

Warunki geologiczno-morfologiczne w rejonie składowiska odpadów Boża Wola

Abstract

Geological and morphological conditions of the waste landfill in Boża Wola. Geomorphological and hydrogeological conditions of the municipal and industrial waste landfill in Boża Wola was analysed. Groundwater tests, performed for the first aquifer, displayed an anthropogenical contamination. Lokalisation of waste landfill in the geological and geomorphological conditions, similar to analysed ones, was proved unacceptable.

Keywords: geological conditions, groundwater, waste landfill.

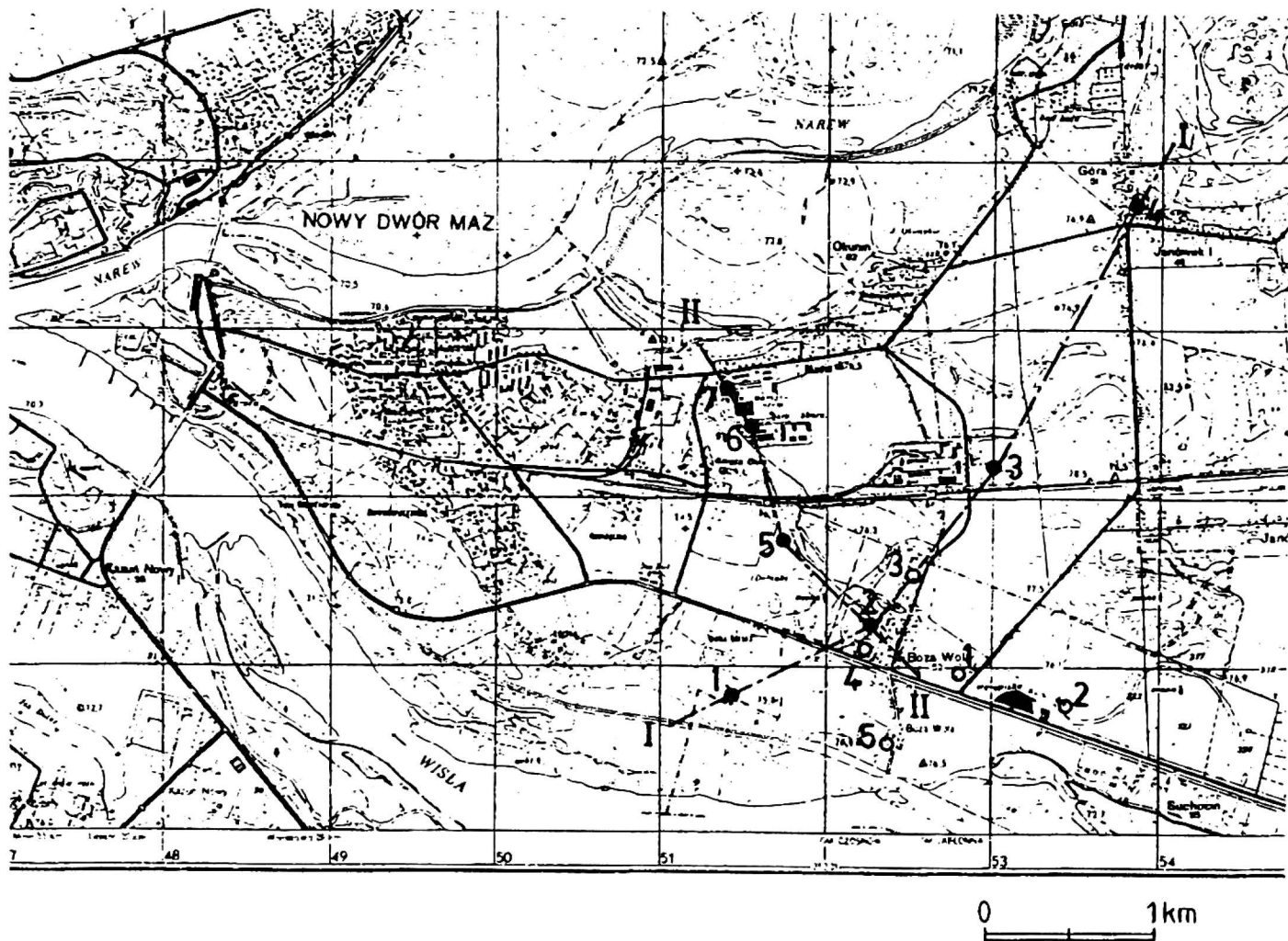
Wstęp

Prawidłowy wybór terenu składowania należy do najtrudniejszych zadań w całokształcie gospodarki odpadami. Jednym z ważniejszych czynników mających wpływ na lokalizację składowiska są, najogólniej biorąc, warunki geologiczne. Obecność naturalnej bariery w postaci warstw nieprzepuszczalnych chroni środowisko przed skażeniem w przypadku uszkodzenia zabezpieczeń technicznych w dnie wysypiska. Duże zróżnicowanie istniejących warunków geologicznych na Niżu Polskim powoduje, że wy-

typowanie rejonów, w których występują warstwy nieprzepuszczalne – naturalne bariery zabezpieczające przed migracją odcieków do podłoża, przede wszystkim do wód podziemnych, nie należy do zadań łatwych.

Dlatego też wydaje się celowe badanie wpływu istniejących składowisk na stan wód podziemnych w różnych warunkach geologicznych nie tylko w celu podejmowania ewentualnych zabiegów uszczelniających, lecz również dla ułatwienia opracowania zasad wyboru optymalnych warunków lokalizacji składowisk odpadów. Pewnym przyczynkiem w tym zakresie mogą być badania chemizmu wód w sąsiedztwie składowisk nie chronionych naturalną barierą.

Wstępna ocena warunków geologiczno-morfologicznych terenu składowania odpadów dokonana została na przykładzie obiektu Boża Wola w gminie Jabłonna (woj. warszawskie). Obiekt zlokalizowany jest przy trasie Warszawa–Jabłonna–Nowy Dwór Mazowiecki w wyrobiskach po piasku i żwirze (rys.1). Składowisko zajmuje powierzchnię około 3,5 ha na tarasie nadzalewowym Wisły, jego korpus wznosi się od 1,0 do 4,0 m n.p.t.



RYСУNEK 1. Lokalizacja punktów badawczych: I---I linia przekroju hydrogeologicznego, ● punkt poboru wody do nalizy, ● wiercenie archiwalne PIG, ■ składowisko „Boża Wola”

Obiekt Boża Wola został uruchomiony jako składowisko tymczasowe i przyjęty do eksploatacji w 1977 r. Do roku 1992 spełniał rolę wysypiska i wylewiska dla odpadów komunalnych i przemysłowych, w którym składowanie prowadzone było w sposób nieselektywny. Obecnie składowisko jest nieczynne, przykryte cienką warstwą i porośnięte szatą roślinną.

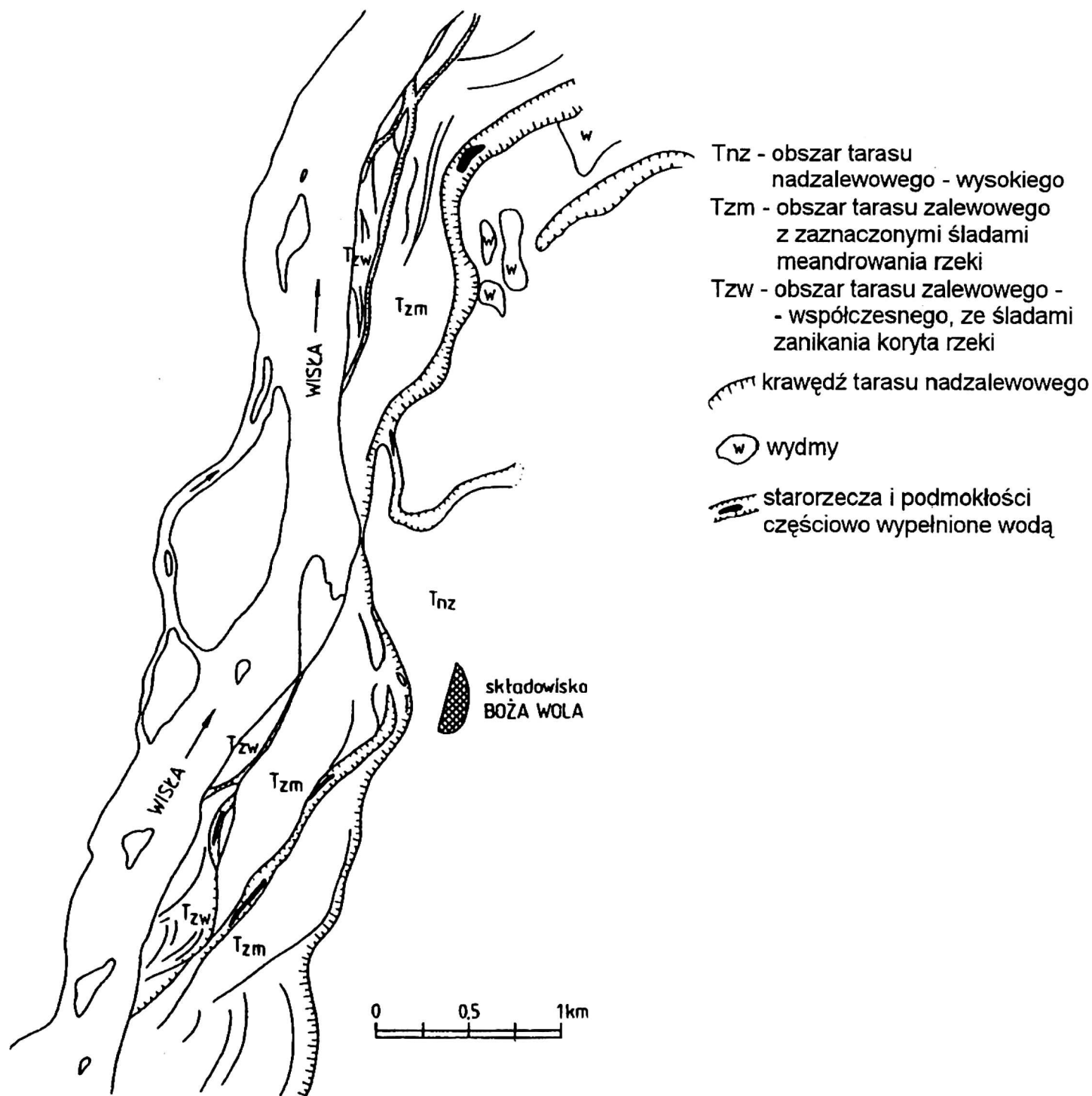
Należy podkreślić, że składowisko nie ma dokumentacji formalnoprawnych dotyczących lokalizacji, teren zajęty pod obiekt nie był uprzednio zbadany pod względem geologicznym, hydrogeologicznym czy geotechnicznym (Złotoszewska-Niedziałek 1995).

Geomorfologia obszaru badań

Analizowany obszar leży w północnej części Niziny Środkowomazowieckiej, w kotlinowatym obniżeniu wykształconym pod wpływem procesów działających w czwartorzędzie, charakteryzującym się zbiegiem dolin: Wisły, Narwi, Pilicy i Bzury (Kondracki 1977). Zasadniczym elementem morfologicznym jest tu dolina Wisły. Dno doliny wyściełają utwory aluwialne i organiczne uformowane w system tarasów. Analiza morfologii tarasów dokonana na podstawie fotointerpretacji zdjęć lotniczych, materiałów publikowanych (Baraniecka i in. 1978; Nowak 1978) oraz wizji lokal-

nej pozwala wydzielić dwa główne obszary o wyraźnych cechach morfologiczno-litologicznych. Wyróżnia się rozległy taras wysoki, nadzalewowy, z okresu zlodowacenia północnopolskiego, oraz taras niski, zalewowy, który rzeka uformowała w holocenie (rys. 2).

Taras wysoki, nadzalewowy, ograniczony jest od zachodu wyraźną krawędzią (skarpią) wysokości względnej 2–3 m nad powierzchnią przyległego tarasu zalewowego. Taras nadzalewowy leży na wysokości 74–80 m n.p.m. Na jego powierzchni zachowały się ślady przepływu



RYSUNEK 2. Podział doliny na elementy geomorfologiczne

wód Wisły w postaci podłużnych, podmokłych obniżień wypełnionych namułami organicznymi. Na zdjęciach lotniczych są one łatwe do identyfikacji ze względu na zdecydowanie ciemniejszy fototon w stosunku do otoczenia. Monotonną rzeźbę tarasu urozmaicają wydmy ukształtowane w formie wałów (np. okolice Łącznej, Nowodworzanki, Okunina). Obszar ten budują głównie utwory korytowe reprezentowane przez piaski drobnoziarniste i średnioziarniste z pojedynczymi otoczakami i żwirami w spągu, o miąższości od kilku do kilkunastu metrów (rys. 3). Miejscami na tych osadach występują płyty utworów powodziowych, wykształcone jako glina piaszczysta, piaski gliniaste o miąższości 0,3–1,5 m.

Taras zalewowy zajmuje stosunkowo niewielkie obszary przyległe do koryta Wisły. Na podstawie analizy ukształtowania powierzchni tarasu wydzielono dwa obszary: taras rzeki meandrującej z zachowanymi śladami meandrowania oraz taras rzeki współczesnej z wyraźnymi śladami koryta zaznaczającego się jako nieregularna sieć rynien. Taras rzeki meandrującej leży na wysokości 71–75 m n.p.m. W części strefy przyskarpowej z tarasem nadzalewowym grupują się podmokłości i starorzecza częściowo wypełnione wodą. Zagłębienia te wypełnione są namułami i piaskami humusowymi o miąższości 0,2 do 0,8 m. Taras zalewowy rzeki meandrującej budują piaski różnoziarniste z przewagą drobnoziarnistych o miąższości do 7 m, na których zalegają utwory powodziowe. Są to piaski pylaste i gliniaste oraz glina piaszczysta.

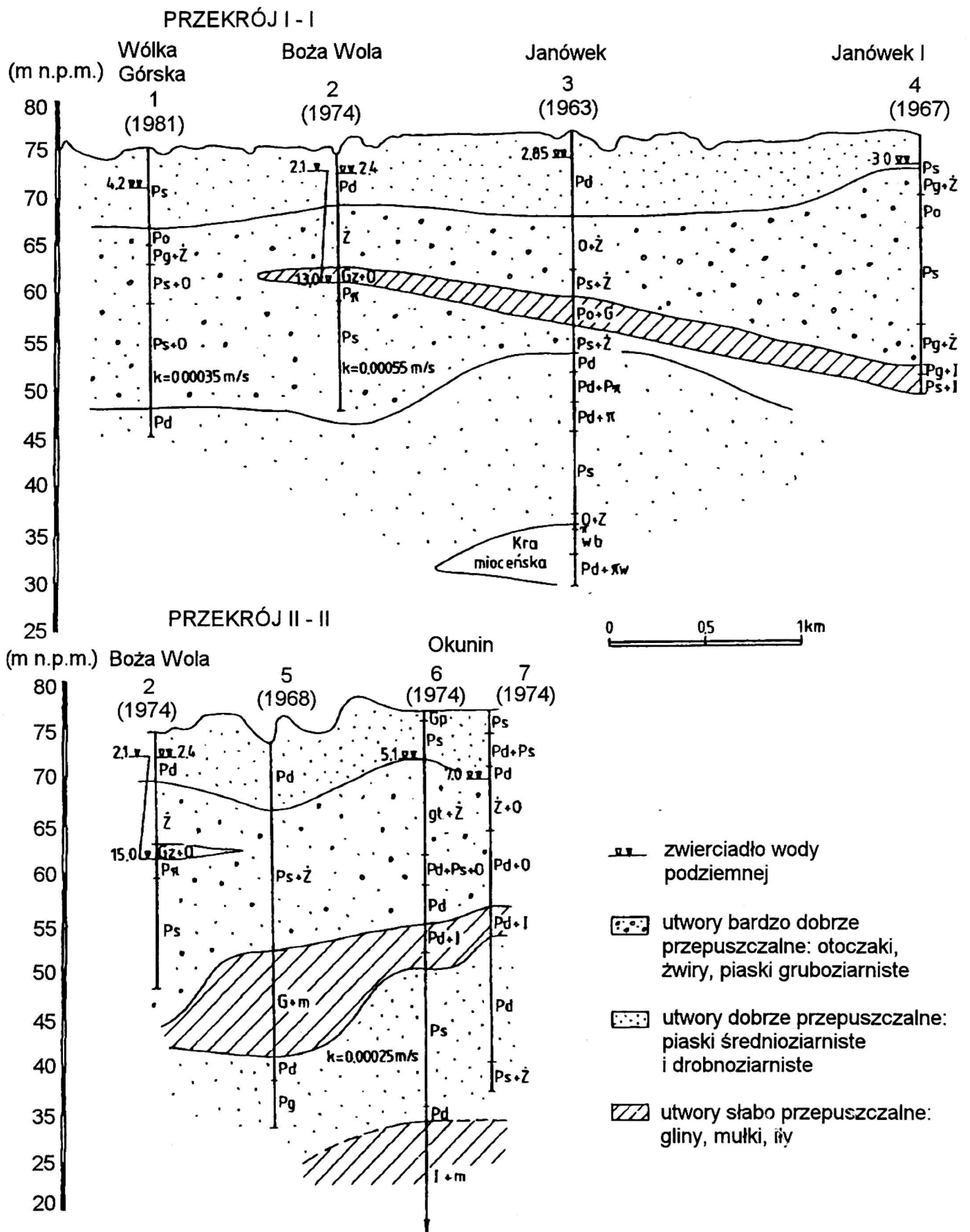
Taras zalewowy rzeki współczesnej obejmuje wąski pas położony wzdłuż rzeki. Najważniejszą cechą morfologiczną tego obszaru są rynienki, które dzielą poszczególne odsypy i stanowią ślad zanikania koryta. W składzie litologicznym aluwii dominują osady piaszczyste, na powierzchni których leżą miejscami utwory facji powodziowej, wykształcone jako pyły i pyły piaszczyste.

Warunki geologiczne i hydrogeologiczne

Analizowany obszar znajduje się w Niece Mazowieckiej, rozległej depresji z centrum położonym w okolicy Warszawy, powstałej w trzeciorzędzie (Stupnicka 1989). Kredowe dno niecki stanowią margle z krzemieniami oraz opoki i gezy mastrychtu, których strop leży na głębokości 150–276 m p.p.m. Struktura ta wypełniona jest detrytycznymi osadami od paleocenu po pliocen o ogólnej miąższości około 200–260 m.

Z punktu widzenia wpływu składowiska na wody podziemne najistotniejsza jest charakterystyka utworów czwartorzędowych oraz związane z nimi poziomy wodonośne.

Podłoże utworów czwartorzędowych stanowią zaburzone glacitektonicznie osady plioceńskie, które reprezentowane są przez kompleks iłówpstrych z soczewkami i warstwami piasków. Miąższość ich jest zmienna, średnio ok. kilkudziesięciu metrów. Deniwelacje położenia stropu iłówpstrych przekraczają 100 m; w Legionowie strop iłówpstrych występuje na rzędnej około 37 m n.p.m. (Nowak 1978).



RYСУNEK 3. Schematyczne przekroje hydrogeologiczne przez taras nadzalewowy

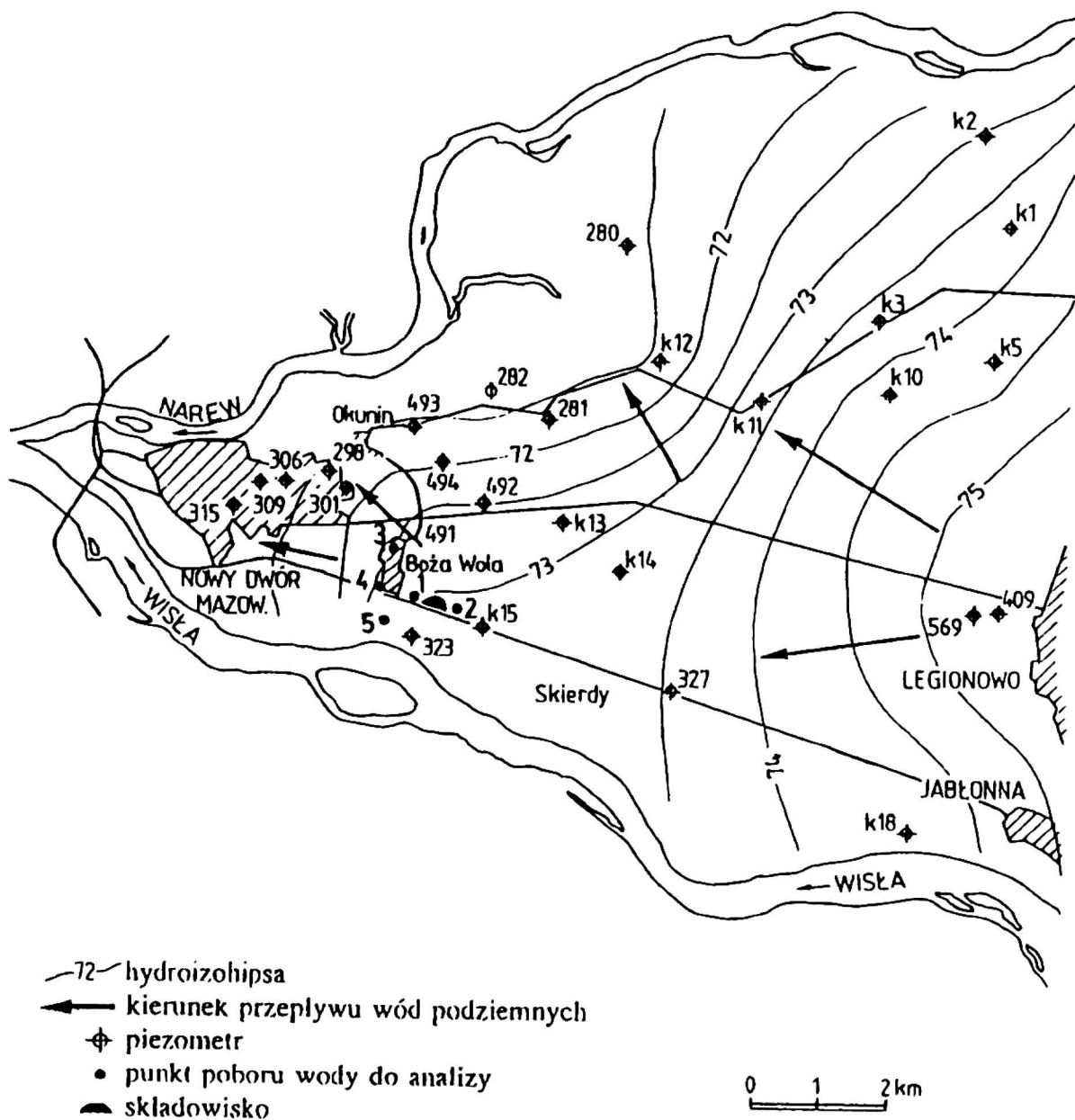
W rejonie objętym analizą brak jest otworów osiagających spąg osadów czwartorzędowych, ale na podstawie wierceń wykonanych w sąsiednich obszarach można wnioskować, że miąższość czwartorzędu waha się od ok. trzydziestu do ok. stu metrów. Najstarsze utwory czwartorzędowe stwierdzono w Skierdach, Jabłonie, Legionowie. Reprezentowane są przez ility i mułki zastoi-skowe zlodowacenia południowopolskiego, o zmiennej miąższości, przeciętnie kilku metrów. Ily plioceńskie oraz osady zlodowacenia południowopolskiego są kompleksem wyraźnie izolującym hydraulicznie wodonośne utwory trzeciorzędowe, reprezentowane przez osady oligocenu i miocenu od wodonośnego piętra czwartorzędowego.

Na podstawie materiałów archiwalnych PIG i publikowanych (Nowak 1978) stwierdzono występowanie dwóch poziomów wodonośnych w piętrze czwartorzędowym. Pierwszy związany jest z osadami interglacjału eemskiego lub stadiału przedmaksymalnego zlodowacenia środkowopolskiego oraz zlodowacenia północnopolskiego i holocenu. Drugi poziom wodonośny budują piaszczysto-żwirowe utwory interglacjału mazowieckiego.

Pierwszy poziom wodonośny jest zbudowany z piasków i żwirów o miąższości od kilkunastu do około czterdziestu metrów (rys. 3). Utwory te charakteryzują się wartościami współczynnika wodoprzepuszczalności k od $1,6 \cdot 10^{-4}$ – $5,5 \cdot 10^{-4}$ m/s. Wydatek pojedynczych otworów eksploatacyjnych waha się od 30 do 88 m³/h.

Wykonane dla obszaru międzyrzecza mapy hydrogeologiczne (Dokumentacja ..., 1995) wykazują, że zarówno Wisła, jak i Narew są rzekami drenującymi. Dolin tych rzek stanowią naturalną strefę drenażu pierwszego poziomu wodonośnego. Z układu hydroizohips (rys. 4), których obraz jest częściowo zaburzony przez eksploatację, wynika, że kierunek przepływu wód podziemnych w rejonie składowiska jest w przybliżeniu równoległy do biegu Wisły, przy czym w północno-zachodniej części obszaru odchyła się w stronę Narwi. Wody pierwszego poziomu wodonośnego posiadają zwierciadło swobodne, lecz lokalnie w zależności od zdolności do przewodzenia wody przez utwory pokrywające osady facji korytowej, zwierciadło wody może wykazywać niewielkie napięcie. Pomiarzy zwierciadła wody wykazały, że zalega ono na głębokości 0–2 m p.p.t. na obszarze tarasu zalewowego, 3–5 m p.p.t. na tarasie nadzalewowym i 6–10 m p.p.t. w rejonie występowania piasków eolicznych. Pierwszy poziom wodonośny zasilany jest bezpośrednio z opadów atmosferycznych, jak również okresowo przez infiltrację wód z Wisły w czasie wysokich stanów.

Seria utworów piaszczystych związanych z interglacjałem mazowieckim, drugim poziomem wodonośnym, złożona jest z kilku, maksymalnie 4 cykli sedymentacyjnych. Ich strop leży na wysokości średnio 40–45 m n.p.m. Ogólna miąższość osadów jest znaczna i wynosi od kilkunastu (Okunin) do trzydziestu kilku metrów (Nowy Dwór Mazowiecki). Wody występujące w tym poziomie zostały rozpoznane dwoma pojedynczy-



RYSUNEK 4. Mapa hydroizohips pierwszego poziomu wodonośnego. Stan na 11.04.1994 (wg dokumentacji wykonanej przez firmę Fichtner z uzupełnieniem autorki)

mi wierceniami studziennymi do głębokości 97 m, zlokalizowanymi w Nowym Dworze Mazowieckim (materiały Archiwum PIG). Współczynnik wodoprzepuszczalności ujętej do eksploatacji warstwy wodonośnej waha się w granicach $2,3 \cdot 10^{-4} - 4,9 \cdot 10^{-4}$ m/s, a wydatek pojedynczej studni jest rzędu $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Zwierciadło wód tego poziomu stabilizuje się na rzędnych zbliżonych do położenia zwierciadła pierwszego poziomu wo-

donośnego. W obszarach, gdzie jest brak osadów słabo przepuszczalnych pochodzących z okresu zlodowacenia środkowopolskiego (m.in. rejon współczesnej doliny Wisły), drugi poziom wodonośny wykazuje ścisły związek hydrauliczny z wyższym poziomem, pozwalając na traktowanie kompleksu utworów wodonośnych jako jednego poziomu wodonośnego.

Ocena zanieczyszczenia wód podziemnych

W analizowanym obiekcie odpady składowane są na piaszczysto-żwirowym podłożu bez zastosowania jakichkolwiek środków ochronnych przed skażeniem wody podziemnej. Przedstawiony typ warunków geologiczno-morfologicznych oraz hydrogeologicznych badanego obszaru wykazuje, że uniknięcie wsiąkania wód infiltracyjnych i odcieków pod składowiskiem do wód podziemnych jest praktycznie wykluczone. Brak naturalnych barier na drodze ich przenikania powoduje, że migracja zanieczyszczeń odbywa się bez przeszkód.

Rozpoznanie własności fizykochemicznych wód pierwszego poziomu wodonośnego jest niezbędne w celu określenia, w jakim stopniu interesujący nas poziom jest zanieczyszczony. W celach porównawczych, jako punkt odniesienia oceny zanieczyszczenia wód podziemnych, można przyjąć skład chemiczny wód w okresie rozpoczęcia eksploatacji składowiska.

Powszechnie wiadomo, że migracja zanieczyszczeń w wodach podziemnych stanowi proces złożony i zależy od wielu czynników (Kleczkowski 1984). Jednym z ważniejszych czynników migracji jest tzw. przenoszenie konwekcyjne, zachodzące w wyniku hydraulicznego transportu cząstek wody przez strumień filtracyjny. Podstawową wielkością charakteryzującą szybkość migracji jest rzeczywista prędkość filtracji. Można przyjąć, że dla badanego schematu hydrogeologicznego średnia prędkość przepływu zanieczyszczonej wody podziemnej obliczona na podstawie prawa Darcy'ego (przy zało-

żeniu: gradientu hydraulicznego $J = 0,0005 - 0,001$, współczynnika wodoprzepuszczalności $k = 1,64 \cdot 10^{-4} - 5,5 \cdot 10^{-4}$ m/s oraz porowatości efektywnej $n_e = 0,25 - 0,30$) jest bardzo mała i zawiera się w przedziale od 0,02 do 0,19 m/d. Można więc stwierdzić, że do najbliższej studni zlokalizowanej w odległości 250 m od składowiska odpadów front zanieczyszczeń dotarł po upływie nie wcześniej niż 3,5 roku od momentu rozpoczęcia eksploatacji. Należy podkreślić, że przedstawiony sposób oceny rozprzestrzeniania migracji zanieczyszczonej wody w podłożu składowiska może mieć zastosowanie jedynie szacunkowe.

Dysponując analizami własności fizykochemicznych z sierpnia 1980 roku (Stawska 1981) oraz badaniami wykonanymi przez autorkę w lipcu 1995 roku dla tych samych punktów obserwacyjnych (tab., rys. 5) podjęto próbę oceny zmian jakości wody podziemnej pod wpływem dodatkowego ogniska zanieczyszczeń badanego obszaru – składowiska odpadów Boża Wola.

Przeprowadzone analizy wykazują, że wody w studniach 3, 4, 5 zawierają jony Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Na^+ w ilościach świadczących o ich antropogenicznym zanieczyszczeniu. Porównując analizy hydrochemiczne (tab.), można zauważyć generalny wzrost zawartości poszczególnych elementów w czasie (największy w studni 3). Jest to zrozumiałe, gdyż zgodnie z kierunkiem przepływu (ruchu) strumienia wody podziemnej należało spodziewać się najdalszego zasięgu wpływu składowiska na jakość wody.

Analizując skład chemiczny wód pierwszego poziomu wodonośnego (li-

TABELA. Skład chemiczny wód pierwszego poziomu wodonośnego

Element hydro- geochemiczny (mg/dm ³)	Punkt poboru wody							
	studnia 3		studnia 4		studnia 5		studnia 1	studnia 2
	08. 1980	07. 1995	08. 1980	07. 1995	09. 1980	07. 1995	07. 1995	07. 1995
Kationy:								
Wapniowy (Ca ²⁺)	84,17	142,8	104,21	77,1	84,17	40,0	100,0	57,1
Magnezowy (Mg ²⁺)	7,3	27,4	n.w.	10,3	14,59	2,7	6,8	11,1
Żelazawy (Fe ²⁺)	–	0,0	–	0,0	–	0,06	6,4	0,02
Żelazowy (Fe ³⁺)								
Manganowy (Mn ²⁺)	–	0,02	–	0,02	–	0,07	0,76	0,0
Amonowy (NH ₄ ⁺)	–	0,12	–	0,16	–	0,10	1,6	0,06
Sodowy (Na ⁺)	1,74	73,5	4,72	43,5	2,53	41,5	179,0	14,4
Potasowy (K ⁺)	0,05	23,0	3,38	24,0	3,38	5,7	4,7	3,3
Aniony:								
Wodoro- węglanowy								
(HCO ₃ ⁻)	61,02	329,4	–	274,5	152,55	140,3	378,2	48,8
Chlorkowy (Cl ⁻)	70,9	71,5	–	13,7	70,9	18,7	244,0	26,2
Siarczanowy								
(SO ₄ ²⁻)	90,8	307,2	n.w.	99,8	52,84	72,0	72,0	148,8
fluorkowy (F ⁻)	–	0,40	–	0,20	–	0,25	0,20	0,20
azotanowy (NO ₃ ⁻)	–	28,5	–	15,0	–	6,0	0,0	12,0
	–	0,019	–	0,068	–	0,038	0,0	0,005
azotynowy (NO ₂ ⁻)								
fosforanowy	–	0,40	–	1,0	–	2,0	0,05	0,10
(PO ₄ ³⁻)								
Sucha pozostałość (mg/dm ³)	416	993,0	386	480,0	480	315,0	842,0	401,0

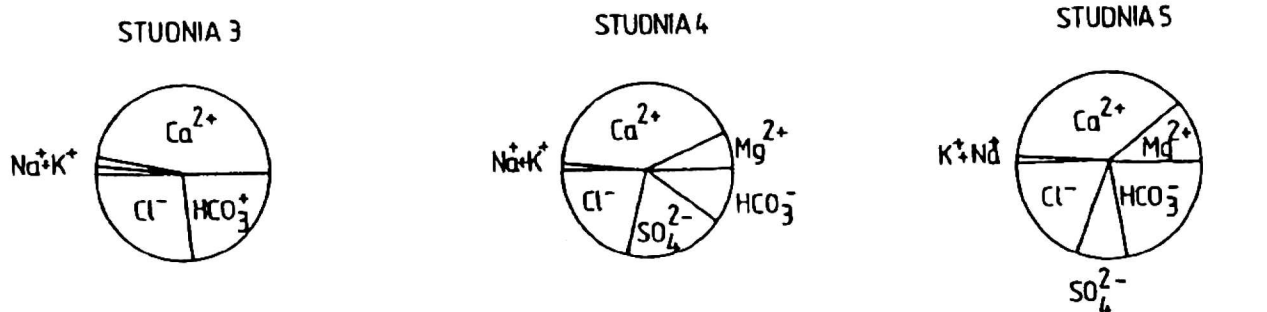
piec 1995) pod względem jej przydatności do celów pitnych (Rozporządzenie ..., 1990), należy stwierdzić, że:

- w studni nr 1, zlokalizowanej w odległości 250 m od składowiska, przekroczone zostały normy dotyczące zawartości żelaza, amoniaku i ogólnej mineralizacji oraz podwyższona ilość sodu, chlorków i siarczanów;
- w studni nr 2, zlokalizowanej w odległości 100 m na zachód od składowiska, przekroczone zostały normy do-

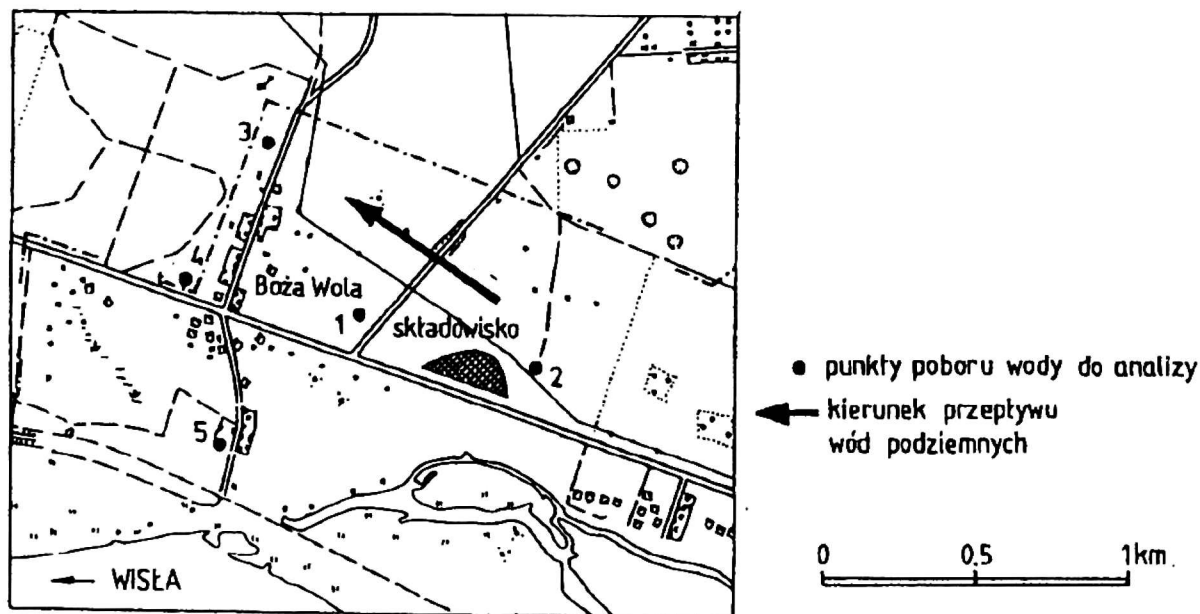
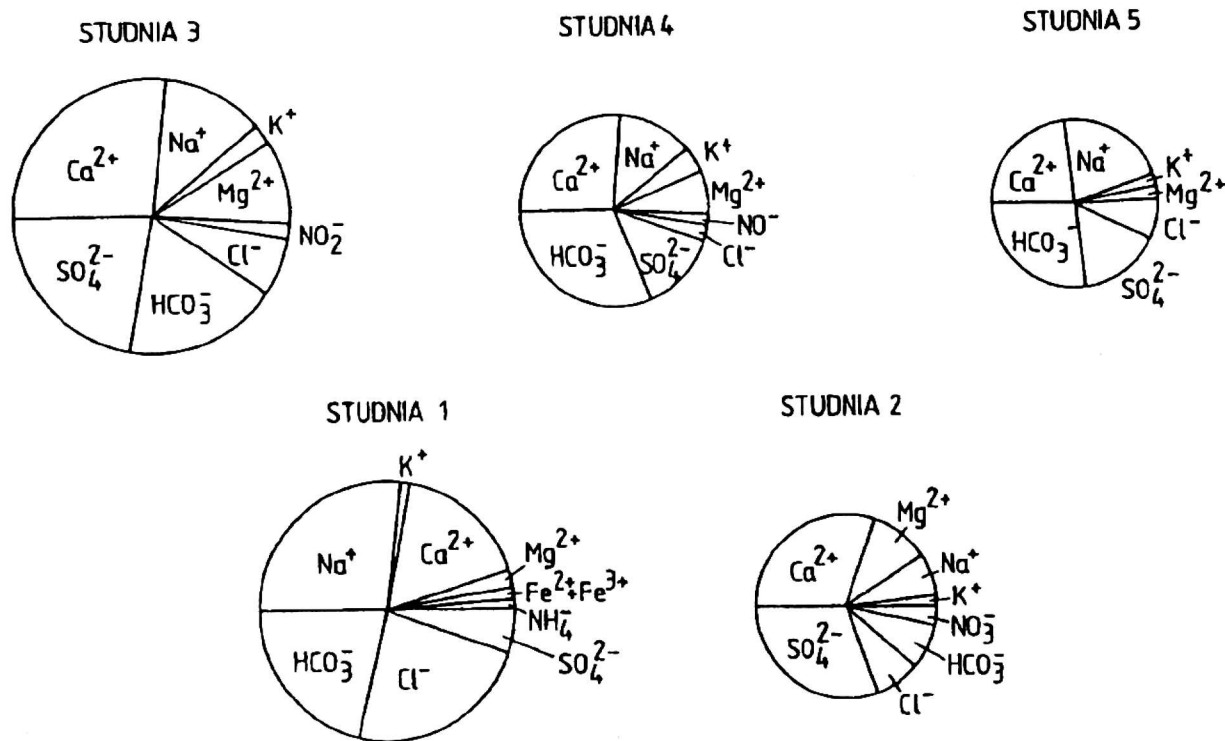
tycząca zawartości azotanów oraz występuje wysoka ilość siarczanów;

- elementy hydrogeochemiczne wody w studni nr 3, zlokalizowanej w odległości 815 m od składowiska, została przekroczone zawartość azotanów, siarczanów, ogólnej mineralizacji oraz podwyższona ilość wapnia i wodorowęglanów;
- w studni nr 4, zlokalizowanej w odległości 750 m od składowiska, została przekroczone zawartość azotanów

07. 1980



08.1995



RYSUNEK 5. Skład chemiczny wód pierwszego od góry poziomu wodonośnego (powierzchnia koła odpowiada ogólnej mineralizacji w relacji $1 \text{ mg/dm}^3 = 1 \text{ mm}$, a powierzchnie poszczególnych jonów odpowiadają procentowemu udziałowi miligramorównoważników kationów i anionów)

oraz podwyższona ilość siarczanów, fosforanów i azotynów; w studni 5 nie została przekroczona norma, ale stosunkowo duża zawartość fosforanów i azotynów klasyfikuje ją pomiędzy II – „średnią i III – niską klasą jakości (Klasyfikacja ..., 1993).

Przeprowadzone analizy chemiczne odnoszą się do wód występujących w stropowych warstwach utworów budujących pierwszy poziom wodonośny. Jednakże ocena jakości wód podziemnych eksploatowanych przez studnie wiercone o głębokości od 20 do 40 m (Kiełkiewicz 1992) wykazała, że już niektóre składniki, np. amoniak, w analizowanym rejonie osiągają wysokie wartości, bliskie wartościom dopuszczalnym dla wód pitnych.

Wnioski

Warunki geologiczno-morfologiczne w rejonie składowiska Boża Wola sprzyjają przenikaniu zanieczyszczeń do wód podziemnych. Główną rolę odgrywa tu piaszczysty charakter utworów podwysypiskowych.

Stwierdzono wysokie zagrożenie jakości wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego. Związane jest to z brakiem naturalnej bariery w postaci warstwy nieprzepuszczalnej chroniącej środowisko przed skażeniem, jak również brakiem zabezpieczeń technicznych w dnie składowiska.

Istniejące składowiska odpadów, eksploatowane i nieczynne, wymagają pilnie przeprowadzenia wnikliwej oceny geologicznej pod względem ich oddzia-

ływania na środowisko wodno-gruntowe w celu podjęcia ewentualnych zabiegów.

Wybór miejsca składowania odpadów powinien być poprzedzony wszechstronnymi badaniami geologicznymi. Jako mało przydatne do lokalizacji składowiska należy uznać obszary predysponowane do przenikania zanieczyszczeń, występujące w jednostkach geomorfologicznych charakteryzujących się dużym rozprzestrzenieniem utworów piaszczystych.

Literatura

- BARANIECKA M. D. i in. 1978: *Stratygrafia osadów czwartorzędowych Niziny Mazowieckiej oraz jej południowego i zachodniego obrzeżenia*. Biul. Instyt. Geolog. 306; Warszawa.
- Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne na terenie zakładu Benckister S.A. w Nowym Dworze Mazowieckim*. 1995. Fichtner.
- KIEŁKIEWICZ B. 1992: *Mapa zagrożenia i ochrony wód podziemnych czwartorzędowego poziomu użytkowego województwa stołecznego warszawskiego. Rejon Nowy Dwór Mazowiecki*. Państwowy Instytut Geologiczny.
- Klasyfikacja jakości zwykłych wód podziemnych dla potrzeb monitoringu środowiska*. 1993 Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- KLECZKOWSKI A. S. i in. 1984: *Ochrona wód podziemnych*. Wydaw. Geolog. Warszawa.
- KONDRACKI J. 1977: *Regiony fizyczno-geograficzne Polski*. Wydaw. Uniwersytetu Warszawskiego.
- NOWAK J. 1978: *Szczegółowa mapa geologiczna Polski. Arkusz Legionowo z objaśnieniami*. Wydaw. Geolog. Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 4.05.1990 w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarki*.

STAWSKA M. 1981: *Warunki hydrogeologiczne w rejonie Nowego Dworu Mazowieckiego*. Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa (praca magisterska).

STUPNICKA E. 1989: *Geologia regionalna Polski*. Wydaw. Geolog., Warszawa.

ZŁOTOSZEWSKA-NIEDZIAŁEK H. 1995: *Geologiczne problemy lokalizacji składowisk odpadów komunalnych na obszarze wojewód-*

ztwa stołecznego warszawskiego. Gospodarka Wodna 2.

Adres autorki

H. Złotoszewska-Niedziałek
Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych SGGW

02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166