

Zmiany chemizmu wód podziemnych w województwie kujawsko-pomorskim w latach 2006–2015

Izabela Jamorska¹, Arkadiusz Krawiec¹

Changes in chemical composition of groundwater in the area of Kuyavian-Pomeranian Voivodeship in 2006–2015. Prz. Geol., 65: 1270–1275.

Abstract. This article presents results of research whose main aim was to evaluate the quality parameters of water in the area of Kuyavian-Pomeranian Voivodeship in 2006–2015. The data for the analysis comes from 41 PSH observation points and two groundwater intakes. Groundwater occurs in Quaternary, Neogene, Palaeogene, Cretaceous and Jurassic sediments. Analysis of physicochemical parameters of water (pH, PEW, HCO_3 , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe , Mn , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) was presented over time and over space. Analysis were made separately for each aquifer. It has been found that the most important factors influencing of groundwater chemistry are rock types in the aquifer (salt dome, contacts between aquifers) and human impact.

Keywords: groundwater, monitoring network, chemical composition and quality of groundwater

Na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego występuje urozmaicona budowa geologiczna. Znajdują się tu liczne wysady solne, m.in. w rejonie Inowrocławia, Góry czy Mogilna, których powstanie doprowadziło do zaburzeń w zaleganiu utworów mezozoicznych. Na niektórych obszarach (np. Góra, Inowrocław, Wapienno) osady permu czy mezozoiku można spotkać płytko pod powierzchnią terenu (ryc. 1). Dominuje rzeźba młodogłajalna, charakteryzująca się obecnością płaskich i falistych wysoczyzn morenowych, pradolin i dolin rzecznych z piaszczystymi tarasami. Osady czwartorzędowe mają zróżnicowaną miąższość od kilku do ponad 250 m. Wymienione powyżej cechy budowy geologicznej oraz rzeźby terenu znacząco wpływają na kształtowanie się chemizmu wód podziemnych tego regionu.

Dodatkowo, istotną rolę w kształtowaniu zasobów wodnych obszaru, a tym samym składu chemicznego wód podziemnych, odgrywa położenie województwa kujawsko-pomorskiego w strefie klimatu umiarkowanie-ciepłego (Woś, 2010). Część południowo-zachodnia województwa jest cieplejsza i bardziej sucha, o opadach należących do najniższych w kraju (450–480 mm), północno-wschodnia – chłodniejsza i bardziej wilgotna (580–620 mm).

Celem opracowania była analiza chemizmu wód podziemnych stanowiących główne źródło zaopatrzenia w wodę mieszkańców województwa kujawsko-pomorskiego w latach 2006–2015 oraz określenie czynników, które na przestrzeni dziesięciolecia przyczyniły się do zmiany jakości tych wód. Główne źródło danych stanowiły analizy pochodzące z punktów sieci monitoringu państwowej służby hydrogeologicznej (PSH) zamieszczone w „Rocznikach hydrogeologicznych” (Rocznik, 2006–2015). Wyniki tych analiz uzupełniono o dane z ujęć wód podziemnych dla miasta Inowrocławia oraz Grudziądza, a także własne wyniki analiz wykonanych w latach 2015 i 2016.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Województwo kujawsko-pomorskie jest położone w środkowo-północnej części Polski. Według regionalizacji fizycznogeograficznej (Kondracki, 2002) prawie cały

obszar województwa znajduje się w obrębie podprovincji Pojezierzy Południowobałtyckich. Jedyne niewielki południowy jego fragment należy do podprovincji Nizin Środkowopolskich (mezoregion Wysoczyzny Kłódzkiej). Główną formą w morfologii jest dolina Wisły, przebiegająca przez teren województwa z południowego wschodu na północ oraz skierowana na zachód dolina Noteci.

Potencjał wodny, liczony jako różnica pomiędzy opadem atmosferycznym a parowaniem terenowym, dla obszaru województwa wynosi od 10–50 mm/rok na południu województwa przez 70–100 mm/rok w części centralnej do ponad 120 mm/rok w północno-zachodniej i północno-wschodniej województwa. W części południowej i centralnej należy on do najniższych w skali kraju, co świadczy o małej odnawialności wód podziemnych. Na terenie województwa kujawsko-pomorskiego wody podziemne ujmowane do celów komunalnych i przemysłowych pochodzą z warstw: czwartorzędowe, neogenu, paleogenu, kredy i jury. Największe znaczenie użytkowe i największe udokumentowane zasoby ma piętro czwartorzędowe, z którego jest pokrywane 80% zapotrzebowania na wodę.

Zgodnie z podziałem na JCWPd (Paczyński, Sadurski, 2007) północno-wschodnia część województwa należy do: Prowincji Wisły, Regionu dolnej Wisły (RDW), subregionu pojeziernego (SP), część południowo-wschodnia należy do: Regionu środkowej Wisły, subregionu Nizinnego (SSWN), natomiast część zachodnia województwa znajduje się w granicach Prowincji Odry, Regionu Warty (RW), subregionu nizinnego (SWN) (ryc. 2).

METODYKA

Analiza poszczególnych wskaźników fizykochemicznych wody (pH, PEW, HCO_3 , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe , Mn , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) została przeprowadzona w ujęciu czasowym oraz przestrzennym. Dla zobrazowania zmian przestrzennych zastosowano program ArcGIS, w którym wykonano mapy typów hydrochemicznych wód i wyznaczono obszary występowania przekroczeń dopuszczalnych norm (klasy jakości wód). Wśród wytypowanych do analizy otworów, 29 ujmuje poziom czwartorzędowy,

¹ Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń; izabela.jamorska@umk.pl, arkadiusz.krawiec@umk.pl.

Tab. 1. Punkty monitoringowe na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego
Table 1. Observation points in the Kujawsko-Pomorskie Voivodship

Lp. No.	Nr otworu Well No.	Miejscowość Address	Poziom wodonośny Aquifer	Głębokość otworu Measured well depth	JCWPD	Typ chemiczny wody* Hydrochemical water types	Klasa jakości** Grades of groundwater quality	Region hydrogeologiczny Hydrogeological region
1	II/89/1	Nadróż	Q	75,3	40	HCO ₃ -Ca	III/II	SP
2	II/177/1	Rybica	Q	100	47	HCO ₃ -Ca-Mg	III	SŚWN
3	II/178/1	Skrzynki	Q	35	47	HCO ₃ -Ca-Mg	III/II	SŚWN
4	II/180/1	Żabieniec	Q	85	46	HCO ₃ -Ca	IV	SP
5	II/183/1	Wierzchny	Q	27,8	30	HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Ca-Mg	III	SP
6	II/198/1	Kruszyn	Q	21	47	HCO ₃ -Ca-Mg	III/IV	SŚWN
7	II/255/1	Suradówek	Q	74	46	HCO ₃ -Ca	III/II	SP
8	II/354/1	Białkowo	Q	30	40	HCO ₃ -Ca	III/IV	SP
9	I/462/2	Kłobukowo	Q	124	48	HCO ₃ -Na-Ca	IV/III	SŚWN
10	I/462/3	Kłobukowo	Q	60	48	HCO ₃ -Ca	III/II	SŚWN
11	II/524/1	Rogóźno	Q	21	40	HCO ₃ -Ca	V/IV	SP
12	II/526/1	Więcbork	Q	45,1	36	HCO ₃ -Ca	III/II	SWN
13	II/527/1	Szubin	Q	43	43	Cl-HCO ₃ -Na	V	SWN
14	II/536/1	Bodzanowo Stok	Q	50	47	HCO ₃ -Ca-Mg	IV/III	SŚWN
15	II/906/1	Rozwarzyn	Q	16	36	HCO ₃ -NO ₃ -SO ₄ -Ca	V	SWN
16	II/908/1	Potulice	Q	16,5	43	HCO ₃ -SO ₄ -Ca	III/II	SWN
17	II/1065/1	Sikorowo	Q	82	43	Cl-HCO ₃ -Na-Ca	V/IV	SWN
18	II/1070/1	Okalewko	Q	50,5	40	HCO ₃ -SO ₄ -Ca	II/III	SP
19	II/1271/1	Przedbórz	Q	28	43	HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Ca	III	SWN
20	II/1272/1	Dochanowo	Q	5,5	43	HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Ca	V	SWN
21	II/1276/1	Kąpie	Q	19	43	HCO ₃ -SO ₄ -Ca	III/II	SWN
22	II/1582/1	Łęgnowo	Q	32,6	44	HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Ca-Na	III	SP
23	II/185/1	Solec Kujawski	Q	15	45	HCO ₃ -Ca	III	SP
24	I/257/3	Jagodowo-3	Q	106,5	37	HCO ₃ -Ca	III	SP
25	I/257/4	Jagodowo-4	Q	72,2	37	HCO ₃ -Ca	II	SP
26	I/257/5	Jagodowo-5	Q	14	37	HCO ₃ -SO ₄ -Ca	II	SP
27	II/521/1	Nowa Wieś Wlk.	Q	41,5	43	HCO ₃ -Ca	IV	SWN
28	II/791/1	Kotomierz	Q	55	37	HCO ₃ -Ca	III	SP
29	II/1274/1	Brzoza-Piecki	Q	23	43	SO ₄ -HCO ₃ -Ca	II	SWN
30	II/192/1	Piła	Ng (M)	61	37	HCO ₃ -Ca	III/IV	SP
31	II/197/1	Opatowice	Ng (M)	98	47	HCO ₃ -Ca-Mg	IV	SŚWN
32	I/257/2	Jagodowo-2	Ng (M)	175	37	HCO ₃ -Ca-Mg	III	SP
33	II/525/1	Kozłowo	Ng (M)	59,6	38	HCO ₃ -Ca	III/II	SP
34	II/796/1	Broniewo	Ol + M	163	36	HCO ₃ -Ca-Mg	III/IV	SWN
35	I/462/4	Kłobukowo	Pg (Ol)	192,7	48	Cl-HCO ₃ -Na	V	SŚWN
36	II/175/1	Toruń	K2	121	44	HCO ₃ -Na-Ca-Mg	II	SP
37	II/258/1	Bydgoszcz	K	157	44	HCO ₃ -Ca-Na-Mg	III/II	SP
38	I/462/1	Kłobukowo	K2	101,32	48	Cl-Na	V	SŚWN
39	I/257/1	Jagodowo-1	K1	300	37	HCO ₃ -Ca-Mg-Na	III	SP
40	II/533/1	Janowo	K2	90	31	HCO ₃ -Ca-Na	III	SP
41	II/797/1	Szczepanowo	J3	90	43	HCO ₃ -Ca-Mg	IV/III	SWN

*dominujący w analizowanym okresie

**Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Rozporządzenie, 2015)

(100–720 mg/dm³). Ujęcie to funkcjonuje w niekorzystnych uwarunkowaniach geologicznych (ryc. 1), ponieważ zaznacza się dopływ zmineralizowanych wód podziemnych od strony wysadów solnych (Jamorska i in., 2016).

Na podstawie danych o stężeniach makro- i mikrośkładników z lat 2006–2015 dokonano oceny klasy jakości wód podziemnych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Rozporządzenie, 2015), klasy jakości I, II, III ozna-

czają dobry stan chemiczny, klasy IV i V – słaby stan chemiczny wody.

W większości analizowanych punktów próbki wody z piętra czwartorzędowego zostały zaklasyfikowane do III klasy jakości (ryc. 2). Wody z kilku punktów obserwacyjnych, m.in. II/1274/1, II/524/1, II/527/1, II/906/1, II/1065/1 i II/1272/1 należą do IV lub V klasy jakości, czyli są to wody o słabym stanie chemicznym, który w analizowanym okresie nie uległ poprawie. Podwyższone stężenia Fe, SO₄²⁻, TOC, NH₄⁺ (otwór nr II/1274/1), NH₄⁺ (II/524/1),

Tab. 2. Minimalne i maksymalne stężenia makroskładników w latach 2006–2015
Table 2. Minimum and maximum concentrations of macrocomponents in 2006–2015

Makroskładniki Macrocomponents	Minimalne stężenie (nr otworu, rok) Minimum concentrations (well No., year)	Maksymalne stężenie (nr otworu, rok) Maximum concentrations (well No., year)
HCO ₃ ⁻	83,0 (II/1065/1, 2007)	599,02 (II/180/1, 2007)
SO ₄ ²⁻	0,56 (I/462/3, 2013)	163,0 (II/1065/1, 2009)
Cl ⁻	3,15 (I/257/4, 2009)	670,0 (II/1065/1, 2009)
Ca ²⁺	13,12 (II/1065/1; 2007)	180,7 (II/1065/1, 2009)
Mg ²⁺	2,2 (I/257/4, 2011)	39,57 (II/1065/1, 2009)
Na ⁺	3,45 (I/257/5, 2006)	288,33 (I/462/3, 2006)
K ⁺	0,47 (I/257/4, 2009)	36,69 (II/1276/1, 2008)
Fe	0,01 (II/1276/1; 2006, 2012, 2015)	28,67 (II/180/1, 2012)
Mn	0,00 (II/89/1; 2006, 2012) (II/1276/1; 2007, 2012, 2014)	0,89 (II/521/1, 2008)
NO ₃ ⁻	0,01 (I/257/4; 2009) (II/1274/1; 2011) (II/526/1, 2012)	94,6 (II/1276/1, 2008)
NO ₂ ⁻	0,00 (II/185/1, 2008) (I/257/5, 2008)	0,37 (II/1065/1, 2008)
NH ₄ ⁺	0,025 (I/257/4; 2011) (II/1276/1, 2011)	12,2 (II/180/1, 2008)

Fe, TOC, Cl⁻, Na⁺ (II/527/1), NO₃⁻, K⁺ (II/906/1), Cl⁻, Na⁺, HCO₃⁻, Fe (II/1065/1) i jonu NO₃⁻ w przypadku otworu II/1272/1 spowodowały, że próbki wody z tych punktów zaklasyfikowano do IV lub V klasy jakości. W wodach ze studni ujęcia w Grudziądzu występują podwyższone, w stosunku do wymagań stawianym wodzie do picia, stężenia żelaza (0,5–3,3 mg/dm³), manganu (0,34–0,53 mg/dm³) oraz jonu amonowego (1,1–12,56 mg/dm³).

W tabeli 2 przedstawiono minimalne i maksymalne stężenia głównych jonów z lat 2006–2015. Najwyższe wartości stężeń większości makroskładników zanotowano w 2009 r. w otworze nr II/1065/1 zlokalizowanym w miejscowości Sikorowo, w południowej części województwa, w sąsiedztwie jeziora Gopło (JCWPd 43) oraz w II/180/1 – miejscowość Żabieniec, zlokalizowanej w południowo-wschodniej części badanego obszaru (JCWPd 46). Dla danych z tych otworów przeprowadzono analizę zmian stężeń poszczególnych jonów w czasie (ryc. 3).

Na podstawie analizy ryciny 3 można stwierdzić, że stężenia wszystkich analizowanych makroskładników są niezmiennie wysokie przez cały okres prowadzenia obserwacji (V klasa jakości wody). Szczególnie widoczny na wykresie jest wzrost stężenia Fe w 2007 r. oraz wzrost jonów Cl⁻ przy jednoczesnym spadku stężenia jonów Na⁺ w roku 2009. Przyczyną takiego stanu rzeczy może być dopływ wód o podwyższonej mineralizacji od strony wysadów solnych oraz z obszaru silnie przekształconego antropogenicznie (rejon Inowrocław–Mątwy).

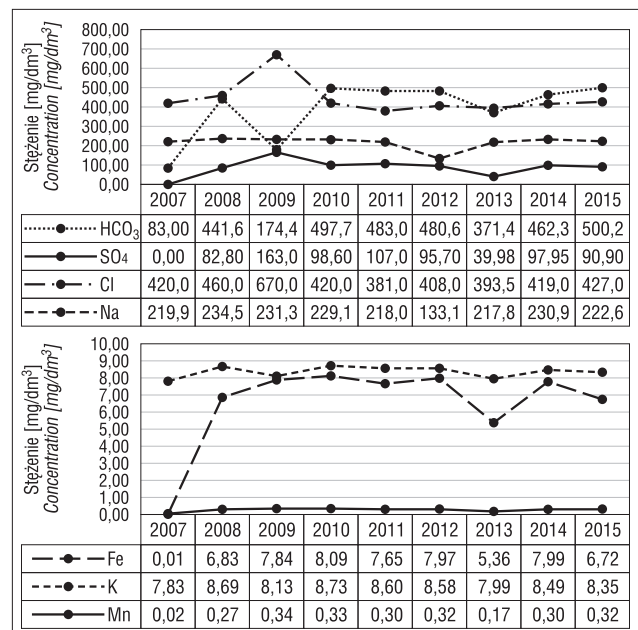
Analiza stężeń jonu Cl⁻ w próbkach wody z otworu nr II/180/1 wykazała ich dwukrotny wzrost na przestrzeni ostatnich 10 lat (ryc. 4). Od 2006 r. wody z tego otworu były zaliczane do IV klasy jakości, ze względu na podwyższone stężenia jonu amonowego, żelaza oraz manganu. W roku 2015, w związku ze znacznym spadkiem stężenia m.in. jonu Fe (tab. 3), zostały zaliczone do wód III klasy jakości, a więc uznane jako wody o dobrym stanie chemicznym.

W próbkach wody z pozostałych otworów analizie poddano cztery składniki: jon amonowy, chlorki, siarczany i żelazo, które podlegają najsilniejszym przemianom fizykochemicznym i decydują o klasie jakości wody na badanym obszarze.

Zmiany stężenia jonu amonowego. Zawartość jonu amonowego w wodach piętra czwartorzędowego jest zróżnicowana. W próbkach wody z 13 otworów jego zawartość przekracza normy dla wód pitnych, ale zazwyczaj nie przekracza 1 mg/dm³. Najwyższe stężenia na przestrzeni lat 2006–2015 stwierdzono w centralnej i południowej części województwa w miejscowościach: Jagodowo (I/257/5), Brzoza-Piecki (II/1274/1), Kruszyn (II/198/1) Żabieniec (II/180/1) i w Rogóżnie (II/524/1) na wschodzie województwa.

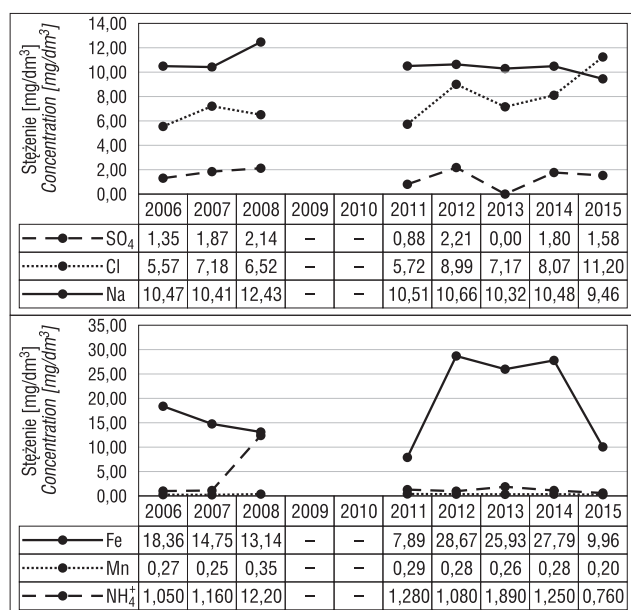
Wszystkie otwory, z których były pobierane próbki wód do analiz fizykochemicznych, poza otworem w Żabieńcu o głębokości 85 m, ujmują wody podziemne z płytko zalegających poziomów o głębokości do 20 m. Wskazuje to na antropogeniczne pochodzenie jonu amonowego.

Zmiany stężenia chlorków. Najwyższe stężenie chlorków w analizowanych próbkach wody (ponad 600 mg/dm³) odnotowano w otworze nr II/1065/1 o głębokości 82 m w miejscowości Sikorowo. W pozostałych



Ryc. 3. Zmienność czasowa stężeń wybranych jonów z otworu nr II/1065/1

Fig. 3. Time variability of the concentrations of selected ions from the well II/1065/1



Ryc. 4. Zmienność czasowa stężeń wybranych jonów z otworu II/180/1

Fig. 4. Time variability of the concentrations of selected ions from the well II/180/1

próbek stężenia chlorków nie przekraczają 35 mg/dm³. We wszystkich otworach, niezależnie od głębokości poboru, w latach 2006–2015 zanotowano nieznaczny wzrost stężeń tego jonu w wodach podziemnych.

Zmiany stężenia siarczanów. Stężenia siarczanów w wodach piętra czwartorzędowego są zróżnicowane i wahają się od 2 do 100 mg/dm³, przy naturalnym tle hydrogeochemicznym wynoszącym od 5 do 60 mg/dm³ (Witczak i in., 2013). Najwyższe wartości, rzędu 80–100 mg/dm³ zaobserwowano w otworach nr II/1065/1 (Sikorowo), II/1276/1 (Kąpie), II/1274/1 (Brzoza-Piecki).

Podwyższone stężenia jonów SO₄²⁻ w próbkach wody z miejscowości Kąpie i Brzoza-Piecki są najprawdopodobniej związane z wpływem rolnictwa i zabudowy wiejskiej z nie w pełni uporządkowaną gospodarką wodno-ściekową. W studni w miejscowości Kąpie (głębokość 19 m) stężenie siarczanów w ostatnich latach spadło z 80 do 60 mg/dm³. Znaczny spadek stężenia tego jonu jest także widoczny w dwóch otworach o głębokości do 20 metrów – otwór nr II/908/1 (Potulice) oraz II/257/5 (Jagodowo). W pozostałych otworach obserwuje się nieznaczny wzrost stężenia siarczanów.

Zmiany stężenia żelaza. Zawartość jonów żelaza na badanym obszarze zmieniają się w zakresie od 0,01 do maksymalnie 30 mg/dm³ (Żabieniec, otwór nr I/180/1). W większości analizowanych próbek wód w latach 2006–2015 zaobserwowano wzrost stężenia tego jonu.

Największy wzrost zawartości Fe zanotowano w próbkach wody w miejscowości Żabieniec (z 18 mg/dm³ w roku

2006 do 30 mg/dm³ w 2014 r.) oraz w otworze II/521/1 w Nowej Wsi Wielkiej, gdzie stężenia wzrosły z 0,01 mg/dm³ do 12 mg/dm³. W wodach podziemnych na obszarze Niżu Polskiego wody podziemne zawierają żelazo od wartości śladowych do kilkudziesięciu mg/dm³, najczęściej w granicach 0,3–10,0 mg/dm³, a anomalne stężenia tego jonu mogą wynikać z przyczyn naturalnych (Górski, 1989; Witczak i in., 2013).

Wody piętra paleogeńskiego i neogeńskiego. Wody z warstw paleogenu i neogenu występują głównie w piaszczystych i piaszczysto-pyłastych osadach miocenu, a niekiedy także oligocenu. Warstwy wodonośne są obecne najczęściej na głębokości 50–150 m. Wodonośny poziom mioceński ma miąższość 10–60 m, a poziom oligoceński od 9 do 20 m.

Do charakterystyki tego piętra wodonośnego wykorzystano dane z czterech studni ujmujących wody poziomu mioceńskiego oraz dwóch z poziomu oligoceńskiego. Większość z nich znajduje się w północno-zachodniej części województwa. Dwie pozostałe studnie są zlokalizowane w południowej części obszaru w rejonie miejscowości Opatowice (st. nr II/197/1) oraz Kłobukowo (st. nr I/462/4).

W wodach piętra paleogeńsko-neogeńskiego dominują dwa typy wód: HCO₃-Ca i HCO₃-Ca-Mg. Wyjątek stanowią wody z otworu Kłobukowo o głębokości 193 m, gdzie w poziomie oligoceńskim stwierdzono wody Cl-HCO₃-Na zaliczane do V klasy jakości, ze względu na przekroczenia: TOC, B, Cl⁻, HCO₃⁻, Na⁺. Analiza zmian stężeń jonów, w okresie 2006–2015, wykazała wzrost zawartości chlorków, sodu, żelaza i jonów amonowych.

W pozostałych otworach (st. nr 796, 257 i 197) stwierdzono wzrost zawartości Fe, co spowodowało zaliczenia tych wód do III lub IV klasy jakości.

Wody piętra jurajskiego i kredowego. Piętro kredowe na obszarze województwa występuje na zmiennej głębokości 100–300 m. Warstwy wodonośne są zbudowane z margli, wapieni i piasków o miąższości od 14 (JCWPd nr 43) do 300 m (JCWPd nr 36). Utworów wodonośnych kredy nie stwierdzono w środkowej części analizowanego obszaru, w JCWPd nr 45. W związku z obecnością wysadów solnych, które zaburzają ułożenie warstw, w rejonie Jeziora Gopło twory kredy występują na głębokości ok. 30 m.

Piętro jurajskie jest obecne m.in. w południowo wschodniej części województwa (JCWPd nr 43, 45 i 47) na głębokości 70–100 m, a utwory wodonośne stanowią głównie wapienie.

Chemizm wód podziemnych piętra kredowego przeanalizowano na podstawie pięciu otworów zlokalizowanych w większości w dolinie Wisły w środkowej części obszaru badań. Występują tam wody wielojonowe typu HCO₃-Ca-Na-Mg, HCO₃-Na-Ca-Mg, należące głównie do III klasy jakości. Wyjątek stanowi studnia nr I/462/1 w miejscowości Kłobukowo, w której stwierdzono wody typu Cl-Na. Występują w niej wody należące do V klasy

Tab. 3. Zmienność czasowa stężeń Fe, Mn i NH₄⁺ w wodach podziemnych z otworu II/180/1

Table 3. Time variability of the iron, manganese and ammonia ions concentration from the well II/180/1

Makroskładniki Macrocomponents	2006	2007	2008	2011	2012	2013	2014	2015
Fe	18,36	14,75	13,14	7,89	28,67	25,93	27,79	9,96
Mn	0,27	0,25	0,35	0,29	0,28	0,26	0,28	0,20
NH ₄ ⁺	1,050	1,160	12,200	1,280	1,080	1,890	1,250	0,760

jakości ze względu na przekroczenia NH_4 , K, Se, HCO_3 , PEW, B, Cl, Na, Fe. Zawartość chlorków w wodzie z tego otworu w całym analizowanym okresie nie zmienia się i wynosi 1700 mg/dm^3 . Analiza zmian stężeń poszczególnych składników wskazuje na ascenzyjny dopływ wód słonych.

Wody piętra jurajskiego ujmuje studnia zlokalizowana w miejscowości Szczepanowo (st. nr II/797/1) o głębokości 90 m. Stwierdzono tu wody typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ należące obecnie do III klasy jakości. W okresie 2006–2014, ze względu na wysoką zawartość żelaza wody zaliczono do IV klasy jakości. Obecnie, w porównaniu do 2006 r., można zaobserwować wzrost zawartości chlorków – z 8 mg/dm^3 do 12 mg/dm^3 , siarczanów – z 3 mg/dm^3 do 13 mg/dm^3 oraz azotanów i amoniaku.

PODSUMOWANIE

Użytkowe poziomy wodonosne na terenie województwa kujawsko-pomorskiego występują na różnych głębokościach i charakteryzują się dużą zmiennością parametrów fizyczno-chemicznych, zależną od warunków krążenia wód, występujących kontaktów hydraulicznych z innymi poziomami wodonosnymi czy izolacji od powierzchni terenu. Wyniki analiz chemicznych wód przeprowadzone w latach 2006–2015 wykazały występowanie na badanym obszarze wód wszystkich klas jakości. Porównując chemizm wód podziemnych z roku 2006 (początek analizowanego okresu) i 2015 (koniec okresu analizy), możemy stwierdzić poprawę ich jakości. W 2006 r. 60% analizowanych próbek wód należało do III (30%) oraz IV (30%) klasy jakości, natomiast w 2015 r. 80% wszystkich wód poddanych analizie należała już do II (40%) oraz III klasy (40%).

Czwartorzędowe piętro wodonosne jest udokumentowane i eksploatowane na największym obszarze województwa kujawsko-pomorskiego. W wyniku ascenzyjnego dopływu wód słonych z warstw mezozoiku, piętro to uległo degradacji w kilku rejonach, m.in. w okolicach Ciechocinka, Inowrocławia oraz Szubina czy Izbicy Kujawskiej, gdzie wody typu Cl-Na pogarszają jakość w płytszych poziomach wodonosnych (Krawiec, 1999).

Wody podziemne w piętrze paleogeńsko-neogeńskim są zazwyczaj dobrej jakości (klasa III), tylko sporadycznie są to wody IV i V klasy, czyli wody słabej jakości. Wskaźnikami obniżającymi jakość tych wód są najczęściej podwyższone zawartości: amoniaku, żelaza, wodorowęglanów lub chlorków. Są to przeważnie wody typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$, a rzadziej typu $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$. W obrębie piętra neogenu

i paleogenu stwierdzone zasolenie warstw wodonosnych jest obserwowane w rejonie Inowrocławia.

W wodach piętra kredowego i jurajskiego dominuje III klasa jakości wód (wody dobrej jakości), tylko niekiedy jest to klasa IV lub V. Wskaźnikami obniżającymi klasę jakości były: amoniak, żelazo i mangan.

Na większości obszaru województwa wody podziemne poziomów użytkowych są dobrej i zadawalającej jakości, w których wskaźniki, poza stężeniami żelaza i manganu, nie przekraczają wartości dopuszczalnych dla wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Zagrożenia o charakterze antropogenicznym występują lokalnie głównie w rejonie dużych zakładów przemysłowych, jak: Anwil S.A. we Włocławku, Janikosoda S.A. w Janikowie, ZACHEM S.A. w Bydgoszczy (Pietrucin, Czop, 2015), Mondi Packaging Paper w Świeciu oraz Soda Mątwy S.A. w Inowrocławiu.

Autorzy dziękują Recenzentom za konstruktywne uwagi, spostrzeżenia i wskazówki. Pracę zrealizowano w ramach badań statutowych Katedry Geologii i Hydrogeologii UMK, zadanie badawcze 104, oraz grantu UMK nr 2930-G.

LITERATURA

- GÓRSKI J. 1989 – Głównie problemy chemizmu wód podziemnych utworów kenozoiku środkowej Wielkopolski. Zesz. Nauk. AGH, Geologia, 1308 (45): 1–117.
- JAMORSKA I., KOSIŃSKI M., KRAWIEC A. 2016 – Zmiany jakości wód podziemnych pod wpływem wieloletniej eksploatacji ujęcia „Trzaski” w rejonie wysadów solnych na Kujawach. [W:] Witczak S., Żurek A. (red.), Praktyczne metody modelowania przepływu wód podziemnych. AGH Kraków: 123–132.
- KONDRACKI J. 2011 – Geografia regionalna Polski. Wyd. PWN, Warszawa.
- KRAWIEC A. (red.) 2005 – Hydrogeologia Kujaw i Dolnego Powiśla. Wyd. UMK Toruń.
- KRAWIEC A. 1999 – Nowe wyniki badań izotopowych i chemicznych wód leczniczych Ciechocinka. Prz. Geol., 47 (3): 255–260.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. 2007 (red.) – Hydrogeologia regionalna Polski. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PIETRUCIN D., CZOP M. 2015 – Modelling of chemical migration under the overlapping impact of multiple and diverse pollution sources in the area of the “Zachem” Chemical Plant (Bydgoszcz, northern Poland). Bull. Geogr. Physic., Geograph. Ser., 9: 31–38.
- ROZPRAWY hydrogeologiczne Państwowej Służby Hydrogeologicznej. Rok hydrogeologiczny 2006–2015, Państw. Inst. Geol., Warszawa, 2007–2016.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. z 2015 r. poz. 139 i 1893.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych. Dz.U. z 2016 r. poz. 85.
- WITCZAK S., KANIA J., KMIĘCIK E. 2013 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- WOŚ A. 2010 – Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.