

## Zmiany wydajności wypływów wód podziemnych młodoglacjalnego obszaru morenowego na Pojezierzu Kaszubskim

Beata Jaworska-Szulc<sup>1</sup>, Małgorzata Pruszkowska-Caceres<sup>1</sup>, Maria Przewłocka<sup>1</sup>

Changes of groundwater outflows discharge in the young glacial area of the Kashubian Lake District. *Prz. Geol.*, 63: 774–779.

*Abstract.* The article presents results of investigations carried out in the central, most elevated part of the Kashubian Lake District, in the area of the Szymbarskie Hills and the Ostrzyckie Lake. The occurrence of groundwater outflows is very diverse here; wide areas of young glacial elevations are free from springs, while large concentration of groundwater outflows is observed in the vicinity of trough lakes. Investigations of the outflows discharge and of the water chemical composition were carried out in the period of three years. Most of the analyzed springs are perennial, only a few of them are of periodic character. Comparison of the obtained results with the results of the research performed 40 years ago shows little diversity, without a clear trend to development or disappearance of groundwater outflows.

**Keywords:** natural groundwater outflows, springs, young glacial area, Kashubian Lake District

Analizowany rejon Jeziora Ostrzyckiego jest położony w centralnej, najbardziej wyniesionej części Pojezierza Kaszubskiego, zwanej Wzgórzami Szymbarskimi, w bezpośrednim sąsiedztwie wzniesienia Wieżyca (328,6 m n.p.m.). Pełni on niezwykle ważną rolę hydrogeologiczną dla całego regionu gdańskiego, ponieważ jest obszarem zasilania regionalnego systemu wodonośnego (Kozerski i in., 2007).

Prezentowane w artykule wyniki badań są efektem szerszych prac hydrogeologicznych prowadzonych w latach 2010–2013 w centralnej części Pojezierza Kaszubskiego (Jaworska-Szulc i in., 2012, 2014). W niniejszej publikacji zaprezentowano wyniki badań związanych z oceną warunków występowania naturalnych wypływów wód podziemnych oraz ich zmienności czasowej.

W celu rozpoznania rozmieszczenia, charakteru i wydajności wypływów wód podziemnych przeprowadzono badania terenowe, w trakcie których dokonano inwentaryzacji 17 źródeł i wysięków. Przez trzy lata były wykonywane comiesięczne pomiary ich wydajności i wybranych własności fizyczno-chemicznych: temperatura, pH, Eh, TDS, ilość rozpuszczonego tlenu za pomocą miernika terenowego WTW. Wykonano również szczegółowe laboratoryjne analizy fizyczno-chemicznej wód z pięciu wybranych, reprezentatywnych źródeł, w których oznaczone zostały następujące parametry: pH, TDS,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}_{\text{og}}$ ,  $\text{Mn}_{\text{og}}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  i ChZT. Na podstawie przeprowadzonych badań dokonano klasyfikacji źródeł. Wyniki pomiarów wydajności wypływów wód podziemnych porównano z badaniami prowadzonymi na tym obszarze 40 lat wcześniej.

### OBSZAR BADAŃ

Centralna część Pojezierza Kaszubskiego to obszar młodoglacjalny, ukształtowany podczas wycofywania się lądolodu zlodowacenia wisły fazy pomorskiej, charakteryzujący się niezwykle urozmaiconą rzeźbą terenu. Dominującą formą jest wysoczyzna morenowa pagórkowata, zbudowana z naprzemianległych glin zwałowych i piasków lodowcowych. Drugim ważnym elementem ukształtowania terenu są rynny subglacjalne głęboko wcięte

w powierzchnię wysoczyzny. Większość z tych form jest wykorzystana przez drobne ciekły i jeziora rynnowe o wydłużonym kształcie, z mało urozmaiconą linią brzegową i skomplikowanym ukształtowaniem dna, tak jak np. Jezioro Ostrzyckie, położone na rzędnej 160 m n.p.m.

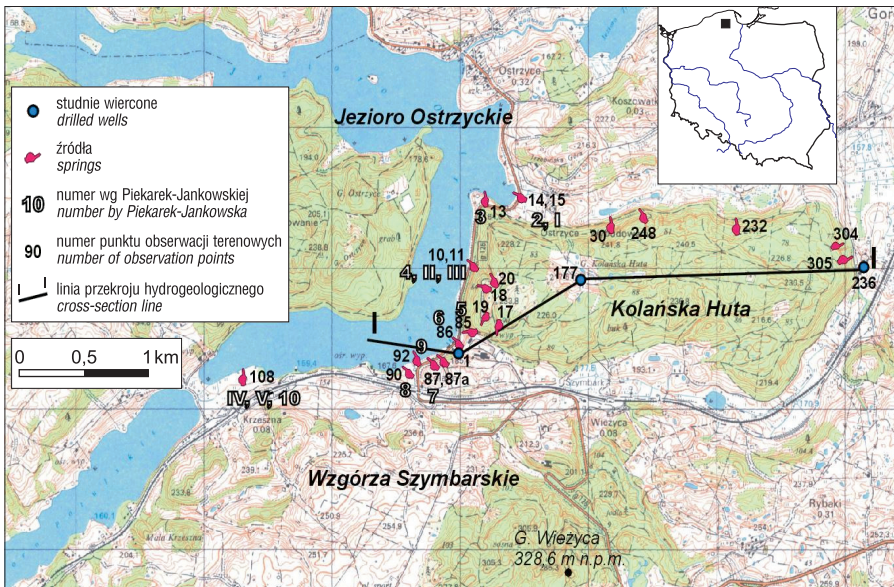
Na wysoczyźnie morenowej w licznych miejscach spotyka się oczka powstałe głównie wskutek wytapiania się brył martwego lodu. Obecnie są to obszary częściowo podmokłe i zatorfione. Występują również zagłębienia bezodpływowe z oczkami wodnymi i podmokłościami. Tereny te odgrywają ważną rolę w formowaniu się zasobów wód podziemnych, ponieważ stanowią obszary naturalnej retencji wód (Jaworska-Szulc i in., 2012).

Charakterystycznym elementem hydrograficznym obszarów młodoglacjalnych są naturalne wypływy wód podziemnych. W rejonie Wzgórz Szymbarskich ich występowanie jest bardzo nierównomierne. Nagromadzenia źródeł, młak i wysięków występują głównie w sąsiedztwie jezior rynnowych. Szczególnie ciekawe są wzniesienia morenowe w sąsiedztwie Jeziora Ostrzyckiego, a zwłaszcza rozległe wzniesienie na jego wschodnim brzegu zwane Kolańską Hutą, wznoszące się do rzędnych 246,0 m n.p.m. Zinwentaryzowano tu 17 naturalnych wypływów wód podziemnych (ryc. 1). Są one związane głównie z dolną częścią zbocza rynny i tarasem Jeziora Ostrzyckiego, gdzie występują na rzędnych 160–165 m n.p.m., zwykle od 0,5 m do kilku metrów nad lustrem wody jeziora. Część wypływów jest pozwiązana również z wysoczyzną morenową, gdzie na stokach wzniesienia Kolańska Huta występują na różnych poziomach w granicach rzędnych 170–224 m n.p.m. (ryc. 1 i 2). Wypływy te powstają w miejscach, gdzie powierzchnia terenu przecina lokalne przewarstwienia wodonośne, ich niewielka wydajność świadczy o niezbyt dużym rozprzestrzenieniu zasilających je struktur wodonośnych.

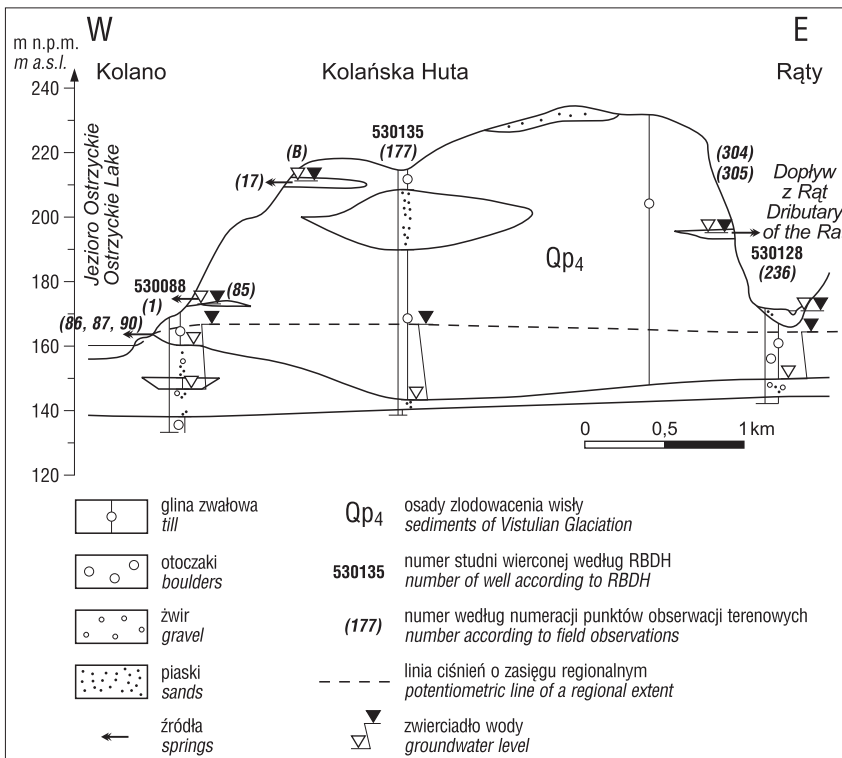
### OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Naturalne wypływy wód podziemnych występujące w rejonie Jeziora Ostrzyckiego stanowią duże, nawet kilkusetmetrowe strefy wysięków i pojedyncze źródła. Ich

<sup>1</sup> Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk; bejaw@pg.gda.pl, mpru@pg.gda.pl, mprzew@pg.gda.pl.



Ryc. 1. Lokalizacja punktów obserwacji terenowych w rejonie Jeziora Ostrzyckiego  
Fig. 1. Location of field observation points in the area of the Ostrzyckie Lake



Ryc. 2. Przekrój hydrogeologiczny  
Fig. 2. Hydrogeological cross-section

badania były prowadzone już w latach 70. XX w. i zostały opisane przez Piekarek-Jankowską (1978, 1979). W dolnej części zbocza rynny Jeziora Ostrzyckiego oraz na tarasie jeziornym. Zinventaryzowała ona 9 źródeł (ryc. 1) i liczne strefy wysączania się wód podziemnych o dł. dochodzącej do 50 m i szer. do 8 m. Badania wydajności prowadzono systematycznie przez dwa lata – w 1975 i 1976 r. Do oceny wydajności źródeł zastosowano metodę przelewu Thomsa, a w przypadku wycieków i wysięków – metodę terenowego odsączania powierzchniowego (TOP; wg Piekarek-Jankowskiej, 1978). Wydajności źródeł kształtujące się w granicach 0,01–2 dm<sup>3</sup>/s, wskazywały na stały charakter

wszystkich badanych wypływów wód podziemnych. W ramach badań przeprowadzonych w latach 2010–2013, również na tym terenie, zinventaryzowano liczne wypływy wód podziemnych oraz prowadzono pomiary ich wydajności, metodami analogicznymi jak w latach 70. XX w. (tab. 1 i 2). Źródła obserwowane przez Piekarek-Jankowską i te istniejące obecnie wykazują niewielkie zróżnicowanie wydajności w czterdziestoletnim odstępie czasowym (tab. 1). Dwa ze źródeł badanych w latach 70. XX w., obecnie nie wykazuje stałego odpływu, a w miejscach ich dawnej lokalizacji zaobserwowano jedynie podmokłości terenu (pkt. 13 i 108). Część wypływów została skanalizowana i jest odprowadzana rurociągiem do Jeziora Ostrzyckiego (pkt. 85, 87, 87a). Niektóre ze źródeł wykazują większe wydajności niż 40 lat wcześniej (pkt. 10, 11, 14, 15, 85, 86), a w jednym przypadku zinventaryzowano nową strefę wypływu wód (pkt. 87a). Trudno zatem określić ogólną tendencję rozwoju czy zaniku źródeł. Wydaje się, że analizowane wypływy wód podziemnych mają raczej stały charakter, a obserwowane po 40 latach różnice, mogą się wiązać z lokalnym poborem wód podziemnych.

W przypadku zaniku źródeł sytuację taką stwierdzono w pobliżu pkt. 8, lub z zarastaniem i zatorfieniem obszarów położonych bezpośrednio przy brzegu jeziora (pkt. 13 i 108). Natomiast niewielki wzrost wydajności niektórych źródeł może wynikać ze zwiększenia zasobności zasilających je przewarstwień wodonośnych w związku z większą infiltracją opadów. Należy podkreślić, że wg klasyfikacji kwantylowej warunków pluwialnych (Miętus, 2006) dwa z obserwowanych lat – 2010 i 2012, klasyfikują się jako lata wilgotne, a rok 2011 był rokiem opadowo normalnym. Trzy wcześniejsze : 2007, 2008 i 2009 to odpowiednio lata: normalne, wilgotne i ekstremalnie wilgotne. Natomiast badania prowadzone w latach 70. XX w. wg tej klasyfikacji objęły ekstremalnie suchy 1975 oraz suchy rok 1976.

Źródła położone nad Jezioro Ostrzyckim zgodnie z klasyfikacjami Pazdry & Kozerskiego (1990) i Macioszczyka (2006) to młaki i wycieki, okresowo przyjmujące charakter wysięków. Według klasyfikacji Springera i Stevensa (2009) są to źródła zboczowe (*hillslope*) lub lokalnie w niektórych przypadkach przy braku stałego przepływu, ale utrzymujących się stale podmokłościach – *hypocreny*.

**Tab. 1.** Wydajności wypływów wód podziemnych zlokalizowanych w rejonie Jeziora Ostrzyckiego wg badań własnych i Piekarek-Jankowskiej (1978, 1979)**Table 1.** Discharges of groundwater outflows located in the area of the Ostrzyckie Lake, according to own and Piekarek-Jankowska's examinations

Nr wg badań własnych <i>No. according to own research</i>	Nr wg Piekarek-Jankowskiej <i>No. according to Piekarek-Jankowska</i>	Średnia wydajność wg badań własnych [dm <sup>3</sup> /s] <i>Average spring discharge according to own research [dm<sup>3</sup>/s]</i>	Wydajność wg Piekarek-Jankowskiej (1978, 1979) [dm <sup>3</sup> /s] <i>Discharge according to Piekarek-Jankowska (1978, 1979) [dm<sup>3</sup>/s]</i>	Uwagi <i>Additional remarks</i>
108	IV, V, 10	brak przepływu <i>no flow</i>	IV – 0,25 V – 2,08 10 – 0,05 do 0,1	brak przepływu, są tylko rozległe podmokłości terenu <i>no water flow, wide swamps</i>
92	9	1,22	1–1,50	źródło – strumień <i>spring – stream</i>
90	8	0,13	0,05–0,1	źródło ujęte, na posesji prywatnej <i>captured spring, in a private property</i>
87	7	0,05	0,01–0,05	źródło ujęte rurą <i>captured with a pipe</i>
87a		0,6	brak danych <i>no data</i>	strefa wycieków <i>zone of leakages</i>
86	6	1,72	1–1,5	źródło – strumień <i>spring – stream</i>
85	5	0,08	0,01–0,05	źródło – strumień <i>spring – stream</i>
10 i 11	4, II, III	1,12 (cała strefa) <i>(whole zone)</i>	4 – 0,01 do 0,05 II – 0,033 III – brak danych <i>(no data)</i>	rozległe wycieki i wsięki, uchodzące do jeziora w postaci jednego skanalizowanego strumienia <i>extensive leakages and seepages drained to the lake in the form of one channeled stream</i>
13	3	brak przepływu <i>no flow</i>	3 – 0,01 do 0,05	źródło już nie istnieje, są tylko podmokłości terenu <i>spring doesn't exist; there are only swamps</i>
14 i 15	2, I	1,45 (cała strefa) <i>(whole zone)</i>	2 – 0,25 do 0,5 I – 0,04	źródło – strumień <i>spring – stream</i>

Oprócz opisanych przez Piekarek-Jankowską źródeł w rejonie brzegu Jeziora Ostrzyckiego zidentyfikowano także liczne wypływy wód podziemnych, które są zlokalizowane na stokach Kolańskiej Huty. Zgodnie z klasyfikacjami Pazdry & Kozerskiego (1990) i Macioszczyka (2006) wypływy te można określić jako młaki i wycieki, okresowo przyjmujące charakter wsięków. Natomiast, wg klasyfikacji Springera i Stevensa (2009) są to źródła zboczowe (*hillslope*), które przy zmniejszonym odpływie w okresie letnim przypominają bardziej *hypocreny*. Od zachodniej strony wzniesienia są to punkty: 17, 18, 19, 20, od północy: 30, 248, 232, a od wschodniej strony punkty 304 i 305 (tab. 2, ryc. 1). Wszystkie badane wypływy wód podziemnych, zarówno te położone przy Jeziorze Ostrzyckim, jak i te na wzniesieniu Kolańska Huta, można zaklasyfikować do źródeł grawitacyjnych, kontaktowych (Bryan, 1919; Alfaro & Wallace, 1994).

W trakcie badań terenowych ustalono, że wypływy wód podziemnych na stokach Kolańskiej Huty wykazują mniejszą stałość przepływu niż źródła zlokalizowane niżej, w sąsiedztwie Jeziora Ostrzyckiego (tab. 2). Charakteryzują się one niewielkim przepływem o wydajnościach niższych niż 0,01 dm<sup>3</sup>/s. Niektóre z nich w okresie letnim zanikały, natomiast w latach mokrych obserwowano przepływ przez cały rok. Jest to spowodowane niewielkim rozprzestrzenieniem drenowanych przewarstwień wodonośnych. Występowanie naturalnych wypływów wód podziemnych jest związane z istnieniem piaszczystych lub

zwirowych przewarstwień wodonośnych w położonych na różnych poziomach osadach gliny zwałowej budującej wzgórze Kolańskiej Huty, co wpływa na zróżnicowaną wysokość występowania wypływów. Przewarstwienia te stale lub okresowo są wypełnione przez wody podziemne o charakterze zawieszonym lub wody gruntowe. Ze względu na zasilanie opadami atmosferycznymi poziom zwierciadła tych płytkich wód podziemnych ulega zmianom zależnym ich od wysokości i ewapotranspiracji.

Wszystkie analizowane wypływy wód podziemnych, zarówno te w rejonie Jeziora Ostrzyckiego, jak i na Kolańskiej Hucie to zazwyczaj niewielkie źródła, wycieki lub wsięki, które wykazują stałość przepływu lub nieznaczne jego zróżnicowanie (tab. 2). Według klasy wydajności Mainzera (Pazdro & Kozerski, 1990) od V do VII to wypływy zlokalizowane nad Jezioro Ostrzyckim, zaś VIII klasę mają wypływy na stokach Kolańskiej Huty. Według klasyfikacji Wiczyńskiego (1982) są to wypływy bardzo regularne, albo bardzo mało zmienne, natomiast w klasyfikacji Mailleta (Pazdro & Kozerski, 1990) stałe lub mało zmienne. Tylko nieznaczne zmniejszenie wydajności obserwowano w okresie od listopada do lutego lub po długim okresie suszy.

Charakter zmienności wydajności i mineralizacji (TDS) w zależności od ilości opadów atmosferycznych dla dwóch reprezentatywnych źródeł położonych w rynnach Jeziora Ostrzyckiego przedstawiono na rycinie 3. Nie zaznacza się tu wpływ opadów atmosferycznych na wydajność źródła



**Tab. 2.** Parametry obserwowanych naturalnych wypływów wód podziemnych  
**Table. 2.** Parameters of the observed natural groundwater emergences

Nr punktu badań <i>No. of point</i>	Rzędna terenu [m n.p.m.] <i>Level of ground</i> [m a.s.l.]	Charakterystyka wypływu <i>Outflow characteristics</i>	Średnia wydajność wg badań własnych [dm <sup>3</sup> /s] <i>Average discharge according to own research</i> [dm <sup>3</sup> /s]	Klasa wydajności wg Mainzera <i>Discharge class according to Mainzer</i>	Wskaźnik zmienności źródła <i>Spring variability index</i>	Klasyfikacja zmienności wg Wieczystego <i>Variability classification according to Wieczysty</i>
92	163	źródło, wody formują strumień <i>spring, water forms a stream</i>	1,22	V	2,14	bardzo mało zmienne <i>very low variable</i>
90	160,6	źródło, ujęte na posesji <i>spring, captured in a private property</i>	0,13	VI	1,45	bardzo regularne <i>very regular</i>
87	172	niewielkie źródło, ujęte rurą <i>small spring, captured with a pipe</i>	0,05	VII	1,27	bardzo regularne <i>very regular</i>
87a	172	rozległe wycieki i wysięki wód podziemnych, formujące jeden strumień, razem z pkt. 87 <i>wide leakages and seepages forming one stream, together with the point 87</i>	0,7	VI	2,66	bardzo mało zmienne <i>very low variable</i>
86	167	młaka – rozległy, zatorfiony obszar, wypływ formuje strumień <i>marshes, wide peaty zone, outflow forms a stream</i>	1,72	V	1,61	bardzo regularne <i>very regular</i>
85	184	niewielkie źródło, wypływ formuje strumień <i>small spring, outflow forms a stream</i>	0,08	VII	1,55	bardzo regularne <i>very regular</i>
10 i 11	162,5–163,5	rozległe wycieki i wysięki, uchodzące do jeziora w postaci jednego strumienia <i>wide leakages and seepages flowing into the lake in the form of one channeled stream</i>	1,12	V	1,62	bardzo regularne <i>very regular</i>
14 i 15	ok. 162	rozległe wycieki i wysięki, wypływ formuje strumień <i>wide leakages and seepages, outflow forms a stream</i>	1,45	V	1,24	bardzo regularne <i>very regular</i>
17	210–212	rozległe wycieki i wysięki, wypływ formuje niewielki strumień, <i>wide leakages and seepages, outflow forms a minor stream</i>	< 0,01	VIII	niewielkie przepływy, które w okresie letnim czasami zanikały, w latach mokrych, obserwowano przepływ przez cały rok <i>small flow rates, disappearing in summer season, in wet seasons constant flows were observed</i>	
18	216	niewielkie wysięki wód, nie formuje się odpływ <i>small seepages, outflowing water doesn't form a stream</i>	< 0,01	VIII		
19	224		< 0,01	VIII		
20	222		< 0,01	VIII		
30	172		< 0,01	VIII		
248	176		< 0,01	VIII		
232	199		niewielkie wycieki i wysięki, wypływ formuje strumień <i>small leakages and seepages, outflowing water forms a stream</i>	< 0,01		VIII
304	198	wycieki i wysięki, młaki z zatorfionym podmokłym podłożem, wypływ formuje niewielki strumień <i>leakages and seepages, marshes with peaty, water bogged ground, outflow forms a small stream</i>	< 0,01	VIII		
305	195		< 0,01	VIII		

i widoczna jest wyraźna stabilność wydajności oraz mineralizacji wód w czasie. Wysoka mineralizacja, w granicach 350–611 mg/dm<sup>3</sup>, wskazuje na długi czas przebywania wód w środowisku skalnym (tab. 3). Występujące tu słabo-przepuszczalne osady gliniaste powodują powolną migrację wody, co stwarza większe możliwości wzbogacania wód infiltrujących w poszczególne jony, głównie: wapń, magnez, sód, potas, wodorowęglany i jony żelaza, które są

produktami ługowania glin zwałowych. Temperatura wypływających wód jest niska, typowa dla wód podziemnych, i nawet w okresie letnim nie przekraczała 10°C, a w zimie nie spadła poniżej 7°C, co wskazuje, że strefy te są rzeczywistymi wypływami wód podziemnych. Tylko w dwóch miejscach (pkt. 19 i 248) wysięki charakteryzowały się niską mineralizacją wynoszącą ok. 100–180 mg/dm<sup>3</sup>, a ich temperatura wzrosła w okresie letnim do ponad 20°C

**Tab. 3.** Skład chemiczny wód z analizowanych źródeł  
**Table 3.** Chemical composition of the investigated spring water

Parametr Parameter	Tło hydrogeochemiczne (Pruszkowska, 2004; Pruszkowska & Malina, 2008) Hydrogeochemical background	Wody analizowanych źródeł Water of the investigated springs
pH	6,7–8,0	7,3–8,2
Eh	nie określono / not determined	199–202
TDS	100–380	106–611
Ca <sup>2+</sup>	20–90	42,2–78
Mg <sup>2+</sup>	0–10	6,4–10,5
Na <sup>+</sup>	nie określono / not determined	4,5–5,4
K <sup>+</sup>	nie określono / not determined	1,4–1,9
Cl <sup>-</sup>	0–20	5,0–5,4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0–35	15–54,3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	120–270	156–238
Fe og.	0–0,8	0,3–0,36
Mn og.	0–0,15	0,03–0,07
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0–0,09	0,9–1,0
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0–0,07	< 0,025
N-NO <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0–0,2	< 0,26
ChZT	nie określono / not determined	< 5,0
O <sub>2</sub>	nie określono / not determined	2,7–3,2

(tab. 3). Należy uznać, iż pozostają one pod bezpośrednim wpływem czynników atmosferycznych, a czas przepływu wody przez grunt jest tu bardzo krótki.

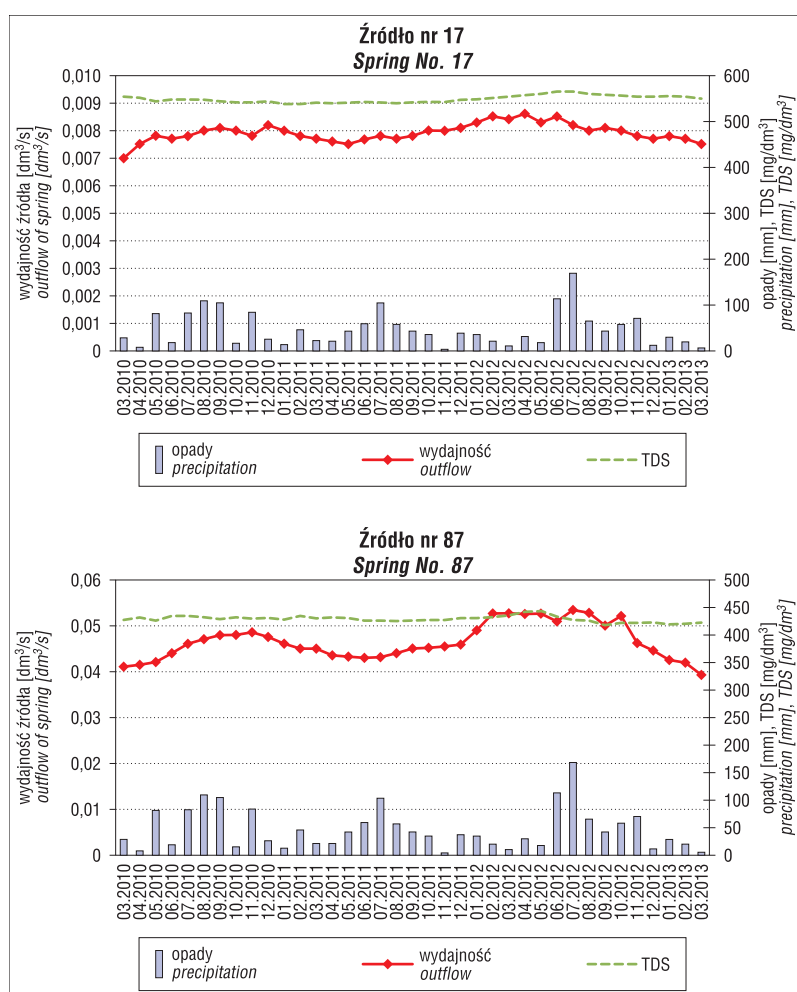
Typ hydrogeochemiczny wód z analizowanych źródeł jest typowy dla wód podziemnych obszarów młodoglacjalnych HCO<sub>3</sub>–Ca. Poszczególne składniki chemiczne w większości mieszczą się w zakresie naturalnego tła hydrogeochemicznego rozpoznanego dla wód podziemnych Pojezierza Kaszubskiego (Pruszkowska, 2004; Pruszkowska & Malina, 2008). Jedynie w przypadku TDS, siarczanów i azotu azotanowego stężenia przekroczyły zakres naturalnego tła, co może świadczyć o antropopresji. Wody źródeł są dobrej jakości i poza stężeniem jonów żelaza (0,36 mgFe/dm<sup>3</sup>) spełniają one kryteria stawiane wodom pitnym i na potrzeby gospodarcze (Rozp. Min. Zdrowia z dnia 20.04.2010 r. Dz.U. Nr 72, poz. 466).

## WNIOSKI

Skomplikowana budowa geologiczna centralnej części wysoczyzny morenowej Pojezierza Kaszubskiego wpływa na szczególny charakter hydrogeologiczny tego rejonu. W centralnej części Pojezierza Kaszubskiego występowanie wypływów wód podziemnych jest bardzo nieregularne. Rozległe obszary wzniesień młodoglacjalnych bywają zupełnie pozbawione źródeł, natomiast ich nagromadzenia występują głównie w sąsiedztwie jezior rynnowych. Szczególnie ciekawe są wzniesienia morenowe w sąsiedztwie Jeziora Ostrzyckiego, a zwłaszcza rozległe wzniesienie na jego wschodnim brzegu zwane Kolańską Hutą. W latach 2010–2013 zinventaryzowano tu 17 naturalnych wypływów wód podziemnych, są to głównie źródła i wycieki zboczowe o stałym przepływie, klasyfikowane jako regularne lub bardzo mało zmienne.

Porównanie wydajności tych wypływów z badaniami prowadzonymi w latach 70. XX w. również pokazuje ich niewielką zmienność. Trudno określić ogólną tendencję rozwoju czy zaniku źródeł. Wydaje się, że analizowane źródła mają raczej stały charakter, a obserwowane po 40 latach rozbieżności, mogą się wiązać, w przypadku zaniku źródeł, z lokalnym poborem wód podziemnych lub z zarastaniem i zatorfieniem obszarów położonych bezpośrednio przy brzegu jeziora. Natomiast niewielki wzrost wydajności niektórych źródeł może wynikać ze wzrostu zasobności zasilających je przewarstwień wodonośnych, w powodu zwiększonej infiltracji opadu w latach 2010–2013.

Większość wypływów wód podziemnych wykazuje wysoką, stałą w ciągu roku mineralizację wody i niską temperaturę. Zalegające ponad nimi słaboprzepuszczalne osady gliniaste decydują o powolnej migracji wody, co stwarza stabilne warunki zasi-



**Ryc. 3.** Zmienność wydajności i mineralizacji (TDS) od wielkości opadów atmosferycznych w okresie badawczym 2010–2013 dla źródeł nr 17 i 87

**Fig. 3.** Discharge and TDS variability of the springs 17 and 87 in correlation with precipitation over the study period 2010–2013

lania i większe możliwości wzbogacania wód infiltrujących w poszczególne jony. W miejscach, gdzie mineralizacja wypływów jest niska, wzrasta temperatura wód, świadczy to o bezpośrednim wpływie czynników atmosferycznych.

### LITERATURA

- ALFARO C. & WALLECE M. 1994 – Origin and classification of springs and historical review with current applications. *Environ. Geol.* 24: 112–124.
- BRYAN K. 1919 – Classification of springs. *J. Geol.* 27: 544–561.
- JAWORSKA-SZULC B., PRUSZKOWSKA-CACERES M. & PRZEWŁÓCKA M. 2012 – Wody podziemne wzgórz szymbarskich i ich powierzchniowe przejawy. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 5: 604–610.
- JAWORSKA-SZULC B., PRUSZKOWSKA-CACERES M. & PRZEWŁÓCKA M. 2014 – Analiza kontaktu wód podziemnych i powierzchniowych na podstawie badań ich jakości na młodogłacjalnym obszarze Pojezierza Kaszubskiego. *Prz. Geol.*, 62 (4): 204–213.
- KOZERSKI B., JAWORSKA-SZULC B., PIEKAREK-JANKOWSKA H., PRUSZKOWSKA M. & PRZEWŁÓCKA M. 2007 – Gdański system wodonośny. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, s. 111.
- MACIOSZCZYK A. (red.) 2006 – Podstawy hydrogeologii stosowanej. PWN, Warszawa, s. 571.
- MIĘTUS M. (red.) 2006 – Klimat rynny Jezior Raduńskich. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa.
- PAZDRO Z. & KOZERSKI B. 1990 – Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol. Warszawa.
- PIEKAREK-JANKOWSKA H. 1978 – Terenowe pomiary wysączenia powierzchniowego wody podziemnej. *Arch. Hydrotechniki*, 25 (1): 123–129.
- PIEKAREK-JANKOWSKA H. 1979 – Związki wód podziemnych z jeziorami rynnowymi górnego dorzecza Raduni. Rozprawa doktorska. Uniw. Gdański, Wydz. Biologii, Geografii i Oceanografii.
- PRUSZKOWSKA M. (2004) – Hydrogeochemia wód podziemnych z utworów czwartorzędu Pojezierza Kaszubskiego. Monografie Politechniki Gdańskiej, 51 (87).
- PRUSZKOWSKA M. & MALINA G. 2008 – Hydrogeochemistry and vulnerability of groundwater in the moraine upland aquifers of the Gdańsk region (Northern Poland). *Geol. Quart.*, 52 (3): 291–300.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia z dn. 20.04.2010 r. Dz.U. Nr 72, poz. 466 zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- SPRINGER A.E. & STEVENS L.E. 2009 – Spheres of discharge of springs. *Hydrogeol. J.*, 17: 83–93.
- WIECZYSTY A. 1982 – Hydrogeologia inżynierska. PWN, Warszawa-Kraków.