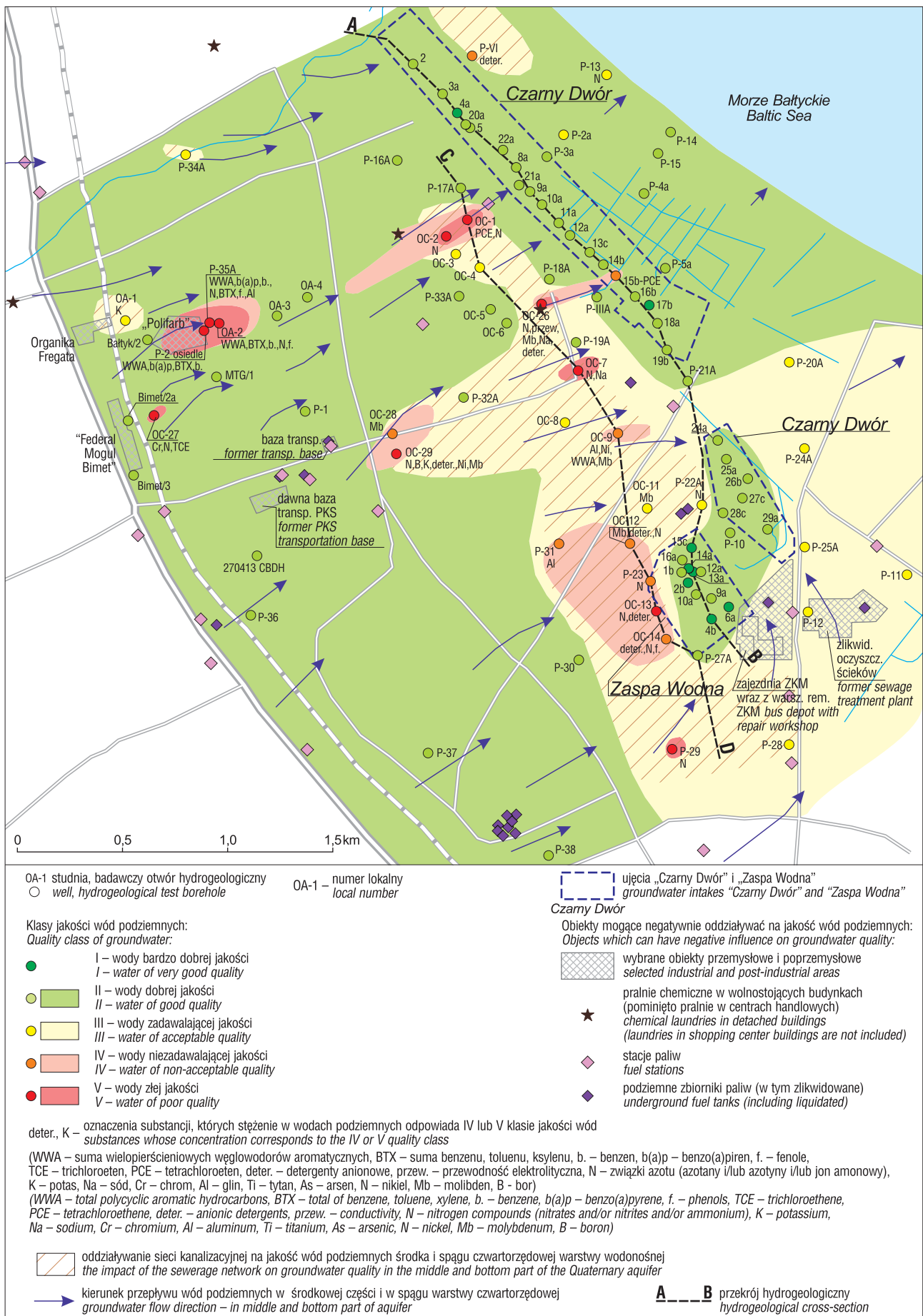


Ryc. 2. Przekrój hydrochemiczny przez ujęcie „Czarny Dwór” i „Zaspa Wodna”

Fig. 2. Hydrochemical cross-section through the “Czarny Dwór” and “Zaspa Wodna” intakes



Ryc. 3. Mapa jakości wód górnej części plejstoceno-holocenijskiego poziomu wodonośnego w północnej części Gdańska  
 Fig. 3. Map of the groundwater quality of the upper part of the Pleistocene-Holocene aquifer in the north of Gdańsk



Ryc. 4. Mapa jakości wód dolnej części plejstoceno-holocenojskiego poziomu wodonośnego. Objaśnienia jak na ryc. 3  
 Fig. 4. Map of the groundwater quality of the lower part of the Pleistocene-Holocene aquifer. For explanations see Fig. 3

studni, z czego 12 ujmuję czwartorzędowy poziom wodonośny i piętro kredowe, wszystkie one są czynne.

Zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym pobór wód z utworów czwartorzędowych na obu ujęciach może sięgać 1030 m<sup>3</sup>/h. Posiadają one wspólną strefę ochronną, która obejmuje prawie cały obszar badań. Z uwagi na całkowity brak izolacji, wody plejstoceno-holocenońskiego poziomu wodonośnego są narażone na wpływ potencjalnego negatywnego oddziaływania z powierzchni terenu.

### STĘŻENIE ORAZ ZASIĘG ZANIECZYSZCZEŃ

Analiza stanu warunków hydrogeologicznych i hydrochemicznych wykazała, że w czwartorzędowym poziomie wodonośnym na obszarze spływu do ujęć dominuje lateralny kierunek przepływu wód podziemnych. W efekcie wody stropowej i spągowej części poziomu wodonośnego mieszają się w ograniczonym stopniu lub wcale. Odstępstwem od tej reguły są substancje z grupy VOC, m.in.: trichloroeten, tetrachloroeten, które ze względu na ciężar właściwy w trakcie przepływu wód opadają na dno warstwy wodonośnej.

W zasięgu oddziaływania ujęć, w pasie ok. 500–800 m przed linią studni, następuje zmiana dynamiki przepływu wód (ryc. 2). Pobór wód podziemnych wymusza intensywny dopływ do strefy zafiltrowanej nie tylko z dolnej, ale także z górnej części warstwy wodonośnej. W efekcie substancje występujące w górnej części poziomu wodonośnego przedostają się do spągu poziomu wodonośnego i znacząco obniżają jego jakość.

Wody w górnej części poziomu wodonośnego na przebiegającej części obszaru badań były niskiej jakości: najczęściej IV klasy, przy znacznym udziale wód III i V klasy (Rozporządzenie, 2008). Parametrami, które decydowały o niskiej jakości wód były przeważnie składniki typowe dla ścieków komunalnych (ryc. 3).

W kilku otworach stwierdzono występowanie substancji związanych z oddziaływaniem zakładów przemysłowych, obiektów usługowych lub będących efektem transportu samochodowego. Na obszarze obejmującym zabudowę mieszkalną powszechnie występowały substancje typowe dla ścieków komunalnych: związki azotu (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>), detergenty anionowe, fenole, fluor oraz metale: nikiel, glin, tytan, arsen. Domieszki te obniżyły jakość wód do III i IV, a często także V klasy. Wody podziemne w strefie terenów zielonych i w pasie nadmorskim odpowiadały I lub II klasie jakości.

Związki WWA w wodach górnej części poziomu wodonośnego w rejonie ul. Kołobrzeskiej występowały w stężeniach 0,286 µg/dm<sup>3</sup> w otworze OC-28 na głębokości 9 m oraz 0,417 µg/dm<sup>3</sup> w otworze P-2/F20 na głębokości 16 m (wyniki z 2012 r.). W rejonie OC-28 zanieczyszczenie (0,282 µg/dm<sup>3</sup>) sięgało do stropu dolnej warstwy (ok. 20 m). Z uwagi na sąsiedztwo drogi o znacznym natężeniu ruchu, zanieczyszczenia te wskazywały na ich komunikacyjne pochodzenie.

Jakość wód dolnej części plejstoceno-holocenońskiego poziomu wodonośnego na ujęciach i w strefie dopływu uznano za dobrą (ryc. 4). Skład chemiczny był zbliżony do naturalnego, co świadczy o niewielkim wpływie czynników antropogenicznych. Przyczynia się do tego także dynamika wód podziemnych, która utrudnia mieszanie się wód dolnej warstwy z zanieczyszczeniami przenikającymi z górnej części warstwy wodonośnej. Wyjątkiem są związki

z grupy VOC (m.in. trichloroeten, tetrachloroeten), które wykazują tendencję do migrowania w głąb warstw wodonośnych.

Część dolnej warstwy wodonośnej pozostawała pod niekorzystnym wpływem zanieczyszczeń komunalnych, które przenikały z górnej warstwy. Miejscami występowały substancje typowe dla ścieków komunalnych: związki azotu (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>), detergenty anionowe, fenole, bor oraz metale: nikiel, molibden. Obniżyły one jakość wód dolnej warstwy do III i IV klasy, a często do V. Większość wymienionych zanieczyszczeń stwierdzono na głębokości ok. 20 m, to jest w środkowej części poziomu wodonośnego.

W zasięgu oddziaływania studni substancje te są rozcieńczane dopływami czystszej wody ze spągu warstwy wodonośnej. W konsekwencji woda pobierana na ujęciach jest dobrej jakości i najczęściej odpowiada II klasie.

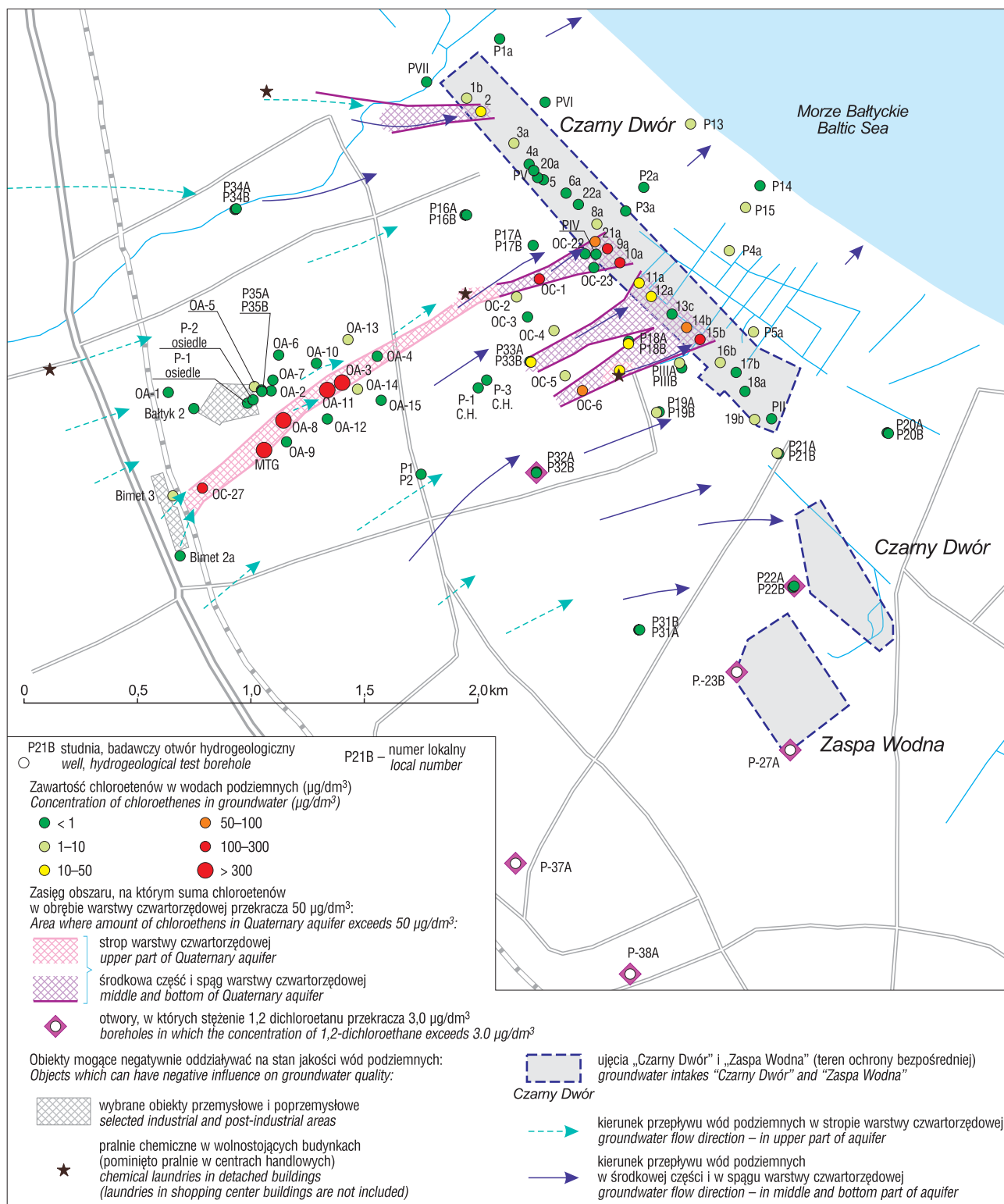
Kolejną substancją stwierdzoną w próbkach wody dolnej czwartorzędowej warstwy wodonośnej były wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Ich występowanie odnotowano w wodach z kilku tymczasowych otworów badawczych na poziomie klasy III: OC-4/2, OC-26/2, OC-28/2 oraz OC-14/2 (odpowiednio 0,225; 0,170 i 0,260 µg/dm<sup>3</sup>), a także na poziomie klasy IV w otworze OC-9/2 (0,37 µg/dm<sup>3</sup>). W rejonie otworu OC-28 związki WWA występowały również w górnej warstwie wodonośnej 0,286 µg/dm<sup>3</sup> (OC-28/1). Mozaikowy rozkład podwyższonych zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w wodach podziemnych oraz bliskość dróg i parkingów może wskazywać na komunikacyjne pochodzenie zanieczyszczenia.

Chloroeteny (CE) z grupy lotnych związków organicznych (VOC) odnotowano w ujęciu „Czarny Dwór” i w niektórych jego studniach.

Znaczne stężenie chloroetenów PCE oraz TCE stwierdzono w próbach wód ze studni 15b ujęcia „Czarny Dwór” (ryc. 5). Odpowiadały one IV (51,3 µg/dm<sup>3</sup>) oraz III klasie jakości (12,4 µg/dm<sup>3</sup>) i znacznie przekraczały zawartości dopuszczalne dla wód przeznaczonych do spożycia (Rozporządzenie, 2015).

Przestrzenny rozkład tych substancji pozwolił zidentyfikować drogę migracji chloroetenów w wodach podziemnych z rejonu otworu OC-27 aż do studni ujęcia „Czarny Dwór” – 21a, 9a oraz 10a. Na obszarze badawczym, obejmującym teren dawnego „Polifarbu”, PCE oraz TCE migrowały wraz z wodami górnej warstwy wodonośnej i nie opadały do warstwy dolnej ze względu na izolującą przekładkę utworów słabo przepuszczalnych. Jednak już w zasięgu oddziaływania studni ujęcia „Czarny Dwór” substancje te występowały w warstwie dolnej (OC-1/2, głębokość 20 m), gdzie przedostawały się prawdopodobnie pod wpływem opadania grawitacyjnego i szczypania wód górnej warstwy przez pracujące studnie ujęcia.

Zarówno w przeszłości, jak i podczas badań przeprowadzonych w 2014 r. w studniach ujęcia „Czarny Dwór” – 21a, 9a oraz 10a nie stwierdzono ponadnormatywnych stężeń TCE, PCE oraz CV. Zaobserwowano jednak wysokie stężenia produktów rozpadu TCE i PCE, jakimi są DCE (dichloroeteny). Pracujące studnie odbierały wody zanieczyszczone chloroetenami, które spływały z otoczenia otworu OC-27, a być może również z rejonu zakładu „Federal-Mogul Bimet” S.A.



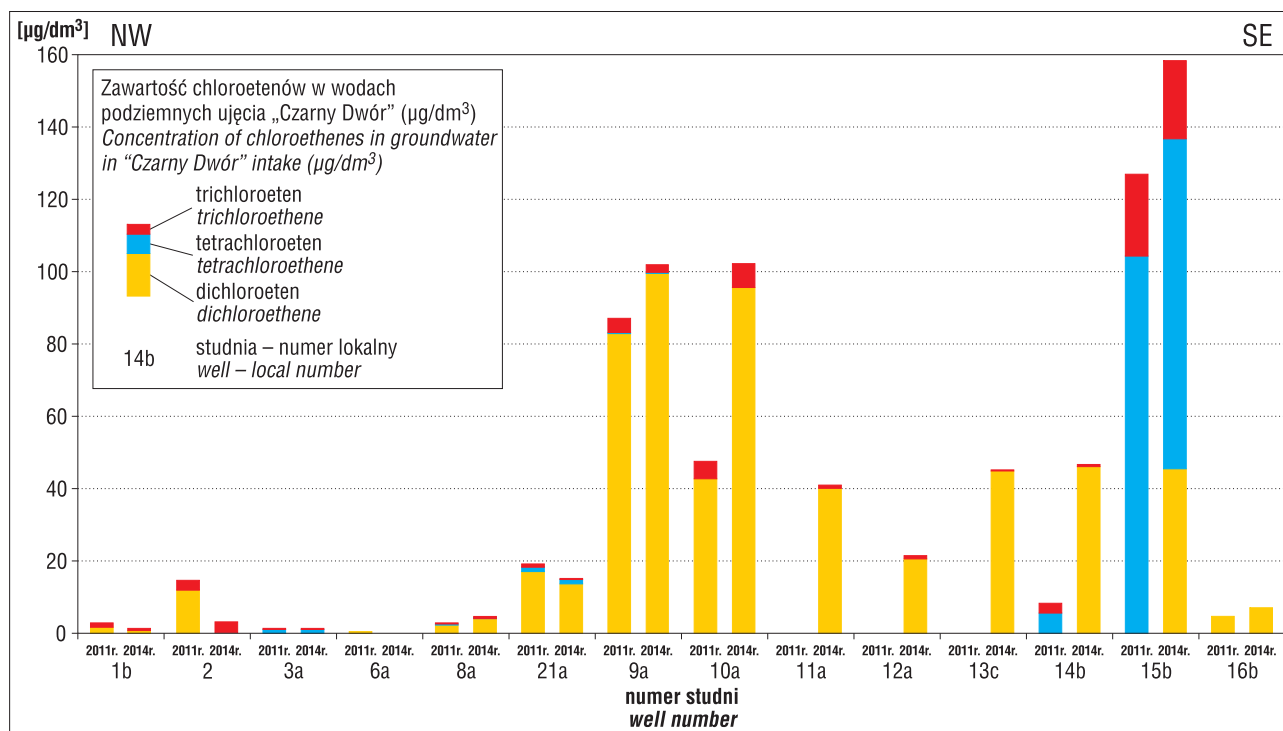
**Ryc. 5.** Rozkład chloroetenów w rejonie ujęcia „Czarny Dwór”  
**Fig. 5.** Distribution of chloroethenes in the “Czarny Dwór” water intake area

W przypadku nieprawidłowego postępowania z używanymi środkami piorącymi, źródłem emisji TCE oraz PCE do środowiska mogła być pralnia chemiczna znajdująca się ok. 400 m na zachód od otworu OC-2/1.

Związki TCE oraz PCE występowały również w wodach ujęcia „Czarny Dwór” – w otworach 2 oraz 1b. Analiza zmian zawartości tych substancji w latach 2008–2014 wskazała, że ich stężenia cechowała tendencja spadkowa. W otworach tych stwierdzono występowanie jedynie śla-

dowych ilości DCE oraz CV, co oznacza, że źródło emisji chloroetenów do otworów 2 oraz 1b było położone niedaleko.

W pasie ujęcia pomiędzy otworem 2 a otworami 21a, 9, 10a nie stwierdzono niepokojących zmian hydrochemicznych. Podobna sytuacja miała miejsce w otworach położonych w końcowym skrzydle sektora II ujęcia, poczynając od studni nr 16b w kierunku południowo-wschodnim, w całym sektorze III ujęcia „Czarny Dwór” oraz w studniach ujęcia „Zaspa Wodna” (ryc. 6).



**Ryc. 6.** Zawartość chloroetenów w wodach podziemnych ujęcia „Czarny Dwór”  
**Fig. 6.** Concentration of chloroethenes in wells of “Czarny Dwór” water intake

Odmierna sytuacja występowała w środkowej części ujęcia między studniami: 11a, 12a, 13c, 14b, 15b. W wodach otworów: 11a, 12a, 13c zaobserwowano umiarkowane stężenia DCE oraz bardzo niskie TCE, co mogło świadczyć o słabym wpływie oddalonego źródła emisji. Natomiast w otworach 14b i 15b stężenia PCE i TCE były bardzo wysokie i wielokrotnie przekraczały dopuszczalne normy dla wód pitnych i dla zadawalającej jakości wód podziemnych. W otworze 15b odnotowano stężenia PCE do  $154 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  ( $51\text{--}91 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  w 2014 r.) oraz TCE do  $28 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  ( $12\text{--}21 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  w 2014 r.), zaś suma PCE i TCE w 2014 r. osiągnęła  $182 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ . Dominującym składnikiem było PCE (ok. 75% masy chloroetenów), przy znacznie mniejszym udziale TCE i DCE (występujących w podobnych stężeniach) oraz śladowych stężeniach CV, który jest finalnym produktem przemian substancji wymienionych powyżej.

Analiza stężeń TCE i PCE w studni 14b i 15b w latach 2010–2014 wskazała na silny związek z wysokością eksploatacji wód, co determinowało lokalne kierunki przepływu wód podziemnych. W rezultacie do 2009 r. w studni 14b nie odnotowano znaczących stężeń chloroetenów. Natomiast nagły wzrost stężeń tych substancji w 2010 r., a następnie spadek, wynikał ze zmian w sposobie eksploatacji poszczególnych studzien w tej części ujęcia. Obecnie następuje powolne samooczyszczanie się warstwy wodonośnej z TCE oraz PCE w rejonie studni 14b. Konieczne jest ustalenie optymalnej wielkości poboru dla każdej z nich, żeby uniemożliwić rozprzestrzenienie się zanieczyszczeń z rejonu otworu 15b do sąsiednich studni.

Wśród najbliższych położonych potencjalnych emitentów chloroetenów (głównie PCE) należy wymienić pralnię chemiczną, która znajduje się w odległości 350 m od otworu 15b, na linii dopływu wód do studni. Aby potwierdzić lub wykluczyć wpływ pobliskiej pralni na jakość wód pod-

ziemnych studni 15b oraz 14b, byłoby wskazane wykonanie kilku otworów po północno-wschodniej stronie obiektu oraz pobranie próbek wód podziemnych w celu oznaczenia omawianych związków.

Niejednoznaczne było pochodzenie substancji PCE w próbach wód pobranych z otworu OC-1/2. Znajdowała się ona na linii spływu wód z zanieczyszczonego rejonu byłych zakładów „Polifarb” oraz na linii spływu wód z pralni chemicznej.

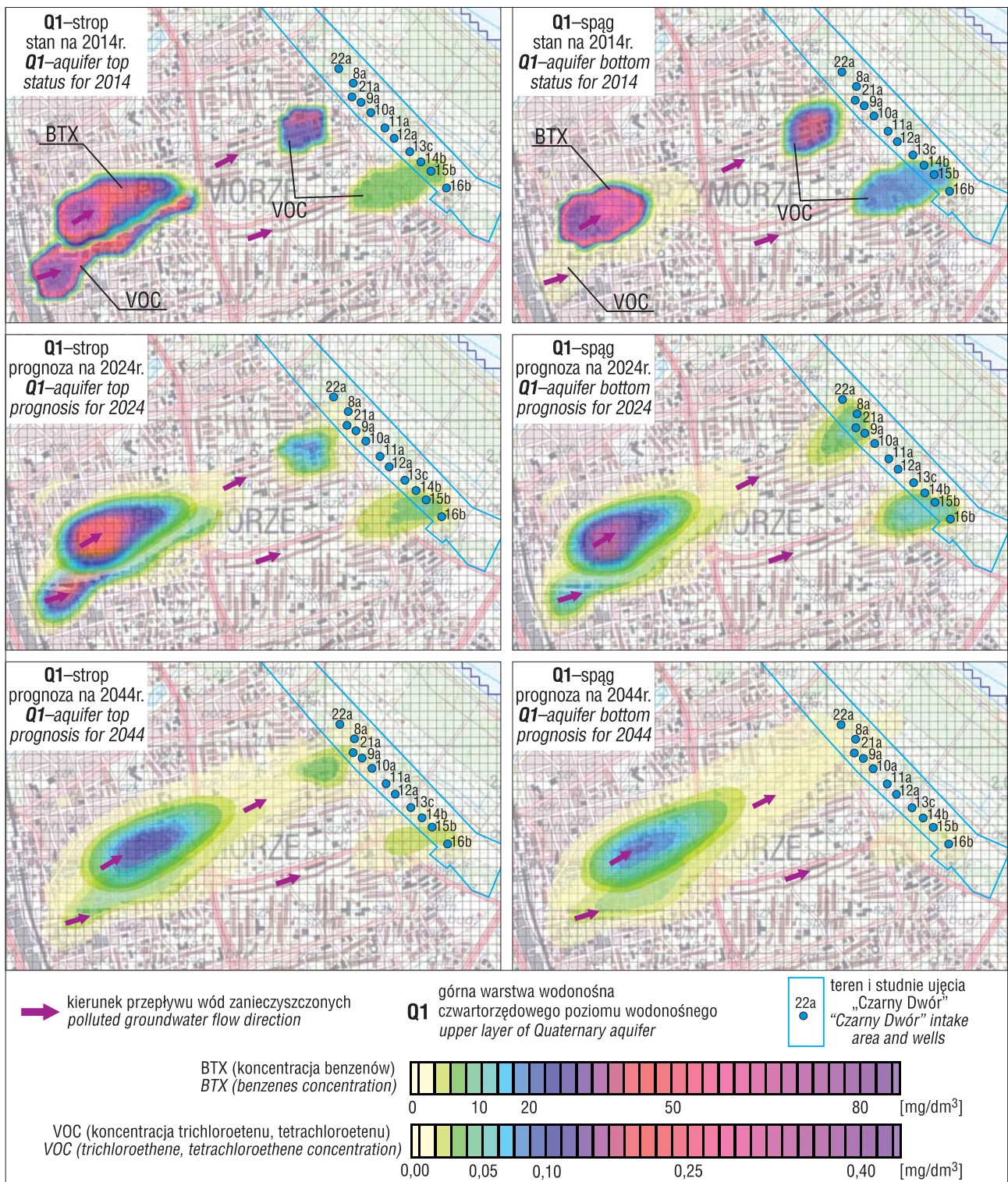
#### OCENA ZAGROŻEŃ I PROGNOZOWANIE ZMIAN HYDROCHEMICZNYCH – PODSUMOWANIE

W rejonie ujęć „Czarny Dwór” i „Zaspa” wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły stały trend polepszania się jakości wód podziemnych, zwłaszcza w głębszej części czwartorzędowej poziomu wodonośnego. Stan chemiczny wód podziemnych na obszarze badawczym nie jest jednorodny. Największe różnice występują w profilu pionowym. Wody górnej czwartorzędowej warstwy wodonośnej na przeważającej części obszaru badań są niskiej jakości, przeważnie w IV lub V klasie. Jakość wód dolnej czwartorzędowej warstwy wodonośnej uznaje się za dobrą. Dominują wody o składzie chemicznym zbliżonym do naturalnego, chociaż na południe od ujęć „Czarny Dwór” i „Zaspa Wodna” część z nich pozostaje pod niekorzystnym wpływem zanieczyszczeń komunalnych, przenikających z górnej warstwy.

Najczęstszymi parametrami, które obniżają jakość wód są składniki typowe dla ścieków komunalnych: związki azotu, detergenty anionowe, fenole, niektóre metale oraz substancje z grupy VOC i WWA.

Zidentyfikowane strefy wód zanieczyszczonych stanowią zagrożenie dla wód podziemnych nie tylko w miejscu skażenia, ale również na drodze przemieszczania się w kie-





**Ryc. 7.** Prognoza zmian koncentracji BTX i VOC w wodach podziemnych w rejonie ujęcia „Czarny Dwór” na podstawie badań modelowych  
**Fig. 7.** Prognosis of changes in BTX and VOCs concentrations in the groundwater in the area of “Czarny Dwór” water intake, based on model tests

runku ujęcia studni. Prognozę zagrożeń wód podziemnych jakie mogą wystąpić w latach następnych opracowano na podstawie badań modelowych transportu mas zanieczyszczeń organicznych (ryc. 7). Do analizowania możliwych zmian wybrano:

a) z rejonu byłych zakładów „Polifarb” – dwie strefy, w których stwierdzono substancje z grupy BTX i VOC;

b) z rejonu studni 15b – strefę wód zanieczyszczonych VOC;

c) z rejonu ul. Dąbrowszczaków, po przeciwnej stronie studni nr 8 – strefę zanieczyszczeń związkami VOC.

Założono, że wskaźnikiem reprezentującym grupę BTX będzie benzen, a substancje z grupy VOC – tri- i tetrachloroeten. Prędkość przemieszczania się zanieczyszczeń w strefie dopływu wód do ujęcia „Czarny Dwór” oszacowano na 10–100 m w ciągu roku. Rozpiętość w ocenie tempa migracji skażeń wynika z ich specyfiki oraz zmieniających się parametrów ośrodka skalnego. Badania modelowe

potwierdziły, że najszybciej będą się przenosić związki chloroorganiczne i benzen.

Szacuje się, że po dziesięciu latach wody zanieczyszczone, zidentyfikowane w rejonie byłej Fabryki Farb i Lakierów „Polifarb” (ryc. 3 i 4), przemieszczą się o kilkaset metrów w kierunku ujęcia „Czarny Dwór”, a po dalszych kilkunastu latach niektóre substancje mogą dotrzeć do studni. Jak wykazały badania modelowe, mechanizm transportu zanieczyszczeń w środowisku gruntowo-wodnym oraz właściwości niektórych substancji mogą powodować pulsacyjny charakter stężeń, które migrują wraz z wodami. Całkowite samooczyszczenie się wód z rejonu dawnego „Polifarbu” będzie przypuszczalnie procesem długotrwałym. Jeszcze po trzydziestu latach zanieczyszczenia mogą być obecne w środowisku wód podziemnych.

Skażone wody podziemne, zidentyfikowane w bezpośrednim sąsiedztwie ujęcia (rejon studni 8 i 15b), w następnych latach będą prawdopodobnie migrować w kierunku pracujących studni. Towarzyszyć temu będą procesy dyspersji, sorpcji oraz biodegradacji. W efekcie, stężenia

i ładunki zanieczyszczeń będą się zmniejszać. Można przypuszczać, że po 10 latach koncentracja obniży się poniżej dopuszczalnych norm dla wód pitnych. Jednak warunkiem realizacji takiego scenariusza będzie odcięcie aktywnego ogniska skażeń.

## LITERATURA

- 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., 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.
- ROZPORZĄDZENIE 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.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. z 2015 r. poz. 1989.



Gdańsk-Przymorze – strefa dopływu wód podziemnych do ujęcia „Czarny Dwór”. Fot. z arch. GIWK Sp. z o.o.