Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ S.A.

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

ATLAS GEOCHEMICZNY WROCŁAWIA I OKOLIC

Część II

GEOCHEMICAL ATLAS OF WROCŁAW AND ENVIRONS

Part II

1 : 100 000

Monika Konieczyńska

WARSZAWA 1998



PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

ATLAS GEOCHEMICZNY WROCŁAWIA I OKOLIC

Część II: wody podziemne

GEOCHEMICAL ATLAS OF WROCŁAW AND ENVIRONS

Part II: groundwaters

1 : 100 000

Monika Konieczyńska

WARSZAWA 1998

Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ S.A.

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

Redaktor: mgr Janina MAŁECKA

Akceptował do druku 17.12.1998 r.
Dyrektor Naczelny Państwowego Instytutu Geologicznego
prof. dr hab. Stanisław SPECZIK

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 1998

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

Tłumaczenie mgr Zdzisław SIWEK

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ SA
Zlec. H-12

WSTĘP

Rejon Wrocławia jest obszarem stosunkowo dobrze rozpoznanym pod względem hydrogeologicznym. Oprócz kartograficznych opracowań wielkoskalowych, takich jak „Mapa hydrogeologiczna Polski" w skali 1:200 000, arkusze Wrocław i Wałbrzych, tematyka występowania i krążenia wód podziemnych przedstawiona została w „Atlasie geologicznym Wrocławia", cz. III (Mroczkowska, Michniewicz, 1974), a także w opracowaniach regionalnych, dotyczących zwłaszcza rozpoznania zasobów wód podziemnych w dwóch głównych zbiornikach wód podziemnych – czwartorzędowym GZWP 320 – Pradolina Odry i trzeciorzędowym GZWP 321 – Subzbiornik Kąty Wrocławskie–Oława–Brzeg–Oleśnica (Dokumentacja..., 1996). Obecnie opracowywane są arkusze „Szczegółowej mapy hydrogeologicznej Polski" w skali 1:50 000 – Oborniki Śląskie (zakończony w 1997), Trzebnica (zakończony w 1997), Oleśnica (termin opracowania 1998–2000), Leśnica (zakończony w 1997), Wrocław (termin opracowania 1998–2000), Laskowice (zakończony w 1997), Jordanów Śląski (zakończony w 1998), Domaniów (termin opracowania 1998–2000), Oława (zakończony w 1997). Badania hydrogeochemiczne wód podziemnych pradoliny Odry prowadził m.in. Roszak (1991). Wody podziemne rejonu Wrocławia są też obserwowane w Sieci Stacjonarnych Obserwacji Wód Podziemnych PIG oraz w sieci krajowej Monitoringu Jakości Zwykłych Wód Podziemnych PIOŚ.

„Atlas geochemiczny Wrocławia i okolic" jest kolejnym opracowaniem Państwowego Instytutu Geologicznego z zakresu kartografii geochemicznej obszarów zurbanizowanych. Część II przedstawia zagadnienia dotyczące warunków hydrogeochemicznych i jakości wód podziemnych, ze szczególnym uwzględnieniem efektów antropopresji, w najpłycej położonych czwartorzędowych poziomach wodonośnych.

Specyfika warunków hydrogeochemicznych i całokształt zagadnień antropopresji na terenach aglomeracji miejsko-przemysłowych sprawiają, że rozpoznanie stanu wód najpłycej występujących poziomów wodonośnych 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.

W realizacji Części II atlasu brali udział:

- **Monika Konieczyńska**[1] – koncepcja i projekt badań, nadzór i koordynacja prac, opróbowanie, oznaczenia terenowe, opracowanie baz danych i map hydrogeochemicznych, interpretacja wyników i opracowanie tekstu,
- **Barbara Mroczkowska**[2] – zebranie archiwalnych otworów hydrogeologicznych,
- **Marek Czerski**[2], **Janusz Przybyslawski**[2], **Zbigniew Derbis**[2], **Andrzej Wojtkowiak**[2], **Dariusz Choromański**[1] – opróbowanie
- **Paweł Różański**[2] – opróbowanie, oznaczenia terenowe,
- **Krystyna Michniewicz**[2] – oznaczenia terenowe,
- **Andrzej Biel**[2] – opróbowanie, opracowanie historii rozwoju Wrocławia,
- **Dariusz Czerski**[2] – statystyczne opracowanie zmian chemizmu wód podziemnych,
- zespół pod kierownictwem **Piotra Paslawskiego**[1] – **Adam Chablo, Krystyna Hnatyszak, Marta Janasz, Bożena Janisz, Irena Jaroń, Dorota Karmasz, Jarosław Kucharzyk, Maria Liszewska, Aleksandra Sztuczyńska** – laboratoryjne analizy chemiczne,
- **Aleksandra Macioszczyk**[3], **Andrzej Sadurski**[1], **Jadwiga Szczepańska**[4], **Stanisław Witczak**[4] – konsultacja naukowa.

[1] Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
[2] Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Dolnośląski, Wrocław
[3] Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Warszawa
[4] Akademia Górniczo-Hutnicza, Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód, Kraków

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 dla pobrania próbek wód w terenach, gdzie nie istniały otwory studzienne wykonała firma SEGI-PBG Sp. z o.o. z Warszawy przy użyciu urządzenia Geoprobe.

Prace terenowe, obejmujące opróbowanie i analizy wskaźnikowe, przeprowadzone zostały w okresie od kwietnia do czerwca 1997 oraz powtórzone, na terenach objętych powodzią lipcową 1997, w lipcu i sierpniu 1998. Oznaczenia laboratoryjne prowadzone były równolegle z pracami terenowymi, w miarę dostarczania próbek do laboratorium. Wyniki opracowano w III i IV kwartale 1998 roku.

ZASADY OPRÓBOWANIA

Opróbowanie wód podziemnych zaprojektowane zostało ze średnią gęstością 2 próbki na 4 km^2. Opróbowaniu podlegał pierwszy od powierzchni poziom wodonośny, którego zasobność pozwalała na pobranie próbki, a głębokość do zwierciadła wody nie przekraczała 20 m w przypadku istniejących otworów (studnie kopane i wiercone) oraz 8 m tam, gdzie próbki pobierane były z sond hydrogeologicznych.

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 hydrogeochemicznych.

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

Przy wyborze istniejących studni 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 wykonywane były w terenie, gdzie nie udało się znaleźć odpowiednich istniejących studni. Sonda zakończona filtrem wbijana była odcinkami o długości 1,2 m, aż do głębokości występowania 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 zasobności umożliwiającej 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 (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 ∅ 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 chłodzonych pojemnikach, w przeciągu maksymalnie 5 dni od ich pobrania. Aby uniknąć niebezpieczeństwa zanieczyszczenia próbek anionowych chlorkami, butelki z próbkami zakwaszonymi transportowano w oddzielnych torebkach foliowych.

Ponowne opróbowanie wybranych punktów na terenach zalanych przez powódź w lipcu 1997 roku przeprowadzono w sposób identyczny jak opróbowanie pierwotne. Wodę pobierano z tych samych studni, a sondowania Geoprobe wykonywano w punktach, w których były zlokalizowane przed powodzią.

BADANIA ANALITYCZNE

Badania chemizmu wód podziemnych Wrocławia i okolic prowadzono w trzech etapach obejmujących:
- pomiary wskaźnikowe parametrów fizykochemicznych wody podczas pompowania otworu (badania przy otworze),
- terenowe oznaczenia fotometryczne składników nietrwałych, w przeciągu maksymalnie 12 godzin od poboru próbki (badania bezpośrednio po pobraniu próbki),
- laboratoryjne oznaczenia składników kationowych i anionowych (analizy laboratoryjne).

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. 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 pomocy 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 stężeń azotanów, azotynów, fenoli, jonów amonowych oraz barwy, twardości ogólnej i zasadowości (w celu wyliczenia na jej podstawie stężenia wodorowęglanów) 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 6–12 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.

Analizy laboratoryjne

Laboratoryjne analizy chemiczne obejmowały oznaczenia stężeń:
- składników anionowych: Cl^-, SO_4^{2-}, HPO_4^-, F^-, Br^- metodą chromatografii jonowej na aparacie HPLC firmy Waters (USA),

Tabela I
Table

Terenowe oznaczenia fotometryczne
Field photometric determinations

Oznaczana cecha lub substancja	Długość fali	Odczynnik	Dolna granica wykrywalności
Barwa	480 nm	–	9,4 mg Pt/dm^3
Azotany	480 nm	Riedel-de Haën	0,5 mg NO_3^-/dm^3
Azotyny	480 nm 565 nm	Riedel-de Haën WTW	0,02 mg NO_2^-/dm^3 0,02 mg NO_2^- /dm^3
Jony amonowe	635 nm	Riedel-de Haën	0,1 mg NH_4^+/dm^3
Fenole	480 nm	Riedel-de Haën	0,1 mg/ dm^3
Twardość ogólna	565 nm	Palintest	–
Zasadowość	585 nm	Palintest	–

Tabela II
Table

Dolne granice wykrywalności uzyskiwane w oznaczeniach laboratoryjnych
Detection limits obtained in laboratory determinations

Parametr	Dolna granica wykrywalności mg/dm^3
Metoda chromatografii jonowej	
Cl^-	1
SO_4^{2-}	1
HPO_4^-	1
F^-	0,1
Br^-	0,1
Metoda ICP-AES	
Al	0,05
As	0,05
B	0,05
Ba	0,005
Ca	0,1
Cd	0,005
Co	0,008
Cr	0,02
Cu	0,005
Fe	0,01
K	0,5
Mg	0,05
Mn	0,002
Mo	0,01
Na	0,2
Ni	0,01
P	0,2
Pb	0,05
SiO_2	0,1
Sr	0,001
Ti	0,005
V	0,01
Zn	0,01
Metoda FAAS	
K	0,01
Li	0,001
Na	0,01
Analizator AMA 254	
Hg	0,0001

- 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 plaźmie indukcyjnie sprzężonej na spektrometrze ICP-AES BJY 70 Geoplasma firmy Jobin-Yvon (Francja) oraz Li, a także części K i Na metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej w wersji płomieniowej na spektrometrze Solaar 939 firmy ATI Unicam (Wielka Brytania),
- 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.

Oznaczenia stężeń składników anionowych 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 wykonanie poszczególnych oznaczeń różnymi metodami (Jakimowicz-Hnatyszak, Pasławski, 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. Uzyskane 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 i sposobów zagospodarowania terenu.

Bazy danych zapisane zostały w formacie programu dBase IV.

Obliczenia parametrów statystycznych wykonano przy pomocy programu Microsoft Excel oraz pakietu Statgraphics. Wyliczano wartość minimalną i maksymalną, średnią arytmetyczną, średnią geometryczną oraz medianę. 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 podobnego pochodzenia, związanego z działalnością człowieka.

Parametry, 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. Przy generowaniu map izoliniowych koryto Odry, ze względu na drenujący charakter rzeki w stosunku do płytko występujących wód podziemnych prawie na całej długości, potraktowano jako nieprzepuszczalną granicę obszarów po obu jego brzegach.

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 kierunku i prędkości przepływu 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.

Wpływ powodzi z 1997 roku na stan fizykochemiczny wód podziemnych terenów zalanych (bez rozdzielenia sezonowych zmian chemizmu wód) ukazano punktowo, przy pomocy wykresów słupkowych względnych różnic wartości wybranych parametrów hydrogeochemicznych. Wysokość słupków przedstawia procentowy wzrost lub spadek wartości parametru w stosunku do jego wartości przed powodzią. Różnice przedstawiono tylko dla tych parametrów hydrogeochemicznych, dla których okazały się one statystycznie istotne.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Pod względem fizjograficznym badany obszar należy w całości do Niziny Śląskiej i obejmuje fragmenty jednostek niższego rzędu: Równiny Wrocławskiej, Równiny Oleśnickiej i Pradoliny Wrocławskiej (Kondracki, 1998). Jednostki te pod względem geograficznym zostały scharakteryzowane w Części I Atlasu.

Klimat okolic Wrocławia charakteryzuje się najwyższą w Polsce średnią roczną temperaturą +8,5°C, opadami rzędu 500–550 mm i dużą zmiennością pogody dzięki częstym nagłym zmianom cyrkulacji mas powietrza (Dokumentacja..., 1996).

Stolica Dolnego Śląska, miasto Wrocław zajmuje centrum arkusza, rozciągając się na powierzchni 292,8 km^2. Położone jest na Równinie Wrocławskiej nad rzeką Odrą w miejscu ujścia jej czterech dopływów: Oławy, Ślęzy, Bystrzycy i Widawy.

ROZWÓJ PRZESTRZENNY I GOSPODARCZY WROCŁAWIA NA PRZESTRZENI WIEKÓW

Historia Wrocławia ma swój początek na wyspach odrzańskich w okolicy dzisiejszego Ostrowa Tumskiego. To tutaj, na skrzyżowaniu szlaku bursztynowego, prowadzącego z południa Europy na północ ku Bałtykowi oraz szlaku wschód–zachód dawni wędrowcy założyli gród. Najstarsze ślady osadnictwa odkryte na Ostrowie Tumskim pochodzą z VII–IX w. Prawdopodobnie około 990 r. Wrocław wraz ze Śląskiem został włączony w skład Państwa Polskiego. Losy przynależności państwowej były wyjątkowo zmienne. W 1335 r. miasto przechodzi w ręce czeskie, w latach 1526–1740 znajduje się pod władzą Habsburgów, od 1741 r. jest częścią Państwa Pruskiego i następnie Niemiec. W maju 1945 r. Wrocław powraca do Polski (Kulak, 1997).

Gród wrocławski usytuowany na wyspie Ostrów Tumski, na przełomie X–XI w. został wraz z podgrodziem otoczony wałem i fortyfikacjami. W XII w. miasto rozbudowywuje się na wyspie Piaskowej i lewym brzegu Odry.

Następny ważny etap rozwoju Wrocławia nastąpił w XIII w. za sprawą Henryka Brodatego, który podjął decyzję o rozszerzeniu terytorialnym i rozwinięciu gospodarczym miasta. Powstały wówczas nowe centra handlowe (dzisiejszy Rynek, Plac Solny, Nowy Targ), powierzchnia grodu wrocławskiego liczyła 1,33 km^2, a liczba mieszkańców około 14,5 tys. (Bernhard, 1990). Ten etap w historii rozwoju przestrzennego Wrocławia wywarł zasadniczy wpływ na początek infrastruktury komunalnej miasta.

W 1272 r. książę Henryk IV nadał wrocławianom przywilej poboru wody z fosy miejskiej, rzeki Odry oraz wód gruntowych. Wydarzenie to można uznać za historyczny początek wrocławskich wodociągów. Pierwsze urządzenia wodociągowe funkcjonowały od około 1387 r. W 1445 r. zbudowano „Dom Wodny", w którym

pobierano wodę i przetłaczano do sieci wodociągowej. Sieć zbudowana była wówczas z rur drewnianych (Łoniewski, 1995).

W 1514 r. wydane zostało zarządzenie zabraniające zrzutu nieczystości miejskich powyżej miejsca poboru wody, a w 1542 r. zabroniono mycia i kąpieli w pobliżu punktów poboru wody (Łoniewski, 1995).

Rozwój przestrzenny Wrocławia do czasów wojny napoleońskiej był ograniczony fortyfikacjami miejskimi (fig. 1), ponieważ miasto było ważnym obiektem strategicznym na Śląsku. Na zewnątrz murów obronnych powstawały głównie obiekty wojskowe, manufaktury oraz osiedla osadników z wiejskich terenów Śląska. Obszar miasta obejmował wówczas około 3,55 km^2. Sytuacja ta uległa zmianie dopiero po zdobyciu miasta przez wojska napoleońskie w styczniu 1807 r. Niemal natychmiast Francuzi przystąpili do likwidacji murów miejskich (Bernhard, 1990). W efekcie dało to możliwość połączenia przedmieść z miastem (włączono m.in. Kleczków, Ołbin, Szczytniki). Wydarzenia te spowodowały powiększenie obszaru miasta do 20,5 km^2 i wzrost liczby mieszkańców do 65 tysięcy.

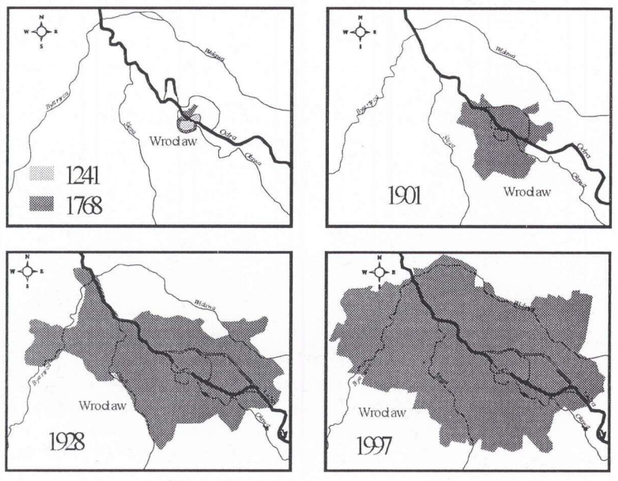


Fig. 1
Rozwój terytorialny Wrocławia na przestrzeni wieków (według Siwonia, 1971)
Territorial development of Wrocław over a distance of ages (after Siwoń, 1971)

W drugiej połowie XIX w. został opracowany przez prof. M. Sadebecka plan przestrzennego rozwoju Wrocławia. Plan ten był podstawą ukierunkowania zabudowy i rozbudowy miasta (Bernhard, 1990).

W 1871 r. następuje zjednoczenie Niemiec i od tego momentu rozpoczyna się najbardziej dynamiczny rozwój Wrocławia. Dotychczasowe miasto handlowo-rzemieślnicze przekształca się stopniowo w organizm wielkoprzemysłowy. Dominujące gałęzie to przemysł tkacki, metalurgiczny, spożywczy, a przede wszystkim maszynowy. Największe zakłady to fabryka wagonów kolejowych Gotfryda Linkego przekształcona w 1911 r. w kombinat Linke-Hofman Werke (6500 robotników) i fabryka śrub „Archimedes" (Kulak, 1997).

Historia żeglugi odrzańskiej sięga XIII w. Wybudowano wówczas jazy św. Klary i św. Macieja, a okolice Wyspy Mieszczańskiej służyły jako miejsce składów towarowych. Wiek XVIII i XIX to okres, w którym przystąpiono do regulacji rzeki Odry. Pierwszy etap prac podjęto bezpośrednio po wielkiej powodzi w 1736 r. Obejmował on głównie usuwanie starych jazów w celu ułatwienia przepływu wody i budowę oraz naprawienie wałów. W 1748 r. kolejna powódź ukształtowała obecny przepływ rzeki przez miasto. Właściwy etap regulacji Odry nastąpił w drugiej połowie XIX w. Rozpoczęta wówczas inwestycja obejmowała budowę nowych koryt, żeglugowego Kanału Miejskiego, śluz i jazów oraz cofnięcie wałów. W 1903 r. Wrocław znowu nawiedziła wielka powódź, która zweryfikowała prowadzone prace. System ochrony powodziowej został wykonany z olbrzymim, jak na owe czasy, rozmachem. Obejmował on kanał powodziowy, kanał żeglugowy, jaz widawski, umożliwiający przelew nadmiaru wody z Odry do doliny Widawy, poldery oraz system nowych wałów. Prace prowadzono do wybuchu II wojny światowej. Regulacja rzeki spowodowała nasilenie się żeglugi towarowej, co zaowocowało powstaniem kilku portów należących do Towarzystw Kolejowych i w 1901 r. dużego portu miejskiego oraz wielu nabrzeży towarowych (Raport..., 1994).

Dynamiczny rozwój przestrzenny, przemysłowy i demograficzny miasta w XIX w. (w 1900 r. Wrocław liczył 413 tys. mieszkańców i 60 km^2 powierzchni) spowodował gwałtowny wzrost zapotrzebowania na inwestycje komunalne. Wodociągi miejskie były sukcesywnie rozbudowywane od XVI w. i w roku 1825 osiągnęły produkcję wody rzędu 13 000 m^3/d, co dawało wówczas 50 l wody/mieszkańca/dobę. W latach 1827–1830 rury drewniane zastąpiono żeliwnymi oraz wprowadzono maszyny parowe do rozprowadzania wody. W 1881 r. całe miasto objęte było już siecią wodno-kanalizacyjną (Łoniewski, 1995).

W 1871 roku uruchomiono nowy zakład wodociągowy „Na Grobli", wybudowany w latach 1865–1871, według projektu Anglika Moore'a. Zakład ten produkował 60 000 m^3 wody na dobę (Łoniewski, 1995). Niemal do końca XIX w. źródłem zaopatrzenia w wodę była Odra. W związku z wybuchem epidemii cholery w 1898 r. w Hamburgu, władze miasta podjęły decyzję o zaniechaniu poboru wody z Odry. Dlatego też w 1901 r. rozpoczęto gruntowną modernizację zakładu „Na Grobli" oraz budowę nowego systemu ujęć wody pitnej. System ten opierał się na poborze wody powierzchniowej z rzeki Oławy oraz wód infiltracyjnych i podziemnych. Inwestycję tę zakończono w 1903 r. W następnym roku przy ulicy Wiśniowej uruchomiono nową wieżę ciśnień, która była pięciokrotnie wydajniejsza od wieży „Na Grobli" (Kulak, 1997). W 1939 r. produkcja wody pitnej wynosiła 110 000 m^3/dobę.

Rozbudowa wodociągów wymagała równoległej rozbudowy sieci kanalizacyjnej oraz nowoczesnej metody oczyszczania ścieków. Problem ścieków rozwiązano budując na początku XX w. system oczyszczania ścieków polegający na wykorzystaniu 1300 ha pól irygacyjnych na Osobowicach. Osobowickie pola irygacyjne funkcjonują do dnia dzisiejszego (Raport..., 1994).

Inne ważne inwestycje omawianego okresu to: cztery gazownie, dwie elektrownie, komunikacja miejska (pierwszy tramwaj elektryczny pojawił się w czerwcu 1893 r.), rozbudowa sieci dróg i mostów m.in. most Piaskowy (1861 r.), most Zwierzyniecki (1895 r.), most Grunwaldzki (1910 r.) i linie kolejowe (pierwsza linia kolejowa Wrocław–Oława uruchomiona w 1842 r.).

W latach 1920–1930 nastąpił kolejny etap terytorialnego rozwoju Wrocławia. Przyłączono wówczas 43 osiedla m.in. Psie Pole, Karłowice, Biskupin, Krzyki i Leśnicę. Powierzchnia miasta wzrosła do 175 km^2. W 1939 r. Wrocław liczył 621 tys. mieszkańców (Bernhard, 1990).

Okres II wojny światowej był dla Wrocławia w miarę spokojny. Będąc silnie uprzemysłowionym miastem, sporadycznie tylko atakowanym przez alianckie lotnictwo (pierwszy nalot w listopadzie 1941 r.), stał się ważnym ośrodkiem administracyjnym oraz zbrojeniowym III Rzeszy. Dopiero w sierpniu 1944 r. wydano na miasto wyrok śmierci ogłaszając Wrocław twierdzą („Festung Breslau"). Atak Armii Czerwonej nastąpił 17 lutego 1945 r., kapitulację zaś podpisano 6 maja 1945 r. Straty wojenne Wrocławia to 70% zniszczenia zabudowy, 180 tys. osób poległych, zmarłych i zaginionych (Siwoń, 1971).

Powojenny rozwój miasta wiąże się głównie z odbudową Wrocławia ze zniszczeń wojennych i następnie rozbudową według socjalistycznej wizji i koncepcji. W latach 1960–1990 powstają głównie „blokowiska-sypialnie" m.in. Gaj, Szczepin, Popowice, Gądów, Nowy Dwór i Kozanów (to ostatnie, zlokalizowane na polderze, było jednym z najbardziej dotkniętych powodzią w 1997 roku).

Miasto zaopatrywane jest w energię cieplną przez dwa zakłady ciepłownicze, bazujące na paliwie konwencjonalnym: Elektrociepłownię „Wrocław" przy ul. Łowieckiej i Elektrociepłownię „Czechnica" w podwrocławskich Siechnicach.

Powojenna historia wrocławskich wodociągów to przede wszystkim nowe technologie uzdatniania wody. W 1967 r. wprowadzono fluorowanie, a w 1972 r. ozonowanie (Łoniewski, 1995). W 1970 r. uruchomiono przerzut wody z Nysy Kłodzkiej do Oławy w celu zasilenia zasobów wody pitnej dla Wrocławia. W latach 1982–1990 wybudowano nowy zakład wodociągowy „Mokry Dwór".

Obecnie zakład „Na Grobli" bazuje na ujęciach infiltracyjnych, natomiast zakład „Mokry Dwór" pobiera wodę z rzeki Oławy. W sumie produkcja 220 000 m^3/dobę całkowicie pokrywa zapotrzebowanie miasta na wodę pitną.

Poważnym problemem dla miasta są duże ilości ścieków. Nowa oczyszczalnia jest w budowie od 18 lat i obecnie zakończono I etap tzw. ciągu ściekowego co pozwala na oczyszczenie 23,5 tys. m^3/dobę. Zakończenie budowy Wrocławskiej Oczyszczalni Ścieków i osiągnięcie pełnej przepustowości 300 tys. m^3/dobę planowane jest po 2000 r. (Raport..., 1996). Tak więc podstawową funkcję oczyszczania ścieków spełniają w dalszym ciągu osobowickie pola irygacyjne. Jeszcze gorzej przedstawia się sprawa składowania odpadów. Obecnie czynne jest jedno wysypisko śmieci w Maślicach, a lokalizacja i budowa nowego jest wciąż sprawą otwartą.

Struktura przemysłu Wrocławia po II wojnie światowej nie uległa zasadniczym zmianom w porównaniu z okresem przedwojennym. Dominującą gałęzią jest przemysł maszynowy reprezentowany np. przez zakłady: Pafawag (dawniej Linke-Hoffman Werke), „Archimedes", „Dolmel", „Fadroma", „FAT". W okresie PRL powstały nowe zakłady, m.in. producenci sprzętu AGD „Polar" i „Wrozamet", elektroniki „MERA-ELWRO", hydrauliki lotniczej PZL „Hydral" czy zakłady metalurgiczne „Hutmen". Okres III Rzeczyspospolitej Polskiej charakteryzuje się upadkiem niektórych firm, głównie z powodu przestarzałych technologii np. „MERA-ELWRO" lub związania się z zagranicznym kapitałem np. „Pollena-Cussons", „Adtranz Pafawag", „ABB Dolmel Ltd." oraz nowoczesnymi inwestycjami jak np. „Volvo Bus Poland".

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Budowa geologiczna omawianego obszaru została scharakteryzowana w Części I Atlasu. Tu omówione będą tylko te jej aspekty, które mają wpływ na warunki krążenia wód w najpłycej położonych warstwach wodonośnych.

Osady czwartorzędowe to przede wszystkim gliny zwałowe różnego wieku, piaski i żwiry wodnolodowcowe i rzeczne oraz lokalnie piaski eoliczne. Na terenie Wrocławia dużą powierzchnię zajmują sztuczne nasypy o miąższości często przekraczającej 2 m. W profilu pionowym udokumentowano 2–3 poziomy glin zwałowych, porozdzielanych piaskami i żwirami wodnolodowcowymi, miejscami iłami i mułkami zastoiskowymi oraz piaskami i żwirami rzecznymi. Tam gdzie nie ma osadów rozdzielających, kontakt między glinami zwałowymi różnego wieku ma charakter erozyjny.

Na powierzchni terenu dominują gliny zwałowe. Po zachodniej stronie Odry, w obrębie wysoczyzny morenowej, prawie na całej powierzchni są przykryte cienką warstwą glin i piasków pylastych lessopodobnych i tworzą najczęściej rozległe płaty o nieregularnym zarysie (okolice Leśnicy i Wilkszyna, Muchoboru, Smolca i Oporowa). W południowych dzielnicach Wrocławia i na południe od miasta gliny zwałowe występują w postaci ciągłej pokrywy. Po wschodniej stronie Odry tworzą ciągły poziom moreny dennej na tarasie erozyjnym Odry (rejon od Ratowic do Nadolic Wielkich) oraz na wysoczyznach (rejony Kiełczów–Długołęka i Pawłowice–Pasikurowice–Szewce). Gliny te są przeważnie silnie piaszczyste. Zawierają liczne gniazda i porwaki iłów trzeciorzędowych, wtrącenia margli i piaskowców oraz glazy skał północnych (Łabno, 1991; Winnicka, 1988).

Piaski i żwiry wodnolodowcowe występują na powierzchni terenu w jego północno-wschodnim rejonie. Są to fragmenty utworów sandrowych pokrywających przedpole Wzgórz Trzebnickich. Reprezentowane są głównie przez gruboziarniste piaski z domieszką żwiru. Lokalnie spotykane są w nich toczeńce ilaste (Badura i in., 1998). Po zachodniej stronie Odry utwory wodnolodowcowe występują tam, gdzie nie zachowały się gliny zwałowe i są przykryte cienką warstwą wspomnianych już utworów lessopodobnych (Łabno, 1988, 1991).

Miejscami, w środkowej i we wschodniej części obszaru, w obrębie wysoczyzny morenowej obserwuje się wydłużone południkowo ozy zbudowane z piasków i żwirów.

Lokalnie w okolicach Kryniczna, Pawłowic, Mokronosu i Smolca, a także w dolinie Oleśnicy (w rozcięciach erozyjnych) spotyka się na powierzchni wy-

chodnie mułków, piasków i iłów zastoiskowych (Badura i in., 1996, Winnicka, 1987, Winnicki, 1986).

Dolina Odry oraz doliny jej dopływów wypełnione są piaskami i żwirami przedholoceńskiej akumulacji rzecznej. Są to piaski grubo- i różnoziarniste z przewarstwieniami żwirów i piasków drobnoziarnistych, czasami zailonych, na których niekiedy spotyka się piaski eoliczne tworzące wydmy. Utwory te przykryte są w części południowej częściowo, a na północy prawie całkowicie przez holoceńskie mady, namuły, mułki, piaski i żwiry rzeczne (Badura, Przybylski, 1996, Winnicka, 1988).

Miąższość osadów czwartorzędowych waha się od kilku centymetrów, lokalnie w zachodniej części obszaru, do ponad 50 m na wschód i południe od Wrocławia.

Trzeciorzęd reprezentowany jest przez plastyczne iły, mułki i piaski serii poznańskiej. Strop tego kompleksu zbudowany jest z iłów i mułków, przewarstwienia piaszczyste występują w części środkowej i spągowej, najczęściej w postaci nieregularnych soczewek, rzadziej miąższych przeławiceń. Miąższość całej serii wynosi od kilkudziesięciu do 200 m (Badura i in., 1998, Buksiński i in., 1974). Utwory te lokalnie wychodzą na powierzchnię terenu na południowy zachód od Odry, budując zdenudowane wysoczyzny w okolicach Wojtkowic, Cesarzowic, Smolca, Leśnicy i Pisarzowic lub odsłaniają się w obrębie erozyjnych tarasów rzecznych Odry, Ślęzy i Bystrzycy w Stabłowicach, Muchoborze, Pilczycach, i Domasławiu (Grocholski i in., 1981; Szałamacha i Szałamacha, 1996).

Utwory kenozoiczne zalegają niezgodnie na dwóch starszych jednostkach geologiczno-strukturalnych. Większość badanego terenu leży na obszarze monokliny przedsudeckiej. Jej powierzchnia pocięta jest licznymi uskokami tak, że pod osadami trzeciorzędu odsłaniają się iłowce i mułowce górnego triasu, wapienie i dolomity wapienia muszlowego, piaskowce z przewarstwieniami iłowców i mułowców pstrego piaskowca, a także lokalnie iłowce, anhydryty, dolomity, wapienie i piaskowce cechsztynu oraz piaskowce i zlepieńce czerwonego spągowca. Tylko południowo-zachodni kraniec (od linii Leśnica–Jerzmanowo–Bielany Wrocławskie–Szukalice) wkracza na obszar bloku przedsudeckiego, zbudowanego z proterozoicznych łupków kwarcowo-łyszczykowych, gnejsów, piaskowców i mułowców.

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Obszar Wrocławia i jego okolic położony jest prawie w całości na terenie podregionu wielkopolsko-śląskiego regionu wielkopolskiego. Tylko część południowo-zachodnia, od linii Leśnica–Smolec–Bielany Wrocławskie, zaliczana jest do podregionu średzko-otmuchowskiego regionu przedsudeckiego (Michniewicz i in., 1986, 1987). W obu tych jednostkach główne poziomy użytkowe wód podziemnych występują w utworach trzeciorzędu i czwartorzędu. Według regionalnego podziału zwykłych wód podziemnych Paczyńskiego (Paczyński, red., 1995) cały badany obszar należy do regionu wrocławskiego. W granicach tego obszaru znajdują się częściowo dwa Główne Zbiorniki Wód Podziemnych (GZWP): czwartorzędowy nr 320 – pradolina rzeki Odry i trzeciorzędowy nr 321 – Kąty Wrocławskie–Oława–Brzeg–Oleśnica.

Najlepiej rozpoznane w okolicach Wrocławia są wody w osadach czwartorzędowych. Poziomy wodonośne piętra czwartorzędowego zbudowane są z licznych, niewielkiej miąższości i rozciągłości, soczewek żwirowo-piaszczystych, przeważnie pochodzenia fluwioglacjalnego i rzecznego. Ich przewodność wodna jest zmienna i waha się od poniżej 100 m^2/d na obszarach wysoczyzn do 500–1000 m^2/d w rejonie ujścia rzeki Oławy do Odry (Michniewicz i in., 1986). Warstwy wodonośne w utworach czwartorzędowych charakteryzują się przeważnie swobodnym zwierciadłem wód o dużych wahaniach, zależnych od warunków pogodowych oraz lokalnie od zmian wielkości poboru wody przez liczne ujęcia (Mroczkowska, Michniewicz, 1974). Wydajności pojedynczych otworów sięgają od kilku do 70 m^3/h przy depresjach rzędu kilku (sporadycznie kilkunastu) metrów (Michniewicz i in., 1984, 1986).

Głębokość położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych nie przekracza na ogół 7 m. Tylko na terenie lewobrzeżnej części Wrocławia oraz w rejonie Psiego Pola i Pasikurowic, a także na południowo-zachodnim krańcu badanego terenu spada do ponad 20 m. Utwory wodonośne izolowane są od powierzchni terenu warstwami trudno przepuszczalnymi tylko na niewielkich obszarach w zachodniej części arkusza. Większość terenu pokryta jest natomiast osadami „półprzepuszczalnymi", nie zapewniającymi pełnej izolacji utworom wodonośnym, a w dolinie Odry warstwy wodonośne występują bezpośrednio na powierzchni.

Największe miąższości czwartorzędowych utworów wodonośnych obserwuje się w dolinie Odry, gdzie osiągają 10–15 m, a miejscami nawet do 20 m na krańcach południowo-wschodnich obszaru. W kierunku zachodnim i północnym miąższości te maleją, a w części północno-zachodniej miejscami (Leśnica, Marszowice, Pracze Odrzańskie) w ogóle brak jest czwartorzędowych poziomów wodonośnych.

Przepływ wód podziemnych w utworach czwartorzędu odbywa się generalnie w kierunku koryta Odry, która prawie na całej długości ma charakter drenujący. Jedynie w centrum Wrocławia (Stare Miasto, Ostrów Tumski, Nadodrze i część Śródmieścia), wskutek spiętrzenia poziomu wody o prawie 1 m na jazach Elektrowni Wodnych Wrocław I i Wrocław II, obserwuje się infiltrację wód rzecznych (Rejman, 1997, Dokumentacja..., 1996).

Zasilanie czwartorzędowego poziomu wodonośnego odbywa się przez dopływ lateralny i bezpośrednio przez infiltrację wód opadowych a także, w strefach kontaktów hydraulicznych, z trzeciorzędowego poziomu wodonośnego. Według „Atlasu hydrogeologicznego Polski" (Paczyński, red., 1995) odnawialność wód podziemnych systemu czwartorzędowego wynosi ok. 100 $m^3/d \cdot km^2$.

W rejonie aglomeracji Wrocławia obserwuje się przestrzenne zanieczyszczenie wód podziemnych (Paczyński, red., 1995, Michniewicz i in., 1986). Jakość wód w utworach czwartorzędowych sklasyfikowano jako średnią (woda wymaga skomplikowanego uzdatniania). Jedynie na północny wschód od Wrocławia wody podziemne uznano za wody dobrej jakości, wymagające tylko prostego uzdatniania (Paczyński, red., 1995).

Trzeciorzędowy kompleks ilasty przeławicony licznymi warstwami osadów piaszczystych tworzy wielowarstwowy system wodonośny, w którego obrębie wyróżnia się, na podstawie 5–15 metrowych różnic wysokości hydraulicznych i różnego chemizmu wód, dwa poziomy wodonośne – górny i dolny (Dokumentacja..., 1996). Górny poziom, przykryty serią iłów o miąższości od kilkudziesięciu do ponad 100 m (Mroczkowska, Michniewicz, 1974), składa się z 1–3 warstw wodonośnych o łącznej miąższości 5–15 m, lokalnie na zachód od Wrocławia, do ponad 20 m. Przewodność wodna tego poziomu sięga 240 m^2/d, a współczynnik filtracji jest rzędu 10^{-4} m/s. Wydajność pojedynczych otworów dochodzi do 100 m^3/h, na ogół jednak wynosi 10–70 m^3/h (Rejman, 1997). Pierwotnie wody górnego poziomu trzeciorzędowego znajdowały się pod ciśnieniem artezyjskim, w pasie rozciągającym się wzdłuż całej doliny Odry. Obecnie, wskutek wieloletniej eksploatacji, samowypływy obserwuje się tylko w strefie doliny Odry na północ od Wrocławia.

Dolny poziom trzeciorzędowy składa się z 1–2 warstw wodonośnych, osiągających sumaryczną miąższość 5–15 m. Są to na ogół piaski drobnoziarniste o współczynniku filtracji 2–8 • 10^{-5} m/s i przewodności wodnej ok. 100 m^2/d. Strop tego poziomu leży na głębokości ponad 120 m.

Również w stosunku do wód piętra trzeciorzędowego obserwuje się drenujący charakter koryta Odry, który determinuje generalny kierunek przepływu wód podziemnych, zaburzony obecnie lokalnie przez eksploatację, zwłaszcza przez ujęcia zakładów przemysłowych Wrocławia (maksymalna depresja dochodzi do 9 m).

Według „Atlasu hydrogeologicznego Polski" (Paczyński, red., 1995) odnawialność wód podziemnych systemu trzeciorzędowego wynosi ok. 20 $m^3/d \cdot km^2$. Jakość wód w utworach trzeciorzędowych na terenie Wrocławia i w dolinie Odry na północ od miasta sklasyfikowano jako złą (woda wymaga bardzo skomplikowanego uzdatniania). Natomiast na południe, a zwłaszcza na południowy zachód od Wrocławia, wody podziemne tego systemu uznano za wody bardzo dobrej i dobrej jakości, wymagające tylko prostego uzdatniania (Paczyński, red., 1995).

Triasowe piętro wodonośne jest dwudzielne. Na głębokości 200–400 m występują wody w utworach wapienia muszlowego. Jest to ośrodek szczelinowo-porowy, o przewodności wodnej 20–30 m^2/h i wydatku jednostkowym pojedynczego otworu (q) rzędu 8–20 m^3/h na 1 m depresji. (Rejman, 1997). Wody, które można tu nawiercić na głębokości 200–300 m, występują pod naporem artezyjskim. Ich zwierciadło statyczne stabilizuje się w rejonie Wrocławia na wysokości 10–15 m powyżej powierzchni terenu. Strefa alimentacji wapienia muszlowego występuje w rejonie Strzelc Opolskich, gdzie utwory te mają swe wychodnie i gdzie poziom zasilany jest przez infiltrację opadów atmosferycznych. W tym rejonie mineralizacja wód wynosi ok. 2 g/dm^3, przy zawartości siarczanów 0,6–0,8 g/dm^3 i rośnie w miarę oddalania się od strefy wychodni, osiągając wartości dochodzące do 6,6 g/dm^3 mineralizacji i 2,4 g/dm^3 stężenia siarczanów (Dokumentacja..., 1996).

Drugi poziom wodonośny triasu – pstrego piaskowca – występuje w słabo przepuszczalnych piaskowcach o lepiszczu ilasto-marglistym. Nawiercone na głębokości ok. 200 m zwierciadło wód stabilizuje się na wysokości 0,2 m powyżej powierzchni terenu. Wodonośność utworów pstrego piaskowca jest bardzo słaba. Mineralizacja wód wynosi 6,6 g/dm^3, przy zawartości siarczanów 1 g/dm^3 i chlorków 2,5 g/dm^3 (Dokumentacja..., 1996).

Bardzo słabą wodonośność utworów czerwonego spągowca stwierdzono we Wrocławiu tylko w jednym otworze. Wody w utworach cechsztynu nie zostały rozpoznane (Dokumentacja..., 1996).

Analiza warunków hydrodynamicznych i hydrochemicznych poziomów wodonośnych wskazuje na istnienie kontaktów hydraulicznych głównie między wodami podziemnymi w warstwach czwartorzędowych i górnym poziomem trzeciorzędowym oraz między dolnym poziomem trzeciorzędowym i wapieniem muszlowym. Lokalnie mogą istnieć też kontakty obu poziomów trzeciorzędowych. Biorąc pod uwagę fakt, że w rejonie Wrocławia wszystkie te poziomy są eksploatowane, ich wzajemne związki mają charakter dynamiczny i mogą ulegać zmianom w zależności od rodzaju i intensywności poboru wody (Dokumentacja..., 1996).

CHARAKTERYSTYKA CHEMIZMU WÓD PODZIEMNYCH

Charakterystyka chemizmu wód podziemnych Wrocławia i okolic dotyczy wyłącznie najpłycej położonych czwartorzędowych poziomów wodonośnych, przeważnie nieizolowanych lub słabo izolowanych od powierzchni terenu zaledwie kilkumetrową warstwą utworów trudno przepuszczalnych. Opróbowane warstwy wodonośne, zwłaszcza poza obszarem dolin rzecznych, nie muszą stanowić ciągłej warstwy, ale często są lokalnymi poziomami zawieszonymi o niewielkim rozprzestrzenieniu. Dla uproszczenia objaśnień badane wody nazywane będą wodami podziemnymi, jednak nie należy poniższych charakterystyk stosować do wód w głębszych utworach czwartorzędowych i podczwartorzędowych.

Chemizm wód podziemnych Wrocławia i okolic charakteryzuje się dużą zmiennością, nie będącą jedynie wynikiem zróżnicowania naturalnych warunków geologicznych i hydrogeologicznych. Na podstawie stężeń makroskładników udokumentowano występowanie 73 klas wód (tabela III). Taka liczba potwierdza nienaturalne relacje między makroskładnikami. Najczęściej są to wody trójjonowe,

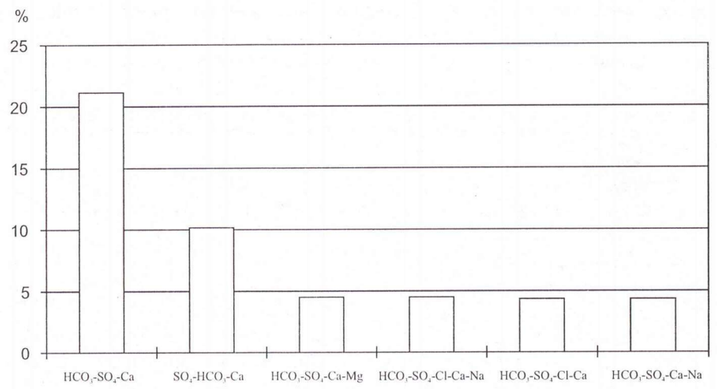


Fig. 2

Dominujące typy hydrogeochemiczne wód w czwartorzędowych poziomach wodonośnych
Dominant hydrogeochemical types of water in the Quaternary aquifers

wodorowęglanowo-siarczanowo-wapniowe i siarczanowo-wodorowęglanowo-wapniowe oraz czterojonowe, o bardzo różnym składzie (tabela III, fig. 2).

Tabela III
Table

Klasy hydrochemiczne wód podziemnych w czwartorzędowych poziomach wodonośnych (według klasyfikacji Szczukariewa-Prikłońskiego, zmodyfikowanej*)
Hydrochemical classes of groundwater in the Quaternary aquifers (according to Szczukariev-Prikłoński, modified)

Klasa wody	Liczba oznaczeń	Klasa wody	Liczba oznaczeń
Wody dwujonowe	14	Wody pięciojonowe	89
HCO_3–Ca	9	HCO_3–SO_4–Cl–Ca–Na	17
SO_4–Ca	5	HCO_3–Cl–SO_4–Ca–Na	10
Wody trójjonowe	138	HCO_3–SO_4–Cl–Ca–K	6
HCO_3–SO_4–Ca	79	Cl–SO_4–HCO_3–Ca–Na	5
SO_4–HCO_3–Ca	38	SO_4–HCO_3–Cl–Ca–Na	5
HCO_3–Ca–Mg	6	Cl–HCO_3–SO_4–Ca–Na	4
HCO_3–Ca–Na	5	SO_4–HCO_3–Cl–Ca–K	4
SO_4–Cl–Ca	5	Cl–HCO_3–SO_4–Na–Ca	3
HCO_3–Ca–K	3	SO_4–HCO_3–Cl–Ca–Mg	3
HCO_3–Cl–Ca	1	SO_4–Cl–HCO_3–Ca–Na	3
SO_4–Ca–Mg	1	SO_4–Cl–HCO_3–Ca–K	3
Wody czterojonowe	121	HCO_3–SO_4–Cl–Na–Ca	3
HCO_3–SO_4–Ca–Mg	17	HCO_3–SO_4–Ca–Mg–Na	2
HCO_3–SO_4–Ca–Na	16	HCO_3–SO_4–Ca–Na–K	2
HCO_3–SO_4–Cl–Ca	16	HCO_3–SO_4–Ca–K–Na	2
HCO_3–SO_4–Ca–K	13	HCO_3–SO_4–Cl–Ca–Mg	2
SO_4–HCO_3–Ca–Mg	9	HCO_3–Cl–K–Ca–Na	2
SO_4–HCO_3–Ca–Na	7	HCO_3–Cl–SO_4–Na–Ca	2
Cl–HCO_3–Na–Ca	7	HCO_3–Cl–SO_4–Ca–K	2
SO_4–HCO_3–Cl–Ca	7	SO_4–HCO_3–Cl–K–Ca	2
SO_4–HCO_3–Ca–K	4	HCO_3–SO_4–Ca–Na–Mg	1
HCO_3–Cl–Ca–Na	3	HCO_3–SO_4–Ca–K–Mg	1
HCO_3–Cl–Ca–K	3	HCO_3–Cl–Ca–Na–Mg	1
HCO_3–SO_4–K–Ca	2	HCO_3–SO_4–Cl–K–Ca	1
SO_4–Cl–Ca–Mg	2	SO_4–HCO_3–Ca–Na–Mg	1
HCO_3–Cl–SO_4–Ca	2	Cl–SO_4–HCO_3–Ca–K	1
SO_4–Cl–HCO_3–Ca	2	Cl–SO_4–Ca–K–Na	1
HCO_3–Ca–Mg–Na	1	Wody sześciojonowe	11
HCO_3–Ca–Na–K	1	HCO_3–SO_4–Cl–Ca–K–Na	2
HCO_3–Na–Ca–K	1	HCO_3–SO_4–Cl–Ca–Na–K	1
HCO_3–Cl–Ca–Mg	1	HCO_3–SO_4–Cl–Na–Ca–K	1
HCO_3–Cl–Na–Ca	1	HCO_3–SO_4–Cl–K–Ca–Na	1
HCO_3–Cl–K–Ca	1	HCO_3–SO_4–Cl–K–Na–Ca	1
Cl–HCO_3–Ca–Na	1	HCO_3–Cl-SO_4–Ca–Na–K	1
Cl–SO_4–HCO_3–Ca	1	HCO_3–Cl-SO_4–Ca–K–Na	1
Cl–SO_4–Ca–Na	1	HCO_3–Cl-SO_4–Na–Ca–K	1
SO_4–Cl–Ca–Na	1	Cl–HCO_3–SO_4–Na–Ca–K	1
SO_4–Cl–Ca–K	1	SO_4–HCO_3–Cl–Ca–Na–K	1

*) Uwzględniono aniony występujące w ilości powyżej 20% sumy miliwali anionów i kationy w ilości powyżej 20% sumy miliwali kationów. Aniony i kationy ustawione w kolejności zgodnej z ich malejącą zawartością w % miliwali. Liczba wszystkich oznaczeń n = 373.

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

Dla porównania przytoczono zakresy typowych wartości poszczególnych elementów hydrogeochemicznych w czystych wodach podziemnych Polski według katalogu Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (Witczak, Adamczyk, 1995), zakres tła hydrogeochemicznego niektórych składników dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry (Roszak, 1991) oraz przepisy sanitarne dotyczące wód pitnych i na potrzeby gospodarcze (Rozporządzenie MZiOS..., 1977, 1990). Sporadycznie przytoczono wartości charakterystyczne pochodzące z innych źródeł.

PARAMETRY OGÓLNE

BARWA

Tablica 10, tabela IV, figura 3.

Wartości dla wód podziemnych Wrocławia i okolic	<9,4– 250,0; średnio 9,9 mgPt/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	5–20 mgPt/dm^3
Najwyższa dopuszczalna wartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	20 mgPt/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną wartość	23%

Wody podziemne Wrocławia i okolic są często bezbarwne. Niemniej w 23% próbek zanotowano wartości barwy przekraczające 20 mgPt/dm^3. Największe zabarwienie obserwowano w wodach z sond hydrogeologicznych i studni kopanych zlokalizowanych w dolinach rzek, gdzie zwierciadło wód podziemnych położone jest często na głębokości 1–2 m. Barwa pochodzi tu prawdopodobnie od związków organicznych ługowanych z gleby oraz mad i namułów akumulacji rzecznej, zwłaszcza, że punkty opróbowania zlokalizowane były na ogół w lasach oraz na terenie łąk i pól uprawnych (tabela IV). Podwyższone wartości barwy wody w studniach znajdujących się na wysoczyznach oraz w kilku głębszych studniach na terenie Wrocławia mogą wskazywać na zanieczyszczenie wód w rejonie ujęcia lub samego ujęcia, związane często z nieprawidłową jego eksploatacją.

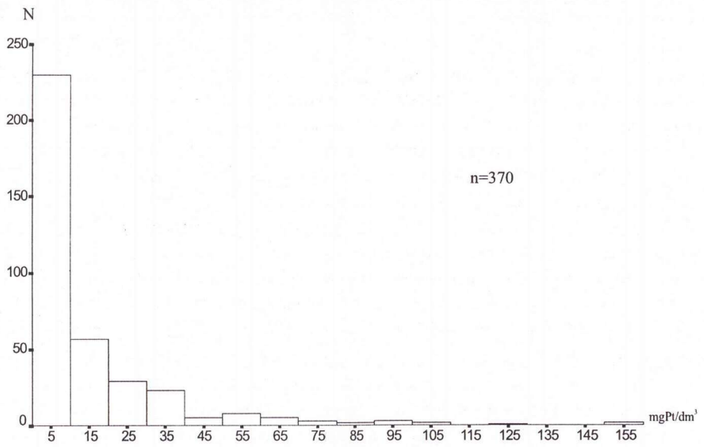


Fig. 3
Rozkład częstości barwy
Frequency distribution of colour

ODCZYN pH

Tablica 5, 6 i 7, tabela IV, figura 4.

Wartości dla wód podziemnych Wrocławia i okolic	5,22–10,27; średnio 6,84
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	6,5–8,5
Zakres dopuszczalny według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	6,5–8,5
Udział oznaczeń wykraczających poza zakres dopuszczalny	23%

Wody podziemne na badanym terenie są na ogół obojętne lub lekko kwaśne. Z 23% wód o odczynie wykraczającym poza zakres przewidziany dla wód pitnych w polskich przepisach sanitarnych, aż 22% wykazało wartość pH poniżej 6,5. Najlepszą jakością pod tym względem charakteryzują się wody na terenie Wrocławia oraz na rolniczych obszarach na południe i północny wschód od miasta. Wody o pH niższym niż 6,5 obserwowano powszechnie w zalesionych częściach dolin rzecznych: Odry poniżej Wrocławia (również rejon osobowickich pól irygacyjnych), Odry i Oławy powyżej Siechnic, Widawy na odcinku do Dobrzykowa i poniżej Psar oraz Bystrzycy przy ujściu Strzegomki. Obniżenie pH należy tu wiązać z procesami gromadzenia i rozkładu substancji organicznej w warstwie przypowierzchniowej gruntu oraz zakwaszenia przechodzących przez nią infiltrujących wód opadowych. Na wysoczyznach tylko w rejonie Wojtkowic i Strzeganowic na południowym zachodzie i w pasie od Jelcza na północ w kierunku Widawy oraz od Borowej na południe daje się wyróżnić strefy wód o obniżonym pH. W pozostałych rejonach wody o pH poniżej 6,5 występują tylko punktowo.

Wody o pH powyżej 8,5 zanotowano tylko w trzech punktach – bardzo źle utrzymanej studni publicznej we Wrocławiu, studni kopanej w Pawłowicach, zlokalizowanej w sąsiedztwie pryzmy wapna budowlanego oraz w źle utrzymanej studni kopanej w Bąkowie. Podwyższenie pH wód w takich otworach związane jest z lokalnym zanieczyszczeniem samego ujęcia.

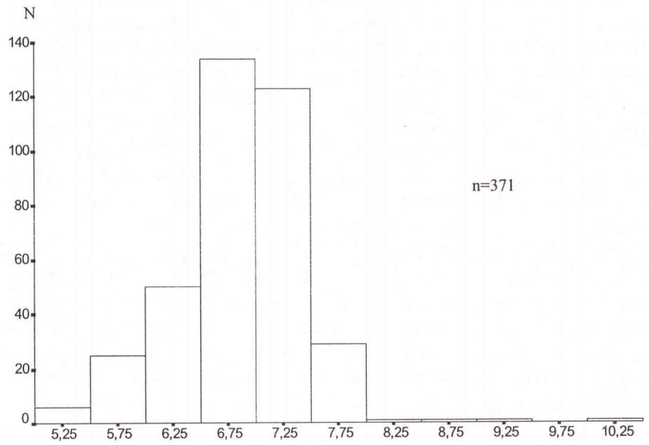


Fig. 4
Rozkład częstości pH
Frequency distribution of pH

MINERALIZACJA OGÓLNA

Tablica 2, tabela IV, figura 5.

Wartości dla wód podziemnych Wrocławia i okolic	196–3430; średnio 783 mg/dm^3
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	231–974 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość substancji rozpuszczonych według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	800 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	52%

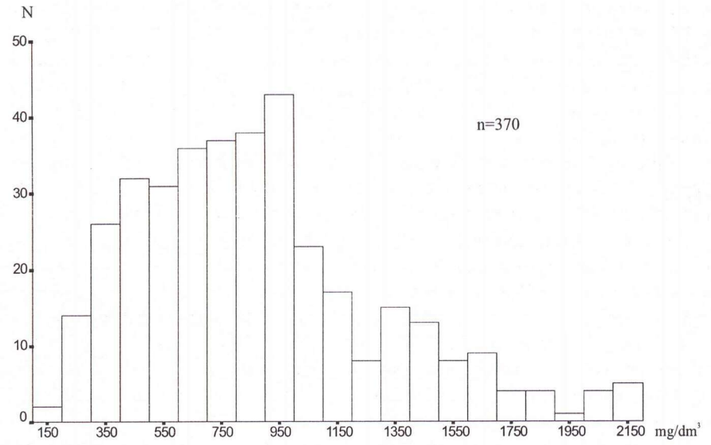


Fig. 5
Rozkład częstości mineralizacji ogólnej
Frequency distribution of total dissolved solids

Parametry statystyczne oznaczeń fizykochemicznych w wodach podziemnych Wrocławia i okolic
Statistical parameters of physico-chemical determinations of groundwater in Wrocław and environs

Rodzaj punktu opróbowania lub zagospodarowanie terenu Sampling site type or land use	Parametry statystyczne Statistical parameters	Barwa Colour [mg Pt/dm^3]	pH	Mineralizacja ogólna Total dissolved solids [mg/dm^3]	Przewodność elektryczna właściwa Electrical conductivity [mS/cm]	Twardość ogólna Total hardness [mgCaCO$_3$/dm^3]	Potencjał redoks Redox potential [mV]	Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen [mgO$_2$/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	a	372	371	373	373	373	365	372	373	373	373	373	373	373	373	373	373	373	373
	b	<9,4	5,22	196	0,172	45	–393	0,00	2,7	<1,0	12,7	29,4	2,4	3,6	0,47	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
	c	250,0	10,27	3430	4,950	2164	254	10,69	947,0	704,0	1756,8	428,5	120,8	392,0	835,00	131,95	1,04	221,41	11,19
	d	16,9	6,87	891	1,271	499	88	2,10	106,7	226,1	400,3	152,2	26,9	60,4	62,01	1,36	0,03	24,99	0,08
	e	9,9	6,84	783	1,115	388			71,5	185,0	317,3	134,7	22,3	42,4	21,55	0,16	<0,01	5,88	<0,05
	f	<9,4	6,93	814	1,144	375	122	1,06	76,3	194,0	344,0	140,0	22,9	44,8	25,80	<0,08	<0,01	13,89	<0,05
Studnie kopane Dug wells	a	305	304	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306
	b	<9,4	5,72	209	0,172	45	–233	0,00	5,6	14,0	39,7	36,9	2,4	5,3	0,66	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
	c	184,0	10,27	3430	4,950	2164	254	10,69	947,0	704,0	1756,8	428,5	120,8	392,0	835,00	131,95	1,04	221,41	0,44
	d	14,7	6,97	958	1,334	514	112	2,33	113,3	236,6	426,7	159,1	29,1	66,1	73,80	1,42	0,03	29,06	<0,05
	e	<9,4	6,95	861	1,180	396			80,5	200,5	350,8	143,2	24,7	49,8	32,77	0,14	<0,01	10,88	<0,05
	f	<9,4	6,97	865	1,194	380	137	1,43	80,7	206,5	379,4	145,1	25,9	52,6	39,70	<0,08	<0,01	18,26	<0,05
Studnie wiercone Drilled wells	a	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	b	<9,4	6,31	248	0,284	88	–393	0,00	2,7	4,6	100,0	29,4	6,9	8,9	1,77	<0,08	<0,01	0,06	<0,05
	c	91,0	8,63	992	1,905	926	140	6,24	351,0	505,0	671,0	233,9	46,0	128,0	156,00	1,94	0,03	38,41	<0,05
	d	20,2	7,09	606	1,028	360	–71	1,23	102,7	199,2	307,4	124,9	21,9	50,0	24,79	0,65	<0,01	5,38	
	e	12,1	7,07	560	0,880	297			57,9	106,4	274,3	109,8	19,4	34,3	11,31	0,40	<0,01	0,34	
	f	9,4	7,04	542	1,037	315	–78	0,00	69,8	177,0	311,7	110,0	19,1	37,5	10,99	0,39	<0,01	0,06	
Sondy hydrogeologiczne Geoprobe sapmling sites	a	53	53	53	53	53	45	52	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
	b	<9,4	5,22	196	0,251	123	–165	0,00	3,6	<1,0	12,7	30,7	2,5	3,6	0,47	<0,08	<0,01	0,06	<0,05
	c	250,0	7,20	1876	2,910	1968	195	6,04	332,0	443,0	1152,9	395,8	41,0	168,0	21,40	20,18	0,22	70,04	11,19
	d	28,7	6,22	575	0,969	447	–23	0,95	69,6	172,2	272,6	120,0	15,2	30,2	3,80	1,19	0,02	6,69	0,37
	e	14,5	6,20	494	0,840	369			37,9	134,7	184,8	99,6	13,0	17,8	2,27	0,22	<0,01	0,34	0,07
	f	13,4	6,25	472	0,854	375	–39	0,22	31,9	149,0	209,8	98,3	13,6	15,0	2,11	0,16	<0,01	0,06	<0,05
Obszar wielkomiejski Urban area	a	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	b	<9,4	6,88	248	0,284	166	–393	0,00	33,0	7,2	131,8	29,4	6,9	8,9	5,16	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
	c	91,0	8,63	2002	3,340	1205	208	10,69	301,0	510,0	1200,5	265,9	43,7	253,0	133,00	17,85	0,37	112,97	<0,05
	d	22,5	7,28	847	1,556	576	17	2,31	130,0	221,0	417,0	142,2	25,2	80,4	27,12	1,29	0,03	19,21	
	e	13,4	7,26	759	1,412	475			111,9	163,5	347,5	124,1	22,3	64,2	19,01	0,20	0,01	1,84	
	f	15,4	7,18	812	1,438	453	18	0,82	111,0	174,0	324,5	134,0	21,8	80,8	21,80	0,16	<0,01	1,92	
Obszar podmiejski Suburban area	a	59	59	59	59	59	58	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	b	<9,4	5,35	238	0,406	127	–233	0,00	8,9	24,7	12,7	43,9	3,2	5,3	0,98	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
	c	62,0	10,27	2135	3,530	1910	239	7,77	891,0	645,0	1049,2	428,5	70,3	392,0	285,84	131,95	0,48	153,63	0,12
	d	11,5	6,95	828	1,220	448	84	1,89	111,3	244,9	379,0	157,5	27,9	60,8	33,59	3,24	0,04	21,41	<0,05
	e	<9,4	6,92	752	1,112	369			77,7	208,3	314,8	141,7	24,3	47,1	15,68	0,17	0,01	6,98	<0,05
	f	<9,4	6,92	767	1,047	362	121	0,62	75,1	212,0	373,3	139,7	23,4	48,3	14,10	0,16	<0,01	12,65	<0,05
Zabudowa wiejska Rural dwelling areas	a	215	214	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216
	b	<9,4	5,72	240	0,172	55	–234	0,00	2,7	4,6	46,4	36,9	2,4	7,5	0,66	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
	c	184,0	9,04	3430	4,950	2164	254	9,18	947,0	704,0	1756,8	389,6	120,8	313,0	835,00	131,95	1,04	153,63	0,44
	d	15,1	6,94	1006	1,352	533	121	2,33	114,5	233,8	445,6	159,4	30,2	67,5	89,32	0,99	0,03	31,30	<0,05
	e	<9,4	6,92	907	1,186	405			79,7	194,9	366,1	144,5	25,6	50,7	41,62	0,13	<0,01	12,73	<0,05
	f	<9,4	6,97	909	1,201	389	140	1,47	81,6	204,5	391,6	146,3	26,5	52,9	60,30	<0,08	<0,01	20,79	<0,05
Pola uprawne i łąki Cultivated land	a	51	51	51	51	51	44	50	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
	b	<9,4	5,22	196	0,320	106	–167	0,00	5,8	<1,0	12,7	30,7	5,4	4,6	0,50	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
	c	152,0	7,70	1876	2,910	1968	240	8,30	343,0	443,0	1152,9	395,8	45,6	177,0	186,00	5,82	0,22	221,41	1,50
	d	19,4	6,53	693	1,050	467	3	1,61	79,3	194,0	316,0	141,7	18,2	33,2	17,16	0,62	0,02	14,46	0,09
	e	11,2	6,50	608	0,942	381			51,4	156,4	242,0	121,0	16,0	22,1	4,81	0,19	<0,01	1,00	<0,05
	f	<9,4	6,50	652	0,974	375	–1	0,34	48,1	183,0	296,5	129,1	17,0	18,8	3,52	0,16	<0,01	0,63	<0,05
Lasy Forests	a	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	b	<9,4	5,36	197	0,251	69	–165	0,00	3,6	31,9	12,7	33,3	2,5	3,6	0,47	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
	c	250,0	7,45	903	1,826	805	234	8,87	317,0	384,0	646,6	168,9	22,3	168,0	185,00	11,18	0,03	22,59	11,19
	d	38,4	6,35	418	0,823	332	18	0,95	56,6	138,2	193,5	84,9	10,9	33,3	14,00	1,01	<0,01	2,70	0,76
	e	18,2	6,33	384	0,718	271			26,0	117,1	140,4	76,2	9,7	16,5	3,16	0,21	<0,01	0,30	0,11
	f	15,4	6,36	366	0,746	270	–14	0,12	24,1	104,0	176,3	84,3	9,7	13,7	2,20	0,16	<0,01	<0,11	0,08
Inne Others	a	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	b	<9,4	5,87	223	0,263	45	–114	0,00	10,6	69,9	46,4	38,4	4,1	6,4	2,53	<0,08	<0,01	<0,11	<0,05
	c	102,0	8,00	1172	2,140	1075	191	8,78	253,0	676,0	671,0	385,7	52,8	87,2	118,00	20,18	0,20	67,78	0,14
	d	20,8	6,77	770	1,308	405	51	2,69	105,1	315,4	350,4	178,3	28,4	56,5	23,32	3,06	0,04	17,79	0,06
	e	<9,4	6,74	651	1,080	286			71,0	234,3	246,5	139,4	20,5	40,7	9,94	0,28	0,01	2,02	0,05
	f	<9,4	6,80	814	1,365	434	67	1,04	119,5	190,5	361,7	129,4	23,5	68,1	11,07	<0,08	0,01	7,13	<0,05

a – liczba próbek; number of samples
b – wartość minimalna; minimum value
c – wartość maksymalna; maximum value
d – średnia arytmetyczna; arthmetic mean
e – średnia geometryczna; geometric mean
f – mediana; median

Parametry statystyczne oznaczeń fizykochemicznych w wodach podziemnych Wrocławia i okolic
Statistical parameters of physico-chemical determinations of groundwater in Wrocław and environs

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]	Lit [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]
373	373	373	369	373	373	373	373	369	373	66	373	373	373	373	373	369	373	373	373	373	373	373	135
<0,05	<0,05	0,009	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	<0,01	<0,0001	<0,001	<0,002	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	1,4	0,066	<0,005	<0,01	<0,01	<0,1
0,08	1,18	0,581	2,32	0,230	0,159	0,14	0,846	1,86	40,19	<0,0001	0,128	7,583	0,02	0,34	8,4	21,8	0,29	49,7	4,139	0,031	0,02	3,49	2,9
<0,05	0,21	0,084	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	0,007	<0,10	1,79		0,015	0,426	<0,01	0,01	0,7	<1,0	<0,05	15,6	0,447	<0,005	<0,01	0,18	0,3
<0,05	0,13	0,068	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	0,08		0,009	0,061	<0,01	<0,01	0,3	<1,0	<0,05	14,8	0,378	<0,005	<0,01	0,06	0,1
<0,05	0,16	0,068	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	0,05		0,009	0,078	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	14,8	0,388	<0,005	<0,01	0,05	<0,1
306	306	306	302	306	306	306	306	302	306	57	306	306	306	306	306	302	306	306	306	306	306	306	103
<0,05	<0,05	0,009	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	<0,01	<0,0001	<0,001	<0,002	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	3,1	0,066	<0,005	<0,01	<0,01	<0,1
0,08	1,18	0,407	2,32	0,230	0,159	0,14	0,846	1,05	37,02	<0,0001	0,128	7,583	0,02	0,34	8,4	21,8	<0,05	36,5	4,139	0,020	0,01	3,49	2,9
<0,05	0,23	0,075	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	0,007	<0,10	0,72		0,016	0,323	<0,01	<0,01	0,8	1,0		15,9	0,466	<0,005	<0,01	0,21	0,4
<0,05	0,16	0,062	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	0,04		0,009	0,042	<0,01	<0,01	0,3	<1,0		15,1	0,399	<0,005	<0,01	0,07	0,1
<0,05	0,18	0,064	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	0,03		0,009	0,047	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0		15,1	0,403	<0,005	<0,01	0,06	<0,1
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	3	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	5
<0,05	<0,05	0,045	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	0,05	<0,0001	0,002	0,002	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	1,4	0,088	<0,005	<0,01	<0,01	<0,1
<0,05	0,33	0,276	0,89	<0,005	0,009	<0,02	0,008	0,27	24,51	<0,0001	0,084	2,013	0,01	0,04	0,5	<1,0	0,29	18,7	2,644	0,006	<0,01	1,66	0,3
	0,11	0,133	0,11		<0,008		<0,005	<0,10	5,62		0,018	0,766	<0,01	<0,01	<0,2		<0,05	13,0	0,605	<0,005		0,19	0,1
	0,08	0,118	<0,10		<0,008		<0,005	<0,10	1,93		0,011	0,301	<0,01	<0,01	<0,2		<0,05	11,6	0,465	<0,005		0,04	<0,1
	0,11	0,119	<0,10		<0,008		<0,005	<0,10	4,75		0,010	0,394	<0,01	<0,01	<0,2		<0,05	13,2	0,487	<0,005		0,04	<0,1
53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	6	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	27
<0,05	<0,05	0,018	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	0,02	<0,0001	<0,001	0,016	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	6,5	0,083	<0,005	<0,01	<0,01	<0,1
<0,05	0,37	0,581	1,16	0,007	0,027	<0,02	0,008	1,86	40,19	<0,0001	0,026	5,508	0,01	0,11	4,3	2,9	<0,05	49,7	0,949	0,031	0,02	0,18	1,9
	0,06	0,126	0,12	<0,005	<0,008		<0,005	0,16	6,95		0,007	0,930	<0,01	0,01	0,3	<1,0		15,0	0,297	<0,005	<0,01	0,04	0,3
	<0,05	0,093	<0,10	<0,005	<0,008		<0,005	<0,10	1,77		0,005	0,347	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0		13,9	0,261	<0,005	<0,01	0,02	0,1
	<0,05	0,102	<0,10	<0,005	<0,008		<0,005	<0,10	2,04		0,006	0,411	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0		13,5	0,267	<0,005	<0,01	0,03	<0,1
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	15	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18
<0,05	<0,05	0,012	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	<0,01	<0,0001	0,002	<0,002	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	1,4	0,088	<0,005	<0,01	0,01	<0,1
<0,05	0,87	0,286	2,32	<0,005	<0,008	<0,02	0,006	1,05	13,31	<0,0001	0,025	5,439	<0,01	0,01	4,3	6,9	<0,05	23,6	1,543	0,006	<0,01	0,59	1,4
	0,22	0,085	0,24				<0,005	0,14	1,42		0,012	0,711		<0,01	0,8	<1,0		14,5	0,571	<0,005		0,17	0,2
	0,16	0,067	0,09				<0,005	0,08	0,16		0,009	0,079		<0,01	0,3	<1,0		13,0	0,478	<0,005		0,10	<0,1
	0,16	0,074	<0,10				<0,005	<0,10	0,11		0,011	0,256		<0,01	0,3	<1,0		14,9	0,491	<0,005		0,10	<0,1
59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	20	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	22
<0,05	<0,05	0,019	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	<0,01	<0,0001	<0,001	<0,002	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	8,0	0,188	<0,005	<0,01	<0,01	<0,1
<0,05	0,73	0,258	0,89	<0,005	0,159	<0,02	0,012	0,46	24,29	<0,0001	0,086	5,233	<0,01	0,34	7,5	21,8	<0,05	33,5	4,139	0,008	0,01	3,49	2,9
	0,23	0,079	<0,10		<0,008		<0,005	<0,10	1,63		0,014	0,468		0,01	0,5	1,0		14,1	0,607	<0,005	<0,01	0,42	0,2
	0,16	0,066	<0,10		<0,008		<0,005	<0,10	0,11		0,008	0,067		<0,01	0,2	<1,0		13,5	0,502	<0,005	<0,01	0,13	<0,1
	0,18	0,064	<0,10		<0,008		<0,005	<0,10	0,07		0,008	0,076		<0,01	<0,2	<1,0		13,3	0,475	<0,005	<0,01	0,13	<0,1
216	216	216	212	216	216	216	216	212	216	24	216	216	216	216	216	212	216	216	216	216	216	216	62
<0,05	<0,05	0,009	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	<0,01	<0,0001	<0,001	<0,002	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	3,1	0,110	<0,005	<0,01	<0,01	<0,1
0,08	1,18	0,407	0,20	0,230	0,028	0,14	0,026	0,76	37,02	<0,0001	0,128	7,583	0,02	0,11	8,4	18,7	0,29	36,5	2,644	0,020	0,01	2,27	2,4
<0,05	0,24	0,077	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	0,005	<0,10	0,49		0,018	0,262	<0,01	<0,01	0,9	1,0	<0,05	16,2	0,433	<0,005	<0,01	0,15	0,4
<0,05	0,17	0,064	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	0,03		0,010	0,036	<0,01	<0,01	0,3	<1,0	<0,05	15,5	0,379	<0,005	<0,01	0,05	0,2
<0,05	0,19	0,066	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	0,03		0,012	0,038	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	15,6	0,387	<0,005	<0,01	0,05	0,1
51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	21
<0,05	<0,05	0,020	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	<0,01	<0,0001	0,001	0,003	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	7,0	0,091	<0,005	<0,01	<0,01	<0,1
<0,05	0,35	0,418	1,07	0,007	0,027	<0,02	0,008	0,48	40,19		0,039	5,508	0,01	0,11	2,0	2,9	<0,05	27,1	0,949	0,019	<0,01	0,29	1,9
	0,08	0,111	<0,10	<0,005	<0,008		<0,005	<0,10	5,46		0,008	0,759	<0,01	0,01	0,3	<1,0		14,3	0,349	<0,005		0,06	0,3
	0,05	0,088	<0,10	<0,005	<0,008		<0,005	<0,10	0,73		0,006	0,231	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0		13,6	0,307	<0,005		0,03	0,1
	<0,05	0,093	<0,10	<0,005	<0,008		<0,005	<0,10	0,94		0,007	0,392	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0		13,3	0,352	<0,005		0,03	0,1
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	3	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	9
<0,05	<0,05	0,018	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	<0,01	<0,0001	<0,001	0,006	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	6,5	0,066	<0,005	<0,01	<0,01	<0,1
<0,05	0,37	0,581	1,16	<0,005	0,009	<0,02	0,846	1,86	29,64	<0,0001	0,011	4,338	0,01	0,05	3,3	8,0	<0,05	49,7	0,456	0,031	0,02	1,01	1,1
	0,08	0,112	0,15		<0,008		0,046	0,26	5,65		0,005	0,883	<0,01	0,01	0,5	1,2		16,7	0,226	0,006	<0,01	0,10	0,2
	0,05	0,070	<0,10		<0,008		<0,005	0,14	1,08		0,004	0,272	<0,01	<0,01	0,2	<1,0		15,0	0,204	<0,005	<0,01	0,04	0,1
	<0,05	0,059	<0,10		<0,008		<0,005	0,18	1,27		0,005	0,312	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0		14,9	0,219	<0,005	<0,01	0,04	<0,1
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
<0,05	<0,05	0,029	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	<0,005	<0,10	<0,01	<0,0001	0,001	0,006	<0,01	<0,01	<0,2	<1,0	<0,05	10,1	0,123	<0,005	<0,01	0,03	<0,1
<0,05	0,49	0,151	<0,10	<0,005	<0,008	<0,02	0,010	<0,10	26,83	<0,0001	0,061	2,149	<0,01	0,01	4,3	<1,0	<0,05	29,3	1,102	0,007	<0,01	1,01	<0,1
	0,21	0,077					<0,005		5,93		0,016	0,596		<0,01	1,1			18,9	0,519	<0,005		0,28	
	0,14	0,065					<0,005		0,33		0,008	0,148		<0,01	0,4			17,6	0,421	<0,005		0,15	
	0,23	0,066					<0,005		0,19		0,007	0,166		<0,01	0,2			18,9	0,422	<0,005		0,18	

Mineralizację ogólną wód podziemnych obliczono sumując stężenia wszystkich oznaczonych składników rozpuszczonych. Większość zbadanych wód zaliczyć można do wód słodkich o mineralizacji poniżej 1 g/dm^3 (Pazdro, Kozerski, 1990; Kleczkowski, Różkowski red., 1997). Jednak tylko 48% wód podziemnych z rejonu Wrocławia i jego okolic spełnia wymagania przepisów sanitarnych dla wód pitnych pod względem zawartości składników w nich rozpuszczonych i są to na ogół wody z terenów łąkowo-leśnych w dolinach rzecznych.

Na terenach rolniczych wysoczyzny, na południe od Wrocławia, mineralizacja ogólna wód podziemnych waha się od 800 do 2000 mg/dm^3, a w miejscowości Ślęza dochodzi do 3430 mg/dm^3. Wartości te wywołane są występowaniem podwyższonych stężeń siarczanów i chlorków, a często również potasu, co może sugerować obszarowe zanieczyszczenie nawozami potasowymi, w których potas występuje w postaci soli. Tereny te w dużej części pozbawione są utworów trudno przepuszczalnych na powierzchni terenu, co ułatwia docieranie rozpuszczonych związków chemicznych do zwierciadła wód podziemnych wraz z infiltrującą wodą opadową. Na północny wschód od Wrocławia, tam gdzie pierwszy poziom wodonośny nie jest izolowany mineralizacja wód również wzrasta do 1000–2000 mg/dm^3.

Na pozostałym obszarze wartości mineralizacji ogólnej rozkładają się mozaikowo, co spowodowane jest różnicami lokalnych warunków hydrogeologicznych, rodzajów zagospodarowania terenu i stanem sanitarnym samych ujęć wód podziemnych.

PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA WŁAŚCIWA

Tablica 2, tabela IV, figura 6.

Wartości dla wód podziemnych Wrocławia i okolic	0,172–4,950; średnio 1,115 mS/cm
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,200–0,700 mS/cm

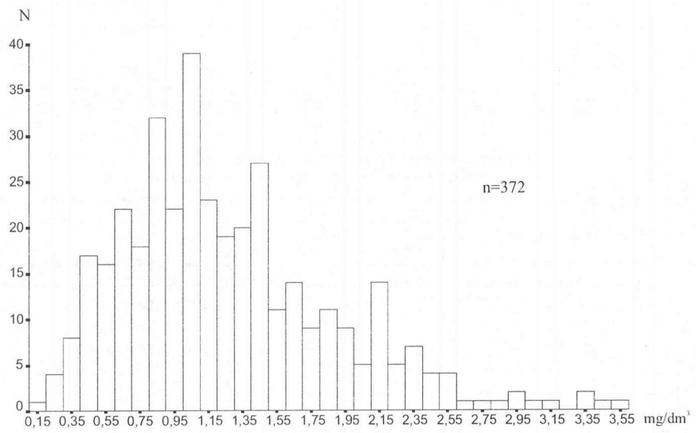


Fig. 6
Rozkład częstości przewodności elektrycznej właściwej
Frequency distribution of electrical conductivity

Przewodność elektryczna właściwa wód podziemnych, zwana też konduktywnością lub przewodnością elektrolityczną właściwą (Kleczkowski, Różkowski red., 1997) jest ściśle powiązana z ogólną mineralizacją. Dlatego też jej wartości na całym terenie są stosunkowo wysokie, choć zawierają się w bardzo szerokim przedziale, a statystyczny ich rozkład wykazuje wielowierzchołkowość charakterystyczną dla wód podziemnych pochodzących z obszarów zanieczyszczonych (fig. 6). Wartości najwyższe, przekraczające 2 mS/cm, obserwowano na terenie przemysłowych dzielnic Wrocławia – Muchoboru, Psiego Pola i Kowali oraz między Polanowicami, Sołtysowicami i Odrą. Ponadto strefy wysokich przewodności rozciągają się na południe od Wrocławia od miejscowości Ślęza, przez Karwiany do Ozorzyc i dalej w kierunku Świętej Katarzyny, Siechnic i Grobic, a na północy w rejonie Szewców, Pasikurowic i Bukowiny.

Strefy najniższych wartości przewodności elektrycznej na zachód od Wrocławia związane są prawdopodobnie z niewielkiej rozciągłości, lokalnymi poziomami w utworach czwartorzędowych, sąsiadujących z iłami i mułkami trzeciorzędowymi lub namułami i madami. Podobnie niskie wartości obserwowano w wodach w piaskach ozów w rejonie Zakrzowa i Zgorzeliska oraz na północ od Pawłowic. Ponadto wartości poniżej 1 mS/cm związane są z obszarami niezbyt intensywnie wykorzystywanymi rolniczo czy wręcz leśnymi w dolinie Odry na południe od Wrocławia i w pasie od Czernicy przez Leśny Młyn do Kątnej i Rakowa.

TWARDOŚĆ OGÓLNA

Tablica 9, tabela IV, figura 7.

Wartości dla wód podziemnych Wrocławia i okolic	45–2164; średnio 388 mg $CaCO_3$/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	100–400 mg $CaCO_3$/dm^3
Najwyższa dopuszczalna wartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	500 mg $CaCO_3$/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną wartość	36%

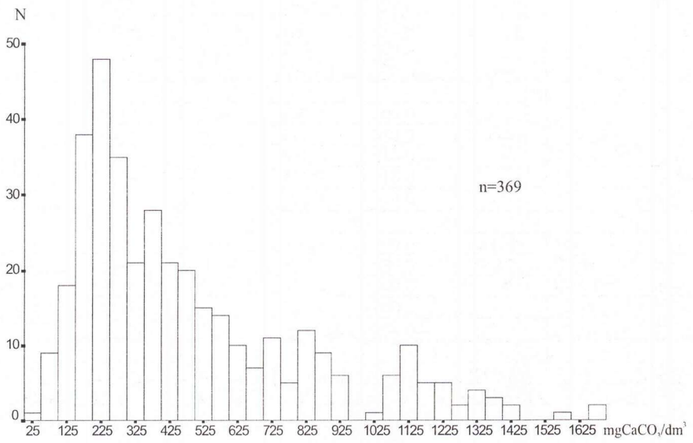


Fig. 7
Rozkład częstości twardości ogólnej
Frequency distribution of total hardness

Ponad 1/3 badanych wód charakteryzowała się twardością ogólną wyższą niż dopuszczają polskie przepisy sanitarne. Najwyższe wartości twardości obserwowano na północny wschód od Wrocławia, gdzie powodem jest prawdopodobnie wysoka zawartość węglanów w utworach lodowcowych i wodnolodowcowych oraz na południe i południowy zachód od miasta, na obszarach, gdzie piaszczysto-żwirowe utwory wodonośne przykryte są cienką warstwą wzbogaconych w węglany glin i pyłów lessopodobnych. Wysoką twardość wód podziemnych w samym Wrocławiu można też wiązać ze strefą zanieczyszczenia wielkomiejskiego, opisywaną przez różnych autorów (Dokumentacja..., 1996; Paczyński, red.,1995; Michniewicz i in., 1984; Michniewicz i in., 1986), ale fakt, że zgodnie z regionalnym kierunkiem przepływu wód podziemnych wody o podwyższonej twardości z południa i południowego zachodu dopływają w rejon miasta wyklucza raczej użycie tego elementu chemizmu jako jednoznacznego wskaźnika antropopresji.

Najbardziej miękkie wody spotykano na zachód i północny zachód od Wrocławia, gdzie miąższość i rozciągłość utworów czwartorzędowych jest niewielka, a często odsłaniają się na powierzchni słabo wapniste iły i mułki trzeciorzędowe. Niewielką twardość wód podziemnych obserwowano również na terenach leśnych, co może być związane z zakwaszeniem wód infiltrujących przez ściółkę leśną, a zasilających pierwszą warstwę wodonośną (tabela IV).

POTENCJAŁ UTLENIAJĄCO-REDUKCYJNY Eh

Tabela IV, figura 8.

Wartości dla wód podziemnych Wrocławia i okolic	–393 — +254; średnio 88 mV*
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	–50 — +400 mV

* Podano średnią arytmetyczną.

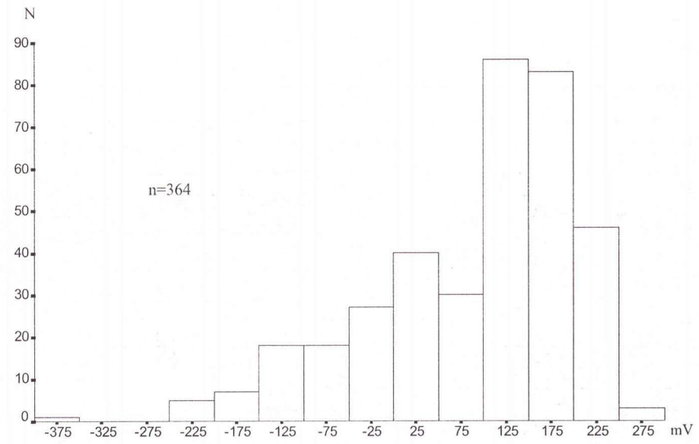


Fig. 8
Rozkład częstości potencjału redoks
Frequency distribution of redox potential

W wodach podziemnych w większości punktów opróbowania pomierzono wysokie potencjały utleniająco-redukcyjne. Należy jednak pamiętać, że większość tych punktów to płytkie studnie kopane, w których woda pozostaje w ciągłym kontakcie z powietrzem. Kontakt taki, z powodu obecności silnie potencjałotwórczego tlenu w powietrzu, całkowicie zmienia warunki panujące tak w studni, jak i w samej warstwie wodonośnej, stąd, mimo pompowania, w wodach ze studni kopanych obserwuje się potencjały bardzo wysokie.

W tych punktach poboru wód, które nie umożliwiają bezpośredniego kontaktu wody z powietrzem (studnie wiercone, głębsze sondy hydrogeologiczne) pomierzone potencjały Eh rzadko osiągały wartości dodatnie, co może sugerować, że faktycznie panujące warunki w warstwach wodonośnych są redukcyjne. Tylko w rejonie Wojtkowic i Strzeganowic nawet wody pobrane z sond hydrogeologicznych charakteryzowały się wysokim potencjałem, świadczącym o utleniających warunkach w warstwie wodonośnej.

Pojedyncze studnie kopane, w których wody podziemne wykazywały niski lub wręcz ujemny potencjał Eh należy podejrzewać o zanieczyszczenie substancjami chemicznymi wykazującymi silne właściwości redukcyjne. Jedynie na terenie Wrocławia obserwowano większość studni z wodami o niskim potencjale Eh, co potwierdza tezę o istnieniu strefy zanieczyszczonych wód podziemnych w rejonie miasta.

TLEN ROZPUSZCZONY

Tabela IV, figura 9.

Stężenia dla wód podziemnych Wrocławia i okolic	0,00–10,69; średnio 2,10 mg/dm^3*
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–5 mg/dm^3

* Podano średnią arytmetyczną.

Tlen rozpuszczony występuje w dużych stężeniach w wodach podziemnych prawie na całym obszarze arkusza. Jednak fakt ten należy interpretować podobnie jak w przypadku potencjału utleniająco-redukcyjnego, gdyż bezpośredni kontakt wód z powietrzem powoduje ich natlenienie w otworze i w jego sąsiedztwie. Dlatego też niskie stężenia tlenu w wodach w studniach kopanych będą raczej świadczyły o zanieczyszczeniu ujęcia, z którego pobrana jest próbka lub o bliskości ogniska zanieczyszczeń badanej warstwy wodonośnej. Większość wód ze studni kopanych na terenie samego Wrocławia nie zawierała rozpuszczonego tlenu.

Całkowity lub prawie całkowity brak rozpuszczonego tlenu stwierdzono w wodach ze studni wierconych i z większości sond hydrogeologicznych. Tylko pomiary w wodach z sond zlokalizowanych na południe i zachód od Wrocławia wykazały zawartości tlenu na poziomie kilku mg/dm^3.

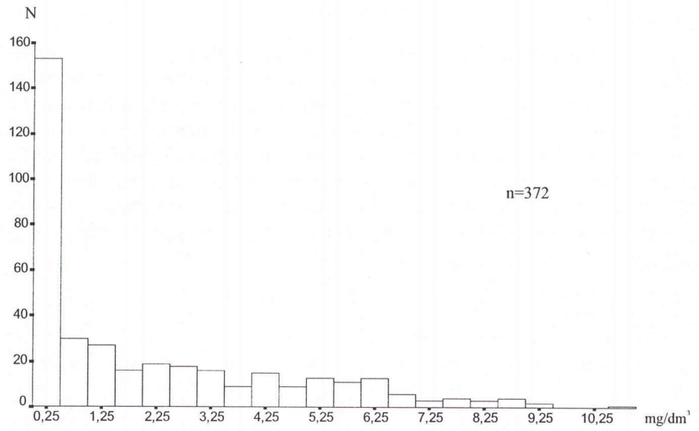


Fig. 9
Rozkład częstości stężeń tlenu rozpuszczonego
Frequency distribution of dissolved oxygen concentrations

MAKROSKŁADNIKI

Cl^- CHLORKI

Tablica 2, tabela IV, figura 10.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	2,7–947,0; średnio 71,5 mg/dm³
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	2–60 mg/dm³
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	8,9–79 mg/dm³
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	300 mg/dm³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	5%

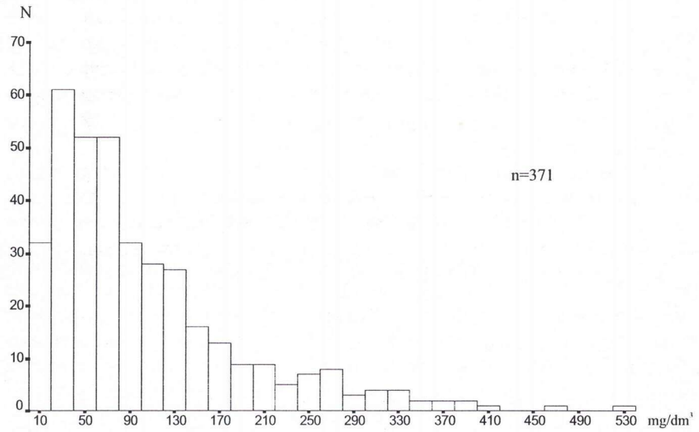


Fig. 10
Rozkład częstości stężeń chlorków
Frequency distribution of chloride concentrations

Stężenia chlorków w wodach podziemnych są na ogół mało zróżnicowane. W większości punktów po wschodniej stronie koryta Odry obserwowano wartości typowe dla zwykłych wód podziemnych Polski. Na zachód i południe od Wrocławia stężenia chlorków częściej zawierały się w przedziale 60–200 mg/dm³.

Podwyższone zawartości chlorków spotykano punktowo w wodach z pojedynczych ujęć wód podziemnych na całym badanym obszarze, nie można więc mówić o wyraźnych strefach wód bogatych w chlorki. Podwyższone stężenia chlorków mogły być efektem lokalnego zanieczyszczenia ujęć. Tylko w około 5% przypadków zanotowano przekroczenia najwyższej dopuszczalnej wartości według polskich przepisów sanitarnych dla wód pitnych. Ekstremalnie wysokie zawartości chlorków obserwowano zawsze tam, gdzie stężenia innych makroskładników wód podziemnych również były wysokie. Fakt ten pozwala traktować stężenia chlorków w wodach podziemnych rejonu Wrocławia jako wskaźnik antropogenicznych zmian chemizmu tych wód.

SO_4^{2-} SIARCZANY

Tablica 2, tabela IV, figura 11.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<1,0–704,0; średnio 185,0 mg/dm³
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	5– 60 mg/dm³
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	24–249 mg/dm³
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	200 mg/dm³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	48%

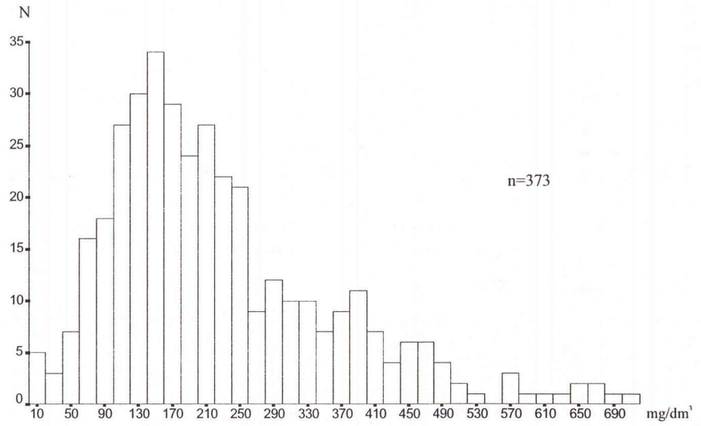


Fig. 11
Rozkład częstości stężeń siarczanów
Frequency distribution of sulphate concentrations

Stężenia siarczanów w wodach podziemnych badanego obszaru wykazują duże zróżnicowanie od wartości rzędu kilkudziesięciu mg/dm³ na obszarach leśnych do 500 i więcej mg/dm³ na terenach rolniczych i przemysłowych. Wartości typowe dla czystych wód podziemnych zanotowano tylko w ok. 3% badanych punktów. Stężenia przekraczające granicę dopuszczalną w wodach pitnych obserwowano w większości studni na południe i południowy zachód od Wrocławia oraz w przemysłowych dzielnicach miasta. Nie ulega wątpliwości, że na obszarze tym występuje zanieczyszczenie o charakterze regionalnym wód podziemnych siarczanami. Przyczyn zanieczyszczenia należy szukać nie tylko w rozwijającym się od stuleci przemyśle i gospodarce komunalnej Wrocławia, również intensywne rolnictwo Dolnego Śląska przyczyniło się do obszarowej degradacji wód podziemnych w wielu rejonach. Ponadto pewna ilość związków siarki, przenoszona przez prądy powietrza z rejonów przemysłowych Czech i Niemiec, spada wraz z wodami tzw. kwaśnych deszczów w południowo-zachodniej Polsce i w procesie ich infiltracji trafia do wód podziemnych.

HCO_3^- WODOROWĘGLANY

Tablica 2, tabela IV, figura 12.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	12,7–1756,8; średnio 317,3 mg/dm³
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	73–567 mg/dm³

Stężenia wodorowęglanów w wodach podziemnych Wrocławia i okolic zawierają się w bardzo szerokim przedziale wartości od kilkunastu-kilkudziesięciu mg/dm³ lokalnie w wodach z pojedynczych sond hydrogeologicznych i studni wierconych do 500–1000 i więcej mg/dm³ w studniach kopanych na wysoczyznach. Najniższe wartości wiążą się zawsze z bardzo niską mineralizacją ogólną wody, należy więc podejrzewać, że występują w wodach poziomów zawieszonych zasilanych przez bezpośrednią infiltrację wód opadowych. Strefy podwyższonych stężeń obserwowano tam, gdzie mineralizacja wody była największa – na południe i na północ od Wrocławia, w rejonie Praczy Odrzańskich oraz w pasie od Smardzowa do Krzeczyna. Prawdopodobnie wysokie stężenia wodorowęglanów są efektem rozpuszczania węglanu wapnia występującego w osadach lodowcowych, wodnolodowcowych i eolicznych, z których zbudowane są wysoczyzny okolic Wrocławia, a w otworach, gdzie wody mają bezpośredni kontakt z powietrzem atmosferycznym mogą być również związane z rozpuszczaniem dwutlenku węgla. Miejscami ich podwyższone stężenia mogą być spowodowane antropogenicznie, przez zachwianie równowagi węglanowej.

W dolinie Odry powyżej Wrocławia stężenia wodorowęglanów mieszczą się na ogół w granicach tła wyznaczonego dla wód GZWP 320. We Wrocławiu i poniżej miasta wartości te punktowo rosną, zwłaszcza w rejonie ujścia Bystrzycy i Widawy.

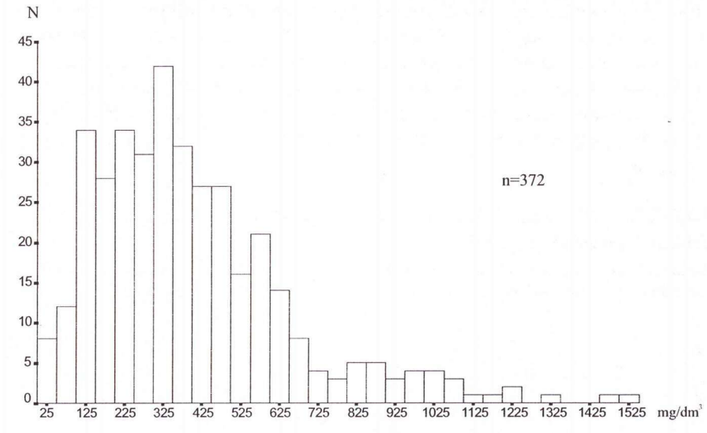


Fig. 12
Rozkład częstości stężeń wodorowęglanów
Frequency distribution of bicarbonate concentrations

Ca^{2+} WAPŃ

Tablica 2, tabela IV, figura 13.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	29,4–428,5; średnio 134,7 mg/dm³
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	2–200 mg/dm³
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	38–178 mg/dm³

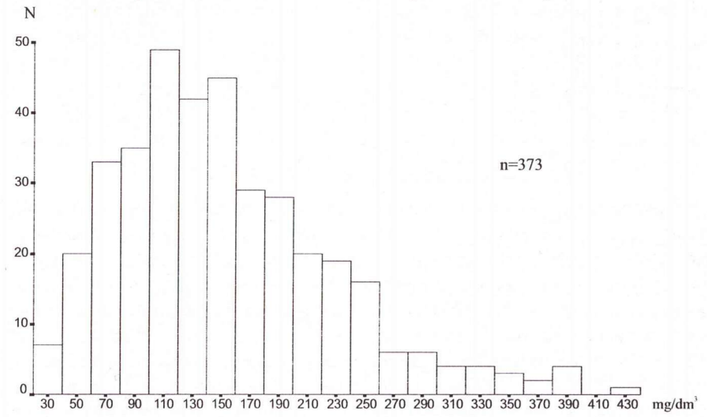


Fig. 13
Rozkład częstości stężeń wapnia
Frequency distribution of calcium concentrations

Ponad 75% badanych wód wykazała zawartość wapnia w granicach tła dla zwykłych wód podziemnych Polski, a stężenia w wodach podziemnych w dolinie Odry mieściły się w granicach tła dla GZWP 320. Stężenia przekraczające

200 mg/dm^3 obserwowano na wysoczyznach na północny wschód i południe oraz południowy zachód od Wrocławia. Należy przypuszczać, że pierwiastek ten dostaje się do wód podziemnych, podobnie jak większość wodorowęglanów, na drodze rozpuszczania węglanu wapnia obecnego w utworach czwartorzędowych badanego terenu. Wzbogacenie antropogeniczne występuje prawdopodobnie tylko w jednym punkcie, w studni kopanej w miejscowości Poświętne, poniżej zakładów energetycznych z ocynkownią. Woda w tej studni oprócz stężenia wapnia w wysokości 428,5 mg/dm^3 charakteryzuje się wysokimi zawartościami pozostałych makroskładników (z wyjątkiem potasu), a także cynku, strontu i litu.

Mg^{2+} MAGNEZ

Tablica 2, tabela IV, figura 14.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	2,4–120,8; średnio 22,3 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,5–50 mg/dm^3
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	5,4–49 mg/dm^3

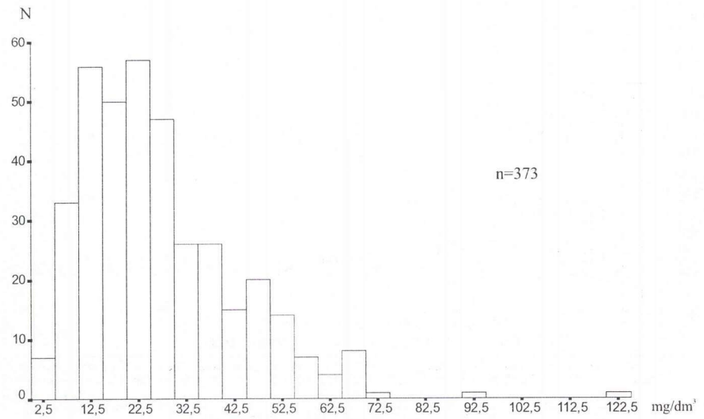


Fig. 14
Rozkład częstości stężeń magnezu
Frequency distribution of magnesium concentrations

Stężenia magnezu w wodach podziemnych okolic Wrocławia na ogół nie przekraczają tła hydrochemicznego dla zwykłych wód podziemnych Polski. Nieliczne wystąpienia powyżej 50 mg/dm^3 spotykano na wysoczyznach na południe, południowy zachód i północny wschód od Wrocławia, zawsze tam gdzie obserwowano wyższe zawartości innych makroskładników, zwłaszcza wapnia. Świadczy to o głównie naturalnym pochodzeniu magnezu w wodach podziemnych i tylko ekstremalnie wysokie zawartości (ponad 120 mg/dm^3 w miejscowości Ślęza), przy jednoczesnej podwyższonej zawartości innych składników, mogą wskazywać punkty, w których wody podziemne zostały antropogenicznie zmienione.

Na^+ SÓD

Tablica 2, tabela IV, figura 15.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	3,6–392,0; średnio 42,4 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	1–60 mg/dm^3
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	12,5–25 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	200 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	2%

W wodach podziemnych rejonu Wrocławia powszechnie obserwowano stężenia sodu przekraczające górną granicę tła hydrochemicznego dla wód podziemnych GZWP 320. Natomiast większość zanotowanych wartości nie wykraczała poza zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski, a wystąpienia powyżej 60 mg/dm^3 pojawiały się tylko punktowo. Jedynie na południe od Wrocławia (rejon osiedli Oltaszyn, Święta Katarzyna, Ślęza, Karwiany, Turów) oraz w centrum i we wschodnich rejonach miasta obserwowano strefy wyższych stężeń rzędu 60–200 mg/dm^3.

Ekstremalnie wysokie wartości rzędu powyżej 200 mg/dm^3 zanotowano tylko punktowo, zawsze razem z wysokimi stężeniami innych składników. Wskazują one na lokalne zanieczyszczenie warstwy wodonośnej lub tylko samego ujęcia.

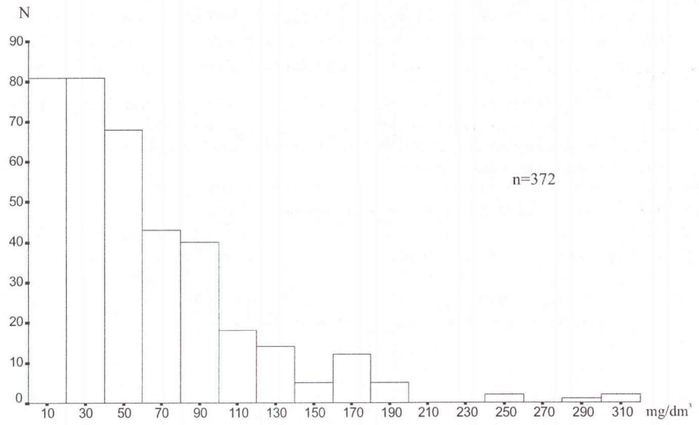


Fig. 15
Rozkład częstości stężeń sodu
Frequency distribution of sodium concentrations

K^+ POTAS

Tablica 2, tabela IV, figura 16.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	0,47–835,00; średnio 21,55 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,5–10 mg/dm^3
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	5–18 mg/dm^3

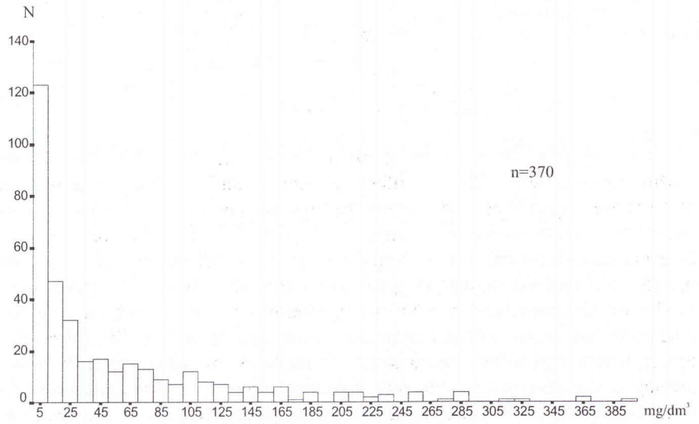


Fig. 16
Rozkład częstości stężeń potasu
Frequency distribution of potassium concentrations

Na całym obszarze arkusza potas w wodach podziemnych występuje w stężeniach znacznie przekraczających górną granicę tła wyznaczonego dla wód GZWP 320. Najwyższe jego stężenia związane są z rolniczymi obszarami położonymi na wysoczyznach i w dolinie Bystrzycy, jednak nie tyle z terenem użytków rolnych, co z rejonami zabudowy wiejskiej. Również w dolinie Odry i Widawy, gdzie zawartość potasu w wodach podziemnych jest relatywnie niższa, w studniach wiejskich pojawia się on w ilościach powyżej 100 mg/dm^3. Można więc powiedzieć, że w wodach podziemnych rejonu Wrocławia obserwuje się bytowe zanieczyszczenie potasem, zwłaszcza na terenach wiejskich, w dużym stopniu zwodociągowanych, natomiast pozbawionych na ogół kanalizacji.

W wodach podziemnych w samym Wrocławiu stężenia potasu utrzymują się w większości na poziomie poniżej 20 mg/dm^3, a wartości kilkudziesięciu mg/dm^3 zanotowano w rejonach zabudowy podmiejskiej.

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 odległości od ogniska zanieczyszczeń, warunków utleniająco-redukcyjnych środowiska oraz aktywności organizmów uczestniczących w reakcjach redox. Migracja mineralnych form azotu w wodach podziemnych, zwłaszcza jonu amonowego, jest ograniczona na skutek sorpcji przez materiał warstwy wodonośnej.

$N–NH_4$ AZOT AMONOWY

Tablica 3, tabela IV, figura 17.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,08–131,95; średnio 0,16 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–0,8 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	0,5 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	18%

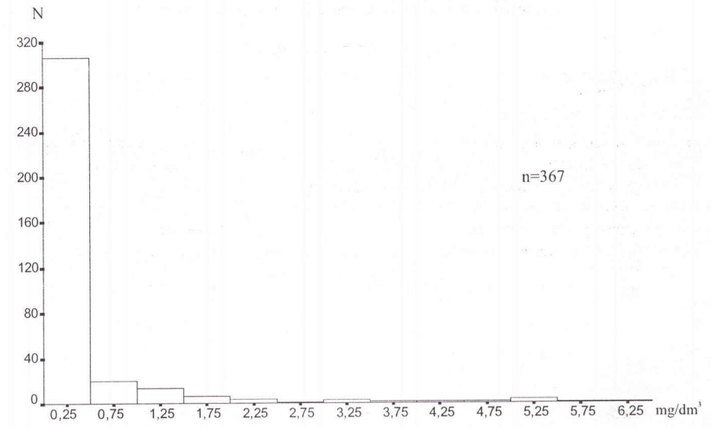


Fig. 17
Rozkład częstości stężeń azotu amonowego
Frequency distribution of ammonia nitrogen concentrations

Na większości badanego terenu w istniejących studniach kopanych, gdzie wody podziemne są dobrze natlenione, nie wykryto azotu amonowego na poziomie oznaczalnym wybraną metodą lub występował on w ilościach dozwolonych przez przepisy sanitarne. Stężenia w zakresie 0,5–10 mg/dm^3 notowano na wysoczyznach tylko punktowo i świadczyły na ogół o sąsiedztwie ogniska zanieczyszczeń organicznych i złym stanie sanitarnym opróbowanego ujęcia wody. Natomiast w wodach pobranych ze studni wierconych i sond hydrogeologicznych często notowano niewielkie stężenia $N–NH_4$, co może oznaczać, że azot w formie zredukowanej jest obecny w wodach podziemnych w rejonie Wrocławia, tylko w sprzyjających warunkach szybko utlenia się do azotynów i azotanów.

Dość powszechnie oznaczano azot amonowy w punktach blisko koryta Odry. Najwyższe stężenia azotu amonowego obserwowano w rejonie ujścia do Odry cieku odprowadzającego wody z pól irygacyjnych. Można przypuszczać, że duża ilość substancji organicznej w osadach tarasów zalewowych, powodując warunki redukcyjne nawet w płytko położonych warstwach wodonośnych, przeciwdziała utlenianiu się azotu amonowego.

$N–NO_2$ AZOT AZOTYNOWY

Tablica 3, tabela IV, figura 18.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,01–1,04; średnio <0,01 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–0,01 mg/dm^3

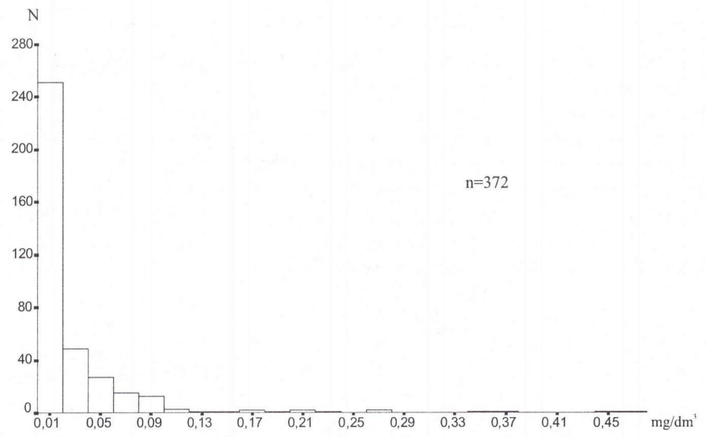


Fig. 18
Rozkład częstości stężeń azotu azotynowego
Frequency distribution of nitrite nitrogen concentrations

Azot azotynowy dość powszechnie oznaczano w małych stężeniach w wodach pobranych ze studni kopanych. Towarzyszył on podwyższonym zawartościom azotu azotanowego, a tylko punktowo stwierdzono go również w towarzystwie azotu amonowego, w miejscach, gdzie bliskość ogniska zanieczyszczeń organicznych powodowała ciągły dopływ form zredukowanych, równoważący prędkość ich utleniania. W takich punktach stężenia azotynowej formy azotu osiągały wartość powyżej 0,1 mg/dm^3.

Nie stwierdzono natomiast występowania azotynów w wodach studni wierconych i większości sond hydrogeologicznych, pozbawionych kontaktu z powietrzem.

N–NO_3 AZOT AZOTANOWY

Tablica 3, tabela IV, figura 19.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,11–221,41; średnio 5,88 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–1 mg/dm^3
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	0,4–1,5 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	10 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	57%

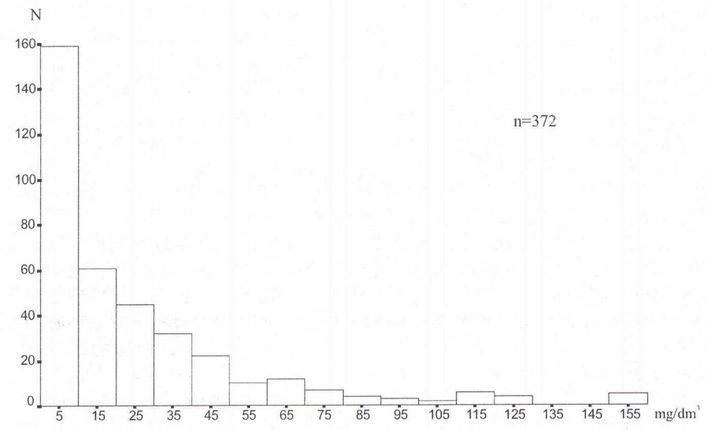


Fig. 19
Rozkład częstości stężeń azotu azotanowego
Frequency distribution of nitrate nitrogen concentrations

Azotany są powszechnie obecne w wodach podziemnych badanego obszaru. Najwyższe stężenia obserwowano w wodach ze studni kopanych, gdzie woda dodatkowo jest natleniana w samym ujęciu. Nie stwierdzano natomiast tej formy azotu w wodach ze studni wierconych i większości sond hydrogeologicznych na obszarach leśnych i łąkowych. Wartości przekraczające przepisy sanitarne oznaczono w ponad połowie badanych punktów. Potwierdza to tezę m.in. Roszaka (1991) o obszarowym, rolniczym zanieczyszczeniu azotanami płytkich wód podziemnych okolic Wrocławia.

SKŁADNIKI PODRZĘDNE I MIKROSKŁADNIKI

Al GLIN

Tablica 8, tabela IV, figura 20.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,05–11,19; średnio <0,05 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,05–0,5 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	0,3 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	2%

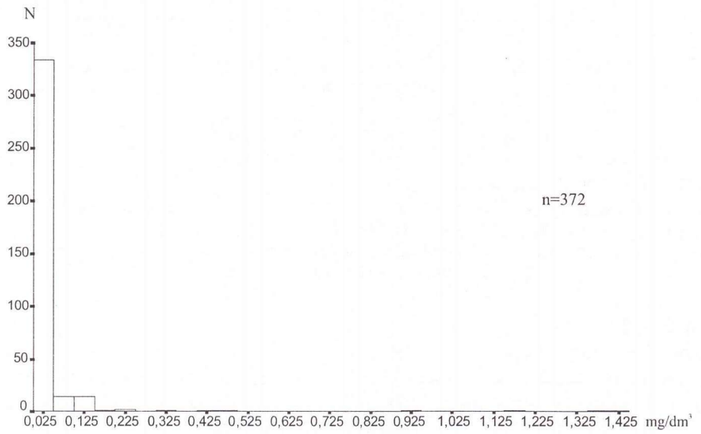


Fig. 20
Rozkład częstości stężeń glinu
Frequency distribution of aluminium concentrations

Glin w wodach podziemnych Wrocławia i okolic występuje w bardzo małych ilościach – na ogół poniżej 0,05 mg/dm^3. Tylko w dolinach Odry i Widawy powyżej Wrocławia zanotowano miejscami stężenia dochodzące do 1 mg/dm^3 i więcej. Należy przypuszczać, że glin w wodach podziemnych pochodzi głównie z naturalnego rozpuszczania glinokrzemianów. Na zalesionych terenach tarasów zalewowych duża ilość substancji organicznej, zakwaszając wody, wzmaga ten proces, co powoduje podwyższenie stężeń. Przy ponownym opróbowaniu w 1998 roku rejonów, gdzie wody podziemne były wzbogacone w glin, stwierdzono w większości spadek stężeń, albo na skutek rozcieńczenia wód podziemnych przy wzmożonej infiltracji wód powodziowych lub dzięki zwiększonym ilościom rozpuszczonej krzemionki, która zmniejsza rozpuszczalność glinu w wodzie. Tylko na zachodnim krańcu wsi Kotowice (Durok), na południe od Wrocławia, stężenia tego pierwiastka wzrosły, co może sugerować stały antropogeniczny dopływ glinu do wód podziemnych w tym rejonie.

As ARSEN

Tabela IV.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,05–0,08; średnio <0,05 mg/dm^3
Stężenia typowe dla czystych wód podziemnych*	<0,01 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	0,05 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	<0,5%

* Według Szwarcewa [w:] Macioszczyk, 1987.

Na terenie Wrocławia i okolic w wodach podziemnych nie wykryto arsenu na poziomie oznaczalnym przy pomocy zastosowanej metody pomiarowej. Tylko w jednej studni kopanej, w miejscowości Wilkszyn, zanotowano stężenie tego pierwiastka w ilości 0,08 mg/dm^3, co powinno zdyskwalifikować tę studnię jako źródło wody pitnej, przynajmniej do czasu przeprowadzenia szczegółowych badań.

B BOR

Tablica 4, tabela IV, figura 21.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,05–1,18; średnio 0,13 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,01–0,1 mg/dm^3

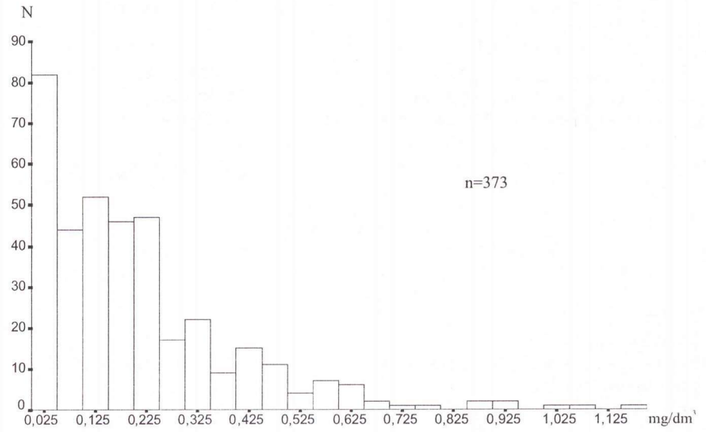


Fig. 21
Rozkład częstości stężeń boru
Frequency distribution of boron concentrations

Obecność boru w badanych wodach podziemnych stwierdzono na całym obszarze, w większości na poziomie wyższym niż zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski. Przyczyną tego są bardzo dobre parametry migracji tego pierwiastka, 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, galwanizernie). Stężenia powyżej 0,1 mg/dm^3 w wodach podziemnych obserwowano na gęsto zaludnionych terenach Wrocławia, jego przedmieść i okolicznych wsi. Najwyższe wartości stężeń stwierdzono w studniach kopanych, co może świadczyć o zanieczyszczeniu samych, źle zabezpieczonych ujęć. W wodach ze studni wierconych i sond hydrogeologicznych średnie zawartości tego pierwiastka były znacznie niższe. Najniższe stężenia zanotowano w wodach na obszarach lasów oraz łąk i pól.

Ba BAR

Tablica 9, tabela IV, figura 22.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	0,009–0,581; średnio 0,068 mg/dm^3
Stężenia najczęściej spotykane w wodach podziemnych strefy utleniającej*	0,002–0,01 mg/dm^3

* Według Szwarcewa [w:] Macioszczyk, 1987.

Stężenia baru w badanych wodach podziemnych są dość zróżnicowane i na całym terenie przekraczają wartości spotykane w czystych wodach strefy utleniania. Mimo to należy sądzić, że pochodzenie baru jest naturalne, podobnie jak wapnia i magnezu, z rozpuszczania w środowisku kwaśnym minerałów obecnych w osadach czwartorzędowych. Najwyższe stężenia, powyżej 0,1 mg/dm^3, obserwowano przede wszystkim w dolinach rzek, z wyjątkiem Odry poniżej Wrocławia. Najwyższe średnie zawartości baru notowano na obszarach pól uprawnych i łąk (tabela IV). Generalnie niższe wartości występowały w wodach ze studni kopanych, co może świadczyć o zubożeniu wód w ten pierwiastek np. wskutek adsorpcji przez tlenki i wodorotlenki żelaza i manganu w punktach napowietrzania wód podziemnych przez płytkie ujęcia.

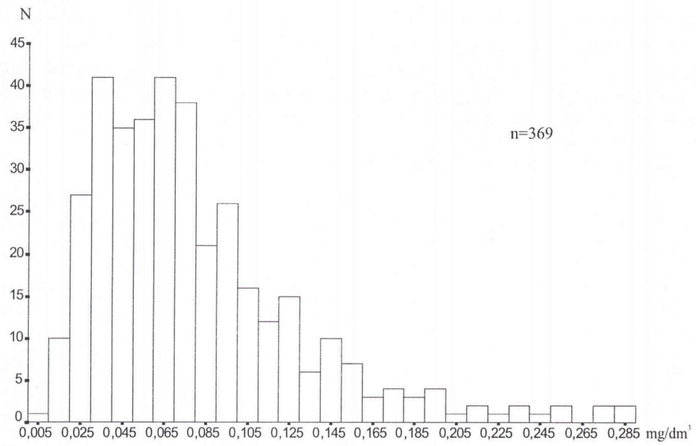


Fig. 22
Rozkład częstości stężeń baru
Frequency distribution of barium concentrations

Br BROM

Tabela IV, figura 23 i 24.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,10–2,32; średnio <0,10 mg/dm³
Najczęściej spotykane stężenia	
w nisko zmineralizowanych wodach podziemnych*	0–0,1 mg/dm³

* Według Szwarcewa [w:] Macioszczyk, 1983.

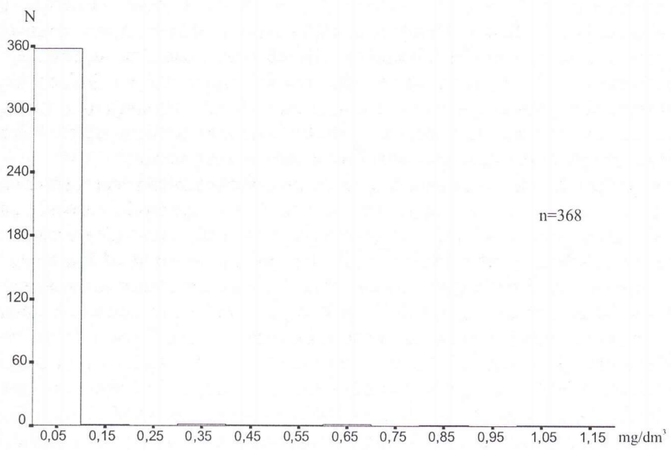


Fig. 23
Rozkład częstości stężeń bromu
Frequency distribution of bromine concentrations

Brom w wodach podziemnych badanego obszaru występuje w ilościach nie przekraczających 0,1 mg/dm³. Nieliczne wyższe stężenia bromu zanotowano jedynie w sąsiedztwie koryta Odry (fig. 24) i wahały się one w szerokim przedziale od 0,1 do ponad 2 mg/dm³. Tak duże różnice i brak naturalnych źródeł bromu świadczą o lokalnym antropogenicznym wzbogaceniu wód podziemnych w ten pierwiastek, zwłaszcza w wodach ze studni na terenie Wrocławia. Dalszych szczegółowych badań wymaga zinterpretowanie podwyższonych stężeń w wodach z sond hydrogeologicznych na terenach leśnych południowego i łąkowych północnego odcinka doliny Odry.

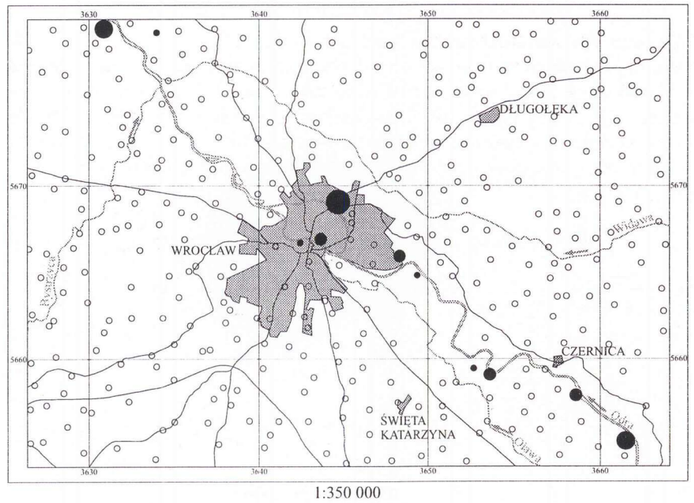


Fig. 24
Przestrzenny rozkład stężeń bromu
Spatial distribution of bromine concentrations

Cd KADM

Tabela IV, figury 25 i 26.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,005–0,230; średnio <0,005 mg/dm³
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,0001–0,0005 mg/dm³
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	0,0013–0,0120 mg/dm³
Najwyższa dopuszczalna zawartość według	
przepisów sanitarnych dla wód pitnych	0,005 mg/dm³
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość 0,8%	

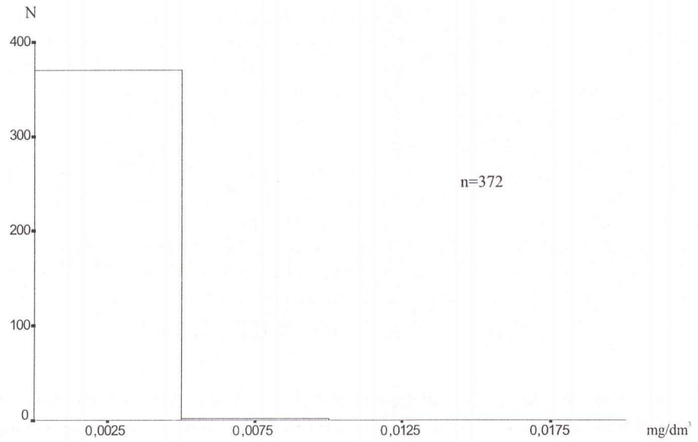


Fig. 25
Rozkład częstości stężeń kadmu
Frequency distribution of cadmium concentrations

W wodach podziemnych badanego terenu generalnie nie stwierdzono kadmu w ilościach oznaczalnych w przyjętej metodzie pomiarowej. Tylko w wodach

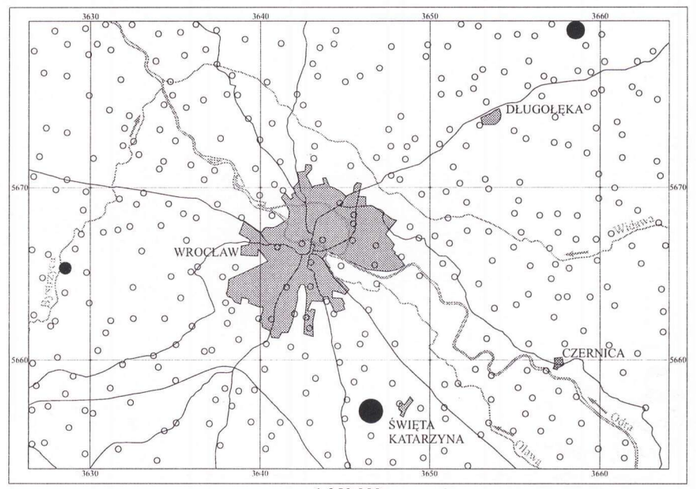


Fig. 26
Przestrzenny rozkład stężeń kadmu
Spatial distribution of cadmium concentrations

z dwóch studni kopanych wykryto ten pierwiastek – na zanieczyszczonym podwórzu przy warsztacie samochodowo-rolniczym w miejscowości Smardzów – 0,23 mg/dm³ (wraz z podwyższonymi stężeniami chromu, miedzi, cynku i niklu) oraz w Samotworze nad Bystrzycą w ilości 0,006 mg/dm³. W wodzie z jednej sondy hydrogeologicznej na wschód od Januszkowic oznaczono 0,007 mg/dm³ kadmu, który współwystępował z podwyższonymi zawartościami manganu i żelaza. Punktowe wystąpienia świadczą o lokalnym, antropogenicznym wprowadzeniu tego pierwiastka do wód podziemnych. Ponowne opróbowanie w roku 1998 nie potwierdziło podwyższonej ilości kadmu w Samotworze, pozostałe punkty nie były opróbowane.

Co KOBALT

Tablica 6, tabela IV, figura 27.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,008–0,159; średnio <0,008 mg/dm³
Stężenia najczęściej spotykane	
w wodach podziemnych strefy utleniającej*	0,0005–0,003 mg/dm³

* Według Szwarcewa [w:] Macioszczyk, 1987.

Kobalt w wodach podziemnych Wrocławia i okolic występuje na ogół w stężeniach poniżej 0,008 mg/dm³. Nieliczne wyższe wartości notowano punktowo, zwłaszcza w dolinie Odry i po zachodniej jej stronie. Najwyższą wartość zaobserwowano w studniach kopanych przy Kościele Św. Agnieszki i na działkach w sąsiedztwie składowiska odpadów w Maślicach, a opróbowanie z 1998 roku potwierdziło obecność kobaltu w wodach podziemnych w tym rejonie. Wraz z kobaltem w wodach wokół składowiska obserwowano podwyższone zawartości cynku, niklu i żelaza oraz siarczanów.

Wysokie zawartości kobaltu wykryto również we wschodniej części wsi Kotowice na południe od Siechnic, gdzie pierwiastek ten towarzyszył wysokim stężeniom niklu i glinu oraz w miejscowości Ślęza, przy bardzo wysokiej mineralizacji i podwyższonych stężeniach makroskładników oraz niklu, miedzi, litu, strontu, baru i manganu. Wzbogacone w kobalt, nikiel i miedź, żelazo i mangan były też

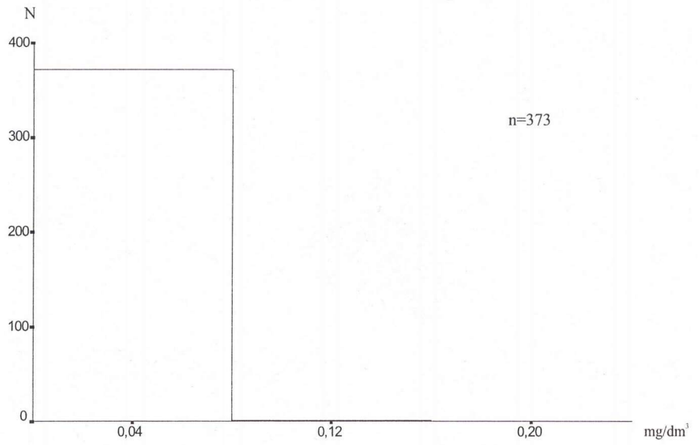


Fig. 27
Rozkład częstości stężeń kobaltu
Frequency distribution of cobalt concentrations

wody z dwóch sond hydrogeologicznych z pól w rejonie na zachód od Strzeganowic, wzdłuż drogi A4.

Prawdopodobnie źródłem kobaltu w wodach podziemnych są punktowe zanieczyszczenia antropogeniczne na 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.

Cr CHROM

Tabela IV.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,02–0,14; średnio <0,02 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,0001–0,02 mg/dm^3
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	0,00095–0,037 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	0,01 mgCr^{6+}/dm^3

Chrom całkowity w wodach podziemnych stwierdzono tylko w jednej studni kopanej w Smardzowie, na zachód od Świętej Katarzyny. W tym samym punkcie zanotowano podwyższone stężenia kadmu, miedzi, cynku i niklu. Należy przypuszczać, że jest to klasyczny przypadek punktowego zanieczyszczenia wód w ujęciu na podwórzu wiejskiego warsztatu samochodowo-rolniczego. Na pozostałym obszarze chromu w ilościach oznaczalnych w wodach podziemnych nie stwierdzono.

Cu MIEDŹ

Tablica 7, tabela IV, figura 28.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,005–0,846; średnio <0,005 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,001–0,2 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	0,05 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	<0,5%

Stężenia miedzi w wodach podziemnych na badanym obszarze na ogół nie przekraczają 0,005 mg/dm^3, punktowo tylko, np. w rejonie Leśnicy czy Chrząstawy dochodząc do 0,01 mg/dm^3. Wyższe wartości do 0,05 mg/dm^3 zanotowano tylko w wodach ze studni na wschód i południowy wschód od Chrząstawy oraz punktowo z kilku studni kopanych na całym terenie. Najwyższe stężenie w wysokości 0,846 mg/dm^3 stwierdzono w wodzie ze studni kopanej w miejscowości Gałówek na lewym Brzegu Strzegomki. Ponowne opróbowanie w 1998 roku wykazało nawet wyższą zawartość miedzi – 0,929 mg/dm^3. Podwyższenie stężeń tego pierwiastka w badanych wodach podziemnych ma niewątpliwie charakter antropogeniczny i wiąże się z lokalnymi ogniskami zanieczyszczeń na powierzchni terenu – np. z miejscami składowania i intensywnego stosowania środków ochrony roślin.

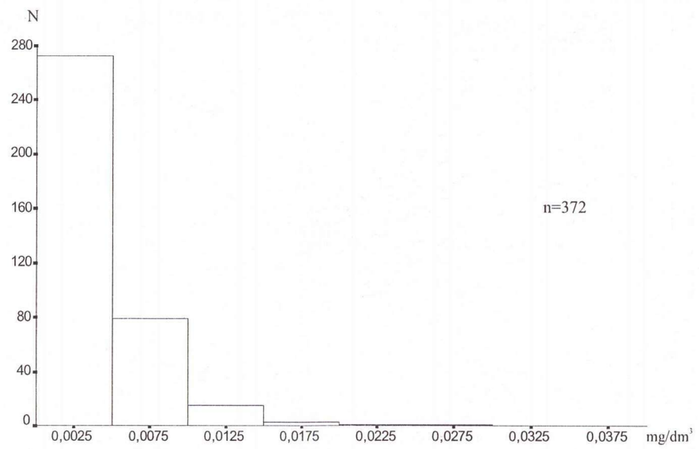


Fig. 28
Rozkład częstości stężeń miedzi
Frequency distribution of copper concentrations

F FLUOR

Tablica 4, Tabela IV, figura 29.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,10–1,86; średnio <0,10 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,05–0,5 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	1,5 mg/dm^3 (wskazane nie mniej niż 0,3 mg/dm^3)
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	<0,5%

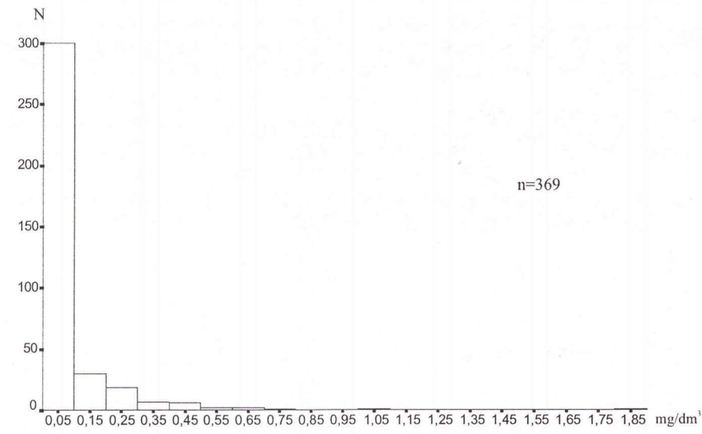


Fig. 29
Rozkład częstości stężeń fluoru
Frequency distribution of fluorine concentrations

Zdecydowana większość zbadanych próbek wód podziemnych cechowała się stężeniami fluoru na poziomie mniejszym niż wykrywalność zastosowanej metody (0,1 mg/dm^3). Tam gdzie stwierdzono występowanie fluorków, ich stężenie na ogół nie osiągało nawet wartości zalecanej przez przepisy sanitarne dla wód pitnych (95% oznaczeń poniżej wartości 0,3 mg F/dm^3). Wyższe wartości obserwowano tylko punktowo na wysoczyznach i w dolinie Widawy. Tylko w jednej sondzie hydrogeologicznej w dolinie Widawy zanotowano wartość wyższą niż 1,5 mg/dm^3, jednak po ponownym opróbowaniu w 1998 roku stwierdzono, że stężenie to wyraźnie spadło do 0,19 mg/dm^3.

Fe ŻELAZO

Tablica 5, tabela IV, figura 30.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,01–40,19; średnio 0,08 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,02–5,0 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	0,5 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	23%

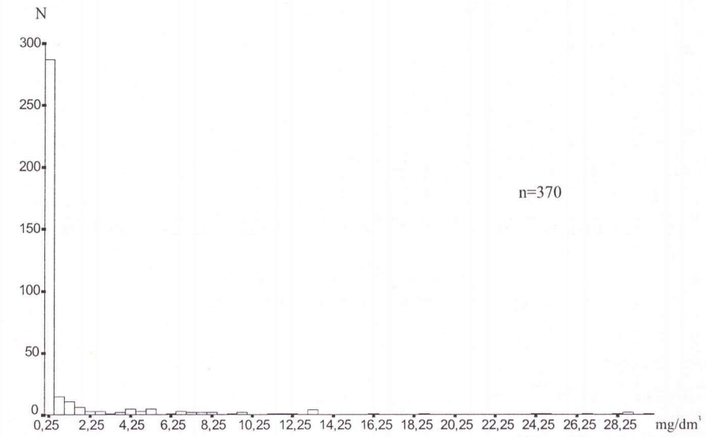


Fig. 30
Rozkład częstości stężeń żelaza
Frequency distribution of iron concentrations

Stężenia żelaza w wodach podziemnych Wrocławia i okolic zawierają się w szerokim przedziale wartości od poniżej 0,05 mg/dm^3 na ogół na wysoczyznach do kilkudziesięciu mg/dm^3 miejscami w dolinach rzek. Generalnie stężenia tego pierwiastka w dolinach rzecznych osiągają wartości powyżej 0,5 mg/dm^3, co spowodowane jest prawdopodobnie obecnością dużej ilości substancji organicznej i niskimi wartościami pH wód podziemnych. Najwyższe wartości stężeń żelaza notowano w punktach, gdzie potencjał Eh osiągał najniższe wartości.

Na wysoczyznach po wschodniej stronie Odry wyższe stężenia żelaza obserwowano w wodach ze studni wierconych i sond hydrogeologicznych, podobnie jak w dolinach rzek, przy niskim pH i Eh. W wodach ze studni kopanych stężenia na poziomie 0,5–3,0 mg/dm^3 pojawiły się tylko punktowo na południe od Wrocławia.

Prawdopodobnie większość żelaza w wodach podziemnych badanego obszaru jest pochodzenia naturalnego, różnice jego stężeń wynikają natomiast ze zmian warunków panujących w warstwie wodonośnej, zwłaszcza pH, Eh oraz ilości i rodzaju substancji organicznej. Prawdopodobnie na naturalny rozkład tych stężeń nakładają się lokalnie wzbogacenia, będące efektem antroporesji, jednak trudno je zidentyfikować. Można przypuszczać, że obszarem, gdzie zawartości żelaza w wodach podziemnych nie są wynikiem jedynie procesów naturalnych jest aglomeracja Wrocławia. Wzbogacenie wód podziemnych w ten pierwiastek może tu następować w efekcie zanieczyszczenia obszarowego na terenach przemysłowych pyłami, odpadami stałymi i ściekami, ale również punktowo, z elementów konstrukcyjnych studni, często zaopatrzonych w pompy ręczne.

Hg RTĘĆ

Tabela IV.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,0001 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,0005–0,003 mg/dm^3
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	0,00023–0,00098 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	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 0,0001 mg/dm^3.

Li LIT

Tablica 9, tabela IV, figura 31.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,001–0,128; średnio 0,009 mg/dm^3
Najczęściej spotykane stężenia w nisko zmineralizowanych wodach podziemnych*	0–0,05 mg/dm^3

* Według Szwarcewa [w:] Macioszczyk, 1987.

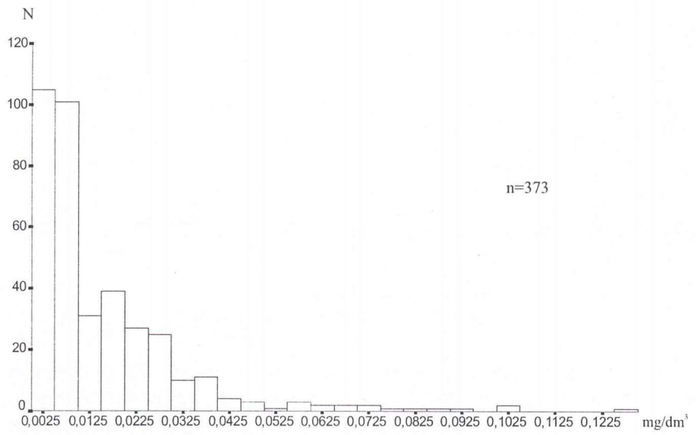


Fig. 31
Rozkład częstości stężeń litu
Frequency distribution of lithium concentrations

Stężenia litu w wodach podziemnych obszaru na wschód od Odry oraz na północ od Bystrzycy nie przekraczają na ogół 0,01 mg/dm^3. Stężenia rzędu 0,01–0,05 mg/dm^3 pojawiały się tam tylko w dolinie Widawy i punktowo na wysoczyźnie. Natomiast na terenie między dolinami Odry i Bystrzycy zawartości litu są większe, na ogół 0,01–0,05 mg/dm^3, a lokalnie nawet do 0,1 mg/dm^3. Zwiększone stężenia tego pierwiastka należy prawdopodobnie wiązać z występowaniem stosunkowo płytko iłów trzeciorzędowych w podłożu osadów czwartorzędu.

Stężenie litu powyżej 0,1 mg/dm^3 stwierdzono tylko w wodach z dwóch studni kopanych – w Prawocinie na południe od Siechnic oraz w Żurawińcu na południowy zachód od Wilkszyna. Istnieje możliwość, że w tych przypadkach nastąpiło antropogeniczne zanieczyszczenie wód podziemnych litem.

Mn MANGAN

Tablica 5, tabela IV, figura 32.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,002–7,583; średnio 0,061 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,01–0,4 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	0,1 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	45%

Mangan występuje w badanych wodach podziemnych powszechnie, towarzysząc na ogół związkom żelaza. Źródła tego pierwiastka mają w większości charakter naturalny, a wpływ czynników antropogenicznych na jego stężenia w wodach podziemnych polega przede wszystkim na zmianie warunków pH i Eh środowiska. Podobnie jak w przypadku żelaza, najwyższe stężenia obserwowano na terenach miejskich i podmiejskich prawobrzeżnej części Wrocławia, a także w leśnych obszarach w dolinie Widawy i w dolinie Odry.

Na całym obszarze w 45% badanych punktów stężenie manganu w wodzie przekraczało graniczną wartość przepisów sanitarnych dla wód pitnych (0,1 mg/dm^3). 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.

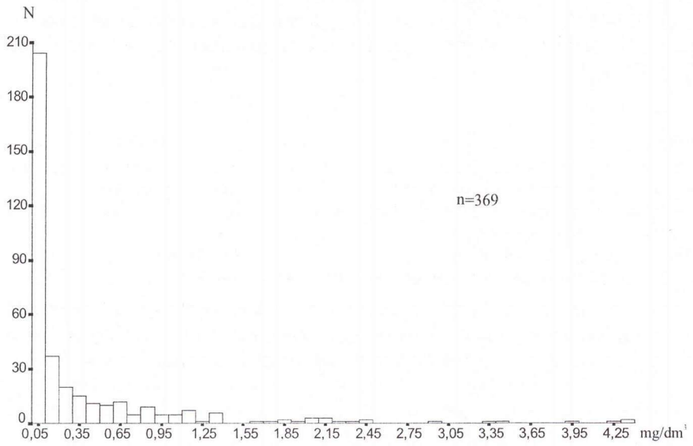


Fig. 32
Rozkład częstości stężeń manganu
Frequency distribution of manganese concentrations

Mo MOLIBDEN

Tabela IV, figura 33 i 34.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,01–0,02; średnio <0,01 mg/dm^3
Wartość średnia w czystych wodach podziemnych klimatu umiarkowanego*	0,001 mg Mo^{4+}/dm^3

* Według Szwarcewa [w:] Macioszczyk, 1987.

Stężenia molibdenu w wodach podziemnych badanego terenu nie przekraczają na ogół wartości 0,001 mg/dm^3. Bardzo nieliczne punktowe wystąpienia w stężeniach oznaczalnych przedstawiono na fig. 34. Pochodzenie molibdenu w wodzie ze studni kopanej w Jerzmanowie jest prawdopodobnie antropogeniczne, a zanieczyszczenie ujęcia lub jego sąsiedztwa nastąpiło bezpośrednio z odpadów lub ścieków. Wzbogacenie w molibden wody w studni wierconej w Siechnicach może być efektem długoletniej działalności przemysłowej na tym terenie. Molibden w wodzie z sondy hydrogeologicznej na południe od Borowej dostał się do niej prawdopodobnie, gdy pierwiastek ten został wtórne uwolniony ze szczątków obumarłych roślin, uprzednio selektywnie go przyswajających.

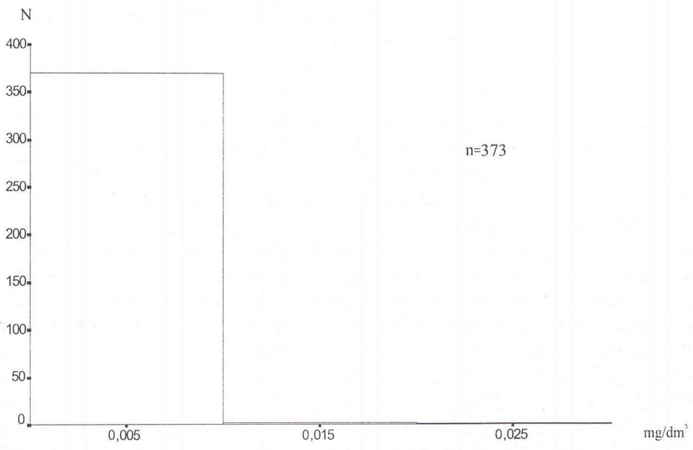
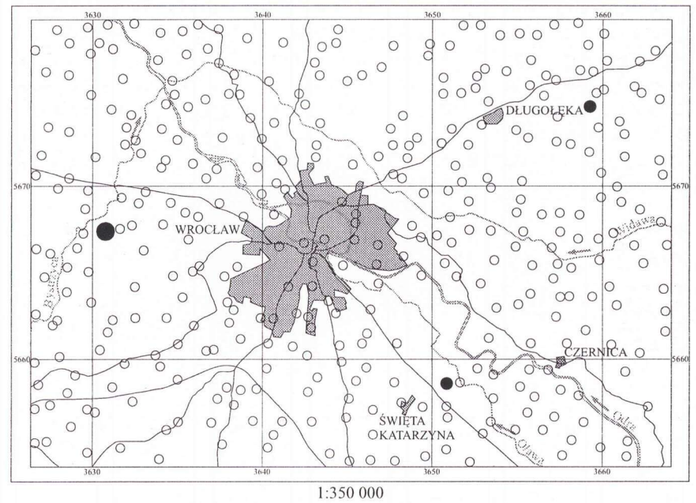


Fig. 33
Rozkład częstości stężeń molibdenu
Frequency distribution of molibdenum concentrations



stężenie Mo mg/dm^3

○ <0,01 ● 0,01 ● 0,02

Fig. 34
Przestrzenny rozkład stężeń molibdenu
Spatial distribution of molibdenum concentrations

Ni NIKIEL

Tablica 6, Tabela IV, figura 35.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,01–0,34; średnio <0,01 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,001–0,005 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	0,03 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	5%

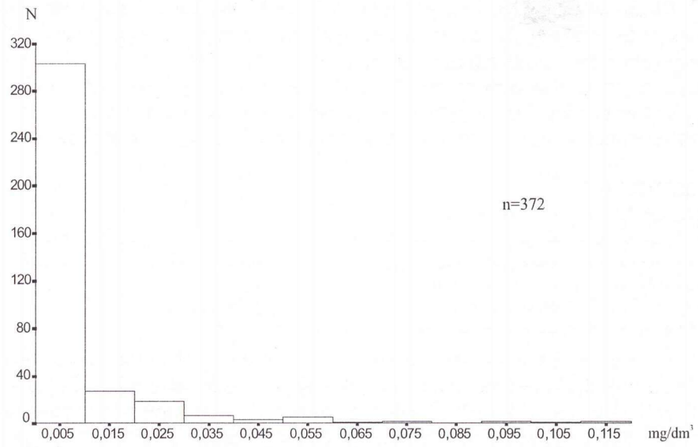


Fig. 35
Rozkład częstości stężeń niklu
Frequency distribution of nickel concentrations

Nikiel w badanych wodach podziemnych pojawiał się punktowo, na ogół nie przekraczając stężeń dopuszczalnych dla wód pitnych. Jego zawartości wynosiły od poniżej 0,01 mg/dm^3 do 0,03 mg/dm^3 lokalnie, zwłaszcza w dolinie Odry i między Odrą i Widawą. W nielicznych wypadkach, kiedy jego zawartość prze-

kraczała granicę podaną w polskich przepisach sanitarnych, towarzyszył podwyższonym stężeniom innych metali jak kobalt, miedź, cynk czy glin. Najwyższe stężenia zanotowano w rejonie składowiska odpadów w Maślicach, na wschodnim krańcu wsi Kotowice na południe od Siechnic oraz w miejscowości Ślęza i kilku punktach na południowo-zachodnim krańcu arkusza. Należy przypuszczać, że powodem podwyższonych stężeń niklu, jak i współwystępujących z nim metali, jest lokalna działalność gospodarcza (obecnie lub w przeszłości), mająca jednakże niewielki wpływ na jakość wód podziemnych w skali całego badanego obszaru.

P FOSFOR

Tablica 4, tabela IV, figury 36 i 37.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,2–8,4; średnio 0,3 mg/dm^3
Wartość średnia w wodach podziemnych klimatu umiarkowanego*	0,07 mg/dm^3

* Według Szwarcewa [w:] Macioszczyk, 1987.

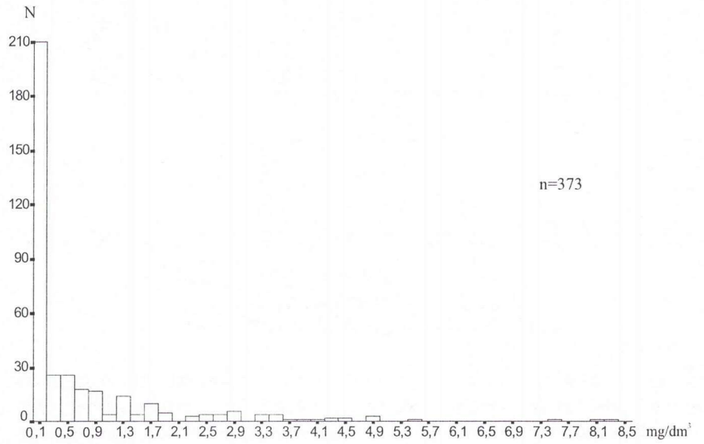


Fig. 36
Rozkład częstości stężeń fosforu
Frequency distribution of phosphorus concentrations

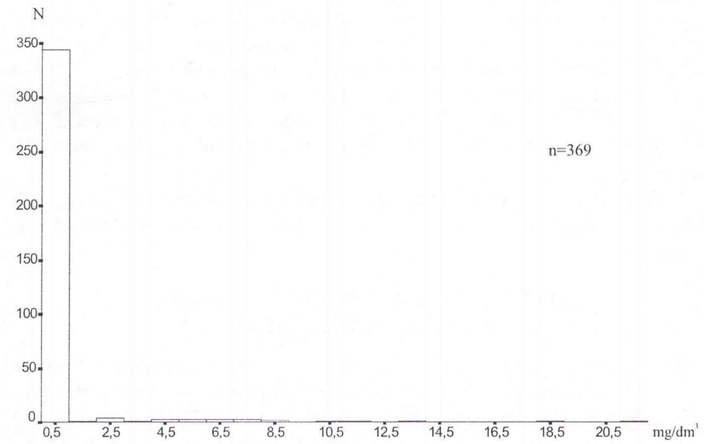


Fig. 37
Rozkład częstości stężeń fosforanów
Frequency distribution of phosphate concentrations

Stężenia całkowitego fosforu w wodach podziemnych badanego terenu wahają się na ogół w granicach od poniżej 0,2 do 0,5 mg/dm^3. Wzrost tych stężeń obserwowano punktowo, a najwyższe wartości notowano w wodach pobranych ze studni kopanych, zwłaszcza w dolinie Bystrzycy i Widawy. Tylko w nielicznych przypadkach podwyższone zawartości fosforu można było powiązać z występowaniem fosforanów w wodach podziemnych. Przyczyną wzbogacenia wód podziemnych w rejonie Wrocławia w fosfor jest prawdopodobnie zanieczyszczenie tak substancjami stosowanymi w rolnictwie, jak i ściekami komunalnymi, przemysłowymi i hodowlanymi.

Pb OŁÓW

Tabela IV.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,05–0,29; średnio <0,05 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,001 –0,01 mg/dm^3
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	0,0056–0,32 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	0,05 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	<0,5%

Ołów w wodach podziemnych badanego obszaru występuje w stężeniach mniejszych niż dopuszczalna zawartość tego pierwiastka w wodach pitnych. Tylko w jednej studni wierconej w miejscowości Oleśniczka na południowy wschód od Długołęki oznaczono go w ilości 0,29 mg/dm^3. Tak duża zawartość mogła być spowodowana jedynie lokalnym zanieczyszczeniem samego ujęcia przez np. użycie ołowianych elementów w konstrukcji studni.

Si KRZEM (jako SiO_2)

Tablica 8, tabela IV, figura 38.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	1,4–49,7; średnio 14,8 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	1–30 mg/dm^3

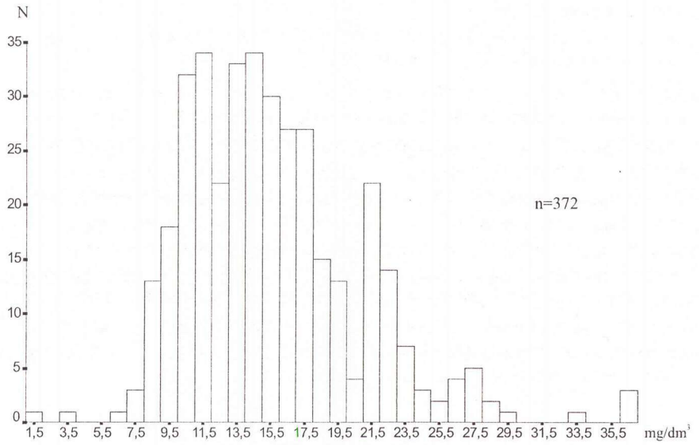


Fig. 38
Rozkład częstości stężeń krzemionki
Frequency distribution of silica concentrations

Stężenia krzemu w badanych wodach podziemnych utrzymują się w granicach wartości spotykanych w zwykłych wodach podziemnych Polski, na ogół nie przekraczając 20 mg/dm^3. Lokalnie wyższe stężenia do 30 mg/dm^3 obserwowano w dolinach rzek, na wysoczyznach notowano je tylko punktowo. Źródłem krzemu są powszechnie występujące w ośrodku skalnym krzemiany i glinokrzemiany, a tylko fakt, że są one trudno rozpuszczalne limituje zawartość krzemu w wodach podziemnych. Miejscowe podwyższenie jego stężeń należy wiązać ze zmianą lokalnych warunków, zwłaszcza zawartości substancji organicznej w wodach podziemnych.

Sr STRONT

Tablica 9, tabela IV, figura 39.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	0,066–4,139; średnio 0,378 mg/dm^3
Najczęściej spotykane stężenia w wodach podziemnych strefy utleniającej*	0,005–0,05 mg/dm^3

* Według Szwarcewa [w:] Macioszczyk, 1987.

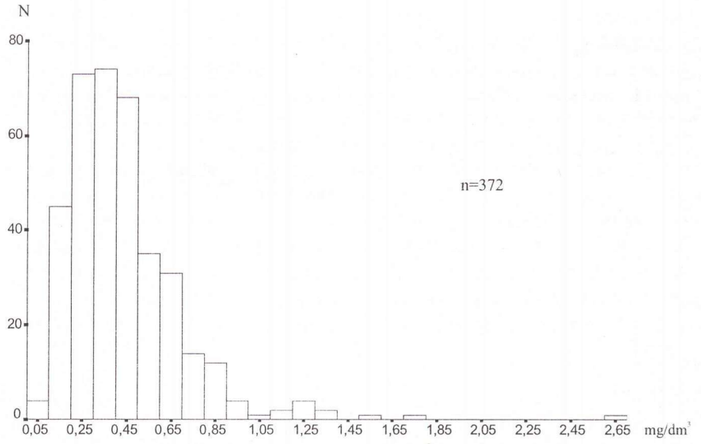


Fig. 39
Rozkład częstości stężeń strontu
Frequency distribution of strontium concentrations

Najczęściej spotykane stężenia strontu w wodach podziemnych na badanym obszarze mieszczą się w przedziale 0,2–0,5 mg/dm^3. Wartości wyższe spotykano na południe od Wrocławia między dolinami Odry i Ślęzy, a najwyższe stężenia powyżej 1 mg/dm^3 zanotowano w przemysłowych rejonach zachodniej części miasta, gdzie źródłem strontu są prawdopodobnie ścieki i odpady przemysłowe. Na pozostałym obszarze przyczyny podwyższonych zawartości strontu w wodach podziemnych należy szukać w naturalnych lub antropogenicznych zmianach warunków w warstwie wodonośnej, umożliwiających uruchomienie tego pierwiastka.

Najniższe wartości obserwowano w dolinach rzecznych oraz na rolniczych terenach wysoczyzn po wschodniej stronie Odry.

Ti TYTAN

Tablica 8, tabela IV, figura 40.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,005–0,031; średnio <0,005 mg/dm^3
Wartość średnia w wodach gruntowych*	0,01 mg/dm^3

* Według Kabaty-Pendias, Pendias, 1993.

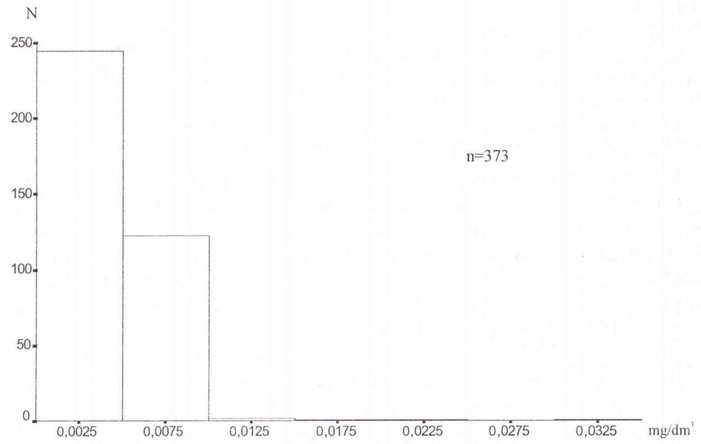


Fig. 40
Rozkład częstości stężeń tytanu
Frequency distribution of titanium concentrations

Po zachodniej stronie Odry stężenia tytanu w wodach podziemnych wahają się w granicach 0,005–0,006 mg/dm^3, a w dolinie Bystrzycy sięgają 0,007–0,008 mg/dm^3. To powszechne występowanie tytanu sugeruje jego naturalne pochodzenie z rozpuszczania minerałów bogatych w ten pierwiastek i prawdopodobnie związane jest z obecnością w podłożu utworów lodowcowych iłów trzeciorzędowych. Na wschód od koryta Odry stężenia Ti w wodach podziemnych nie przekraczają na ogół 0,005 mg/dm^3 z wyjątkiem kilku punktów w dolinie Widawy przy wschodniej granicy badanego obszaru, gdzie zanotowano wartości wyższe od 0,01 mg/dm^3 oraz w studniach przemysłowej dzielnicy Wrocławia–Psie Pole, w wodach których stężenia tytanu dochodziły do 0,007 mg/dm^3. Źródłem tytanu w tych rejonach mogą być odpady przemysłowe zawierające jego związki. W takim przypadku, ze względu na ograniczone zdolności migracji tytanu w wodach podziemnych, podwyższone stężenia utrzymują się tylko lokalnie w sąsiedztwie ogniska zanieczyszczeń.

V WANAD

Tabela IV, figury 41 i 42.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,01–0,02; średnio <0,01 mg/dm^3
Najczęściej spotykane stężenia w wodach podziemnej strefy utleniającej*	0,0005–0,002 mg/dm^3

* Według Szwarcewa [w:] Macioszczyk, 1987.

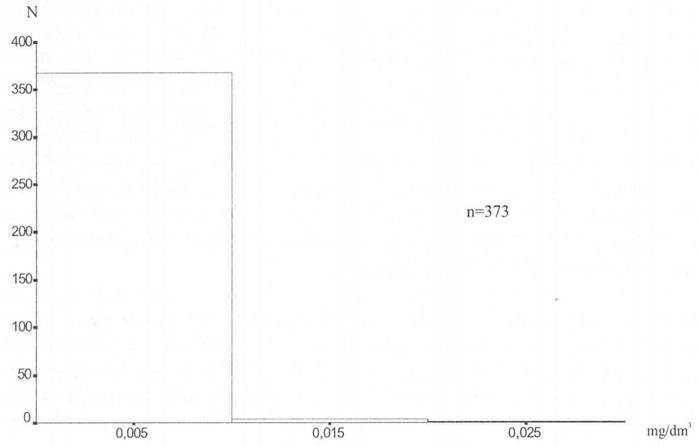


Fig. 41
Rozkład częstości stężeń wanadu
Frequency distribution of vanadium concentrations

Wanad w wodach podziemnych Wrocławia i okolic występuje w stężeniach niższych niż 0,01 mg/dm^3. Na poziomie 0,01 mg/dm^3 oznaczono go tylko w wodach czterech studni kopanych – w rejonie Tarnogaju i Brochowa, dalej na południe w Smardzowie oraz na północno-zachodnim krańcu w Brzezinie. W wodzie z jednej sądy hydrogeologicznej w lasach nad Widawą zanotowano 0,02 mg/dm^3. Jeśli potraktować te wartości za anomalne, wyznaczenie przyczyn i zasięgu strefy podwyższonych stężeń wymagałoby dalszych szczegółowych badań.

Zn CYNK

Tablica 7, Tabela IV, figura 43.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,01–3,49; średnio 0,06 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,005–0,05 mg/dm^3
Zakres tła dla wód podziemnych GZWP 320 – Pradolina Odry	0,07 –0,50 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	5 mg/dm^3
Udział oznaczeń przekraczających najwyższą dopuszczalną zawartość	0%

Cynk w badanych wodach podziemnych występuje powszechnie, na ogół w stężeniach nie przekraczających 0,05 mg/dm^3 na wysoczyznach i 0,1 mg/dm^3 w dolinach rzek. Tylko między Jelczem i doliną Widawy obserwowano stężenia rzędu 0,1–0,5 mg/dm^3 na terenie zagospodarowanym rolniczo. Punktowe wartości stężeń cynku powyżej 0,1 mg/dm^3 na obszarach wiejskich należy wiązać z zanieczyszczeniem ujęć wód podziemnych przede wszystkim substancjami stosowanymi w rolnictwie, zwłaszcza środkami ochrony roślin. We wszystkich takich punktach cynk występował razem z podwyższonymi stężeniami żelaza, czasem miedzi i chromu.

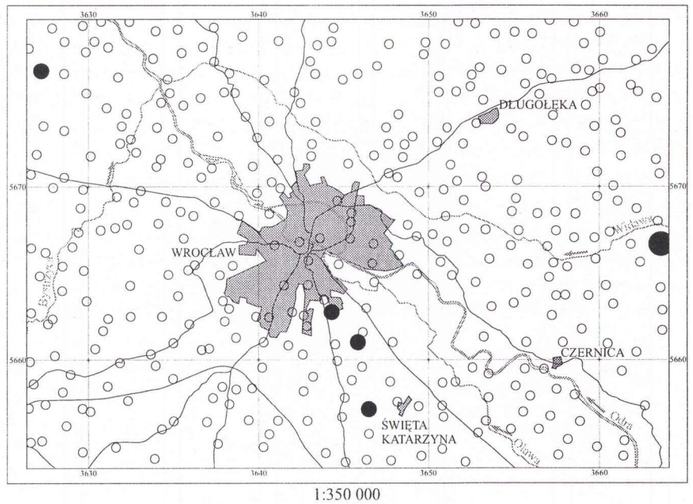


Fig. 42
Przestrzenny rozkład stężeń wanadu
Spatial distribution of vanadium concentrations

Na obszarze samego Wrocławia i jego przemysłowych obszarów podmiejskich obserwowano wzrost stężeń cynku w wodach podziemnych. Najwyższe wartości zanotowano w rejonie składowiska odpadów w Maślicach i wzdłuż północnych i zachodnich granic miasta. Tu również podwyższenie stężeń należy wiązać z antropogenicznym wzbogaceniem wód podziemnych w cynk, którego źródłem mogą być odpady i ścieki przemysłowe, a także wtórnie osadzane pyły, co tłumaczyłoby, przy przewadze wiatrów południowo-zachodnich, położenie na północy punktów o najwyższych stężeniach.

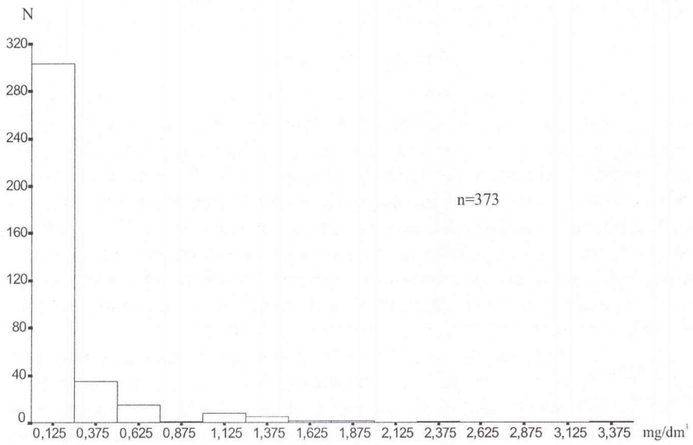


Fig. 43
Rozkład częstości stężeń cynku
Frequency distribution of zinc concentrations

SKŁADNIKI ORGANICZNE

FENOLE

Tablica 10, Tabela IV, figura 44.

Stężenia w wodach podziemnych Wrocławia i okolic	<0,1–2,9; średnio 0,1 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–0,001 mg/dm^3
Najwyższa dopuszczalna zawartość według przepisów sanitarnych dla wód pitnych	zapach niewyczuwalny

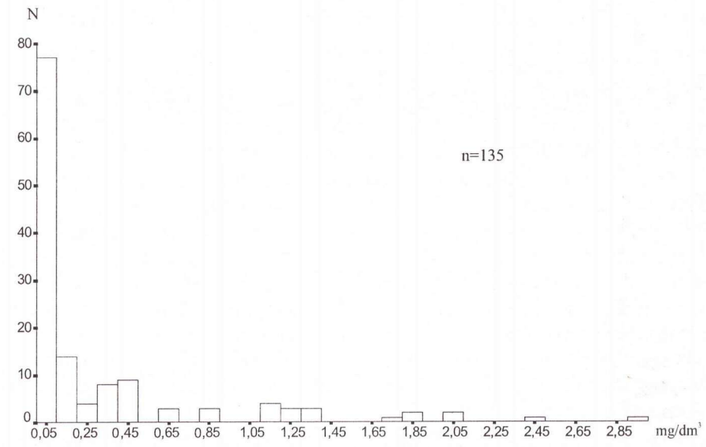


Fig. 44
Rozkład częstości stężeń fenoli
Frequency distribution of phenol concentrations

Stężenie fenoli (indeks fenolowy) było jedynym parametrem organicznym badanym w wodach podziemnych Wrocławia i okolic. Pomierzone zostało tylko w 135 punktach w wybranych rejonach, stwarzających możliwości zanieczyszczenia tymi związkami. Większość opróbowanych wód nie wykazała zawartości fenoli na poziomie wyższym niż dolna granica oznaczalności metody pomiarowej. Wyższe wartości spotykano punktowo, zwłaszcza na wysoczyznach na północny wschód i miejscami na południowy zachód od Wrocławia. Związane były na ogół z obszarami podmiejskimi oraz zabudowy wiejskiej i obserwowano je w wodach ze studni kopanych. Może to wskazywać na antropogeniczne pochodzenie fenoli i punktowe zanieczyszczenie poszczególnych ujęć wód podziemnych.

Obserwowane czasem podwyższone ładunki fenoli w wodach z sond hydrogeologicznych na obszarach pól, łąk i lasów sugerują, że źródłem pochodzenia niewielkich ilości tych związków może być również naturalny rozkład substancji organicznej.

W dolinach rzecznych, a co ciekawsze, również w sąsiedztwie pól irygacyjnych oczyszczających ścieki komunalne Wrocławia, nie obserwowano podwyższonych stężeń fenoli.

WPŁYW POWODZI LIPCOWEJ 1997 ROKU NA CHEMIZM WÓD PODZIEMNYCH

Według „Oceny stanu środowiska na obszarach objętych powodzią w 1997 roku" (1998) na badanym obszarze nie stwierdzono dużych obszarowych zanieczyszczeń, będących efektem powodzi. Analizy chemiczne wód rzecznych, prowadzone w I i II półroczu 1997 roku oraz w czasie powodzi i bezpośrednio po jej ustąpieniu nie wykazały wzrostu stężeń substancji chemicznych, tak organicznych, jak i nieorganicznych, pomimo zalania i uszkodzenia wielu zakładów i urządzeń przemysłowych i komunalnych. Tylko w pierwszej dekadzie lipca zanotowano znaczące niedotlenienie wód rzecznych i bardzo wysokie stężenia zawiesiny ogólnej oraz podwyższenie stężeń związków biogennych, zwłaszcza fosforu i azotu azotynowego. Od końca lipca notowano ogólny spadek stężeń wszystkich składników wód rzecznych na skutek ich rozcieńczenia.

Chemizm wód rozlewisk powodziowych nie różnił się od na ogół od notowanych wartości w wodach rzecznych o tej porze roku. Z czasem obserwowano tylko wzrost stężeń związków organicznych (wynikający z rozkładu substancji organicznej) oraz spadek zawartości rozpuszczonego tlenu. Nie stwierdzono występowania zwiększonych stężeń metali z wyjątkiem cynku (Zacisze, Kotowice) i miedzi (rejon Maślic). Stężenia te jednak nie przekraczały wartości granicznych dla I klasy czystości wód powierzchniowych (Ocena..., 1998). Stężenia fenoli nie przekraczały wartości utrzymujących się zwykle w wodach powierzchniowych, z wyjątkiem rejonu wysypiska komunalnego w Maślicach i terenów na północ od Wrocławia.

Analizy gleb i namułów pozostawionych przez ustępujące wody powodziowe wykazały dość powszechnie występujące podwyższone zawartości cynku oraz lokalnie, w bezpośrednim sąsiedztwie uszkodzonych obiektów przemysłowych lub komunalnych, miedzi, kadmu, ołowiu, niklu i chromu (Ocena..., 1998). Ogólnie nie stwierdzono jednak pogorszenia się jakości gleb wskutek powodzi.

Analizę zmian chemizmu wód podziemnych przeprowadzono na podstawie porównania wyników oznaczeń chemicznych wykonanych w maju i czerwcu 1997 roku oraz w lipcu i sierpniu 1998 roku. Fakt, że opróbowania te zostały przeprowadzone w dwóch różnych czasowo okresach uniemożliwia jednoznaczne oddzielenie zmian spowodowanych powodzią od sezonowych zmian chemizmu wód podziemnych, które w przypadku płytko zalegającego zwierciadła, zwłaszcza przy braku izolacji, mogą być znaczące. Natomiast roczny okres pomiędzy powodzią a ponownym opróbowaniem pozwala uniknąć błędnej oceny degradacji jakości wód podziemnych w efekcie zanieczyszczenia eksploatowanych ujęć przez wlewające się bezpośrednio do nich wody powiodziowe.

Dla większości badanych parametrów hydrogeochemicznych wód podziemnych nie zanotowano istotnych zmian w obu okresach pomiarowych. Statystycznie istotne różnice obserwowano tylko w przypadku barwy, pH, przewodności elektrycznej właściwej oraz stężeń wodorowęglanów, sodu, potasu, boru, krzemionki, glinu i tytanu oraz azotu amonowego i azotynowego. Ze względu jednak na fakt, że dwa ostatnie związki azotu są nietrwałe w środowisku utleniającym, a okres letni sprzyja ich uwalnianiu do wód podziemnych, różnice ich stężeń w dwóch okresach pomiarowych sklasyfikowano jako zmiany sezonowe. Zmiany w wartościach pozostałych parametrów przedstawiono na tablicach 11 i 12. Są to procentowe różnice między wynikami z 1998 i 1997 roku w stosunku do wartości z 1997 roku. Oznacza to, że dodatnie wartości na diagramie słupkowym odpowiadają wzrostowi wartości parametru w 1998 roku, a ujemne – jego spadkowi.

Najbardziej niekorzystne zmiany obserwowane w 1998 roku dotyczyły barwy badanych wód podziemnych. Zabarwienie wzrosło od kilkudziesięciu-kilkuset procent w dolinie Odry powyżej Wrocławia do kilku tysięcy procent na północny zachód od miasta. Ponad 75% badanych wód wykazało wartość barwy na poziomie przekraczającym polskie przepisy sanitarne (powyżej 20 $mgPt/dm^3$). W dolinach Widawy i Bystrzycy zmiany te były znacznie mniejsze. Prawdopodobnie powodem tak drastycznych wzrostów wartości barwy było uruchomienie dużych ilości substancji organicznej rozkładającej się w sprzyjających warunkach (wysokie temperatury) przez wiele dni na zalanych obszarach.

Wzmożony rozkład substancji organicznej i wyższa niż na ogół infiltracja wód z zastoisk powodziowych spowodowały wzrost zakwaszenia wód podziemnych na całym zalanym obszarze średnio o 0,5–1,5 jednostki pH. Tylko na obszarach bagienno-leśnych nie obserwowano spadku pH, a poniżej wysypiska komunalnego w Maślicach odnotowano jego niewielki wzrost.

W opróbowanych poziomach wodonośnych obserwowano generalny spadek wartości przewodności elektrycznej właściwej. Może to być spowodowane rozcieńczeniem wód w warstwie wodonośnej a także wymyciem przez odpływające wody powodziowe z powierzchni terenu naturalnie lub sztucznie nagromadzonych substancji chemicznych powodujących wzrost zasolenia wód podziemnych w efekcie przenikania ich wraz z infiltrującą wodą opadową. Na ogół spadek ten wynosił od kilku do kilkunastu procent wartości z roku 1997. Tylko w dolinie Widawy na prawym brzegu na wysokości wsi Kątna i Brzezia Łąka zanotowano wzrost wartości tego parametru.

Spadkowi przewodności elektrycznej wód podziemnych towarzyszył na ogół spadek stężenia wodorowęglanów. Wynosił on od kilku-kilkunastu procent na terenie Wrocławia i na południe od miasta do kilkudziesięciu procent w dolinie Odry poniżej Wrocławia. Wyraźnie zwiększone stężenia HCO_3^- obserwowano tylko w dolinie Widawy na wysokości wsi Chrząstawa (lub Chrząstowa) i Brzezia Łąka oraz w rejonie Kotowic (na południe od Wrocławia) i Zakrzowa.

Stężenia sodu w wodach podziemnych zmalały w dolinie Odry powyżej Wrocławia i w samym mieście (spadek rzędu kilku-kilkunastu procent) i w dolinie Bystrzycy. Na północ od Wrocławia w wielu punktach zanotowano wzrost wartości stężeń sodu, podobnie jak w dolinie Widawy. Stężenia te jednak nigdy nie przekroczyły wartości granicznych według przepisów sanitarnych dla wód pitnych.

Zmiany stężeń potasu sugerują zmniejszenie się zawartości tego pierwiastka w wodach podziemnych. Tylko na obszarach intensywnej gospodarki rolniczej i ogrodniczej obserwowano nawet kilkusetprocentowe wzrosty stężeń potasu, które mogą wiązać się z okresem nawożenia i być typowymi zmianami sezonowymi.

Pierwiastkiem, którego stężenia w wodach podziemnych terenów zalanych wzrosły najpowszechniej był bor. Powodem tego mogą być bardzo dobre parametry migracji tego pierwiastka i powszechne wykorzystanie jego związków w gospodarstwie domowym (środki piorące i czyszczące). Mógł on dostawać się do wód podziemnych tak podczas samej powodzi, jak i później, podczas usuwania jej skutków. Niewielkie spadki stężeń boru odnotowano wyłącznie na obszarach bagienno-leśnych wzdłuż koryta Odry na południe od Wrocławia oraz doliny Widawy powyżej Chrząstawy.

Ponadto zanotowano istotne obszarowo zmiany w stężeniach krzemu, glinu i tytanu, przy czym stężenia krzemu generalnie wzrosły o kilkanaście do kilkudziesięciu procent, zwłaszcza w dolinie Odry powyżej Wrocławia, natomiast stężenia tytanu zmalały średnio o 30–50%. Glinu wyraźnie ubyło w wodach podziemnych pobranych z niektórych sond hydrogeologicznych w dolinie Odry powyżej Wrocławia, gdzie stężenia jego w roku 1997 były względnie wysokie. Wody ze studni gospodarskich nie wykazały zmian stężenia glinu, z wyjątkiem jednej studni w Kotowicach, gdzie glin pojawił się w ilości 0,19 mg/dm^3. Natomiast zanotowano pojawienie się oznaczalnych stężeń tego pierwiastka w wodach z sond hydrogeologicznych w najbardziej na północ wysuniętej części lewobrzeżnej doliny Odry.

Pozostałe oznaczane pierwiastki nie wykazały istotnych zmian stężeń w badanych wodach podziemnych. Niektóre metale w 1998 roku sporadycznie pojawiały się w stężeniach wyższych niż rok wcześniej, ale dokładna analiza ewentualnych źródeł ich pochodzenia nie mieści się w zakresie niniejszego opracowania. Ogólnie można stwierdzić, że badania przeprowadzone w rok po powodzi lipcowej 1998 roku nie wykazały degradacji jakości wód podziemnych w najpłytszej warstwie wodonośnej w rejonie Wrocławia.

PODSUMOWANIE

Rozkład stężeń poszczególnych składników wód podziemnych na badanym obszarze nie odzwierciedla ich zawartości w utworach powierzchniowych. Tylko w nielicznych przypadkach widać wyraźny związek wielkości parametrów hydrogeochemicznych z charakterem utworów geologicznych. Podwyższone wartości twardości ogólnej i stężeń wapnia, magnezu, baru i wodorowęglanów na wysoczyznach na północny wschód i południe oraz południowy zachód od Wrocławia spowodowane są wysoką zawartością węglanów w utworach powierzchniowych. Zwiększone zawartości litu i tytanu po zachodniej stronie koryta Odry należy prawdopodobnie wiązać z występowaniem stosunkowo płytko w podłożu czwartorzędu iłów trzeciorzędowych, wzbogaconych w te pierwiastki.

Specyficzne warunki środowiska gruntowo-wodnego w dolinach rzecznych mają wyraźny wpływ na chemizm wód podziemnych na obszarze tych dolin i powodują istotne różnice parametrów hydrogeochemicznych między wodami podziemnymi GZWP 320 Pradoliny Odry i wodami podziemnymi występującymi na wysoczyznach. Wody podziemne w dolinie Odry i Widawy charakteryzują się niższymi wartościami pH, mineralizacji i twardości ogólnej, niższymi stężeniami wapnia, magnezu, strontu i wodorowęglanów oraz wyższymi zawartościami manganu, żelaza i baru niż wody w obrębie wysoczyzn.

Wody podziemne z obszaru aglomeracji Wrocławia są antropogenicznie zmienione i charakteryzują się wysoką elektryczną przewodnością właściwą, niskim potencjałem Eh, brakiem lub bardzo niskimi zawartościami rozpuszczonego tlenu oraz wysokimi stężeniami siarczanów, żelaza, manganu, tytanu i cynku. Ponadto w dzielnicach przemysłowych wykryto podwyższone zawartości strontu, a w sąsiedztwie koryt Odry – punktowo wysokie zawartości bromków.

Podwyższone stężenia cynku, żelaza, kobaltu, niklu i siarczanów zanotowano w okolicy wysypiska komunalnego w Maślicach na północny zachód od centrum Wrocławia.

Wbrew oczekiwaniom (Roszak, 1991), nie zanotowano zanieczyszczenia wód podziemnych i infiltracyjnego ujęcia wody Mokry Dwór metalami z rejonu byłej huty żelazochromu Siechnice, choć obserwowano podwyższone zawartości niektórych pierwiastków w utworach powierzchniowych tego rejonu (patrz: Część I).

Płytko występujące wody podziemne Wrocławia i okolic są obszarowo zanieczyszczone nieorganicznymi związkami azotu. Wszędzie tam, gdzie przeważają warunki utleniające w warstwie wodonośnej dominującą formą są azotany (57% oznaczeń powyżej 10 $mg\ N/dm^3$), w obszarach o warunkach bardziej redukcyjnych pojawia się azot amonowy (18% oznaczeń powyżej 0,5 $mg\ N/dm^3$). W samym mieście obserwuje się stosunkowo niewielkie stężenia azotu mineralnego, z czego można wnosić, że przyczyną zanieczyszczenia jest gospodarka rolnicza oraz odpady i ścieki bytowe na terenach zabudowy wiejskiej i podmiejskiej.

Oprócz zanieczyszczenia związkami azotu, wody podziemne okolic Wrocławia w sposób obszarowy zostały zmienione antropogenicznie pod względem zawartości siarczanów (48% oznaczeń przekracza dopuszczalną wartość stężenia dla wód pitnych), boru i fosforu, a w niektórych rejonach również potasu, chlorków (5% oznaczeń powyżej dopuszczalnej wartości stężenia Cl^- w wodach pitnych) i cynku. Duże zakresy stężeń żelaza i manganu w wodach podziemnych są wynikiem zmian (naturalnych lub antropogenicznych) warunków pH i Eh oraz zawartości substancji organicznej w warstwie wodonośnej.

W wodach podziemnych zwłaszcza na terenach wiejskich obserwuje się liczne punktowe podwyższenia stężeń metali takich jak: glin, kobalt, miedź, stront, nikiel i wanad. Największe zawartości stwierdzono w rejonie na wschód od Kotowic (na południe od Wrocławia) oraz w miejscowościach Ślęza i Gałówek. Nie zanotowano natomiast w wodach podziemnych na całym obszarze podwyższonych stężeń rtęci oraz, oprócz pojedynczych przypadków, arsenu, ołowiu, chromu, kadmu i molibdenu.

Zanieczyszczone, płytko występujące wody podziemne rejonu Wrocławia, ze względu na więź hydrauliczną w całym systemie czwartorzędowym, a również kontakty z górnym poziomem wodonośnym trzeciorzędu, mogą stanowić poważne zagrożenie jakości wód głębiej występujących, do tej pory uważanych za wody dobrej jakości. Eksploatacja wód podziemnych systemu trzeciorzędowego doprowadziła do zmniejszenia ciśnienia hydrostatycznego wód w jego górnym poziomie, a tym samym mogła spowodować przesiąkanie zanieczyszczonych wód z czwartorzędowych warstw wodonośnych do piętra niższego.

Nie stwierdzono istotnego pogorszenia jakości wód podziemnych w efekcie katastroficznej powodzi z lipca 1997 roku. Obserwowane zmiany chemizmu dotyczyły, z wyjątkiem potasu i boru, tych parametrów hydrogeochemicznych, które związane są z warunkami naturalnymi występowania wód i nie zostały zmienione wskutek antropopresji. Nie spowodowały one również wtórnych zmian w składzie wód podziemnych (np. zmieniając warunki środowiska i powodując zachwianie równowagi procesów geochemicznych).

SUMMARY

The "Geochemical Atlas of Wrocław and environs" is a consecutive achievement of the Polish Geological Institute in the field of geochemical mapping of urban areas. Part II of the Atlas deals with the issues of hydrogeochemical condi-

tions and groundwater quality, with special emphasis on human impact on the most shallow Quaternary aquifers.

Methods of the field study and laboratory testing as well as the way of presentation and interpretation of the study results are carefully discussed in the text.

The hydrogeochemical conditions in the area covered by this Atlas are characterized in details in text and shown on maps. To large extent, the chemistry of water under study is variable; however, this variation does not result from the natural geological and hydrogeological conditions. Assumption can be made that groundwater occurring at relatively shallow depth below ground level is subjected to a very strong anthropopressure.

Distribution of concentrations of particular groundwater constituents within the study area does nor reflect their loads in surficial formations. A distinct relation between the values of hydrogeochemical parameters and the character of geological formations has been found in rare cases only. Elevated values of total hardness and increased concentrations of calcium, magnesium, barium and bicarbonates in the plateau areas to the north-east, south as well as south-west of Wrocław are due to high contents of carbonates in surficial deposits. It is likely that elevated contents of lithium and titanium on the western side of the Odra course can be connected with the relatively shallow occurrence of lithium- and titanium-rich Tertiary clays in the substratum of the Quaternary.

Specific conditions of soil-water environment within river valleys have an important bearing on the chemistry of groundwater in the valley areas; also, they cause essential differences between hydrogeochemical parameters in groundwater of the Main Groundwater Reservoir No 320 in the Odra burried valley and those occurring within the plateau areas. In comparison with the plateau areas, groundwater in the Odra and Widawa valley is of smaller values of the pH, total dissolved solids and total hardness, and of lower concentrations of calcium, magnesium, strontium and bicarbonates at the increased contents of manganese, iron and barium.

Groundwater in the Wrocław city area is anthropogenically transformed; they show high electrical conductivity, low Eh potential, the absence of or very low concentration of dissolved oxygen in addition to high concentrations of sulphates, iron, manganese, titanium and zinc. Moreover, elevated strontium loads have been traced within industrial estates, and high bromide contents have been noted at places in the surroundings of the Odra channels.

Increased concentrations of zinc, iron, cobalt, nickel and phosphates occur in the vicinity of municipal landfill site in Maślice, located north-west of the Wrocław city centre.

Groundwater and infiltration water intake Mokry Dwór occurred not to be contaminated by metals from the region of ferro-chromium smelter in Siechnice, though elevated contents of some elements were noted in surficial formations of the area.

Shallow groundwater within Wrocław and environs is spatially contaminated by inorganic nitrogen compounds. Where an aquifer is influenced by oxidizing conditions, nitrates are dominant forms; if more reducing conditions are dominant – they are associated with the appearance of ammonia nitrogen. In the city of Wrocław the concentration of mineral nitrogen is relatively small; this provides a base for conclusion that the pollution has been caused by agriculture activity as well as wastes and domestic sewage in rural and suburban areas.

Apart from contamination with nitrogen compounds, groundwater in the vicinity of Wrocław is spatially enriched in sulphates, boron and phosphorus; in some regions, this also deals with potassium, chlorides and zinc. The alteration is of anthropogenic origin. Wide ranges of concentrations of iron and manganese in groundwater result from natural or anthropogenic changes in the pH and Eh conditions and from the content of organic matter in the aquifer.

In groundwater, particularly that in the urban areas, there are noted numerous spots with elevated concentrations of such metals as aluminium, cobalt, copper, strontium, nickel and vanadium. Highest concentrations have been noted in the region east of Kotowice (south of Wrocław) and in locations such as Ślęza and Gałówek. However, no detectable concentrations of mercury were traced in groundwater in the entire study area; except for some individual cases, the same deals with arsenic, lead, chromium, cadmium and molybdenum.

Due to hydraulic contacts in the Quaternary system as the whole as well as contacts with the Tertiary water tables, polluted groundwater occurring in the region of Wrocław at the shallow depth may create a serious threat to quality of deeper aquifer considered so far to be of good quality. Intake of groundwater from the Tertiary system has caused the decrease of hydraulic head in its upper horizon; thus, the extraction of groundwater could be the reason that polluted water percolate down from the Quaternary aquifers to the deeper one.

No essential deterioration of groundwater quality was noted as the result of disastrous flood in July, 1997. Except for potassium and boron, recorded changes in groundwater chemistry deal with those hydrogeochemical parameters that are resulted from natural conditions of the occurrence of groundwater and that have not been changed due to human impact; also, they have not caused secondary changes in composition of groundwater (for instance by changing environmental conditions and by causing equilibrium disturbance in geochemical processes).

The hydrogeochemical maps show the spatial distribution of several hydrogeological parameters. The selection of parameters for particular maps was based on their hydrochemical characteristics, chemical and geochemical relationships, and similar anthropogenic origin. General parameters such as electrical conductivity, total hardness, colour or pH being the effect of interaction between chemical constituents of groundwater and the environment of their occurrence, are presented with isolines (using a kriging method for purpose of interpretation). Similar method was employed to present concentrations of mineral nitrogen and phosphates as the background for presentation of the occurrence of particular forms of mineral nitrogen and total phosphorus. When generating the isoline maps, the Odra channel was considered an impermeable boundary between areas on both river sides because it drains shallow aquifers along its almost entire course.

LITERATURA
REFERENCES

BADURA J., PRZYBYLSKI B., 1996 – Mapa geologiczna Polski 1:200 000, A – mapa utworów powierzchniowych, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

BADURA J., CYMERMAN Z., PRZYBYLSKI B., 1998 – Objaśnienia do mapy geologicznej Polski 1:200 000, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

BERNHARD H., 1990 – Środowisko ekologiczne a rozwój Wrocławia 1945–2000. IU i PPPW, Wrocław.

BUKSIŃSKI S., WALCZAK-AUGUSTYNIAK M., WROŃSKI J., 1974 – Atlas geologiczny Wrocławia. Cz. I – mapy i przekroje geologiczne. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

DOKUMENTACJA hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w utworach czwartorzędowych, trzeciorzędowych i triasowych rejonu niecki wrocławskiej (II etap) z uwzględnieniem GZWP. 1996 – PG we Wrocławiu „PROXIMA" S.A., Wrocław.

GROCHOLSKI A., SAWICKI L., WROŃSKI J., 1981 – Mapa geologiczna Polski 1:200 000, A – mapa utworów powierzchniowych, ark. Wałbrzych. 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 (praca zbiorowa). 1993 – Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa

KLECZKOWSKI A. S., RÓŻKOWSKI A. [red.], 1997 – Słownik hydrogeologiczny. MOŚZNiL, Wydawnictwo Trio, Warszawa.

KONDRACKI J., 1998 – Geografia regionalna Polski. PWN, 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.

KULAK T., 1997 – Wrocław – przewodnik historyczny. Wydawnictwa Dolnośląskie, Wrocław.

ŁABNO A., 1988 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Leśnica. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

ŁABNO A., 1991 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Leśnica. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

ŁONIEWSKI J. P., 1995 – Wodociągi Wrocławia wczoraj i dzisiaj. Program LXVI Zjazdu PTG.

MACIOSZCZYK A., 1987 – Hydrogeochemia. Wyd. Geol., Warszawa.

MICHNIEWICZ M., MROCZKOWSKA B., WOJTKOWIAK A., 1984 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Wałbrzych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

MICHNIEWICZ M., MROCZKOWSKA B., WOJTKOWIAK A., CZERSKI M., 1986 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

MICHNIEWICZ M., MROCZKOWSKA B., WOJTKOWIAK A., 1984 – Objaśnienia do mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000, ark. Wałbrzych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

MICHNIEWICZ M., MROCZKOWSKA B., WOJTKOWIAK A., CZERSKI M., 1987 – Objaśnienia do mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

MROCZKOWSKA B., MICHNIEWICZ M., 1974 – Atlas geologiczny Wrocławia. Cz. III – mapy hydrogeologiczne. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

OCENA stanu środowiska na obszarach objętych powodzią w 1997 roku (praca zbiorowa), 1998 – PIOŚ. Woj. Inspektorat Ochr. Środ. we Wrocławiu, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Wrocław.

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.

RAPORT o stanie środowiska województwa wrocławskiego w roku 1996 (praca zbiorowa), 1997 – Woj. Inspektorat Ochr. Środ. we Wrocławiu, Wydział Ochr. Środ. Urzędu Woj. we Wrocławiu – Biblioteka Monitoringu. Środowiska, Wrocław.

REJMAN W., 1997 – Skład chemiczny wód podziemnych na obszarze lewobrzeżnej części Wrocławia. *Techn. Posz. Geol., Geosynoptyka i Geotermia* nr 5/97.

ROSZAK W., 1991 – Kształtowanie się składu chemicznego płytkich wód podziemnych w pradolinie Odry w rejonie Wrocławia. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.

ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 31 maja 1977 r. w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze. 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 gospodarcze. Dziennik Ustaw nr 35 z 1990 r., poz. 205. Warszawa.

SIWOŃ B., (red.), 1971 – Wrocław – rozwój miasta w Polsce Ludowej. PWN, Wrocław.

SZAŁAMACHA M., SZAŁAMACHA J., 1996 – Objaśnienia do mapy geologicznej Polski 1:200 000, ark. Wałbrzych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

WASZKIEWICZ J., (red.), 1994 – Raport o stanie miasta Wrocław 1990–1994, Samorząd Miasta Wrocławia, Wrocław.

WINNICKA G., 1987 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

WINNICKA G., 1988 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

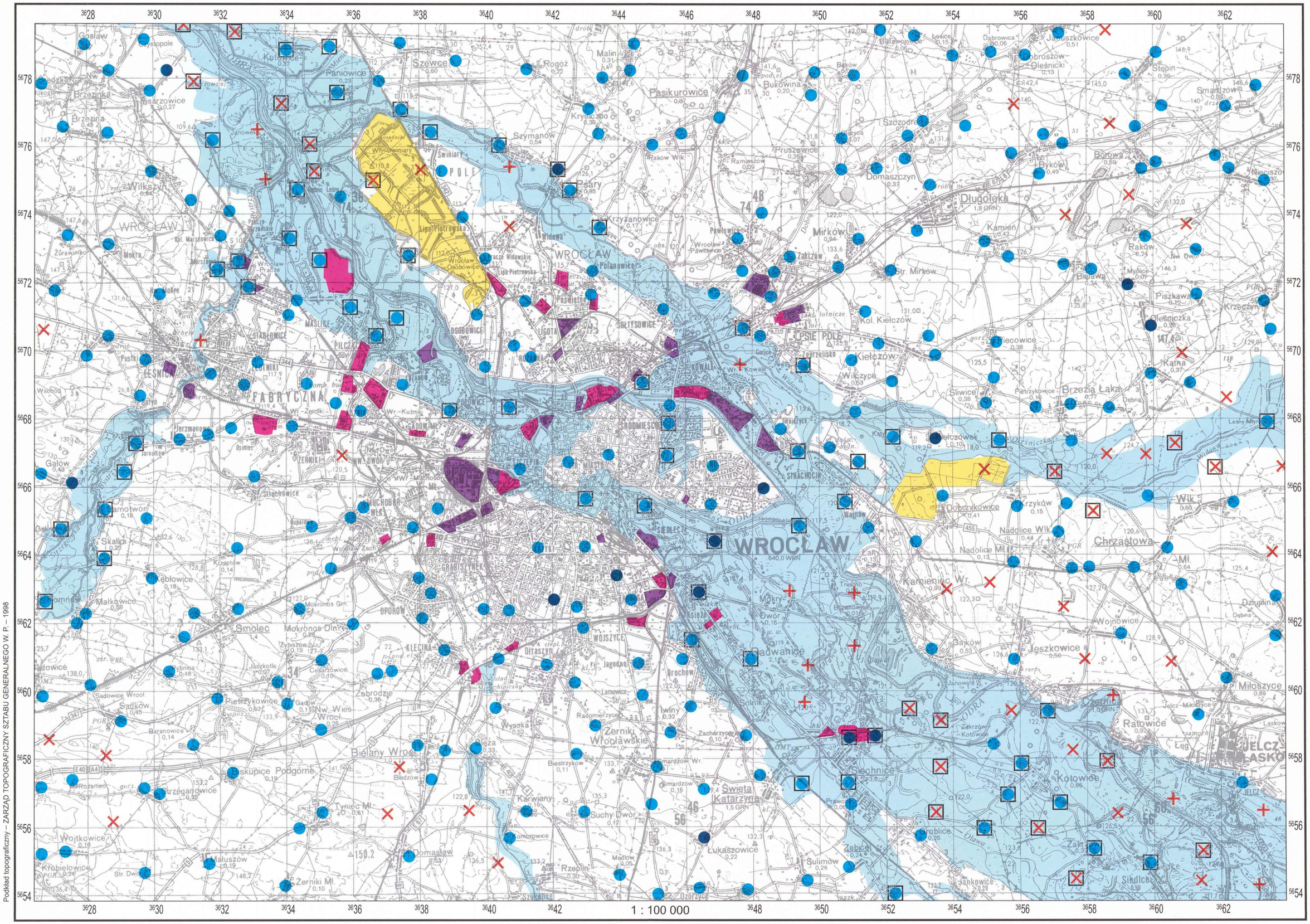
WINNICKI J., 1986 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Trzebnica. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

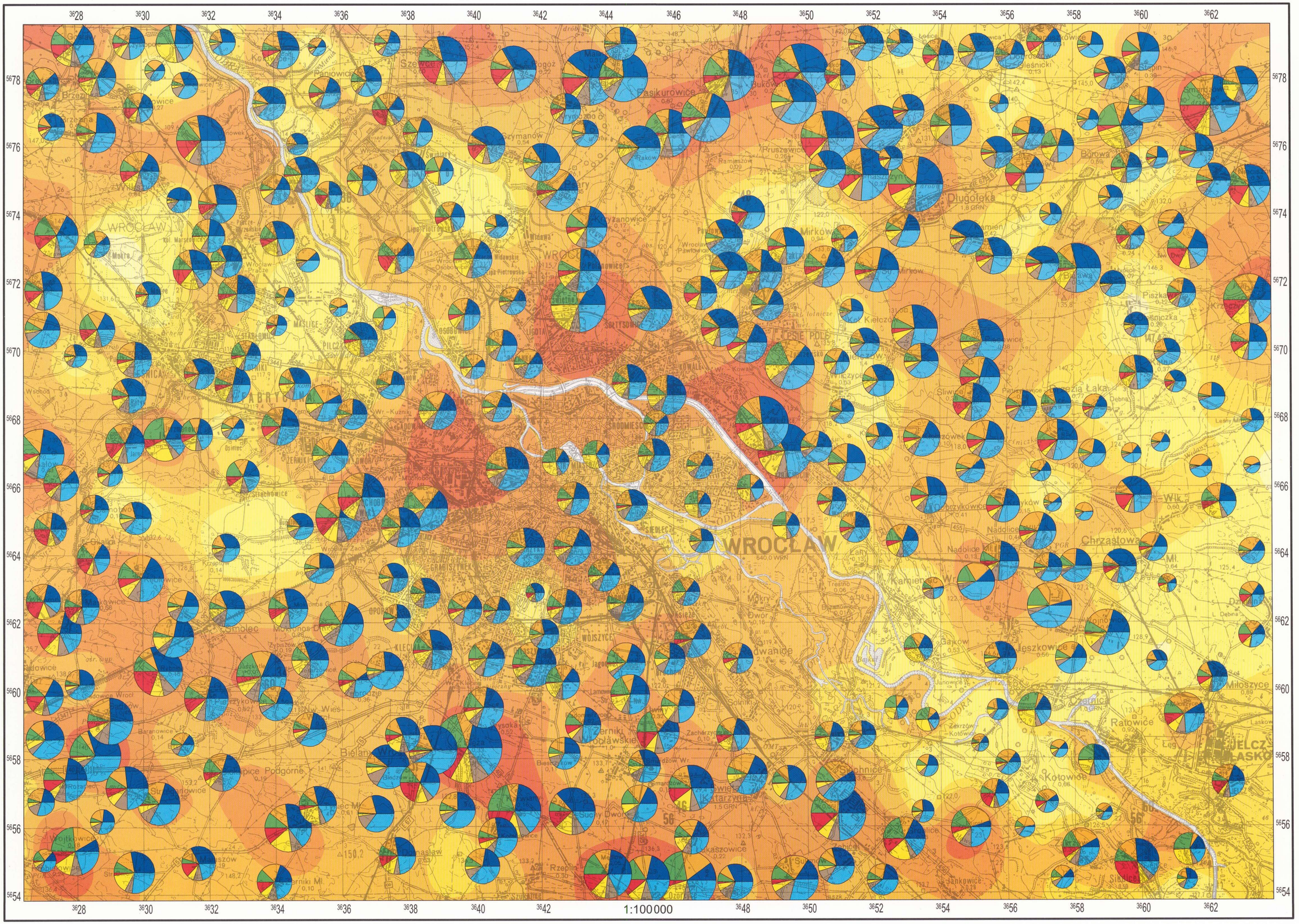
WINNICKI J., 1990 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Trzebnica. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

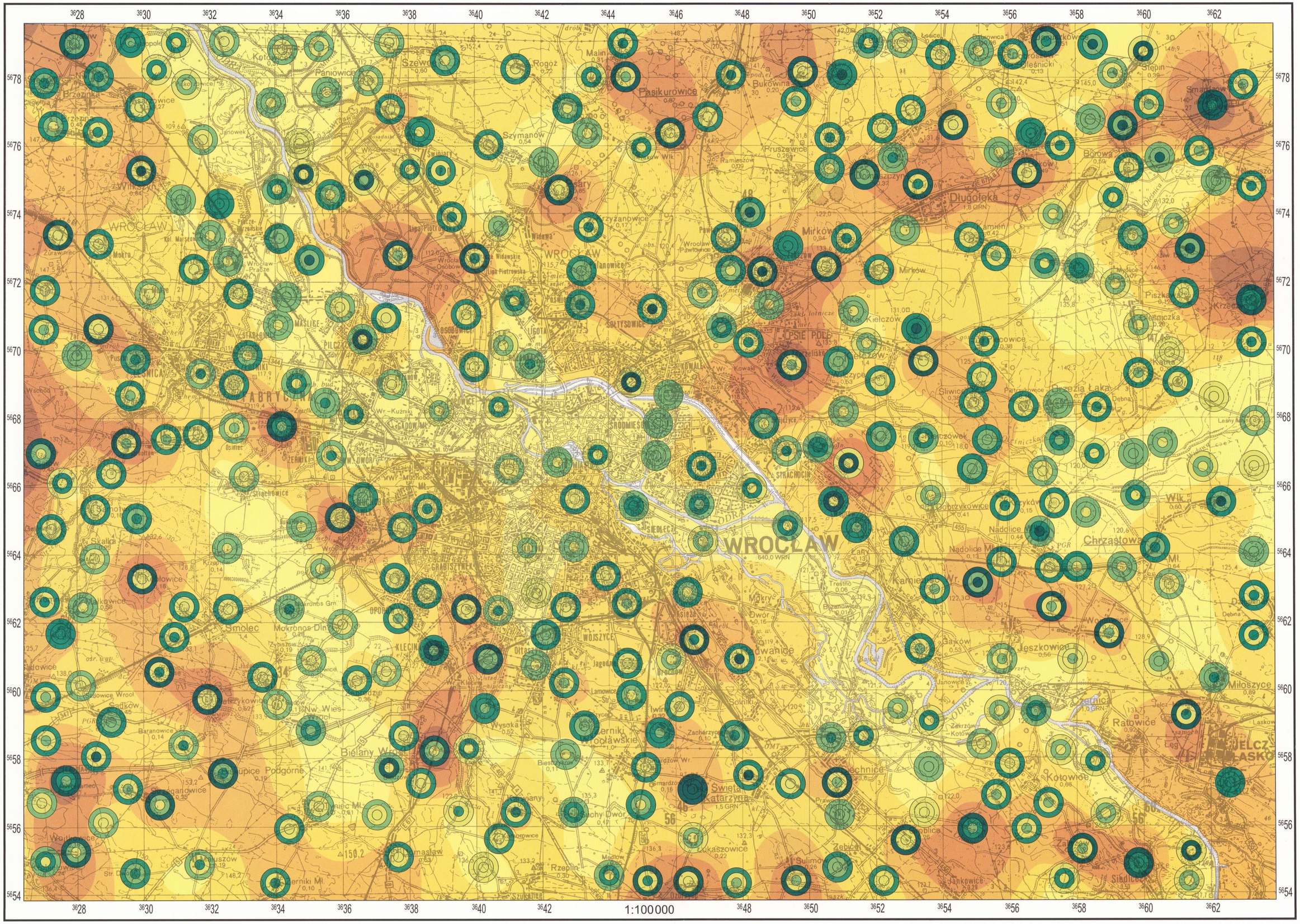
WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1995 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. T. II, PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

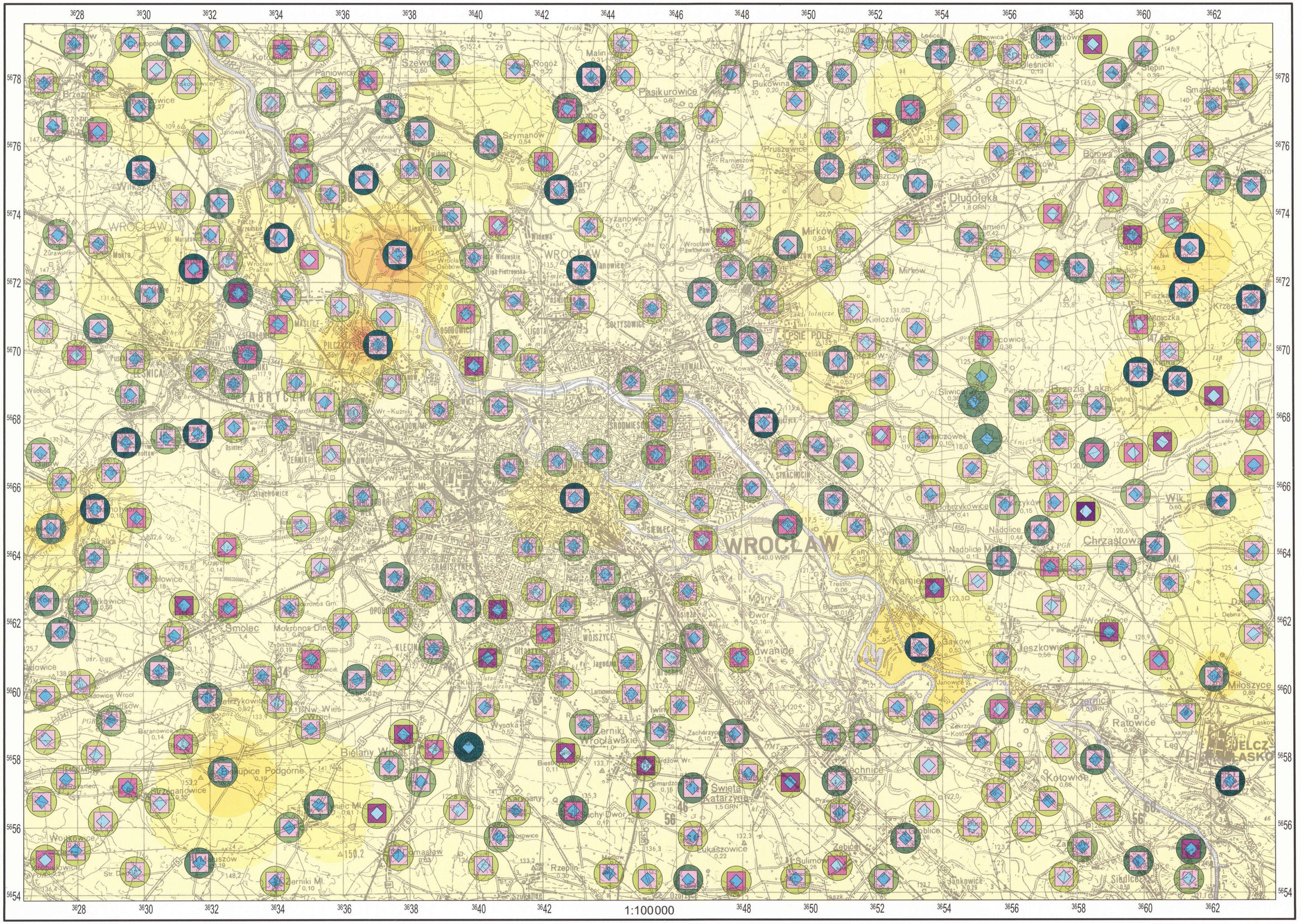
Spis tablic
List of Plates

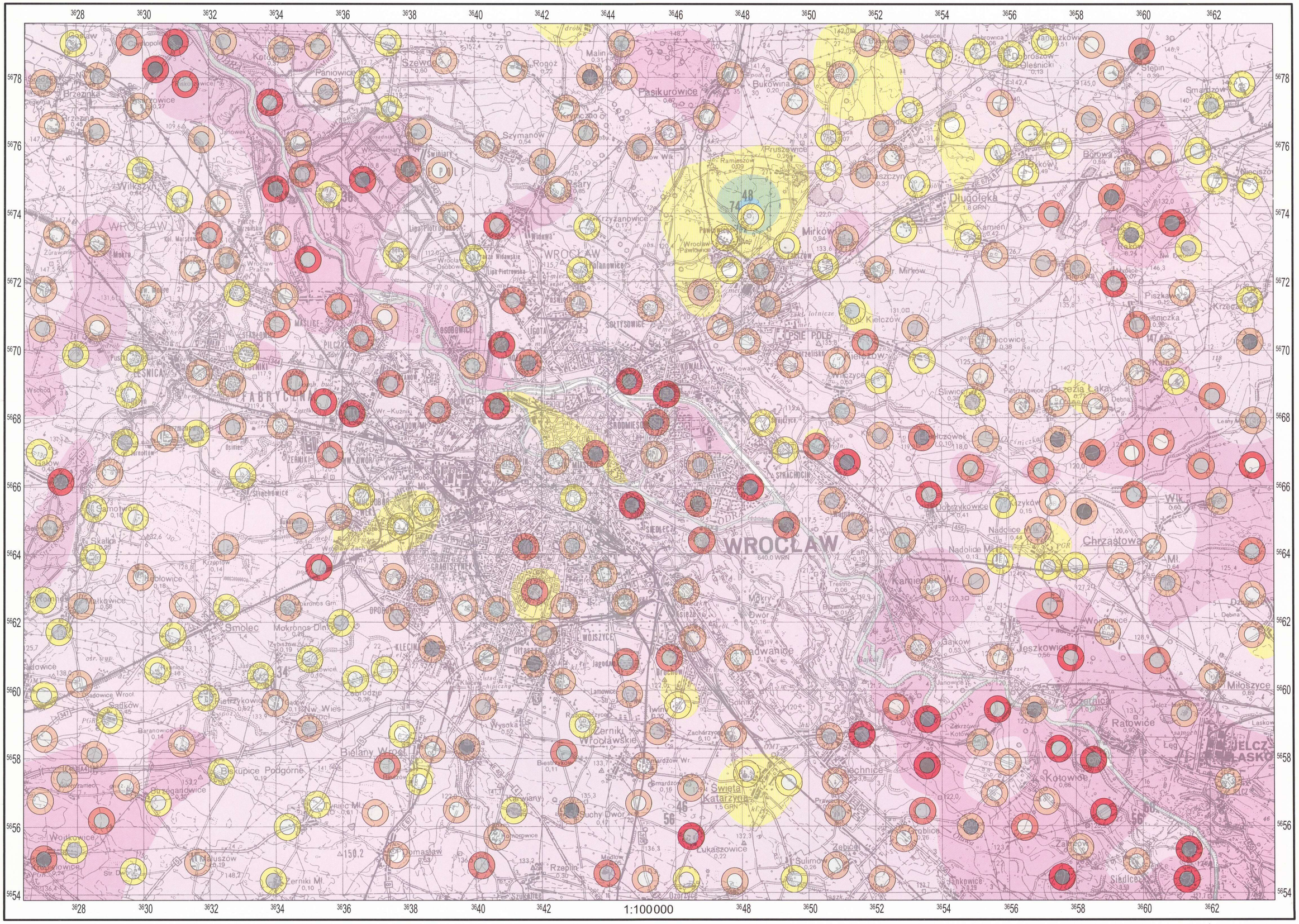
1. Punkty opróbowania
Sampling sites
2. Zawartość makroskładników / Przewodność elektryczna właściwa
Macrocomponents / Electrical Conductivity
3. $N–NO_3$, $N–NH_4$, $N–NO_2$ / Całkowity azot mineralny
Nitrate Nitrogen, Ammonia Nitrogen, Nitrite Nitrogen / Total Inorganic Nitrogen
4. P, F, B / HPO_4
Phosphorus, Fluorine, Boron / Phosphates
5. Fe, Mn / pH
Iron, Manganese / Hydrogen Ion Activity
6. Ni, Co / pH
Nickel, Cobalt / Hydrogen Ion Activity
7. Zn, Cu / pH
Zinc, Copper / Hydrogen Ion Activity
8. Al., Ti / SiO_2
Aluminium, Titanium / Silica
9. Sr, Ba, Li / Twardość ogólna
Strontium, Barium, Lithium / Total Hardness
10. Fenole / Barwa
Phenols / Colour
11. Względna zmiana wartości wybranych parametrów hydrogeochemicznych w punktach opróbowanych w latach 1997 i 1998 – przewodność elektryczna właściwa, HCO_3, Na, K, B.
Relative difference in values of chosen hydrogeochemical parameters measured in 1997 and 1998 – electrical conductivity, bicarbonate, sodium, potassium, boron.
12. Względna zmiana wartości wybranych parametrów hydrogeochemicznych w punktach opróbowanych w latach 1997 i 1998 – barwa, pH, SiO_2, Al, Ti.
Relative difference in values of chosen hydrogeochemical parameters measured in 1997 and 1998 – colour, hydrogen ion activity, silica, aluminium, titanium.

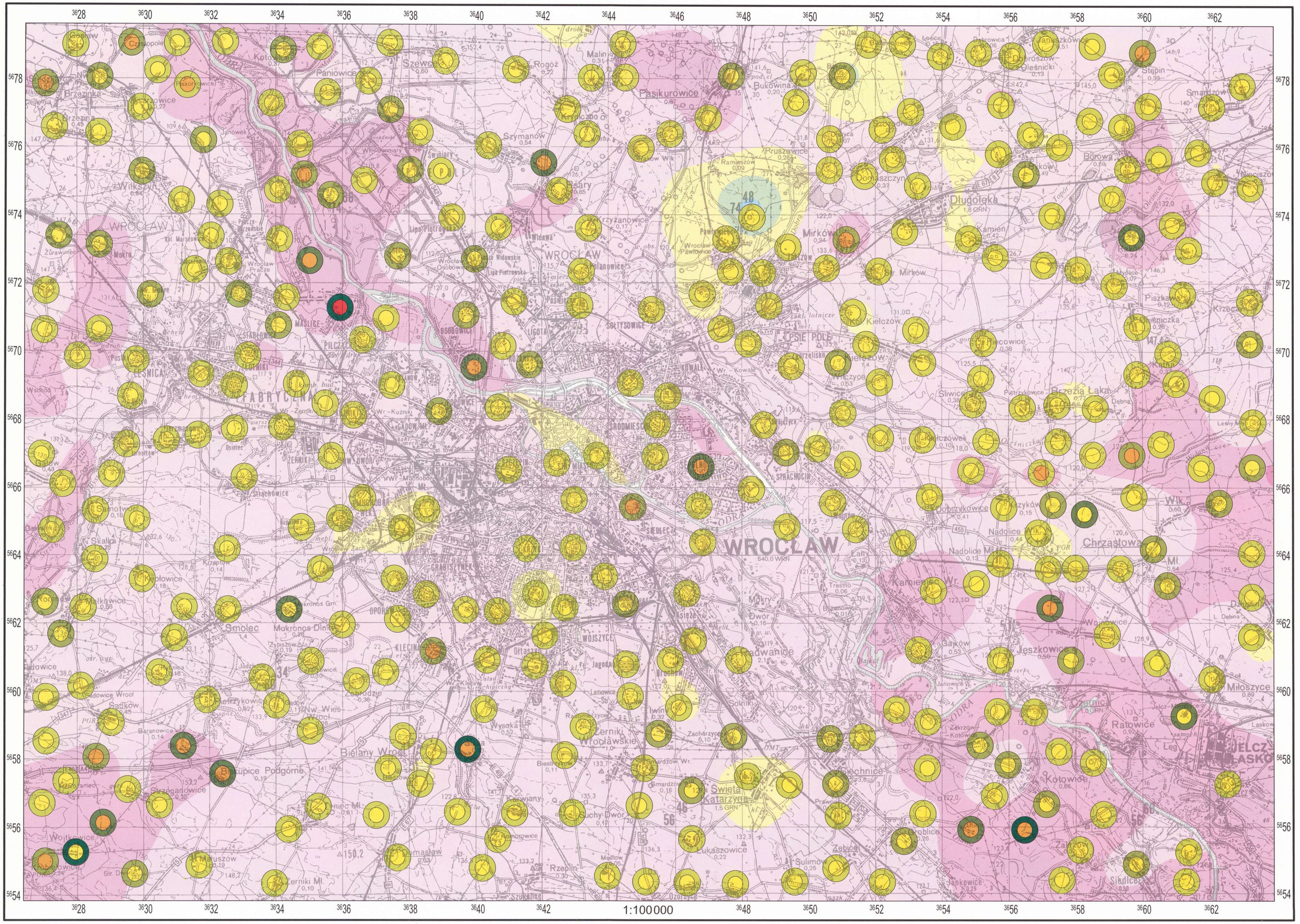

3628
3630
3632
3634
3636
3638
3640
3642
3644
3646
3648
3650
3652
3654
3656
3658
3660
3662
5678
5676
5674
5672
5670
5668
5666
5664
5662
5660
5658
5656
5654
WROCŁAW
Kol. Marszowice
Wrocław Psie Pole
Wrocław Osobowice
Wrocław Pawłowice
Wrocław Mikuszowice
Wrocław Nadodrze
Wrocław Główny
Wrocław Leśnica
Wrocław Brochów
Wrocław Żerniki
Wrocław Kuźniki
Wrocław Popowice
Wrocław Muchobór Wlk.
Wrocław Muchobór Mł.
Wrocław Zachodni
Wrocław Nadodrze
Wrocław Grabiszynek
Wrocław Gądów
Wrocław Nowy Dwór
Wrocław Nowy Wiec

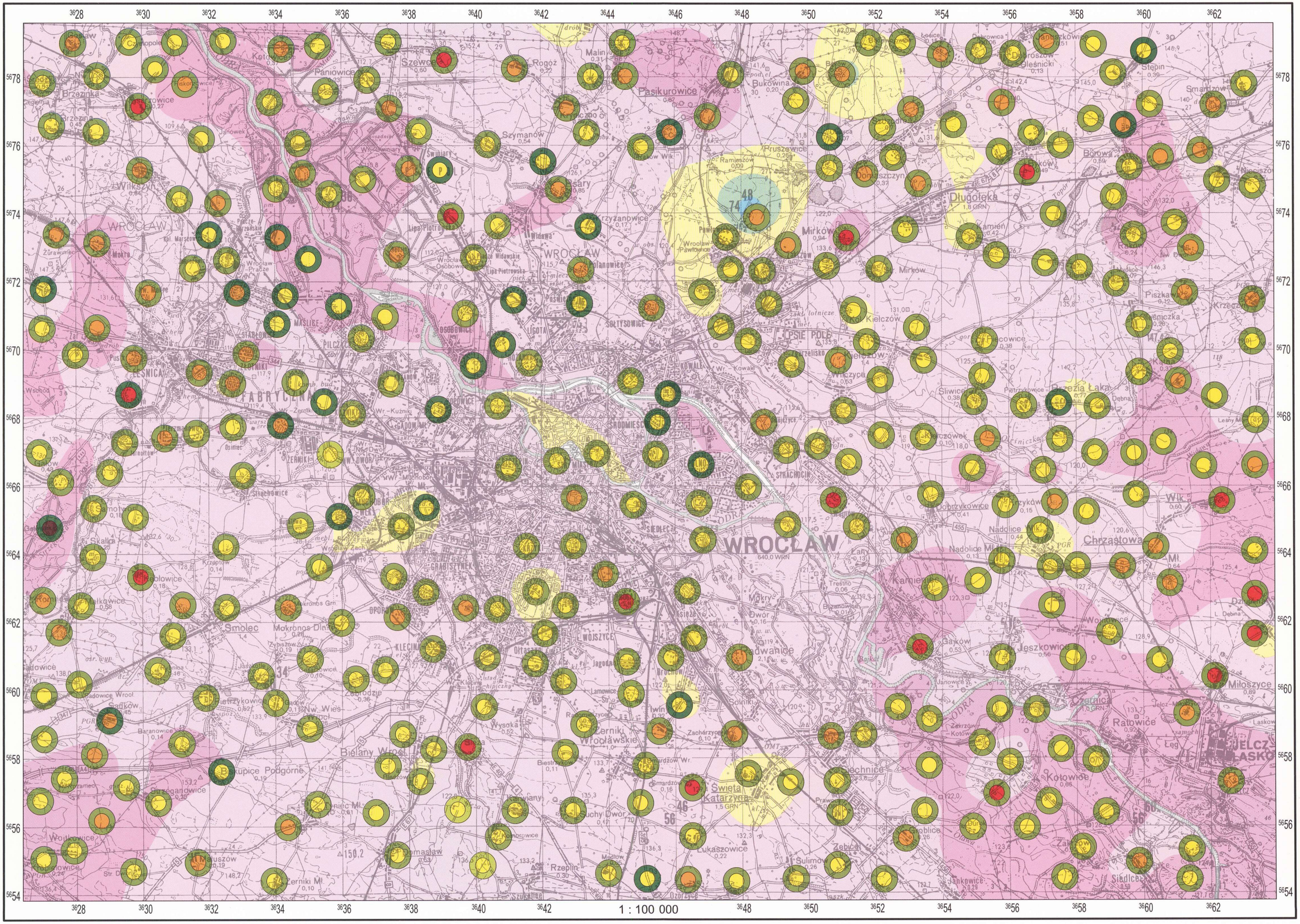

3628
3630
3632
3634
3636
3638
3640
3642
3644
3646
3648
3650
3652
3654
3656
3658
3660
3662
5678
5676
5674
5672
5670
5668
5666
5664
5662
5660
5658
5656
5654
WROCŁAW
Szczepin
Pasikurowice
Szymanów
Kryzanowice
Mirków
Długołęka
Borowa
Piszkowice
Kiełczów
Sulistrowice
Chrząstowa
Jeszkowice
Miłoszyce
Ratowice
Kotowice
Siedlce
Smolec
Bielany Wrocławskie
Żerniki Wrocławskie
Wojszyce
Rzeplin
Strachowice
Pełcznica
Pełczyce
Sołtysowice
Kozanów
Kowale
Gaj
Janowice
Zakrzów
Kamieniec
Mokry Dwór
Gajków
Nadolice Wielkie
Przykowice
Wilkszyn
Grodziszcze
Pawłowice
Wrocław Pawłowice
Wrocław Osobowice
Wrocław Psie Pole
Wrocław Gądów
Wrocław Grabiszynek
Wrocław Zachodni
Wrocław Mokra
Wrocław Nadodrze
Wrocław Leśnica
Wrocław Brochów
Wrocław Strachowice
Wrocław Żerniki
Wrocław Kuźniki
Wrocław Muchobór
Wrocław Kozanów
Wrocław Kowale
Wrocław Gaj
Wrocław Janowice
Wrocław Zakrzów
Wrocław Kamieniec
Wrocław Mokry Dwór
Wrocław Gajków
Wrocław Nadolice Wielkie
Wrocław Przykowice
Wrocław Wilkszyn
Wrocław Grodziszcze

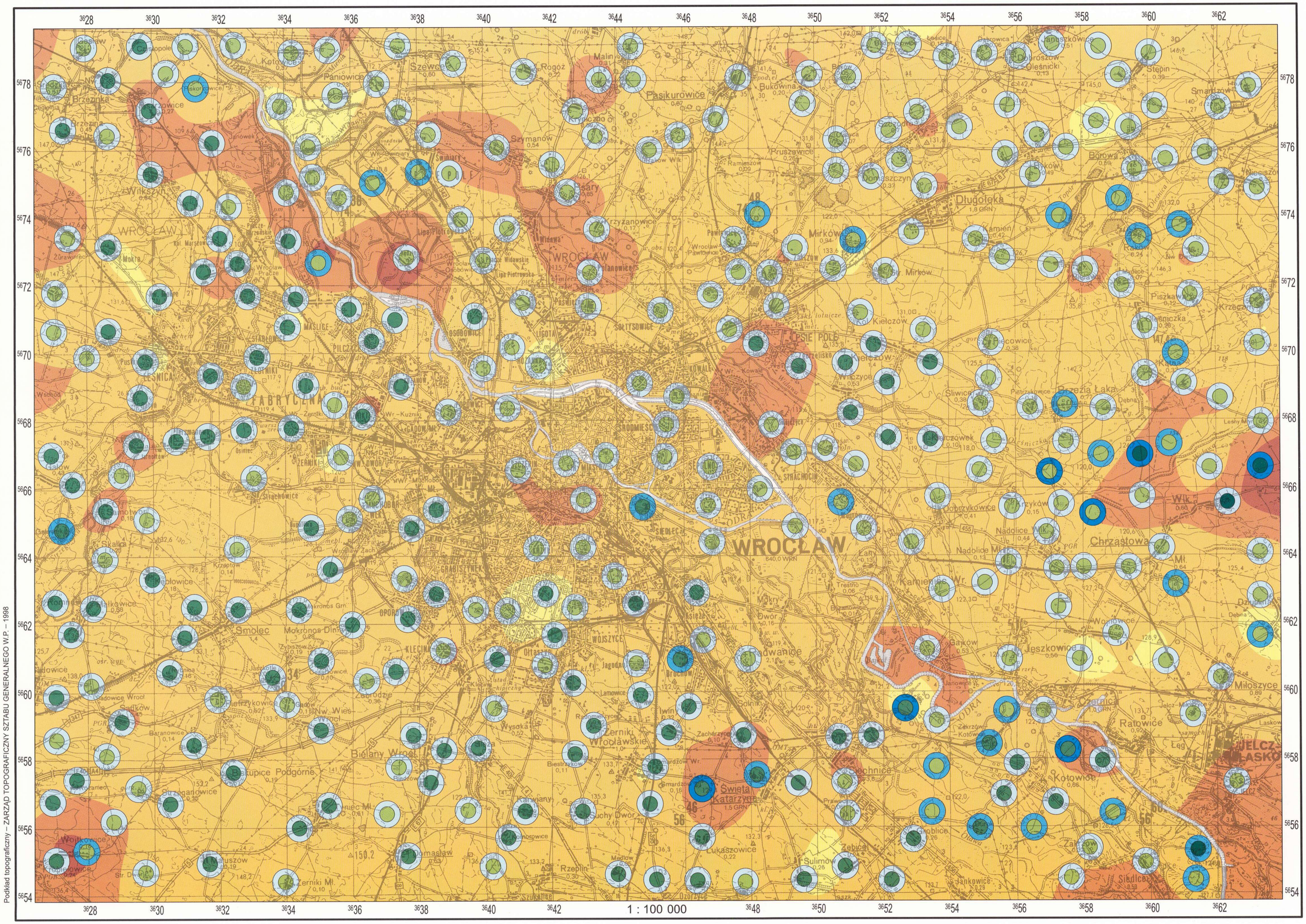

3628 3630 3632 3634 3636 3638 3640 3642 3644 3646 3648 3650 3652 3654 3656 3658 3660 3662
5678 5676 5674 5672 5670 5668 5666 5664 5662 5660 5658 5656 5654
WROCŁAW
Pasikurowice
Szymanów
Rogoż
Malin
Bukowina
Pruszowice
Ramieszów
Długołęka
Mirków
Kiełczów
Psie Pole
Sołtysowice
Osobowice
Ligota
Widawa
Wrocław Pawłowice
Wrocław Psie Pole
Wrocław Osobowy
Lipa Piotrowska
Wrocław Pracze
Wrocław Żerniki
Wrocław Brochów
Wrocław Kozanów
Wrocław Nowy Dwór
Wrocław Kuźniki
Wrocław Zachód
Wrocław Grabiszynek
Wrocław Popowice
Wrocław Kowale
Wrocław Sołtysowice
Wrocław Leśnica
Wrocław Wojnów
Wrocław Nadodrze
Wrocław Mokry Dwór
Wrocław Wojszyce
Wrocław Żerniki Wrocławskie
Wrocław Świętej Katarzyny
Wrocław Nowy Wiśnicz
Wrocław Lotnicze
Wrocław Gądów Mały
Wrocław Gądów Wielki
Wrocław Kozanów
Wrocław Nowy Dwór
Wrocław Mochbor
Wrocław Zachód
Wrocław Grabiszynek
Wrocław Popowice
Wrocław Kowale
Wrocław Sołtysowice
Wrocław Leśnica
Wrocław Wojnów
Wrocław Nadodrze
Wrocław Mokry Dwór
Wrocław Wojszyce
Wrocław Żerniki Wrocławskie
Wrocław Świętej Katarzyny
Wrocław Nowy Wiśnicz
Wrocław Lotnicze
Wrocław Gądów Mały
Wrocław Gądów Wielki
Brzeźnica
Janowek
Żurawniki
Mokra
Maślice
Pilczyce
Stadion
Fabryczna
Żerniki
Strachowice
Smolec
Mokronos Dln.
Mokronos Grn.
Kleczkowice
Sadków
Baranowice
Bielany Wr.
Wojnowice
Strzeszów
Żerniki Mł.
Paniowice
Szewce
Kotowice
Wilczyce
Janowek
Smolec
Mokronos Dln.
Mokronos Grn.
Kleczkowice
Sadków
Baranowice
Bielany Wr.
Wojnowice
Strzeszów
Żerniki Mł.


3628
3630
3632
3634
3636
3638
3640
3642
3644
3646
3648
3650
3652
3654
3656
3658
3660
3662
5678
5676
5674
5672
5670
5668
5666
5664
5662
5660
5658
5656
5654
WROCŁAW
Szczepin
Rogóż
Malin
Pasikurowice
Bukowina
Szymanów
Pruszowice
Długołęka
Mirków
Borowa
Stępin
Smagowice
Brzeźnica
Paniowice
Wilkszyn
Żurawiniec
Mokra
Kleszczowice
Osobowice
Lipa Piotrowska
Widawska
Wrocław Osobowy
Wrocław Pawłowice
Wrocław Świebodzki
Wrocław Główny
Wrocław Mikołajów
Wrocław Nadodrze
Wrocław Grabiszyn
Wrocław Brochów
Wrocław Leśnica
Wrocław Psie Pole
Wrocław Gądów
Wrocław Strachowice
Wrocław Zachodni
Wrocław Kuźniki
Wrocław Dworzec Nadodrze
Wrocław Dworzec Główny
Wrocław Dworzec Świebodzki
Wrocław Dworzec Mikołajów
Wrocław Dworzec Psie Pole
Wrocław Dworzec Gądów
Wrocław Dworzec Strachowice
Wrocław Dworzec Zachodni
Wrocław Dworzec Kuźniki
Wrocław Dworzec Nadodrze
Wrocław Dworzec Grabiszyn
Wrocław Dworzec Brochów
Wrocław Dworzec Leśnica


3628
3630
3632
3634
3636
3638
3640
3642
3644
3646
3648
3650
3652
3654
3656
3658
3660
3662
5678
5676
5674
5672
5670
5668
5666
5664
5662
5660
5658
5656
5654
WROCŁAW
Pasikurowice
Szymanów
Krzyżanowice
Pruszowice
Mirków
Długołęka
Kiełczów
Sołtysowice
Osobowice
Leśnica
Fabryczna
Śródmieście
Stare Miasto
Krzyki
Strachocin
Wojszyce
Kozanów
Gaj
Zerniki Wrocławskie
Biskupice Podgórne
Smolec
Mokronos Dln.
Mokronos Grn.
Wilkszyn
Brzezinka
Paniowice
Malin
Bukowina
Stępin
Smardzów
Borowa
Kamień
Piszkowice
Krzeczów
Sliwice
Przezia Łąka
Chrząstowa
Nadolice Wlk.
Nadolice Mł.
Kamieniec Wr.
Jeszkowice
Miłoszyce
Ratowice
Leg
Jelcz-Laskowice
Kotowice
Siadlce
Jankowice
Zebice
Sulimów
Lukaszowice
Groblice
Technice
Swięta Katarzyna
Suchy Dwór
Zerniki Mł.
Rzeplin
Domaslaw
Mauszów
Burzeganowice
Wilkowice
Bielany Wrocł.
Gadowice
Sadków
Baranowice
Skalka
Strachowice
Samotwór
Smolec
Wojnowice
Gajków
Janowice
Dzbanice
Wik
Pilczyce
Kowale
Widawa
Odra
Debina
Oława
Ślęża
Bystrzyca
Lipa Piotrowska
Kanał Miejski
Kanał Ulgi
Kanał Żeglugowy


3628
3630
3632
3634
3636
3638
3640
3642
3644
3646
3648
3650
3652
3654
3656
3658
3660
3662
5678
5676
5674
5672
5670
5668
5666
5664
5662
5660
5658
5656
5654
WROCŁAW
Pasikurowice
Szymanów
Rogóż
Malin
Bukowina
Ruszowice
Ramieszów
Domaszczyn
Długołęka
Mirków
Kiełczów
Pawłowice
Wrocław-Pawłowice
Krzyżanowice
Bisary
Widawa
Lipa Piotrowska
Wrocław-Osobowice
Wrocław-Nadodrze
Wrocław-Świebodzki
Wrocław-Mikołajów
Wrocław-Gądów
Wrocław-Leśnica
Wrocław-Brochów
Wrocław-Pracze
Wrocław-Popowice
Wrocław-Grabiszyn
Wrocław-Muchobór Wielki
Wrocław-Zachodni
Wrocław-Kuźniki
Wrocław-Żerniki
Wrocław-Nowy Dwór
Wrocław-Sołtysowice
Wrocław-Kowale
Wrocław-Strachowice
Wrocław-Siedlce
Wrocław-Popowice Wsch.
Wrocław-Nadodrze Osobowe
Wrocław-Nowy Świat
Wrocław-Nowy Dwór Wsch.
Wrocław-Żerniki Wrocławskie
Wrocław-Gądów Mały
Wrocław-Kozanów
Wrocław-Leśnica Wsch.
Wrocław-Wojszyce
Wrocław-Kuźniki Wsch.
Wrocław-Żerniki Wsch.
Wrocław-Sołtysowice Wsch.
Wrocław-Kowale Wsch.
Wrocław-Strachowice Wsch.
Wrocław-Siedlce Wsch.
Wrocław-Nowy Dwór Wsch.
Wrocław-Żerniki Wrocławskie Wsch.
Wrocław-Gądów Mały Wsch.
Wrocław-Kozanów Wsch.
Wrocław-Leśnica Wsch.
Wrocław-Wojszyce Wsch.


3628
3630
3632
3634
3636
3638
3640
3642
3644
3646
3648
3650
3652
3654
3656
3658
3660
3662
5678
5676
5674
5672
5670
5668
5666
5664
5662
5660
5658
5656
5654
WROCŁAW
Wilkszyn
Brzezinka
Szczepanowice
Kotowice
Paniowice
Szewce
Rogóż
Malin
Pasikurowice
Bukowina
Szymanów
Świniary
Osobowice
Lipa Piotrowska
Widawa
Krzyżanowice
Wrocław-Pawłowice
Fruszowice
Ramieszów
Domaszczyn
Długołęka
Mirków
Kamień
Borowa
Niecisz
Piszkowice
Krzeczów
Kiełczów
Pszczelińska
Sliwice
Brzezia Łąka
Naddlice
Chrząstowa
Wilk
Jeszkowice
Miłoszyce
Ratowice
Kotowice
Jelcz-Laskowice
Zebice
Sulimów
Lukaszowice
Święta Katarzyna
Zerniki Wrocławskie
Biestrzykowice
Bielany Wrocławskie
Wojkowice
Smolec
Mokronos Dln
Mokronos Gm
Baranowice
Bukowice Podgórne
Strzeganowice
Domasław
Rzeplin
Zerniki Mł
Wysoka
Zebrzydowice
Jagodna
Oltaszyn
Wojszyce
Klecina
Gądów Mały
Strachowice
Skałka
Krzyptów
Kołowice
Wrocław-Kuźniki
Wrocław-Dworzec Główny
Wrocław-Muchobór
Wrocław-Grabiszynek
Wrocław-Zachodni
Wrocław-Leśnica
Wrocław-Fabryczna
Wrocław-Osobowice
Wrocław-Sołtysowice
Wrocław-Kowale
Wrocław-Strachocin
Wrocław-Nadodrze
Wrocław-Świebodzki
Wrocław-Główny
Wrocław-Mikołajów
Wrocław-Nowy Dwór
Wrocław-Popowice
Wrocław-Brochów
Wrocław-Gądów
Wrocław-Janowice
Wrocław-Kozanów
Wrocław-Ołtaszyn
Wrocław-Osobowice
Wrocław-Pawłowice
Wrocław-Psie Pole
Wrocław-Sołtysowice
Wrocław-Strachocin
Wrocław-Zachodni
Wrocław-Zakrzów
Wrocław-Zakrzów Kotowski
Wrocław-Zebrzydowice
Wrocław-Żerniki
Wrocław-Żerniki Mł
Wrocław-Żerniki Wrocławskie
Wrocław-Żerniki Wrocławskie Mł
Wrocław-Żerniki Wrocławskie Wieś
Wrocław-Żerniki Wrocławskie Wieś Mł
Wrocław-Żerniki Wrocławskie Wieś Mł
Wrocław-Żerniki Wrocławskie Wieś Mł



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

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

Al GLIN / ALUMINIUM

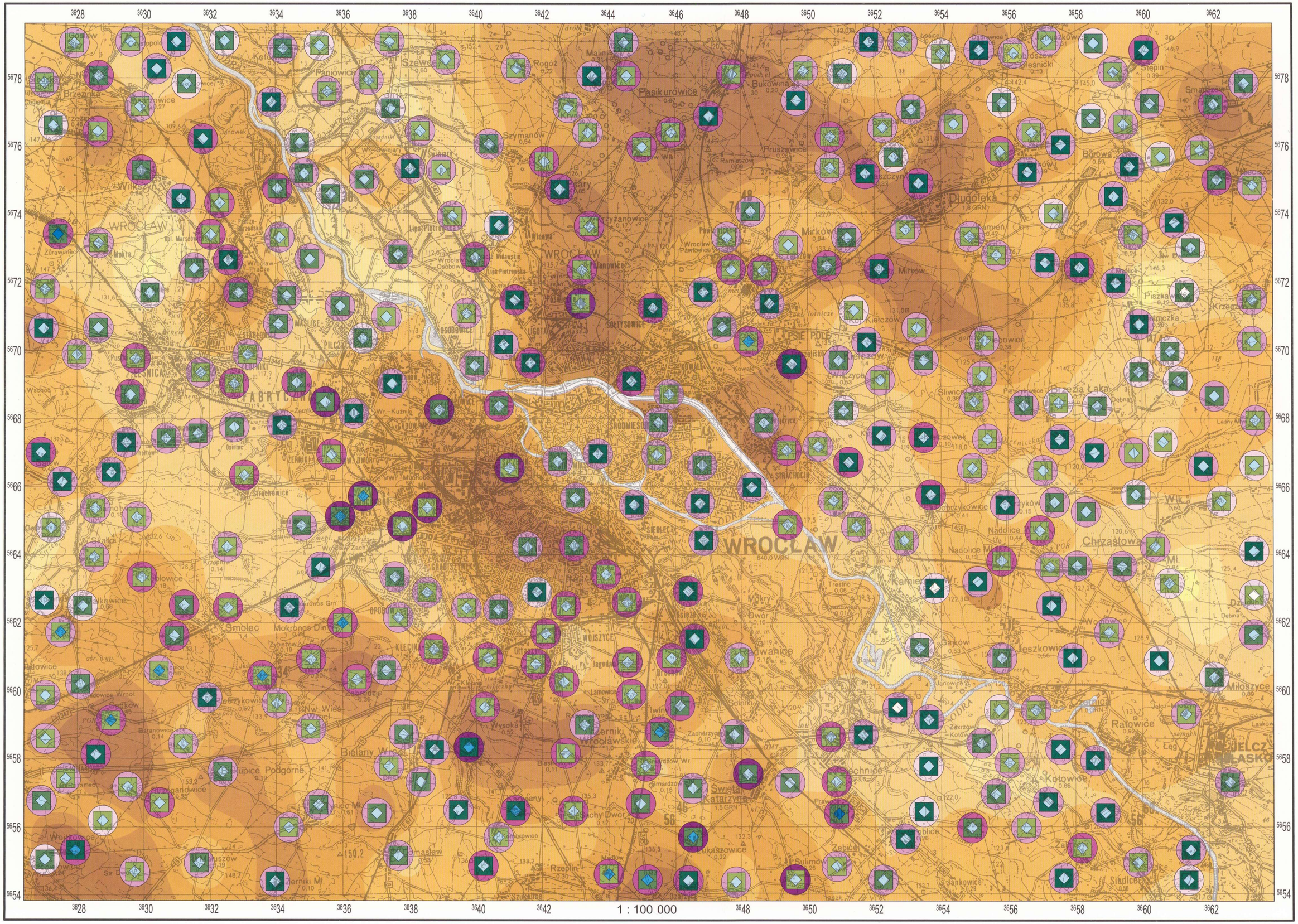
< 0,05 — 0,05 – 0,30 — > 0,30 mg/dm³

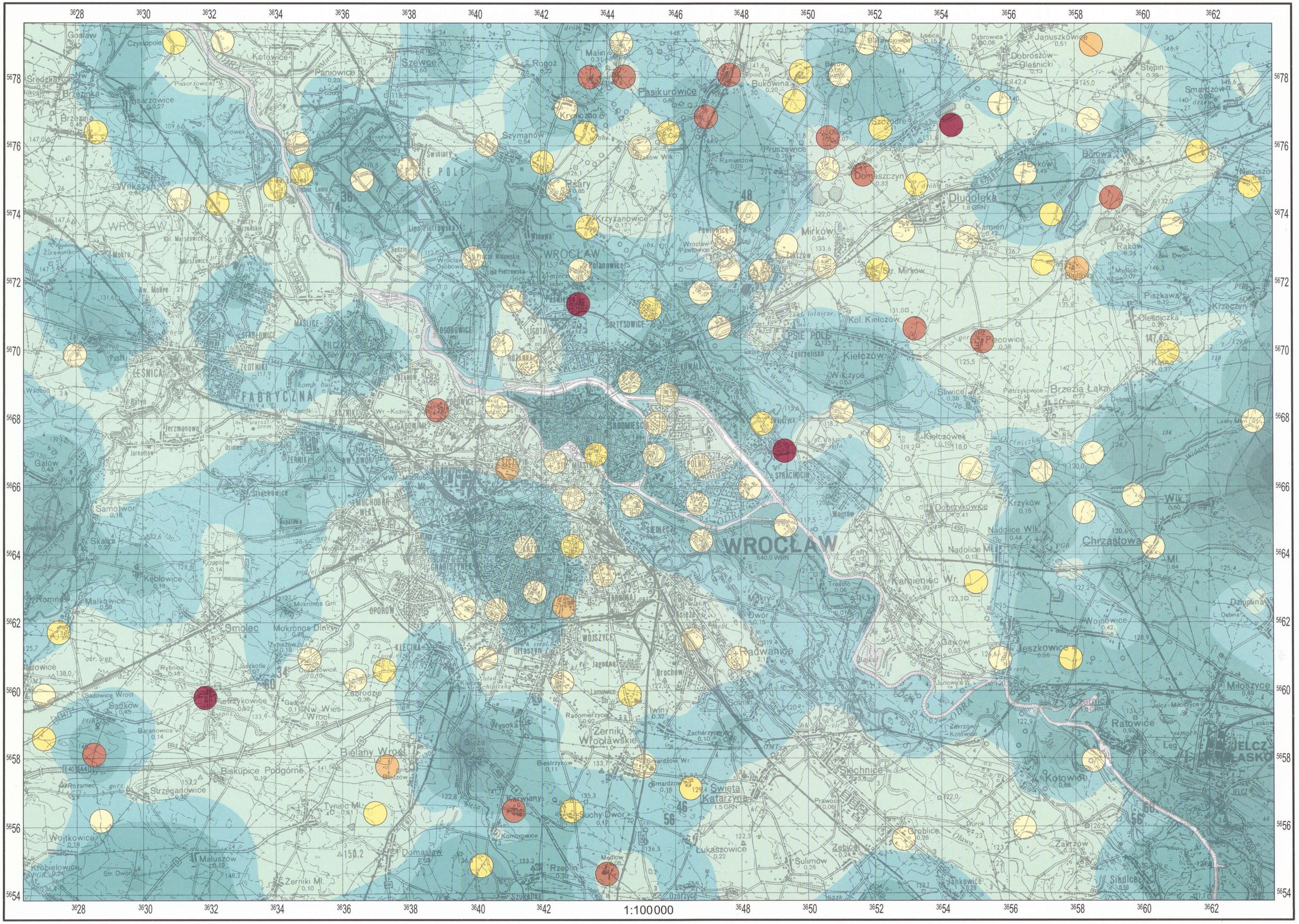
Ti TYTAN / TITANIUM

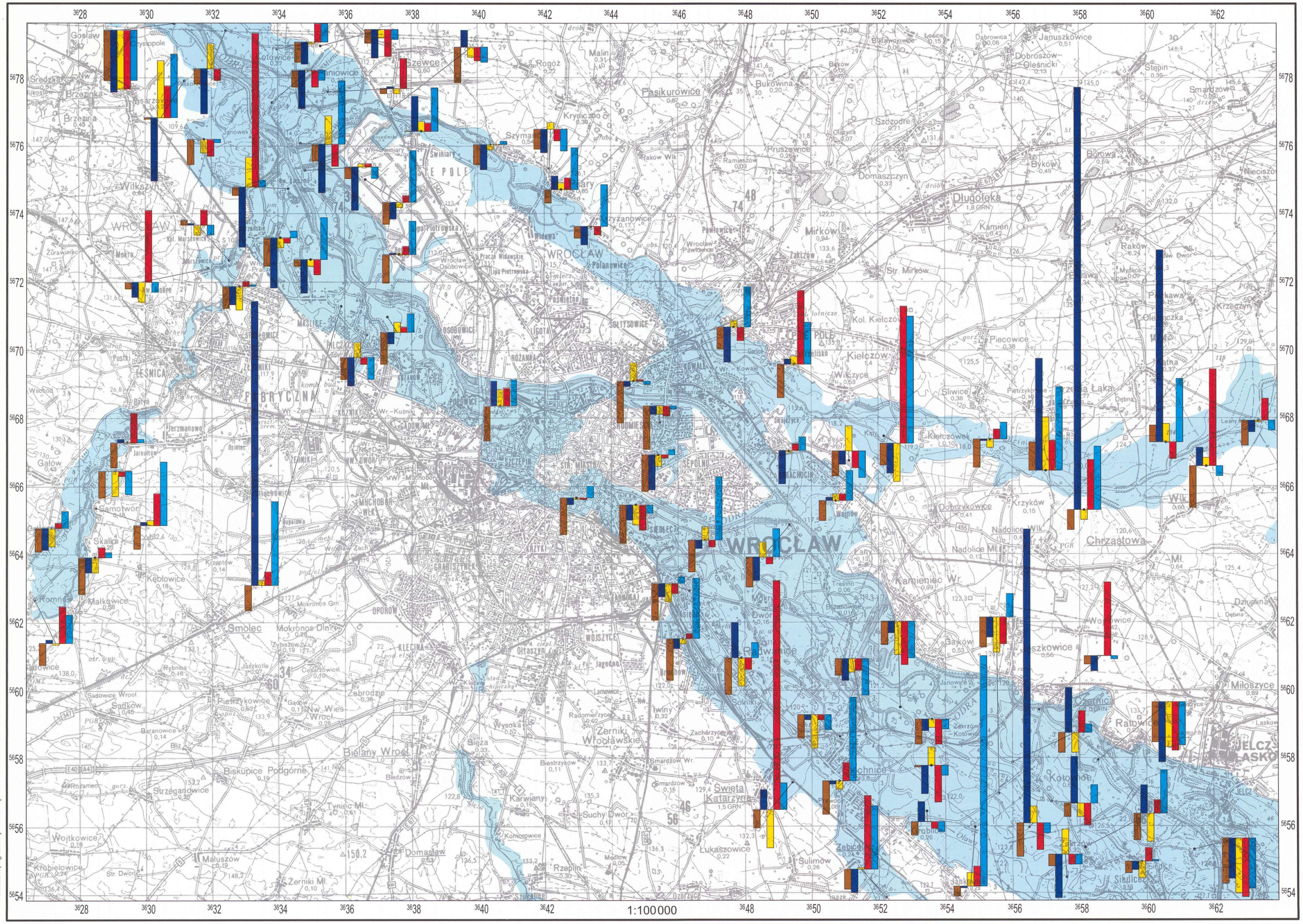
< 0,005 — 0,005 – 0,010 — > 0,010 mg/dm³

SiO_2 KRZEMIONKA / SILICA

10 — 20 — 30 mg/dm³


3628 3630 3632 3634 3636 3638 3640 3642 3644 3646 3648 3650 3652 3654 3656 3658 3660 3662
5678 5676 5674 5672 5670 5668 5666 5664 5662 5660 5658 5656 5654
WROCŁAW
Szewce
Rogoź
Malin
Pasikurowice
Bukowina
Pruszowice
Szymanów
Mirków
Długołęka
Borowa
Stępin
Smardzów
Piszkowice
Krzeczów
Brzeziągłaka
Chrząstowa
Naddolice
Kamieniec Wr.
Jeszkowice
Miłoszyce
Ratowice
Kotowice
Święta Katarzyna
Sulimów
Jankowice
Sindlice
Zebice
Łukaszowice
Rzeplin
Zerniki Wrocławskie
Wojszyce
Smolec
Wilkszyn
Brzeziny
Paniowice
Kotowice
Janowek
Wrocław Główny
Wrocław Pracze
Wrocław Osobowa
Wrocław Nadodrze
Wrocław Pawłowice
Wrocław Mikołajów
Wrocław Kiełczów
Wrocław Leśnica
Wrocław Strachowice
Wrocław Grabiszynek
Wrocław Brochów
Wrocław Nowy Dwór
Wrocław Zachodni
Wrocław Żerniki
Wrocław Gądów
Wrocław Osobowice
Wrocław Maślice
Wrocław Wschód
Wrocław Południe
Wrocław Żerniki Wr.
Wrocław Sołtysowice
Wrocław Kowale
Wrocław Popowice
Wrocław Świebodzki
Wrocław Kozanów
Wrocław Sołtysowice
Wrocław Kuźniki


3628 3630 3632 3634 3636 3638 3640 3642 3644 3646 3648 3650 3652 3654 3656 3658 3660 3662
5678 5676 5674 5672 5670 5668 5666 5664 5662 5660 5658 5656 5654
WROCŁAW
Gosław
Czyżopole
Kotowice
Szewce
Rogóz
Malin
Paniowice
Pasikurowice
Bukowina
Januszkowice
Dobroszów Oleśnicki
Stępin
Smardzów
Brzezinka
Piskorzowice
Brzezina
Piskarzowice
Szymanów
Krynoszów
Szczodre
Olszyca
Pruszowice
Ramieszów
Borowa
Wilkszyn
Psary
Domaszczyn
Długołęka
Krzyżanowice
Mirków
Kamień
Raków
Wrocław-Pawłowice
Wrocław-Osobowice
Wrocław-Popowice
Wrocław-Pracze
Wrocław-Strachowice
Wrocław-Muchobór Wlk.
Wrocław-Żerniki
Wrocław-Kozanów
Wrocław-Leśnica
Wrocław-Stabłowice
Wrocław-Maślice
Wrocław-Pilczyce
Wrocław-Osobowice
Wrocław-Ligota
Wrocław-Sołtysowice
Wrocław-Różanka
Wrocław-Kowale
Wrocław-Gądów Mały
Wrocław-Złotniki
Wrocław-Jerzmanowa
Wrocław-Jarnołtów
Wrocław-Osiniec
Wrocław-Żerniki
Wrocław-Nadodrze
Wrocław-Śródmieście
Wrocław-Szczepin
Wrocław-Muchobór Mały
Wrocław-Krzyki
Wrocław-Grabiszyn
Wrocław-Oporów
Wrocław-Wojszyce
Wrocław-Klecina
Wrocław-Jagodno
Wrocław-Brochów
Wrocław-Sołtysowice
Wrocław-Ołtaszyn
Wrocław-Lamowice
Wrocław-Radomierzyce
Wrocław-Zachérzyce
Wrocław-Iwiny
Wrocław-Wysoka
Wrocław-Ślęża
Wrocław-Biestrzyków
Wrocław-Gwardzów Wr.
Wrocław-Tyniec Mały
Wrocław-Suchy Dwór
Wrocław-Kombornice
Wrocław-Rzeplin
Wrocław-Mędłów
Wrocław-Strachocin
Wrocław-Siedlce
Wrocław-Pełczyce
Wrocław-Wilczyce
Wrocław-Kiełczów
Wrocław-Sr. Mirków
Wrocław-Kol. Kiełczów
Wrocław-Pracze Odrzańskie



Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1996 r.

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

WZGLĘDNA ZMIANA WARTOŚCI WYBRANYCH PARAMETRÓW HYDROGEOCHEMICZNYCH W PUNKTACH OPRÓBOWANYCH W LATACH 1997 i 1998

RELATIVE DIFFERENCE IN VALUES OF CHOSEN HYDROGEOCHEMICAL PARAMETERS MEASURED IN 1997 AND 1998

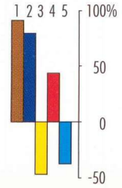
1 przewodność elektryczna właściwa
electrical conductivity

2 stężenie HCO_3^-
HCO_3^- concentration

3 stężenie Na^+
Na^+ concentration

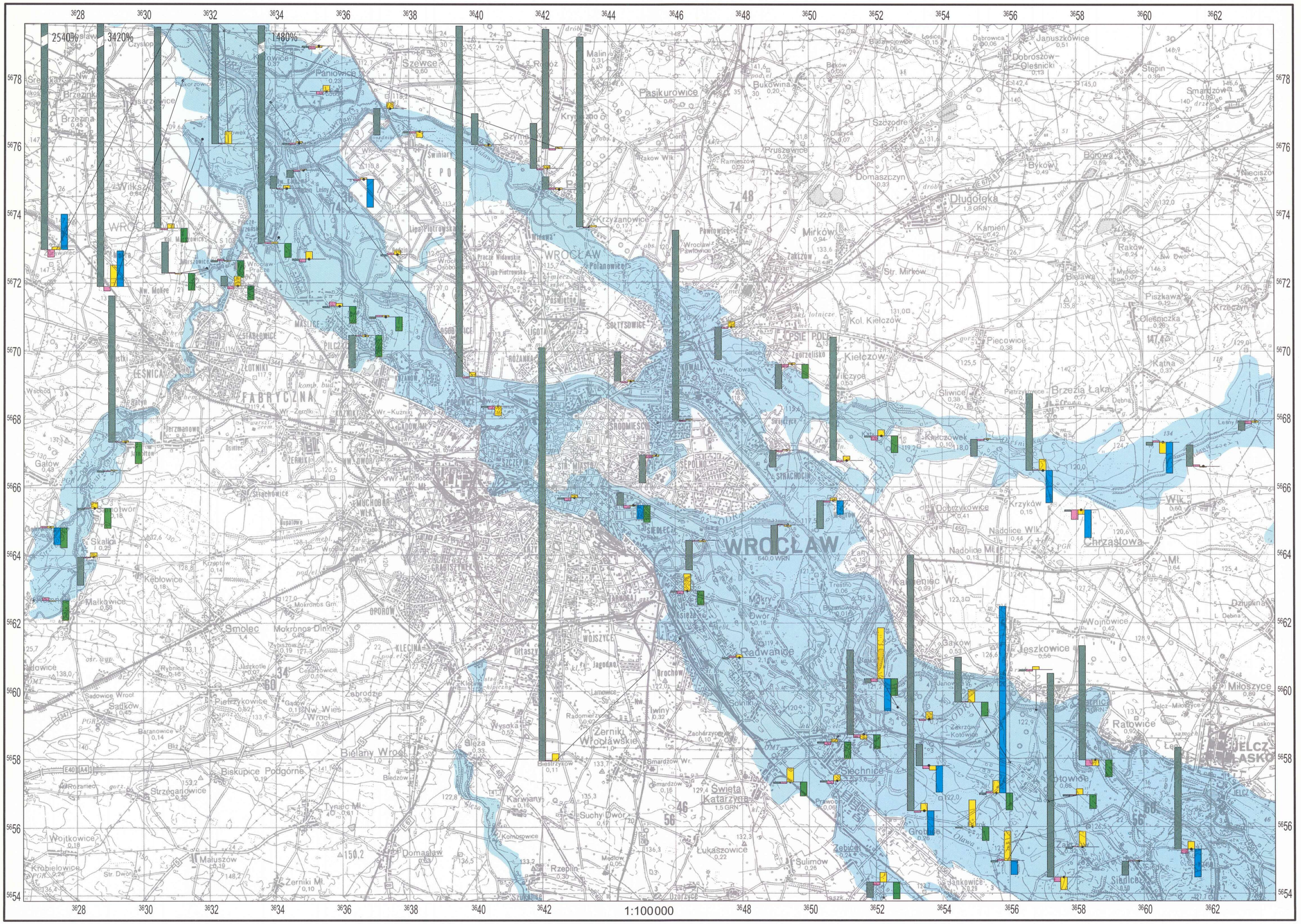
4 stężenie K^+
K^+ concentration

5 stężenie B
B concentration



Lokalizacja punktu opróbowania
Sampling site localization

Obszary zalane przez powódź w lipcu 1997 roku
Areas flooded in July 1997


2540%
3420%
1480%
WROCŁAW
Pasikurowice
Szczodre
Domaszczyn
Długołęka
Mirków
Kiełczów
Brzezia Łąka
Kiełczówek
Chrząstowa
Krzyżanowice
Pawłowice
Kamień
Raków
Piszkawa
Oleśniczka
Krzeczyn
Piecowice
Katna
Bielawa
Borowa
Byków
Stępin
Smardzów
Januszkowice
Dobroszów-Oleśnicki
Budzowice
Dąbrowica
Łęcice
Bukowina
Malin
Szewce
Paniowice
Szyma
Pruszowice
Ramleszów
Rakow Wlk
Dłazyca
Ciemin
Mirków
Zakrzów
Str. Mirków
Kol. Kiełczów
Igorzeliska
Sliwice
Piotrzykowice
Nadolice Wlk
Nadolice Mł.
Dobrzykowice
Krzyków
Kamieniec Wr.
Wojnowice
Jeszkowice
Gajków
Janowice
Zakrzów-Kotowice
Ratowice
Miłoszyce
Jelcz-Miłoszyce
Oławica
Otowice
Siechnice
Prawocice
Grabie
Żebice
Sulimów
Jankowice
Lukaszowice
Suchy Dwór
Iwiny
Radwanice
Mokry Dwór
Trestno
Księże
Brochów
Sołtysowice
Leśnica
Fabryczna
Złotniki
Wilkszyn
Brzezina
Brzeźnik
Jerzmanowo
Gałów
Skałka
Małkowice
Kiełbowice
Smolec
Mokronos Dln.
Mokronos Grn.
Pietrzykowice
Sadków
Sadowice Wrocł.
Nw. Wieś Wrocł.
Zebrodzie
Bielany Wrocł.
Biskupice Podgórne
Strzegarowice
Tyniec Mł.
Wojtkowice
Krobielowice
Małuszów
Domasław
Zerniki Mł.
Zerniki Wrocławskie
Karwiany
Wysoka
Ślęża
Biestrzykow
Smardzów Wr.
Święta Katarzyna
Strachowice
Muchobór Wlk.
Muchobór Mł.
Klecina
Oporów
Wojszyce
Ołtaszyn
Jagodno
Sołtysowice
Leśnica
Pracze Odrzańskie
Pracze Widawskie
Lipa Piotrowska
Wrocław-Pracze
Wrocław-Pawłowice
Wrocław-Osobowice
Nw. Mokre
Wilkszyn
Swiniary
Rakow Wlk
Widawa
Odra
Oława
Dobra
Ślęza
Jelcz
Laskowice
Wrocław Główny
Wrocław Mikołajów
Wrocław Nadodrze
Wrocław Zachodni
Wrocław Leśnica
Wrocław Brochów
Wrocław Swojczyce
Wrocław Sołtysowice
Wrocław Strachowice
Wrocław Muchobór
Wrocław Kuźniki
Wrocław Żerniki
Wrocław Kowale
Wrocław Gądów
Wrocław Popowice
Wrocław Różanka
Wrocław Leśnica
Wrocław Ołtaszyn
Wrocław Karwiany
Wrocław Biestrzykowice
Wrocław Smardzów
Wrocław Kiełczów
Wrocław Kiełczówek
Wrocław Siechnice
Wrocław Jelcz
Wrocław Jelcz Laskowice
Wrocław Jelcz Miłoszyce
Wrocław Oława
Wrocław Otowice
Wrocław Grabie
Wrocław Żebice
Wrocław Sulimów
Wrocław Jankowice
Wrocław Łukaszowice
Wrocław Ozorzyce
Wrocław Rzeplin
Wrocław Szukalice
Wrocław Trestno
Wrocław Mokry Dwór
Wrocław Radwanice
Wrocław Iwiny
Wrocław Zerniki Wrocławskie
Wrocław Ślęza
Wrocław Wysoka
Wrocław Suchy Dwór
Wrocław Święta Katarzyna
Wrocław Smardzów
Wrocław Zachárzyce
Wrocław Prawoc