Antropomineralne wody źródeł Warszawy

Robert Dziedziczak*

Anthropo-mineral spring waters in Warsaw. Prz. Geol. 54: 982–986.

S u m m a r y . Groundwater in area of Warsaw aglomeration are characterised by high variation of their chemistry and mineralization. According to the current legal standards spring waters in Warsaw can be named mineral. Concentrations and spetiations of elements demonstrate of their anthropogenic origin. Results and interpretations presented below allow to name these waters anthropo-mineral.

Key words: *groundwater, anthropo-mineral water, water quality, springs, groundwater contamination*

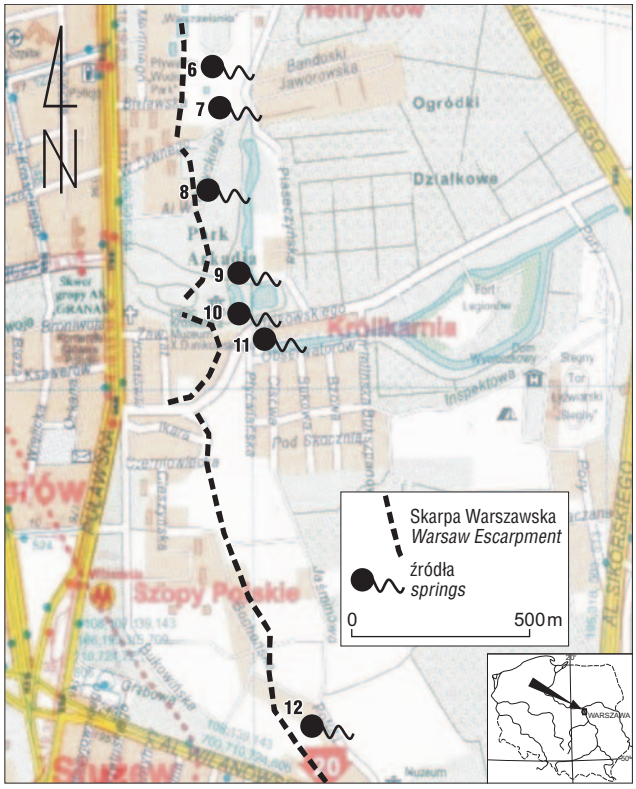
Na terenie Warszawy, najczęściej w miejscach rozcięć erozyjnych u podnóża Skarpy Warszawskiej, występują źródła. Woda wypływa z nich grawitacyjnie, są to więc źródła descenzyjne. Reżim tych źródeł został pośrednio lub bezpośrednio zmieniony przez działalność człowieka. Jak więc nazwać źródło, którego dynamika, temperatura czy też chemizm wód zostały zaburzone antropogenicznie? Czy nadal powinno się używać określenia źródło? Pojęcie to jest przecież ściśle zdefiniowane.

Prowadzone od lat w różnych ośrodkach naukowych badania wód źródeł u podnóża Skarpy Warszawskiej wskazują na wyraźny wzrost ich mineralizacji oraz przekształcenie chemizmu. Zakres przekształceń znacznie przekracza zmiany uznawane za początkowe stadium antropopresji. Suma składników rozpuszczonych w tych wodach przekracza 1 g/dm^3 — nie są to więc wody słodkie, lecz mineralne. Jednak w polskiej literaturze naukowej pojęcie wód mineralnych tradycyjnie związane jest z wodami zmineralizowanymi w toku procesów przyrodniczych. Stąd propozycja nazwania wód o podwyższonej mineralizacji wywołanej czynnikami antropogenicznymi — wodami antropomineralnymi.

Źródła Warszawy — wczoraj i dziś

Pierwsze wzmianki o powszechnym wykorzystywaniu źródeł warszawskich do zaopatrzenia ludności w wodę pojawiły się w XIX wieku (Pusz, 1844). Opisywane były wówczas zarówno źródła zlokalizowane na wysoczyźnie, jak i pod zboczem Skarpy Wiślanej. Obecnie na powierzchni wysoczyzny źródła nie występują. Jedynie wiosną, przy bardzo wysokich stanach wód podziemnych pojawiają się okresowe wypływy. Ich lokalizacja zależy głównie od warunków meteorologicznych i hydrogeologicznych. Również u podnóża skarpy wiele źródeł już zanikło.

Wszystkie stałe źródła lewobrzeżnej Warszawy występują wyłącznie u podnóża Skarpy Warszawskiej. Znajdują się one w rejonie Lasku Bielańskiego, Starego Miasta, Uniwersytetu Warszawskiego oraz Królikarni. Najwięcej źródeł występuje w rejonie Królikarni. Ich lokalizację przedstawiono na rycinie 1.



Ryc. 1. Przebieg krawędzi Skarpy Warszawskiej w rejonie Królikarni wraz z lokalizacją źródeł. Numeracja źródeł wg tabeli 1
Fig. 1. Location of Warsaw Escarpment and springs in area of Królikarnia. Numbering springs accordingly to table 1

Obok źródeł naturalnych ze ściany Skarpy Warszawskiej wypływają też okresowe źródła antropogeniczne. Czynne źródła warszawskie, uszeregowane zgodnie z kolejnością ich występowania z północy na południe, przedstawiono w tabeli 1.

Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne w rejonie Skarpy Warszawskiej

Urozmaicona budowa geologiczna rejonu Skarpy Warszawskiej determinuje skomplikowane warunki hydrogeologiczne. Występują tu dwa główne paleogeńsko-neogeńskie piętra wodonośne. Piętra paleogeńsko-neogeńskie stanowią odrębną jednostkę, zwaną subniecką warszawską, w której występują dwa poziomy wodonośne — oligoceński i mioceński (Malinowski, 1991). W utworach czwarto-

*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; dz@uw.edu.pl

Tab. 1. Źródła Skarpy Warszawskiej — stan na rok 2006
Table 1. Warsaw Escarpment Springs — year 2006

Lokalizacja źródła *Localisation of spring*	**Nazwa źródła** *Name of spring*	**Symbol źródła** *Symbol of spring*	**Charakterystyka** *Spring type*
Bielany — przy ul. Dewajtis	Źródło ATK, Źródło Staszica Źródło Bielańskie	1	stałe, ujęte *perennial, stabilized*
Śródmieście — przy ul. Zakroczymskiej	Źródło Królewskie, Źródło Stanisława Augusta	2	stałe, ujęte *perennial, stabilized*
Śródmieście — przy ul. Browarnej	Uniwersytet Warszawski N Uniwersytet Warszawski Uniwersytet Warszawski S	3 4 5	stałe, ujęte *perennial, stabilized*
Mokotów — Królikarnia, przy ul. Bandoski		6	stałe *perennial*
Mokotów — Królikarnia, przy ul. Piaseczyńskiej		7	stałe *perennial*
Mokotów — Królikarnia, przy alei Pod Skarpą		8	okresowe *periodical*
Mokotów — Królikarnia, przy ul. Idzikowskiego		9 10	stałe *perennial*
Mokotów — Królikarnia, przy skrzyżowaniu ul. Obserwatorów i Płyćwiańskiej		11	zdrenowane *drained*
Mokotów — Szopy Polskie, przy ul. Potoki		12	stałe *perennial*

rzędu występują 3 poziomy wodonośne, pozostające w więzi hydraulicznej (Cygański & Woźniak, 1997).

Główną formą geomorfologiczną jest dolina Wisły, ograniczona od zachodu stromą skarpą, stanowiącą krawędź drugiej dominującej formy geomorfologicznej — wysoczyzny polodowcowej.

W dolinie Wisły pierwszy poziom wodonośny występuje w drobnopiaszczystych osadach zlodowacenia północnopolskiego i środkowopolskiego. Drugi poziom znajduje się na głębokości 20–40 m w piaszczysto-żwirowych osadach interglacjału mazowieckiego. Trzeci zaś stwierdzono tylko w rejonie placu Na Rozdrożu oraz Al. Ujazdowskich (na głębokości 50–80 m) — w utworach kopalnej doliny, datowanych na zlodowacenie południowopolskie i interglacjał kromerski (Cygański & Woźniak, 1997). Istotne znaczenie dla położenia zwierciadła wody na wysoczyźnie oraz w strefie podskarpowej ma pasowe wypiętrzenie iłów plioceńskich. Wypiętrzenie to tworzy miejscami naturalną barierę hydrodynamiczną dla wód spływających z wysoczyzny ku Wiśle, zwłaszcza w suchym okresie letnim. Rozcięcia erozyjne w podłożu ilastym są miejscami wypływu licznych źródeł. Wody pierwszego poziomu wodonośnego w dolinie Wisły charakteryzują się zwierciadłem swobodnym, występującym na głębokości od 0,0 m p.p.t. w strefie przykrawędziowej skarpy do ok. 2,5 m p.p.t. przy brzegu Wisły (Dziedziczak, 2006). Jednak w warunkach zmian antropogenicznych, do których należy między innymi osuszenie terenu czy zwarta zabudowa, zdarza się, że na pierwsze zwierciadło w dolinie możemy natrafić dopiero na głębokości 5–6 m p.p.t.

Na wysoczyźnie występują dwa poziomy wodonośne, połączone ze sobą hydraulicznie. Płytszy występuje na głębokości od kilku do kilkunastu metrów (Cygański & Woźniak, 1997). W trakcie badań prowadzonych w 2006 r. nie stwierdzono go do głębokości 9,5 m (Dziedziczak, 2006), co jest zapewne skutkiem głębokiego odwodnienia. Pierwszy poziom wodonośny jest często pozbawiony naturalnej izolacji od powierzchni, leżą nad nim głównie piaski drobnoziarniste z przewarstwieniami piasków gliniastych oraz liczne nasypy. Drugi poziom wodonośny w obszarach, gdzie występuje jako poziom międzyglinowy, charakteryzuje się zwierciadłem częściowo napiętym, natomiast w tam gdzie pozostaje w łączności hydraulicznej z pierwszym poziomem — swobodnym. Lokalnie, wskutek płytkiego występowania pliocenu, jego miąższość jest niewielka. Oba poziomy są zasilane wodami opadowymi, ale tylko na terenach niezbyt gęsto zabudowanych. Łatwo też mogą ulegać zanieczyszczeniu.

Czynniki zakłócające naturalne warunki hydrodynamiczne

Obecnie w Warszawie występuje około 10 stałych źródeł. W wyniku prowadzonych od stuleci licznych prac odwodnieniowych, związanych z rozbudową miasta, ich liczba znacznie się zmniejszyła. Niektóre źródła doczekały się ujęć i obudów, na przykład obudowę źródła przy ul. Zakroczymskiej ufundował sam król Stanisław August, toteż zwane jest ono Źródłem Królewskim.

Inne źródła zostały osuszone albo zostały ujęte i zmieniono ich lokalizację. Na przykład źródło przy ulicy Płyćwiańskiej zostało zdrenowane przez odwodnienie pobliskiego apartamentowca. Odwodnienie to działa 24 godz./dobę i uniemożliwia odnowienie wypływu. Badania wód pochodzących z tego odwodnienia można traktować jako kontynuację badań źródła, ponieważ ich chemizm w

blisko 100% odpowiada chemizmowi wód dawnego źródła. Oczywiście nie można tu pomierzyć takich cech, jak wydajność czy temperatura, ponieważ zostały one zmienione przez działanie pompy i nie oddają naturalnych warunków środowiska, tylko parametry techniczne urządzenia. Wody źródeł wypływających niegdyś przy ulicach Belwederskiej, Agrykoli i Oboźnej zostały ujęte i włączone do sieci kanalizacyjnej (Czarnecka, 1963). Zdarza się też, że w miejscach uszkodzeń rur wody z wodociągu mieszają się z płytkimi wodami podziemnymi. Fakt ten trudno rozpoznać — czasem uwidacznia się on w postaci lokalnego, okresowego polepszenia jakości wód źródeł.

Przyczyn zmian warunków migracji wód i przekształceń reżimu źródeł w Warszawie jest wiele. Najczęściej należą do nich zmiany poboru wód podziemnych, osuszanie terenu, ograniczanie infiltracji bądź intensyfikacja zasilania — poza tym zmiany warunków hydrogeologicznych są związane z:

- ❏ budową sieci wodociągowej i kanalizacyjnej;
- ❏ budową ujęć wód podziemnych;
- ❏ drenażem wyższych poziomów wodonośnych i odcięciem lub ograniczeniem dopływu do niektórych obszarów;
- ❏ nieprzepuszczalnymi, ograniczającymi infiltrację nasypami, barierami hydrodynamicznymi i uszczelnieniami;
- ❏ starymi, podziemnymi kanałami lub zasypanymi ciekami powierzchniowymi, tworzącymi uprzywilejowane strefy przepływu wód;
- ❏ głębokimi wykopami pod szlaki komunikacyjne (Trasa Łazienkowska, Trasa W-Z);
- ❏ ciągami kanalizacji deszczowej ulic biegnących w naturalnych i sztucznych wąwozach;
- ❏ zabudową miejską — ograniczającą infiltrację wód opadowych;
- ❏ budową i funkcjonowaniem Metra Warszawskiego.

Budowa metra jest jedną z najważniejszych przyczyn, które wpłynęły w ostatnich latach na zmianę stosunków wodnych w strefie przykrawędziowej wysoczyzny. Linia metra biegnie równolegle do krawędzi Skarpy Warszawskiej. Zdepresjonowanie warstwy wodonośnej jest widoczne zwłaszcza wtedy, gdy prowadzone są prace odwodnieniowe podczas budowy kolejnych odcinków metra. Z tego powodu przez kilka lat nie wypływała woda ze źródeł w pobliżu Uniwersytetu Warszawskiego. Trzy wypływy przy ulicy Browarnej, rejestrowane w latach 90. XX w. przez Kuźawę i Gutry Korycką (2003), były suche od 2000 r. do jesieni 2002 r. (Dziedziczak, 2006). Obecnie dwa z nich są czynne. W wyniku osuszenia związanego z budową metra oraz modernizacji parku wzdłuż ulicy Browarnej źródło przy ul. Oboźnej, zwane czasem UW Południe, całkowicie zanikło. Brak zasilania źródła jest związany z głębokim posadowieniem ścianek szczelnych tunelu metra i ograniczeniem dopływu wód od strony zachodniej. Okresowo do ozdobnej obudowy tego źródła doprowadzana jest woda wodociągowa. Również źródło przy ulicy Agrykola oraz źródło Okrąglak pod Ujazdowem zasilane są przez wody wodociągowe — przez pomyłkę badane przez niektórych jako naturalne.

Na skutek nieszczelności przewodów kanalizacyjnych, a zwłaszcza ciepłowniczych, źródła warszawskie charakteryzują się często podwyższoną temperaturą. Jest to szcze-

Tab. 2. Zmienność typów hydrochemicznych wód (dane z roku 1968 wg Picha & Płochniewskiego, 1968)
Table 2. Hydrochemical water types variability (year 1968 after Pich, Płochniewski, 1968)

Źródło (symbol) *Spring (symbol)*	**2003**	**1998–2000**	**1968**
Bielany przy ul. Dewajtis (1)	SO4–Ca–Na–Mg	–	HCO3– SO4–Ca–Na
Śródmieście Źródło Królewskie przy ul. Zakroczymskiej (2)	Cl– HCO3–Ca–Na	–	Cl– HCO3–SO4–Na–Ca
Śródmieście — przy ul. Browarnej (3)	SO4–Cl– HCO3–Ca–Na	–	SO4–Cl–HCO3–Ca–Na
Śródmieście — przy ul. Browarnej (4)	SO4–Cl– HCO3–Ca–Na	–	–
Śródmieście — przy ul. Browarnej (5)	SO4– HCO3–Cl–Ca–Na	–	SO4–Cl – HCO3–Ca–Na
Królikarnia przy ul. Bandoski (6)	HCO3– SO4–Cl–Ca–Na	–	–
Królikarnia przy ul. Piaseczyńskiej (7)	HCO3– SO4–Cl–Ca	HCO3–Cl– SO4–Ca HCO3– SO4–Cl–Ca SO4– HCO3–Na–Ca	HCO3–Cl– SO4–Ca–Na
Królikarnia przy alei Pod Skarpą (8)	HCO3–Cl– SO4–Ca	Cl– SO4–HCO3–Ca HCO3– SO4–Ca–Na	–
Królikarnia przy ul. Idzikowskiego (9)	HCO3–Cl– SO4–Ca	–	–
Królikarnia przy ul. Idzikowskiego (10)	HCO3–Cl– SO4–Ca–Na	SO4–HCO3–Cl–Ca HCO3– SO4–Cl–Ca–Na	HCO3– SO4–Ca–Na
Królikarnia przy skrzyżowaniu ul. Obserwatorów i Płyćwiańskiej (11)	HCO3–Cl– SO4–Ca	HCO3–Cl– SO4–Ca HCO3– SO4–Cl–Ca–Na	HCO3–Cl– SO4–Ca–Na
Szopy Polskie przy ul. Potoki (12)	HCO3–Cl– SO4–Ca–Na	–	–

gólnie dobrze widoczne zimą, np. w wypływie źródła przy ul. Idzikowskiego (nr 9) w Królikarni.

Zmiany mineralizacji i chemizmu wód źródlanych

Rozpoznanie chemizmu wód źródeł warszawskich potwierdza silną antropopresję na wody podziemne lewobrzeżnej części miasta. Występujące tu wody należą do kilku typów hydrochemicznych i charakteryzuje je wielojonowość. Zawierają w swoim składzie od 4 do 5 jonów głównych (w ilości powyżej 20% mvali). Zmienność typów chemicznych wód warszawskich źródeł w czasie przedstawiono w tabeli 2. Najczęściej obserwowane są zmiany udziałów anionów. Dominujący w warunkach naturalnych jon wodorowęglanowy często jest zastępowany przez jon siarczanowy lub chlorkowy. Wśród kationów maleje ilość wapnia na korzyść sodu, a czasem również magnezu. W źródłach Królikarni dominuje typ wody Ca–HCO_3–Cl–SO_4. Pojawienie się dodatkowych jonów lub ich ilościowa niestabilność świadczą o okresowym zanieczyszczeniu. Może to być również skutkiem rozpuszczania lub wytrącania, procesów zachodzących w warstwie wodonośnej w zależności od czystości wód migrujących oraz ośrodka, przez który woda infiltruje. Obserwowana jest również sezonowa zmienność typów wody. Jest ona związana z zanieczyszczeniami lokalnymi oraz nasileniem opadów atmosferycznych. Prawidłowość tę odnotował w źródle przy ul. Piaseczyńskiej Macioszczyk i in. (1991). W czasie kilku miesięcy badań w 1990 r. w składzie chemicznym wody z tego źródła dominacja poszczególnych anionów zmieniała się czterokrotnie (tab. 3). W roku 2003 to samo źródło nie wykazywało tak dużej sezonowej zmienności, jak przed laty (patrz tab. 3). Analizy z 2003 roku w 3 przypadkach są jednakowe. Dokumentują jednak wzrost dominacji siarczanów w porównaniu z rokiem 1991. Jedynie w lipcu 2003 r. typ hydrochemiczny wody zmienił się. W składzie chemicznym wody przeważały wówczas chlorki i wzrósł udział sodu i magnezu, co w połączeniu z podwyższeniem przewodności elektrolitycznej właściwej o ponad 15% świadczy o okresowym, miejscowym dopływie zanieczyszczeń lub ograniczeniu dopływu wód mało zmineralizowanych. Na korzyść teorii okresowego zanieczyszczania przemawia fakt, iż zarówno wiosną 1975 r., jak i przez cały 1986 r., woda była typu HCO_3–SO_4–Cl–Ca, a więc takiego, jak w roku 2003 (Mysiak & Nejfeld, 1975; Macioszczyk, 1986).

Przedstawione zmienności chemizmu są potwierdzeniem udziału antropopresji w kształtowaniu jakości wód podziemnych. Zróżnicowanie jonowe jest największe w wodach o dużej mineralizacji. Jako wskaźnika mineralizacji użyto przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW), parametru stosowanego w obowiązujących normach sanitarnych (Rozporządzenie, 2002). W najbardziej zanieczyszczonych wodach, których PEW przekracza 2,5 mS/cm, dominują aniony siarczanowe lub chlorkowe (źródła przy ul. Browarnej, Źródło Królewskie). Wody w rejonie Starego Miasta charakteryzują się znacznie większym zanieczyszczeniem niż wody z obszaru Mokotowa czy Bielan. Średnia przewodność wód na Mokotowie jest o ponad 1 mS/cm niższa. Przyczyn jest kilka, ale jedną z nich jest na pewno wielowiekowa działalność człowieka na obszarze Starego Miasta. Ponadto wody podziemne na Mokotowie, zanim trafią do źródeł, przechodzą długą drogę filtracji w osadach piaszczystych pierwszego poziomu wodonośnego. Na korzyść teorii wpływu samej warstwy wodonośnej na jakość wód przemawia fakt różnego stopnia zanieczyszczenia źródeł w Królikarni. Źródła te dzieli niewielka odległość (50–200 m) i chociaż ich wody mają na ogół podobny typ hydrochemiczny, to ładunki poszczególnych zanieczyszczeń różnią się czasem dwukrotnie.

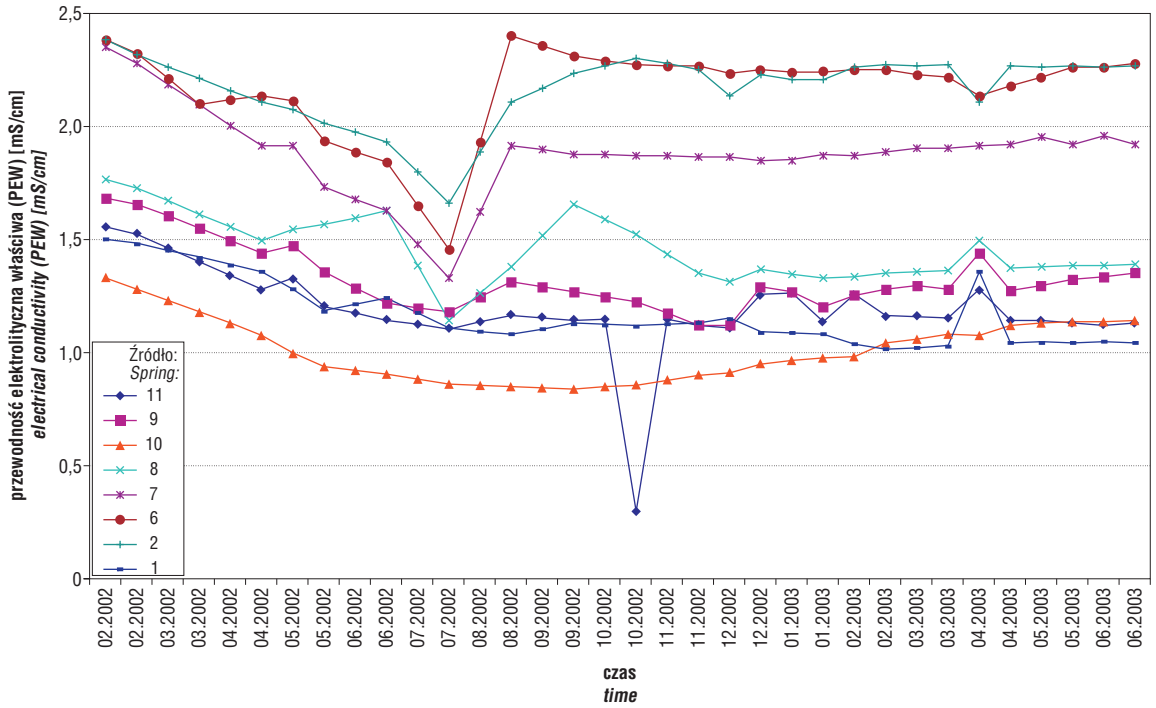
Tab. 3. Sezonowe zmiany typów hydrochemicznych wody w źródle przy ul. Piaseczyńskiej (7) w 1990 i 2003 r.
Table 3. Hydrochemical water types seasonal changes in Piaseczyńska spring (7) in the years 1990 and 2003

Data analizy *Date of analysis*	**Typ hydrochemiczny** *Hydrochemical type*	**Data analizy** *Date of analysis*	**Typ hydrochemiczny** *Hydrochemical type*
Według Macioszczyk, 1991 *After Macioszczyk, 1991*		Według Dziedziczaka, 2003 *After Dziedziczak, 2003*	
IV 1990	HCO_3–SO_4–Cl–Ca	IV 2003	HCO3–SO4–Cl–Ca
V–VI 1990	HCO_3–Cl –SO_4 –Ca	VI 2003	HCO_3–SO_4–Cl–Ca
VII 1990	Cl–HCO_3–SO_4–Ca	VII 2003	Cl–SO_4–Ca–Na–Mg
VII–IX 1990	Cl–HCO_3–Ca	X 2003	HCO_3–SO_4–Cl–Ca

Warszawskie źródła charakteryzują się przewodnością powyżej 1 mS/cm (ryc. 2), co pozwalałoby nazwać ich wody mineralnymi. Wyjątek stanowi źródło nr 10 — mierzona w nim przewodność była okresowo niższa, co mogło być skutkiem np. zanieczyszczenia wody detergentami lub lokalnego dopływu wód nisko zmineralizowanych, pochodzących z opadów atmosferycznych. Wahania mineralizacji wód warszawskich źródeł sięgają 30%. Charakteryzują się zmiennością sezonową i wynikają z działalności człowieka. Dlatego wody te, biorąc pod uwagę formy i pochodzenie rozpuszczonych w nich substancji, można określić jako antropomineralne. Związek między mineralizacją a PEW jest bardzo ścisły. Jednak w przypadku zmiennego składu chemicznego zanieczyszczonych wód precyzyjne wyznaczenie przelicznika do porównywania obu wielkości jest bardzo trudne, ponieważ wartość przelicznika ulega zmianie w zależności od składu jonowego badanej wody.

Do wzrostu mineralizacji wód podziemnych w źródłach Skarpy Warszawskiej przyczyniają się:

- stare wysypiska odpadów i miejskie śmietniska;



Ryc. 2. Zmiany przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) wody źródeł na podstawie badań w latach 2002–2003
Fig. 2. Changes of electrical conductivity of spring water in the years 2002–2003

- ❏ pozostawione w gruncie stare przewody kanalizacyjne, ruiny budynków i gruz;
- ❏ nieszczelne rury kanalizacyjne i szamba;
- ❏ nasypy bogate w łatwo rozpuszczalne sole, grunty antropogeniczne;
- ❏ lokalne zasilanie źródeł z nieszczelnej sieci wodociągowej, kanalizacyjnej lub centralnego ogrzewania;
- ❏ stosowanie środków zimowego utrzymania dróg;
- ❏ intensywne nawożenie skwerów i ogródków działkowych;
- ❏ koncentracja ognisk zanieczyszczeń przemysłowych i komunikacyjnych na powierzchni terenu;
- ❏ zmieniające chemizm wód opadowych zanieczyszczenie atmosfery.

Oddziaływanie tych czynników na wody podziemne w obszarach miejskich jest dosyć złożone, przez to końcowa interpretacja pochodzenia mineralizacji wód bywa bardzo skomplikowana i niejednoznaczna.

Podsumowanie

W wielu opracowaniach dotyczących klasyfikacji wód podziemnych od dawna prowadzona jest dyskusja na temat wartości granicznej mineralizacji wód, odróżniającej wody słodkie od mineralnych. W polskiej literaturze jest ona przyjmowana najczęściej jako 1 lub 2 g substancji rozpuszczonej w dm^3 wody. Na obszarach zurbanizowanych, np. w Warszawie, występują często wody o mineralizacji przekraczającej nawet 2 g/dm^3. W celu podkreślenia udziału czynnika antropogenicznego w kształ- towaniu mineralizacji tych wód proponuję wprowadzenie terminu wody antropomineralne. Nazwa ta obejmowałaby wszystkie wody podziemne o mineralizacji podwyższonej przez czynniki antropogeniczne.

Literatura

CYGAŃSKI K. & WOŹNIAK E. 1997 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusze Warszawa Wschód i Warszawa Zachód. Wyd. Geol.
CZARNECKA H. 1963 — Źródła na terenie Warszawy — wiadomości służby hydrogeologicznej i meteorologicznej. Z. 54 a, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
DZIEDZICZAK R. 2006 — Zaopatrzenie lewobrzeżnej Warszawy w wodę — wpływ człowieka na wody podziemne — historia i współczesność. [W:] X Międz. Konf. Nauk. Hydrogeochemia '06, 23–24.06.2006, Sosnowiec. Wydz. Nauk o Ziemi USl.
KUŻAWA R. & GUTRY-KORYCKA M. 2003 — Źródła Skarpy Warszawskiej — Pr. Stud. Geogr., 31: 257–278.
MACIOSZCZYK A. 1986 — Regionalne anomalie hydrogeochemiczne zachodniej części niecki mazowieckiej. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW, 30: 83–123.
MACIOSZCZYK A., GROCHOWSKI D. & PORĘBSKA G. 1991 — Zanieczyszczenia antropogeniczne wód w źródłach lewobrzeżnej Warszawy. Współczesne problemy hydrogeologii nr 48. PIG, Warszawa.
MALINOWSKI J. (red.) 1991 — Budowa geologiczna Polski, t. VII, Hydrogeologia. Wyd. Geol.
MYSIAK Z. & NEJFELD A.K. 1975 — Źródła i studnie starej Warszawy lewobrzeżnej. Arch. Wydz. Geol. UW, nr arch. 346-347.
PICH J. & PŁOCHNIEWSKI Z. 1968 — Chemizm wód ze źródeł występujących na obszarze Warszawy. Prz. Geol., 16: 511–517.
PUSZ J.B. 1844 — O temperaturze źródeł okolic Warszawy, t. III. Bibl. Warsz.
Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 19 listopada 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. z dnia 05.12.2002 nr 203 poz. 1718.