



PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

ATLAS GEOCHEMICZNY AGLOMERACJI ŁÓDZKIEJ

Część II

GEOCHEMICAL ATLAS OF ŁÓDŹ AGGLOMERATION

Part II

1:100 000

Monika Koniecznyńska



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ



WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI GEOLOGICZNEJ S.A.



WARSZAWA 1998



PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

ATLAS GEOCHEMICZNY AGLOMERACJI ŁÓDZKIEJ

Część II: wody podziemne

GEOCHEMICAL ATLAS OF ŁÓDŹ AGGLOMERATION

Part II: groundwaters

1:100 000

Monika Koniecznyńska



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ



WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ S.A.

WARSZAWA 1998

*Praca wykonana na zamówienie
Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa*

Redaktor mgr Janina MAŁECKA

Akceptował do druku 16.09.1998 r.
Dyrektor Naczelny Państwowego Instytutu Geologicznego
prof. dr hab. Stanisław SPECZIK

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1998

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Aleksandra MACIOSZCZYK
dr hab. Andrzej SADURSKI

Tłumaczenie mgr Zdzisław SIWEK

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ SA
Zlec. H-7

WSTĘP

„Atlas geochemiczny aglomeracji łódzkiej” jest kolejnym opracowaniem Państwowego Instytutu Geologicznego z zakresu kartografii geochemicznej obszarów zurbanizowanych. Część II przedstawia zagadnienia dotyczące warunków hydrogeochemicznych i jakości wód podziemnych, używanych często jako podstawowe lub awaryjne źródło wody pitnej i na potrzeby gospodarcze dla ludności, a także dla niewielkich zakładów rzemieślniczych i przemysłowych.

Do tej pory stan wód podziemnych był przedmiotem wielu prac, można jednak stwierdzić, że rozpoznanie jakości płytko występujących wód podziemnych w skali regionalnej, zwłaszcza na obszarach zurbanizowanych, jest niewystarczające lub wręcz bardzo słabe. Trzeba również zaznaczyć, że dotychczas publikowane prace nie miały charakteru opracowań kartograficznych.

Specyfika warunków hydrogeochemicznych i całokształt zagadnień antropopresji na terenach aglomeracji miejsko-przemysłowych sprawiają, że rozpoznanie stanu wód najpłycej występującego poziomu wodonośnego w tych obszarach wymaga specjalnego podejścia, wychodzącego poza tradycyjną metodykę badań wód podziemnych. Oprócz rozpoznania sytuacji hydrogeologicznej i stanu zagospodarowania terenu, badania terenowe poprzedzone były wnikliwą analizą rozwoju aglomeracji oraz identyfikacją położenia i charakteru dawnych oraz współczesnych ognisk zanieczyszczeń.

Czynnikiem szczególnie wyróżniającym obszary aglomeracji miejsko-przemysłowych jest trwające często od setek lat sumowanie się efektów oddziaływania różnorodnych ognisk zanieczyszczeń, takich jak zakłady przemysłowe, szlaki komunikacyjne (linie kolejowe, drogi), składowiska odpadów przemysłowych i komunalnych, wylewiska ścieków. Na terenach takich powszechne są również daleko posunięte zmiany naturalnych warunków geologicznych i hydrogeologicznych. Poprzez np. posadowienie budynków, budowę, eksploatację i remonty infrastruktury podziemnej itp., stwarzane są nienaturalne, trudne do zidentyfikowania w czasie i przestrzeni miejsca przenikania zanieczyszczeń bezpośrednio do warstw wodonośnych. Wieloletnia, często niekontrolowana, czy wręcz rabunkowa eksploatacja wód podziemnych prowadzi równocześnie do wytworzenia lejów depresji, zaburzając naturalny układ pola hydrodynamicznego.

W realizacji Części II atlasu brali udział:

- **Monika Koniecznyńska**¹ – koncepcja i projekt badań, nadzór i koordynacja prac, opróbowanie, oznaczenia terenowe, opracowanie baz danych i map hydrogeochemicznych, interpretacja wyników, opracowanie tekstu,
- **Dariusz Choromański**¹ – opróbowanie, oznaczenia terenowe, przetwarzanie danych,
- **Joanna Szyborska**¹, **Piotr Kaszycki**¹, **Iwona Walentek**¹, **Agnieszka Samsel**¹, **Eugeniusz Kotlarski**² – opróbowanie, oznaczenia terenowe,
- **Malgorzata Dreger**¹, **Ewa Grabiec-Raczak**¹, **Krystyna Hnatyszak**¹, **Marta Janasz**¹, **Dorota Karmasz**¹, **Jarosław Kucharzyk**¹, **Maria Liszewska**¹, **Anna Maksymowicz**¹, **Aleksandra Sztuczynska**¹, **Ewa Maciolek**¹ – laboratoryjne analizy chemiczne,
- **Andrzej Sadurski**¹, **Aleksandra Macioszczyk**³, **Jadwiga Szczepańska**⁴, **Stanisław Witeczak**¹ – konsultacja naukowa,
- **Barbara Pęczkowska**⁵, **Zbigniew Figiel**⁵, **Sławomir Łomiński**⁵ – rozpoznanie eksploatacji pierwszego poziomu wód podziemnych w obszarze aglomeracji łódzkiej.

METODYKA

Projekt metodyczny opracowania atlasu, obejmujący zasady opróbowania, zakres oznaczeń laboratoryjnych oraz zasady opracowania statystycznego i kartograficznego wyników, przygotowany został przez Państwowy Instytut Geologiczny. Wszystkie chemiczne analizy laboratoryjne wykonało Centralne Laboratorium Chemiczne PiG. Sondy hydrogeologiczne do poboru próbek wód w terenach, gdzie nie istniały otwory archiwalne, wykonała firma SEGI PBG z Warszawy przy użyciu urządzenia Geoprobe.

Prace terenowe, obejmujące opróbowanie i analizy wskaźnikowe, przeprowadzone zostały w okresach październik–grudzień 1997, styczeń 1998 oraz marzec–kwiecień 1998. Oznaczenia laboratoryjne prowadzone były równolegle z pracami terenowymi, w miarę dostarczania próbek do laboratorium. Wyniki opracowano w I i II kwartale 1998 roku.

ZASADY OPRÓBOWANIA

Opróbowanie wód podziemnych zaprojektowane zostało ze średnią gęstością 2 próbki na 4 km². Opróbowaniu podlegał pierwszy od powierzchni poziom wodonośny, którego wydajność pozwalała na pobranie próbki, a głębokość do zwierciadła wody nie przekraczała 20 m w przypadku istniejących otworów (studnie kopane, wiercone i piezometry) oraz 8 m tam, gdzie próbki pobierane były z sond hydrogeologicznych. Obszary, w których pierwsze zwierciadło wód podziemnych według danych archiwalnych położone było niżej niż tak określona strefa rozpoznania, zostały wyłączone z opróbowania.

Informacje dotyczące punktów poboru próbek, ich lokalizacji, głębokości do zwierciadła wody i do dna otworu, głębokości poboru próbki oraz wyniki pomiarów terenowych wpisywano do kart opróbowania pod odpowiednim numerem punktu.

Do lokalizacji punktów poboru próbek w terenie używano map topograficznych w układzie państwowym 1965 w skali 1:25 000. Punkty te były następnie przenoszone na mapę topograficzną w układzie państwowym 1942 w skali 1:100 000, która stanowi podkład map geochemicznych.

Wszystkie istniejące otwory przed pobraniem próbki zostały przepompowane. Ze studni wierconych i piezometrów usuwano co najmniej trzy objętości słupa wody w rurach otworu. Studnie kopane, ze względu na słaby na ogół dopływ wody, pompowano do usunięcia 1–2 m słupa wody od powierzchni i próbkę pobierano z dna otworu. Do pompowania otworów używano pomp zamontowanych w otworach, a w przypadku ich braku stosowano zestaw MP-1 produkcji amerykańskiej firmy Grundfos lub zestaw pompek Gigant-Whale dostarczony przez holenderską firmę Eijkelpamp.

Przy wyborze istniejących studni i piezometrów jako punktów opróbowania zastosowano następujące kryteria:

- głębokość do zwierciadła wody,
- ujmowany pierwszy poziom wodonośny od powierzchni terenu,
- położenie w siatce opróbowania,
- eksploatacja otworu,
- możliwość pobrania próbki wody przed hydroforem (w przypadku istnienia instalacji ujmujących wodę),
- zabezpieczenie otworu przed bezpośrednim dopływem zanieczyszczeń z powierzchni terenu,
- możliwość przepompowania otworu (istnienie pompy w studni, możliwość podłączenia pompy do instalacji elektrycznej).

Sondy Geoprobe stawiane były w terenie, gdzie nie udało się znaleźć odpowiednich otworów. Sonda zakończona filtrem wbijana była odcinkami o długości 1,2 m, aż do znalezienia wody. Następnie otwór pompowano przy użyciu pompki podciśnieniowej do czasu, gdy wypływająca woda oczyściła się z zawiesiny (na ogół 10–20 minut). Jeżeli do głębokości 8 m nie udało się natrafić na warstwę wodonośną o dopływie umożliwiającym pompowanie oczyszczające i pobór próbki, otwór uznawano za negatywny ze względu na brak możliwości podciągnięcia wody z większej głębokości przy zastosowaniu pompki podciśnieniowej.

Lokalizację sond Geoprobe przeprowadzano według następujących kryteriów:

- położenie w siatce opróbowania,
- możliwość występowania zwierciadła wód podziemnych na głębokości nie przekraczającej 8 m,
- możliwość dojazdu ciężkim sprzętem.

Po przepompowaniu otworu i wykonaniu pomiarów parametrów (patrz: oznaczenia terenowe) próbki pobierane były do jednorazowych naczyń LDPE (low density polyethylene) i odpowiednio numerowane. W pierwszej kolejności pobierano próbki do oznaczeń stężeń składników anionowych wód do butelek o pojemności 125 ml. Do takich samych butelek pobierano wodę do oznaczeń wskaźnikowych. Wodę do oznaczeń stężeń kationów filtrowano przez filtry MILIPORE Ø 0,45 µm do naczyń o pojemności 30 ml i zakwaszano HCl. Podobnie, do oddzielnych butelek, pobierano próbki do oznaczenia stężeń rtęci. Dla zapewnienia kontroli jakości poboru próbek z około 10% punktów pobrane zostały po dwie próbki do każdego rodzaju oznaczeń.

Wszystkie próbki odsyłane były do laboratorium w schłodzonych pojemnikach, w przeciagu maksymalnie 5 dni od ich pobrania. Próbki do oznaczeń NH₄⁺, NO₃⁻ i Hg trafiały do laboratorium najpóźniej po 20 godzinach od ich pobrania, transportowane również w temperaturze nie przekraczającej 4°C. Aby uniknąć niebezpieczeństwa kontaminacji próbek anionowych chlorkami, butelki z próbkami zakwaszonymi transportowano w oddzielnych torebkach foliowych.

BADANIA ANALITYCZNE

Badania chemizmu wód podziemnych aglomeracji łódzkiej prowadzono w trzech etapach obejmujących:

- pomiary wskaźnikowe parametrów fizykochemicznych wody podczas pompowania otworu,
- terenowe oznaczenia fotometryczne składników nietrwałych, w przeciagu 12 godzin od poboru próbki,
- laboratoryjne oznaczenia składników kationowych i anionowych, w przeciagu 48 godzin od poboru próbki.

Oznaczenia terenowe

Badania przy otworze. Po przepompowaniu otworu do wylotu pompy podłączano komorę przepływową z umieszczonymi czterema czujnikami umożliwiającymi pomiar temperatury, przewodności elektrycznej właściwej (konduktywności), potencjału utleniająco-redukcyjnego (Eh) oraz stężenia rozpuszczonego tlenu w przepływającej bez kontaktu z powietrzem wodzie. Konduktywność mierzono przy pomocy konduktometru CC-317 z automatyczną kompensacją temperatury do 25°C firmy Elmetron lub konduktometru CM 204 z ręczną kompensacją temperatury do 25°C firmy Slandi. Do pomiaru potencjału redox użyto pehametru z możliwością pomiaru potencjału CP-315 firmy Elmetron. Stężenie rozpuszczonego w wodzie tlenu oznaczano miernikiem CX-315 (pehametr/tlenomierz) firmy Elmetron z automatyczną kompensacją temperatury. Ponadto dokonywano pomiaru odczynu (pH) pompowanej wody przy użyciu wspomnianego miernika CX-315 z automatyczną kompensacją temperatury do 25°C.

Badania bezpośrednio po pobraniu próbki. Oznaczenia mało trwałych parametrów fizykochemicznych w wodach podziemnych przeniesiono do laboratorium terenowego. Oznaczenia barwy, zasadowości (w celu wyliczenia na jej podstawie stężenia wodorowęglanów), stężeń azotynów oraz fenoli w wybranych próbkach, a także, w części próbek, jonu amonowego i azotanów prowadzono na fotometrze LF 205 firmy

Slandi przy użyciu odczynników Palintest, Riedel-de Haën i WTW, zalecanych i sprzedawanych przez producenta fotometru. Badania prowadzono najpóźniej po 6–10 godzinach od momentu poboru próbek, które do czasu oznaczeń przechowywane były w schłodzonych pojemnikach.

Dane techniczne i rodzaje odczynników do terenowych oznaczeń fotometrycznych, zestawiono w tabeli I.

Tabela I Terenowe oznaczenia fotometryczne Field photometric determinations			
Oznaczana cecha lub substancje	Długość fali	Odczynnik	Dolna granica wykrywalności
Barwa	480 nm	–	9,4 mg Pt/dm ³
Zasadowość	585 nm	Palintest	–
Jony amonowe	635 nm	Riedel-de Haën	0,1 mg NH ₄ ⁺ /dm ³
Azotyny	480 nm	Riedel-de Haën	0,02 mg NO ₂ /dm ³
	565 nm	WTW	0,02 mg NO ₂ /dm ³
Azotany	480 nm	Riedel-de Haën	0,5 mg NO ₃ /dm ³
Fenole	480 nm	Riedel-de Haën	0,1 mg/dm ³

Analizy laboratoryjne

- Laboratoryjne analizy chemiczne obejmowały oznaczenia stężeń:
- składników anionowych: Cl⁻, SO₄²⁻, HPO₄⁻, NO₃⁻, F⁻, Br⁻ metodą chromatografii jonowej na aparacie HPLC firmy Waters (USA),
 - metali: Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sr, Ti, V, Zn, fosforu całkowitego i krzemionki metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w płazmie indukcyjnie sprężonej na spektrometrze ICP PV 8060 firmy Philips (Holandia),
 - azotu amonowego metodą spektrofotometryczną (indofenolową) na aparacie Cary-1e z kuwetą przepływową firmy Varian (Australia),
 - rtęci Hg automatycznym analizatorem rtęci AMA 254 firmy Altec (Czechy).

Dolne granice wykrywalności dla poszczególnych składników, jakie pozwoliły uzyskać zastosowane metody laboratoryjne, przedstawia tabela II.

Tabela II Dolna granica wykrywalności uzyskiwana w oznaczeniach laboratoryjnych Lower detectability limit as obtained in laboratory determinations	
Składnik chemiczny	Dolna granica wykrywalności mg/dm ³
Metoda chromatografii jonowej	
Cl ⁻	1
SO ₄ ²⁻	1
HPO ₄ ⁻	1
NO ₃ ⁻	0,01
F ⁻	0,1
Br ⁻	0,1
Metoda ICP-AES	
Al	0,05
As	0,05
B	0,03
Ba	0,001
Ca	0,1
Cd	0,003
Co	0,005
Cr	0,004
Cu	0,005
Fe	0,01
K	0,5
Li	0,001
Mg	0,05
Mn	0,001
Mo	0,01
Na	0,2
Ni	0,01
P	0,1
Pb	0,05
Sr	0,001
SiO ₂	0,1
Ti	0,005
V	0,006
Zn	0,005
Metoda spektrofotometryczna	
NH ₄ ⁺	0,05
Analizator AMA 254	
Hg	0,001

Oznaczenia stężeń składników anionowych i jonu amonowego przeprowadzano bezpośrednio po otrzymaniu próbek z terenu. Analizy zawartości rtęci wykonywano również zaraz po dostarczeniu próbek, a w przypadku, gdy było to niemożliwe, próbki dodatkowo utrwalano zgodnie z procedurą stosowaną przez Centralne Laboratorium Chemiczne PiG.

Kontrola jakości prac analitycznych w Centralnym Laboratorium Chemicznym PiG przeprowadzana jest w sposób ciągły. Systematycznie stosowane są międzynarodowe materiały referencyjne oraz kontrola poprzez równoległe wykonywanie poszczególnych oznaczeń różnymi metodami (Jakimowicz-Hnatyszak, Paślawski, 1996).

DOKUMENTACJA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Wyniki badań terenowych zostały zgromadzone na kartach informacyjnych dla poszczególnych punktów opróbowania. Lokalizacja punktów znajduje się na mapach terenowych w skali 1:25 000 (w układzie państwowym 1965) oraz na kopii podkładu topograficznego w skali 1:100 000 (w układzie państwowym 1942). Pomiary współrzędnych punktów opróbowania w skali 1:100 000 wykonano na stole pomiarowym (dygimetrze) firmy Sumigraphics, wykorzystując pakiet Arc/Info. Uży

¹ Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

² Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Świątokrzyski, Kielce.

³ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Warszawa.

⁴ Akademia Górniczo-Hutnicza, Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód, Kraków.

⁵ Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie, Oddział w Łodzi.

skane w ten sposób współrzędne punktów zostały dopisane do odpowiednich danych tabelarycznych (bazy danych).

Na podstawie kart informacyjnych otworów została stworzona baza danych zawierająca: nr otworu, współrzędne x, y (układ państwowy 1942), dane właściciela otworu, adres, głębokość do zwierciadła wody w otworze, głębokość otworu, głębokość opróbowania wód podziemnych, rzędną terenu punktu opróbowania, rzędną zwierciadła wody. Odrębna baza danych została utworzona dla wyników terenowych pomiarów fizykochemicznych i analiz laboratoryjnych. Bazy posłużyły do wykonania obliczeń statystycznych dla parametrów fizykochemicznych w całości opróbowanych warstw wodonośnych oraz podzbiorów, reprezentujących różne rodzaje punktów opróbowania wód podziemnych.

Bazy danych zapisane zostały w formacie programu dBase IV.

Obliczenia parametrów statystycznych wykonano przy pomocy programu Microsoft Excel oraz pakietu Statgraphics. Wyliczono wartość minimalną i maksymalną, średnią arytmetyczną, średnią geometryczną oraz medianę. Inne parametry, takie jak wariancja czy odchylenie standardowe, nie były obliczane, gdyż w przypadku większości omawianych wyników mamy do czynienia z niejednorodnymi rozkładami przyrodniczymi. Parametry statystyczne zestawiono w tabeli IV.

MAPY HYDROGEOCHEMICZNE

Jako podkładu map hydrogeochemicznych użyto mapy topograficznej w skali 1:100 000 w układzie państwowym 1942. Odpowiednie matryce zakupiono w Zarządzie Topograficznym Sztabu Generalnego Wojska Polskiego.

Do generacji map użyto komputera klasy PC Pentium 160 MHz, 32 MB RAM. Wykorzystano oprogramowania SURFER 6.01 for Windows oraz MAP/INFO 4.0. Treść każdej mapy przedstawia przestrzenny rozkład kilku parametrów hydrogeologicznych. Doboru parametrów na poszczególnych mapach dokonano na podstawie ich charakterystyk hydrochemicznych (np. występowanie makroskładników), zależności chemicznych (współwystępowanie metali ciężkich, ich zależność od warunków środowiska), zależności geochemicznych (współwystępowanie w środowisku) oraz możliwości wspólnego pochodzenia ze źródeł antropogenicznych.

Parametry ogólne, będące wynikiem oddziaływania składników chemicznych wód podziemnych i środowiska ich występowania, takie jak przewodność elektryczna właściwa, twardość ogólna, barwa czy odczyn wód przedstawiono w sposób izoliniowy przy zastosowaniu do interpolacji metody krigingu. Podobną metodą pokazano stężenia azotu mineralnego i fosforanów jako tła dla występowania poszczególnych form azotu mineralnego i całkowitego fosforu.

Obraz przedstawiony na mapach izoliniowych jest wynikiem operacji matematycznych w przyjętym modelu interpretacji i nie zawsze jest zgodny w szczegółach z rzeczywistą sytuacją przyrodniczą. Ponadto metoda interpolacji nie uwzględnia ruchu wód podziemnych.

Występowanie pozostałych składników wód podziemnych przedstawiono w sposób punktowy w formie kartodiagramów. Zakresy stężeń poszczególnych składników podzielono na klasy, którym przypisano odpowiednie kolory. Klasy określono na podstawie przepisów sanitarnych (Rozporządzenie MZiOS..., 1977, 1990), istniejących klasyfikacji wód podziemnych (Klasyfikacja..., 1993) i wartości dopuszczalnych stężeń substancji chemicznych mogących zanieczyścić wody podziemne (Kościelniak i in., 1995) oraz obliczonych parametrów statystycznych.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

„Atlas geochemiczny aglomeracji łódzkiej” obejmuje swym zasięgiem Łódź, Zgierz, Stryków, Aleksandrów Łódzki, Konstantynów Łódzki, Pabianice, Rzgów, Brójce oraz rolnicze i leśne tereny w ich otoczeniu. Pod względem geograficznym teren badań został scharakteryzowany w Części I atlasu.

HISTORIA ROZWOJU AGLOMERACJI ŁÓDZKIEJ

Łódź jako miasteczko rolnicze istnieje od 1423 roku, ale dopiero w XIX wieku nabiera znaczenia jako wielki kompleks przemysłowy. W 1820 r. Łódź zaliczono do tzw. miast fabrycznych. Pierwsza łódzka osada włókiennicza – „Sukiennicze Nowe Miasto” powstało w 1823 roku (Salm, Wesołowski, 1992), w 1825 uruchomiono pierwszą przędzalnię bawełny, a następne lata przyniosły szybki rozwój i mechanizację przemysłu włókienniczego. W latach 1828–1880 Łódź uległa ogromnym przeobrażeniom i niemal co 10 lat podwajała liczbę swoich mieszkańców (1860 – 32 tys., 1897 – 314 tys. – dane Urzędu Miasta Łodzi).

Lata 1870–1890 to okres najintensywniejszej w dziejach miasta rozbudowy przemysłu. Rozwija się produkcja wyrobów wełnianych, lnianych, jedwabnych, gumowych, maszyn włókienniczych i innych. Nadal napływają nowi mieszkańcy. W 1908 roku 340-tysięczne miasto zajmuje ciągle ten sam obszar, na którym w 1840 mieszkało 13 tys. ludzi (dane Urzędu Miasta Łodzi). Następuje powiększenie terenów administracyjnych miasta i włączenie Karolewa, Żubardzia, Widzewa, części Chojen, Rokicina i Dolów.

W 1914 roku gęstość zaludnienia na terenie miasta wynosiła 13 280 osób na 1 km². W 1915 okupacyjne władze niemieckie włączają do Łodzi przedmieścia robotnicze – Bałuty, dalszą część Chojen, Radogoszcz, Dąbrowę – dzielnicę nędzy, bez urządzeń komunalnych (Mortimer-Szymczak, red., 1981).

I wojna światowa przerywa proces rozwoju Łodzi, która traci 43% mieszkańców. Osłabiony przemysł włókienniczy nie odradza się w pełni przez cały okres międzywojenny (Kwiatkowski, red., 1973). Mimo trudności, władze samorządowe doprowadzają do budowy sieci wodno-kanalizacyjnej (początek budowy – 1925 r.).

Podczas II wojny światowej Łódź ponosi nieznaczne straty w zabudowie, a na początku 1945 roku liczbę ludności ocenia się na 300 tys. Jeszcze w tym roku powiększono blisko czterokrotnie obszar miasta. Powstają nowe osiedla i zakłady przemysłowe, zmienia się infrastruktura miasta. W latach siedemdziesiątych modernizacja przemysłu lekkiego przynosi likwidację zacofania technicznego, postępującego od czasów międzywojennych.

Obecnie Łódź liczy 828,5 tys. mieszkańców (2814 osób na km²). Miasto zaopatrywane jest w wodę z ujęć wód powierzchniowych oraz czwartorzędowych i górnokredowych poziomów wód podziemnych. Posiada sieć wodno-kanalizacyjną, w wielu obszarach przestarzałą. Na terenie rozbudowujących się przedmieść wciąż brakuje kanalizacji.

Od XIX wieku, równoległe z rozwojem Łodzi, w jej sąsiedztwie rozwijają się inne analogiczne ośrodki przemysłowe o mniejszym znaczeniu, m.in. w Zgierzu, Pabianicach, Aleksandrowie i Konstantynowie.

WSPÓLCZESNE ZAGOSPODAROWANIE TERENU

Od zakończenia II wojny światowej, na terenie objętym badaniami przestają istnieć niektóre stare zakłady przemysłowe, jednak powstaje wiele nowych obiektów i rozbudowuje się znaczna część już istniejących (Kwiatkowski, red., 1973). W samej Łodzi otwarto Fabrykę Transformatörów i Aparatury Trakcyjnej „Elta”, Zakłady Włókien Sztucznych „Anilana”, Łódzkie Zakłady Radiowe, Zakłady Tekstylno-Konfekcyjne „Teofilów”, Łódzkie Zakłady Obuwia Gumowego „Stomil”, kilka elektrociepłowni, Zakłady Graficzne.

W Pabianicach na uwagę zasługuje Pabianicka Fabryka Żarówek „Polam”, Zakłady Środków Opatrunkowych, Zakłady Tkanin Technicznych. Dla Zgierza istotne znaczenie miało powstanie Zgierskich Zakładów Przemysłu Wełnianego oraz modernizacja i rozbudowa Zakładów Przemysłu Barwników „Boruta”. W Aleksandrowie zbudowano Zakłady Przemysłu Pończosznego „Sandra”, w Strykowie Przedsiębiorstwo Produkcji Prefabrykatów i Elementów Budowlanych, w Konstantynowie utworzono Zakłady Przemysłu Włókienniczego „Konstantilana”.

Oprócz nowych zakładów przemysłowych i dzielnic mieszkaniowych, coraz liczniej pojawiają się we wszystkich miastach położonych w obrębie terenu badań parki i obszary zieleni miejskiej.

Gęsto zabudowane obiektami przemysłowymi i dzielnicami mieszkalnymi Łódź, Zgierz, Pabianice, Konstantynów, Aleksandrów, Stryków od dwóch wieków stanowią rozrastające się ogniska zanieczyszczeń tak środowiska powierzchniowego, jak i wód podziemnych. Dobrze zorganizowany transport pomiędzy tymi ośrodkami sprzyja rozszerzaniu się zabudowy i infrastruktury miejskiej i podmiejskiej na coraz dalsze obszary rolnicze, zwłaszcza wzdłuż szlaków komunikacyjnych. Tam jednak, gdzie kończą się przedmieścia, zaczynają się pola uprawne, łąki i lasy. Tereny takie rozciągają się zwłaszcza na wschód i południowy wschód od Łodzi, na zachód i południe od Pabianic i na północny zachód od Zgierza. Niestety i na tych obszarach pojawiają się coraz częściej komunalne, lecz również i niekontrolowane, wysypiska odpadów (patrz: Część I atlasu), a znaczna część ścieków komunalnych i przemysłowych zrzucana jest bezpośrednio do cieków powierzchniowych: Neru, Dobrzyńki, Bzury i innych.

Chociaż Łódź wraz z otaczającymi ją miastami nadal znana jest jako centrum tekstylne, obecnie ponad 60% przemysłu łódzkiego przypada na takie dziedziny jak przetwórstwo żywności, przemysł narzędziowy, maszynowy, chemiczny oraz poligraficzny. Zmiany zachodzące w gospodarce po 1990 roku powoli, również na tym terenie, zaczynają iść w kierunku gruntownej modernizacji wszystkich dziedzin życia, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień ochrony środowiska.

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Badany teren aglomeracji łódzkiej położony jest na obszarze dwóch przedkenozoicznych jednostek geologicznych – antyklinorium kujawskiego, będącego częścią antyklinorium środkowopolskiego i niecki mogileńsko-łódzkiej, wchodzącej w skład synklinorium szczecińsko-łódzko-miechowskiego (Pokora i in., 1987).

Na obszarze antyklinorium kujawskiego najstarszymi utworami ukazywanymi się na powierzchni przedkenozoicznej są osady jury środkowej, wykształcone w postaci ilowców, łupków, mułowców, piaskowców i wapieni oraz jury górnej, reprezentowane głównie przez dolomity, wapienie, margle, łupki, wapienie margliste, margle ilaste i wapienie ilaste (Pokora i in., 1987, Bierkowska, Błaszczak, 1988). W północnej części terenu przy granicy jednostki pojawia się kreda dolna w postaci utworów ilasto-mułowcowych z wkładkami piaszczysto-żwirowymi i żelazistymi oraz piaskowców różnoziarnistych, niekiedy żwirowatych i zlepieńcowatych. Na uwagę zasługuje fakt, że trochę dalej na północ od granicy badanego terenu w rejonie Ozorkowa i Justynowa pod utworami mezozoicznymi, częściowo je przebijając, występują struktury solne, będące południowymi elementami wysadowych struktur cechsztyńskich Izbicy, Kłodawy i Rogoźna.

Na obszarze niecki mogileńsko-łódzkiej pod utworami kenozoicznymi występuje kreda górna w postaci osadów piaszczysto-marglistych, margli, wapieni, opok, gez i piaskowców. Jej miąższość osiąga 630 m w rejonie Zgierza, 500 m w Łodzi i 680 m w okolicach Rzgowa (Pokora i in., 1987).

Powierzchnia przedkenozoiczna charakteryzuje się znacznymi deniwelacjami, dochodzącymi do 200 m. Znaczną rolę w jej ukształtowaniu odegrały czynniki tektoniczne, wywołujące ruchy bloków strukturalnych wzdłuż stref dyslokacyjnych oraz ruchy struktur solnych. Pewien wpływ wywarły również czynniki glaciektoniczne. Lokalnie występują w niej erozyjne formy krasowe w wychodniach wapiennych skał mezozoiku (Pokora i in., 1987).

Trzeciorzęd na badanym terenie reprezentowany jest przez oligocenijskie piaski i węgle brunatne, miocenijskie iły, mulki i piaski średnioziarniste z przewarstwieniami węgla brunatnego oraz iły, iły pylaste i mulki pliocenu. Stanowią one pokrywę porożcinaną erozyjnie w rejonie Pabianic, Łodzi, Zgierza i Strykowa; często zachowały się tylko w postaci płatów w zagłębieniach podłoża mezozoicznego. Miąższość osadów trzeciorzędowych jest bardzo zmienna i waha się od 0 do 70 m.

Utwory czwartorzędowe, głównie plejstoceńskie osady interglacjału wielkiego i zlodowacenia środkowopolskiego, wykazują bardzo zmienne miąższości od kilku do 160 m (115–120 m w Łodzi, 123–134 m w okolicy Zgierza, 139 m w Nowosolnej – Pokora i in., 1987), a w okolicy miejscowości Dobroń na południowo-zachodnim krańcu badanego terenu pojawiają się na powierzchni kreda górna (Klatkowa, 1980).

Część południową i środkową obszaru tworzy wysoczyzna morenowa gliny zwałowej, w rejonie północnym dominują równiny sandrowe, a na południe od Łodzi i na wschód od Pabianic widoczny jest kompleks utworów kemowych, w postaci izolowanych pagórków oraz równiny wód roztopowych. W dolinach rzek odsłaniają się mulki, mady i piaski rozlewiskowo-jeziorne (Brzeziński, 1992; Klatkowa, 1980).

Gliny zwałowe tego rejonu są na ogół piaszczyste, z niewielką ilością materiału grubszego. Tworzą ciągly poziom niemal na całym badanym terenie; niekiedy są zdeformowane glaciektonicznie. Utwory równin sandrowych zbudowane są z piasków o różnej granulacji, najczęściej zle wysortowanych i zle obtoczonych, miejscami ze żwirem i glazkami.

Holocen reprezentowany jest przede wszystkim przez piaski i żwiry, pokrywające dna dolin rzecznych o bardzo niewielkim rozprzestrzenieniu. W zachodniej i południowo-zachodniej części terenu występują lokalnie piaski eoliczne i piaski eoliczne w wydmach, zaliczane do czwartorzędu nierozdzielonego.

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Badany teren aglomeracji łódzkiej położony jest na obszarze dwóch jednostek hydrogeologicznych – regionu kutnowsko-tomaszowskiego na północy i wschodzie oraz regionu łódzkiego na południu i zachodzie (Bierkowska, Błaszczak, 1988). Granica tych jednostek przebiega prawie zgodnie z granicą przedkenozoicznych jednostek geologicznych – antyklinorium kujawskiego i niecki mogileńsko-łódzkiej.

Na terenie obu jednostek hydrogeologicznych największym kolektorem wód podziemnych, powszechnie eksploatowanym, są piaszczyste utwory czwartorzędowe. Występuje w nich kilka piaszczysto-żwirowych poziomów wodonośnych o zmiennym rozprzestrzenieniu i miąższości, tworzących na ogół mniej lub bardziej ciągle przewarstwienia wśród glin zwałowych. Schematycznie w przekroju pionowym wyróżnia się trzy poziomy wodonośne – nadmorenowy, śródmorenowy i podmorenowy.

Poziom nadmorenowy, o niewielkiej i bardzo zmiennej miąższości oraz swobodnym zwierciadle, eksploatowany jest na ogół tylko lokalnie studniami gospodarskimi. Jedyne w dolinach rzek, gdzie gliny zwałowe nie występują lub uległy znacznej redukcji, poziom ten stanowi często zasadniczą, niekiedy jedyną warstwę użytkową w utworach czwartorzędowych.

Poziom śródmorenowy na obszarach wysoczyzn stanowi jedną z głównych warstw użytkowych czwartorzędów. Na obszarach wyniesionych (Wzniesienia Łódzkie), gdzie gliny zwałowe są nieciągłe i porożmywane, utwory piaszczyste pojawiają się bezpośrednio na powierzchni terenu, tworząc pierwszą, przypowierzchniową warstwę wodonośną.

Poziom podmorenowy ma podobny charakter jak poziom śródmorenowy, lecz występuje głębiej. Miejscami, tam gdzie gliny zwałowe wyklonują się, łączy się z poziomem śródmorenowym tworząc jeden kompleks wodonośny o miąższości dochodzącej do 80 m.

Wody w utworach trzeciorzędowych występują w piaskach miocenijskich i ze względu na ich zmienne miąższości i rozprzestrzenienie, a także podwyższone stężenia związków żelaza oraz zanieczyszczenie związkami organicznymi, zwykle nie mają znaczenia użytkowego.

W utworach kredy górnej wody podziemne występują w opokach i wapieniach i stanowią główny poziom wodonośny w obrębie regionu łódzkiego. Zasilanie tego piętra odbywa się głównie przez drenaż kenozoicznych poziomów wodonośnych, będących w bezpośrednim kontakcie w zachodniej części badanego obszaru. W części wschodniej nie obserwuje się wyraźnej więzi hydraulicznej między poziomami kenozoicznymi i kredy górnej, o czym świadczy brak obniżenia zwierciadła wody w poziomach kenozoicznych, mimo istnienia regionalnego leja depresji w utworach kredy górnej (Pokora i in., 1987).

Dolnokredowy poziom wodonośny, o bardzo korzystnych parametrach hydrogeologicznych, stanowi kompleks piaskowcowy. Występuje w nim wody pod znacznym ciśnieniem, a wydajności sięgają ponad 100 m³/h przy depresjach rzędu kilku metrów.

Górnojurajski poziom wodonośny związany jest ze szczelinami i spekaniami skał węglanowych. Zasilanie tego poziomu odbywa się często przez drenaż kenozoicznych warstw wodonośnych, które w regionie kutnowsko-tomaszowskim leżą bezpośrednio na osadach jurajskich.

Wodonośność utworów jury środkowej, dolnej oraz triasu nie jest znana.

Utwory cechsztynu występują na ogół na znacznych głębokościach i są słabo wodonośne. Mimo to, w strefach wypiętrzeń solnych wywierają znaczny wpływ na chemizm wód w nadległych poziomach mezozoicznych, a poprzez więź hydrauliczną – również w kenozoicznych.

W celu uproszczenia objaśnień w dalszej części opracowania opróbowane poziomy wodonośne nazywane będą czwartorzędowymi, jako że opróbowanie wód podziemnych do Części II „Atlasu geochemicznego aglomeracji łódzkiej” dotyczyło w przeważającej części wód w utworach

czwartorzędowych. Tylko w południowo-zachodnim krańcu badanego obszaru woda pobrana z istniejących studni pochodziła już z utworów węglanowych kredy górnej, podścielających bezpośrednio osady czwartorzędowe o miąższości od 1 do kilku metrów i tworzących z nimi jeden system hydrogeologiczny. Zgodnie z założeniem rozpoznania najpłycej występujących wód, najczęściej opróbowany został poziom nadmorenowy w północnej i wschodniej części badanego obszaru oraz poziom śródmorenowy w części południowej, na wysoczyźnie morenowej. Dość powszechnie opróbowane były też lokalne poziomy zawieszony, o bardzo zmiennym i słabo rozpoznany zasięgu.

Kierunki przepływu wód podziemnych uzależnione są od przebiegu lokalnych działów wód podziemnych, związanych w przypadku najpłycej położonych poziomów wodonośnych z działami wód powierzchniowych. Na północ i północny wschód od Łodzi wody podziemne odpływają generalnie w kierunku północnym. W regionie łódzkim spływ wód odbywa się zasadniczo w kierunkach zachodnim, z niewielkimi lokalnymi zmianami w zlewni rzeki Dobrzyńki, gdzie wody podziemne, tak jak powierzchniowe, płyną na północ, do Neru. Wschodni kraniec badanego obszaru odwadniany jest w kierunku południowo-wschodnim. Szkic warunków hydrodynamicznych przedstawiono na fig. 1.

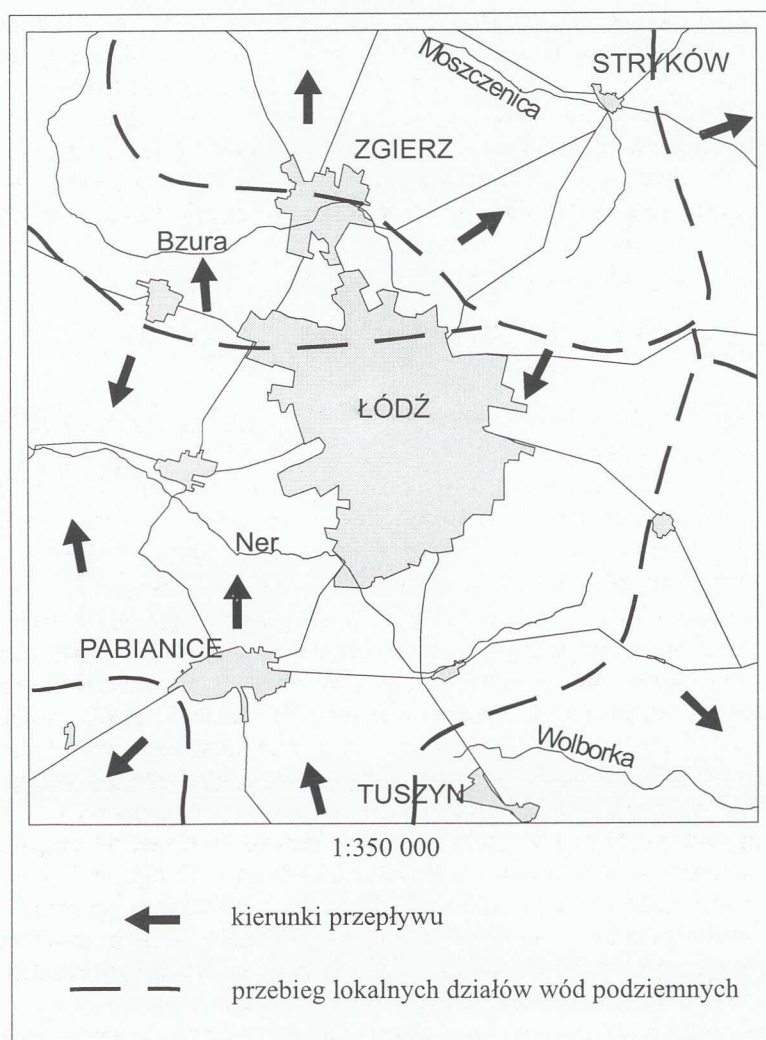


Fig. 1.
Lokalne kierunki przepływu wód podziemnych w czwartorzędowych poziomach wodonośnych
Local directions of ground water flow in the Quaternary aquifer

Według „Atlasu hydrogeologicznego Polski” (Paczyński, red., 1995) odnawialność wód czwartorzędowych poziomów wodonośnych wynosi 100 m³/dobę · km², a między Zgierzem i Strykowem nawet 200 m³/dobę · km². Jednak są to wody średniej i złej jakości, przestrzennie zanieczyszczone i wymagające skomplikowanego uzdatniania.

CHARAKTERYSTYKA CHEMIZMU WÓD PODZIEMNYCH

Chemizm badanych wód charakteryzuje się dużą zmiennością, nie będącą wynikiem zróżnicowania naturalnych warunków geologicznych i hydrogeologicznych. Na podstawie stężeń makroskładników udokumentowano występowanie 50 klas wód (tab. III). Taka ilość potwierdza nienaturalne relacje między makroskładnikami. Najczęściej są to wody trójjonowe, wodorowęglanowo-siarczanowo-wapniowe oraz siarczanowo-wodorowęglanowo-wapniowe (fig. 2).

Poniżej scharakteryzowane zostały poszczególne elementy hydrogeochemiczne wód podziemnych badanego terenu. Podano rozkłady częstości występowania oraz zakres i wartość średnią, tak wód podziemnych całego badanego obszaru, jak i dla poszczególnych rodzajów punktów opróbowania, których lokalizacja, konstrukcja i sposób eksploatacji (w przypadku istniejących otworów) może mieć wpływ na lokalne zmiany fizykochemiczne w wodach podziemnych. Jako wartość średnia podana jest na ogół średnia geometryczna, gdyż parametr ten, mniej obciążony wpływem wartości ekstremalnych od średniej arytmetycznej, lepiej charakteryzuje badaną populację. Wszystkie parametry statystyczne zestawiono w tabeli IV.

Dla porównania przytoczono zakresy typowych wartości poszczególnych elementów hydrogeochemicznych w czystych wodach podziemnych Polski (tło hydrogeochemiczne) według katalogu Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (Witczak, Adamczyk, 1995) oraz przepisy sanitarne dotyczące wód pitnych i na potrzeby gospodarcze (Rozporządzenie MZiOŚ..., 1977, Rozporządzenie MZiOŚ..., 1990). Sporadycznie przytoczono wartości charakterystyczne z innych źródeł.

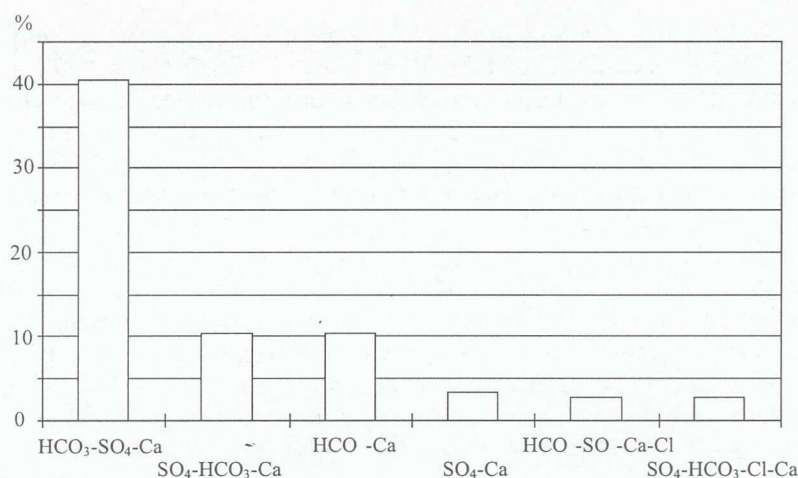


Fig. 2.
Dominujące typy hydrogeochemiczne wód w czwartorzędowych poziomach wodonośnych
Dominant hydrogeochemical types of waters in the Quaternary aquifers

Tabela III Table III	
Klasy hydrochemiczne wód podziemnych w czwartorzędowych poziomach wodonośnych (według klasyfikacji Szczukariewa-Prikłoriskiego, zmodyfikowanej)* Hydrochemical classes of ground water in the Quaternary aquifers (according to Szczukariew-Prikłoriski, modified)	
Klasa	Liczba oznaczeń
Wody dwujonowe	46
HCO ₃ -Ca	35
SO ₄ -Ca	11
Wody trójjonowe	195
HCO ₃ -SO ₄ -Ca	138
SO ₄ -HCO ₃ -Ca	35
SO ₄ -Ca-Mg	7
SO ₄ -Cl-Ca	6
HCO ₃ -Ca-Mg	2
HCO ₃ -Ca-Na	2
HCO ₃ -Cl-Ca	2
Cl-HCO ₃ -Ca	1
Cl-SO ₄ -Ca	1
SO ₄ -Ca-Na	1
Wody czterojonowe	65
HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Na	10
SO ₄ -HCO ₃ -Cl-Ca	10
SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg	7
HCO ₃ -SO ₄ -Ca-K	6
HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Ca	5
HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg	4
SO ₄ -Cl-Ca-Na	4
SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Na	4
Cl-HCO ₃ -Na-Ca	2
HCO ₃ -Cl-SO ₄ -Ca	2
SO ₄ -Cl-Ca-Mg	2
SO ₄ -Cl-Na-Ca	2
Cl-Ca-Mg-Na	1
Cl-HCO ₃ -SO ₄ -Ca	1
Cl-SO ₄ -Ca-Mg	1
Cl-SO ₄ -Ca-Na	1
HCO ₃ -Cl-Ca-Na	1
SO ₄ -Cl-HCO ₃ -Ca	1
SO ₄ -HCO ₃ -Ca-K	1
Wody pięcujonowe	31
SO ₄ -HCO ₃ -Cl-Ca-Na	7
Cl-HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Na	4
HCO ₃ -Cl-SO ₄ -Ca-Na	3
HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Ca-Na	3
HCO ₃ -Cl-SO ₄ -Ca-K	2
HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Ca-K	2
Cl-SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Na	1
HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Ca-Mg	1
HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Na-Ca	1
SO ₄ -Cl-Ca-Na-Mg	1
SO ₄ -Cl-HCO ₃ -Ca-K	1
SO ₄ -Cl-HCO ₃ -Ca-Mg	1
SO ₄ -Cl-HCO ₃ -Ca-Na	1
SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg-K	1
SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Na-Mg	1
SO ₄ -HCO ₃ -Cl-Ca-Mg	1
Wody sześciujonowe	3
Cl-SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Na-K	1
HCO ₃ -SO ₄ -Cl-Ca-Na-K	1
SO ₄ -HCO ₃ -Cl-Ca-Na-K	1

* Uwzględniono aniony występujące w ilości powyżej 20% miliwoli anionów i kationy powyżej 20% miliwoli kationów. Kolejność według malejącej zawartości składników.

PARAMETRY OGÓLNE

BARWA

Tabela 9, tabela IV, figura 3.

Wartości dla wód podziemnych (mgPt/dm³):

– ze wszystkich punktów opróbowania	<9,4–374; średnio <9,4
– ze studni kopanych	<9,4–140; średnio <9,4
– ze studni wierconych i piezometrów	<9,4–60; średnio <9,4
– z sond hydrogeologicznych	<9,4–374; średnio <9,4
– ze źródeł	<9,4

Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski

Dopuszczalna wartość wg przepisów sanitarnych

Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną wartość

17%

Wody podziemne na badanym obszarze na ogół są bezbarwne. Tylko 17% przebadanych wód charakteryzowało się wartościami barwy powyżej 20 mgPt/dm³. Wartości takie spotykano w niektórych wodach ze studni miejskich i piezometrów na terenie Łodzi (na ogół 20–50 mgPt/dm³),

gdzie pochodzenie barwy wiązać należy z zanieczyszczeniem wód podziemnych lub warunkami konstrukcji i utrzymania samego ujęcia (wytrącanie związków żelaza). Podwyższenie barwy stwierdzono również w wodach ze studni kopanych i sond hydrogeologicznych na południe od Pabianic i Rzgowa (20–100, a nawet powyżej 100 mgPt/dm³), w których barwa pochodzi prawdopodobnie od ługowanej substancji organicznej na podmokłym, często bagiennym terenie. Podwyższone zabarwienie wód obserwowano też w kilku studniach kopanych w okolicach Strykowa.

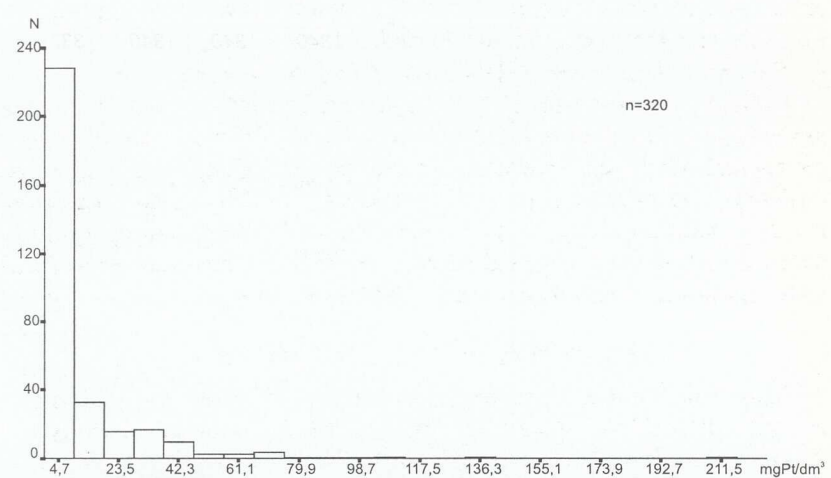


Fig. 3.
Rozkład częstości barwy
Frequency distribution of colour

ODCZYN pH

Tabelle 5 i 6, tabela IV, figura 4.

Wartości dla wód podziemnych:

– ze wszystkich punktów opróbowania	3,39–9,81; średnio 6,67
– ze studni kopanych	5,05–9,81; średnio 7,08
– ze studni wierconych i piezometrów	5,27–8,22; średnio 6,97
– z sond hydrogeologicznych	3,39–7,80; średnio 5,97
– ze źródeł	5,56–7,51; średnio 6,91

Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski

Zakres dopuszczalny wg przepisów sanitarnych

Udział oznaczeń wykraczających poza zakres dopuszczalny

30%

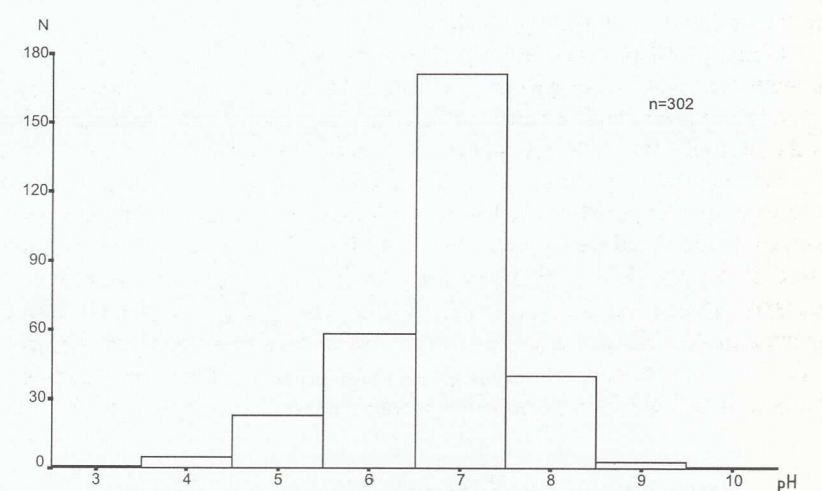


Fig. 4.
Rozkład częstości pH
Frequency distribution of pH

Odczyn wód podziemnych waha się na ogół w granicach pH 5,5–8,5, przy czym w 2/3 badanych punktów woda spełnia wymagania przepisów sanitarnych pod względem odczynu. Zaobserwowano jednak pewne różnice w obrębie badanego terenu. W regionie łódzkim wody są bardziej kwaśne, miejscami wykazują pH poniżej 4,5. Wiązać to można z istnieniem podmokłych obniżen torfowych i bagiennych. Ciekawym jest jednak fakt, że nawet płytkie występowanie skał węglanowych na południowy zachód od Pabianic nie wpływa na zobojętnienie wód kwaśnych. Obszary na północ od Łodzi i Zgierza charakteryzują się odczynem obojętnym i lekko zasadowym. Różnica ta w stosunku do terenów południowych związana jest na pewno z różnicami warunków występowania wód podziemnych (częsty brak izolacji od powierzchni terenu, ubogie w materiał próchniczy gleby bielcowe – patrz Część I, większa niż na południu ciągłość poziomów wodonośnych). Ponadto, wody podziemne z terenów przemysłowych Łodzi i Zgierza odpływają na północ i mogą nieść pewien ładunek zanieczyszczeń, wpływający na podniesienie pH.

MINERALIZACJA OGÓLNA

Tabela 2, tabela IV, figura 5.

Wartości w wodach podziemnych (mg/dm³):

– ze wszystkich punktów opróbowania	85–4161; średnio 418
– ze studni kopanych	127–4161; średnio 569
– ze studni wierconych i piezometrów	88–2456; średnio 491
– z sond hydrogeologicznych	85–2866; średnio 285
– ze źródeł	191–395; średnio 279

Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych*

Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość

18%

* Suma substancji rozpuszczonych.

Mineralizację ogólną wód podziemnych obliczono sumując stężenia wszystkich oznaczonych składników wód podziemnych. Zdecydowaną większość wód zaliczyć można do wód słodkich (Pazdro, Kozerski, 1990; Kleczkowski, Rózkowski, red., 1997). Najwyższe wartości, sięgające po-

Parametry statystyczne oznaczeń fizycznochemicznych w wodach podziemnych aglomeracji łódzkiej
Statistical parameters of physico-chemical, determinations of ground waters in the Łódź agglomeration

RODZAJ PUNKTU OPRÓBOWANIA SAMPLING SITE TYPE	BARWA COLOUR [mg Pt/dm ³]	pH	MINERALIZACJA OGÓLNA TOTAL MINERALISATION [mg/dm ³]	PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA WŁAŚCIWA CONDUCTIVITY [m S/cm]	TWARDOŚĆ OGÓLNA TOTAL HARDNESS [mg CaCO ₃ /dm ³]	POTENCJAŁ REDOKS REDOX POTENTIAL [mV]	TLEN ROZPUSZCZONY DISSOLVED OXYGEN [mg O ₂ /dm ³]	Cl ⁻ [mg/dm ³]	SO ₄ ²⁻ [mg/dm ³]	HCO ₃ ⁻ [mg/dm ³]	Ca ²⁺ [mg/dm ³]	Mg ²⁺ [mg/dm ³]	Na [mg/dm ³]	K ⁺ [mg/dm ³]	N-NH ₄ [mg/dm ³]	N-NO ₂ [mg/dm ³]	N-NO ₃ [mg/dm ³]	Al [mg/dm ³]
Wszystkie punkty opróbowania All sampling sites																		
Liczebność Number of samples	321	302	340	293	340	298	300	340	340	339	340	340	340	340	337	340	340	340
wartość minimalna minimum value	<9,4	3,39	84,56	0,029	24,1	-250	0,00	<1,0	<1,0	0,00	7,0	1,4	1,0	0,2	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
wartość maksymalna maximum value	374,0	9,81	4161,42	3,590	1478,8	364	11,19	874,0	1651,0	839,36	476,6	105,1	207,0	236,0	15,76	1,32	234,97	42,59
średnia arytmetyczna arithmetic mean	14,4	6,74	552,66	0,841	320,2	70	3,11	45,4	134,5	214,89	105,9	13,5	26,6	15,2	0,21	0,03	15,69	0,24
średnia geometryczna geometric mean	<9,4	6,67	418,68	0,644	259,3	-	-	23,4	85,8	111,41	86,3	9,8	14,9	4,4	0,09	0,01	2,00	<0,05
mediana median	<9,4	6,85	410,16	0,661	261,7	94	2,18	22,2	88,2	189,10	88,8	9,9	12,6	2,8	0,08	0,01	6,33	<0,05
Studnie kopane Dug water wells																		
Liczebność Number of samples	136	151	152	140	152	152	151	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
wartość minimalna minimum value	<9,4	5,05	127,21	0,270	58,9	-154	0,00	1,4	<1,0	4,27	20,6	1,8	2,2	0,8	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
wartość maksymalna maximum value	140,0	9,81	4161,42	3,590	1478,8	364	11,19	370,0	1651,0	839,36	453,8	105,1	207,0	236,0	1,40	1,32	234,97	1,05
średnia arytmetyczna arithmetic mean	10,4	7,11	715,04	1,012	379,3	176	4,52	56,6	162,5	250,20	122,7	17,7	38,5	30,6	0,11	0,04	28,75	0,05
średnia geometryczna geometric mean	<9,4	7,08	569,31	0,870	321,4	-	-	34,8	116,1	203,02	105,7	12,7	25,0	13,1	<0,08	0,01	13,67	<0,05
mediana median	<9,4	6,94	515,43	1,138	320,4	178	4,33	35,1	105,5	212,28	107,4	12,8	24,6	14,6	<0,08	0,01	21,62	<0,05
Studnie wiercone i piezometry Drilled water wells and piezometers																		
Liczebność Number of samples	46	47	47	46	47	47	47	47	47	46	47	47	47	47	47	47	47	47
wartość minimalna minimum value	<9,4	5,27	88,47	0,230	88,5	-230	0,00	1,7	<1,0	46,36	30,0	1,9	4,3	0,6	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
wartość maksymalna maximum value	60,0	8,22	2456,42	2,390	1339,2	210	7,15	271,0	867,0	722,24	476,6	37,8	150,0	26,7	1,64	0,27	76,82	<0,05
średnia arytmetyczna arithmetic mean	13,7	6,98	655,90	0,988	425,7	-38	0,81	65,2	181,7	290,25	146,0	14,9	34,3	3,1	0,29	0,01	4,50	<0,05
średnia geometryczna geometric mean	<9,4	6,97	490,64	0,833	362,1	-	-	35,9	87,5	254,50	122,9	12,2	20,5	2,3	0,17	<0,01	0,15	<0,05
mediana median	<9,4	6,92	523,86	0,865	366,8	-34	0,00	36,0	135,0	277,55	129,9	10,5	16,9	1,9	0,16	<0,01	<0,11	<0,05
Sondy hydrogeologiczne Geoprobe sampling sites																		
Liczebność Number of samples	136	100	137	103	137	95	98	137	137	137	137	137	137	137	134	137	137	137
wartość minimalna minimum value	<9,4	3,39	84,56	0,029	24,1	-250	0,00	<1,0	<1,0	0,00	7,0	1,4	1,0	0,2	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
wartość maksymalna maximum value	374,0	7,80	2866,04	3,130	1144,3	296	9,99	874,0	1202,0	479,46	416,2	59,1	111,0	32,0	15,76	1,26	65,52	42,59
średnia arytmetyczna arithmetic mean	18,8	6,05	344,81	0,558	221,7	-52	2,02	27,0	89,6	149,06	74,5	8,7	11,5	2,6	0,31	0,02	5,09	0,54
średnia geometryczna geometric mean	<9,4	5,97	285,35	0,465	183,5	-	-	13,2	61,9	43,37	61,3	6,9	7,8	1,7	0,10	0,01	0,56	0,06
mediana median	<9,4	6,22	266,63	0,520	194,7	-55	0,29	13,3	62,7	141,52	67,9	6,8	6,8	1,6	0,08	0,01	0,22	<0,05
Źródła Springs																		
Liczebność Number of samples	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
wartość minimalna minimum value	<9,4	5,56	190,74	0,385	176,2	-52	0,20	8,1	36,4	111,00	65,1	3,3	3,6	0,8	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
wartość maksymalna maximum value	<9,4	7,51	394,92	0,522	250,2	343	7,84	24,4	74,3	195,20	85,7	8,8	6,9	2,1	0,16	0,01	24,85	<0,05
średnia arytmetyczna arithmetic mean	<9,4	6,96	288,30	0,439	208,7	181	3,77	15,5	55,4	140,30	74,4	5,6	5,5	1,3	<0,08	0,01	13,80	<0,05
średnia geometryczna geometric mean	<9,4	6,91	278,91	0,436	206,9	-	-	13,8	53,6	136,99	74,0	5,3	5,3	1,2	<0,08	<0,01	4,27	<0,05
mediana median	<9,4	7,39	283,76	0,424	204,2	216	3,52	14,7	55,4	127,50	73,3	5,2	5,8	1,2	<0,08	<0,01	15,14	<0,05

Tabela IV
Table

As [mg/dm ³]	B [mg/dm ³]	Ba [mg/dm ³]	Br [mg/dm ³]	Cd [mg/dm ³]	Co [mg/dm ³]	Cr [mg/dm ³]	Cu [mg/dm ³]	F [mg/dm ³]	Fe [mg/dm ³]	Hg [mg/dm ³]	Li [mg/dm ³]	Mn [mg/dm ³]	Mo [mg/dm ³]	Ni [mg/dm ³]	P [mg/dm ³]	HPO ₄ ⁻ [mg/dm ³]	Pb [mg/dm ³]	SiO ₂ [mg/dm ³]	Sr [mg/dm ³]	Ti [mg/dm ³]	V [mg/dm ³]	Zn [mg/dm ³]	FENOLE PHENOLS [mg/dm ³]
340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	89	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	160
<0,05	<0,03	0,006	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,1	<1,0	<0,05	1,3	0,038	<0,005	<0,006	<0,005	<0,1
0,05	1,57	0,531	0,47	0,003	0,312	0,371	0,019	0,82	42,97	<0,001	0,060	1,931	0,06	1,00	5,8	10,2	<0,05	59,8	1,473	0,067	0,006	6,227	3,0
<0,05	0,15	0,066	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	1,46	<0,001	0,006	0,178	<0,01	0,01	0,2	<1,0	<0,05	14,3	0,242	<0,005	<0,006	0,221	0,5
<0,05	0,06	0,052	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	0,131	<0,001	0,003	0,046	<0,01	<0,01	0,1	<1,0	<0,05	13,0	0,195	<0,005	<0,006	0,026	0,2
<0,05	0,045	0,055	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	0,16	<0,001	0,003	0,067	<0,01	<0,01	0,1	<1,0	<0,05	13,7	0,184	<0,005	<0,006	0,020	0,1
152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	28	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	11
<0,05	<0,03	0,006	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,1	<1,0	<0,05	3,7	0,075	<0,005	<0,006	<0,005	<0,1
0,05	1,40	0,217	0,20	<0,003	0,012	0,371	0,019	0,39	13,36	<0,001	0,060	1,264	<0,01	0,05	5,8	10,2	<0,05	26,4	0,890	0,006	0,006	6,227	2,7
<0,05	0,25	0,065	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	0,22	<0,001	0,006	0,099	<0,01	<0,01	0,3	<1,0	<0,05	13,8	0,274	<0,005	<0,006	0,300	0,6
<0,05	0,13	0,055	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	0,02	<0,001	0,004	0,015	<0,01	<0,01	0,2	<1,0	<0,05	13,1	0,237	<0,005	<0,006	0,056	0,2
<0,05	0,14	0,056	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	0,01	<0,001	0,003	0,018	<0,01	<0,01	0,1	<1,0	<0,05	13,4	0,230	<0,005	<0,006	0,046	0,1
47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	45	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	31
<0,05	<0,03	0,007	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	<0,01	<0,001	0,002	<0,001	<0,01	<0,01	<0,1	<1,0	<0,05	1,3	0,076	<0,005	<0,006	<0,005	<0,1
<0,05	1,57	0,288	<0,10	<0,003	0,005	<0,004	0,011	0,69	42,97	<0,001	0,024	1,402	<0,01	0,01	0,4	<1,0	<0,05	28,6	1,055	<0,005	<0,006	2,726	2,6
<0,05	0,18	0,086	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	0,10	4,26	<0,001	0,010	0,329	<0,01	<0,01	0,2	<1,0	<0,05	17,2	0,321	<0,005	<0,006	0,586	0,4
<0,05	0,07	0,067	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	1,33	<0,001	0,008	0,165	<0,01	<0,01	0,1	<1,0	<0,05	14,8	0,269	<0,005	<0,006	0,242	0,1
<0,05	0,04	0,078	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	2,24	<0,001	0,008	0,275	<0,01	<0,01	0,2	<1,0	<0,05	18,6	0,306	<0,005	<0,006	0,274	<0,1
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	16	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	117
<0,05	<0,03	0,010	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	<0,01	<0,001	<0,001	0,002	<0,01	<0,01	<0,1	<1,0	<0,05	3,3	0,038	<0,005	<0,006	<0,005	<0,1
<0,05	0,23	0,531	0,47	0,003	0,312	0,009	0,008	0,82	27,87	<0,001	0,040	1,931	0,06	1,00	1,8	<1,0	<0,05	59,8	1,473	0,067	<0,006	0,369	3,0
<0,05	0,04	0,061	<0,10	<0,003	0,007	<0,004	<0,005	0,11	1,92	<0,001	0,004	0,218	<0,01	0,02	0,1	<1,0	<0,05	13,7	0,181	<0,005	<0,006	0,014	0,5
<0,05	<0,03	0,047	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	0,54	<0,001	0,002	0,108	<0,01	<0,01	<0,1	<1,0	<0,05	12,2	0,143	<0,005	<0,006	0,005	0,2
<0,05	<0,03	0,049	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	0,54	<0,001	0,003	0,115	<0,01	<0,01	<0,1	<1,0	<0,05	12,2	0,139	<0,005	<0,006	<0,005	0,1
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
<0,05	<0,03	0,017	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	<0,01		0,002	<0,001	<0,01	<0,01	<0,1	<1,0	<0,05	14,0	0,110	<0,005	<0,006	<0,005	<0,1
<0,05	<0,03	0,025	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	0,72		0,003	0,084	<0,01	<0,01	0,2	<1,0	<0,05	23,3	0,184	<0,005	<0,006	<0,005	<0,1
<0,05	<0,03	0,020	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	0,18		0,002	0,023	<0,01	<0,01	0,2	<1,0	<0,05	16,8	0,134	<0,005	<0,006	<0,005	
<0,05	<0,03	0,019	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	0,02		0,002	0,004	<0,01	<0,01	0,1	<1,0	<0,05	16,4	0,131	<0,005	<0,006	<0,005	
<0,05	<0,03	0,018	<0,10	<0,003	<0,005	<0,004	<0,005	<0,10	<0,01		0,002	0,003	<0,01	<0,01	0,1	<1,0	<0,05	14,9	0,122	<0,005	<0,006	<0,005	

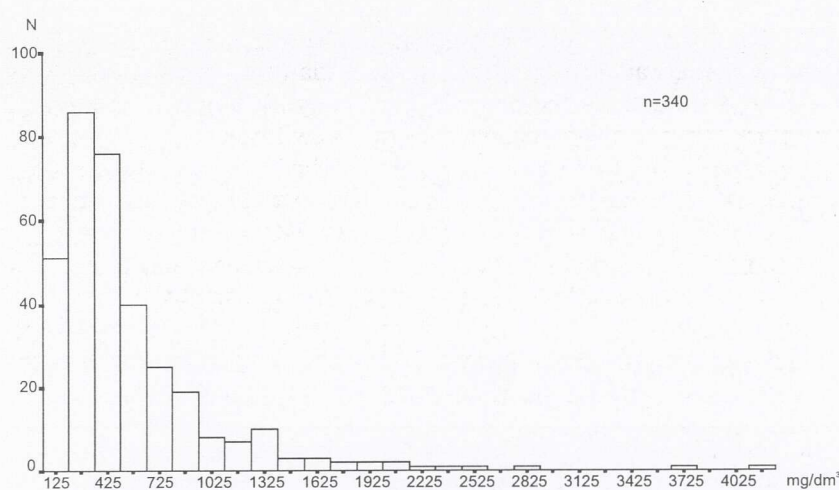


Fig. 5.
Rozkład częstości mineralizacji ogólnej
Frequency distribution of mineralization (Total Dissolved Solids)

wyżej 1000 mg/dm³, najczęściej wywołane są występowaniem podwyższonych stężeń siarczanów i dotyczą wód siarczanowo-wapniowych i siarczanowo-wodorowęglanowo-wapniowych. Lokalnie, zwłaszcza w północnej części obszaru, obserwuje się w nich również podwyższone stężenia chlorków.

Najwyższe wartości mineralizacji wód podziemnych związane są z obszarami miejskimi i przemysłowymi – Łódź, Rzgów, okolice Zgierza, Strykowa. Strefa wysokich wartości mineralizacji ogólnej występuje też w zachodniej części terenu między Aleksandrowem Łódzkim, Konstantynowem Łódzkim i Dobroniem oraz na południowym wschodzie w rejonie miejscowości Brójce. Na terenach rolniczych i rekreacyjnych obserwowane punktowo wyższe wartości mineralizacji ogólnej wód spowodowane są na ogół złym stanem utrzymania ujęcia, który pozwala na przedostawanie się zanieczyszczeń z powierzchni terenu bezpośrednio do studni. Wniosek o powszechnym przenikaniu zanieczyszczeń z powierzchni terenu do ujęć potwierdzają relacje mineralizacji wód pobranych z różnych typów otworów.

PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA WŁAŚCIWA

Tablica 2, tabela IV, figura 6.

Wartości dla wód podziemnych (mS/cm):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	0,270–3,590; średnio 0,644
– ze studni kopanych	0,230–3,590; średnio 0,870
– ze studni wierconych i piezometrów	0,230–2,390; średnio 0,833
– z sond hydrogeologicznych	0,029–3,130; średnio 0,465
– ze źródeł	0,385–0,522; średnio 0,436
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,200–0,700 mS/cm

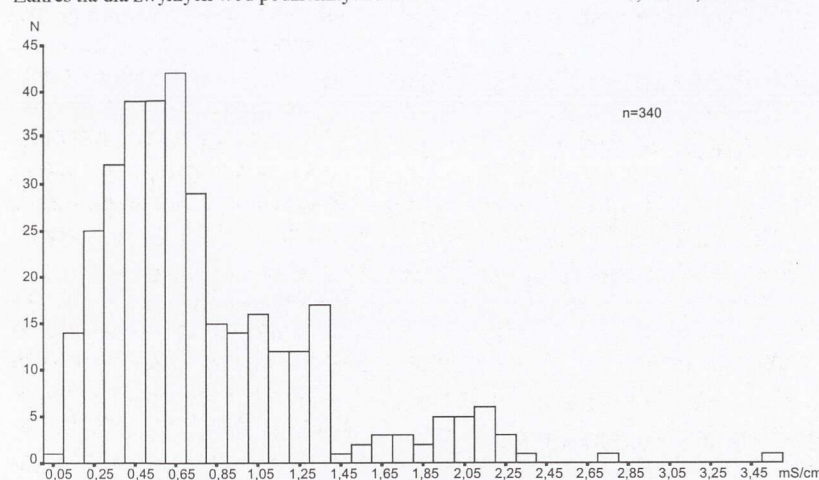


Fig. 6.
Rozkład częstości przewodności elektrycznej właściwej
Frequency distribution of specific electrical conductivity

Przewodność elektryczna właściwa wód podziemnych, zwana też konduktywnością lub przewodnością elektrolityczną właściwą (Kleczkowski, Rózkowski, red., 1997) jest ściśle powiązana z ogólną mineralizacją. Wartości jej w badanych wodach zawierają się w bardzo szerokim przedziale, a statystyczny rozkład wartości wykazuje wielowierzchołkowość charakterystyczną dla wód podziemnych pochodzących z obszarów zanieczyszczonych (fig. 6).

Strefy najwyższych wartości przewodności elektrycznej właściwej pokrywają się ze strefami największych mineralizacji wód. Są to miasta, zabudowa podmiejska i tereny przemysłowe Łodzi, Strykowa, Zgierza i Konstantynowa Łódzkiego oraz zachodni kraniec terenu między Konstantynowem i Dobroniem, a także pas Pabianice–Rzgów–Brójce.

Generalnie niższe przewodności charakteryzują wody pobrane z sond hydrogeologicznych i źródeł. Są one charakterystyczne dla terenów pól uprawnych, nieużytków rolnych i lasów. Najwyższe wartości oznaczono w studniach kopanych i wierconych. Prawdopodobnie taka może sugerować liczne punktowe zanieczyszczenie wód podziemnych, obejmujące niekiedy tylko samo ujęcie, a pojawiające się w efekcie jego złego stanu sanitarnego.

TWARDOŚĆ OGÓLNA

Tablica 8, tabela IV, figura 7.

Wartości dla wód podziemnych (mgCaCO ₃ /dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	24,1–1478,8; średnio 259,3
– ze studni kopanych	58,9–1478,8; średnio 321,4
– ze studni wierconych i piezometrów	88,5–1339,2; średnio 362,1
– z sond hydrogeologicznych	24,1–1144,3; średnio 183,5
– ze źródeł	176,2–250,2; średnio 206,9
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	100–400 mg CaCO ₃ /dm ³
Dopuszczalna wartość wg przepisów sanitarnych	500 mg CaCO ₃ /dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną wartość	8%

Wody podziemne badanego terenu należą na ogół do wód średnio twardych i twardych (podział wg Pazdro, Kozerskiego, 1990). Tylko w 8% przebadanych wód stwierdzono wartości twardości ogólnej przekraczające przepisy sanitarne dla wód pitnych. Jednak te właśnie wody pochodziły w większości z kopanych studni gospodarskich, używanych jako główne lub awaryjne źródło wody pitnej. Bardzo wysokie wartości twardości zanotowano również w studniach miejskich w centrum Łodzi. Najbardziej miękkie wody występują na południe i wschód od Rzgowa i Pabianic, na terenach rolniczych oraz w rolniczo-leśnych obszarach na północny zachód od Zgierza.

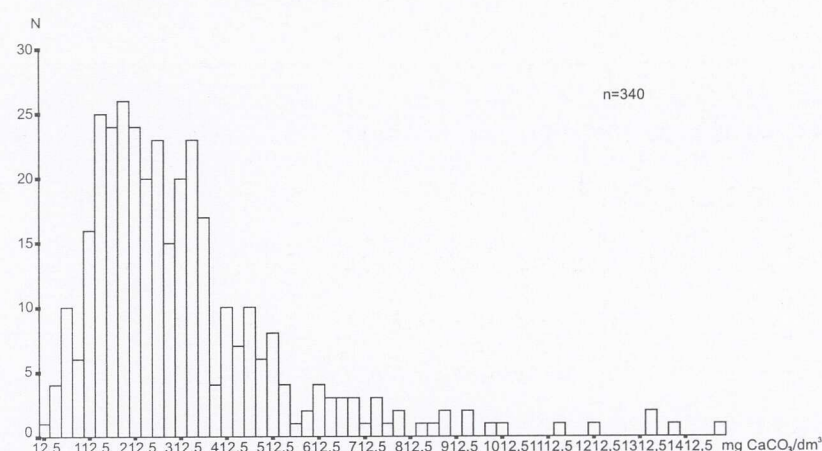


Fig. 7.
Rozkład częstości twardości ogólnej
Frequency distribution of total hardness

POTENCJAŁ UTLENIAJĄCO-REDUKCYJNY Eh

Tabela IV, figura 8.

Wartości w wodach podziemnych (mV):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	–250 – +364; średnio 70*
– ze studni kopanych	–154 – +364; średnio 176*
– ze studni wierconych i piezometrów	–230 – +210; średnio –38*
– z sond hydrogeologicznych	–250 – +296; średnio –52*
– ze źródeł	–52 – +343; średnio 181*
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	–50 – +400 mV

* Podano średnią arytmetyczną.

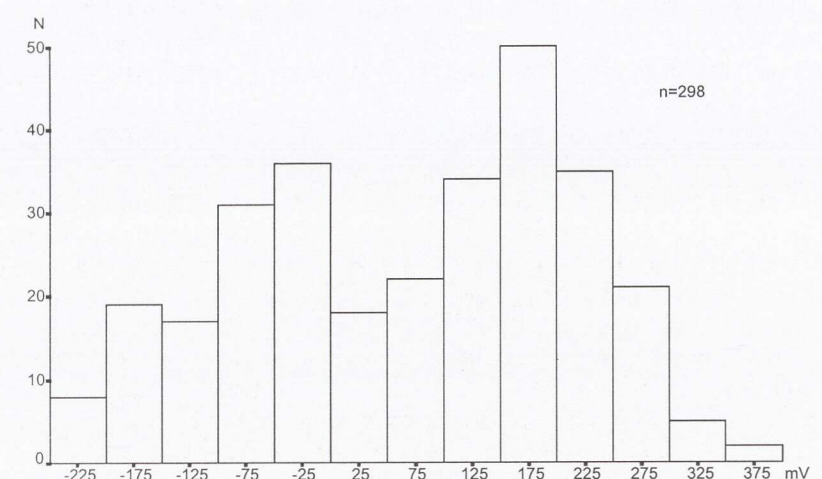


Fig. 8.
Rozkład częstości potencjału redoks
Frequency distribution of redox potential

Dla określenia rzeczywistego potencjału utleniająco-redukcyjnego panującego w wodach podziemnych badanego terenu posłużono się wynikami pomiarów w tych punktach poboru wód, które nie umożliwiają bezpośredniego kontaktu wody z powietrzem. Kontakt taki, z powodu obecności silnie potencjałotwórczego tlenu w powietrzu, całkowicie zmienia warunki panujące w samej warstwie wodonośnej, stąd, mimo pompowania, bardzo wysokie potencjały mierzono w wodach ze studni kopanych.

Wody podziemne regionu łódzkiego, nawet te najpłycej położone, charakteryzują się na ogół potencjałem ujemnym, co jest wynikiem warunków występowania warstw wodonośnych – istnienie nieprzepuszczalnej warstwy izolacyjnej od powierzchni terenu, duży udział substancji organicznej, nieciągłość warstw. Na północy (region kutnowsko-tomaszowski), gdzie brakuje izolacji od powierzchni terenu i piaszczysto-zwirowe poziomy wodonośne mają większą rozciągłość, w wodzie obserwuje się na ogół warunki utleniające.

TLEN ROZPUSZCZONY

Tabela IV, figura 9.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	0,00–11,19; średnio 3,11*
– ze studni kopanych	0,00–11,19; średnio 4,52*
– ze studni wierconych i piezometrów	0,00–7,15; średnio 0,81*
– z sond hydrogeologicznych	0,00–9,99; średnio 2,02*
– ze źródeł	0,20–7,84; średnio 3,77*
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–5 mg/dm ³

* Podano średnią arytmetyczną.

Duże stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie obserwowano przede wszystkim w otworach, w których woda z warstwy wodonośnej miała bezpośredni kontakt z powietrzem (studnie kopane, źródła). W wodach ze studni wierconych, piezometrów i sond wartości te były znacznie niższe, zwłaszcza w regionie łódzkim – od 0 do 1 mg/dm³. W regionie kut-

nowsko-tomaszowskim zanotowano wartości wyższe, dochodzące do kilku mg/dm³. Przyczyny takiego stanu dopatrywać się należy w różnicach warunków panujących w warstwach wodonośnych tych dwóch jednostek (patrz: potencjał utleniająco-redukcyjny). Nieliczne przypadki braku tlenu rozpuszczonego w wodach ze studni kopanych i sond hydrogeologicznych w rejonie Zgierza i na południowy zachód od Strykowa związane mogą być z lokalnym zanieczyszczeniem ujęcia lub zmianą warunków w warstwie wodonośnej (np. rozkład substancji organicznej, izolacja od powierzchni terenu).

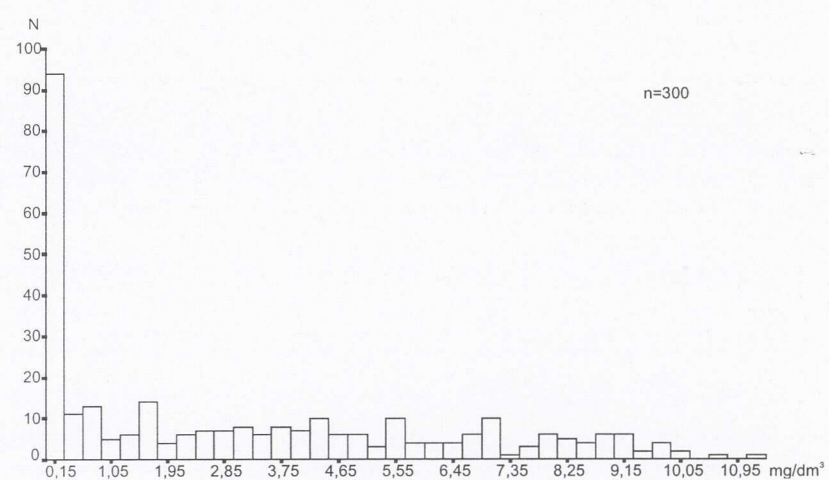


Fig. 9.
Rozkład częstości stężeń tlenu rozpuszczonego
Frequency distribution of dissolved oxygen concentrations

MAKROSKŁADNIKI

Cl⁻ CHLORKI

Tablica 2, tabela IV, figura 10.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<1,0–874,0; średnio 23,4
– ze studni kopanych	1,4–370,0; średnio 34,8
– ze studni wierconych i piezometrów	1,7–271,0; średnio 35,9
– z sond hydrogeologicznych	<1,0–874,0; średnio 13,2
– ze źródeł	8,1–24,4; średnio 13,8
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	2–60 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	300 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	1%

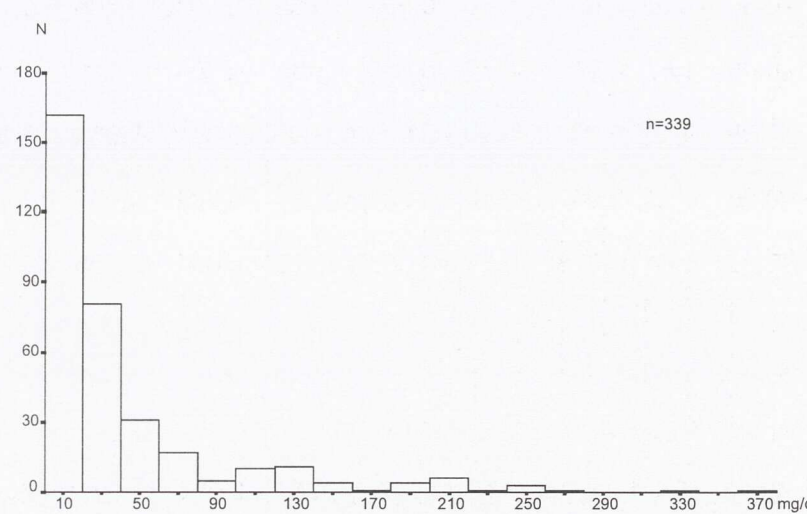


Fig. 10.
Rozkład częstości stężeń chlorków
Frequency distribution of chloride concentrations

Stężenia chlorków w wodach podziemnych są mało zróżnicowane. W większości punktów obserwowano wartości typowe dla wód podziemnych strefy aktywnej wymiany (5–60 mg/dm³), a tylko w około 1% przypadków zanotowano przekroczenia najwyższej dopuszczalnej wartości według przepisów sanitarnych dla wód pitnych. Generalnie podwyższone zawartości chlorków spotykano w rejonach miejsko-przemysłowych, najsilniej poddawanych antropopresji (Łódź, Zgierz, Rzgów). Poza nimi trudno jest mówić o strefach podwyższonych stężeń, obserwuje się raczej pojedyncze przypadki, mogące być efektem lokalnego zanieczyszczenia ujęcia lub źle przeprowadzonych zabiegów uzdatniania wody. Ekstremalnie wysokie zawartości chlorków obserwowano zawsze tam, gdzie stężenia innych makroskładników wód podziemnych również były wysokie.

SO₄²⁻ SIARCZANY

Tablica 2, tabela IV, figura 11.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<1,0–1651,0; średnio 85,8
– ze studni kopanych	<1,0–1651,0; średnio 116,1
– ze studni wierconych i piezometrów	<1,0–867,0; średnio 87,5
– z sond hydrogeologicznych	<0,1–1202,0; średnio 61,9
– ze źródeł	36,4–74,3; średnio 53,6
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	5–60 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	200 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	15%

Stężenia siarczanów w wodach podziemnych badanego obszaru wykazują duże zróżnicowanie. Wartości typowe dla czystych wód podziemnych zanotowano tylko w 40% badanych punktów, przeważnie w wodach pobranych z sond hydrogeologicznych na terenach rolniczych i leśnych. Stężenia przekraczające granicę dopuszczalną w wodach pitnych obserwowano w większości studni na terenie Łodzi, w okolicach Rzgowa oraz na zachód od linii Pabianice–Konstantynów Łódzki. Punktowy wzrost

stężenia siarczanów w studniach kopanych spotykano na całym badanym obszarze. Nie ulega wątpliwości, że znaczne ilości siarczanów przenikające do wód podziemnych na tym terenie są pochodzenia antropogenicznego. Do warstwy wodonośnej dostają się zarówno bezpośrednio przez źle utrzymane ujęcia wód, jak i w naturalnym cyklu krążenia, z infiltrującą wodą opadową. Od lat istniejące ogniska zanieczyszczeń – wysypiska komunalne, wylewiska ścieków, składowiska odpadów przemysłowych itp., zapewniają stały dopływ siarczanów do warstwy wodonośnej i stopniowe przekształcanie się charakteru zmian chemizmu wód z punktowego na obszarowy.

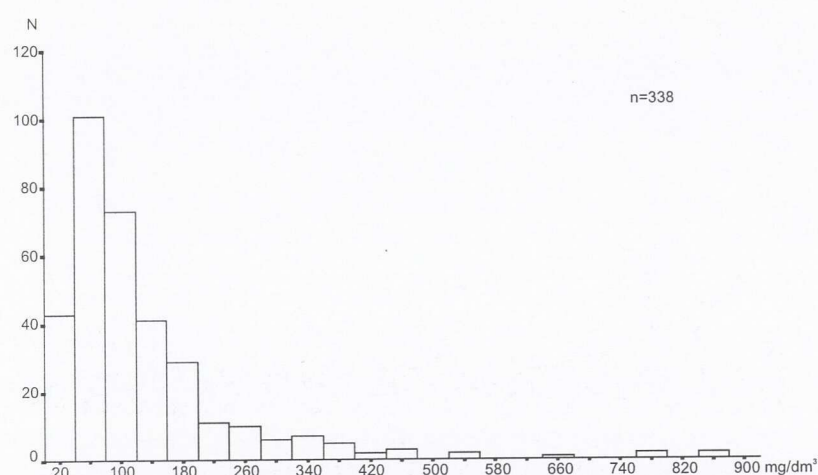


Fig. 11.
Rozkład częstości stężeń siarczanów
Frequency distribution of sulphate concentrations

HCO₃⁻ WODOROWĘGLANY

Tablica 2, tabela IV, figura 12.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	0–839,36;	średnio 111,41
– ze studni kopanych	4,27–839,36;	średnio 203,02
– ze studni wierconych i piezometrów	46,36–722,24;	średnio 254,50
– z sond hydrogeologicznych	0–479,46;	średnio 43,37
– ze źródeł	111,00–195,20;	średnio 136,99
Zakres tła dla wód podziemnych Sandru Kurpiowskiego*	40–420 mg/dm ³	

* Według Bagińskiej, w: Witczak, Adamczyk, 1995.

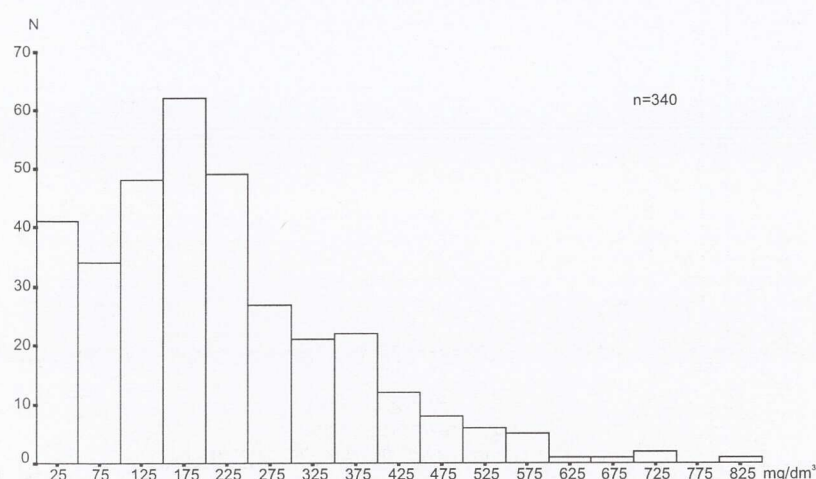


Fig. 12.
Rozkład częstości stężeń wodorowęglanów
Frequency distribution of bicarbonate concentrations

Najczęściej spotykane wartości stężeń wodorowęglanów w badanych wodach podziemnych wynoszą od 75 do 300 mg/dm³, co pozwala zaklasyfikować je do I klasy czystości wód pod względem zawartości tego składnika (Klasyfikacja..., 1993). Wyraźne zwiększenie stężeń HCO₃⁻ obserwuje się w wodach podziemnych w centrum Łodzi, a także w kilku punktach w okolicy miejscowości Brójce, w zlewni Neru poniżej Łodzi oraz na południe od Strykowa i na północ od Zgierza. Stężenia niższe niż 75 mg/dm³ występują na obszarach lasów, łąk i nieużytków rolnych na południe i wschód od Pabianic i Rzgowa oraz w pojedynczych otworach na północny zachód od Łodzi. Niższe stężenia wodorowęglanów towarzyszą często niskim wartościom odczynu wody (pH poniżej 5).

Ca²⁺ WAPŃ

Tablica 2, tabela IV, figura 13.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	7,0–476,6;	średnio 86,3
– ze studni kopanych	20,6–453,8;	średnio 105,7
– ze studni wierconych i piezometrów	30,0–476,6;	średnio 122,9
– z sond hydrogeologicznych	7,0–416,2;	średnio 61,3
– ze źródeł	65,1–85,7;	średnio 74,0
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	2–200 mg/dm ³	

Stężenia wapnia w wodach podziemnych badanego obszaru na ogół nie przekraczają wartości typowych dla wód strefy aktywnej wymiany. Tylko w około 10% próbek oznaczono wapń na poziomie większym niż 200 mg/dm³. Podwyższone stężenia obserwowano w wodach z niektórych studni i piezometrów na terenie Łodzi oraz z pojedynczych studni kopanych w pasie między Konstancynowem i Dobroniem, a także w okolicach Strykowa. Przyczyną wzrostu stężeń tego pierwiastka mają charakter antropogeniczny – większość składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych jak również ścieki zawierają związki wapnia. Najniższe stężenia obserwowano na terenach położonych na południe i wschód od Pabianic,

tam, gdzie odczyn wody był wyraźnie kwaśny. Prawdopodobnie ta związana jest z właściwościami hydrogeochemicznymi wapnia – zależności jego stężeń od równowagi węglanowej w wodzie.

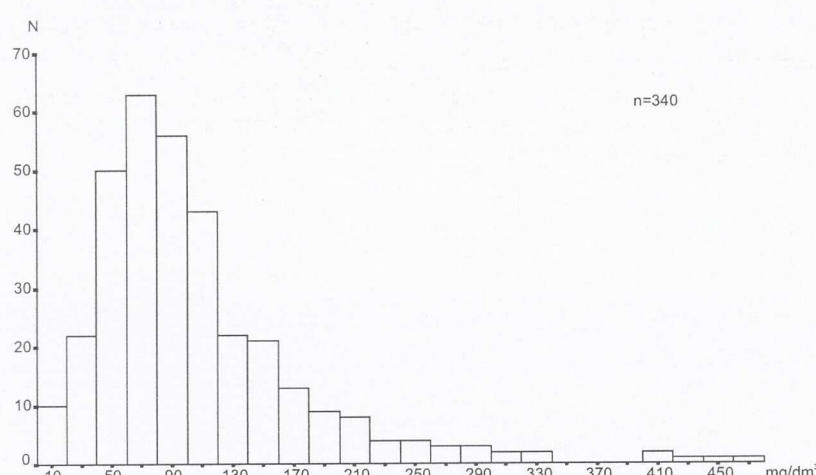


Fig. 13.
Rozkład częstości stężeń wapnia
Frequency distribution of calcium concentrations

Mg²⁺ MAGNEZ

Tablica 2, tabela IV, figura 14.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	1,4–105,1;	średnio 9,8
– ze studni kopanych	1,8–105,1;	średnio 12,7
– ze studni wierconych i piezometrów	1,9–37,8;	średnio 12,2
– z sond hydrogeologicznych	1,4–59,1;	średnio 6,9
– ze źródeł	3,3–8,8;	średnio 5,3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,5–50 mg/dm ³	

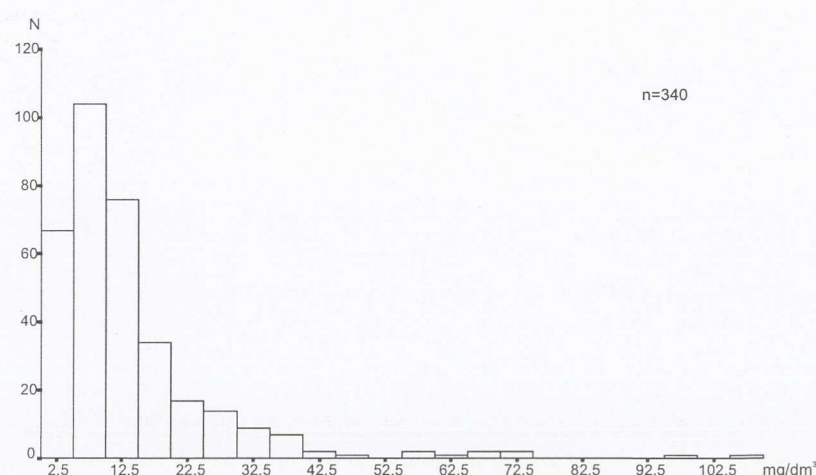


Fig. 14.
Rozkład częstości stężeń magnezu
Frequency distribution of magnesium concentrations

Stężenia magnezu w badanych wodach podziemnych mieszczą się praktycznie w zakresie od kilku do 30 mg/dm³. Bardzo nieliczne stężenia, przekraczające 30 mg/dm³, obserwowano zawsze razem z wysokimi stężeniami wapnia, co sugeruje podobne antropogeniczne pochodzenie obu tych składników. Najwyższe wartości oznaczono w wodach ze studni kopanych, do których związki wapnia i magnezu mogły dostać się bezpośrednio przez źle zabezpieczone ujęcie. Na terenach pól uprawnych i lasów, z dala od siedzib ludzkich i wysypisk odpadów, zanotowano najniższe stężenia magnezu w wodach podziemnych.

Na⁺ SÓD

Tablica 2, tabela IV, figura 15.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	1,0–207,0;	średnio 14,9
– ze studni kopanych	2,2–207,0;	średnio 25,0
– ze studni wierconych i piezometrów	4,3–150,0;	średnio 20,5
– z sond hydrogeologicznych	1,0–111,0;	średnio 7,8
– ze źródeł	3,6–6,9;	średnio 5,3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	1–60 mg/dm ³	
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	200 mg/dm ³	
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	<1%	

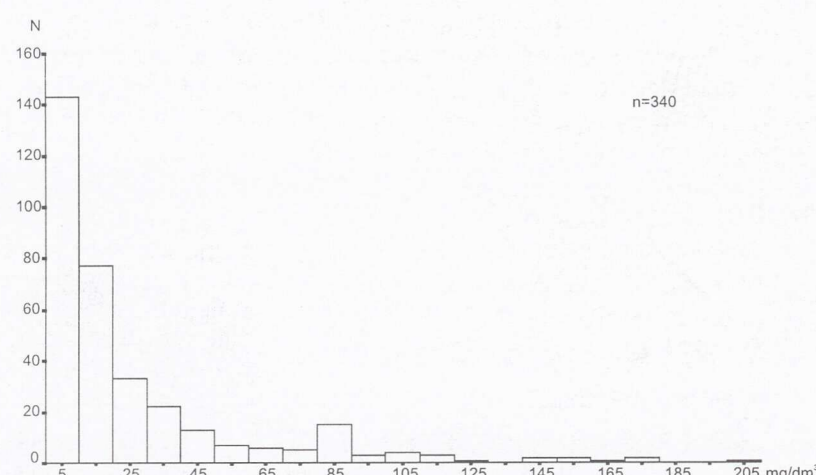


Fig. 15.
Rozkład częstości stężeń sodu
Frequency distribution of sodium concentrations

Stężenia sodu w wodach podziemnych badanego terenu na ogół nie przekraczają wartości charakterystycznych dla nisko zmineralizowanych wód podziemnych. Nieliczne wystąpienia powyżej 60 mg/dm³ towarzyszą zawsze podwyższonym zawartościom chlorków i wapnia. Zanotowano je w niektórych ujęciach na terenie Łodzi oraz punktowo w studniach kopanych na obszarach dość gęsto zabudowanych. Stężenie nieznacznie przekraczające dopuszczalną wartość w wodach pitnych stwierdzono tylko w wodzie z jednej studni kopanej. Punktowe wystąpienia podwyższonych stężeń sodu są prawdopodobnie efektem zanieczyszczenia samych ujęć wód podziemnych. Typowe tereny rolnicze i leśne na południowy wschód od Łodzi i na zachód od Zgierza charakteryzują się najniższymi zawartościami sodu w wodach podziemnych.

K⁺ POTAS

Tablica 2, tabela IV, figura 16.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	0,2–236,0;	średnio 4,4
– ze studni kopanych	0,8–236,0;	średnio 13,1
– ze studni wierconych i piezometrów	0,6–26,7;	średnio 2,3
– z sond hydrogeologicznych	0,2–32,0;	średnio 1,7
– ze źródeł	0,8–2,1;	średnio 1,2
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,5–10 mg/dm ³	

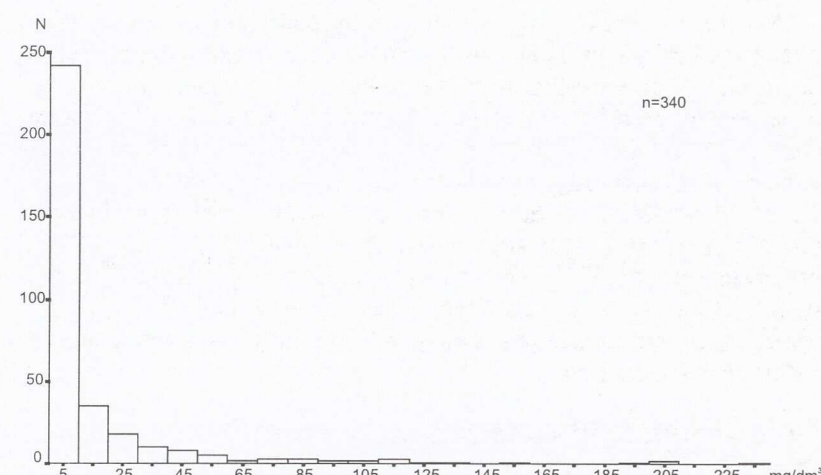


Fig. 16.
Rozkład częstości stężeń potasu
Frequency distribution of potassium concentrations

Stężenia potasu w wodach podziemnych w regionie łódzkim nie przekraczają na ogół 10 mg/dm³. Strefy podwyższonych stężeń powyżej 20 mg/dm³ obserwowano tylko w okolicy miejscowości Kurowice na południowym wschodzie, między Rzgowem i Pabianicami oraz w dorzeczu Neru poniżej Konstancynowa. Źródłem potasu w tych rejonach są ścieki i odpady komunalne oraz nawozy potasowe, stosowane w rolnictwie. Antropogeniczne pochodzenie potasu w wodach podziemnych udokumentowane jest pojawieniem się tego jonu w zapisie klasyfikacji wód (tabela III). Duży udział minerałów ilastych i substancji organicznej powoduje zatrzymywanie potasu w procesach sorpcyjnych i zapobiega przestrzennemu wzrostowi stężeń tego pierwiastka w wodach podziemnych.

Wyższe stężenia potasu w wodach podziemnych obserwowano w dorzeczu Bzury poniżej Zgierza i w dorzeczu Moszczenicy na północ od Łodzi. W tych rejonach na lokalne ogniska zanieczyszczeń bytowych i rolniczych nakłada się odpływ powierzchniowy i podziemny zanieczyszczonych wód z terenów Łodzi i Zgierza, a pozabawione izolacji, dobrze przemyte piaski wodnolodowcowe, z których zbudowane są poziomy wodonośne regionu kutnowsko-tomaszowskiego, mają niewielkie zdolności sorpcyjne.

AZOT MINERALNY

Główne formy azotu nieorganicznego w wodach podziemnych to azot amonowy, azotynowy i azotanowy. Podstawowym ich źródłem jest rozkład substancji organicznej, naturalnej lub pochodzącej z antropogenicznych ognisk zanieczyszczeń. Wzajemne proporcje stężeń tych form w wodach podziemnych mogą być różne przy podobnych ilościach sumarycznych azotu i zależą od warunków utleniająco-redukcyjnych środowiska oraz aktywności organizmów pośredniczących w reakcjach redox. Migracja mineralnych form azotu w wodach podziemnych, zwłaszcza jonu amonowego, jest ograniczona na skutek sorpcji przez materiał warstwy wodonośnej.

N-NH₄ AZOT AMONOWY

Tablica 3, tabela IV, figura 17.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,08–15,76;	średnio 0,09
– ze studni kopanych	<0,08–1,40;	średnio <0,08
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,08–1,64;	średnio 0,17
– z sond hydrogeologicznych	<0,08–15,76;	średnio 0,10
– ze źródeł	<0,08–0,16;	średnio <0,08
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–0,8 mg/dm ³	
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,5 mg/dm ³	
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	9%	

W wodach podziemnych badanego obszaru obserwowano na ogół bardzo niskie zawartości azotu amonowego. Sytuację taką tłumaczy przewaga warunków utleniających w badanych warstwach wodonośnych. Tylko w 9% próbek, pochodzących zawsze z otworów, w których stwierdzono warunki redukcyjne lub przejściowe, oznaczono stężenie N-NH₄ na poziomie wyższym niż dopuszczają przepisy sanitarne dla wód pitnych. Obserwowano je na terenie Łodzi oraz w wodach z nielicznych sond hydrogeologicznych nad Nerem i Dobrzynką. W wodach ze studni

kopanych stężenia przekraczające 0,5 mg/dm³ zanotowano tylko w czterech punktach na północ i północny zachód od Łodzi. Obecność tej formy azotu w studniach kopanych wskazuje na jego antropogeniczne pochodzenie z bliskiego ogniska zanieczyszczeń organicznych, wpływającego raczej na jakość wody w samym ujęciu niż w warstwie wodonośnej.

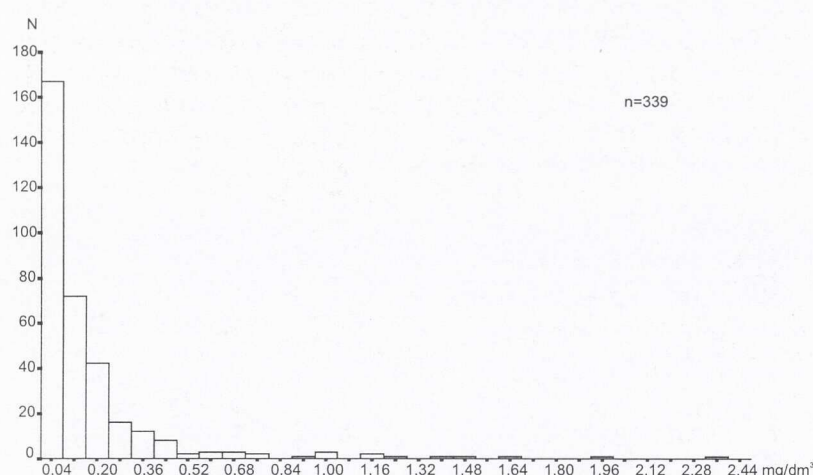


Fig. 17.
Rozkład częstości stężeń azotu amonowego
Frequency distribution of ammonia nitrogen concentrations

N-NO₂ AZOT AZOTYNOWY

Tablica 3, tabela IV, figura 18.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,01–1,32; średnio 0,01
– ze studni kopanych	<0,01–1,32; średnio 0,01
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,01–0,27; średnio <0,01
– z sond hydrogeologicznych	<0,01–1,26; średnio 0,01
– ze źródeł	<0,01–0,01; średnio <0,01
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–0,01 mg/dm ³

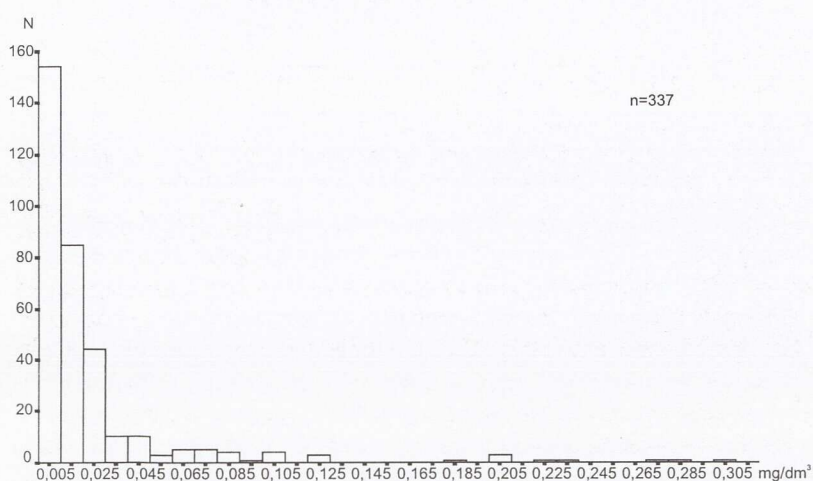


Fig. 18.
Rozkład częstości stężeń azotu azotynowego
Frequency distribution of nitrite nitrogen concentrations

Obecność azotynów w wodach podziemnych obserwowana była dość powszechnie, zawsze tam, gdzie stwierdzano dodatni potencjał Eh. Towarzyszyły one znacznie większym stężeniom azotu azotanowego. Rzadko obserwowano równoczesne występowanie trzech form azotu mineralnego.

W regionie łódzkim stężenia przekraczające 0,01 mg/dm³ wykryto w wodach ze studni kopanych i sond hydrogeologicznych na terenach zabudowy wiejskiej miejscowości Brójce i Wola Rakowa na południowy wschód od Łodzi oraz na południowy zachód od Pabianic i na południe od Konstantynowa. Znacznie częściej i w większych ilościach obserwowano występowanie azotu w formie azotynów na północ i północny zachód od Łodzi i Zgierza.

Obecność azotynów w wodach ujęć wód podziemnych świadczy na ogół o istnieniu bliskiego i aktywnego ogniska zanieczyszczeń organicznych. W przypadku braku stałego dopływu azotynów do wód podziemnych, w warunkach utleniających obserwuje się na ogół tylko najwyższą formę utlenienia azotu – azotany.

N-NO₃ AZOT AZOTANOWY

Tablica 3, tabela IV, figura 19.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,11–234,97; średnio 2,00
– ze studni kopanych	<0,11–234,97; średnio 13,67
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,11–76,82; średnio 0,15
– z sond hydrogeologicznych	<0,11–65,52; średnio 0,56
– ze źródeł	<0,11–24,85; średnio 4,27
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–1 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	10 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	59%

Azotany są powszechnie obecne w wodach podziemnych badanego obszaru, wszędzie tam, gdzie panują utleniające warunki w warstwie wodonośnej. Najwyższe stężenia obserwowano w wodach ze studni kopanych, gdzie woda dodatkowo jest natleniana w samym ujęciu. Wartości przekraczające przepisy sanitarne oznaczono w większości badanych punktów na północ i zachód od Łodzi. Na południe od miasta wysokie stężenia azotanów obserwowano tylko w studniach kopanych na terenach wiejskich, gdzie występują punktowe zanieczyszczenia ujęć wód podziemnych, m.in. odpadami i ściekami bytowymi oraz nawozami naturalnymi i sztucznymi.

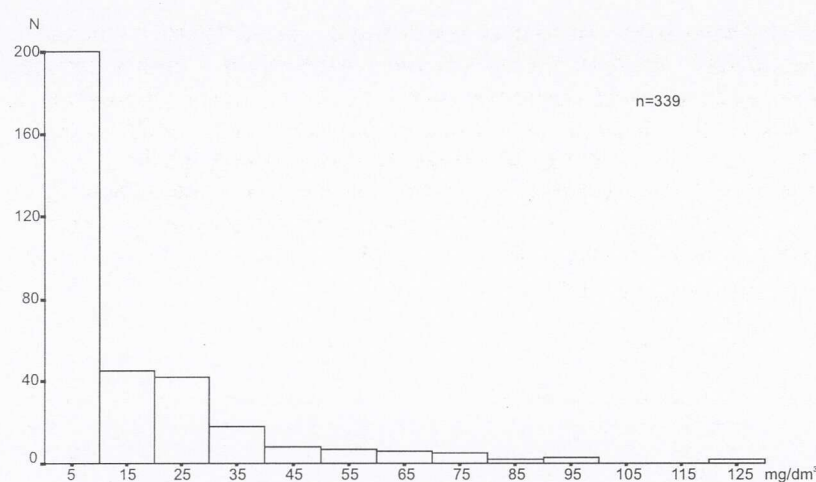


Fig. 19.
Rozkład częstości stężeń azotu azotanowego
Frequency distribution of nitrate nitrogen concentrations

SKŁADNIKI PODRZĘDNE I MIKROSKŁADNIKI

Al GLIN

Tablica 7, tabela IV, figura 20.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,05–42,59; średnio <0,05
– ze studni kopanych	<0,05–1,05; średnio <0,05
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,05
– z sond hydrogeologicznych	<0,05–42,59; średnio 0,06
– ze źródeł	<0,05
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,05–0,5 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,3 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	5%

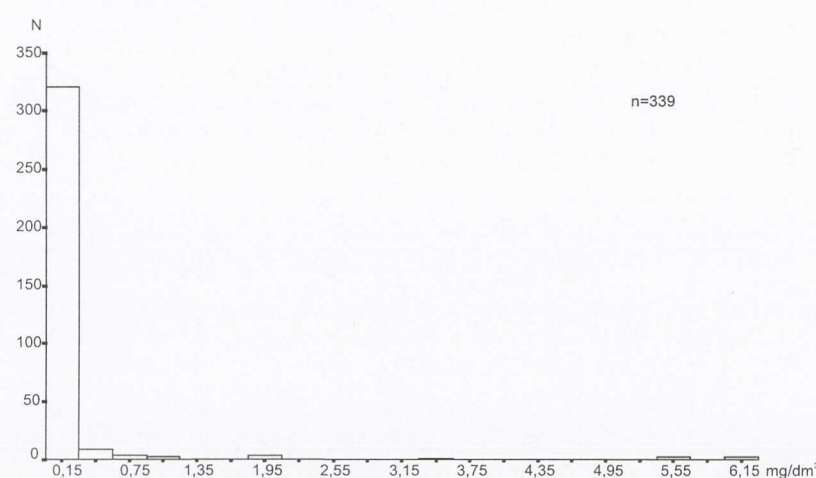


Fig. 20.
Rozkład częstości stężeń glinu
Frequency distribution of aluminium concentrations

W badanych wodach podziemnych obserwowano stężenia glinu nie przekraczające na ogół wartości charakterystycznych dla wód strefy aktywnej wymiany. Obecność glinu wykryto tylko w nielicznych punktach, przy czym zawsze przy kwaśnym odczynie wód, co sugeruje, przynajmniej częściowo, naturalne pochodzenie z rozpuszczania glinokrzemianów w środowisku kwaśnym. Najwyższe wartości (przekraczające przepisy sanitarne) obserwowano w wodach z sond hydrogeologicznych, a o zagrożeniu zanieczyszczeniem glinem wód pitnych można mówić tylko na obszarze między Łodzią i miejscowością Rąbień, na terenie dość intensywnej gospodarki warzywniczo-sadowniczej. Najniższe stężenia glinu w wodach podziemnych obserwowano w piaskach i żwirach wodnolodowcowych regionu kutnowsko-tomaszowskiego, w których wody na ogół mają odczyn obojętny i słabo zasadowy.

As ARSEN

Tabela IV.

Stężenia w wodach podziemnych	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,05–0,05 mg/dm ³
Stężenia typowe dla czystych wód podziemnych*	<0,01 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,05 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	0%

* Według Szwarcewa, w: Macioszczyk, 1987.

Tylko w jednej próbce wody ze studni kopanej we wsi Tymianka na północ od Strykowa, stwierdzono występowanie arsenu. Jego stężenie osiągnęło wartość równą dolnej granicy wykrywalności 0,05 mg/dm³, nie przekraczając dopuszczalnej zawartości arsenu w wodach pitnych. W pozostałych próbkach składnika tego nie wykryto.

B BOR

Tablica 4, tabela IV, figura 21.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,03–1,57; średnio 0,06
– ze studni kopanych	<0,03–1,40; średnio 0,13
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,03–1,57; średnio 0,07
– z sond hydrogeologicznych	<0,03–0,23; średnio <0,03
– ze źródeł	<0,03
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,01–0,1 mg/dm ³

Obecność boru w badanych wodach podziemnych stwierdzono na całym terenie. Przyczyną tego są zarówno bardzo dobre parametry migracji tego pierwiastka w wodach podziemnych, jak i powszechne użycie jego związków w gospodarstwie domowym (środki piorące i wybielające) oraz

w wielu gałęziach przemysłu (wyrób szkła i emalii, przemysł chemiczny i farmaceutyczny, galvanizernie). Stężenia powyżej 0,1 mg/dm³ obserwowano na gęściej zaludnionych terenach miejskich i na zachód oraz północ od Łodzi. Najniższe stężenia występowały w wodach rolniczych i leśnych obszarów na południe i południowy wschód od Łodzi. Najczęściej oznaczano je w próbkach pochodzących z sond hydrogeologicznych w rejonach niezamieszkałych. Pozwala to sądzić, że często związki boru dostawać się mogą bezpośrednio do wód podziemnych przez źle utrzymane ujęcia.

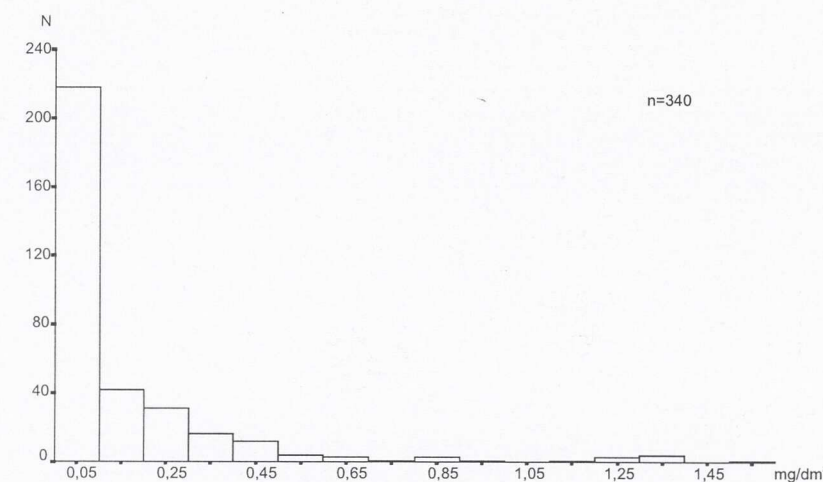


Fig. 21.
Rozkład częstości stężeń boru
Frequency distribution of boron concentrations

Ba BAR

Tablica 8, tabela IV, figura 22.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	0,006–0,531; średnio 0,052
– ze studni kopanych	0,006–0,217; średnio 0,055
– ze studni wierconych i piezometrów	0,007–0,288; średnio 0,067
– z sond hydrogeologicznych	0,010–0,531; średnio 0,047
– ze źródeł	0,017–0,025; średnio 0,019
Stężenia najczęściej spotykane w wodach podziemnych strefy utleniającej*	0,00* 1 mg/dm ³

* Według Szwarcewa, w: Macioszczyk, 1987.

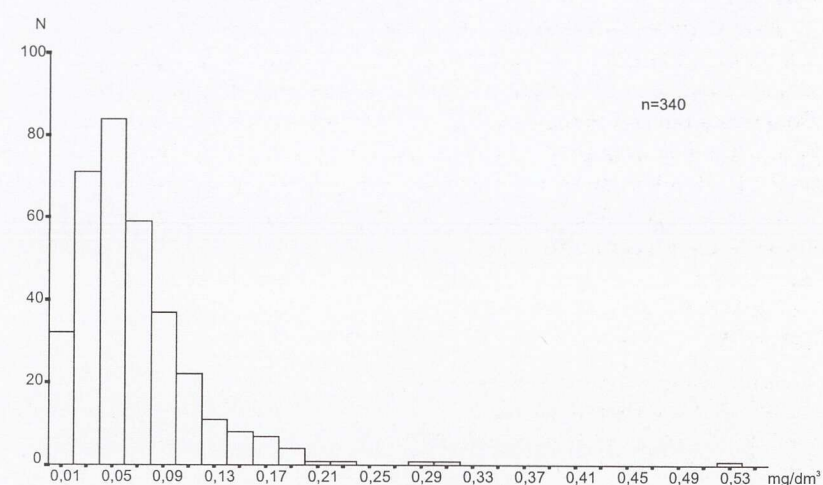


Fig. 22.
Rozkład częstości stężeń baru
Frequency distribution of barium concentrations

Stężenia baru w badanych wodach podziemnych są dość zróżnicowane i na ogół przekraczają wartości spotykane w czystych wodach strefy utlenienia. Wartości tych stężeń rozkładają się mozaikowo na całym terenie, choć wyraźnie daje się zauważyć strefa podwyższonych zawartości baru w wodach ze studni wierconych i piezometrów na terenie Łodzi.

Br BROM

Tabela IV, figury 23 i 24.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,10–0,47; średnio <0,10
– ze studni kopanych	<0,10–0,20; średnio <0,10
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,10
– z sond hydrogeologicznych	<0,10–0,47; średnio <0,10
– ze źródeł	<0,10
Stężenia najczęściej spotykane w nisko zmineralizowanych wodach podziemnych*	0–0,1 mg/dm ³

* Według Szwarcewa, w: Macioszczyk, 1987.

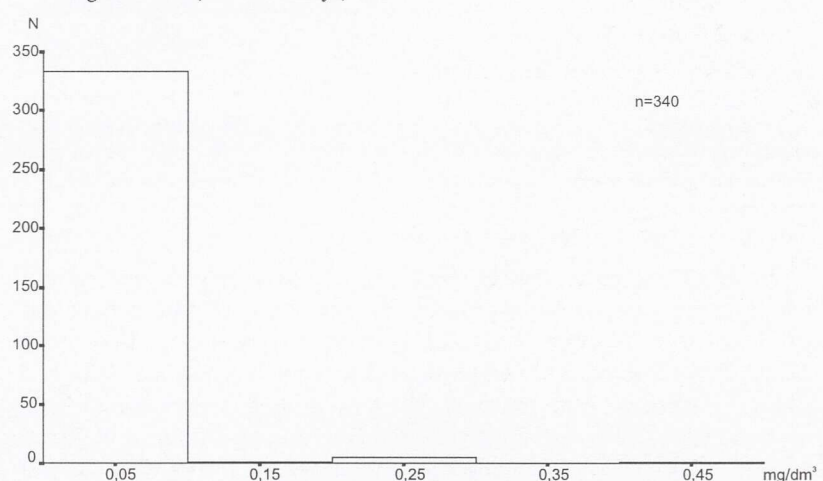


Fig. 23.
Rozkład częstości stężeń bromu
Frequency distribution of bromine concentrations

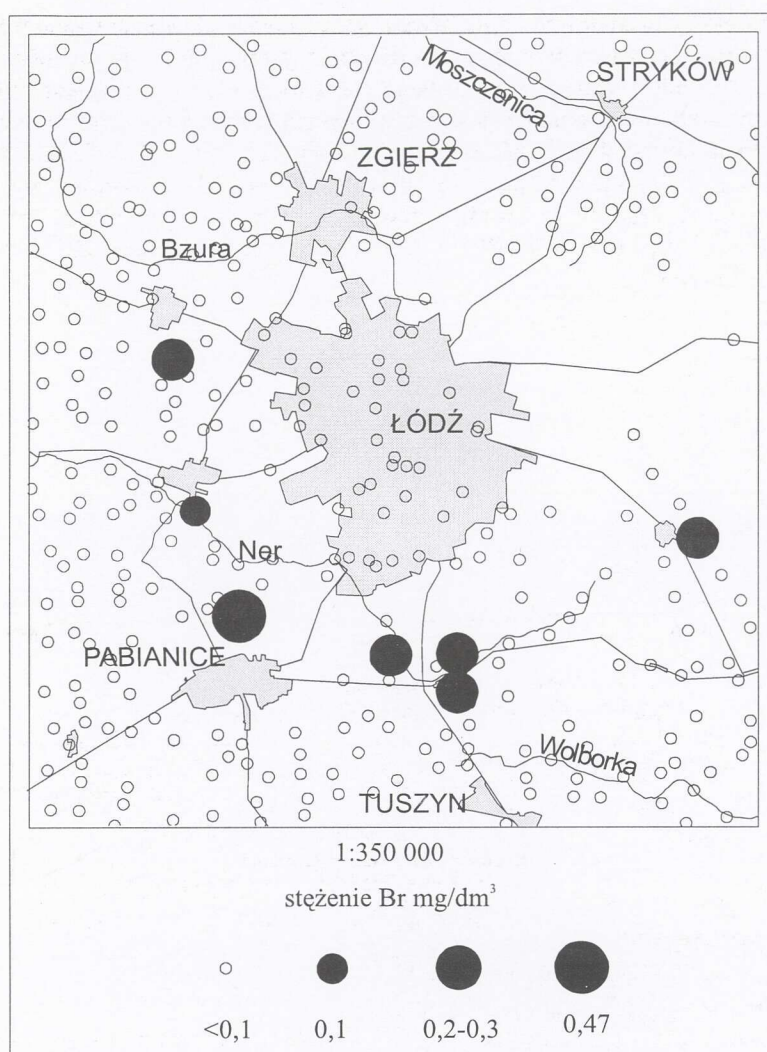


Fig. 24.
Przestrzenny rozkład stężeń bromu
Spatial distribution of bromine concentrations

Ze względu na brak na badanym terenie naturalnych źródeł bromu, mogących dostarczać ten pierwiastek do wód podziemnych, stwierdzone bardzo nieliczne wystąpienia bromków w wodach podziemnych (fig. 24) są pochodzenia antropogenicznego. Stężenia przekraczające próg oznaczalności 0,1 mg/dm³ stwierdzono w wodach z sond hydrogeologicznych zlokalizowanych nad Nerem w okolicach Rzgowa i Konstątownia i nad Dobrzynką poniżej Pabianic (obie rzeki mocno zanieczyszczone ściekami komunalnymi) oraz przy kanale odpływowym z oczyszczalni ścieków na wschód od miejscowości Andrespol, a także w jednej studni kopanej w miejscowości Rąbień na południe od Aleksandrowa. Głębokości tych punktów nie przekraczały 2 m.

Cd KADM

Tabela IV.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,003–0,003; średnio <0,003
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,0001–0,0005 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,005 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	0%

Tylko w dwóch miejscach, w sondach przy drodze Pabianice – Łask około 1 km od Pabianic i w lesie na południowy zachód od wsi Mogilno Małe, stwierdzono występowanie kadmu w wodach podziemnych. Stężenia jego osiągnęły wartość równą dolnej granicy wykrywalności – 0,003 mg/dm³. W pozostałych próbkach kadmu nie wykryto.

Co KOBALT

Tabela IV, figury 25 i 26.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,05–0,312; średnio <0,05
– ze studni kopanych	<0,05–0,012; średnio <0,05
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,05–0,005; średnio <0,05
– z sond hydrogeologicznych	<0,05–0,312; średnio <0,05
– ze źródeł	<0,05
Stężenia najczęściej spotykane w wodach podziemnych strefy utleniającej*	0,0005–0,003 mg/dm ³

* Według Szwarcewa, w: Macioszyk, 1987.

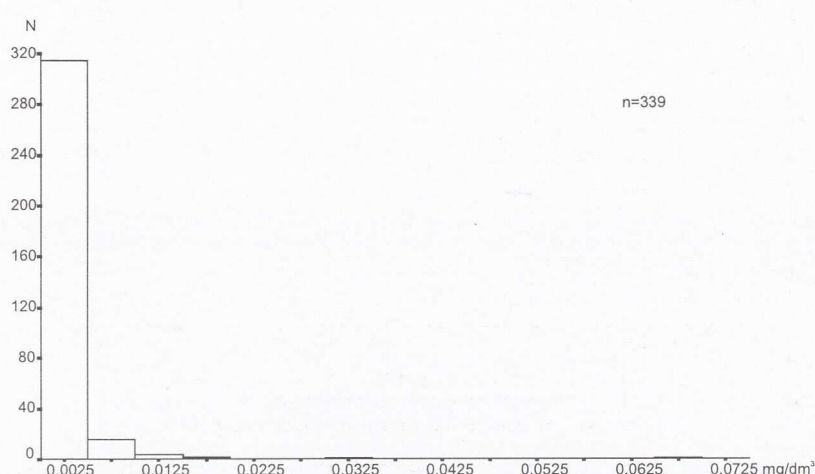


Fig. 25.
Rozkład częstości stężeń kobaltu
Frequency distribution of cobalt concentrations

Stężenia kobaltu w wodach podziemnych na badanym terenie rzadko przekraczały 0,005 mg/dm³. Nieliczne wystąpienia wyższych stężeń notowane były w wodach pochodzących z sond hydrogeologicznych przy niskich wartościach pH i Eh (fig. 26). Prawdopodobnie źródłem kobaltu w wodach podziemnych są zanieczyszczenia antropogeniczne z powierzchni terenu, z których uwalniany w sprzyjających warunkach kobalt dociera infiltracyjnie do wód podziemnych. Tego typu wzbogacenia wód w kobalt mają charakter lokalny, ze względu na słabe zdolności migracji tego pierwiastka w środowisku.

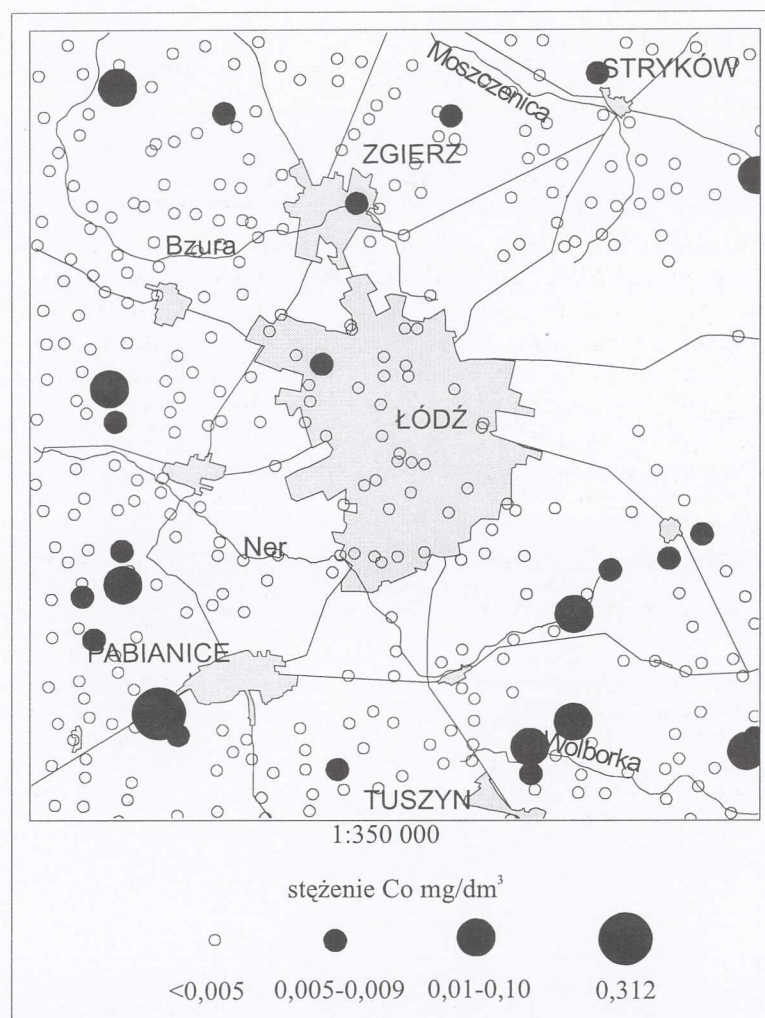


Fig. 26.
Przestrzenny rozkład stężeń kobaltu
Spatial distribution of cobalt concentrations

Cr CHROM

Tabela IV, figury 27 i 28.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,004–0,371; średnio <0,004
– ze studni kopanych	<0,004–0,371; średnio <0,004
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,004
– z sond hydrogeologicznych	<0,004–0,009; średnio <0,004
– ze źródeł	0,004
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,0001–0,02 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,01 mgCr ⁶⁺ /dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	<1%

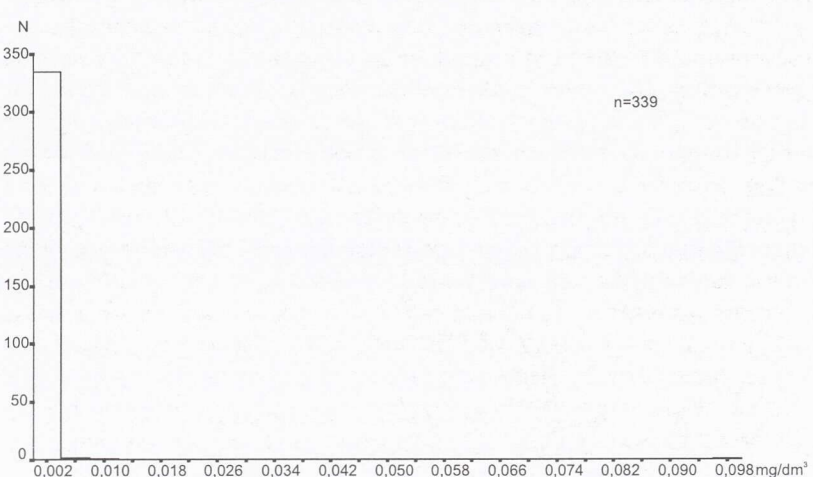


Fig. 27.
Rozkład częstości stężeń chromu
Frequency distribution of chromium concentrations

Chrom (oznaczony jako całkowity Cr) w badanych wodach podziemnych stwierdzono tylko w pięciu punktach, a jedynie w dwóch jego stężenie przekraczało wartość podawaną jako graniczna w polskich przepisach sanitarnych dla Cr⁶⁺ (fig. 28). Nie znaczy to jednak, że wykryte zostały wszystkie ogniska skażenia wód tym pierwiastkiem, które, ze względu na słabe właściwości migracyjne chromu, mają na ogół charakter lokalny. Zostało tylko zasygnalizowane, że na badanym terenie taki problem istnieje i wymaga przeprowadzenia dalszych szczegółowych badań. Chrom do wód podziemnych trafia w efekcie złe prowadzonej działalności gospodarczej człowieka. Najwyższe stężenie 0,317 mg/dm³ zanotowano w studni kopanej, położonej poniżej nieczynnej garbarni w miejscowości Wrząca pod Lutomiernikiem.

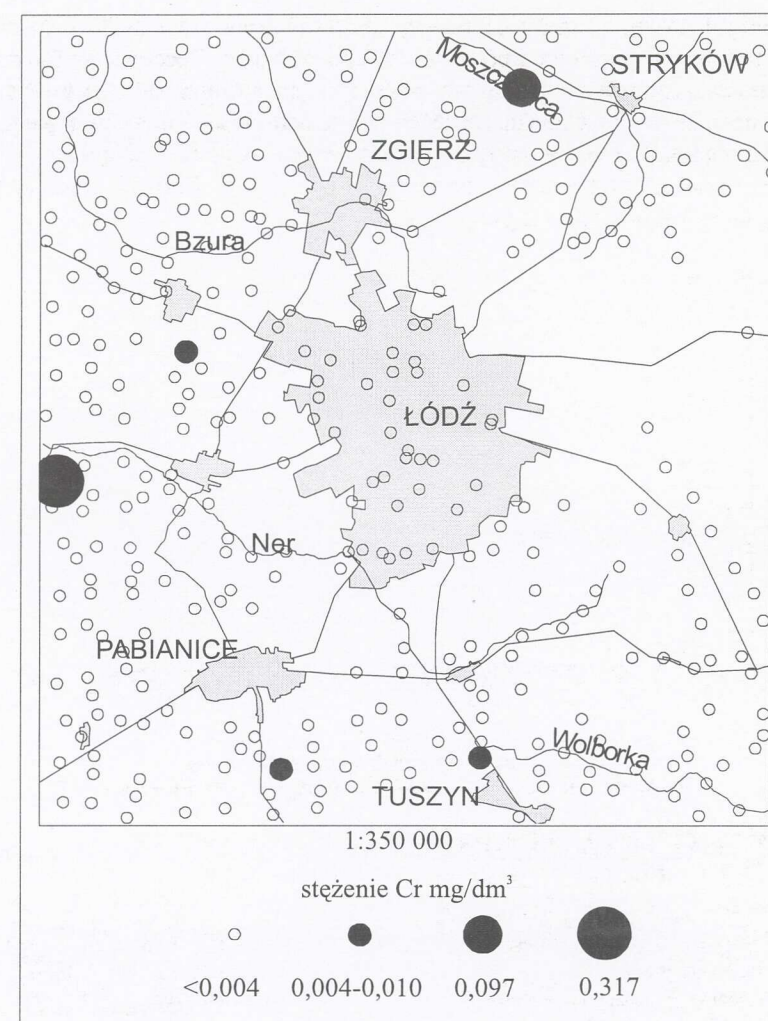


Fig. 28.
Przestrzenny rozkład stężeń chromu
Spatial distribution of chromium concentrations

Cu MIEDŹ

Tablica 6, tabela IV, figura 29.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,005–0,019; średnio <0,005
– ze studni kopanych	<0,005–0,019; średnio <0,005
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,005–0,011; średnio <0,005
– z sond hydrogeologicznych	<0,005–0,008; średnio <0,005
– ze źródeł	<0,005
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,001–0,2 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,05 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	0%

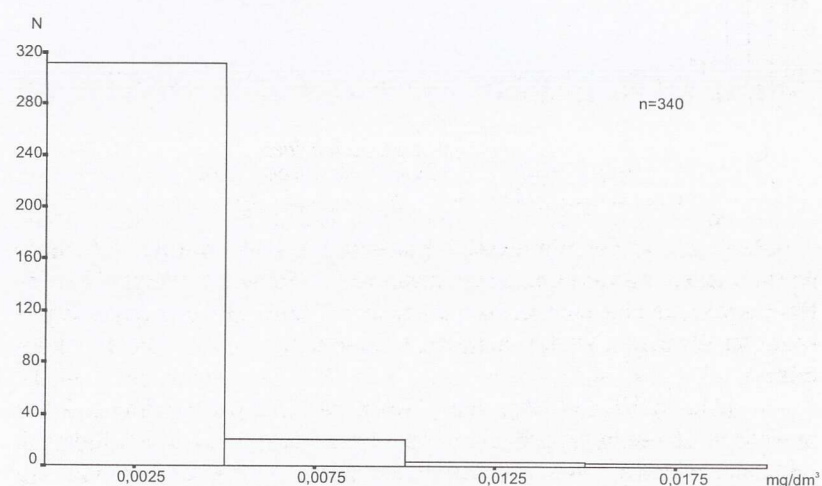


Fig. 29.
Rozkład częstości stężeń miedzi
Frequency distribution of copper concentrations

Stężenia miedzi w wodach podziemnych na badanym terenie kształtowały się na ogół na poziomie nie przekraczającym 0,005 mg/dm³. Nieliczne przypadki wyższych wartości, nie osiągających jednak nigdy 0,02 mg/dm³, obserwowano w wodach ze studni kopanych na północ i północny zachód od Łodzi. Źródłem związków miedzi na tym terenie mogą być środki ochrony roślin i niektóre nawozy mineralne, a utrzymywanie się zwiększonych stężeń umożliwiające utleniające warunki panujące w warstwie wodonośnej. Pojedyncze wystąpienia związków miedzi w wodach podziemnych w stężeniach 0,005–0,019 mg/dm³ zanotowano w wodach ze studni kopanych na południe i wschód od Pabianic, a także z sond hydrogeologicznych na łakach po wschodniej stronie rzeki Miazgi.

F FLUOR

Tablica 4, tabela IV, figura 30.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,10–0,82; średnio <0,10
– ze studni kopanych	<0,10–0,39; średnio <0,10
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,10–0,69; średnio <0,10
– z sond hydrogeologicznych	<0,10–0,82; średnio <0,10
– ze źródeł	<0,10
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,05–0,5 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	1,5 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	0%

Zdecydowana większość przebadanych próbek wód podziemnych cechowała się stężeniami fluoru na poziomie mniejszym niż wykrywalność zastosowanej metody (0,1 mg/dm³). Tam, gdzie stwierdzono występo-

wanie fluorków, ich stężenie na ogół nie osiągało nawet wartości zalecanej przez przepisy sanitarne dla wód pitnych (96% oznaczeń poniżej wartości 0,3 mg/dm³); nigdy też nie przekroczyło najwyższej dopuszczanej przez te przepisy granicy. Najwyższe wartości stężeń notowano w wodach pochodzących z sond hydrogeologicznych, poza nimi fluorki oznaczono w niektórych ujęciach na terenie Łodzi i w nielicznych studniach kopanych na zachód od Zgierza.

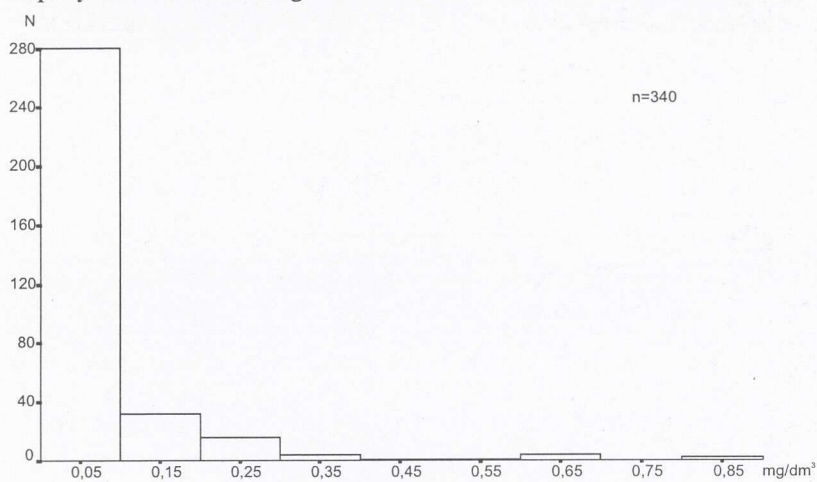


Fig. 30.
Rozkład częstości stężeń fluorków
Frequency distribution of fluorine concentrations

Fe ŻELAZO

Tablica 5, tabela IV, figura 31.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,01–42,97; średnio 0,13
– ze studni kopanych	<0,01–13,36; średnio 0,02
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,01–42,97; średnio 1,33
– z sond hydrogeologicznych	<0,01–27,87; średnio 0,54
– ze źródeł	<0,01–0,72; średnio 0,02
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,02–5,0 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,5 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	33%

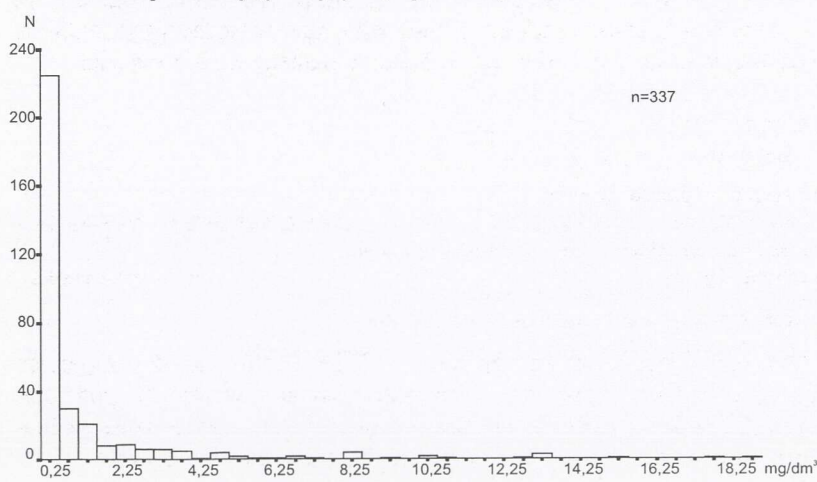


Fig. 31.
Rozkład częstości stężeń żelaza
Frequency distribution of iron concentrations

Żelazo jest powszechnym składnikiem badanych wód podziemnych, a niewielkie jego stężenia na większości badanego obszaru (na ogół poniżej 0,5 mg/dm³) wskazują na jego naturalne pochodzenie. Wyraźną strefę wysokich stężeń o genezie antropogenicznej obserwowano tylko w wodach pochodzących z piezometrów i studni wierconych na terenie Łodzi. Można przypuszczać, że duża część żelaza w tych próbkach pochodzi z żelaznych elementów konstrukcyjnych studni, ale też nie można wykluczyć, że w warstwie wodonośnej na terenie miasta wody są wzbogaczone w żelazo. Podejrzenie to jest o tyle uzasadnione, że powszechnie panujące w warstwie wodonośnej na terenie Łodzi i na południe od niej warunki redukcyjne, przy obojętnym i lekko kwaśnym odczynie, sprzyjają migracji tego pierwiastka.

Poza terenami miejskimi podwyższone stężenia żelaza spotykane były również zawsze przy niskich wartościach pH i Eh wód podziemnych, na obszarach bogatych w substancję organiczną. Łatwość migracji żelaza w takich warunkach, czy to w postaci jonowej czy związków kompleksowych, spowodowała, że występuje ono w większych ilościach w wodach podziemnych części południowej niż w dobrze natlenionych wodach piaszków i żwirów wodnolodowcowych na północ od Łodzi i Zgierza.

Hg RTĘĆ

Tabela IV.

Stężenia w wodach podziemnych	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,001 mg/dm ³
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,0005–0,003 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,001 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	0%

Wartości stężeń rtęci w wodach podziemnych całego terenu nie przekroczyły dolnej granicy wykrywalności 0,001 mg/dm³.

Li LIT

Tablica 8, tabela IV, figura 32.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,001–0,060; średnio 0,003
– ze studni kopanych	<0,001–0,060; średnio 0,004
– ze studni wierconych i piezometrów	0,002–0,024; średnio 0,008
– z sond hydrogeologicznych	<0,001–0,040; średnio 0,002
– ze źródeł	0,002–0,003; średnio 0,002
Najczęściej spotykane stężenia w nisko zmineralizowanych wodach podziemnych*	0–0,05 mg/dm ³

* Według Szwarcewa, w: Macioszczyk, 1987.

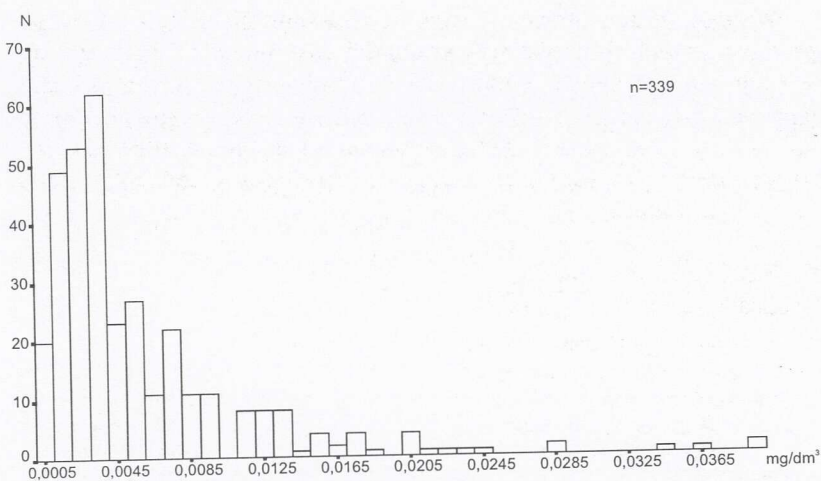


Fig. 32.
Rozkład częstości stężeń litu
Frequency distribution of lithium concentrations

Stężenia litu w wodach podziemnych badanego obszaru nie przekraczały wartości średnich spotykanych w nisko zmineralizowanych wodach podziemnych. Obserwowano jednak dość duże zróżnicowanie stężeń. Najwyższe wartości zanotowano w wodach na terenie Łodzi oraz na rolniczych obszarach na południowy wschód od Łodzi, na zachód od Pabianic, a także na zachód od Konstancyna i Aleksandrowa oraz w okolicach Zgierza i Strykowa. Zróżnicowanie wielkości stężeń litu w wodach podziemnych wynika prawdopodobnie z przyczyn naturalnych.

Mn MANGAN

Tablica 5, tabela IV, figura 33.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,001–1,931; średnio 0,046
– ze studni kopanych	<0,001–1,264; średnio 0,015
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,001–1,402; średnio 0,165
– z sond hydrogeologicznych	<0,001–1,931; średnio 0,108
– ze źródeł	<0,001–0,084; średnio 0,004
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,01–0,4 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,1 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	43%

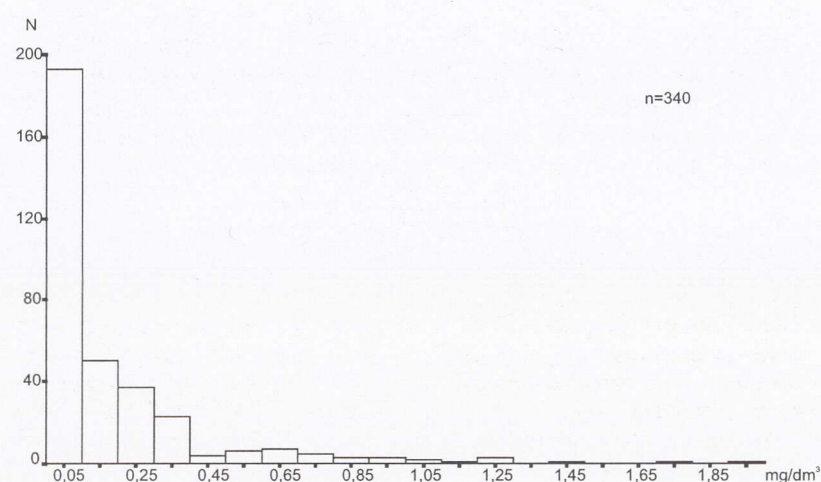


Fig. 33.
Rozkład częstości stężeń manganu
Frequency distribution of manganese concentrations

Mangan występuje w badanych wodach podziemnych powszechnie, towarzysząc na ogół związkowi żelaza. Źródła tego pierwiastka mają charakter naturalny, a wpływ czynników antropogenicznych na jego stężenia w wodach podziemnych polega przede wszystkim na zmianie warunków pH środowiska. Podobnie jak w przypadku żelaza, najwyższe stężenia obserwowano na terenach miejskich i podmiejskich Łodzi. Jednak na całym obszarze w 43% badanych punktów stężenie manganu w wodzie przekraczało graniczną wartość przepisów sanitarnych dla wód pitnych (0,1 mg/dm³). Przyczyny tak powszechnego występowania manganu w wodach podziemnych należy doszukiwać się w większej stabilności jego form rozpuszczonych niż analogicznych form żelaza. Ponadto, łatwość uwalniania manganu do wód ze związków z substancją organiczną (szczególnie z kwasami humusowymi) i większa jego tolerancja na wpływ warunków utleniających spowodowała podwyższenie jego stężeń również na terenach lasów i łąk, gdzie na ogół stężenia żelaza były mniejsze niż na innych obszarach.

Mo MOLIBDEN

Tabela IV, figury 34 i 35.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,01–0,06; średnio <0,01
– ze studni kopanych	<0,01
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,01
– z sond hydrogeologicznych	<0,01–0,06; średnio <0,01
– ze źródeł	<0,01
Wartość średnia w czystych wodach podziemnych klimatu umiarkowanego*	0,001 mgMo ⁴⁺ /dm ³

* Według Szwarcewa, w: Macioszczyk, 1987.

Stężenia molibdenu w wodach podziemnych badanego terenu nie przekraczają na ogół wartości 0,001 mg/dm³. Bardzo nieliczne punktowe wystąpienia w stężeniach oznaczalnych przedstawiono na figurze 35. Próbkę, w której oznaczono molibden pochodzący zawsze z sond geolo-

gicznych, zlokalizowanych na terenach lasów i łąk. Pochodzenie molibdenu w tych punktach jest prawdopodobnie antropogeniczne, bezpośrednio z odpadów i ścieków (np. w okolicy Neru czy Bzury) lub wtórne, gdy pierwiastek ten uwalniany jest ze szczątków obumarłych roślin, uprzednio selektywnie go przyswajających.

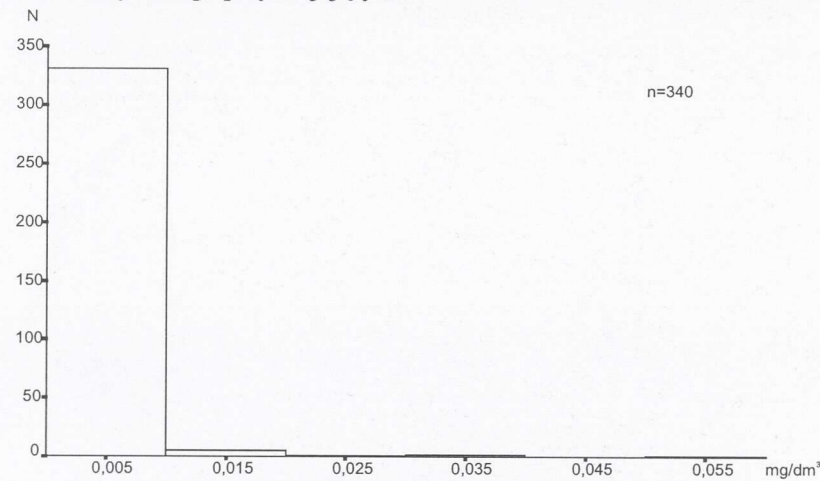


Fig. 34.
Rozkład częstości stężeń molibdenu
Frequency distribution of molybdenum concentrations

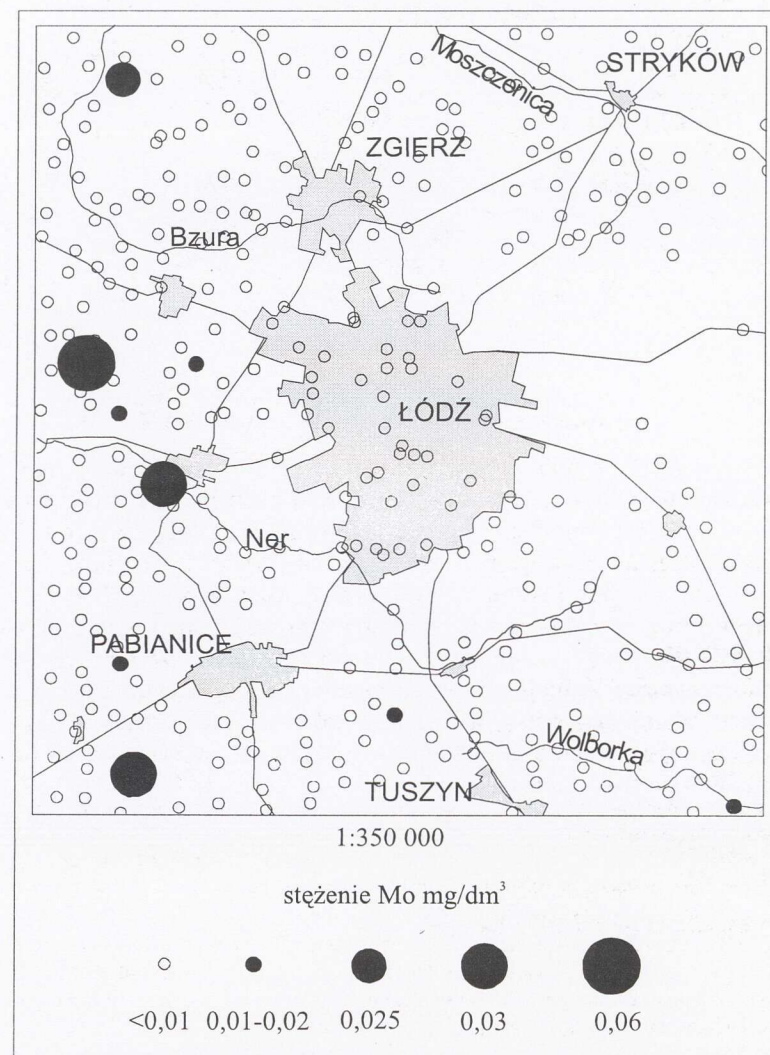


Fig. 35.
Przestrzenny rozkład stężeń molibdenu
Spatial distribution of molybdenum concentrations

Ni NIKIEL

Tabela IV, figury 36 i 37.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,01–1,00; średnio <0,01
– ze studni kopanych	<0,01–0,05; średnio <0,01
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,01–0,01; średnio <0,01
– z sond hydrogeologicznych	<0,01–1,00; średnio <0,01
– ze źródeł	<0,01
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,001–0,005 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,03 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	2%

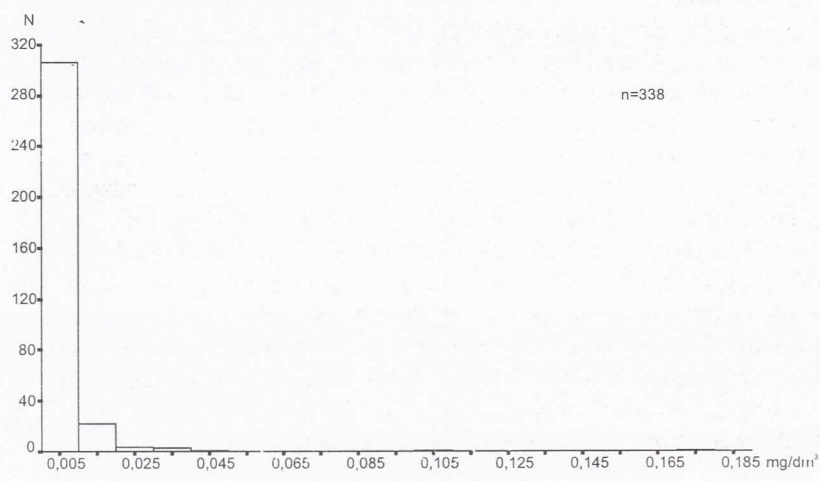


Fig. 36.
Rozkład częstości stężeń niklu
Frequency distribution of nickel concentrations

Nikiel w badanych wodach podziemnych pojawiał się punktowo, na ogół nie przekraczając stężeń bezpiecznych w wodach pitnych (fig. 37). W nielicznych wypadkach, kiedy jego zawartość przekraczała granicę podaną w polskich przepisach sanitarnych, towarzyszył zwiększonym

stężeniom innych metali jak kobalt, molibden czy chrom. Należy przypuszczać, że powodem podwyższonych stężeń niklu, jak i współwystępujących z nim metali, jest lokalna działalność gospodarcza (obecnie lub w przeszłości), prowadzona nie do końca zgodnie z zasadami ochrony środowiska, mająca na szczęście niewielki wpływ na jakość wód podziemnych w skali całego badanego obszaru.

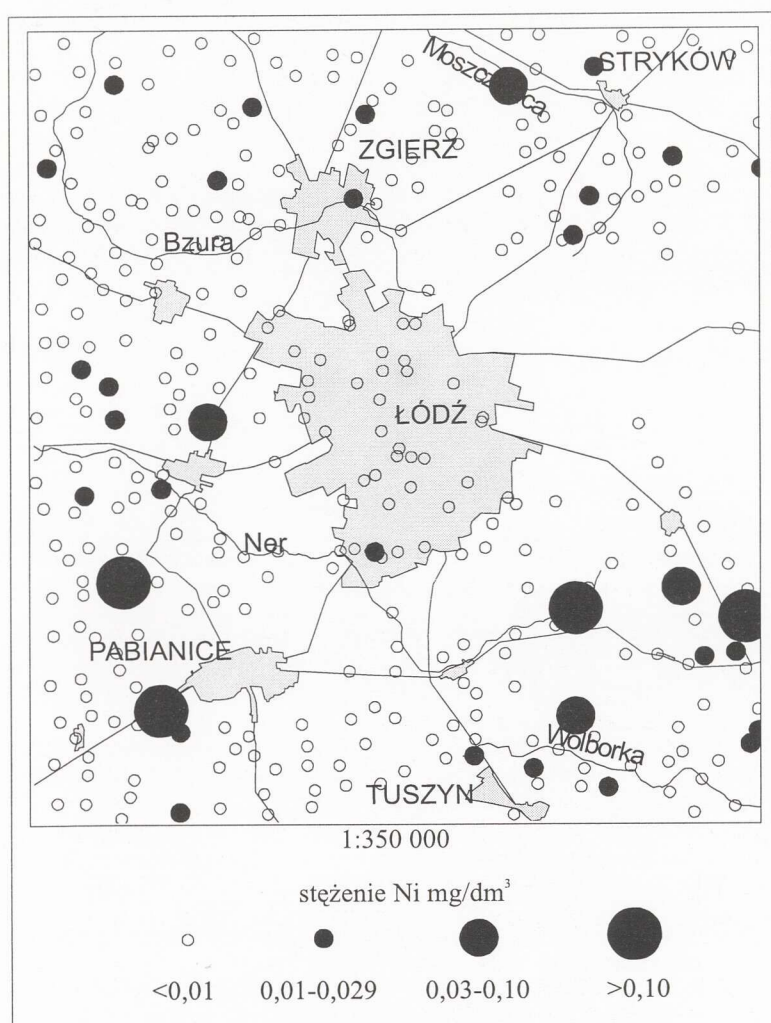


Fig. 37.
Przestrzenny rozkład stężeń niklu
Spatial distribution of nickel concentrations

P FOSFOR

Tablica 4, tabela IV, figura 38.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,1–5,8; średnio 0,1
– ze studni kopanych	<0,1–5,8; średnio 0,2
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,1–0,4; średnio 0,1
– z sond hydrogeologicznych	<0,1–1,8; średnio <0,1
– ze źródeł	<0,1–0,2; średnio 0,1
Wartość średnia w wodach podziemnych klimatu umiarkowanego*	0,07 mg/dm ³

* Według Szwarcewa, w: Macioszczyk, 1987.

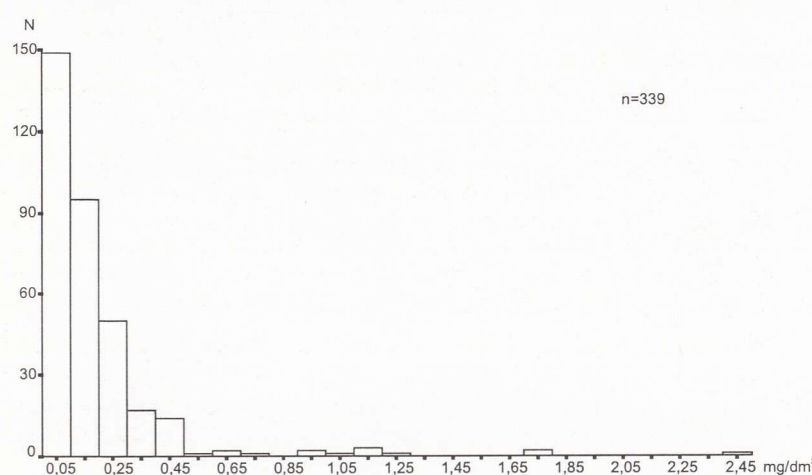


Fig. 38.
Rozkład częstości stężeń fosforu
Frequency distribution of phosphorus concentrations

Stężenia całkowitego fosforu w wodach podziemnych badanego terenu wahały się na ogół w granicach od poniżej 0,1 do 0,2 mg/dm³. Wzrost tych stężeń obserwowano punktowo, a wartości najwyższe notowano w wodach pobranych ze studni kopanych. Podwyższenie stężeń spotykano częściej na północ i zachód od Łodzi, co może być związane z wyższymi wartościami pH wód podziemnych tego rejonu oraz w samej Łodzi, gdzie z kolei panują redukcyjne warunki w warstwie wodonośnej. Oba te czynniki wpływają na intensyfikację migracji fosforu. Ze względu na wysoki próg wykrywalności fosforanów, nie wiadomo jaka jest forma występowania fosforu w mniejszych stężeniach, natomiast na pewno można powiedzieć, że najwyższe stężenia nie były związane ze wzrostem zawartości fosforanów. Tylko w jednej studni kopanej wykryto stężenie HPO₄ wyższe od 1 mg/dm³ i należy przypuszczać, że był to typowy przypadek punktowego zanieczyszczenia ujęcia wód podziemnych.

Pb OLÓW

Tabela IV.

Stężenia w wodach podziemnych	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,05 mg/dm ³
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,001–0,01 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	0,05 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	0%

Wartości stężeń ołowiu w wodach podziemnych całego terenu nie przekroczyły dolnej granicy wykrywalności – 0,05 mg/dm³. Przyczyną tej sytuacji może być brak naturalnych i antropogenicznych źródeł tego pierwiastka w badanym obszarze, lecz przede wszystkim bardzo mała jego mobilność w wodach podziemnych ze względu na silne uleganie sorpcji przez substancję organiczną, minerały ilaste i uwodnione tlenki żelaza i manganu.

Si KRZEM (jako SiO₂)

Tablica 7, tabela IV, figura 39.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	1,3–59,8; średnio 13,0
– ze studni kopanych	3,7–26,4; średnio 13,1
– ze studni wierconych i piezometrów	1,3–28,6; średnio 14,8
– z sond hydrogeologicznych	3,3–59,8; średnio 12,3
– ze źródeł	14,0–23,3; średnio 16,4
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	1–30 mg/dm ³

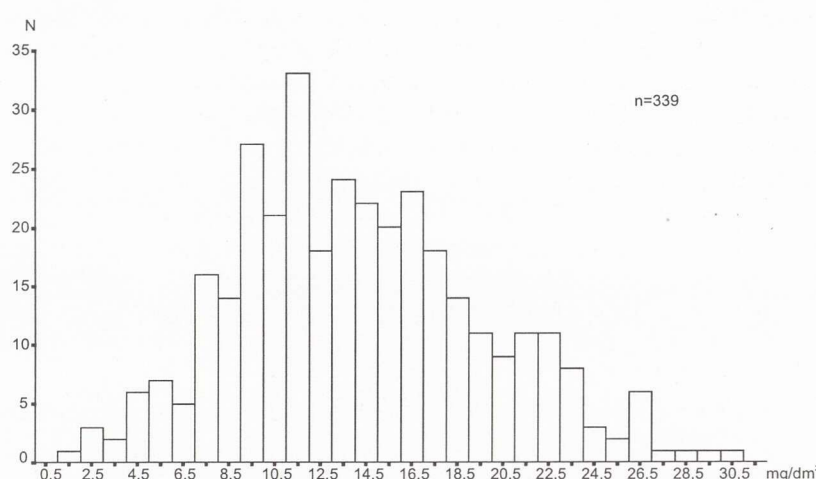


Fig. 39.
Rozkład częstości stężeń krzemionki
Frequency distribution of silica concentrations

Stężenia całkowitego krzemu w wodach podziemnych badanego terenu (przeliczone na krzemionkę SiO₂) zawierają się w przedziale typowym dla wód podziemnych Polski. Najczęściej spotykane są wody o zawartości krzemionki 9–20 mg/dm³. Generalnie większe zróżnicowanie wielkości stężeń SiO₂ obserwuje się w regionie łódzkim, czego przyczyną jest prawdopodobnie większa zmienność lokalnych warunków, zwłaszcza zawartości substancji organicznej w wodach podziemnych.

Sr STRONT

Tablica 8, tabela IV, figura 40.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	0,038–1,473; średnio 0,195
– ze studni kopanych	0,075–0,890; średnio 0,237
– ze studni wierconych i piezometrów	0,076–1,055; średnio 0,269
– z sond hydrogeologicznych	0,038–1,473; średnio 0,143
– ze źródeł	0,110–0,184; średnio 0,131
Stężenia najczęściej spotykane w wodach podziemnych strefy utleniającej*	0,005–0,05 mg/dm ³

* Według Szwarcewa, w: Macioszczyk, 1987.

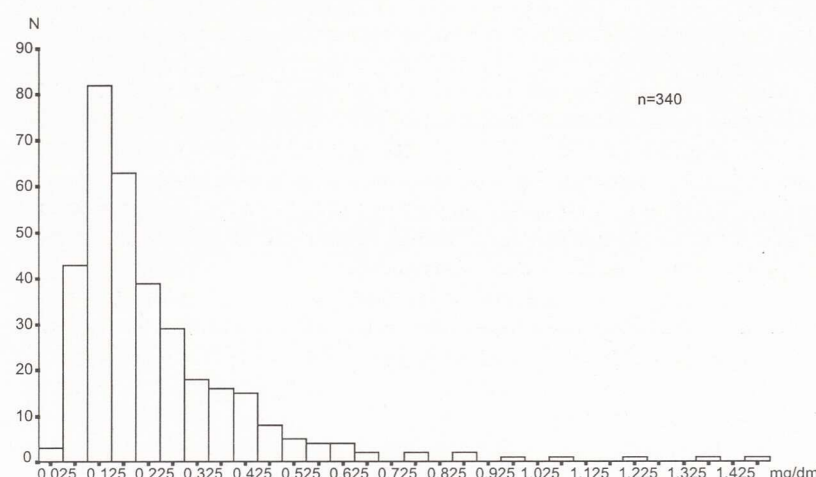


Fig. 40.
Rozkład częstości stężeń strontu
Frequency distribution of strontium concentrations

Najczęściej spotykane stężenia strontu w wodach podziemnych na badanym obszarze mieszczą się w przedziale 0,05–0,45 mg/dm³. Wartości powyżej 1 mg/dm³ stwierdzone w kilku punktach towarzyszyły wysokim stężeniom wapnia, baru i litu oraz żelaza i manganu. Najniższe wartości obserwowano na rolniczych terenach na południe i wschód od Łodzi i Pabianic. Na pozostałym obszarze można wskazać obszary, gdzie stężenia strontu dochodziły do 1 mg/dm³ w kilku sąsiadujących punktach. Przyczyny podwyższonych zawartości strontu w wodach podziemnych należy szukać w naturalnych lub antropogenicznych zmianach warunków w warstwie wodonośnej, umożliwiających np. uruchamianie strontu w procesach wymiany jonowej. Na terenach miejskich źródłem strontu mogą być też ścieki komunalne i przemysłowe.

Ti TYTAN

Tablica 7, tabela IV, figura 41.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,005–0,067; średnio <0,005
– ze studni kopanych	<0,005–0,006; średnio <0,005
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,005
– z sond hydrogeologicznych	<0,005–0,067; średnio <0,005
– ze źródeł	<0,005
Wartość średnia w wodach gruntowych*	0,01 mg/dm ³

* Według Kabaty-Pendias, Pendiasa, 1993.

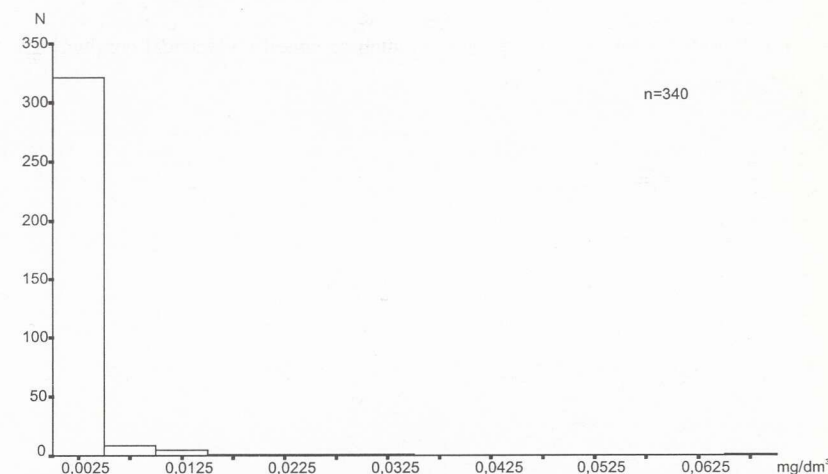


Fig. 41.
Rozkład częstości stężeń tytanu
Frequency distribution of titanium concentrations

Tytan w badanych wodach podziemnych występował na ogół na poziomie poniżej 0,005 mg/dm³. Nieliczne wystąpienia wyższych stężeń zanotowano w wodach z sond hydrogeologicznych i towarzyszyły one zawsze wysokim wartościom stężeń glinu, co może sugerować ich wspólną genezę lub analogiczne predyspozycje do migracji wodnej w podobnych warunkach. Źródłem tytanu w wodach podziemnych mogą być też odpady przemysłowe zawierające jego związki. W takim przypadku, ze względu na ograniczone zdolności migracji tytanu w wodach podziemnych, podwyższone stężenia wskazują na bliskość ogniska zanieczyszczeń.

V WANAD

Tabela IV.

Stężenia w wodach podziemnych	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,006–0,006; średnio <0,006 mg/dm ³
Stężenia najczęściej spotykane w wodach podziemnych strefy utleniającej*	0,0005–0,002 mg/dm ³

* Według Szwarcewa, w: Macioszczyk, 1987.

Tylko w jednej studni kopanej, we wsi Kielmina między Zgierzem i Strykowem, stwierdzono występowanie wanadu w wodach podziemnych. Stężenie jego osiągnęło wartość równą dolnej granicy wykrywalności – 0,006 mg/dm³. W pozostałych próbkach wanadu nie wykryto.

Zn CYNK

Tablica 6, tabela IV, figura 42.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm ³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,005–6,227; średnio 0,026
– ze studni kopanych	<0,005–6,227; średnio 0,056
– ze studni wierconych i piezometrów	<0,005–2,726; średnio 0,242
– z sond hydrogeologicznych	<0,005–0,369; średnio 0,005
– ze źródeł	<0,005
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,005–0,05 mg/dm ³
Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych	5 mg/dm ³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	<1%

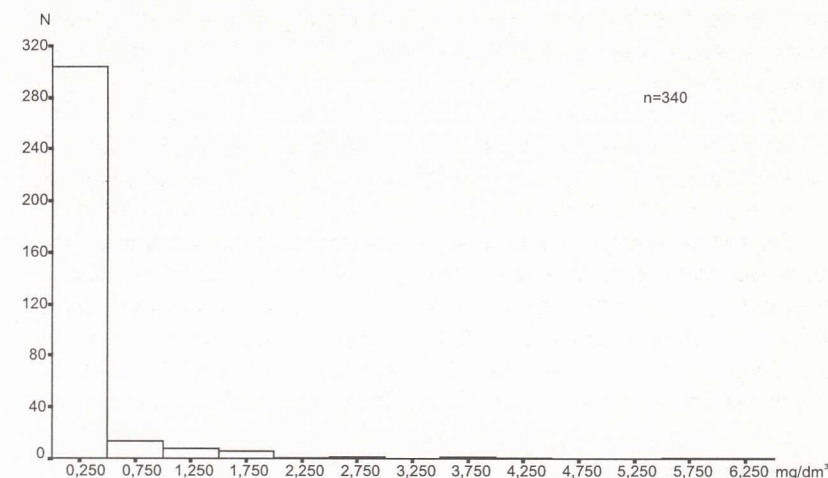


Fig. 42.
Rozkład częstości stężeń cynku
Frequency distribution of zinc concentrations

Stężenia cynku w wodach podziemnych badanego obszaru na ogół zawierały się w granicach tła ustalonego dla tego pierwiastka na terenie Polski. Strefę wyraźnie podwyższonych zawartości 0,5–5 mg/dm³ obserwowano na obszarze Łodzi, co wskazuje na zanieczyszczenie antropogeniczne o charakterze obszarowym, wynikające z wieloletniej działalności komunalnej i przemysłowej. Wyższe stężenia cynku poza obszarem miasta, łącznie z zanotowanymi dwoma przypadkami przekroczenia przepisów sanitarnych dla wód pitnych, pojawiały się sporadycznie w studniach kopanych, gdzie mogły być spowodowane zatopieniem ocynkowanych przedmiotów (np. wiader) w konkretnym otworze. Najniższe stężenia, poniżej 0,005 mg/dm³, obserwowano na obszarach pól uprawnych i lasów na południe od Łodzi i wschód od Pabianic.

SKŁADNIKI ORGANICZNE

FENOLE

Tablica 9, tabela IV, figura 43.

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm³):

- ze wszystkich punktów opróbowania
- ze studni kopanych
- ze studni wierconych i piezometrów
- z sond hydrogeologicznych
- ze źródeł

Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski

Dopuszczalna zawartość wg przepisów sanitarnych

- <0,1–3,0; średnio 0,2
- <0,1–2,7; średnio 0,2
- <0,1–2,6; średnio 0,1
- <0,1–3,0; średnio 0,2
- <0,1

0–0,001 mg/dm³

zapach niewyczuwalny

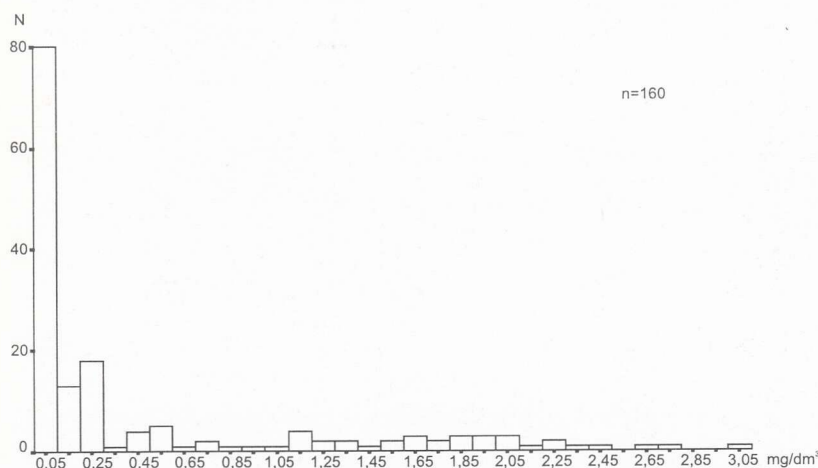


Fig. 43.
Rozkład częstości stężeń fenoli
Frequency distribution of phenol concentrations

Fenole (indeks fenolowy) były jedynym parametrem organicznym badanym w wodach podziemnych na terenie aglomeracji łódzkiej. Oznaczenia przeprowadzono tylko w 160 wybranych punktach. Na ogół stężenia nie przekraczały 0,1–0,3 mg/dm³, jednak niektóre próbki wykazywały wartości nawet kilku gramów fenoli w litrze. Najwyższe zawartości stwierdzono w wodach z niektórych studni miejskich i piezometrów w centrum Łodzi, na południe od Rzgowa oraz w pasie Aleksandrów-Konstantynów-Pabianice (zlewnia Neru i Dobrzyńki) na zachód od Łodzi. Najwyższe wartości stwierdzono w studniach kopanych i sondach hydrogeologicznych, najniższe – w studniach wierconych i piezometrach. Taki rozkład świadczyć może o tym, że pewna część wykrytych fenoli pochodzi z rozkładu naturalnego substancji organicznej (na terenach podmokłych), a część stwierdzonych ładunków może przedstawiać się do wód podziemnych bezpośrednio przez źle utrzymane ujęcia. Występowanie podwyższonych stężeń fenoli w sąsiedztwie takich rzek jak Dobrzyńka i Ner, do których poniżej Pabianic i Łodzi zrzucane są nieoczyszczone ścieki, nasuwa podejrzenie o przedostawaniu się zanieczyszczonych wód z rzeki do warstwy wodonośnej, np. przy wysokich stanach wód powierzchniowych lub przy powodzi.

ZAGROŻENIA JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH

Chemizm badanych wód charakteryzuje się dużą zmiennością, nie będącą wynikiem zróżnicowania naturalnych warunków geologicznych i hydrogeologicznych. Należy przypuszczać, że wody podziemne, występujące stosunkowo płytko pod powierzchnią terenu, poddane są bardzo silnej antropopresji. Najbardziej zagrożone wydają się być wody w północnej i północno-wschodniej części obszaru, gdzie warstwy wodonośne pozbawione są trudno przepuszczalnej izolacji na powierzchni terenu. Również większa ciągłość poziomów wodonośnych oraz mniejszy udział minerałów ilastych i substancji organicznej w budującym je materiale stwarza większe możliwości migracji zanieczyszczeń. Z drugiej jednak strony lepsze napowietrzenie wód podziemnych w tym rejonie powoduje przewagę warunków utleniających, sprzyjających procesom samooczyszczania się wód.

W części południowej i zachodniej w badanych warstwach wodonośnych powszechnie panują warunki redukcyjne – ponad 25% oznaczeń potencjału Eh poniżej dolnej granicy tła hydrogeochemicznego dla wód podziemnych Polski. Odczyn tych wód jest na ogół kwaśny – ponad 28% pomiarów pH poniżej dolnej granicy tła hydrogeochemicznego dla wód podziemnych Polski. Trudno ocenić przy obecnym stanie rozpoznania w jakim stopniu takie warunki są spowodowane czynnikami antropogenicznymi, jednak z pewnością nie wpływają one pozytywnie na możliwości samooczyszczania się tych wód. Przeciwnie, mogą powodować uruchamianie do wód podziemnych substancji nagromadzonych w gruncie w sposób naturalny (np. mangan, żelazo, stront) lub sztuczny (np. niektóre metale).

Wartości przekraczające górne granice tła hydrogeochemicznego dla wód podziemnych Polski lub przeciętne zawartości w wodach podziemnych strefy utlenienia obserwuje się przede wszystkim w przypadku mineralizacji ogólnej, przewodności elektrycznej właściwej, siarczanów, azotu azotanowego i azotynowego, boru, fosforu, manganu i strontu, a na terenach miejskich również baru, fenoli, żelaza, cynku i litu. Zanieczyszczenie to ma nie tylko charakter punktowy w miejscach składowania odpadów, wylewisk ścieków lub przy źle utrzymanych otworach eksploatacyjnych wód podziemnych, ale kumulowanie się efektów wpływu różnych ognisk zanieczyszczeń tak w czasie, jak i w przestrzeni doprowadziło do przetrzaskowej degradacji jakości wód podziemnych w wielu obszarach. Do terenów, gdzie występują najbardziej zanieczyszczone wody podziemne należą przede wszystkim Łódź, okolice Strykowa, Rzgowa i Zgierza oraz strefa między Konstantynowem Łódzkim, Pabianicami i Dobroniem.

Nieliczne przypadki pojawiania się w wodach podziemnych glinu, niklu, kobaltu, chromu, molibdeny, tytanu i bromu stanowią niepokojący

sygnał o istnieniu lokalnych ognisk zanieczyszczeń (prywatna działalność gospodarcza wraz z produkowanymi odpadami, niekontrolowane wysypiska, wylewiska ścieków), zagrażających jakości wód podziemnych wprawdzie w małej skali, ale trudnych do zlokalizowania i restrukturyzacji w sposób taki, żeby odpowiadały wymogom ochrony środowiska.

W wodach podziemnych badanego obszaru nie obserwuje się metali takich jak arsen, rtęć, ołów, kadm i wanad. Stwierdzone stężenia rtęci mieszczą się w granicach tła hydrogeochemicznego zwykłych wód podziemnych Polski, nie przekraczając stężeń dopuszczalnych w wodach pitnych. Przyczyną braku zagrożenia jakości wód podziemnych tymi pierwiastkami, mimo sprzyjających warunków migracji w wielu rejonach, jest prawdopodobnie brak przemysłu metalurgicznego w okolicach Łodzi. Niewielkie ilości tych pierwiastków, uwalniane przez inne gałęzie przemysłu i gospodarkę komunalną, są zatrzymywane w glebie i osadach wód powierzchniowych (patrz: Część I atlasu).

Zanieczyszczone wody z czwartorzędowych poziomów wodonośnych stanowią zagrożenie jakości wód w utworach kredowych, zwłaszcza kredy górnej, która jest zasilana m.in. z nadległych poziomów kenozoicznych. Z powodu bezpośredniego kontaktu wód górnokredowych z czwartorzędowymi na południowo-zachodnim krańcu badanego obszaru, w poziomach kredowych obserwuje się podobny stopień degradacji jakości wód jak w poziomach czwartorzędowych.

SUMMARY

The "Geochemical Atlas of the Łódź Agglomeration" is a consecutive work of the Polish Geological Institute in the field of geochemical mapping of urban areas. Part II focuses on issues dealing with conditions and quality of ground waters frequently utilised as the primary or emergency source of water for drinking and household needs; also, workshops and small industrial plants are other ground water users.

Specific character of ground water conditions along with the issues of anthropopressure as a whole over areas of urban-industrial agglomeration requires that a special attitude is needed for recognising ground water conditions in most shallow aquifer in those areas. The Atlas presents the methodology of the field work including the selection of sampling points, procedure of sampling along with indicator physico-chemical determinations, and the scope and procedure of laboratory examinations. Characteristics of the area is given in respect of its geological structure and ground water conditions. Development of the agglomeration is analysed; as refers to pollution sources – they have been discussed in Part I in respect of their location and character.

The hydrogeochemical conditions are characterised in details in text and presented on maps. A considerable variability characterises chemical composition of ground water; important to note here is the fact that this feature does not result from differentiation of geological and hydrogeological conditions. An assumption can be made that ground waters occurring at a relatively shallow depth are subjected to a very strong anthropopressure. It seems that most exposed to hazard are ground waters in the western and north-eastern sectors of the study area – where they are not protected by an impervious sealing layer at the ground level. Also, better continuity of aquifers and lesser share of both clay minerals and organic matter are other factors increasing the possibility of migration of pollutants. On the other hand, better aeration of ground waters in this region is decisive for the domination of oxidizing conditions acting in favour of self-purification of ground waters.

Reducing conditions are common in the southern and western sectors of the study area – over 25% of determinations of Eh potential showed lesser values than the lower limit of hydrogeochemical background for entire Poland. In general, reaction of these waters is acid – which is evidenced by over 28% of the pH determinations below a lower limit of hydrogeochemical background in entire Poland's territory. At the present state of knowledge it is difficult to assess the rate at which the given conditions are affected by anthropogenic factors; however, it is unquestionable that they do not increase the chance of self-purification of ground water. On the contrary, they may set in motion to ground waters those substances that accumulated in a natural (e.g. manganese, iron, strontium) or an artificial way (e.g. some metals).

Values in excess of the upper limit of geochemical background for ground water in Poland or average concentration in ground water within the oxidation zone are observed, first of all, in cases of Total Dissolved Solids, specific electrical conductivity and such constituents as sulphates, nitrates and nitrites, boron, phosphorus, manganese and strontium in addition to such urban-bound constituents as barium, phenols, iron, zinc and lithium. Pollution due to excessive contents is not only of the point-like in places of waste dumping and sewage discharging or sites with improperly maintained water wells – but it also results from cumulation of effects of different pollution sources in time and space – having an important bearing on deterioration of ground water quality in many areas. Łódź, the vicinity of Stryków, Rzgów and Zgierz, and a zone situated between Konstantynów Łódzki, Pabianice and Dobroń are the areas of the most polluted ground waters.

There were infrequent cases when aluminium, nickel, cobalt, chromium, molybdenum, titanium and bromine were traced in ground waters; those cases constitute an alarming signal of the existence of local pollution sources (economic activities on private basis, accompanied by the generation of wastes, unauthorized dumping sites and sewage discharges). They endanger the ground water quality on a local scale; nevertheless, it is difficult to locate and reconstruct them so that environmental protection requirements could be met.

It was observed that metals such as arsenic, mercury, lead, cadmium and vanadium did not occur in ground water within the study area. It is likely that the lack of metallurgical industry in the Łódź environs is the reason that despite favourable conditions for migration in many regions no metal-related threat is exerted on ground water quality. Small amounts of metals mentioned above are released by other industrial branches and municipal engineering, however, they are being retained in soils and surface water sediments.

Polluted ground water in the Quaternary aquifer exert a serious threat to quality of ground water in the Cretaceous one. Particularly exposed to this threat is the Upper Cretaceous aquifer which is recharged, among others, by overlying Cretaceous water-bearing horizons. Since a direct contact exists between the Quaternary aquifer and that in the Cretaceous in the south-western periphery of the study area, the degree of deterioration of Cretaceous waters is similar to that in the Quaternary.

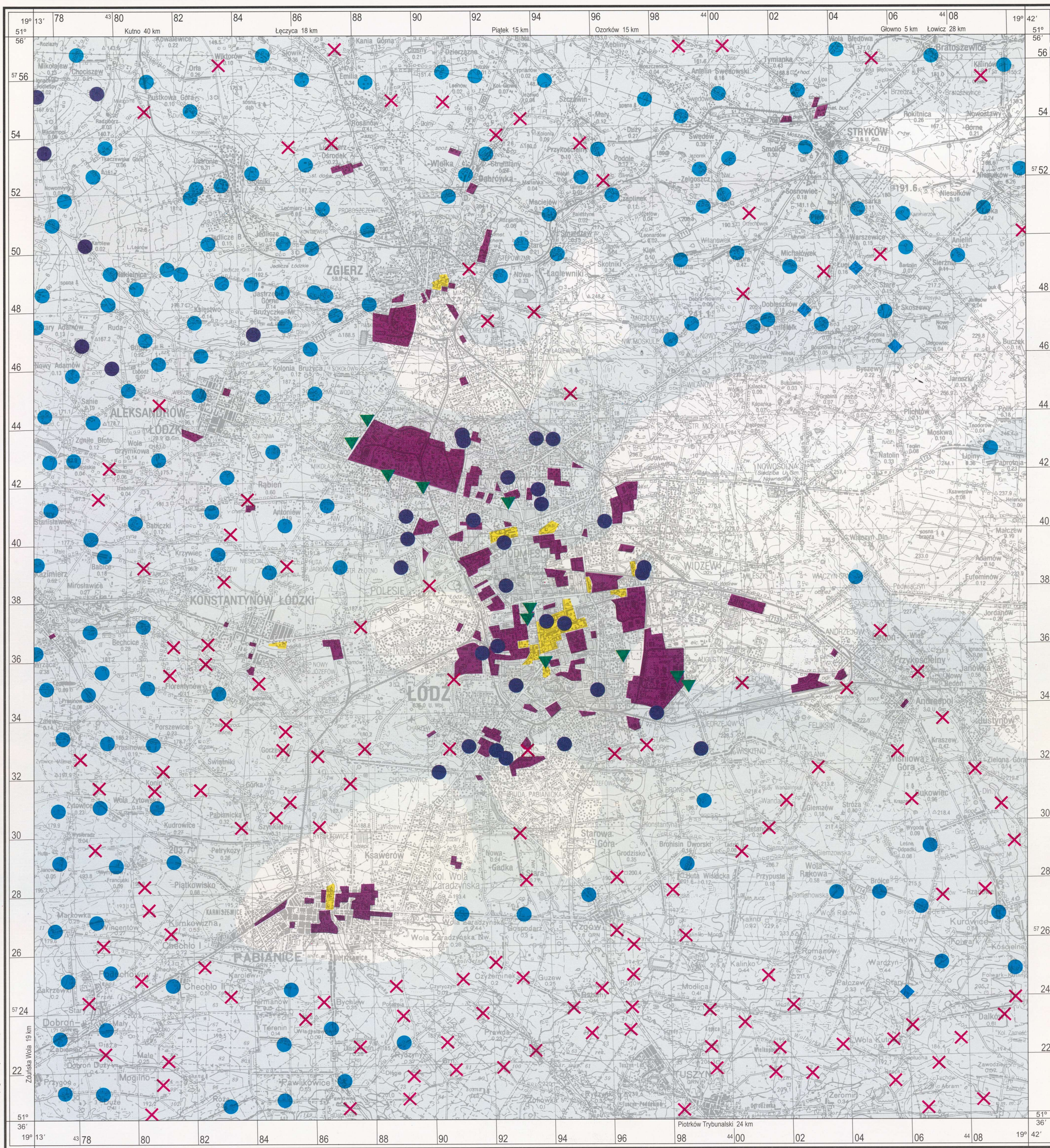
Hydrochemical maps show spatial distribution of several hydrogeological parameters. A selection of parameters on particular maps was based on their hydrochemical characteristics, chemical and geochemical relationships, and similar anthropogenic origin. Overall parameters resulting from interaction between chemical constituents of ground waters and the environments of their occurrences such as specific electrical conductivity, total hardness, colour or pH are presented by means of isolines; a kriging method was used to make interpolation. Similar method was employed to show concentrations of inorganic nitrogen and phosphates as the background for the occurrence of particular forms of inorganic nitrogen and total phosphorus.

Literatura References

- BIERKOWSKA M., BŁASZCZYK J., 1989 – Objaśnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:200 000, arkusz Łódź. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BIERKOWSKA M., BŁASZCZYK J., 1988 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:200 000, arkusz Łódź. Państw. Inst. Geol., Wyd. Geol., Warszawa.
- BRZEZIŃSKI H., 1992 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Główny, Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- JAKIMOWICZ-HNATYSZAK K., PASŁAWSKI P., 1996 – Metody analizy wód naturalnych stosowane przez Centralne Laboratorium Chemiczne w badaniach monitoringowych. *Prz. Geol.*, vol. 44, nr 3.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993 – Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- KLASYFIKACJA zwykłych wód podziemnych dla potrzeb monitoringu środowiska. 1993, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- KLATKOWA H., 1980 – Mapa geologiczna Polski 1:200 000, arkusz Łódź (wyd. A). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KLATKOWA H., PIWOŃSKI M., 1981 – Objaśnienia do Mapy geologicznej Polski 1:200 000, arkusz. Łódź. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KLECZKOWSKI A.S., Rózkowski A. (red.), 1997 – Słownik hydrogeologiczny. MOŚNŁ, Wyd. Trio, Warszawa.
- KONIECZYŃSKA M., SADURSKI A., 1997 – Metody oceny stanu zanieczyszczenia wód gruntowych aglomeracji miejsko-przemysłowych. Współczesne Problemy Hydrogeologii t. VIII, WIND, Wrocław.
- KOŚCIELNIAK S., ADAMSKI A., BIL J., HAC B., SOBCZYK W., ULMAN-BORTNOWSKA M., 1995 – Wskazówki metodyczne do oceny stopnia zanieczyszczenia gruntów i wód podziemnych produktami ropopochodnymi i innymi substancjami chemicznymi w procesach rekultywacji. PIOŚ, Warszawa.
- KWIATKOWSKI S. (red.), 1973 – 550 lat miasta Łodzi. 150 lat Łodzi przemysłowej. Album statystyczno-gospodarcze. Miejski Urząd Statystyczny, Prezydium Rady Narodowej Miasta Łodzi, Łódź.
- MACIOŚCZYK A., 1987 – Hydrogeochemia. Wyd. Geol., Warszawa.
- MORTIMER-SZYMCZAK H. (red.), 1981 – Województwo miejskie łódzkie: zarys dziejów, obraz współczesny, perspektywy rozwoju. Monografia, Łódź.
- PACZYŃSKI B. (red.), 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski 1:500 000. Część II. Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1990 – Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- POKORA M., DOBRZYŃSKI D., PŁOCHNIEWSKI Z., 1987 – Mapa jakości, zagrożenia i ochrony wód podziemnych województwa miejskiego łódzkiego. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., nr kat. 4129/1352.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 31 maja 1977 r. w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarce. Dziennik Ustaw nr 18 z 1977 r., poz. 72. Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 4 maja 1990 r. Zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarce, Dziennik Ustaw nr 35 z 1990 r., poz. 205. Warszawa.
- SALM J., WESOŁOWSKI J., 1992 – Łódź. Przewodnik. Zarząd Miasta Łodzi, Łódź.
- WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1995 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. t. II, PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

Spis tablic List of Plates

1. Punkty opróbowania
Sampling points
2. Przewodność elektryczna właściwa/Zawartość makroskładników
Electrical conductivity/Macrocomponents
3. N–NO₃, N–NH₄, N–NO₂/Całkowity azot mineralny
Nitrate Nitrogen, Ammonia Nitrogen, Nitrite Nitrogen/Total Inorganic Nitrogen
4. P, F, B/HPO₄
Phosphorus, Fluorine, Boron/Phosphates
5. Fe, Mn/pH
Iron, Manganese/Hydrogen Ion Activity
6. Zn, Cu/pH
Zinc, Copper/Hydrogen Ion Activity
7. Al, Ti/SiO₂
Aluminium, Titanium/Silica
8. Sr, Ba, Li/Twardość ogólna
Strontium, Barium, Lithium/Total Hardness
9. Fenole/Barwa
Phenols/Colour



© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1 : 100 000

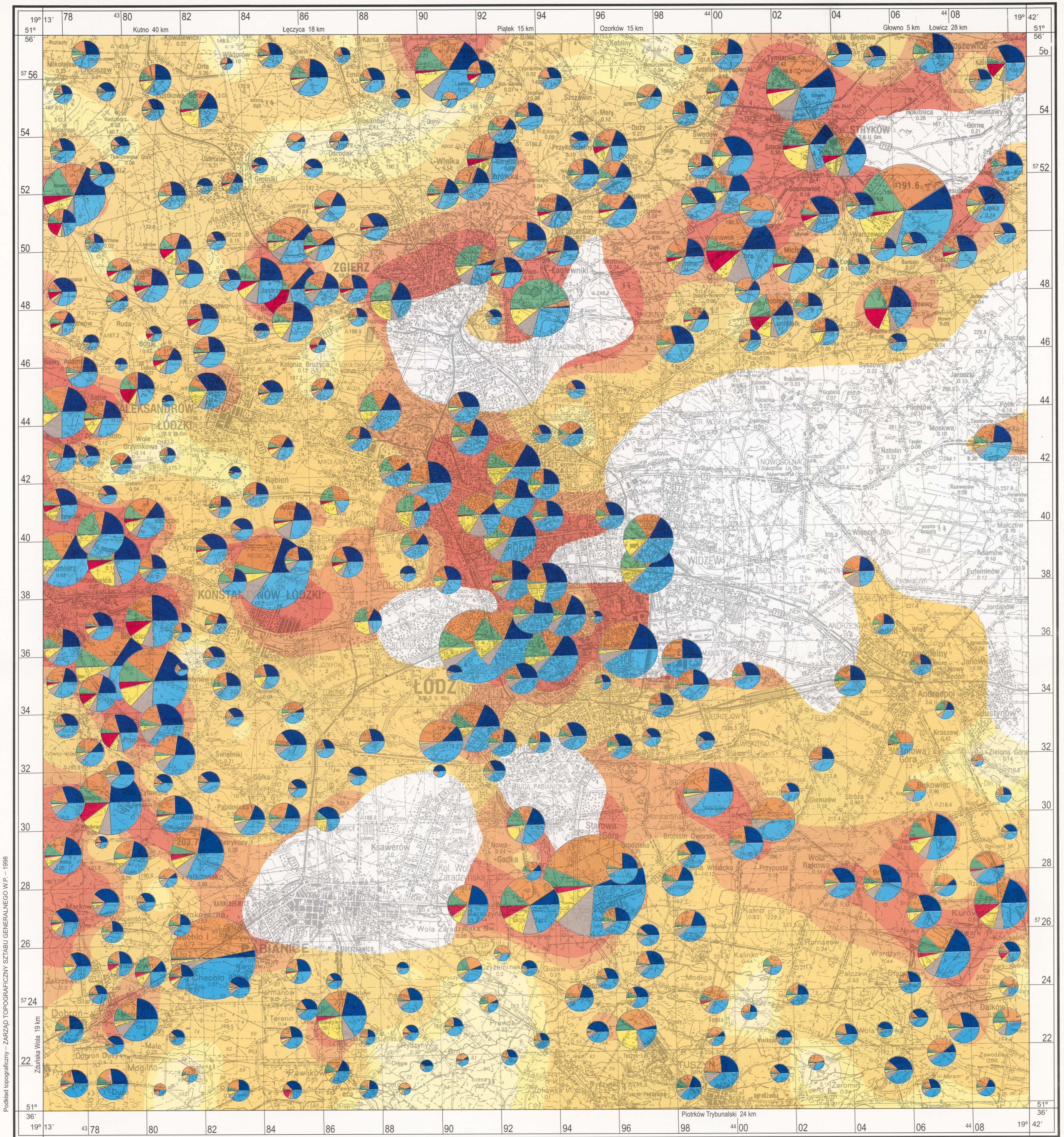
PUNKTY OPRÓBOWANIA
SAMPLING POINTS

- Studnie wiercone
Drilled water wells
- Studnie kopane
Dug water wells
- Piezometry
Piezometers
- Źródła
Springs
- Sondy Geopróby
Geoprobe sampling sites

Obszary, w których pierwszy poziom wodonośny występuje głębiej niż szefo rozpoznano (patrz część tekstowa)
Areas with first aquifer occurring deeper than investigated zone (see text)

Współczesne obszary przemysłowe
Present-day industrial areas

XIX-wieczne obszary przemysłowe
Industrial areas of the XIX century



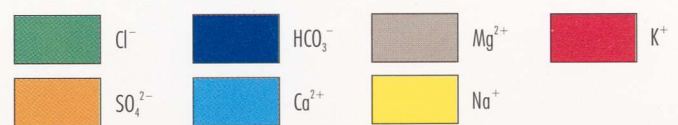
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1 : 100 000

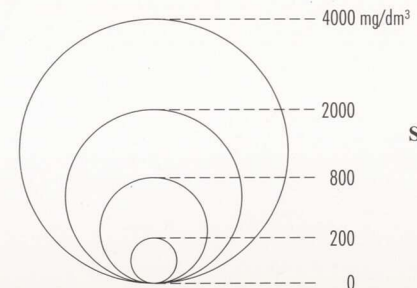
PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA WŁAŚCIWA
ELECTRICAL CONDUCTIVITY



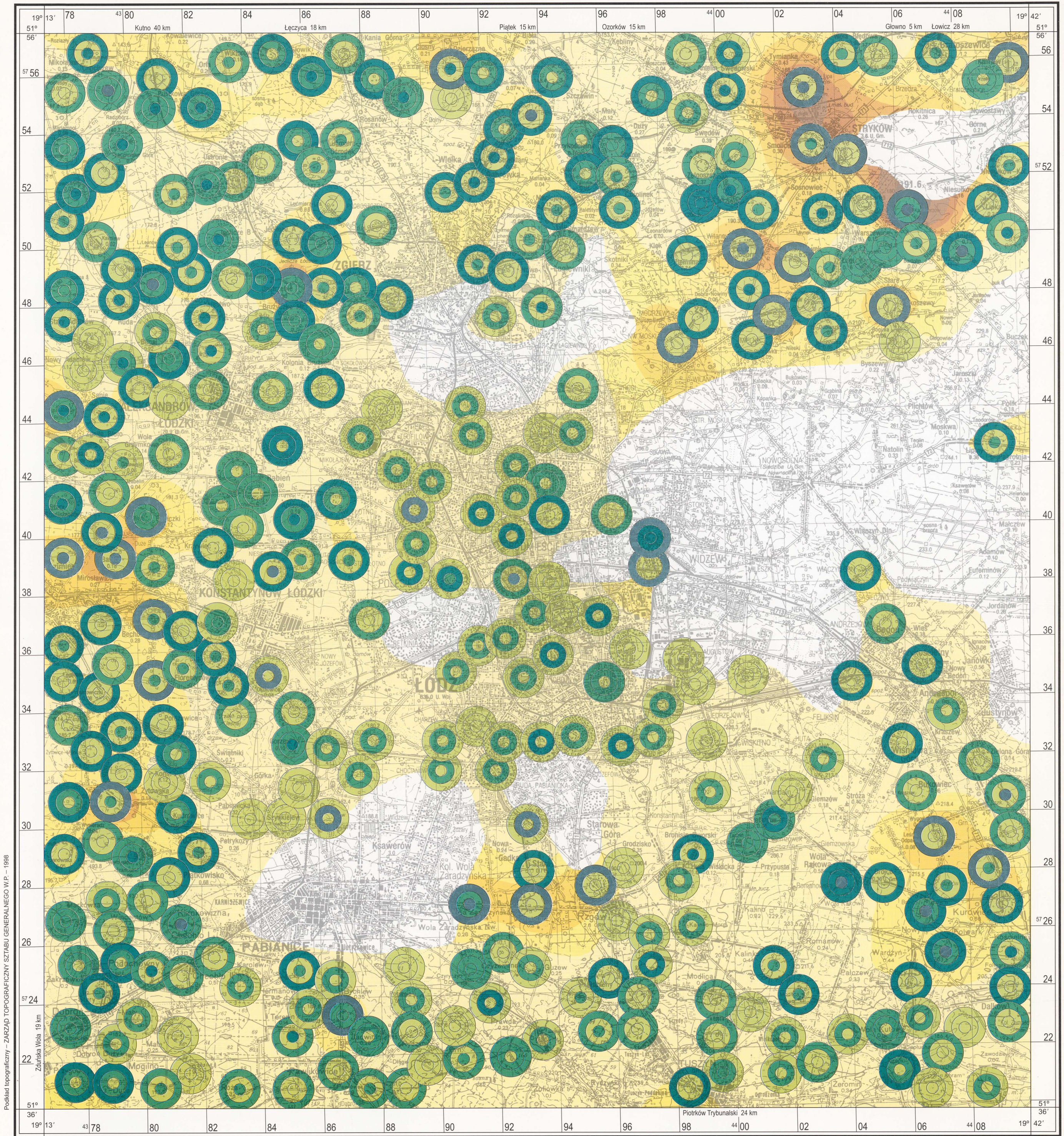
ZAWARTOŚĆ MAKROSKŁADNIKÓW (% mval)
MACROCOMPONENTS (% mval)



SKALA DIAGRAMÓW
MINERALIZACJI OGÓLNEJ
SCALE OF MINERALIZATION DIAGRAMS



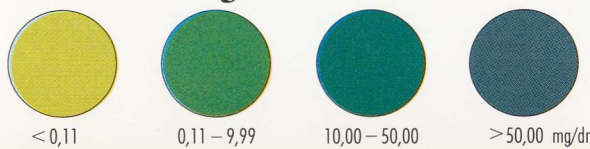
Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1



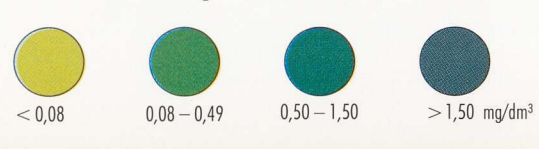
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1 : 100 000

N-NO₃ AZOT AZOTANOWY
NITRATE NITROGEN



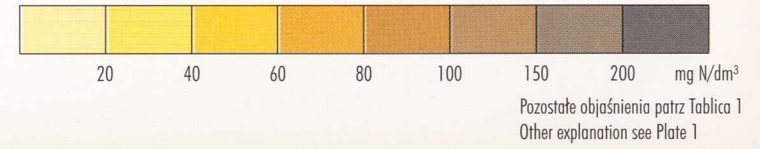
N-NH₄ AZOT AMONOWY
AMMONIA NITROGEN



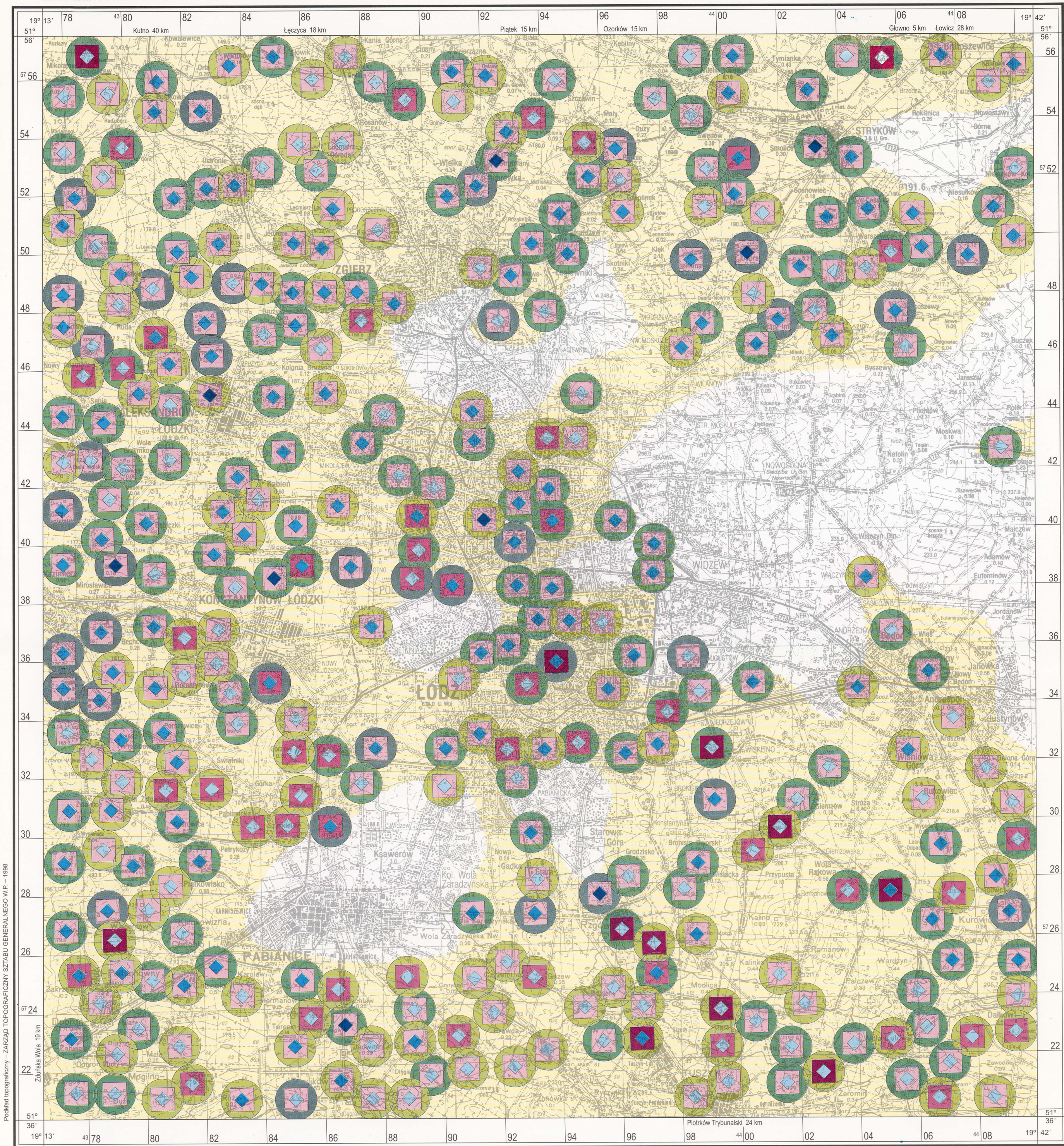
N-NO₂ AZOT AZOTYNOWY
NITRITE NITROGEN



CALKOWITY AZOT MINERALNY
TOTAL INORGANIC NITROGEN

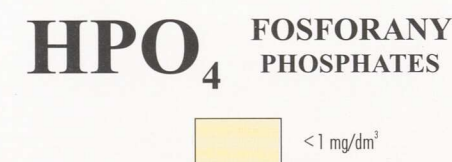
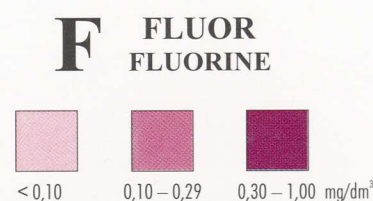
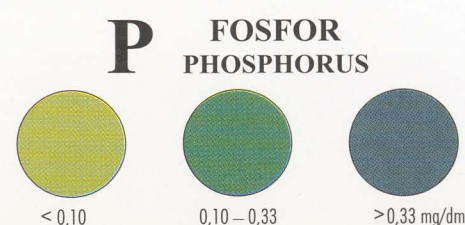


Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1

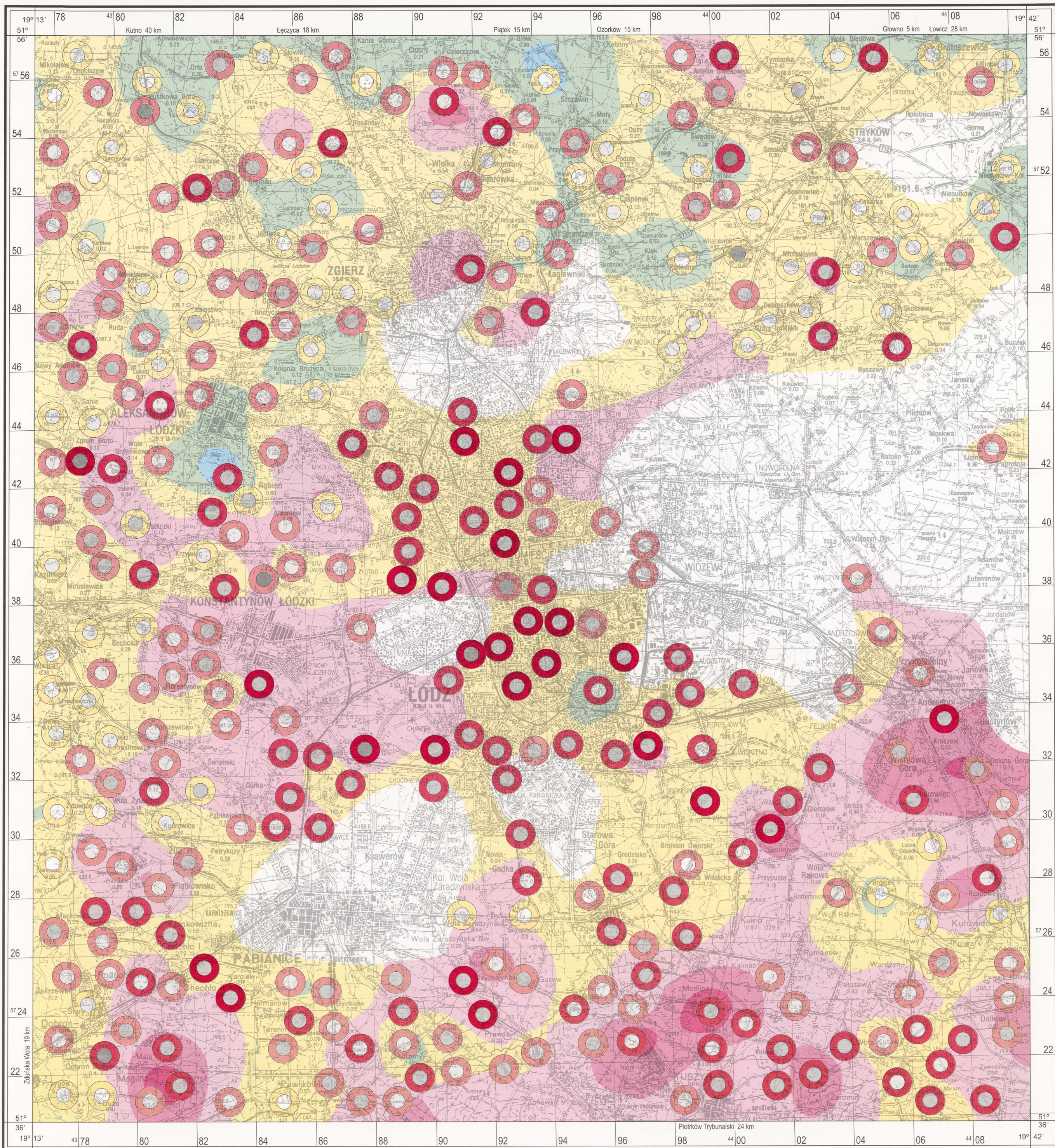


© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1 : 100 000



Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1



Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1998

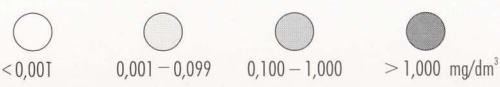
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1 : 100 000

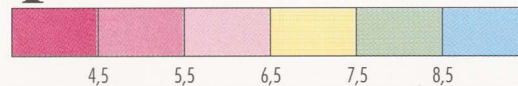
Fe ŻELAZO
IRON



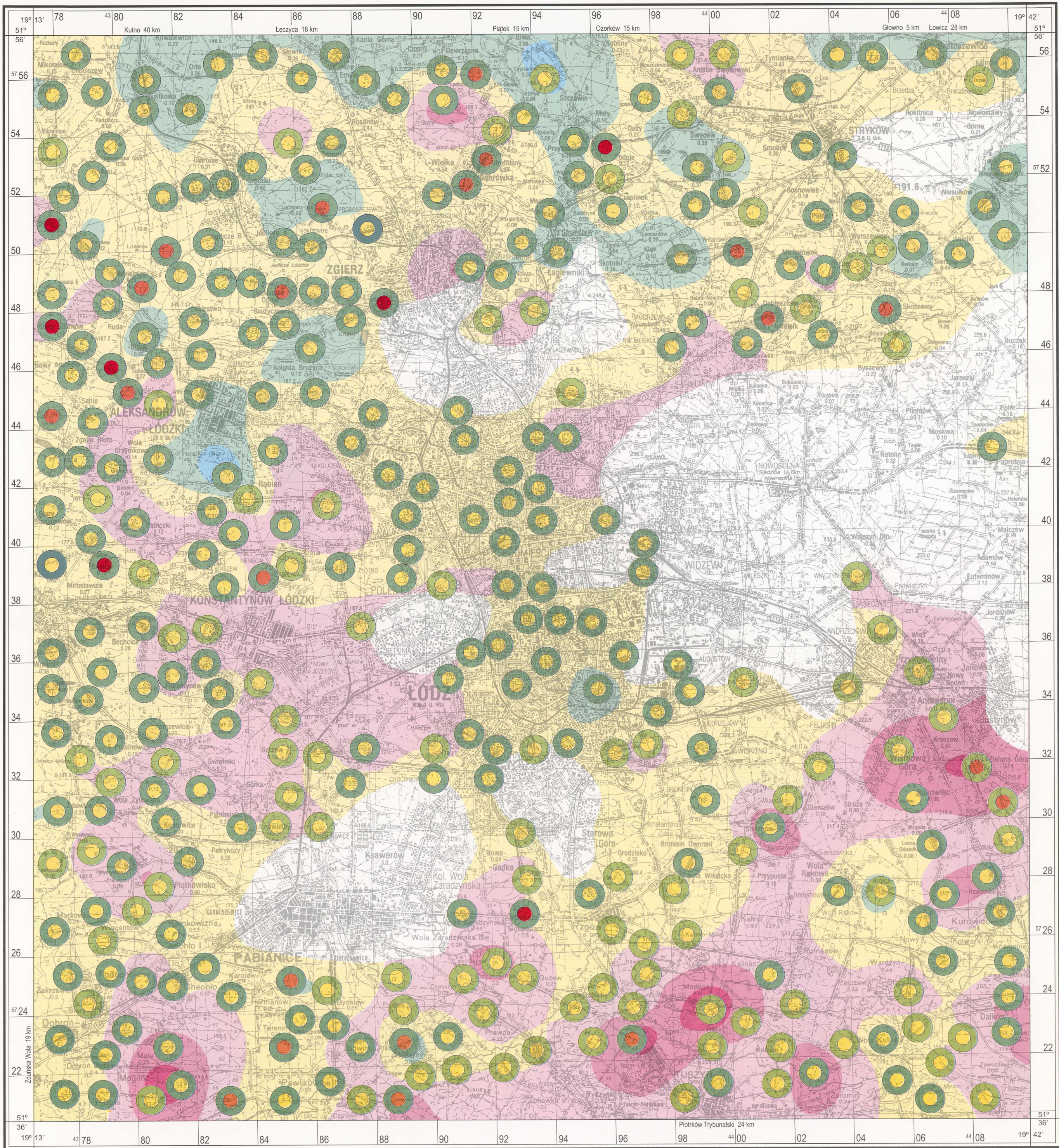
Mn MANGAN
MANGANESE



pH ODCZYN WODY
HYDROGEN ION ACTIVITY



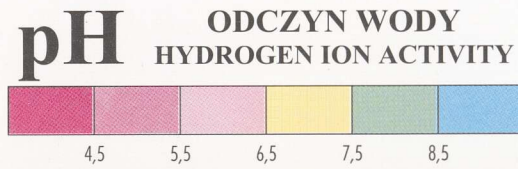
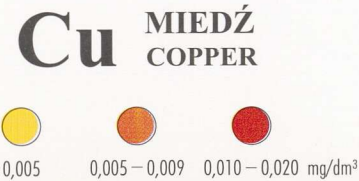
Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1



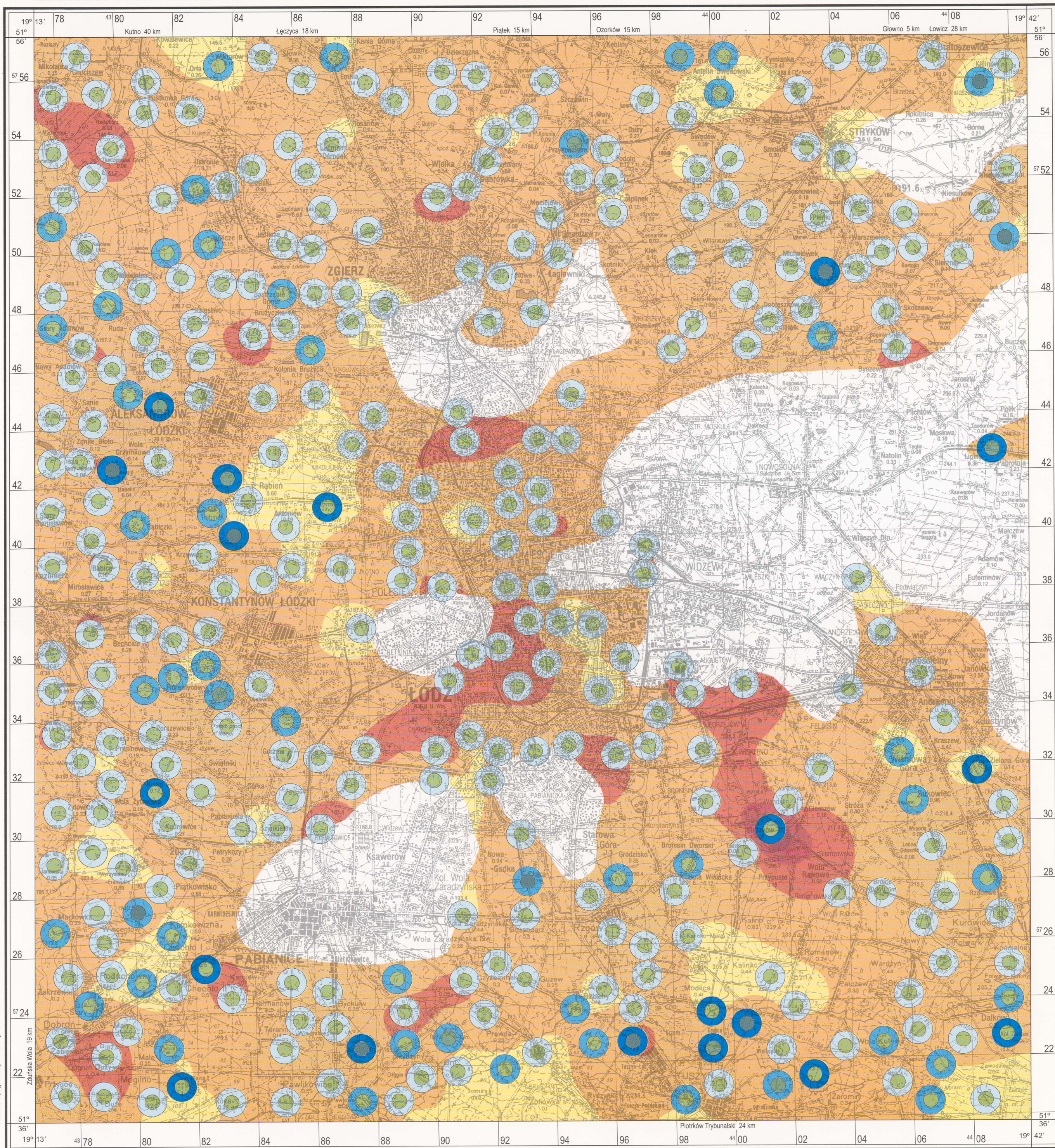
Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO WP. – 1988

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

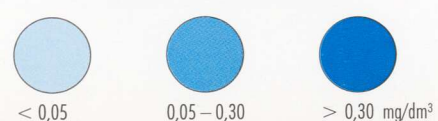
1 : 100 000



Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1



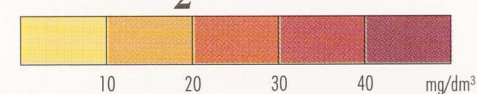
Al GLIN
ALUMINIUM

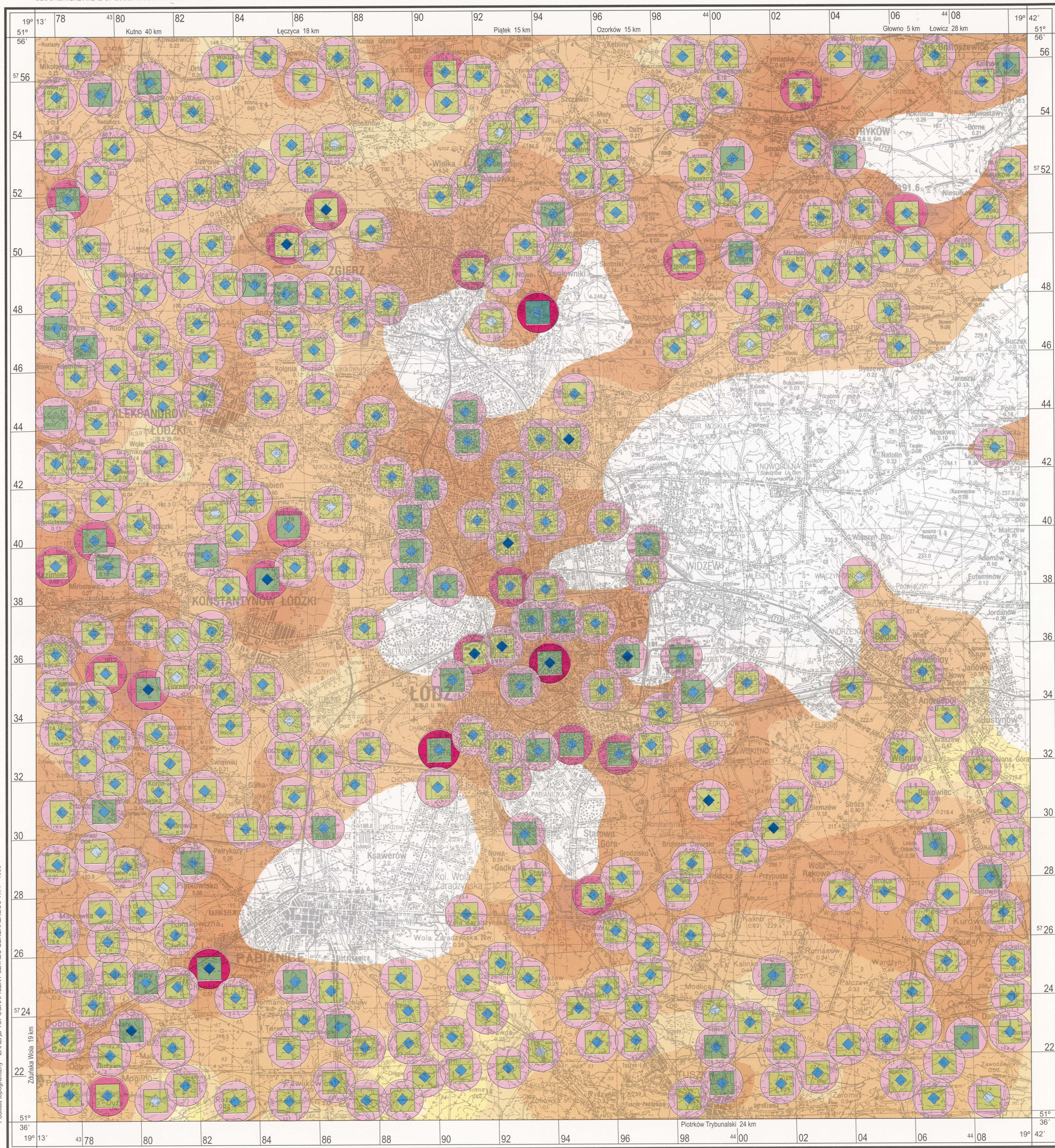


Ti TYTAN
TITANIUM



SiO₂ KRZEMIONKA
SILICA





Pokład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1998

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

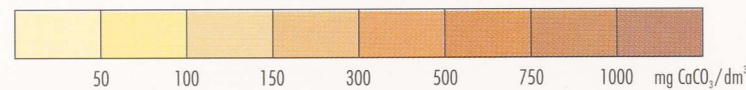
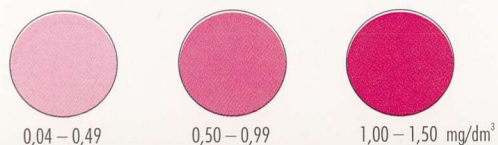
1 : 100 000

Sr STRONT
STRONTIUM

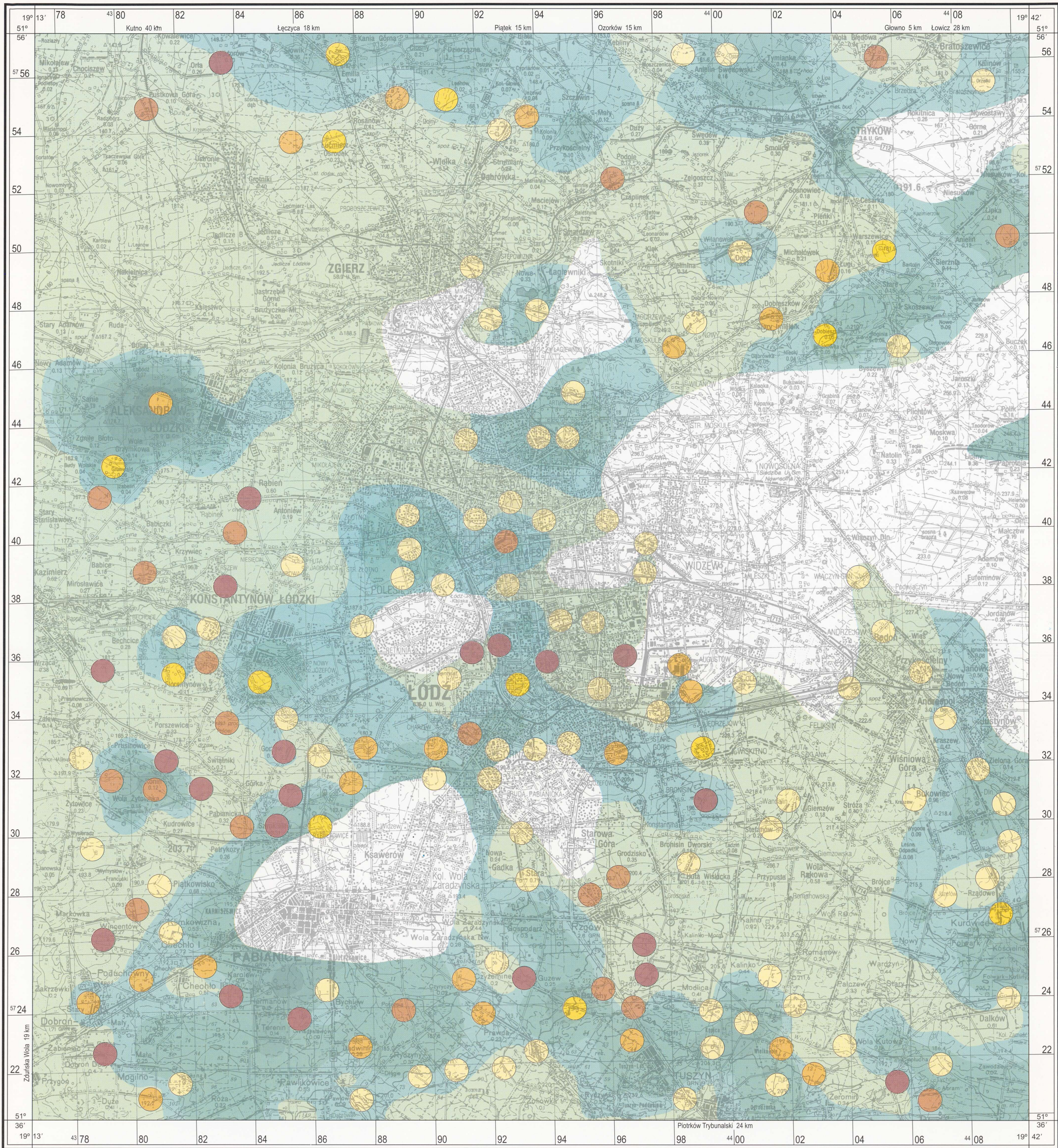
Ba BAR
BARIUM

Li LIT
LITHIUM

TWARDOŚĆ OGÓLNA
TOTAL HARDNESS



Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1



Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GERALNEGO WP. – 1998

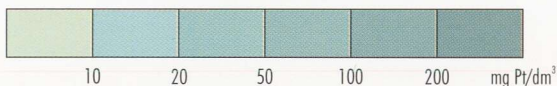
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1 : 100 000

FENOLE
PHENOLS



BARWA
COLOUR



Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1