




# ZASILANIE, WYDAJNOŚĆ I CECHY HYDROCHEMICZNE WÓD ŹRÓDEŁ CZARNEJ WODY

## SUPPLY, YIELD AND THE HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE CZARNA WODA SPRING WATERS

Joanna Fac-Beneda<sup>1</sup>, Mirosław Lidzbarski<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Katedra Hydrologii,

 <https://orcid.org/0000-0002-1757-1438>, e-mail: [joanna.fac-beneda@ug.edu.pl](mailto:joanna.fac-beneda@ug.edu.pl) (autor korespondencyjny)

<sup>2</sup> Państwowy Instytut Geologiczny PIB Oddział Geologii Morza,  <https://orcid.org/0000-0001-6143-6623>,  
e-mail: [miroslaw.lidzbarski@pgi.gov.pl](mailto:miroslaw.lidzbarski@pgi.gov.pl)

### Streszczenie

Czarna Woda zwana również Czarną Wdą płynie w głębokiej dolinie – rynnice Jeziora Dobrego. W jej zlewni występują dwa duże obszary źródliskowe. Jedno ze źródlisk znajduje się w pobliżu dawnej kaszubskiej osady Trzy Młyny. Warunki geomorfologiczne, hydrogeologiczne i hydrograficzne tego terenu sprawiają, że od prawie 200 lat wody tego źródła są wykorzystywane do hodowli ryb. Jednocześnie jest to teren chroniony prawem, znajduje się bowiem w zasięgu Obszaru Chronionego Krajobrazu Puszczy Darżlubskiej, obszaru Natura 2000 Trzy Młyny PLH220029 oraz rezerwatu leśnego Źródlińska Czarna Woda. Źródlińska Czarna Woda zasilane są wodami infiltracyjnymi poprzez rozbudowany system cyrkulacji wód podziemnych, połączony z czwartorzędowym poziomem wodonośnym. Głównym czynnikiem kształtującym reżim źródeł Czarna Woda jest infiltracja. Teren rezerwatu jest bardzo zróżnicowany, a na uwagę zasługuje tu silna erozja wsteczna, będąca efektem intensywnego wypływu wód ze źródlisk. Badania wydajności wypływów przeprowadzono patrolowo w roku 2009 (PIG-PIB) i 2015 (Katedra Hydrologii). Próbkę do analiz chemicznych ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_4$  i Cl) pobrano tylko w 2009 r. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można stwierdzić, że wydajność źródlisk Czarna Woda (wszystkich wypływów) wynosi około  $152 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a po uwzględnieniu

Fac-Beneda J., Lidzbarski M. (2024). Zasilanie, wydajność i cechy hydrochemiczne wód źródeł Czarna Woda. *Czasopismo Geograficzne*, 95(2): 209–226. <https://doi.org/10.12657/czageo-95-09>



Otrzymano/Received: 21.12.2023  
Zaakceptowano/Accepted: 27.03.2024

niu dodatkowego zasilania na obszarze alimentacji może przekraczać  $167 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Szacuje się, że prawie wszystkie te wody odprowadzane są przez źródła znajdujące się w rezerwacie. Według pomiarów patrolowych ilość wody źródlanej wynosi około  $116 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Jak wykazano, wody źródeł Czarnej Wody pochodzące z międzymorenowego poziomu wodonośnego są odporne na antropopresję. Ich skład chemiczny jest najczęściej zbliżony do naturalnego tła (tab. 4). Jedynie w przypadku dwóch źródeł stwierdzono nieznaczny wzrost zawartości związków azotu oraz chlorków i siarczanów.

**Słowa kluczowe:** antropopresja, obszary młodoglacjalne, wydajność, zasilanie, Źródlińska Czarnej Wody.

---

### Abstract

The river of Czarna Woda, also known as the Czarna Wda, flows in a deep valley, the trough of Lake Dobre. Its catchment is composed of two spring areas. One of them is located near the former Kashubian settlement of Trzy Młyny. The geomorphological, hydrogeological and hydrographic conditions of this area have enabled the existence of fisheries for more than 200 years. At the same time, it is a legally protected area, part of the Protected Landscape Area of the Darżlubie Forest, the Natura 2000 area of Trzy Młyny PLH220029 as well as the forest reserve 'Źródlińska Czarnej Wody' (Czarna Woda springs). The Czarna Woda springs are fed with infiltration waters through an extensive system of groundwater circulation linked to the Quaternary aquifer. The main factor shaping the regime of the Czarna Woda springs is infiltration. The terrain of the reserve is highly diverse with notable strong headward erosion resulting from an intensive outflow of water from the spring area. The spring yield was randomly measured in 2009 (PIG-PIB) and 2015 (Department of Hydrology). Samples for chemical analyses ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_4$  and  $\text{Cl}$ ) were taken only in 2009. The total value of the underground water supply is  $152 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , but after considering the additional supply it exceeds  $167 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . It has been estimated that almost all of these waters are drained by the springs in Czarna Woda Springs Nature Reserve. Patrol measurements (preliminary results) show that the quantity of spring water is ca  $116 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . The spring waters of the Czarna Woda originating from the inter-moraine aquifer are resistant to human impact. Their chemical composition is most often similar to the natural background (Table 4). Only in the case of two sources there is a slight increase in the content of nitrogen compounds, chlorides and sulphates.

**Keywords:** human impact, postglacial areas, yield, supply, spring area of Czarna Woda.

---

## WSTĘP

W północnej Polsce wśród bogactwa i różnorodności obiektów hydrograficznych występujących na obszarach akumulacji lądolodu plejstocénskiego ważne, choć wciąż niedoceniane, miejsce zajmują naturalne wypływy wód podziemnych. Z ekologicznego punktu widzenia strefa wypływu wód podziemnych jest ekotonem łączącym podziemną i powierzchniową składową obiegu wody (Cantonati i in., 2010).

Naturalne czynniki środowiskowe determinują rodzaj, formę wypływów, charakter ich osadów, skład chemiczny wód źródłanych oraz całe siedlisko ekosystemu źródłanego. Rosnąca antropopresja związana ze zmieniającym się klimatem i zmianą sposobu użytkowania gruntów przyczynia się do zanikania źródeł i spadku wydajności odpływu wód podziemnych, a ostatecznie prowadzi do zmian w georóżnorodności i bioróżnorodności geosystemów źródłanych.

Badania źródeł w Polsce można podzielić na kilka nurtów, które wskazują na potrzebę traktowania wypływów wód podziemnych jako przedmiotu badań interdyscyplinarnych (Baścik, Chełmicki, 2006). Jednym z nich jest kierunek hydrogeologiczny zajmujący się oddziaływaniem obiegu wód podziemnych na występowanie i dynamikę zasilania wypływów wód podziemnych (m.in.: Nowakowski, 1977; Tomaszewski, 1977; Małecka, 1997; Staśko, Tarka, 2002; Szczucińska, 2014, 2016). Drugi kierunek to podejście hydrologiczne podejmujące problematykę reżimu hydrologicznego i hydrochemicznego wypływów wód podziemnych (m.in.: Dynowska, 1983, 1986; Jokiel, 1994; Michalczyk, 1996; Chełmicki (red.), 2001; Michalczyk (red.), 2001; Michalska, 2001; Jekatierynczuk-Rudczyk, 2002, 2004; Moniewski, 2004; Jokiel i in. (red.), 2007; Fac-Beneda, 2008, 2009; Choiński, Ptak, 2009; Górniak, Pietruczuk, 2015). Ważny jest także kierunek geomorfologiczny i sedymentologiczny obejmujący zagadnienia kształtowania morfologii górnych zlewni oraz chemogenicznych i organogenicznych w strefach przyźródłowych (m.in.: Jekatierynczuk-Rudczyk, 1997; Dobrowolski i in., 2002, 2010; Moniewski, 2004; Górniak, Mazurek, 2010). Wreszcie kierunek biologiczno-ekologiczny, który koncentruje się na ekosystemach źródłiskowych i bada ich struktury biocenotyczne i zoogeograficzne (m.in.: Herbich, 1998; Biesiadka, Czachorowski, 1999; Wołejko, 2000a, b; Gawenda-Kempczyńska, 2005; Dumnicka, 2006; Czachorowski, 2007; Kucharski, 2007; Czarnecka, 2009; Osadowski, 2010).

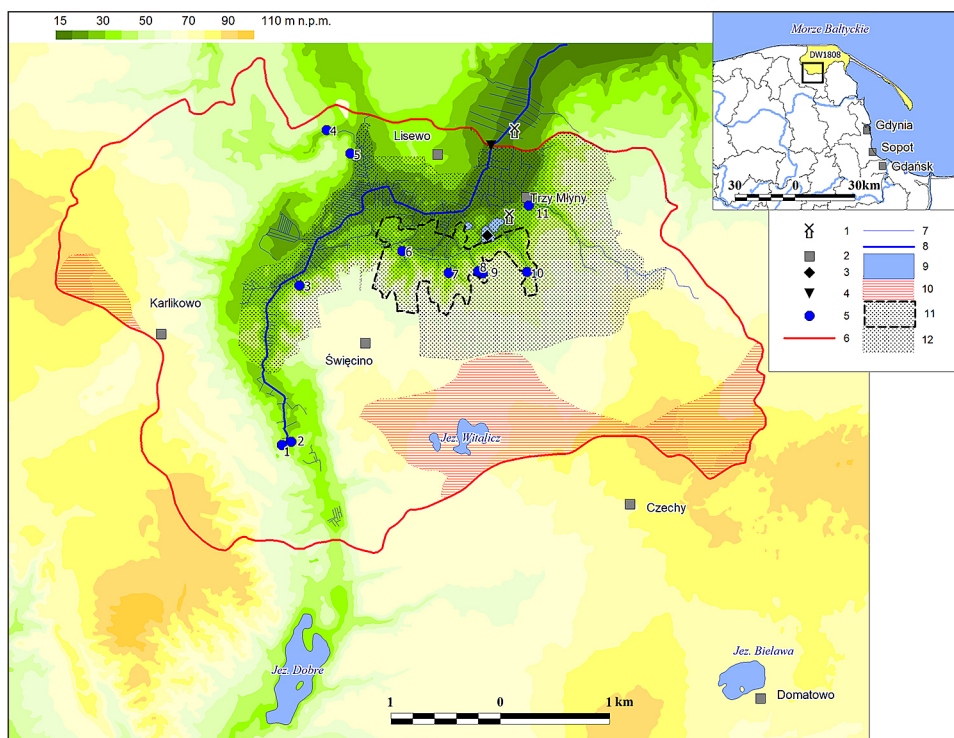
Unikalne walory przyrodnicze obszarów źródłiskowych są podstawą włączenia ich do obszarów chronionych Natura 2000. W porównaniu z innymi terenami Polski strefy wypływów wód podziemnych na badanym obszarze jedynie w niewielkim stopniu uległy zmianom antropogenicznym. Monitorowanie wypływów wód podziemnych, zwłaszcza pod kątem ich wydajności, składu chemicznego itp., jest ważnym elementem zarządzania zasobami wodnymi w zlewni (Bender i in., 2001; Cantonati i in., 2010). Mogą być również drogą pozyskiwania informacji umożliwiających ocenę ilości i jakości wód podziemnych, zasobów wodnych oraz tempa napełniania i wyczerpywania się zbiorników wód podziemnych.

W kontekście niedostatecznego rozpoznania warunków krenologicznych Pomorza celem pracy jest przedstawienie charakterystyki niektórych wypływów wód podziemnych na obszarze młodoglacjalnym poprzez określenie ich lokalizacji, sposobu zasilania i wydajności, składu chemicznego wody, a także antropopresji.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

### Obszar badań

Obszar badań położony jest w północnej Polsce, w górnej części zlewni Czarnej Wody. Jest to rzeka pierwszego rzędu, wpływająca bezpośrednio do Morza Bałtyckiego. W regionalizacji fizycznogeograficznej Kondrackiego (2002) obszar ten znajduje się w podprowincji Pobrzeża Południowobałtyckie (313), makroregionie Pobrzeże Koszalińskie (314.4) i mezoregionie Wysoczyzna Żarnowiecka (313.45). W regionalizacji według Ramowej Dyrektywy Wodnej Zlewnia Czarnej Wody jest częścią Scalonych Części Wód Powierzchniowych (SCWP). Jest to Kanał Karwianka i Czarna Woda z przymorzem od Piaśnicy do Płutnicy i z Półwyspem Helskim o numerze DW1808 (ryc. 1).



**Ryc. 1.** Obszar badań

1 – młyny wodne, 2 – miejscowości, 3 – gospodarstwo rybackie, 4 – przekrój wodowskazowy, 5 – źródła, 6 – dział wodny, 7 – ciekii, 8 – rzeka Czarna Woda, 9 – jeziora, 10 – obszar bezodpływowy, 11 – rezerwat Źródliśka Czarnej Wody, 12 – obszar Natura 2000 PLH220029 Trzy Młyny

Źródlika Czarnej Wody znajdują się w rejonie znacznego zagęszczenia obiektów chronionych. Występuje tu kilka obszarów przyrodniczo cennych, które podlegają ochronie prawnej. Źródlika Czarnej Wody objęte są ochroną rezerwatową, teren znajduje się na Obszarze Chronionego Krajobrazu Puszczy Darżlubskiej oraz obszarze Natura 2000 Trzy Młyny PLH220029. Jednocześnie teren rezerwatu sąsiaduje z gospodarstwem rybackim wykorzystującym wody źródlane do hodowli od ponad 200 lat.

Czarna Woda płynie w głębokiej dolinie – rynnie Jeziora Dobrego. Cechą charakterystyczną zlewni są dwa obszary źródłiskowe. Pierwszy z nich zlokalizowany jest około 2 km na południe od wsi Karlikowo na wysokości 45 m n.p.m. Czarna Woda płynie stąd prostym naturalnym korytem ku północy, by w miejscowości Lisewo gwałtownie skręcić ku wschodowi. Przepływając przez pocięte rowami melioracyjnymi łąki dawnej kaszubskiej osady Trzy Młyny, rzeka Czarna Woda zasilana zostaje wodami z rozległego obszaru źródłiskowego usytuowanego w dnie szerokiego jaru leżącego na północ od miejscowości Święcino (ryc. 1). Obszar ten objęto w 1999 r. ochroną prawną jako Źródlika Czarnej Wody. Na obszarze rezerwatu występuje 14 źródeł, z czego siedem posiada wyraźne nisze. Do opracowania wybrano pięć źródeł z obszaru rezerwatu oraz sześć źródeł leżących poza rezerwatem (ryc. 1). Źródła w rezerwacie zlokalizowane są w dolnych partiach wąwozów przecinających zbocze doliny Czarnej Wody. W każdej z istniejących nisz źródłiskowych występują procesy erozji wstecznej. Formowanie zorganizowanego odpływu wody następuje już w odległości 2–3 m od miejsca ich wypływów. Szerokość górnych odcinków cieków tuż poniżej źródeł wynosi od 0,5 do 1,5 m. W przeszłości, w górnych partiach wąwozów występowały także źródła, o czym świadczą obecnie suche i porośnięte roślinnością małe nisze źródłiskowe.

## Warunki hydrogeologiczne

Źródła Czarnej Wody należą do źródeł typu dolinnego, warstwowo-spływowego z wypływami wód międzymorenowego poziomu wodonośnego (Moniewski, 2007). Większość wypływów zgrupowana jest w północnej części doliny w rejonie miejscowości Święcino i Lisewo. Odwadniają one w przeważającej części prawobrzeżną część zlewni Czarnej Wody. Subglacialna Rynna Jeziora Dobrego rozciąga wysoczyznę morenową do rzędnej 15–38 m n.p.m. na dwie części. Otaczając ją wzniesienia sięgają 100 m n.p.m. Charakterystyczne są także obniżenia wytopiskowe, tworzące obszary bezodpływowe. Na powierzchni terenu przeważają osady dobrze przepuszczalne. Największy udział mają utwory wodnolodowcowe, piaski i żwiry lodowcowe oraz moren czołowych. Lokalnie występują płyty glin zwałowych, a na zboczach dolin osady deluwialne. Obniżenia wytopiskowe wypełniają mułki jeziorne, natomiast dolinę Czarnej Wody osady organiczne, piaski i żwiry ozów oraz piaski wodnolodowcowe (Skompski, 1982).

Podstawowe znaczenie w lokalnym systemie wód podziemnych ma międzymorenowy poziom wodonośny, związany z osadami zlodowacenia Wisły (Chmielowska, Sierżęga, 2000). W dolinie Czarnej Wody występuje on na głębokości 10–30 m, natomiast na wysoczyznach morenowych znajduje się znacznie głębiej – od 40 do 100 m. Miąższość warstwy wodonośnej waha się od 10 do 20 m i wzrasta w kierunku Domatowa do 35 m, gdzie poziom międzymorenowy łączy się z piaskami miocenu. Przewodność warstwy wodonośnej nie jest wysoka i nie przekracza  $10 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ . Międzymorenowy poziom wodonośny oddzielony jest od powierzchni terenu dwoma kompleksami glin zwałowych oraz pokładem piasków wodnolodowcowych. Miąższość pakietu glin zwałowych jest zróżnicowana i wynosi od 10 do ponad 50 m. Zwierciadło wody jest napięte pakietem glin zwałowych i stabilizuje się na wysokości od 15 do 40 m (Lidzbarski, 2005). Główną bazą drenażu jest dolina Czarnej Wody wraz ze strefą źródłiskową. Południowo-zachodni odcinek granicy zlewni Czarnej Wody stanowi jednocześnie dział wód podziemnych rozdzielający przepływ między tą zlewnią a zlewnią Jeziora Żarnowieckiego.

## Metody

Na omawianym obszarze wypływy nie są objęte stałą kontrolą hydrometryczną. Państwowy Instytut Geologiczny PIB wykonuje patrolowo pomiary wydajności tylko nielicznych źródeł. Na *Mapie topograficznej* oraz na *Mapie hydrograficznej Polski w skali 1:50 000* występują źródła w granicach rezerwatu Źródlika Czarnej Wody, nieobjęte badaniami przez PIG-PIB. Pomiary patrolowe wykazały, że są one dużo bardziej wydajne. Zdecydowano się więc wykonać pomiary wydajności tych źródeł. W dniu 17 sierpnia 2009 r. PIG-PIB wykonał pomiary wydajności czterech źródeł (nr 1, 3, 4 i 11) oraz pobrał próbki do analiz hydrochemicznych. Badania polegały na pomiarach in situ podstawowych parametrów fizycznych wody (przewodności elektrolitycznej właściwej – PEW oraz odczynu pH). Analiza w laboratorium obejmowała oznaczenie  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_4$  i Cl. W dniu 29 lipca 2015 r. pomierzono dodatkowo źródła nr 2 i 5. Natomiast 3 grudnia 2015 r. zespół Katedry Hydrologii wykonał pomiary wydajności wybranych pięciu źródeł w rezerwacie (nr 6–10). Do porównania wydajności źródeł z wielkością zasilania infiltracyjnego wybrano tylko wskazane źródła, ze względu na ich znacznie większą wydajność zachowując zasadę jednolitego terminu.

Wielkość zasilania infiltracyjnego określono na podstawie rozpoznania warunków hydrodynamicznych oraz litologii utworów powierzchniowych (Pazdro, Kozerski, 1990) Posłużono się wzorem (1):

$$I_e = P \times \sum_{i=1}^n W_i \times A_i \quad (1)$$

gdzie:

- $I_e$  – zasilanie wód podziemnych z opadów [ $m^3 \cdot d^{-1}$ ],
- $P$  – średni opad roczny [wyrażony w  $m \cdot d^{-1}$ ],
- $w_i$  – wskaźnik infiltracji efektywnej,
- $A_i$  – powierzchnia obszaru o tym samym wskaźniku infiltracji [ $km^2$ ].

Dane ze stacji meteorologicznych IMGW w Wierzchucinie i Wejherowie wskazują na sumę opadów rocznych na poziomie 720 mm (Fac-Beneda, 2005). Wartość tę skorygowano (Chomicz, 1976). Skorygowany opad wyniósł 871 mm.

Wskaźnik infiltracji efektywnej określono w oparciu o wydzielenia litologiczne *Detailed Geological Map of Poland* (Skompski, 1982) oraz wskaźnik infiltracji według Pazdry i Kozerskiego (1990).

Pomiary wydajności wypływów wód podziemnych oraz natężenia przepływu w korycie Czarnej Wody przeprowadzono, stosując odpowiednio metodę wolumetryczną oraz metodę młynka hydrometrycznego (Valeport M801).

## REZULTATY I DYSKUSJA

### Wydajność wypływów oraz czynniki stabilizujące ich zasilanie i wielkość

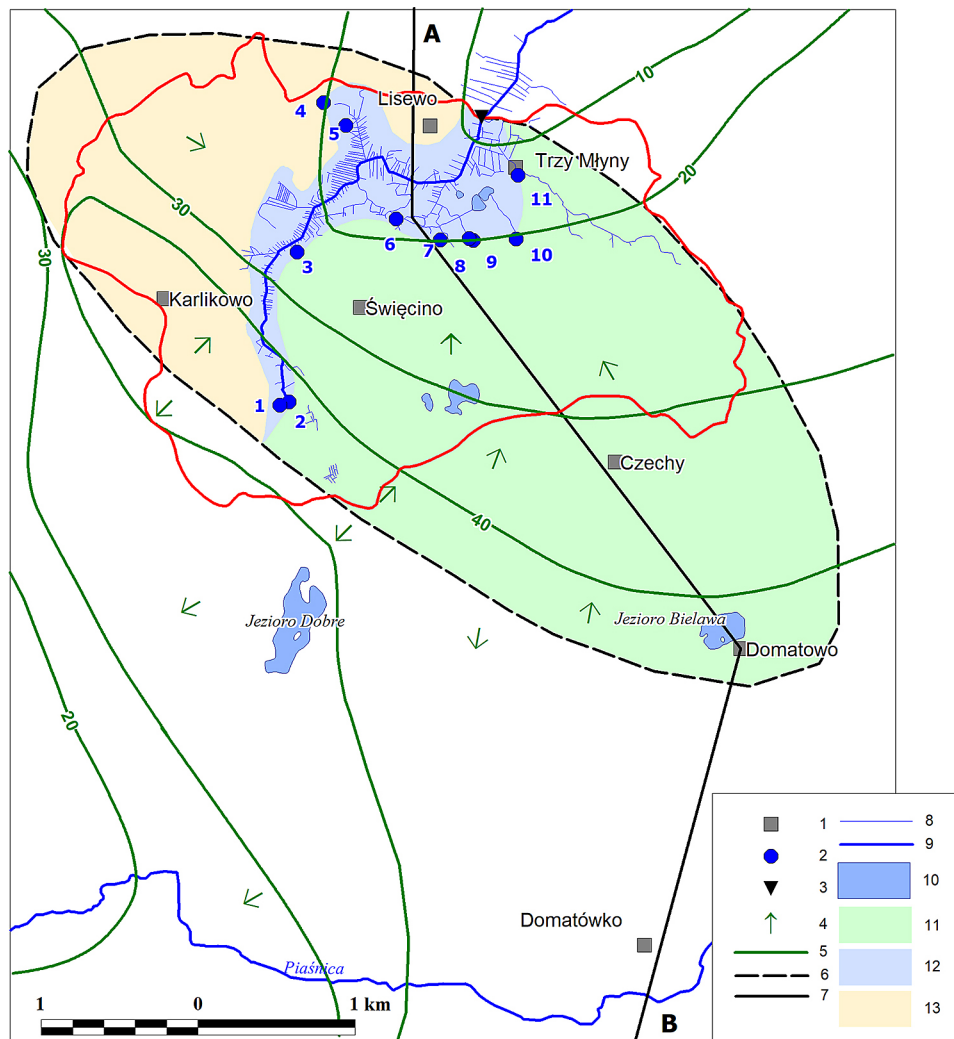
Powyżej międzymorenowego poziomu wodonośnego występują wody zawieszone. Są one jednak słabo rozpoznane. Lokalnie mogą mieć charakter wielopoziomowych struktur wodonośnych o ograniczonym zasięgu. Pomimo słabego wykształcenia stanowią ważne ogniwo w systemie krążenia wód podziemnych obszarów młodoglacjalnych (Lidzbarski, 2005). Warunki hydrodynamiczne obszaru badań zostały rozpoznane przez Chmielowską i Sierżęę (2000). Możliwe było zatem określenie systemu krążenia wód podziemnych związanego z obszarem źródłiskowym Czarnej Wody. Obejmuje on trzy strefy hydrodynamiczne (ryc. 2, 3).

Obszar drenażu wód podziemnych o powierzchni 2,1  $km^2$  obejmuje tereny źródłiskowe Czarnej Wody w górnym biegu rzeki na odcinku około 4 km. Szerokość doliny waha się od 100 do 700 m. Znajdują się w niej liczne źródła, stanowiące miejsca wypływów wód podziemnych międzymorenowego poziomu wodonośnego. Najwięcej zgrupowanych jest w rejonie Świącina i Lisewa (Trzy Młyny) na rzędnej od 23 do 44 m n.p.m.

Południowo-wschodnia część obszaru alimentacji o powierzchni około 14,5  $km^2$  rozprzestrzenia się na południowy wschód od obszaru źródłiskowego aż do Domatowa. Obejmuje najważniejszą część obszaru alimentacji, gdzie formowane są zasoby wodne źródeł Czarnej Wody.

Północno-zachodnia część obszaru alimentacji obejmuje fragment wysoczyzny (ok. 5,6  $km^2$ ) w granicach lewobrzeżnej zlewni Czarnej Wody od Lisewa i Karlikowa w kierunku północno-zachodnim. Na drodze spływu wód z obsza-

rów zasilania do źródeł Czarnej Wody spadek hydrauliczny zwierciadła wody podziemnej wynosi od 0,5 do 1,1%. Prędkość przepływu wód podziemnych jest zróżnicowana i zawiera się w przedziale od 30 do 130 m-rok<sup>-1</sup> (obliczenia własne).

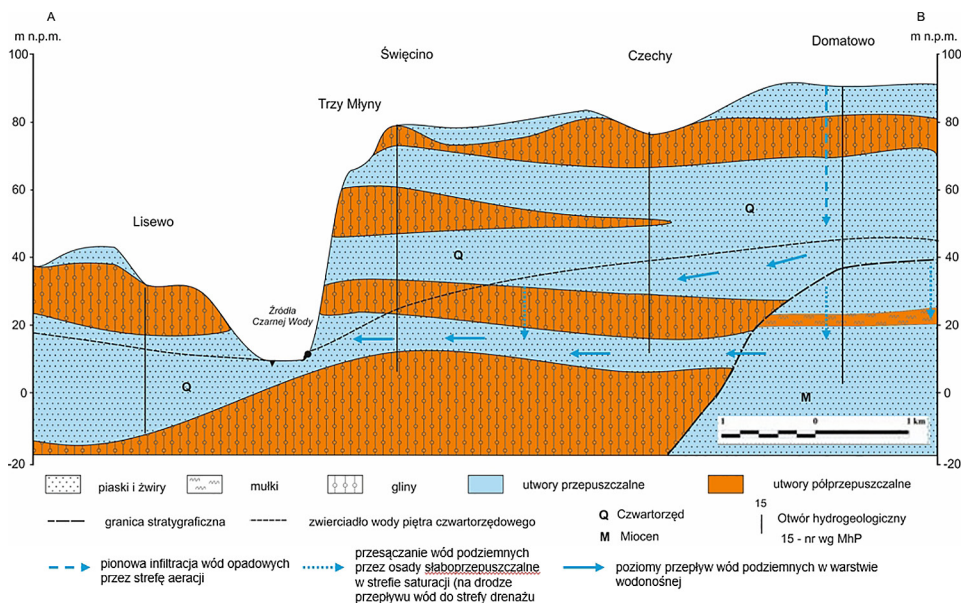


**Ryc. 2.** Zasilanie wód podziemnych w strefach hydrodynamicznych

1 – miejscowości, 2 – wybrane źródła, 3 – przekrój wodowskazowy, 4 – kierunek przepływu wód podziemnych, 5 – międzymorenowy poziom wodonośny [m n.p.m.] (Chmielowska, Sierżęga, 2000), 6 – dział wodny podziemny, 7 – linia przekroju hydrogeologicznego (por. ryc. 3), 8 – strumienie, 9 – rzeki, 10 – jeziora, 11 – obszar alimentacji SE, 12 – obszar drenażu, 13 – obszar alimentacji NW

Źródło: opracowanie własne.





**Ryc. 3.** Przekrój hydrogeologiczny (por. ryc. 2)

Źródło: opracowanie własne.

Powierzchnię obszaru alimentacji źródeł Czarnej Wody budują w ponad 70% utwory bardzo dobrze i dobrze przepuszczalne (tab. 1). Fakt ten ma zasadnicze znaczenie w kształtowaniu zasobów wodnych źródłiskowej części rzeki. W południowo-wschodniej części obszaru alimentacji formuje się główny strumień zasilania obszaru źródłiskowego. Z przeprowadzonych obliczeń wynika (tab. 2), że z północnego skłonu Wysoczyzny Żarnowieckiej odpływa około  $8633,7 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  ( $99,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) wód podziemnych. Łączna wydajność źródeł, występujących w strefie krawędziowej wysoczyzny morenowej, może być jeszcze większa, ponieważ zastosowana metoda obliczeń nie uwzględnia całego systemu krążenia wód podziemnych. Niewykluczone, że w rejonie Domatowa obszar alimentacji jest dodatkowo zasilany wodami płytszego krążenia poprzez wody gruntowe zawieszono (Nerkowski, 2006) oraz dopływem wód naporowych z głębszych poziomów wodonośnych: miocénskiego i oligocénskiego (Lidzbarski, 2005, 2015). Według szacunków autorów po uwzględnieniu wskazanych źródeł dodatkowe zasilanie może być równe  $1634 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  ( $18,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Zatem wydajność strefy źródłiskowej w rejonie miejscowości Trzy Młyny i Święcino może wynosić  $118,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Znacznie mniejszy udział w zasilaniu źródeł Czarnej Wody ma północno-zachodnia część obszaru alimentacji. Dopływa z niej  $3587,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  ( $41,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) wód podziemnych. Na uwagę zasługuje także źródłiskowy odcinek doliny Czarnej Wody (strefa drenażu), w którym do wód podziemnych infiltruje  $933,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , czyli ponad  $10 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (tab. 2). Wody te w całości są drenowane przez koryto

**Tabela 1.** Procentowy udział utworów powierzchniowych na obszarze alimentacji i w strefie drenażu

Warunki infiltracji	Rodzaj utworów powierzchniowych	Wskaźnik infiltracji (Pazdro, Kozerski, 1990)	Udział udział utworów na obszarze alimentacji [%]		Udział utworów w strefie drenażu [%]
			NW	SE	
bardzo dobre	żwiry i piaski wodnolodowcowe, piaski i żwiry ozów	0,35	65,0	44,80	35,80
dobre	piaski i żwiry glacialne, piaski i żwiry moreny czołowej	0,25	3,90	27,70	10,00
średnie	piaski rzeczne i mady, deluwia piaszczyste	0,15	9,30	3,00	8,80
złe	gliny zwałowe, miejscami piaszczyste, deluwia gliniaste	0,08	21,20	22,40	0,30
	torfy, mułki jeziorne	0,05	0,60	2,10	45,10

(por. ryc. 2)

Źródło: opracowanie własne.

Czarnej Wody oraz liczne rowy i kanały melioracyjne. Reasumując, z naszych analiz wynika, że źródłiska Czarnej Wody są intensywniej alimentowane z południowo-wschodniej części strefy niż z północno-zachodniej (tab. 2).

**Tabela 2.** Zasilanie wód podziemnych w granicach stref hydrodynamicznych

Parametry hydrogeologiczne	Strefa alimentacji		Strefa drenażu	Razem
	obszar NW A = 5,6 km <sup>2</sup>	obszar SE A = 14,5 km <sup>2</sup>	A = 2,1 km <sup>2</sup>	A = 22,2 km <sup>2</sup>
$I_c$ [dm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	41,5	99,9	10,8	152,3
$I_c$ [m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ]	3587,5	8633,7	933,5	13154,8
odpływ jednostkowy [dm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ·km <sup>-2</sup> ]	7,4	6,9	5,1	6,9
odpływ jednostkowy [m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ·km <sup>-2</sup> ]	640,6	595,4	436	593

A – powierzchnia strefy hydrodynamicznej

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń (równanie 1) można stwierdzić, że teoretyczna wydajność źródeł Czarnej Wody wynosi około 152 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, a po uwzględnieniu dodatkowego zasilania na obszarze alimentacji powinna wynosić 167 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>.

Wydajność źródeł (1, 3, 4 i 11) pomierzona 17 sierpnia 2009 r. była niewielka i wynosiła od 0,1 do 0,3  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (tab. 3, ryc. 2). Były to źródła występujące poza granicami rezerwatu. Źródła nr 1 i 2 leżą w swoim bezpośrednim sąsiedztwie i ich wydajność jest zbliżona (odpowiednio: 0,3  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i 0,1  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Pomiary wykonano w tym samym sezonie w odstępnie sześciu lat. Później PIG-PIB nie przeprowadzał pomiarów w rezerwacie Źródlika Czarnej Wody. Na początku grudnia 2015 r. pracownicy Katedry Hydrologii wykonali na obszarze objętym ochroną rezerwatową pomiary wydajności pięciu źródeł (6, 7, 8, 9, 10). Źródła te cechowała duża wydajność. Najwyższą wartość (ok. 40  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) odnotowano w źródle 10, najniższą w źródle 6 (ok. 9  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Wydajność całkowita pięciu pomierzonych źródeł wynosiła 116,5  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , co jest wartością dużo niższą od uzyskanej na drodze obliczeń infiltracji efektywnej (152  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Przez przekrój hydrometryczny Czarnej Wody w Lisewie przepływało w dniu pomiaru (3.12.2015) 220  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

**Tabela 3.** Wydajność wybranych źródeł w rejonie rezerwatu Źródlika Czarnej Wody

Numer	Współrzędne geograficzne	Data pomiaru	Wydajność [ $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	Lokalizacja	Źródło danych
1	54°43'44" 18°09'54"	17.08.2009	0,3	Karlikowo	Państwowy Instytut Geologiczny – PIB
2	54°43'44" 18°09'58"	29.07.2015	0,1	Karlikowo	Katedra Hydrologii Uniwersytet Gdański
3	54°44'24" 18°10'01"	17.08.2009	0,2	Święcino	Państwowy Instytut Geologiczny – PIB
4	54°45'05" 18°10'12"	17.08.2009	0,1	Lisewo	Państwowy Instytut Geologiczny – PIB
5	54°44'58" 18°10'22"	29.07.2015	0,4	Lisewo	Katedra Hydrologii Uniwersytet Gdański
6	54°44'33" 18°10'46"	03.12.2015	9,6	ŻCzW*	Katedra Hydrologii Uniwersytet Gdański
7	54°44'28" 18°11'6"	03.12.2015	21,7	ŻCzW *	Katedra Hydrologii Uniwersytet Gdański
8	54°44'28" 18°11'19"	03.12.2015	31,4	ŻCzW *	Katedra Hydrologii Uniwersytet Gdański
9	54°44'28" 18°11'21"	03.12.2015	14,8	ŻCzW *	Katedra Hydrologii Uniwersytet Gdański
10	54°44'28" 18°11'41"	03.12.2015	39,0	ŻCzW *	Katedra Hydrologii Uniwersytet Gdański
11	54°45'10" 18°11'51"	17.08.2009	0,3	Trzy Młyny	Państwowy Instytut Geologiczny – PIB

\* Rezerwat Źródlika Czarnej Wody, numery jak na ryc. 2.

Źródło: opracowanie własne.

Oznacza to, że około połowy wody płynąca wówczas rzeką dopłynęła ze źródeł położonych w rezerwacie.

### Skład chemiczny wód źródłanych i antropopresja

Czas przebywania wody w podziemnym systemie wodonośnym zasilającym źródliska Czarnej Wody jest długi i został oszacowany na 35–200 lat (Lidzbarski, 2015). Długotrwałe przebywanie wód gruntowych w systemie wodonośnym przyczynia się do stabilności wydajności drenujących go źródeł i odporności na sezonowe wahania opadów (Lidzbarski, 2015). Z tego samego powodu wody źródeł Czarnej Wody pochodzące z międzymorenowego poziomu wodonośnego są odporne na antropopresję. Świadczy o tym ich skład chemiczny, najczęściej zbliżony do naturalnego tła (Jaworska-Szulc i in. 2014, 2015) (tab. 4). Jedynie w przypadku źródeł bijących w okolicach Trzech Młynów i Świącino stwierdzono nieznaczny wzrost zawartości związków azotu oraz chlorków i siarczanów.

**Tabela 4.** Wyniki analiz chemicznych wód wybranych źródeł i Czarnej Wody

Miejscowość/ punkt poboru próbki wody	Tłó hydrogeochemiczne	Lisewo źródło	Karlikowo źródło	Trzy Młyny źródło	Świącino źródło	Trzy Młyny Czarna Woda
Numer (ryc. 2)		4	1	11	3	
PEW [mS/cm]	156–593	390	343	380	350	560
pH [–]	6,7–8,0	7,59	7,99	7,99	7,61	7,28
NO <sub>2</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,00–0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05
NO <sub>3</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,00–0,09	1,1	0,8	17,0	2,4	0,4
NO <sub>4</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,0–0,2	0,07	0,19	0,2	0,09	0,95
SO <sub>4</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	0–35	43,1	27,8	45,3	59,4	13,0
Cl [mg/dm <sup>3</sup> ]	0–20	14,2	8,6	15,4	19,6	11,2
Uwagi		źródła odwadniające północno- zachodnią część obszaru zasilania		źródła odwadniające południowo- wschodnią część obszaru zasilania		przekrój na cieku

Próbki pobrano 17.09.2009 r.

Źródło: opracowanie własne.

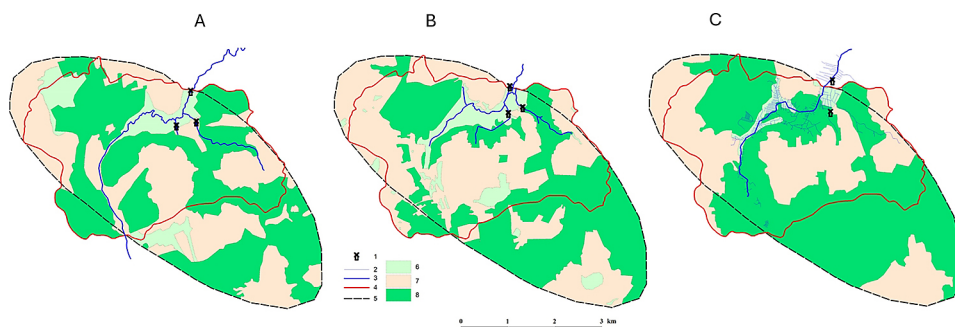
Pierwsza wzmianka o obszarze źródeł Czarnej Wody pochodzi z 1281 r., kiedy to książę Mściwój podarował klasztorowi w Żarnowcu miasto Świącino (Kubicki, 2013). W średniowieczu tereny te wchodziły w skład dóbr młyńskich, na których obecnie znajduje się gospodarstwo rybackie (ryc. 1). Dokumentują to stare mapy, np.: mapa Schröttera w skali 1:50 000 przedstawiająca sytuację z lat 1796–1802 (Karte von den Provinzen...) oraz mapa Masstischblatt w skali 1:25

000 (Topographische Karte... 2019) przedstawiająca sytuację z 1919 r. (ryc. 4). Na przestrzeni ostatnich 200 lat nie zaszły istotne zmiany w użytkowaniu gruntów (tab. 5, ryc. 4). Jedynie łąki i pastwiska zmniejszyły swoją powierzchnię (od 8,55 do 2,68%), a lasy zwiększyły (od 49,14 do 59,23%).

**Tabela 5.** Użytkowanie gruntów w latach 1796–2006 (uproszczone)

Użytkowanie	Karte von den Provinzen... (1796–1802)		Topographische Karte... (1919)		Corrine Land Cover (2018)	
	[km <sup>2</sup> ]	[%]	[km <sup>2</sup> ]	[%]	[km <sup>2</sup> ]	[%]
Lasy	10,81	49,14	9,84	44,73	13,03	59,23
Grunty orne	9,31	42,32	10,46	47,55	8,38	38,09
Łąki i pastwiska	1,88	8,55	1,70	7,73	0,59	2,68

Źródło: opracowanie własne.



**Ryc. 4.** Użytkowanie gruntów w latach 1796–2018 (uproszczone)

1 – strumienie, rowy melioracyjne, 2 – rzeki, 3 – dział wodny topograficzny, 4 – dział wodny podziemny, 5 – pastwiska i łąki, 6 – grunty orne, 7 – lasy

Źródło: A – wg Karte von den Provinzen... (1796–1802), B – wg Topographische Karte... (1919), C – wg Corrine Land Cover (2018).

Do lat 60. ubiegłego wieku woda ze źródeł odpływała zgodnie z nachyleniem terenu. W wyniku postępującej erozji, a przede wszystkim w wyniku potrzeby zaopatrzenia w wodę hodowli ryb nastąpiła zmiana sposobu odpływu. Większość źródeł odprowadza wodę do jednego sztucznego rowu, który kieruje ją do stawów hodowlanych (Lewczuk, 2013). Na badanym obszarze antropopresja polega dziś głównie na sterowaniu kierunkiem ruchu wody. W tym celu usypano wały brzegowe wzdłuż cieku odprowadzającego wody źródlane do zbudowanego rowu. Rozcięto też rowami górne krawędzie nisz źródłkowych dla przyspieszenia odprowadzania nadmiaru wody z obszarów rolniczych leżących powyżej. W konsekwencji zmieniono stosunki wodne, a część dróg odpływu przekształcono w suche koryta. Czynności te wykonywano bez odpowiedniego pozwolenia, bez dokumentacji i przy braku wiedzy na temat zasobów wodnych rezerwatu. Celem

tych prac było zabezpieczenie i pobór odpowiedniej ilości wody dla stawów hodowlanych funkcjonujących jeszcze przed jego utworzeniem (przed 1999 r.). W następstwie tych zmian na początku wieku doszło do powstania osuwiska na stokach jednej z nisz. Odcięło ono siedlisko lasu łęgowego od dopływu wód powierzchniowych oraz utrudniło odpływ wód sztucznym ciekim.

## WNIOSKI

Źródła Czarnej Wody zasilane są wodami infiltracyjnymi poprzez rozbudowany system krążenia wód podziemnych związany z czwartorzędowym piętrem wodonośnym. Długi czas pobytu wód podziemnych w systemie wodonośnym przyczynia się do ich małej dynamiki i odporności na sezonowe fluktuacje opadów atmosferycznych oraz presje czynników antropogenicznych. Głównym czynnikiem kształtującym reżim źródeł Czarnej Wody jest zasilanie infiltracyjne. Zasoby odnawialne zlewni tych źródeł są dodatkowo wspomagane dopływem lateralnym z głębszych poziomów wodonośnych oraz przez system wód zawieszonych. Kierunki i bilans przepływów wód podziemnych zweryfikowano w trakcie badań szczegółowych (Lidzbarski, 2015). Teoretyczne zasilanie opadowe strefy alimentacji badanego zespołu źródeł wynosi  $152 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a po uwzględnieniu dodatkowego zasilania przekracza  $167 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Oszacowano, że zdecydowana większość tych wód jest drenowana przez źródła Czarnej Wody. Według pomiarów patrolowych ilość wody źródlanej wypływającej z rezerwatu wynosi około  $116 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , co stanowi połowę zasilania wód ciekłu Czarna Woda ( $Q = 220 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Wody źródlisk Czarnej Wody, wypływając z międzymorenowego poziomu wodonośnego, są odporne na zanieczyszczenia, o czym świadczy ich skład chemiczny, zbliżony do naturalnego tła (Jaworska-Szulc i in. 2014, 2015). Jedynie w przypadku dwóch źródeł bijących w okolicach Trzech Młynów i Święcina występuje nieznaczny wzrost zawartości związków azotu oraz chlorków i siarczanów. Zanieczyszczenia wód nie są jednak jedyną przesłanką występującej tu od lat antropopresji. Działanie te polegały na ograniczeniu odpływu wody bezpośrednio do Czarnej Wody i sterowaniu kierunkiem odpływu w celu zabezpieczenia wystarczającej ilości wody do gospodarstwa rybackiego. Gospodarstwo to funkcjonuje w miejscu średniowiecznej osady młyńskiej, o której pierwsze wzmianki pochodzą z 1281 r. (Kubicki, 2013). Dla rezerwatu Źródlika Czarnej Wody nie zatwierdzono, jak do tej pory, planu ochrony, a jedynie zadania ochronne (Centralny Rejestr...). Nie ma zatem narzędzi prawnych, by pogodzić działania ochronne z działalnością gospodarczą.

## LITERATURA

- Bender S., Einsiedl F., Wohnlich S. (2001). Scheme for development of monitoring networks for springs in Bavaria, Germany. *Hydrogeology Journal*, 9: 208–216.
- Baścik A., Chełmicki W. (2006). Interdyscyplinarne badania źródeł. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, 16(1): 339–350.
- Biesiadka E., Czachorowski S. (red.) (1999). Źródła Polski. Stan badań, monitoring i ochrona. *Studia i Materiały WSP w Olsztynie*, 145.
- Cantonati M., Lange-Bertalot H. 2010. Diatom biodiversity of springs in the Berchtesgaden National Park (northern Alps, Germany), with the ecological and morphological characterization of two species new to science. *Diatom Research*, 25: 251–280.
- Centralny Rejestr Form Ochrony Przyrody (<https://crfop.gdos.gov.pl/CRFOP>; dostęp: 29.02.2024).
- Chełmicki W. (red.) (2001). Źródła Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej: zmiany w latach 1973–2000. Kraków: Uniwersytet Jagielloński.
- Chmielowska U., Sierżęga P. (2000). *Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. Arkusz Sławoszyno*. Gdańsk: Państwowy Instytut Geologiczny.
- Choiński A., Ptak M. (2009). Obiekty krenologiczne dorzecza Odry. *Przegląd Geograficzny*, 3, 81: 365–372.
- Chomicz K. (1976). Opady rzeczywiste w Polsce (1931–1960). *Prz. Geofiz.*, 21, 1.
- Corine Land Cover 2018 (CLC18\_PL) (<https://clc.gios.gov.pl/arcgis/services/CLC/CLC2018/MapServer/WMS/Server>; dostęp: 15.02.2024).
- Czachorowski S. (2007). Fauna źródeł – stan poznania i perspektywy badań. W: P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziulkiewicz (red.), *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. Łódź: WNG Uniwersytetu Łódzkiego, s. 55–61.
- Czarnecka B. (2009). Źródła strefy krawędziowej Rostocza: zróżnicowanie szaty roślinnej, a stan środowiska. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 6: 27–43.
- Dobrowolski R., Durakiewicz T., Pazdur A. (2002). Calcareous tufas in the soligenous mires of eastern Poland as an indicator of the Holocene climatic changes. *Acta Geologica Polonica*, 52(1): 63–73.
- Dobrowolski R., Mazurek M., Osadowski Z. (2010). Geological, hydrological and phytosociological conditions of spring mires development in the Parsęta River catchment (Western Pomerania, Poland). *Geologija*, 52, 1–2(69–70): 37–44.
- Dumnicka E. (2006). Composition and abundance of oligochaetes (Annelida: Oligochaeta) in springs of Kraków–Częstochowa Upland (Southern Poland): effect of spring encasing and environmental factors. *Polish Journal of Ecology*, 54: 231–242.
- Dynowska I. (1983). Źródła Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej. *Studia Ośrodka Dok. Fizjogr.*, 11. PAN, Oddz. w Krakowie, Zakład Narod. im. Ossolińskich.
- Dynowska I. (1986). Regionalne zróżnicowanie źródeł w Polsce. *Folia Geographica, Ser. Geographica-Physica*, 28: 5–30.
- Fac-Beneda J. (2005). *Mapa hydrograficzna Polski w skali 1:50 000. Arkusz N-34-37-C Gniewino*. Poznań, Rzeszów: Główny Geodeta Kraju, Geomat.
- Fac-Beneda J. (2008). Naturalne wypływy wód podziemnych na obszarach chronionych w północnej Polsce. W: J. Pociask-Karteczka (red.), *Wody na obszarach chronionych*. Kraków: IGiGP UJ.

- Fac-Beneda J. (2009). Hydrologiczne i hydrochemiczne cechy wody źródeł na obszarach młodoglacjalnych. W: R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda (red.), *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*. Gdańsk: Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, s. 390–398.
- Gawenda-Kempczyńska D. (2005). Valuable features of springs in the Górzno–Lidzbark Landscape Park and their conservation. *Ecological Questions*, 6: 39–51.
- Górniak A., Jekatierynczuk-Rudczyk E. (1997). *Geomorfologiczne uwarunkowania występowania naturalnych wypływów wód podziemnych w dorzeczu Supraśli*. Mat. Konf. Źródła Polski. Stan badań, monitoring, ochrona, 10–12.10.1997. Olsztyn: WSP, s. 20.
- Górniak A., Pietruczuk A. (2015). Źródła okolic Lęborka (północna Polska). *Gospodarka Wodna*, 5: 135–139.
- Herbich J. (1998). Staniszewskie Zdroje – ochrona szaty roślinnej źródeł. W: J. Herbich, M. Herbichowa (red.), *Szata roślinna Pomorza – zróżnicowanie, dynamika, zagrożenie, ochrona*. Przewodnik Sesji Terenowych 51. Zjazdu PTB 15–19 IX 1998. Gdańsk: Wyd. UG, s. 181–186.
- Jaworska-Szulc B., Pruszkowska-Caceres M., Przewłocka M. (2015). Zmiany wydajności wypływów wód podziemnych młodoglacjalnego obszaru morenowego na Pojezierzu Kaszubskim. *Przegląd Geologiczny*, 63, 10/1.
- Jaworska-Szulc B., Pruszkowska-Caceres M., Przewłocka M. (2014). Analiza kontaktu wód podziemnych i powierzchniowych na podstawie badań ich jakości na młodoglacjalnym obszarze Pojezierza Kaszubskiego. *Przegląd Geologiczny*, 62, 4.
- Jekatierynczuk-Rudczyk E. (2002). *Hydrologiczna specyfika nizinnych wypływów wód podziemnych*. XXX Szkoła Współczesne Zagadnienia Hydrologii, Mądralin 13, 17 maja 2002 roku. Warszawa, s. 133–140.
- Jekatierynczuk-Rudczyk E. (2004). Stan wybranych źródeł na obszarach chronionych regionu białostockiego. W: Z. Michalczyk (red.), *Badania geograficzne w poznawaniu środowiska*. Lublin: Wyd. UMCS, s. 296–300.
- Jokiel P. (1994). Wieloletnie i sezonowe zmiany wydajności wybranych źródeł Polski. *Wiadomości IMiGW*, 17 (4): 117–130.
- Jokiel P., Moniewski P., Ziułkiewicz M. (red.) (2007). *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. Łódź: WNG Uniwersytetu Łódzkiego.
- Karte von den Provinzen Litthauen, Ost und West Preussen u.d. Netz Distrikte auf befehl Ihrer Majestäten des Königs Friedrich Wilhelm II und Friedrich Wilhelm III auf Antrag des Staats Ministers und Departements Chefs Freiherrn von Schrötter in den Jahren 1796 bis 1802 vermessen und topographisch aufgenommen von Friedrich Bernhard Engelhardt Königlichem Kriegs und Domainen Rathe und Ban Director in Neu-Ost-Preussen.
- Kondracki J. (2002). *Geografia fizyczna Polski*. Warszawa: PWN.
- Kubicki R. (2013). Sieć młynów wodnych w dobrach klasztornych na Pomorzu Wschodnim w XIII–XVI w. *Hereditas Monasteriorum*, 2: 35–56.
- Kucharski L. (2007). Flora źródeł – skład i gatunki wskaźnikowe. W: P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziułkiewicz (red.), *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. Łódź: WNG Uniwersytetu Łódzkiego, s. 62–68.
- Lewczuk M. (2013). *Projekt planu ochrony rezerwatu „Źródlika Czarnej Wody”*. Gdynia: RDLP w Gdańsku. Materiał niepublikowany.



- Lidzbarski M. (2005). *Występowanie i dynamika wód gruntowych w północnej części Pojezierza Kaszubskiego*. XII Ogólnopolskie Sympozjum: Współczesne problemy hydrogeologii. Toruń.
- Lidzbarski M. (2015). Identyfikacja systemu krążenia wód podziemnych w procesie ustalania zasobów odnawialnych na przykładzie zlewni Redy i Zagórskiej Strugi. *Przegląd Geologiczny*, 63, 10/2: 893–900.
- Małecka D. (1997). Źródła masywu tatrzańskiego. *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geogr. Phys.*, 2: 9–26.
- Mapa hydrograficzna Polski w skali 1:50 000 ([https://mapy.geoportal.gov.pl/imap/Imgp\\_2.html?gpmmap=gp0](https://mapy.geoportal.gov.pl/imap/Imgp_2.html?gpmmap=gp0)).
- Mapa topograficzna skala 1:10 000 ([https://mapy.geoportal.gov.pl/imap/Imgp\\_2.html?gpmmap=gp0](https://mapy.geoportal.gov.pl/imap/Imgp_2.html?gpmmap=gp0)).
- Mazurek M. (2010). *Hydrogeomorfologia obszarów źródłkowych (dorzecze Parsęty, Polska NW)*. Poznań: Wyd. Nauk. UAM.
- Michalczyk Z. (red.) (1996). *Źródła Roztocza. Monografia hydrograficzna*. Lublin: Wyd. UMCS.
- Michalczyk Z. (red.) (2001). *Źródła Wyżyny Lubelskiej i Roztocza*. Lublin: Wyd. UMCS.
- Michalska G. (2001). Zróżnicowanie właściwości fizykochemicznych wód podziemnych w zlewni Chwalimskiego Potoku (górną Parsętą, Pomorze Zachodnie). W: M. Józwiak, Kowalkowski (red.), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego w Polsce. Funkcjonowanie i monitoring geoekosystemów z uwzględnieniem zanieczyszczenia powietrza. Bibl. Monitoringu Środ.*: 305–320.
- Moniewski P. (2004). Źródła okolic Łodzi. *Acta Geogr. Lodzianensia*, 87.
- Moniewski P. (2007). Podstawowe pojęcia, typologie i klasyfikacje współczesnej krenologii. W: P. Jokieli, P. Moniewski, M. Ziułkiewicz (red.), *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. Łódź: WNG Uniwersytetu Łódzkiego, s. 15–29.
- Nerkowski P. (2006). *Baza danych GIS MhP 1 : 50 000. Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika, ark. Sławoszyno (0005)*. Warszawa: Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A.
- Nowakowski C. (1977). Charakterystyka wydajności źródeł strefy czołowomorenowej Pojezierza Suwalskiego. *Biuletyn Geologiczny*, 21: 177–183.
- Osadowski Z. (2010). *Wpływ uwarunkowań hydrologicznych i hydrochemicznych na różnicowanie szaty roślinnej źródeł w krajobrazie młodoglacjalnym Pomorza*. Poznań–Słupsk: Akademia Pomorska w Słupsku, Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Pazdro Z., Kozerski B. (1990). *Hydrogeologia ogólna*. Warszawa: Wydawnictwa Geologiczne.
- Skompski S. (1982). *Detailed Geological Map of Poland, 1: 50,000. Sheet: 4 – Choczewo with commentary*. Warszawa: Geological Publishing House.
- Staśko S., Tarka R. (2002). *Zasilanie i drenaż wód podziemnych w obszarach górskich na podstawie badań w Masywie Śnieżnika*. Wrocław: Wyd. UWr., s. 1–86.
- Szczucińska A. (2014). Spatial distribution and hydrochemistry of springs and seepage springs in the Lubuska Upland of western Poland. *Hydrology Research*, 45: 379–390.
- Szczucińska A. (2016). Spring water chemistry in a formerly glaciated area of western Poland: the contribution of natural and anthropogenic factors. *Environmental Earth Sciences*, 75, 712: 1–15.

- Tomaszewski J. (1977). Charakterystyka krenologiczna masywu krystalicznego na przykładzie Karkonoszy. *Acta Universitatis Wratislaviensis, Studia Geograficzne*, 28.
- Topographische Karte Masstischblatter 1:25 000 Mechau* (1919). Reg. Bez. Danzig.
- Wołejko L. (2000a). Roślinność źródliskowa (klasy Montio-Cardaminetea i Fontinaletea Antipyreticae) kompleksów źródliskowych Polski Północno-Zachodniej. *Folia Univ. Agric Stetin.*, 213, *Agricultura*, 85: 203–220.
- Wołejko L. (2000b). Dynamika fitosocjologiczno-ekologiczna ekosystemów źródliskowych Polski północno-zachodniej w warunkach ekstensyfikacji rolnictwa. *Rozprawy*, 195. Akademia Rolnicza w Szczecinie.