

## REAMBULACJA ARKUSZY MHP 1:50 000 NA PRZYKŁADZIE REGIONU GDAŃSKIEGO

### VERIFICATION OF THE HYDROGEOLOGICAL MAP OF POLAND (HMP), 1:50 000 EXEMPLIFIED BY THE GDAŃSK REGION

MIROSLAW LIDZBARSKI<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Gdański system wodonośny wyróżnia się złożonym systemem hydrostrukturalnym, obejmującym trzy piętra wodonośne: czwartorzędowe, paleogeńsko-neogeńskie i kredowe. Pełną charakterystykę czwartorzędowego piętra wodonośnego przedstawiono na poszczególnych arkuszach *Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000*. W artykule zaprezentowano rozkład najważniejszych parametrów hydrogeologicznych paleogeńsko-neogeńskiego i kredowego piętra wodonośnego w centralnej części gdańskiego systemu wodonośnego. Specjalnie opracowane mapy ilustrują zasięg, hydrodynamikę i wydajność potencjalną studzien ujmujących mioceni, oligoceni i kredowy poziom wodonośny. Przedstawione dane mogą być pomocne przy weryfikacji zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych gdańskiego systemu wodonośnego.

**Słowa kluczowe:** *Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000*, gdański system wodonośny.

**Abstract.** The Gdańsk hydrogeological system comprises a multiaquifer hydrostructural system that includes Quaternary, Neogene-Paleogene and Cretaceous water-bearing strata periods. The characteristics of the Quaternary aquifer is presented in the *Hydrogeological Map of Poland (HMP)*, 1:50 000. This article presents distribution of the main hydrogeological parameters in the Neogene-Paleogene and Cretaceous multiaquifer formations in the central part of the Gdańsk hydrogeological system. The special maps illustrate the dynamics, potential discharge of wells and extents of the Miocene, Oligocene and Cretaceous aquifers. Hydrogeological maps of the Neogene-Paleogene and Cretaceous multiaquifer formations will be useful to assess groundwater resources of this hydrogeological system.

**Key words:** *Hydrogeological Map of Poland, 1:50 000*; Gdańsk hydrogeological system.

### CEL, ZAŁOŻENIA I ZAKRES OPRACOWANIA

Warunki hydrogeologiczne rejonu Gdańska odwzorowano na arkuszach *Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000* (MHP) w latach 1996–1998 (Chmielowska, 1998; Orłowski, 1998a, b; Uścińowicz, 1998). Autorzy tych arkuszy przyjęli jednopłaszczyznową koncepcję mapy pomimo istnienia wielopiętrowego systemu wodonośnego. Jako główne użytkowe piętro wodonośne uznano struktury czwartorzędowe i dla tego piętra wodonośnego opracowano rozkład przestrzenny głównych parametrów hydrogeologicznych. Głębsze piętra

wodonośne odnotowano jako podrzędne i ich charakterystyka była ograniczona. Od tego czasu szereg prac hydrogeologicznych związanych z dokumentowaniem zasobów wód podziemnych, budową lokalnych i regionalnych sieci obserwacyjnych, raporty dokumentujące działalność Państwowej Służby Hydrogeologicznej (PSH) oraz liczne publikacje przyczyniły się do poszerzenia informacji o warunkach hydrogeologicznych (Kreczko, 1996; Bralczyk, Jankowski, 1997; Kreczko i in., 2000; Stróżyk, Walczyk,

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza w Gdańsku, ul. Kościarska 5, 80-328 Gdańsk;  
e-mail: mirosław.lidzbarski@pgi.gov.pl

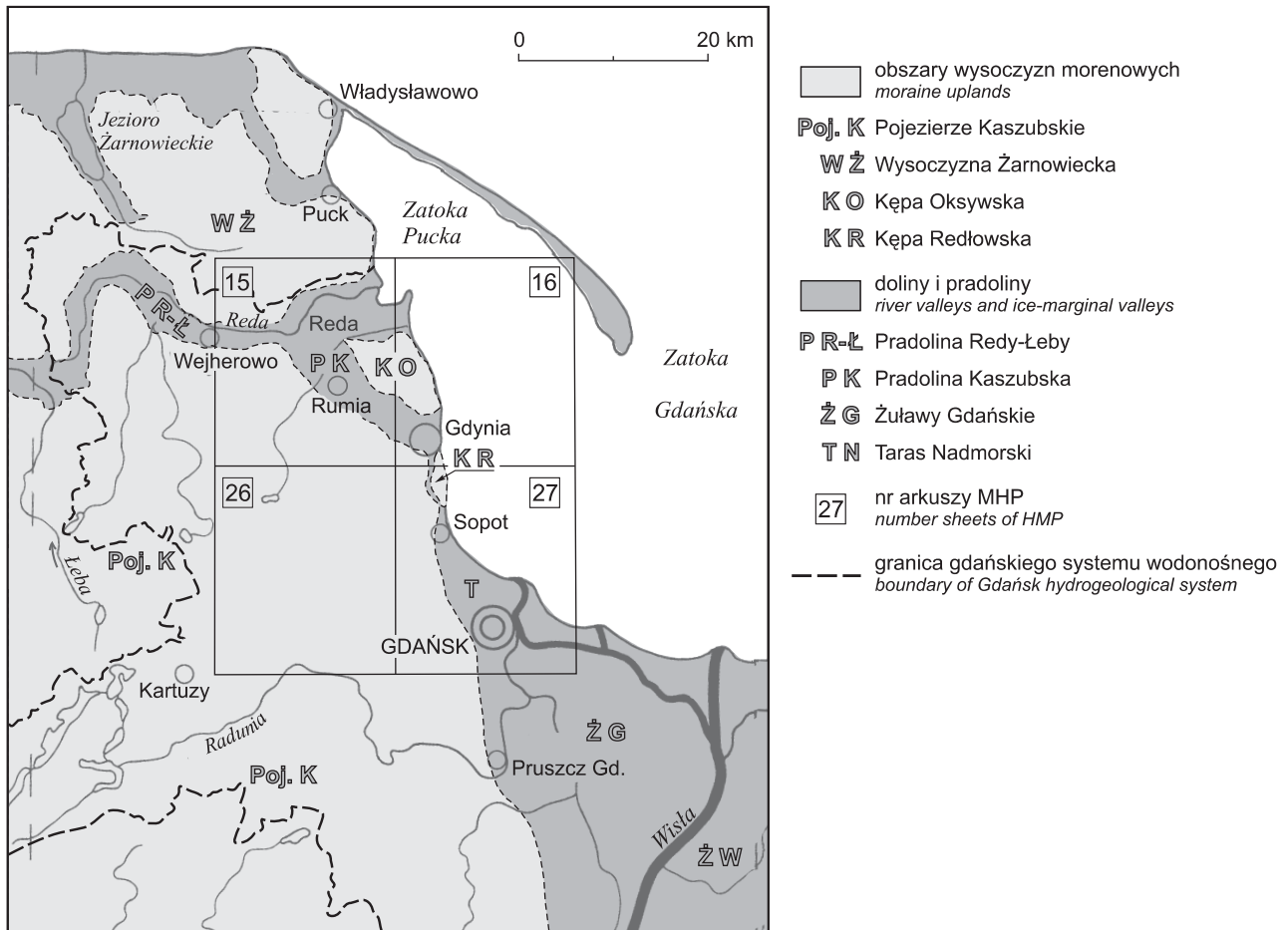


Fig. 1. Położenie obszaru badań

Location of the study area

2002; Kreczko i in., 2003; Lidzbarski, Kordalski, 2003; Kordalski, Lidzbarski, 2005; Sadurski, Lidzbarski, 2007). W efekcie obecny stan rozpoznania pozwala na pełną interpretację warunków hydrogeologicznych głębszych pięter wodonośnych. W niniejszej publikacji na podstawie założeń i stosowanej symboliki na MHP, odwzorowano rozkład

głównych parametrów hydrogeologicznych paleogeńsko-neogeńskiego i kredowego piętra wodonośnego w centralnej części gdańskiego systemu wodonośnego w obrębie połączonych arkuszy: Rumia (15), Gdynia (16), Żukowo (26) i Gdańsk (27) (fig. 1).

## POŁOŻENIE I OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Obszary na analizowanych arkuszach wyróżnia ich nadmorskie położenie oraz sąsiedztwo zróżnicowanych jednostek morfologicznych. W południowej części obszaru arkusza Rumia i Gdynia oraz w zachodniej części arkusza Gdańsk zaznacza się wysoczyzna Pojezierza Kaszubskiego z kulminacjami sięgającymi 200 m n.p.m. Na powierzchni terenu przeważają osady lodowcowe, głównie gliny zwałowe i piaszczysto-żwirowe utwory fluwiogłacjalne. Granicę obszaru pojeziernego stanowi wyraźna krawędź morfologiczna, której wysokości względne oscylują od 30 do 100 m. W rejonie Gdyni-Orłowa i Sopotu granica wysoczyzny kontaktuje się bezpośrednio z Zatoką Gdańską, tworząc wybrze-

że klifowe. Wschodnią część obszaru arkusza Gdańsk obejmują obniżenia nadmorskie. Jest to delta Wisły (Żuławy Gdańskie) oraz przylegający do niej od północy tzw. Taras Nadmorski. Płaską powierzchnię Żuław Gdańskich o rzędnej do 4 m n.p.m. wypełniają osady rzeczne z przewagą namulów i piasków drobnoziarnistych. Na Tarasie Nadmorskim dominują osady piaszczysto-żwirowe, a jego powierzchnia wznosi się w kierunku zachodnim do rzędnych ok. 40 m n.p.m.

Na obszarze arkuszy Rumia i Gdynia w morfologii terenu dominują struktury Pradoliny Redy-Łeby i Pradoliny Kaszubskiej. Wypełnione są one głównie osadami piaszczy-

sto-żwirowymi. Rzędne terenu nie przekraczają 20 m n.p.m. Od północy do pradolin przylega Wysoczyzna Żarnowiecka, a od wschodu – Kępa Oksywska. Na powierzchni tych jednostek wysoczyznowych przeważają gliny zwałowe. W gra-

nicach analizowanych arkuszy znajdują się największe miasta aglomeracji Trójmiejskiej: Gdańsk, Sopot, Gdynia i Wejherowo (fig. 1).

## MAPA HYDROGEOLOGICZNA POLSKI 1:50 000 (1996–1998)

Arkusze MHP na analizowanym obszarze badań opracowano w pierwszej transzy w latach 1996–1998. Na etapie tworzenia arkuszy najlepiej rozpoznane było czwartorzędowe piętro wodonośne, które na większości obszaru stanowiło podstawę zaopatrzenia w wodę do celów komunalnych i przemysłowych. W rejonie Gdańska udział pięter wodonośnych w zaopatrzeniu był bardziej zróżnicowany: obok wód z utworów czwartorzędowych podstawą zaopatrzenia zakładów przemysłowych były wody z osadów kredy i paleogenu-neogenu. Autorzy poszczególnych arkuszy główny poziom wodonośny identyfikowali w utworach wodonośnych czwartorzędu. Z tego względu kartograficzne informacje o głębszych piętrach wodonośnych ograniczono tylko do miejsc, gdzie czwartorzędowe poziomy wodonośne były słabo wykształcone lub traciły użytkowy charakter z uwagi na złą jakość wody. Taka strefa o powierzchni ok. 60 km<sup>2</sup> została wydzielona w rejonie ujściowego odcinka Martwej Wisły w południowo-wschodniej części arkusza Gdańsk, gdzie w plejstoceno-holocenojskim poziomie wodonośnym zidentyfikowano wody słonawe o ponadnormalnych zawartościach chlorków (fig. 2).

Zapisy symbolów jednostek hydrogeologicznych MHP ujawniają wielopiętrowy charakter centralnej części gdańskiego systemu wodonośnego (Kozerski, 1988, 2007). Najbardziej zróżnicowane pod względem wykształcenia i pozycji hydrostratygraficznej jest czwartorzędowe piętro wodonośne (fig. 2).

Na Pojezierzu Kaszubskim zostały wydzielone trzy międzymorenowe poziomy wodonośne, które w strefie krawę-

dziowej pojezierza występują w kontakcie hydraulicznym z wodami miocenu. Na wysoczyźnie Żarnowieckiej i Kępie Oksywskiej piętro czwartorzędowe jest zredukowane do jednego poziomu międzymorenowego, występującego miejscami w kontakcie hydraulicznym z poziomem mioceńskim. Dobrze wykształconym i zasobnym jest czwartorzędowy poziom wodonośny w obrębie Pradoliny Redy-Łeby i Pradoliny Kaszubskiej. Na Żuławach Gdańskich i Tarasie Nadmorskim rozprzestrzenia się poziom plejstoceno-holocenojski.

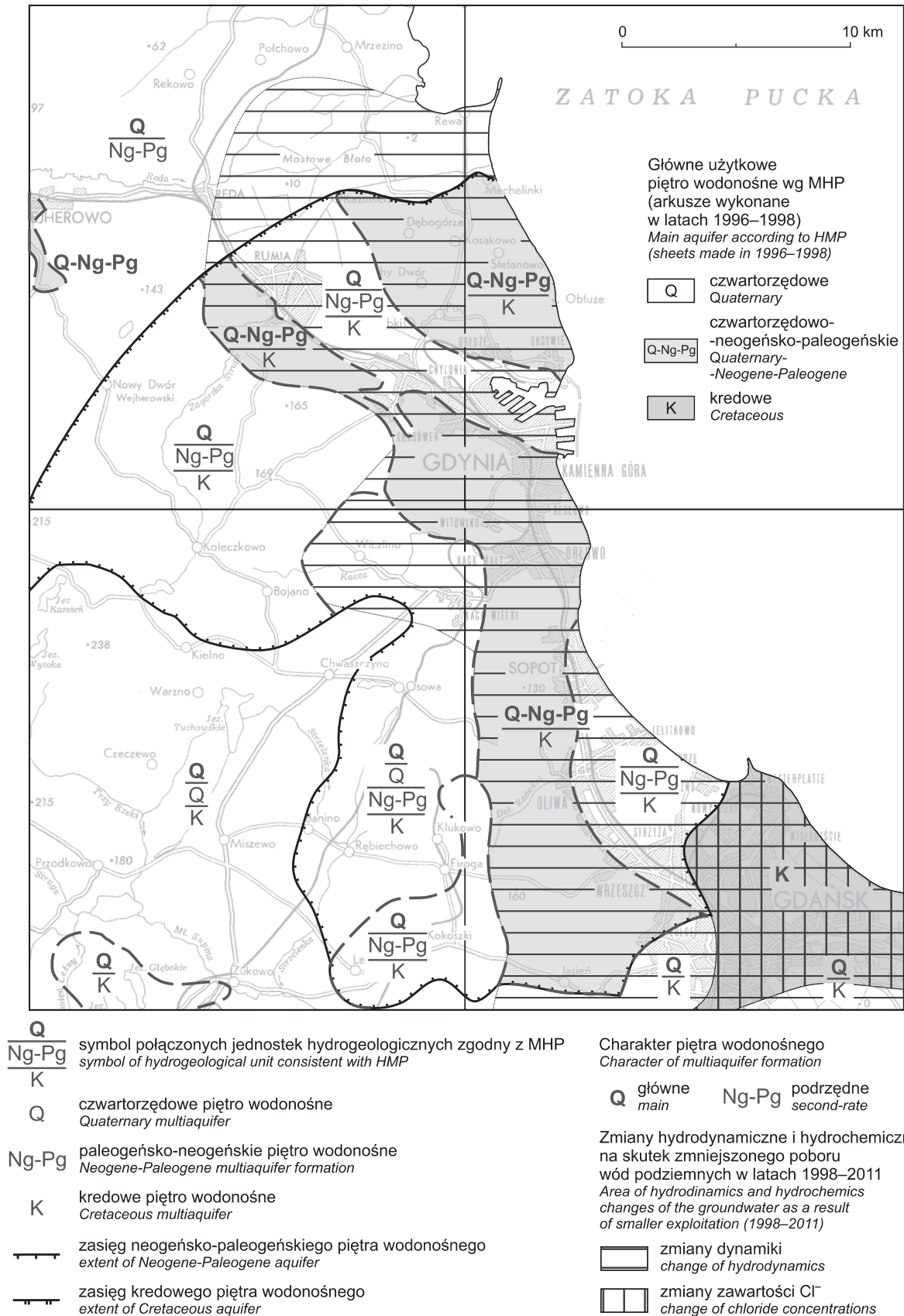
Na podstawie wyjątkowo korzystnego wykształcenia poziomu pradolinowego i plejstoceno-holocenojskiego wydzielono główne zbiorniki wód podziemnych – 110 w utworach wodonośnych pradolin, 112 w obrębie poziomu plejstoceno-holocenojskiego Żuław Gdańskich. Zbiorniki te stanowią podstawę zaopatrzenia w wodę aglomeracji Trójmiejskiej. Paleogeno-neogenojskie piętro wodonośne składa się z dwóch poziomów wodonośnych – mioceńskie i oligocenojskie.

Poziom mioceński występuje na obszarze wysoczyzn morenowych, natomiast rozprzestrzenienie poziomu oligocenojskiego jest szersze i obejmuje cały gdański system hydrogeologiczny z wyjątkiem Żuław Gdańskich. Wodonośne utwory piętra kredowego występują na całym obszarze opracowania (Sadurski, 1989). Piętro to jest związane z glaukonitowymi piaskami (wody porowe) górnokredowego zbiornika wód podziemnych (GZWP 111) oraz lokalnie z serią węglanowo-krzemionkową (wody szczelinowe) w stropie warstw kredy górnej.

## INTERPRETACJA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH PALEOGENSKO-NEOGENSKIEGO I KREDOWEGO PIĘTRA WODONOŚNEGO WEDŁUG ZAŁOŻEŃ MHP

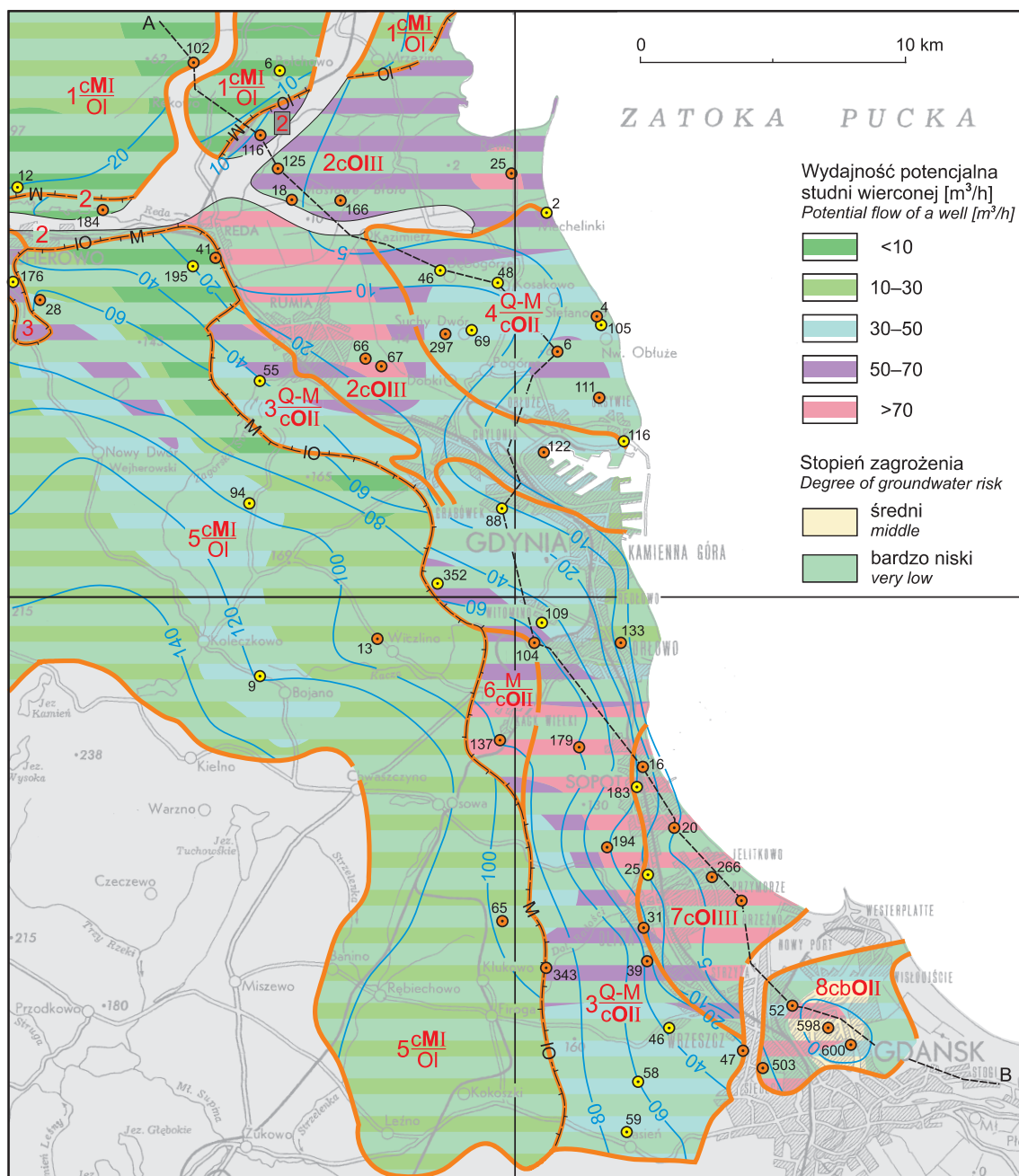
Przy graficznej ilustracji warunków hydrogeologicznych systemu wodonośnego założono pełną interpretację wybranych parametrów w odniesieniu do głębszych pięter wodonośnych, pominiętych przy opracowaniu arkuszy MHP w latach 1996–1998, spełniających jednak kryteria głównego użytkowego poziomu wodonośnego (GUPW). W wyniku tego powstały dwie plansze mapy zbiorczej prezentujące zasięg poziomów wodonośnych, rozkład przestrzenny wydajności potencjalnej, stopnia zagrożeń oraz hydrodynamikę: plansza 1 – piętro neogenojsko-paleogenojskie (fig. 3), plansza 2 – piętro kredowe (fig. 4).

Oddzielnie dla każdej z plansz dokonano rejonizacji hydrogeologicznej wraz z symbolem jednostki informującym o współwystępowaniu poziomów wodonośnych, izolacji i zasobności głównego poziomu wodonośnego. Uzupełnieniem treści plansz są wybrane otwory hydrogeologiczne oraz granice GZWP. Jakość wód GUPW przedstawiono zgodnie z kryteriami przyjętymi do MHP. Interpretacja hydrogeologiczna prezentuje stan rozpoznania na 2011 r.



**Fig. 2. Regionalizacja hydrogeologiczna wg MHP (1996–1998)**

Hydrogeological regions acc. to HMP sheets



**3Q-M / 3cOII** symbol i granica jednostki hydrogeologicznej zgodna z MHP  
*sign and boundary of hydrogeological unit consistent on HMP*

Symbole stratygraficzne użytecznych poziomów wodonośnych:  
*Stratigraphic symbols of useful aquifer:*

M – mioceni, OI – oligoceni, Q-M – plejstoceni-mioceni  
*M – Miocene, OI – Oligocene, Q-M – Pleistocene-Miocene*

brak użytecznych poziomów wodonośnych  
 w paleogeńsko-neogeńskim piętrze wodonośnym  
*area without aquifer in the Neogene-Paleogene formation*

Jakość wód podziemnych:  
*Groundwater quality:*

klasa jakości IIb (wody średniej jakości wymagające uzdatniania)  
*class IIb of groundwater quality*

granica pomiędzy głównymi użytecznymi poziomami wodonośnymi  
*boundary between main useful aquifers*

A---B przekrój hydrogeologiczny  
*hydrogeological cross-section*

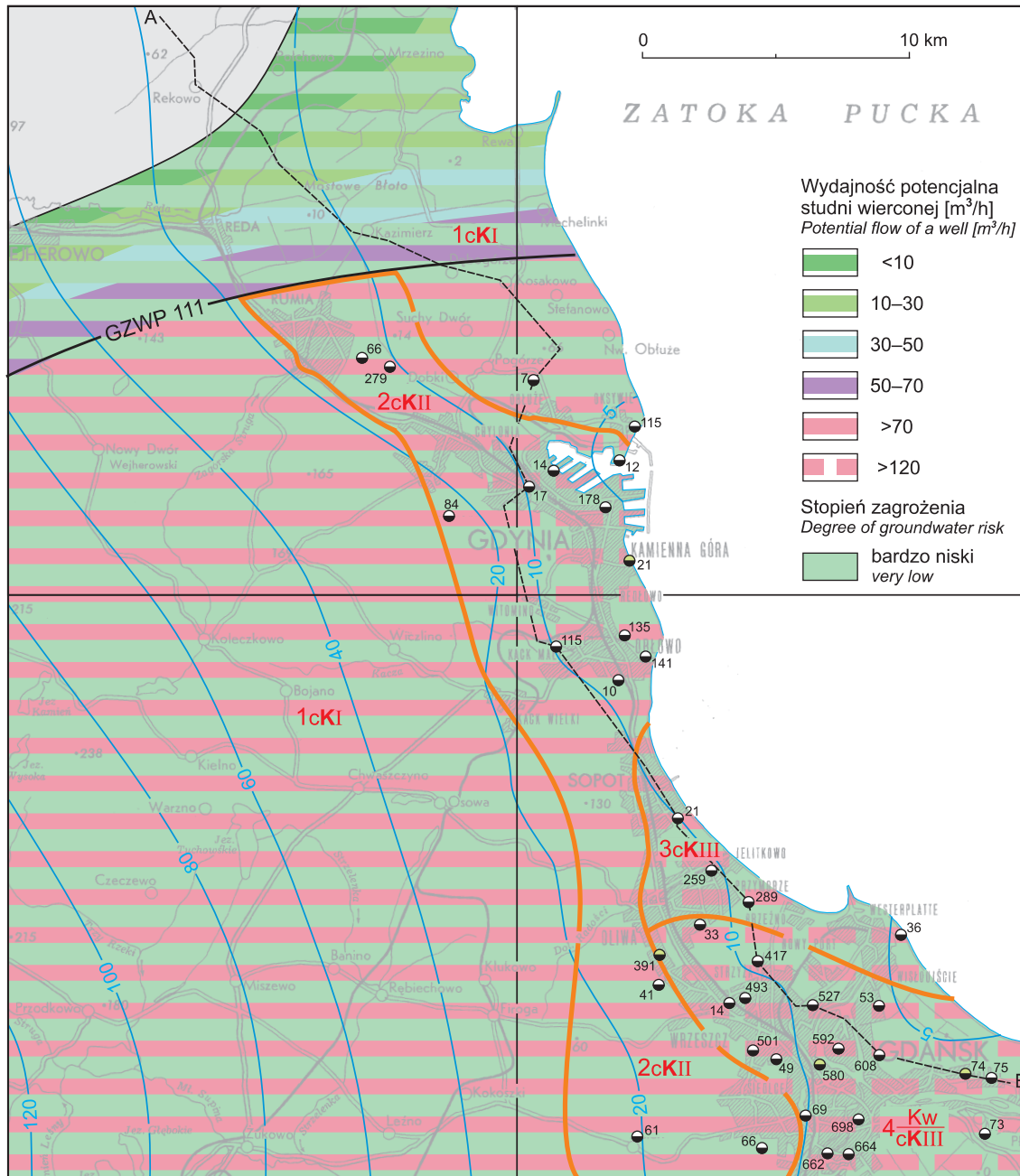
—20— hydroizohipsa głównego poziomu wodonośnego [m n.p.m.]  
*counter line of main aquifer [m a.s.l.]*

Wybrane studnie ujmujące poziom wodonośny:  
*Selected wells screened in:*

6 mioceni / Miocene      6 oligoceni / Oligocene  
 6 nr otworu zgodny z MHP / number of well consistent with HMP

**Fig. 3. Mapa hydrogeologiczna paleogeńsko-neogeńskiego piętra wodonośnego**


Hydrogeological map of the Neogene-Paleogene multiaquifer system



**4 Kw cKIII** symbol i granica jednostki hydrogeologicznej zgodna z MHP  
*sign and boundary of hydrogeological unit consistent on HMP*

Symbole stratygraficzne użytkowych poziomów wodonośnych:  
*Stratigraphic symbols of useful aquifer:*

K – kreda górna (wody serii piaszczystej – subniecka gdańska)  
*K – Upper Cretaceous aquifer (sandy series)*  
 K<sub>w</sub> – kreda górna (wody szczelinowe serii węglanowej)  
*K<sub>w</sub> – Upper Cretaceous (carbonate series)*

 brak użytkowych poziomów wodonośnych  
 w kredowym piętrze wodonośnym  
*area without aquifer in the Cretaceous formation*

Jakość wód podziemnych:  
*Groundwater quality:*

 klasa jakości IIb (wody średniej jakości wymagające uzdatniania)  
*class IIb of groundwater quality*

— GZWP 111 — granica Głównego Zbiornika  
 Wód Podziemnych 111  
*boundary of the Main Groundwater Basin 111*

A — B przekrój hydrogeologiczny  
*hydrogeological cross-section*

—20— hydroizohipsa głównego  
 poziomu wodonośnego [m n.p.m.]  
*counter line of major aquifer [m a.s.l.]*

Wybrane studnie ujmujące kredowy poziom wodonośny:  
*Selected wells screened in the Cretaceous aquifer:*

75 ● seria piaszczysta wody szczelinowe  
*sandy series carbonate series*  
 75 nr otworu zgodny z MHP  
*number of well consistent with HMP*

**Fig. 4. Mapa hydrogeologiczna kredowego piętra wodonośnego**

Hydrogeological map of Upper Cretaceous aquifer

## PALEOGENSKO-NEOGENSKIE PIĘTRO WODONOŚNE

Poziomy wodonośne występujące w utworach paleogenu i neogenu są związane przede wszystkim z piaszczystymi osadami oligocenu i miocenu. Wodonośne utwory eocenu występują sporadycznie i są w bezpośredniej więzi hydraulicznej z wodami oligocenu. Z tych powodów zaliczono je umownie do oligoceńskiego poziomu wodonośnego. Poziomy mioceni i oligoceński występują na większości analizowanego obszaru i najczęściej są rozdzielone słaboprzepuszczalnymi osadami – mułkami i iłami. Za główny uznano poziom, który częściej stanowi podstawę zaopatrzenia w wodę oraz charakteryzuje go lepszy stopień rozpoznania. W efekcie w zachodniej części obszaru przedstawiono graficzną ilustrację mioceni i oligoceńskiego poziomu wodonośnego, a we wschodniej – oligoceńskiego poziomu wodonośnego (fig. 3). Pominięto wspólny mioceni-czwartorzędowy poziom wodonośny (Q-M), ponieważ został zinterpretowany na planszy głównej MHP w latach 1996–1998 (Orłowski, 1998a, 1998b; Chmielowska, 1998; Uścińowicz, 1998).

**Poziom mioceni (M)** jest związany z piaszczystymi warstwami (od 1 do 3) wykształconymi najczęściej jako piaski drobnoziarniste, często pylaste z wkładkami mułków. Występuje on powszechnie w zachodniej części analizowanego obszaru, z wyjątkiem głębokich struktur erozyjnych i egzaracyjnych. W niektórych miejscach stropowe piaski mioceni zalegają bezpośrednio pod piaszczystymi osadami czwartorzędu, stanowiąc wspólny mioceni-czwartorzędowy poziom wodonośny. Również głęboko wcięte ryny czwartorzędowe, rozcinające wodonośne utwory mioceni, ułatwiają kontakt hydrauliczny między tymi poziomami wodonośnymi. Występowanie wspólnego (Q-M) poziomu wodonośnego stwierdzono na Pojezierzu Kaszubskim, zwłaszcza w strefie krawędziowej (jednostka 3) oraz na Kępie Oksywskiej (jednostka 4). W tych strefach strop wspólnego poziomu wodonośnego występuje najpłycej – na ogół na głębokości 10–50 m. Na pozostałym obszarze wodonośne warstwy mioceni najczęściej zalegają w przedziale głębokości 50–100 m.

Stopień zagrożenia mioceni i oligoceńskiego poziomu wodonośnego jest bardzo niski. Znajduje się on pod znacznym kompleksem utworów słaboprzepuszczalnych, co zabezpiecza go przed wpływem niekorzystnych oddziaływań z powierzchni terenu.

Miąższość osadów mioceni i oligoceńskiego poziomu wodonośnego jest bardzo zmienna; od kilkudziesięciu metrów (maks. 48 m) na Pojezierzu Kaszubskim i Wysoczyźnie Żarnowieckiej do kilku–kilkunastu metrów w strefach krawędziowych wysoczyzn morenowych. W otoczeniu kopalnych dolin erozyjnych i egzaracyjnych miąższość utworów wodonośnych mioceni została zredukowana do kilku metrów. W obrębie pradolin i Tarasu Nadmorskiego (jednostka 2 i 7) sporadycznie odnotowano niewielkie warstwy piasków mioceni pozostające w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z czwartorzędowymi poziomami wodonośnymi. Z tego względu nie zostały one odrębnie zinterpretowane.

Współczynniki filtracji mioceni i oligoceńskiego poziomu wodonośnego są bardzo zmienne, od 0,9 do 42 m/d, jednak najczęściej występują w przedziale 7–20 m/d. Średnia wartość tego parametru dla całego obszaru wynosi 11,5 m/d. Wyróżnia się Wysoczyzna Żarnowiecka, a zwłaszcza jej wschodnia część, gdzie parametr ten jest znacznie większy – 16 m/d.

Wydajności eksploatacyjne potencjalnych studzien nie są duże i na ogół nie przekraczają 30 m<sup>3</sup>/h. Tylko między Wejherowem a Bojanem parametr ten jest większy i sięga 70 m<sup>3</sup>/h. Podobnie kształtuje się przewodność hydrauliczna. Największa jest w strefach kontaktów z czwartorzędowym piętrem wodonośnym od 500 do 1000 m<sup>2</sup>/d (jednostka 3 i 4). Na pozostałym obszarze najczęściej występuje w przedziale 100–200 m<sup>2</sup>/d.

Zwierciadło wody o ciśnieniu subartezyjskim (100–140 m n.p.m.) najwyżej stabilizuje się na Pojezierzu Kaszubskim. Obniża się w kierunku pradolin i brzegu morskiego. Największe spadki hydrauliczne obserwuje się w strefie krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego – od 0,035 do 0,007. Wody mioceni i oligoceńskiego poziomu wodonośnego są drenowane przez pradolinne poziomy wodonośne, doliny większych rzek, obniżenia nadmorskie oraz przez akwen Bałtyku. Na większości obszaru kierunki przepływu wód mioceni są zbieżne z czwartorzędowym piętrem wodonośnym.

W mioceni i oligoceńskim poziomie wodonośnym przeważają wody słabo zmineralizowane o suchej pozostałości wynoszącej około 320 mg/dm<sup>3</sup>. Wody te charakteryzuje niskie stężenie jonu chlorkowego w przedziale od 1 do 27 mgCl/dm<sup>3</sup>. Ilość amoniaku nie przekracza wartości dopuszczalnych w wodach pitnych; jego średnia zawartość wynosi 0,13 mg NH<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>. Stężenia azotynów i azotanów nie przekraczają odpowiednio 0,06 mgNO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> i 1,2 mgNO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>. Notuje się stosunkowo wysokie stężenia żelaza i manganu. Najczęściej wynoszą one 0,5–1,7 mgFe/dm<sup>3</sup> i 0,05–0,14 mgMn/dm<sup>3</sup>. Z tego względu wody mioceni i oligoceńskiego poziomu wodonośnego są zwykle średniej jakości (klasy II b).

W systemie krążenia wód podziemnych mioceni i oligoceński poziom wodonośny spełnia rolę strefy tranzytowej, co podkreślają spadki hydrauliczne i kształt hydroizohips w jednostce 1 i 5. Z tego względu zasobność wodna jest ograniczona i wyrażona modulem zasobów dyspozycyjnych, który nie przekracza 100 m<sup>3</sup>/d·km<sup>2</sup>. Największy pobór wód podziemnych występuje na ujęciach wiejskich i komunalnych położonych w granicach jednostki 3 i 4, eksploatujących wspólny mioceni i oligoceński-czwartorzędowy poziom wodonośny. Na Pojezierzu Kaszubskim (jednostka 5) i Wysoczyźnie Żarnowieckiej (jednostka 1) wody poziomu mioceni i oligoceńskiego są eksploatowane w niewielkim stopniu na niektórych ujęciach wiejskich i zakładowych.

**Poziom oligoceński (Ol)** obejmuje piaski kwarcowe glaukonitowe drobno- i różnoziarniste, miejscami ze żwirem lub wkładkami mułków i iłów. Występuje on na całym analizowanym obszarze z wyjątkiem głębokich struktur w podłożu czwartorzędu, gdzie osady oligoceni zostały całkowicie zniszczone (rejon jednostki 2, 7 i 8). Najczęściej znajduje się na rzędnej od –60 m do –80 m n.p.m. Głębokość

stropu względem powierzchni terenu zależy przede wszystkim od zmieniających się rzednych terenu. Na Pojezierzu Kaszubskim jest ona największa i najczęściej przekracza 200 m, z wyjątkiem głęboko wciętych dolin rzecznych, gdzie schodzi do 120 m. Natomiast w strefie nadmorskiej i w pradolinach występuje w przedziale głębokości 70–150 m. Na Tarasie Nadmorskim pozycja stratygraficzna niektórych osadów wodonośnych jest niepewna, została jednak umownie zaliczona do oligocenu (jednostka 7). Lokalnie, w rejonach rynien kopalnych wody oligocenu mogą występować w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z wodami czwartorzędu. Miąższość poziomu oligoceńskiego najczęściej oscyluje między 7 a 30 m. Maksymalne wartości sięgające 36 m występują w strefie krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego (jednostka 3), natomiast najmniejsze w rejonie Gdyni i Kepy Oksywskiej, gdzie wodonośne osady oligocenu są zredukowane do kilku, kilkunastu metrów.

Średnia wartość współczynnika filtracji tego poziomu wynosi 15 m/d, najwyższe wartości stwierdzono na Tarasie Nadmorskim i Wysoczyźnie Żarnowieckiej, gdzie przekraczają 35 m/d, a lokalnie nawet 100 m/d. Najstąbiej wykształcone są warstwy wodonośne na obszarze Pojezierza Kaszubskiego, gdzie średnia wartość współczynnika filtracji nie przekracza 8 m/d.

Przewodność hydrauliczna najczęściej występuje w przedziale 100–200 m<sup>2</sup>/d, tylko w północnej części Pojezierza Kaszubskiego jest nieco mniejsza. Najwyższe wartości tego parametru odnotowano na Tarasie Nadmorskim – powyżej 500 m<sup>2</sup>/h. Wydajności eksploatacyjne studzien są najkorzystniejsze również na Tarasie Nadmorskim i w Pradolinie Kaszubskiej (>100 m<sup>3</sup>/h). Na pozostałym obszarze wahają się między 40 a 80 m<sup>3</sup>/h.

Zwierciadło wód podziemnych o subartyzyjskim charakterze najwyżej stabilizuje się na Pojezierzu Kaszubskim, 80 m n.p.m. Bazę drenażu stanowi Zatoka Gdańska. Zauważa się również drenujący wpływ pradoliny Redy-Łeby, zwłaszcza w miejscach ułatwionego kontaktu z czwartorzędowym piętrzem wodonośnym. W strefie brzegowej, na obszarze pradoliny Redy-Łeby i w dolinach rzek, w warunkach niezaburzonych eksploatacją, zwierciadło wody stabilizowało się nad poziomem terenu, w Brodwinowie nawet 35 m n.p.t.

Skład chemiczny wód oligoceńskiego poziomu wodonośnego jest zbliżony do wód poziomu miocenu. Są to również wody słabozmineralizowane bliskie tła naturalnego bez obecności związków toksycznych. Jakość tych wód obniża podwyższona koncentracja związków żelaza od 0,5 do 0,9 mgFe/dm<sup>3</sup> i manganu od 0,04 do 0,18 mgMn/dm<sup>3</sup>. Z tego względu wody oligoceńskiego poziomu wodonośnego są zwykle średniej jakości, klasy II b. Zawartość jonu chlorkowego na ogół nie przekracza 15 mgCl/dm<sup>3</sup>. Wyjątkiem jest rejon Gdańska (jednostka 8), gdzie w latach 80. ubiegłego wieku stwierdzono podwyższone zawartości chlorków wywołane nadmierną eksploatacją wód podziemnych i ingresją słonych wód z Martwej Wisły do warstwy wodonośnej. Z tego względu stopień zagrożenia poziomu wodonośnego w tym rejonie podwyższono do średniego. Na pozostalym

obszarze jest bardzo niski z uwagi na znaczną izolację od powierzchni terenu.

Na podstawie zatwierdzonych wartości zasobów dyspozycyjnych zawartych w dokumentacjach hydrogeologicznych oraz wyników badań modelowych dokonano autorskiej oceny zasobności oligoceńskiego poziomu wodonośnego. Jest ona największa w strefach drenażu wód podziemnych – obszar pradolin i Żuław Gdańskich, gdzie moduły zasobów dyspozycyjnych przekraczają 100 m<sup>3</sup>/d·km<sup>2</sup> (jednostka 2), a nawet 200 m<sup>3</sup>/d·km<sup>2</sup> (jednostka 7). Na pozostałym obszarze moduł ten nie przekracza 80 m<sup>3</sup>/d·km<sup>2</sup>. Również w jednostce nr 7 zasobność poziomu wodonośnego obniżono z uwagi na możliwość ingresji wód słonych.

Przy wyodrębnianiu jednostek hydrogeologicznych paleogeńsko-neogeńskiego piętra wodonośnego uwzględniono wszystkie istotne czynniki wpływające na regionalizację hydrogeologiczną: stopień zagrożenia, izolację, zasobność i wodonośność. Podstawowym kryterium różnicującym jednostki hydrogeologiczne było jednak współwystępowanie i zasięg poziomów wodonośnych oraz kwalifikacja analizowanej struktury wodonośnej do głównego lub podrzędnego poziomu wodonośnego. W efekcie wyodrębniono osiem jednostek hydrogeologicznych. Dwie z nich (1 i 5) obejmują północną i zachodnią część analizowanego obszaru, gdzie główny poziom wodonośny zidentyfikowano w strukturach miocenu. Symbole tych jednostek są co prawda identyczne (1, 5), zdecydowano się jednak na ich zróżnicowanie innym numerem, ponieważ są one położone w odrębnych systemach krążenia wód – jednostka nr 1 w systemie wodonośnym Wysoczyzny Żarnowieckiej, a jednostka nr 2 w rozległym systemie Pojezierza Kaszubskiego. Zasięg jednostki 5 na południowym zachodzie wyznacza stopień rozpoznania warunków hydrogeologicznych, który jest niedostateczny do identyfikacji wód w paleogenie i neogenie. Oligoceński poziom wodonośny w granicach jednostki nr 1 i 5 jest słabiej rozpoznany i dlatego uznano go za podrzędny. Wody miocenu w obrębie omawianych jednostek są eksploatowane w niewielkim stopniu na niektórych ujęciach wiejskich i zakładowych. Na zachód od jednostki 2 wyodrębniono sześć jednostek, w których rolę głównego poziomu wodonośnego spełniają wodonośne osady oligocenu. Jednostki 3 i 6 obejmują strefę krawędziową Pojezierza Kaszubskiego, gdzie warstwy miocenu są w więzi hydraulicznej z warstwami poziomów międzymorenowych. Dlatego jako podrzędny uznano tu poziom Q-M, z wyjątkiem rejonu Wlk. Kacku, gdzie wspólny Q-M poziom wodonośny jest zredukowany do miocenu. Obie jednostki charakteryzuje znaczny stopień komplikacji budowy geologicznej na skutek zaburzeń glacytektonicznych. Pobór wód podziemnych na tym obszarze jest znacznie większy, zwłaszcza na ujęciach komunalnych Wejherowa (otwór nr 176), Gdyni (104, 137), Sopotu (179) i Gdańska (194, 343), gdzie są eksploatowane wody z poziomu oligoceńskiego i z połączonego poziomu miocenu-czwartorzędowego. Łączny pobór wód z tych poziomów w jednostkach 3 i 6 wynosi ok. 600 m<sup>3</sup>/h, z czego ok. 15% przypada na wody z poziomu oligoceńskiego.



Podobna sytuacja hydrostrukturalna jak w jednostce 3 występuje na Kępie Oksywskiej (jednostka 4), chociaż pozycja tej jednostki w systemie krążenia wód podziemnych jest odmienna – znajduje się w lokalnym obszarze zasilania. Wody podziemne są eksploatowane z obu poziomów wodonośnych na ujęciach wiejskich i zakładowych w wysokości ok. 100 m<sup>3</sup>/h (studnie 4, 6, 48, 69). Wysoka wydajność potencjalna oraz znaczna zasobność wyróżnia jednostkę nr 2cOIII, którą wyznaczono w granicach struktur pradolinnych. Zidentyfikowano tu tylko jeden, oligoceński poziom wodonośny. Brakuje go w centralnej części systemu pradolin, z uwagi na znaczne przegłębienie powierzchni podczwartorzędowej poniżej spągu wodonośnych osadów paleogenu. Pobór wód przekracza znacznie 200 m<sup>3</sup>/h i głównie jest realizowany na ujęciu komunalnym Gdyni „Reda II” (otwór 18, 116, 125, 166). Podobną jednostkę wydzieleno w rejonie Gdańska 7cOIII. Położenie tej jednostki w strefie drenażu wód i wysoka wodonośność pozwoliły na ustalenie zasobów dyspozycyjnych sięgających 8400 m<sup>3</sup>/d. Obecnie wykorzystuje się zasoby tego poziomu w ok. 40%. Podobne warunki hydrogeologiczne stwierdzono w jednostce 8cbOII. Niższa izolacja poziomu wodonośnego oraz możliwość ingresji wód słonych podwyższa stopień zagrożenia i obniża wartość zasobów dyspozycyjnych w rejonie ujściowego odcinka Martwej Wisły. W południowo-wschodniej

części analizowanych arkuszy granice jednostek 3, 7 i 8 wyznaczają zasięg utworów paleogenu, które w tym rejonie zostały zredukowane w wyniku procesów erozyjnych i egzarycyjnych.

### KREDOWE PIĘTRO WODONOŚNE

Osady kampanu i santonu, reprezentowane głównie przez piaski drobnoziarniste, tworzą najgłębszy, kredowy poziom wodonośny, którego miąższość w Gdańsku wynosi 150 m. Maleje ona w kierunku północno-zachodnim, do kilkunastu metrów na Wysoczyźnie Żarnowieckiej. Strop tych osadów podnosi się ku północy: w Gdańsku zalega na głębokości 160 m n.p.m., a na Wysoczyźnie Żarnowieckiej dochodzi do rzędnej –90 m n.p.m. Podobnie zmienia się uziarnienie piasków, które przechodzą w muliste na północ od osi Pradoliny Redy. Największe wartości współczynnika filtracji stwierdzono w Gdańsku – od 3 do 31 m/d. Omawiany poziom wodonośny tworzy rozległą strukturę hydrogeologiczną zwaną **subniecką gdańską**, rozprzestrzeniającą się w całym regionie gdańskim (Sadurski, 1989). Centralną część tej struktury obejmują granice GZWP 111 (fig. 5). Północna granica tego zbiornika przecina arkusz Rumia (fig. 4). Warunki hydrogeologiczne subnieckiej gdańskiej

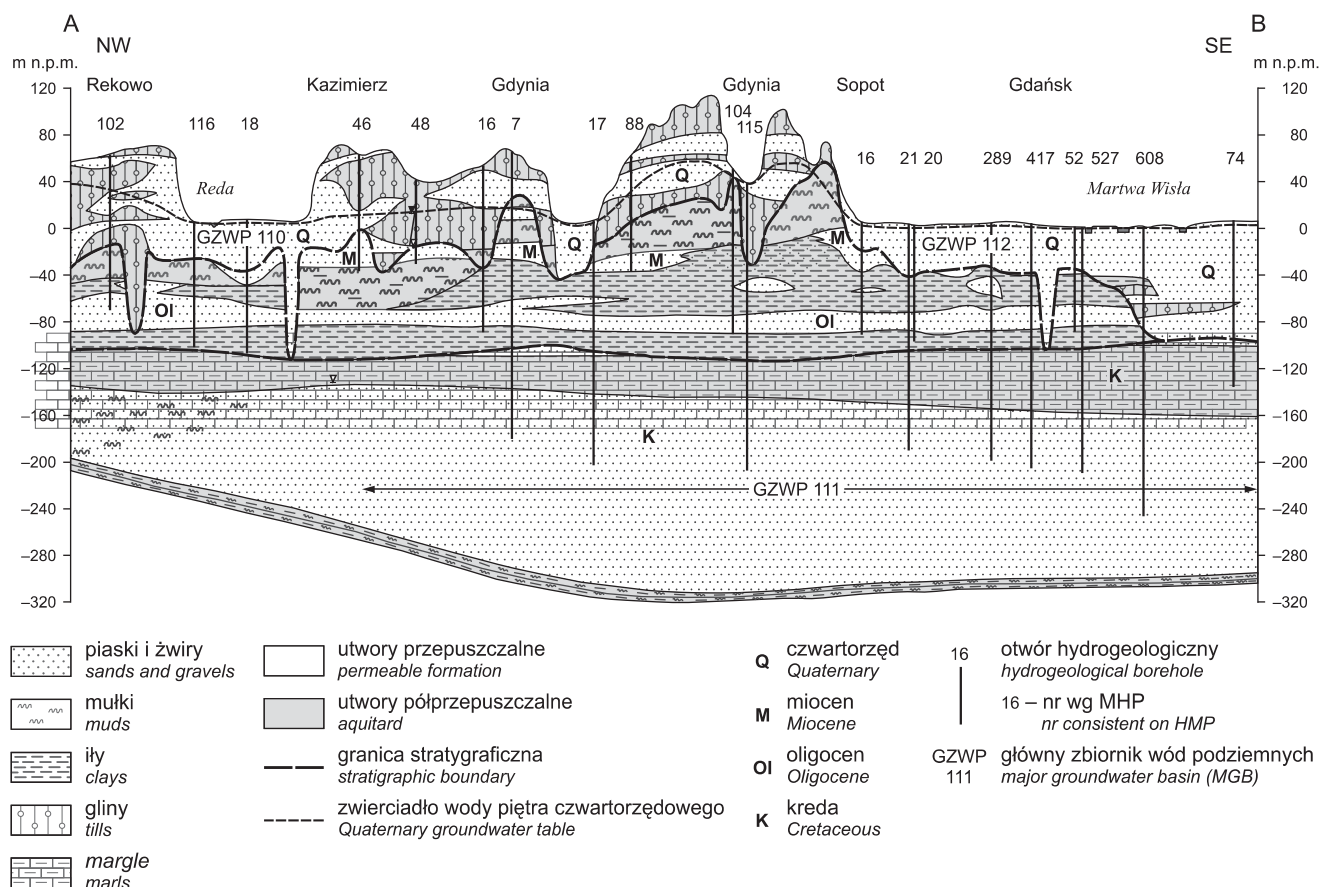


Fig. 5. Przekrój hydrogeologiczny przez obszar badań

Hydrogeological cross-section across the research area

zostały najlepiej rozpoznane w Gdańsku, Gdyni i Rumi, natomiast na obszarze Pojezierza Kaszubskiego tylko w rejonie Kamienicy Królewskiej, położonej poza granicami omawianych arkuszy. Wodoprzewodność omawianego poziomu wodonośnego przekracza na ogół  $200 \text{ m}^2/24\text{h}$ , a wydajność potencjalna studni  $70 \text{ m}^3/\text{h}$ . W rejonie Gdańska i Gdyni wydajności potencjalne są największe i przekraczają 120, a miejscami nawet  $200 \text{ m}^3/\text{h}$ .

W nadkładzie zbiornika występuje poziom wodonośny związany z **serią węglanowo-krzemionkową kredy górnej**. Strop wodonośnych utworów węglanowo-krzemionkowych kredy górnej zalega zwykle na rzędnych od  $-90$  do  $-110 \text{ m n.p.m.}$  Miąższość waha się od 18 do 55 m, a średnia przewodność nie przekracza  $25 \text{ m}^2/24\text{h}$  (około  $1 \text{ m}^2/\text{h}$ ). Najlepsze właściwości hydrogeologiczne występują we wschodniej części Żuław Gdańskich.

Zwierciadło wody kredowego piętra wodonośnego ma charakter napięty, a ciśnienie piezometryczne zmienia się od 120 m n.p.m. na wysoczyźnie Pojezierza Kaszubskiego do 5 m n.p.m. w strefie brzegowej Bałtyku. Zasilanie następuje w drodze infiltracji opadów na wysoczyźnie Pojezierza Kaszubskiego, a naturalna baza drenażu znajduje się w dnie Zatok Gdańskiej, prawdopodobnie kilkanaście kilometrów od brzegu Bałtyku. Przed eksploatacją wód zwierciadło wody na Żuławach Gdańskich stabilizowało się kilkanaście metrów nad poziomem terenu. Intensywna, wieloletnia eksploatacja wód subniecki gdańskiej wywołała regionalny lej depresji, który w latach 80. ubiegłego wieku objął obszar o powierzchni kilkuset kilometrów kwadratowych. Obecnie lej systematycznie wypełnia się i lokalnie warunki hydrodynamiczne ustaliły się blisko stanów poprzedzających eksploatację na przełomie XIX i XX w. Świadczą o tym liczne samowypływy obserwowane na Żuławach Gdańskich. Wody kredowego piętra wodonośnego są całkowicie izolowane od antropopresji, dlatego też stopień zagrożenia jest bardzo niski.

Wody piętra kredowego są słabozmineralizowane – od 150 do  $500 \text{ mg}/\text{dm}^3$  i najczęściej należą do typu  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  lub  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ . Twardość ogólna waha się w granicach  $0,1\text{--}2,0 \text{ mval}/\text{dm}^3$ , zasadowość ogólna  $5\text{--}6 \text{ mval}/\text{dm}^3$ , barwa jest niska i wynosi  $5\text{--}10 \text{ mgPt}/\text{dm}^3$ . W serii piaszczystej średnia wartość pH wynosi około 7,5. Wartość ta zmienia się w serii szczelinowej, w której występują wody słabo alkali-

czne o pH około 8,0. Stężenie jonów chlorkowych występuje najczęściej poniżej  $20 \text{ mgCl}/\text{dm}^3$ . Zawartość amoniaku na całym obszarze zmienia się od 0,0 do  $2,7 \text{ mgNH}_4/\text{dm}^3$ , przy czym zawartość powyżej  $1,5 \text{ mgNH}_4/\text{dm}^3$  stwierdza się tylko na niektórych ujęciach i jest ona zależna od sposobu i wielkości eksploatacji studni. Fluorki występują zasadniczo w stężeniach nieprzekraczających  $1,5 \text{ mgF}/\text{dm}^3$ . Tylko w południowej części Tarasu Nadmorskiego (wyspa Ostrów) oraz centralnej Żuław Gdańskich przekraczają  $1,5 \text{ mgF}/\text{dm}^3$ , osiągając maksymalne wartości  $2,5 \text{ mgF}/\text{dm}^3$  w Gdańsku Krakowcu (otwór 74, 75). Zgodnie z przyjętą klasyfikacją wody poziomu kredowego należą do klasy II b, z uwagi na obecność siarkowodoru i podwyższone zawartości amoniaku.

Głównym kryterium różnicującym kredowe piętro wodonośne na jednostki hydrogeologiczne jest zmieniająca się zasobność wód podziemnych oraz współwystępowanie wód szczelinowych w serii węglanowo-krzemionkowej (fig. 4). Jednostki nr 3cKIII oraz 4 obejmują strefę drenażu o najlepszych parametrach hydrogeologicznych. Obszar ten charakteryzują stosunkowo wysokie moduły zasobów dyspozycyjnych (Kreczko i in., 2000). Granice jednostki nr 4 wyznaczono na podstawie zasięgu wód szczelinowych (Kw) obecnych w skałach węglanowych kredy górnej. Sporadycznie wody szczelinowe mogą występować również na pozostałym obszarze. Jednostka nr 2cKII obejmuje część strefy drenażu wód kredowego piętra wodonośnego, gdzie moduł zasobów dyspozycyjnych przekracza  $120 \text{ m}^3/24\text{h}\cdot\text{km}^2$ . Obszar Pojezierza Kaszubskiego i Wysoczyzny Żarnowieckiej stanowi strefę zasilania i tranzytu wód (jednostka 1cKI). Warunki hydrogeologiczne kredowego piętra wodonośnego są tam słabo rozpoznane. W kierunku północnym wodonośność maleje, a piętro wodonośne nie spełnia parametrów głównego zbiornika wód podziemnych.

Zasoby dyspozycyjne kredy górnej są znaczne i dla obszaru omawianych arkuszy wynoszą ok.  $1300 \text{ m}^3/\text{h}$ . Są one wykorzystywane w ok. 20 %, chociaż w latach 80. ubiegłego wieku pobór wód przekraczał dopuszczalne zasoby eksploatacyjne. Od kilku lat eksploatacja ustabilizowała się. Obecnie najwięcej wód jest eksploatowanych na ujęciach komunalnych Gdyni (studnia 66, 279) i Gdańska (259, 289, 74, 75) oraz na licznych ujęciach zakładowych w Gdańsku i Gdyni.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Obecny stan rozpoznania centralnej części gdańskiego systemu wodonośnego pozwolił na graficzną ilustrację warunków hydrogeologicznych paleogeńsko-neogeńskiego i kredowego piętra wodonośnego według założeń MHP. Przyczyniły się do tego liczne publikacje naukowe i badania o charakterze dokumentacyjnym prowadzone na przełomie XX i XXI wieku. Na podstawie wyników tych badań opra-

cowano planszę główną wymienionych pięter wodonośnych dla połączonych arkuszy MHP: 15, 16, 26, 27.

- W obrębie paleogeńsko-neogeńskiego piętra wodonośnego wyróżniono dwa użytkowe poziomy wodonośne, z których rolę głównego pełni poziom mioceński lub oligoceński.

- Oligoceński poziom wodonośny znacznie wykracza poza obszar badań i tworzy rozległą strukturę hydrogeologiczną o charakterze regionalnym. Parametry hydrogeologiczne oligoceńskiego poziomu wodonośnego umożliwiają wyodrębnienie obszaru spełniającego kryteria głównego zbiornika wód podziemnych.
- W utworach kredy górnej główny poziom wodonośny stanowią piaszczyste warstwy subniecki gdańskiej (GZWP 111). Podrzedną rolę odgrywają wody szczelino-we występujące w serii węglanowej kredy górnej.
- Graficzna interpretacja najważniejszych parametrów hydrogeologicznych starszych pięter wodonośnych w rejonie Trójmiasta ułatwi weryfikowanie zasobów dyspozycyjnych.

## LITERATURA

- BRALCZYK M., JANKOWSKI M., 1997 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i mioceńskich strefy krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego na odcinku Gdynia–Pruszcz Gdański. Arch. Przeds. Geol. „POLGEOL” w Warszawie, Zakład w Gdańsku.
- CHMIELOWSKA U., 1998 — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Żukowo. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KORDALSKI Z., LIDZBARSKI M., 2005 — Zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych w Regionie Wodnym Dolnej Wisły. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddział Geologii Morza, Gdańsk.
- KOZERSKI B., 1988 — Warunki występowania i eksploatacja wód podziemnych w gdańskim systemie wodonośnym. W: IV Ogólnopolskie Sympozjum Aktualne problemy hydrogeologii pt. „Hydrogeologia Pobrzeża i Pomorza”. Gdańsk, cz. 1: 1–20. Wyd. Inst. Morskiego, Gdańsk.
- KOZERSKI B. (red.), 2007 — Gdański system wodonośny. Wyd. PGdań., Gdańsk.
- KRECZKO M., 1996 — Dokumentacja hydrogeologiczna GZWP nr 111 „Subniecka Gdańska”. Arch. Przeds. Geol. „POLGEOL” w Warszawie, Zakład w Gdańsku.
- KRECZKO M., KORDALSKI Z., LIDZBARSKI M., PRUSSAK E., 2000 — Dokumentacja zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych Żuław i Mierzei Wiślanej. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddział Geologii Morza, Gdańsk.
- KRECZKO M., PRUSSAK E., KWATERKIEWICZ A., 2003 — Projekt prac geologicznych dla opracowania dokumentacji hydrogeologicznej zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w utworach górnokredowych subniecki gdańskiej. Arch. Przeds. Geol. „POLGEOL” w Warszawie, Zakład w Gdańsku.
- LIDZBARSKI M., KORDALSKI Z., 2003 — Występowanie i dynamika trzeciorzędowego piętra wodonośnego w regionie gdańskim. W: XI Ogólnopolskie Sympozjum pt. „Współczesne problemy hydrogeologii” (red. H. Piekarek-Jankowska i in.). Jastrzębia Góra, cz. 1: 121–128. Wyd. Bud. Wod. i Inż. Środ. PGdań., Gdańsk.
- ORŁOWSKI R., 1998a — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Rumia. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ORŁOWSKI R., 1998b — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Gdynia. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADURSKI A., 1989 — Górnokredowy system wód podziemnych Pomorza Wschodniego. Zesz. Nauk. AGH. Geologia, nr 46, Kraków.
- SADURSKI A., LIDZBARSKI M., 2007 — Stan zasobów wód podziemnych, eksploatacji ujęć i zagrożeń ich zasobów eksploatacyjnych na tle gospodarowania wodami podziemnymi w Gdańsku, z uwzględnieniem eksploatacji ujęcia w Straszyńcu. Arch. GIWK, Gdańsk.
- STRÓŻYK M., WALCZYK J., 2002 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych wody podziemnej z utworów czwartorzędowych ujęć „Czarny Dwór” i „Zaspa”. Arch. Biuro Studiów i Badań Geologicznych GEOS sp. j. w Gdańsku.
- UŚCINOWICZ S., 1998 — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50000, ark. Gdańsk. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

## SUMMARY

This article presents a synthetic cartographic illustration of the main hydrogeological parameters in the Neogene-Paleogene and Cretaceous multiaquifer formations in the central part of the Gdańsk hydrogeological system. The input data interpretation of the hydrogeological maps have mostly been taken from detailed regional studies, final reports of municipal water well fields, cartographic material and published papers. Each map presents the main useful aquifer and its characteristics:

- current level of groundwater tables and the groundwater flow direction,
- discharge rate possibilities of a typical drilled well,

- degree to which groundwater is exposed to the risk of surface contamination,
- quality of groundwaters as a source of consumption water for people,
- renewability of groundwater resources and their acceptable management.

Regional classification and the extent of the main useful aquifer are consistent with the *Hydrogeological Map of Poland, 1:50 000*. Hydrostructural criteria, contribution of the principal aquifers and disposable resources were the basis of this classification. In general, eight hydrogeological units

have been identified in the Neogene-Paleogene multiaquifer system, and four hydrogeological units in the Cretaceous aquifer. These maps will serve as an important information

bank for local authorities and for developing water management plans and water use conditions.