

ZANIECZYSZCZENIE ŚRODOWISKA WODNEGO W REJONIE SKŁADOWISKA ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH ZIELONA ZAKŁADÓW CHEMICZNYCH „ZACHEM” W BYDGOSZCZY

WATER ENVIRONMENT POLLUTION IN THE AREA OF ZIELONA INDUSTRIAL WASTE SITE IN THE “ZACHEM” CHEMICAL PLANT, BYDGOSZCZ (POLAND)

DOROTA PIETRUCIN¹

Abstrakt. Składowisko odpadów przemysłowych Zielona, położone na terenie Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy, stanowi ognisko zanieczyszczeń dla środowiska wodnego. Wody podziemne skażonego rejonu zakładów wykazują mineralizację, której wartość dochodzi do około 19 g/dm³. W badanych wodach stwierdza się duże stężenia chlorków (11 g/dm³), siarczanów (8 g/dm³) oraz sodu (4 g/dm³) i wapnia (3 g/dm³). Dodatkowo wybrane pierwiastki śladowe, żelazo i mangan występują na poziomie do około kilkuset mg/dm³ (Fe – 672,73 mg/dm³; Mn – 15,36 mg/dm³). Składowisko Zielona stanowi interesujący obiekt badań naukowych z uwagi na współwystępowanie zanieczyszczeń nieorganicznych i organicznych oraz ich interakcje. W artykule autorka opisuje zanieczyszczenie substancjami nieorganicznymi. Obecnie są prowadzone badania nad zanieczyszczeniami organicznymi.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenia nieorganiczne, składowiska odpadów przemysłowych, monitoring wód podziemnych, zakłady chemiczne, Bydgoszcz.

Abstract. Industrial waste site Zielona, located on the area of Chemical Plant “Zachem” in Bydgoszcz, is an important source pollution for water environment. Groundwater in the outflow flux from waste site are highly polluted with TDS values up to 19 g/dm³. In the examined groundwater samples the concentration reached the highest values of chlorides (11 g/dm³), sulfates (8 g/dm³), sodium (4 g/dm³) and calcium (3 g/dm³). In addition selected trace elements, mainly iron and manganese, are observed in concentrations level up to a few hundreds mg/dm³ (Fe – 672.73 mg/dm³; Mn – 15.36 mg/dm³). Industrial waste site Zielona is an interesting object from the scientific point of view due to co-existence of non-organic and organic pollutants and interactions among these substances. In this paper the author describes the non-organic contamination risks. There are ongoing studies of organic pollutants.

Key words: non-organic pollutants, industrial waste site, groundwater monitoring, chemical plant, Bydgoszcz.

WSTĘP

Składowisko odpadów przemysłowych Zielona zostało założone w 1956 roku w dawnym wyrobisku po eksploatacji gliny (Narwojsz, 1989), jako składowisko ogólnozakładowe Zakładów Chemicznych (ZCh) „Zachem” w Bydgoszczy. W 1987 r. w zachodniej części składowiska rozpoczęto budowę nowoczesnego Izolowanego Składowiska Odpadów (ISO). Wpływ na środowisko wodne całego obiektu jest

związany z brakiem izolacji i nieczynnym drenażem starej części składowiska, w związku z tym zanieczyszczenia w dużej ilości trafiają zarówno do gruntu, jak i do wód podziemnych. Obecnie zrehabilitowane składowisko odpadów przemysłowych Zielona stanowi zatem nadal ognisko zanieczyszczeń wód podziemnych.

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: pietruc@agh.edu.pl

Odpady deponowane na składowisku mają różnorodny skład. Są to osady z produkcji barwników w postaci szlamów poredukcyjnych, ponitracyjnych, smół podestylacyjnych, szlamy węgla aktywnego oraz gips i kreda. Składowano tutaj również odpady z produkcji tworzyw sztucznych (polwinit i żelowane kleje) oraz żelowane odpady po systemach ciekłych. Odpady najbardziej niebezpieczne dla środowiska, czyli siarczyny sodu pofenolowego i smoły

podestylacyjne z produkcji fenolu, składowano od 1959 r. Do początku lat 90. XX wieku bryły skamieniałego siarczyny składowano w sposób nieorganizowany w zagłębieniach składowiska. Ogółem w trakcie całego okresu deponowania na składowisku zgromadzono kilkadziesiąt tysięcy ton siarczyny oraz kilka tysięcy ton fenoli. Na nowoczesnym składowisku ISO są deponowane osady pochodzące z Centralnego Zbiornika Uśredniania Ścieków.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Głównym piętnem wodonośnym w rejonie składowiska Zielona Zakładów Chemicznych „Zachem” jest piętro czwartorzędowe. Tworzą je różnorodne pod względem litologicznym luźne utwory, głównie glacialne. Są one podścielone słabo przepuszczalnymi ilami paleogeńskimi. Dominującymi utworami w profilu czwartorzędowym są piaski

z wkładkami gliny zwałowej, ilów, mułków oraz żwirów i otoczków (Kozłowska, Kozłowski, 1992). Miejscami występują torfy i nasypy pochodzenia antropogenicznego. Ważnym elementem budowy geologicznej, wpływającym na kierunki przepływu wód podziemnych, są głęboko wcięte doliny kopalne (fig. 2).

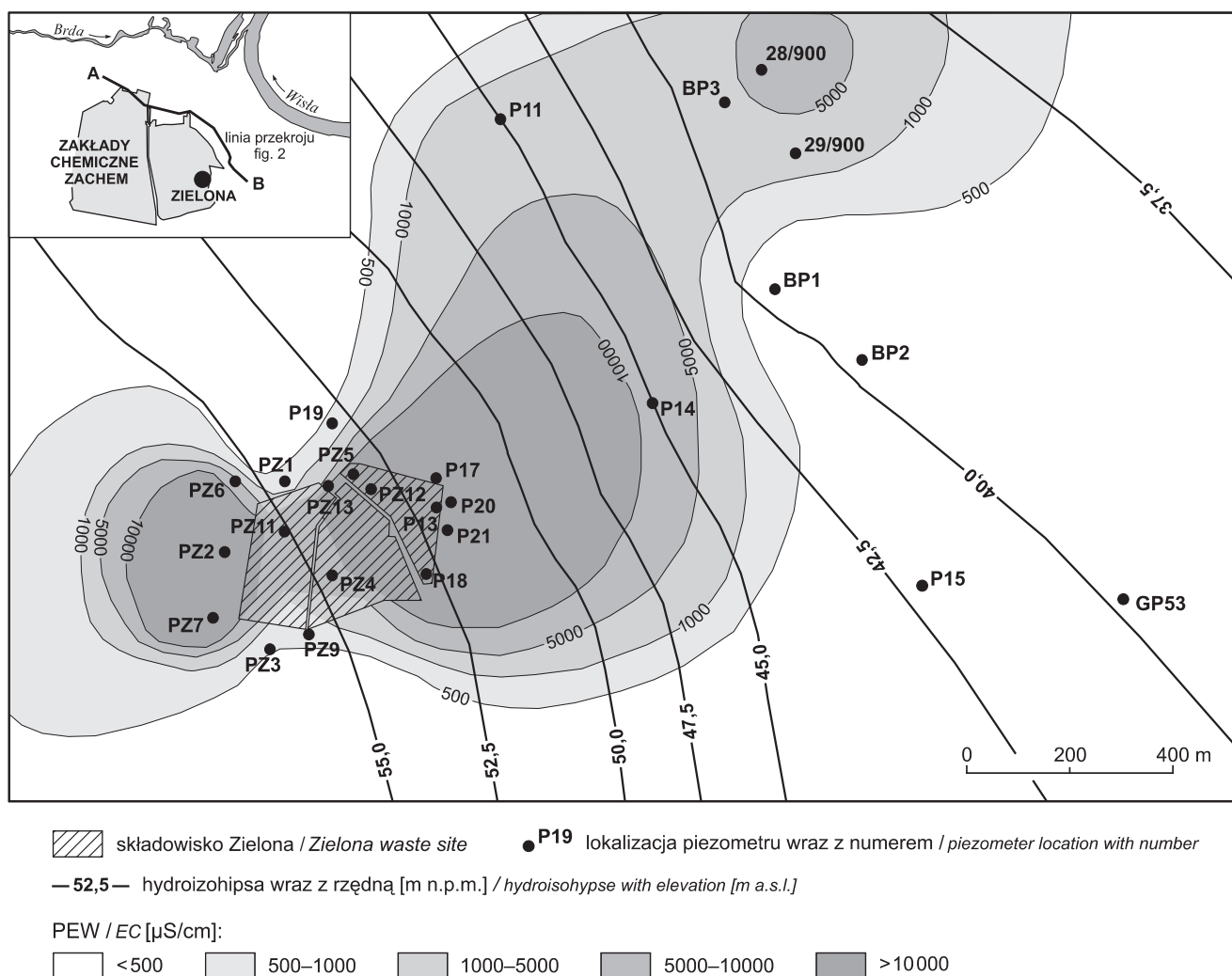


Fig. 1. Mapa przewodnictwa wody podziemnej w rejonie składowiska Zielona na tle hydroizohips

Map of the specific electrical conductivity of groundwater in the area of industrial dump-site Zielona on contour map

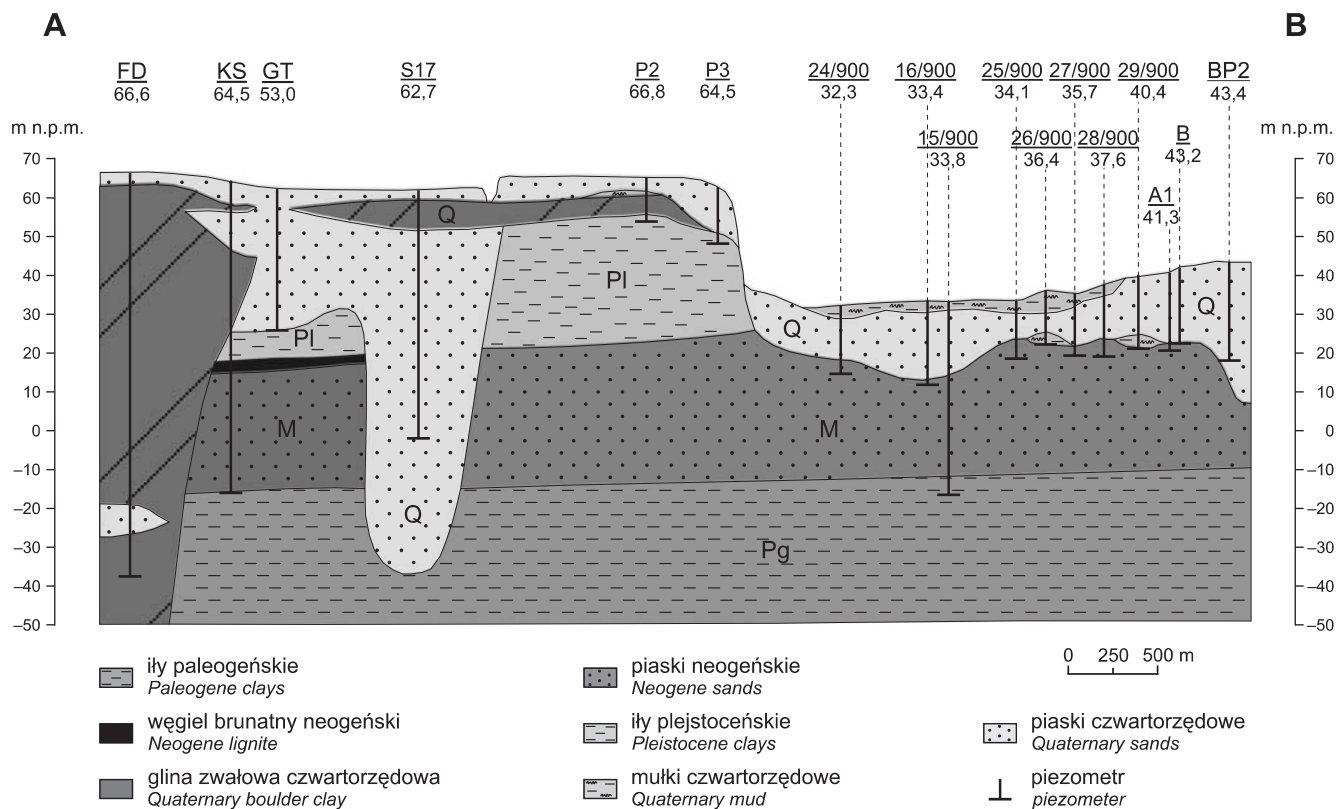


Fig. 2. Przekrój geologiczny przez rejon Zakładów Chemicznych „Zachem” (Narwojsz, 2007)

Geological cross-section of the “Zachem” Chemical Plant (Narwojsz, 2007)

Główna czwartorzędowa warstwa wodonośna na obszarze ZCh „Zachem” obejmuje wody o zwierciadle swobodnym lub lekko napiętym. W dolinie Wisły łączy się z piaskami neogeńskimi, tworząc jeden neogeńsko-czwartorzędowy poziom wodonośny. Miąższość zawodnionych utworów piaszczystych waha się od 6 do ok. 80 m w obrębie doliny kopalnej. Wspomniany poziom wodonośny jest zasilany przez infiltrację opadów atmosferycznych oraz przez przesiąkanie wód z lokalnie występującego płytkiego poziomu wodonośnego.

Kierunki przepływu wód podziemnych w obrębie poziomu neogeńsko-czwartorzędowego są silnie zaburzane nie tylko przez skomplikowaną budowę geologiczną, ale również pracujące główne ujęcie wody pitnej dla ZCh „Zachem”, studnie bariery, strefy o zwiększonej przewodności

(doliny kopalne) lub miejsca, gdzie brak jest warstwy wodonośnej (utwory nieprzepuszczalne).

Przepływ wód podziemnych w poziomie neogeńsko-czwartorzędowym odbywa się w kierunku północnym i północno-wschodnim ku Wiśle i Brdziej (wynik kartowania hydrogeologicznego autorki). Determinuje to kierunki migracji zanieczyszczeń ze składowiska. Jednocześnie należy uwzględnić „ujęcie barierowe” (otw. 29/900, 28/900, BP1, BP2, BP3, III/3), które ma na celu przejście odcięć zanieczyszczających środowisko wodne. Ponadto składowisko Zielona jest otoczone ścianką szczelną, która lokalnie zaburza warunki wodne. Możliwe jest bowiem wymuszenie poprzez ściankę lokalnego przepływu wód podziemnych w kierunku zachodnim (fig. 1).

SKŁAD CHEMICZNY WÓD PODZIEMNYCH W OTOCZENIU SKŁADOWISKA ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH ZIELONA

Środowisko wodne w otoczeniu składowiska Zielona jest silnie zanieczyszczone zarówno substancjami organicznymi, jak i nieorganicznymi. W okresie lipiec–sierpień 2012 r. wykonano opróbowanie piezometrów zlokalizowanych w rejonie składowiska. Opróbowanie to objęło 17 piezometrów: monitoringu Zielona, ISO, dren ISO, otwory „ujęcia barierowego” BP1, BP2, BP3, 28/900, 29/900, III/3 oraz punkty monitoringu ogólnego P11, P15, GP53. Podczas ba-

dania zastosowano technikę *low flow*, tj. przy minimalnym wydatku pompowania, rzędu około 0,5–1,0 L/min. Technika ta umożliwiła przestrzenne opróbowanie chmury zanieczyszczeń, uwzględniając stratyfikację stężeń substancji w otworze badawczym: wzdłuż jej wybiegu od składowiska w kierunku stref drenażu (x), w poprzek, tj. od centrum chmury do jej brzegów (y), oraz w pionie (z).

Tabela 1

Statystyki opisowe dla składu chemicznego wód rejonu składowiska odpadów Zielona
Descriptive statistics of water chemistry for the Zielona area

Wskaźnik	Min.	Maks.	Średnia	Odchylenie standardowe	Kwartył dolny	Mediana	Kwartył górny	Liczba próbek
pH	5,72	9,62	7,59*	0,84	7,06	7,56	7,93	31
Eh [mV]	-129,00	167,00	42,75	72,34	-6,5	50,50	102,25	32
PEW 25 [μS/cm]	249,00	28 200,00	9214,76	10 273,26	761,5	2930,00	18 935	33
Cl [mg/dm ³]	14,35	10 968,66	2865,45	3831,03	108,250	222,00	6389,862	33
HCO ₃ [mg/dm ³]	0,00	1215,51	362,68	276,73	143,106	253,86	576,157	33
SO ₄ [mg/dm ³]	0,00	7822,13	942,13	1659,58	58,637	455,60	1088,228	33
Ca [mg/dm ³]	9,91	2993,50	736,93	918,07	76,101	256,47	1466,609	33
Fe [mg/dm ³]	0,02	672,73	57,65	142,36	0,143	1,97	46,852	33
K [mg/dm ³]	0,54	79,55	18,99	22,96	2,428	6,71	31,420	33
Mg [mg/dm ³]	0,75	81,45	26,92	23,71	8,149	17,97	46,949	33
Mn [mg/dm ³]	0,05	15,36	2,16	3,38	0,135	0,90	2,618	33
Na [mg/dm ³]	5,42	4405,30	1446,87	1627,13	60,732	668,39	3388,336	33
Mineralizacja [mg/dm ³]	222,81	18 888,73	6480,19	7020,52	581,375	2617,95	13799,58	33

* średnia arytmetyczna *arithmetic mean*

Głównymi nieorganicznymi substancjami zanieczyszczającymi są chlorki (0,17–10,90 g/dm³), sól (0,38–4,40 g/dm³) oraz siarczany (0,18–7,80 g/dm³) i wapń (0,009–3,00 g/dm³). Analizując skład chemiczny produkowanych związków, można dostrzec wyraźny związek między rodzajem produkcji a zanieczyszczeniami przedostającymi się do wód podziemnych czwartorzędowego poziomu wodonośnego. Produkowano bowiem z początkiem XX wieku m.in. materiały wybuchowe, amunicję (Pietrucin, 2012). Podstawowe i najważniejsze produkty wytwarzane obecnie w zakładach to toluenodiiizocyanian TDI, chlorek allilu, epichlorohydryna EPI, kwas solny, wodorotlenek sodu i podchloryn sodu.

Bardzo wysokie stężenia jonów występują przy silnie zmiennym przewodnictwie (fig. 1) (249–28 200 μS/cm) oraz potencjale redukcyjno-utleniającym Eh (od -129 do +167 mV). Wartości Eh zostały zredukowane, poprzez dodanie +200mV do wartości pomierzonych. Rozkład współwystępujących substancji organicznych w wodach podziemnych zmienia warunki Eh na silnie redukcyjne, co z kolei zmienia formy występowania (specjacje) substancji nieorganicznych.

Statystyki opisowe dla zbioru składników nieorganicznych analizowanych w pobieranych próbkach wody z piezometrów w rejonie składowiska Zielona przedstawiono w tabeli 1 (niepublikowane wyniki badań autorki).

Pod względem składu chemicznego wody podziemne w rejonie składowiska Zielona można podzielić na dwie grupy genetyczne. Pierwsza z nich reprezentuje wody czyste lub miernie zanieczyszczone. Wody te odpowiadają tłu hydrogeochemicznemu zakładów, określonego przez autorkę. Mineralizacja badanych wód waha się w granicach od 200 do 400 mg/dm³ (5 próbek) oraz w przypadku kolejnych dwóch próbek dochodzi do około 550 mg/dm³. Pozostałe wody, w tym w szczególności znajdujące się na odpływie strumienia wód podziemnych z rejonu składowiska, wykazują silne zanieczyszczenie. Ich mineralizacja zawiera się w przedziale od 223 do blisko 19000 mg/dm³. W badanych wodach stwierdzono również relatywnie wysokie stężenia potasu, żelaza i manganu, które występują na poziomie rzędu kilkuset-kilkuset mg/dm³ (K – 79,55 mg/dm³, F – 672,73 mg/dm³, Mn – 15,36 mg/dm³; tab. 1).

PODSUMOWANIE

Ocenę zanieczyszczonego środowiska wodnego w rejonie składowiska odpadów przemysłowych Zielona w Bydgoszczy oparto na wynikach analiz chemicznych. Wykonano ją na podstawie analizy próbek wody pobranych z 20 piezometrów, ISO oraz z drenu i rejonu „ujęcia barierowego”. Ze względu na pełne zafiltrowanie piezometrów zlokalizowanych wokół składowiska opróbowano je w interwale co 1 m słupa wody z zastosowaniem techniki *low flow*.

Składowisko odpadów przemysłowych Zielona stanowi ognisko zanieczyszczeń dla środowiska wodnego. Jednocześnie jest to interesujący obiekt badań naukowych z uwagi na współwystępowanie zanieczyszczeń nieorganicznych i organicznych oraz ich interakcje.

Migracja substancji nieorganicznych podlega podstawowym prawom transportu masy w strumieniu wód podziemnych, ale dodatkowo ma na nią wpływ obecność substancji

organicznych, gdzie dochodzi do zmiany formy specjacyjnej lub wiązania się substancji nieorganicznych z organicznymi. Przykładem tego typu zmian może być redukcja jonów siarczanowych (SO_4^{2-}) do siarkowodoru (H_2S) z jednoczesnym wytrącaniem się siarczków żelaza (Witczak i in., 2013). Reakcje te potwierdza obecność siarczków i siarczanów w badanych wodach oraz ekshalacje siarkowodoru (H_2S).

Praca została zrealizowana w ramach badań statutowych w Katedrze Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie nr 11.11.140.026.

LITERATURA

- KOZŁOWSKA M., KOZŁOWSKI I., 1992 — Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Bydgoszcz Wschód (319). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- NARWOJSZ A., 1989 — Dokumentacja hydrogeologiczna badań migracji skażeń w rejonie Zakładów Chemicznych „Organika – Zachem” w Bydgoszczy. Arch. Wydz. WOŚ ZCh „Zachem”, Bydgoszcz.
- NARWOJSZ A., 2007 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów ujęcia wody podziemnej z utworów czwartorzędowych na terenie Zakładów Chemicznych w Bydgoszczy. Arch. Wydz. WOŚ ZCh „Zachem”, Bydgoszcz.
- PIETRUCIN D., 2012 — Migracja zanieczyszczeń w obrębie strefy aeracji zbudowanej z utworów antropogenicznych na obszarze dawnej fabryki nitrogliceryny Dynamit – Aktien Gesellschaft (DAG) Fabrik Bromberg w Bydgoszczy, Nawarstwienia historyczne miast Europy Środkowej. 3. forum naukowe 2012, Kraków.
- WITCZAK S., KANIA J., KMIĘCIK E., 2013 — Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

SUMMARY

The assessment of contaminated aquatic environment in the area of industrial waste Zielona in Bydgoszcz is based on the results of chemical analyzes of groundwater from 20 piezometers, an Isolated Landfill Site, drainage and the barrier intake. In terms of the chemical composition of the groundwater in the Zielona area can be divided into two genetic groups. First, the composition corresponding to background values for Quaternary aquifer. Second, water in groundwater outflow is strongly contaminated. Mineralization is in the

range from 0.2 to approximately 19 g/dm^3 . In the studied waters described latively high concentration of potassium, iron, and manganese, which are present at the level of several – hundred mg/dm^3 . Decay of organic substances in groundwater changing Eh conditions in a highly reductive, which changes the forms of occurrence (speciation) of inorganic. Industrial waste dump Zielona is a very serious pollution source of aquatic environment.

