PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

ATLAS GEOCHEMICZNY WROCŁAWIA I OKOLIC

Część I

GEOCHEMICAL ATLAS OF WROCŁAW AND ENVIRONS

Part I

1 : 100 000

Hanna Tomassi-Morawiec,
Józef Lis, Anna Pasieczna

WARSZAWA 1998

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 I: gleby, osady wodne, wody powierzchniowe

GEOCHEMICAL ATLAS OF WROCŁAW AND ENVIRONS

Part I: soils, water sediments, surface waters

1 : 100 000

Hanna Tomassi-Morawiec,
Józef Lis, Anna Pasieczna

Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ S.A.

WARSZAWA 1998

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

Redaktor: mgr Barbara SŁOWAŃSKA

Akceptował do druku 25.11.1998 r.
Dyrektor Naczelny Państwowego Instytutu Geologicznego
prof. dr hab. Stanisław SPECZIK

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 1998

Recenzent prof. dr hab. inż. Andrzej PAULO

Tłumaczenie mgr Zdzisław SIWEK

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ SA
Zlec. H-12

WSTĘP

Na stan środowiska w badanym rejonie mają wpływ lokalne źródła zanieczyszczeń, do których należą zarówno przemysł i komunikacja, oddziaływanie aglomeracji miejskiej, jak i transport wodami Odry zanieczyszczeń pochodzących z obiektów położonych w jej górnym biegu (na Górnym Śląsku i części Dolnego Śląska oraz w Republice Czeskiej). Aglomeracja Wrocławia zajmuje obszar 292,8 km^2 i jest zamieszkiwana przez 642 tys. mieszkańców (Raport, 1997).

Część I atlasu prezentuje stan chemizmu powierzchniowych środowisk Ziemi w granicach administracyjnych Wrocławia i okolic (część Pradoliny Wrocławskiej oraz Równiny Wrocławskiej na południowym zachodzie badanego obszaru i Równiny Oleśnickiej na północnym wschodzie).

W 1995 r. Wrocław został zaliczony przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska do obszarów ekologicznego zagrożenia, ze względu na przekroczenia dopuszczalnych norm zanieczyszczeń powietrza, wód i gleb. Opracowanie „Atlasu geochemicznego Wrocławia i okolic" pozwala na syntetyczne przedstawienie stanu zanieczyszczenia hydrosfery i powierzchni litosfery w tym rejonie. Umożliwia ustalenie zasięgu i przyczyn wystąpienia anomalii pochodzenia naturalnego lub antropogenicznego. Wyniki badań zaprezentowane w formie map mogą być cennym źródłem informacji dla Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska, geologii, rolnictwa, leśnictwa, planowania przestrzennego, geomedycyny i ochrony zdrowia.

Realizację opracowania rozpoczęto w 1995 r. ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, na zamówienie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. Powierzchnia wykonanego zdjęcia wynosi 984 km^2.

Badaniom poddano gleby, osady wodne i wody powierzchniowe, a opróbowanie prowadzono w siatce 1×1 km.

W trakcie badań, w lipcu 1997 r., Polskę południową i południowo-zachodnią nawiedziła wielka powódź. Około 1/3 obszaru przedstawionego w atlasie znalazła się pod wodą. W związku z tym zdecydowano się na ponowne pobranie próbek gleb z obszarów zalanych (po ustąpieniu wody) i poddanie ich analizom chemicznym, w celu porównania zawartości metali w glebach w okresie przedpowodziowym i popowodziowym.

W realizacji części I atlasu brali udział:

- **J. Lis, A. Pasieczna, H. Tomassi-Morawiec:** geochemia – koncepcja i projekt badań, nadzór i koordynacja prac, opracowanie map geochemicznych, interpretacja wyników,
- **H. Tomassi-Morawiec, T. Gliwicz, P. Kaszycki:** bazy danych,
- **J. Przybysławski, J. Siemiątkowski:** opróbowanie i pomiary w terenie,
- **P. Pasławski, K. Jakimowicz-Hnatyszak:** prace analityczne – kierownictwo i koordynacja,
- **A. Jaklewicz, I. Jaroń, D. Karmasz, J. Kucharzyk, B. Kudowska, D. Lech, M. Liszewska, E. Maciołek, I. Matejko:** analizy chemiczne,
- **B. Budzicka, I. Witowska:** chemiczne przygotowanie próbek do analiz,
- **M. Cichorski, Z. Dobieszyńska, J. Duszyński, Z. Prasol:** mechaniczne przygotowanie próbek do analiz.

PRACE TERENOWE

Prace terenowe zostały wykonane w sezonie letnim 1995 roku przez zespół pracowników Oddziału Dolnośląskiego Państwowego Instytutu Geologicznego. Grupa terenowa wyposażona była w mapy topograficzne, sprzęt i materiały do opróbowania oraz instrukcję prac terenowych. Przed wyjazdem w teren pracownicy wykonujący opróbowanie zostali odpowiednio przeszkoleni.

Dla lokalizacji punktów poboru próbek używano map topograficznych w układzie państwowym *1965* w skali 1:25 000. Każdy arkusz mapy, odpowiadający 160 km^2, podzielony był na 160 kwadratów o powierzchni 1 km^2. Z kwadratów tych pobierano próbki gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych. Obserwacje dotyczące zabudowy terenu (tablica B), sposobu użytkowania terenu (tablica C), rodzaju zbiornika wodnego, charakteru petrograficznego (tablica 1) pobieranego materiału oraz lokalizację punktu notowano w odpowiednich kartach opróbowania. Miejsca pobrania próbek zaznaczano na mapach i opisywano odpowiednimi numerami.

Próbki glebowe pobierano za pomocą ręcznej sondy o średnicy około 80 mm z głębokości 0,0–0,2 m. Pobrana gleba o masie około 1000 g umieszczana była w woreczku płóciennym opisanym odpowiednim numerem.

Próbki współczesnych osadów wodnych, o możliwie najdrobniejszym uziarnieniu i masie około 1000 g, pobierane były z różnego rodzaju zbiorników wodnych – rzek, strumieni, rowów i zbiorników wód stojących różnej wielkości – do woreczków płóciennych.

Próbki wód powierzchniowych pobierano w tych samych miejscach, w których opróbowano osady wodne. Technika poboru próbek była zgodna z metodyką opróbowania źródeł opisaną przez S. Witczaka i A. Adamczyka (1994). Wody filtrowano w terenie przez filtry MILIPORE 0,45 μm, a po umieszczeniu w pojemnikach o objętości 20 ml – zakwaszane HCl. W punkcie poboru wykonywano pomiar kwasowości i przewodności elektrycznej wody.

PRZYGOTOWANIE DO BADAŃ I ARCHIWIZACJA PRÓBEK

Próbki gleb i osadów wodnych, po wstępnym wysuszeniu w terenie, przewożone były do magazynu, gdzie suszono je w temperaturze pokojowej. Następnie próbki przesiewano przez nylonowe sita o oczkach 1 mm dla gleb i 0,2 mm dla osadów wodnych. Po skwartowaniu, próbki o masie około 100 g umieszczano w polietylenowych pojemnikach. Próbki zmagazynowano w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie, w odpowiednio przygotowanym pomieszczeniu.

PRACE LABORATORYJNE

Analizy chemiczne wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

Roztwarzanie próbek. Do roztwarzania zastosowano metodę ługowania za pomocą kwasu solnego (HCl 1:4), w temperaturze 90° C , w ciągu 1 godziny. Ługowanie kwasami pozwala bowiem na określenie mobilnej części pierwiastków, biorącej główny udział w migracji w powierzchniowych środowiskach Ziemi. Ta forma pierwiastków jest też najłatwiej przyswajana przez organizmy żywe. W procesie ługowania kwasowego ilości pierwiastków uwalnianych do roztworu w stosunku do ich całkowitych zawartości są różne, w zależności od formy występowania, i wahają się od kilku do 100%. Najtrudniej poddają się ługowaniu niektóre pierwiastki główne minerałów, takie jak: krzem, glin, potas i sód w skaleniach; żelazo, magnez, wapń – w amfibolach i piroksenach; cyrkon, tytan, itr, tor – w minerałach ciężkich gleb i osadów wodnych. Najłatwiej przechodzą do roztworu pierwiastki ze struktur minerałów węglanowych lub występujące w formach sorpcyjnych, słabo związanych. Ten ostatni sposób występowania pierwiastków jest najbardziej charakterystyczny dla gleb i osadów wodnych zanieczyszczonych w procesach antropogenicznych. Problem podatności na proces ługowania różnych pierwiastków kwasami został omówiony bardziej szczegółowo w „Atlasie geochemicznym Polski" (J. Lis, A. Pasieczna, 1995a).

Oznaczenia pierwiastków i kwasowości. Oznaczenia Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach oraz osadach wodnych wykonano za pomocą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-AES). Do analiz stosowano spektrometry: PV 8060 firmy Philips i JY 70 Plus Geoplasma firmy Jobin-Yvon.

Oznaczenia Hg w próbkach gleb i osadów wodnych wykonano metodą spektrometrii absorbcji atomowej techniką zimnych par (CV-AAS) z użyciem spektrometru Perkin-Elmer 4100 ZL z systemem przepływowym FIAS-100.

W próbkach gleb oznaczono też węgiel całkowity metodą kulometryczną z zastosowaniem analizatora Coulomat 702 C/S firmy Ströehlain.

Kwasowość gleb w środowisku wodnym oznaczono według normy stosowanej w gleboznawstwie (Norma, 1975).

Oznaczenia Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, SiO_2, SO_4, Sr, Ti, V, Y i Zn w wodach powierzchniowych przeprowadzono metodą ICP-AES na spektrometrze PV 8060 firmy Philips.

Zestawienie stosowanych metod analitycznych i granic oznaczalności pierwiastków przedstawiono w tabelach I i II.

Tabela I
Table I

Metody analityczne oraz granice oznaczalności pierwiastków stosowane dla próbek gleb i osadów wodnych
Analytical methods and detection limits of elements used for soil and water sediment samples

Pierwiastek Element	Metoda analityczna Analytical method	Długość fali Wave length (in nm)	Jednostka Unit	Granica oznaczalności Detection limit
pH	potencjometria		–	
Ag	ICP-AES	328,068	ppm	1
Al		308,215	%	0,01
As		193,695	ppm	5
Ba		455,403	ppm	1
Be		313,042	ppm	0,5
C	kulometryczna		%	0,01
Ca	ICP-AES	315,887	%	0,01
Cd		226,502	ppm	0,5
Co		228,616	ppm	1
Cr		267,716	ppm	1
Cu		324,754	ppm	1
Fe		259,940	%	0,01
Hg	CV-AAS	253,7	ppm	0,05
Mg	ICP-AES	383,829	%	0,01
Mn		257,610	ppm	1
Ni		231,604	ppm	1
P		178,224	%	0,005
Pb		220,353	ppm	3
S		182,000	%	0,005
Sr		407,771	ppm	1
Ti		337,279	ppm	1
V		290,881	ppm	1
Zn		213,856	ppm	1

ICP-AES – atomowa spektrometria emisyjna ze wzbudzeniem plazmowym
Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry

CV-AAS – atomowa spektrometria absorbcyjna z techniką zimnych par
Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry

BAZY DANYCH

Za pomocą programu dBase III-plus utworzono trzy oddzielne komputerowe bazy: współrzędnych punktów opróbowania, obserwacji polowych i danych laboratoryjnych.

Baza współrzędnych punktów opróbowania. Pomiary współrzędnych punktów wykonano na mapach opróbowania w skali 1:25 000 na stole pomiarowym (dygimetrze). Uzyskane współrzędne w układzie państwowym *1965* przetransformowano na układ państwowy *1942*, a następnie przeliczono na współrzędne kątowe. Utworzona w ten sposób baza zawiera współrzędne źródłowe (*1965*) oraz przetransformowane (*1942* i geograficzne). Baza ta stanowiła podstawę generacji wszystkich map geochemicznych.

Baza obserwacji polowych. Dane polowe zanotowane na kartach opróbowania zostały wprowadzone do bazy, w której poszczególnym elementom przypisano kody liczbowe zawarte w kartach opróbowania. Baza służy do wydzielania pod-

zbiorów dla obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska (np. stężenia pierwiastków w glebach uprawnych, glebach leśnych, glebach miejskich, osadach i wodach poszczególnych zbiorników wodnych itp.).

Baza danych laboratoryjnych. Wyniki analiz przekazywane przez laboratorium były umieszczane w bazie analiz chemicznych. Baza zawiera 49 336 oznaczeń w 2008 próbkach.

Tabela II
Table

Metody analityczne oraz granice oznaczalności pierwiastków stosowane dla próbek wód powierzchniowych
Analytical methods and detection limits of elements used for surface water samples

Pierwiastek Element	Metoda analityczna Analytical method	Długość fali (w nm) Wave length (in nm)	Jednostka Unit	Granica oznaczalności Detection limit
Al	ICP-AES	308,215	ppm	0,05
As		189,042	ppb	50
B		208,893	ppm	0,03
Ba		455,403	ppb	1
Ca		315,887	ppm	0,1
Cd		226,502	ppb	3
Co		228,616	ppb	5
Cr		267,716	ppb	4
Cu		324,754	ppb	5
Fe		259,940	ppm	0,01
K		766,491	ppm	0,5
Li		670,776	ppb	1
Mg		383,829	ppm	0,1
Mn		257,610	ppb	1
Na		589,592	ppm	1
Ni		231,604	ppb	10
P		178,224	ppm	0,05
Pb		220,353	ppb	50
SiO_2		251,611	ppm	0,1
SO_4		182,000	ppm	0,1
Sr		407,771	ppb	1
Ti		337,279	ppb	5
V		290,881	ppb	6
Y		371,029	ppb	1
Zn		213,856	ppb	5

KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

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

Obliczenia statystyczne. Obliczenia parametrów statystycznych dla całych zbiorów i podzbiorów reprezentujących różne środowiska gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych, wykonano za pomocą pakietu STATGRAPHICS. Wyliczano średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz wartość minimalną i maksymalną. Dane te zestawiono dla poszczególnych środowisk w tabelach III-V. Obliczone wskaźniki służyły jako podstawa dla wyznaczenia odpowiednich parametrów przy generacji map geochemicznych. Posługiwano się głównie średnią geometryczną, gdyż parametr ten, jako mniej obarczony wpływem wartości ekstremalnych, najlepiej charakteryzuje badaną populację. Inne parametry, takie jak wariancja czy odchylenie standardowe, nie były przydatne, gdyż w przypadku omawianych map mamy do czynienia z bliżej nieokreślonymi rozkładami przyrodniczymi.

Opracowanie map geochemicznych. Mapy geochemiczne gleb utworzono z użyciem programu SURFER for Windows stosując metodę odwrotnej odległości. Dla prezentacji obrazu kartograficznego zastosowano metodę izoliniową. Poziomy zawartości dobierano zgodnie z podziałem na percentyle: 15, 25, 50, 75, 90, 95, 97 i 99%, obrazującym udział próbek o danym stężeniu pierwiastka. W przypadku mapy pH gleb przyjęto wartości poziomów zgodnie z podziałem stosowanym w gleboznawstwie (na gleby bardzo kwaśne, kwaśne, lekko kwaśne, obojętne i zasadowe).

Mapy geochemiczne osadów wodnych i wód powierzchniowych skonstruowano przy użyciu tego samego programu, stosując sposób prezentacji w formie kartodiagramów kołowych. Klasom odpowiadającym zakresom zawartości pierwiastków z podziałem na percentyle: <15, 25, 50, 75, 90, 95, 97, 99 i 100% przypisano odpowiednie średnice kółek.

POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE

Pod względem fizjograficznym badany obszar należy w całości do Niziny Śląskiej i obejmuje fragmenty jednostek niższego rzędu: Równiny Wrocławskiej, Równiny Oleśnickiej i Pradoliny Wrocławskiej (J. Kondracki, 1998). Wrocław zajmuje centrum arkusza rozciągając się na powierzchni 292,8 km^2. W rejonie Wrocławia zbiegają się ważne dopływy Odry: Bystrzyca, Ślęza, Oława i Widawa.

Pradolina Wrocławska przecina diagonalnie badany obszar. Jej szerokość dochodzi do 10 km. Oprócz Odry płyną nią Oława i częściowo Widawa. Pradolinę wypełniają plejstoceńskie i holoceńskie osady rzeczne (m.in. mady) budujące tarasy. Na tarasie zalewowym znajdują się liczne starorzecza. W obrębie pradoliny występują gleby uprawne, łąki i kompleksy leśne.

Południowo-zachodnia część arkusza należy do Równiny Wrocławskiej. Jest to głównie rejon rolniczy. Na jego przeważającej powierzchni (pomiędzy dolinami Oławy i Bystrzycy) występują żyzne gleby (czarne ziemie) rozwinięte na pokrywie lessowej. W dolinach Bystrzycy, Ślęzy i Oławy występują mady średnie i ciężkie.

Północno-wschodnia część badanego obszaru jest fragmentem Równiny Oleśnickiej. Pokrywają ją kompleksy leśne, gleby uprawne i łąki. Przeważają tu gleby rozwinięte na glinach zwałowych lub piaszczysto-żwirowych osadach wodnolodowcowych i rzecznych. W dolinie Widawy występują mady. W jej dolnym odcinku leży Równina Psiego Pola, stanowiąca część aglomeracji wrocławskiej, z dużą liczbą zakładów przemysłowych.

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ I ZŁOŻA SUROWCÓW SKALNYCH

W podłożu badanego terenu zaznaczają się dwie wielkie jednostki strukturalne. Część południowo-zachodnia leży na bloku przedsudeckim, a północno-wschodnia na monoklinie przedsudeckiej. Między nimi przebiega strefa uskoków środkowej Odry (J. Oberc, 1962). Blok przedsudecki zbudowany jest ze skał proterozoiku i paleozoiku, monoklina przedsudecka – ze skał permsko-mezozoicznych. Obie jednostki przykrywa kompleks kenozoicznych osadów trzeciorzędowych i czwartorzędowych (Tablica A).

Trzeciorzęd. Osady trzeciorzędu zalegają niezgodnie na utworach bloku przedsudeckiego i monokliny przedsudeckiej. Ich miąższość wynosi od 30 m do 200 m. Lokalnie, utwory neogenu (plastyczne iły pstre „plomieniste" serii poznańskiej) odsłaniają się na południowy zachód od Odry (A. Grocholski i in., 1981; A. Łabno, 1991; M. Szałamacha, J. Szałamacha, 1996). Iły te wychodzą miejscami na powierzchnię terenu budując zdenudowaną wysoczyznę morenową (okolice Wojtkowic, Cesarzowic, Smolca, Leśnicy) lub odsłaniają się w obrębie erozyjnych tarasów rzecznych Odry, Ślęzy i Bystrzycy (Stabłowice, Muchobór, Pilczyce, Domasław).

Czwartorzęd. Miąższość osadów czwartorzędowych nie przekracza 10 m w zachodniej części obszaru i 30–50 m na wschód od Wrocławia (M. Różycki, 1968).

Utwory zlodowacenia południowopolskiego odsłaniają się tylko między dolinami Oławy i Szalonej w rejonie Groblic (J. Badura, B. Przybylski, 1996). Są to gliny piaszczyste i zwięzłe z przewarstwieniami piasków. Zawierają okruchy skał skandynawskich (wapieni, skał krystalicznych, piaskowców i kwarcytów) oraz skał z Niżu Polskiego (wapieni, margli, piaskowców, kwarcu, krzemieni, węgla brunatnego).

Największe rozprzestrzenienie na omawianym obszarze mają utwory wodnolodowcowe (piaski i żwiry) oraz gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego.

Piaski różnoziarniste i żwiry wodnolodowcowe (stadiału maksymalnego) wychodzą na powierzchnię w formie różnej wielkości płatów na południowy zachód od doliny Odry. W ich składzie petrograficznym dominuje kwarc. Zawierają liczne okruchy skał północnych (granity, gnejsy, porfiry, kwarcyty, łupki łyszczykowe, wapienie, krzemienie, piaskowce). W zmiennej ilości występuje domieszka materiału sudeckiego (A. Łabno, 1991; J. Badura i in., 1998). Piaski i żwiry wodnolodowcowe stadiału mazowiecko-podlaskiego występują w północno-wschodnim rejonie badanego arkusza. Są to fragmenty utworów sandrowych pokrywających przedpole Wzgórz Trzebnickich. Reprezentowane są głównie przez gruboziarniste piaski z domieszką żwiru. Lokalnie spotykane są w nich toczeńce iłaste. W składzie petrograficznym żwirów dominują krystaliczne skały skandynawskie i bałtyckie wapienie paleozoiczne (J. Badura i in., 1998).

Gliny zwałowe osiągają średnią miąższość 2–6 m. Zalegają zwykle na żwirach wodnolodowcowych dolnych, iłach, mułkach i piaskach zastoiskowych, bądź na osadach trzeciorzędowych. Po zachodniej stronie Odry, w obrębie wysoczyzny morenowej, tworzą najczęściej rozległe płaty o nieregularnym zarysie (okolice Leśnicy i Wilkszyna, Muchoboru, Smolca i Oporowa). W południowych dzielnicach Wrocławia i na południe od miasta występują w postaci ciągłej pokrywy. Po wschodniej stronie Odry budują ciągłe pokrywy moreny dennej na tarasie erozyjnym Odry (rejon od Ratowic do Nadolic Wielkich) oraz na wysoczyznach (rejony Kielczów–Długołęka i Pawłowice–Pasikurowice–Szewce). Gliny te są przeważnie silnie piaszczyste. Zawierają liczne gniazda i porwaki iłów trzeciorzędowych, wtrącenia margli oraz głazy skał północnych (A. Łabno, 1991; G. Winnicka, 1988).

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

Na północ od Wrocławia (w rejonie Kryniczna) oraz miejscami w dolinie Oleśnicy odsłaniają się mułki i iły zastoiskowe (J. Badura i in., 1998; J. Winnicki, 1990).

Utwory rzeczne zlodowacenia środkowopolskiego budują taras nadzalewowy Odry w południowo-wschodniej części badanego terenu. Są to piaski grubo- i średnioziarniste z przewarstwieniami żwirów i piasków drobnoziarnistych, czasami zailonych (K. Cwojdzińska-Ruziewicz, 1990).

Utwory zlodowacenia północnopolskiego reprezentują piaski i żwiry rzeczne tarasów nadzalewowych oraz lessy glinaste i gliny lessopodobne.

Osady tarasów nadzalewowych Odry, Ślęzy i Widawy to piaski grubo- i różnoziarniste, ze znaczną domieszką żwirów oraz żwiry. Materiał piaszczysto-żwirowy jest dobrze obtoczony. W składzie petrograficznym tych osadów przeważa kwarc. Ponadto występują białe i czerwone skalenie oraz otoczaki materiału skandynawskiego. Osady te mają duże rozprzestrzenienie na badanym obszarze, zwłaszcza we wschodniej jego części (H. Gizler, 1986; G. Winnicka, 1988; K. Cwojdzińska-Ruziewicz, 1990; M. Szałamacha, J. Szałamacha, 1996).

Lessy gliniaste i gliny lessopodobne występują powszechnie na południe i południowy zachód od Wrocławia pokrywając powierzchnię wysoczyzny morenowej cienką warstwą o miąższości wynoszącej zazwyczaj od kilkunastu centymetrów do 0,5 m. Są to osady barwy szarożółtej lub beżowej, pylaste. W okolicach Bielan Wrocławskich utwory te zawierają duże ilości rozłożonej substancji organicznej – są to tzw. czarnoziemy (A. Łabno, 1991; M. Szałamacha, J. Szałamacha, 1996).

Tabela III
Table

Parametry statystyczne pierwiastków chemicznych i kwasowości w glebach Wrocławia i okolic
Statistical parameters of chemical elements and acidity in soils of Wrocław and environs

Gleby Soils	Para-metry Para-meters	Ag ppm	Al %	As ppm	Ba ppm	Be ppm	C_{org} %	Ca %	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Hg ppm	Mg %	Mn ppm	Ni ppm	P %	Pb ppm	S %	Sr ppm	Ti ppm	V ppm	Zn ppm	pH
Gleby Wrocławia i okolic	a	<1	0,04	<5	3	<0,5	0,05	<0,01	<0,5	1	1	1	0,01	<0,05	<0,01	1	1	<0,005	<3	<0,005	<1	2	1	6	2,8
Soils of Wrocław and environs	b	9	1,63	46	1105	4,3	18,74	14,26	37,3	18	109	601	6,23	6,60	1,66	2249	52	0,410	514	0,198	233	247	41	1 968	8,2
n = 988	c	<1	0,37	<5	79	<0,5	2,01	0,43	<0,5	3	8	14	0,76	0,15	0,09	322	8	0,051	26	0,015	15	29	11	69	6,2
	d	<1	0,31	<5	56	<0,5	1,66	0,22	<0,5	3	6	10	0,62	0,07	0,07	240	6	0,044	20	0,013	10	25	10	42	6,0
	e	<1	0,32	<5	59	<0,5	1,66	0,26	<0,5	3	6	9	0,64	0,07	0,08	280	7	0,047	17	0,013	11	25	11	35	6,3
Gleby pól uprawnych	a	<1	0,08	<5	7	<0,5	0,05	0,01	<0,5	1	1	1	0,09	<0,05	<0,01	9	1	0,006	<3	<0,005	1	5	1	10	3,5
Cultivated soils	b	1	1,34	24	460	1,5	8,90	14,26	1,7	12	42	67	2,91	1,61	1,66	1522	28	0,410	141	0,086	148	247	38	446	8,1
n = 578	c	<1	0,37	<5	66	<0,5	1,58	0,46	<0,5	3	7	10	0,71	0,11	0,09	320	7	0,053	18	0,013	14	30	12	43	6,4
	d	<1	0,33	<5	53	<0,5	1,42	0,24	<0,5	3	6	9	0,61	0,06	0,07	271	6	0,048	17	0,012	10	27	11	36	6,3
	e	<1	0,33	<5	56	<0,5	1,40	0,26	<0,5	3	6	9	0,64	0,07	0,08	288	7	0,050	15	0,012	10	27	11	33	6,5
Gleby z terenów podmiejskich	a	<1	0,15	<5	21	<0,5	0,60	0,03	<0,5	1	2	4	0,26	<0,05	0,02	64	3	0,015	4	0,005	3	7	4	18	4,8
Soils in suburban areas	b	<1	0,70	12	482	1,1	5,11	2,24	1,6	6	14	93	1,49	0,54	0,21	546	33	0,141	195	0,073	105	139	37	496	7,9
n = 31	c	<1	0,33	<5	124	<0,5	2,11	0,67	<0,5	3	6	20	0,71	0,16	0,08	273	9	0,060	39	0,017	27	34	11	108	7,0
	d	<1	0,31	<5	95	<0,5	1,90	0,44	<0,5	3	6	16	0,64	0,11	0,07	244	7	0,052	31	0,014	20	28	10	79	6,9
	e	<1	0,31	<5	100	<0,5	1,96	0,56	<0,5	3	6	16	0,68	0,13	0,08	252	8	0,056	33	0,016	24	28	10	71	7,3
Gleby terenów o zabudowie miejskiej	a	<1	0,14	<5	33	<0,5	0,54	0,06	<0,5	2	3	6	0,42	<0,05	0,03	103	3	0,014	9	0,007	6	14	6	22	5,1
zwartej	b	9	1,00	32	1105	1,2	16,42	1,82	33,1	10	109	298	2,58	3,62	0,32	817	52	0,174	227	0,045	97	70	29	1 968	7,9
Soils in urban areas with compact	c	<1	0,38	5	158	<0,5	2,88	0,62	1,6	4	14	43	0,89	0,39	0,11	308	12	0,068	64	0,017	28	37	12	225	6,9
development	d	<1	0,35	<5	115	<0,5	2,45	0,48	0,6	4	9	27	0,80	0,18	0,09	278	10	0,057	52	0,015	23	34	11	132	6,9
n = 50	e	<1	0,33	<5	111	<0,5	2,52	0,48	0,7	3	8	29	0,79	0,20	0,09	284	9	0,060	53	0,015	26	35	10	123	7,2
Gleby terenów o zabudowie prze-	a	<1	0,17	<5	27	<0,5	0,73	0,08	<0,5	2	3	7	0,35	<0,05	0,04	150	3	0,024	18	0,005	4	15	7	40	5,7
mysłowej	b	<1	0,72	16	530	2,3	6,42	3,11	37,3	9	12	601	1,87	1,88	0,27	533	23	0,151	514	0,043	233	94	26	1 399	8,2
Soils in industrial areas	c	<1	0,33	<5	109	<0,5	2,22	0,71	2,7	4	7	62	0,77	0,28	0,09	284	9	0,062	88	0,014	34	39	11	199	7,1
n =17	d	<1	0,32	<5	86	<0,5	1,94	0,46	0,5	3	7	23	0,71	0,15	0,08	270	8	0,055	50	0,013	22	35	10	113	7,1
	e	<1	0,33	<5	83	<0,5	2,08	0,49	0,5	3	6	15	0,70	0,13	0,08	266	8	0,051	59	0,012	24	37	10	93	7,4
Gleby lasów	a	<1	0,04	<5	3	<0,5	0,44	<0,01	<0,5	1	1	1	0,01	<0,05	<0,01	1	1	<0,005	<3	<0,005	<1	2	1	6	2,8
Forest soils	b	<1	1,63	46	485	2,2	18,74	2,79	4,3	16	57	71	2,77	2,50	0,35	1695	34	0,381	190	0,052	85	97	39	946	7,8
n = 120	c	<1	0,33	6	66	<0,5	3,08	0,17	<0,5	3	7	10	0,70	0,13	0,07	274	6	0,031	26	0,016	8	21	9	66	4,6
	d	<1	0,24	<5	33	<0,5	2,33	0,06	<0,5	2	4	6	0,45	0,06	0,03	105	3	0,022	20	0,013	4	18	6	30	4,5
	e	<1	0,20	<5	30	<0,5	2,36	0,06	<0,5	1	3	5	0,38	0,06	0,03	117	2	0,022	17	0,013	3	18	6	22	4,4
Gleby łąk	a	<1	0,11	<5	11	<0,5	0,33	0,01	<0,5	1	2	2	0,19	<0,05	0,01	27	1	0,016	<3	<0,005	2	7	3	13	3,7
Meadow soils	b	2	1,36	38	572	1,5	16,98	2,21	6,3	18	60	167	6,23	2,44	0,35	2249	28	0,186	135	0,198	47	135	41	849	7,5
n = 109	c	<1	0,45	7	114	<0,5	2,77	0,37	0,7	4	11	17	1,11	0,24	0,10	438	10	0,053	31	0,022	14	23	14	98	6,0
	d	<1	0,37	5	83	<0,5	2,23	0,27	<0,5	3	8	12	0,86	0,11	0,08	320	8	0,046	24	0,018	12	20	12	57	5,9
	e	<1	0,35	5	85	<0,5	2,39	0,30	<0,5	3	7	11	0,84	0,10	0,08	345	8	0,046	20	0,018	13	19	12	48	6,0
Gleby ugorów i nieużytków	a	<1	0,08	<5	4	<0,5	0,31	<0,01	<0,5	1	1	2	0,11	<0,05	<0,01	19	1	0,007	3	<0,005	1	7	2	7	3,8
Fallow and barren land soils	b	<1	0,84	16	530	2,3	6,42	3,11	1,8	9	14	153	2,00	1,88	0,27	1307	23	0,151	236	0,061	233	103	26	489	7,9
n = 60	c	<1	0,27	<5	65	<0,5	1,55	0,37	<0,5	3	5	13	0,63	0,12	0,06	269	6	0,044	27	0,012	15	26	9	59	6,1
	d	<1	0,23	<5	44	<0,5	1,32	0,16	<0,5	2	5	8	0,48	0,06	0,05	185	4	0,037	19	0,010	8	22	8	39	6,0
	e	<1	0,23	<5	42	<0,5	1,29	0,17	<0,5	2	4	8	0,45	0,06	0,06	212	4	0,035	17	0,011	10	21	8	39	6,1
Gleby parków miejskich	a	<1	0,14	<5	33	<0,5	0,54	0,02	<0,5	1	3	7	0,31	<0,05	0,01	25	3	0,012	8	0,007	3	10	5	14	4,0
City park soils	b	9	1,07	15	1105	4,3	14,29	1,49	33,1	9	109	270	2,08	3,62	0,22	857	30	0,140	227	0,048	137	161	41	1 968	7,7
n = 29	c	<1	0,39	<5	155	<0,5	2,77	0,52	1,8	4	13	39	0,84	0,38	0,10	290	10	0,055	55	0,017	25	36	12	187	6,6
	d	<1	0,35	<5	105	<0,5	2,30	0,35	<0,5	3	8	22	0,76	0,18	0,08	243	9	0,046	41	0,015	17	30	11	92	6,6
	e	<1	0,35	<5	108	<0,5	2,35	0,43	<0,5	3	7	18	0,76	0,18	0,08	284	8	0,048	37	0,014	20	31	10	86	7,0
Gleby trawników i skwerów	a	<1	0,15	<5	21	<0,5	0,60	0,03	<0,5	1	2	4	0,29	<0,05	0,02	96	3	0,015	4	0,005	3	7	4	18	4,8
Lawn soils	b	3	0,70	8	482	1,1	5,41	2,24	37,3	6	38	601	1,29	1,84	0,32	506	52	0,154	514	0,073	105	139	18	1 399	8,1
n = 40	c	<1	0,31	<5	114	<0,5	2,32	0,64	1,7	3	8	48	0,68	0,21	0,09	249	10	0,058	63	0,015	26	40	10	172	6,9
	d	<1	0,29	<5	89	<0,5	2,04	0,42	<0,5	3	7	23	0,63	0,12	0,07	230	8	0,048	44	0,014	19	35	9	102	6,8
	e	<1	0,27	<5	95	<0,5	2,21	0,46	0,6	3	6	23	0,60	0,12	0,08	237	8	0,048	46	0,014	24	36	9	105	7,2
Gleby ogródków działkowych	a	<1	0,20	<5	21	<0,5	0,88	0,06	<0,5	1	4	5	0,33	<0,05	0,04	107	3	0,018	13	0,007	4	12	5	24	4,6
Allotment soils	b	<1	0,87	32	779	1,1	16,42	2,14	4,6	10	91	101	2,58	6,60	0,26	700	33	0,247	251	0,040	97	83	37	950	8,2
n = 52	c	<1	0,39	5	125	<0,5	2,64	0,69	0,7	4	10	26	0,89	0,36	0,10	349	10	0,081	54	0,016	27	34	13	172	7,0
	d	<1	0,36	<5	100	<0,5	2,25	0,51	<0,5	3	8	20	0,79	0,17	0,09	320	9	0,071	40	0,015	22	31	12	108	6,9
	e	<1	0,35	<5	102	<0,5	2,19	0,52	0,6	4	8	20	0,74	0,18	0,10	308	9	0,075	39	0,016	26	31	11	100	7,3
Gleby antropogeniczne	a	<1	0,15	<5	21	<0,5	0,60	0,08	<0,5	1	4	4	0,29	<0,05	0,04	96	3	0,015	4	0,005	4	17	4	19	6,5
Anthropogenical soils	b	9	0,80	32	1105	1,1	16,42	1,82	33,1	10	109	270	2,58	3,62	0,26	555	52	0,157	227	0,073	105	139	29	1 968	7,8
n = 23	c	1	0,38	6	220	<0,5	3,38	0,80	2,9	4	19	57	0,88	0,53	0,10	276	13	0,080	78	0,022	36	45	12	344	7,3
	d	<1	0,35	<5	138	<0,5	2,68	0,64	1,0	4	11	33	0,79	0,23	0,09	261	11	0,067	60	0,018	28	41	11	189	7,3
	e	<1	0,34	6	111	<0,5	2,69	0,76	0,8	4	9	31	0,81	0,20	0,09	273	10	0,080	69	0,019	30	40	10	171	7,4
Gleby Polski[1)]	a	<1		<5	<1			<0,01	<0,5	<1	<1	<1	<0,01	<0,05	<0,01	<1	<1	<0,005	<3	<0,005	<1	1	<1	<1	2,1
Soils of Poland[1)]	b	41		3444	1777			25,45	253,3	46	1873	6401	9,57	7,55	4,90	24 270	146	1,613	16 972	3,263	1298	1542	266	91 110	9,7
n = 10 840	c	<1		<5	48			0,47	0,8	3	6	10	0,67	0,06	0,10	267	6	0,042	35	0,017	17	34	8	88	6,0
	d	<1		<5	32			0,17	<0,5	2	4	5	0,50	<0,05	0,06	173	4	0,033	16	0,012	8	26	6	40	5,9
	e	<1		<5	32			0,18	<0,5	2	4	5	0,51	<0,05	0,06	217	4	0,034	13	0,012	8	26	7	35	6,1

a – minimum; b – maksimum; c – średnia arytmetyczna; d – średnia geometryczna; e – mediana; n – liczba próbek;
minimum maximum arthmetic mean geometric mean median number of samples

[1)] J. Lis, A. Pasieczna, 1995a

Tabela IV
Table

Parametry statystyczne pierwiastków chemicznych w osadach wodnych Wrocławia i okolic
Statistical parameters of chemical elements in water sediments of Wrocław and environs

Osady wodne Water sediments	Para-metry Para-meters	Ag ppm	Al %	As ppm	Ba ppm	Be ppm	Ca %	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Hg ppm	Mg %	Mn ppm	Ni ppm	P %	Pb ppm	S %	Sr ppm	Ti ppm	V ppm	Zn ppm
Osady wodne Wrocławia i okolic	a	<1	0,07	<5	10	<0,5	0,04	<0,5	<1	<1	2	0,07	<0,05	0,01	11	2	0,006	<5	0,006	2	3	1	13
Water sediments of Wrocław and environs	b	61	1,47	265	738	16,7	12,57	55,7	154	1 214	1 469	21,12	6,61	0,89	27 160	485	1,889	370	1,727	362	149	54	4 413
n = 610	c	<1	0,44	8	141	0,6	1,05	1,9	7	30	38	1,71	0,20	0,15	648	19	0,158	36	0,156	31	33	13	260
	d	<1	0,39	5	105	<0,5	0,70	0,8	5	11	19	1,18	0,10	0,12	347	13	0,090	24	0,071	23	28	12	105
	e	<1	0,42	5	103	<0,5	0,71	0,8	5	9	17	1,11	0,09	0,14	332	13	0,081	23	0,062	24	27	12	76
Strumienie i kanały z nazwą	a	<1	0,07	<5	22	<0,5	0,11	<0,5	<1	1	2	0,31	<0,05	0,02	19	2	0,019	<5	0,017	3	9	2	18
Streams and channels (named)	b	6	0,86	49	299	2,8	2,29	34,8	29	1 214	1 469	12,34	2,47	0,28	6 370	485	1,889	213	1,663	163	95	39	4 060
n = 42	c	1	0,36	10	129	0,5	0,91	3,4	6	105	95	2,29	0,26	0,12	959	43	0,356	43	0,265	31	37	12	474
	d	<1	0,30	6	109	<0,5	0,70	1,2	4	13	20	1,53	0,11	0,09	565	12	0,159	23	0,128	21	31	10	123
	e	<1	0,31	7	131	<0,5	0,85	0,9	5	9	14	1,40	0,15	0,11	715	10	0,142	18	0,113	24	32	10	88
Małe cieki bez nazwy	a	<1	0,07	<5	13	<0,5	0,05	<0,5	<1	<1	2	0,07	<0,05	0,01	11	2	0,006	<5	0,006	3	3	2	15
Small streams (unnamed)	b	61	1,47	265	643	16,7	12,57	55,7	154	269	646	21,12	6,61	0,89	27 160	210	1,422	370	1,727	362	142	54	4 413
n = 391	c	<1	0,45	8	112	0,7	1,12	1,5	7	14	30	1,70	0,19	0,14	540	18	0,114	34	0,146	30	28	14	177
	d	<1	0,40	<5	89	<0,5	0,72	0,7	4	8	17	1,12	0,09	0,12	276	13	0,070	23	0,060	22	24	12	79
	e	<1	0,43	<5	89	<0,5	0,71	0,6	4	8	14	0,97	0,08	0,13	263	12	0,060	22	0,044	22	23	12	61
Jeziora i sadzawki	a	<1	0,08	<5	10	<0,5	0,04	<0,5	<1	1	4	0,13	<0,05	0,02	15	2	0,007	<5	0,007	2	8	2	13
Lakes and pools	b	<1	0,95	24	193	2,3	3,96	3,9	31	23	56	5,27	0,62	0,31	858	57	0,115	147	1,157	68	83	29	534
n = 27	c	<1	0,38	5	78	<0,5	0,87	0,6	5	9	17	1,11	0,09	0,12	257	13	0,039	29	0,168	21	25	12	89
	d	<1	0,31	<5	64	<0,5	0,44	<0,5	3	7	13	0,74	0,06	0,09	170	10	0,031	19	0,075	15	22	9	57
	e	<1	0,29	<5	60	<0,5	0,45	<0,5	3	6	12	0,69	0,07	0,08	177	10	0,032	21	0,091	18	23	11	55
Bystrzyca	a	<1	0,31	<5	78	<0,5	0,12	<0,5	4	10	8	0,83	<0,05	0,11	228	9	0,019	10	0,008	5	59	10	34
The Bystrzyca river	b	3	0,86	16	301	1,0	0,64	4,8	11	127	162	2,57	1,12	0,30	1 420	29	0,821	114	0,219	59	149	30	668
n = 12	c	<1	0,51	8	161	0,6	0,41	2,0	8	67	64	1,53	0,30	0,21	522	21	0,232	47	0,092	25	88	17	332
	d	<1	0,49	7	152	<0,5	0,36	1,7	7	59	51	1,45	0,22	0,20	450	20	0,168	39	0,063	21	84	16	269
	e	<1	0,49	7	152	0,6	0,43	1,8	8	66	60	1,51	0,24	0,21	385	23	0,181	45	0,087	23	80	15	347
Kosina	a	<1	0,37	<5	39	<0,5	0,42	<0,5	6	6	10	0,67	<0,05	0,10	108	18	0,041	16	0,020	11	22	9	36
The Kosina river	b	<1	0,67	9	196	0,8	2,61	3,9	12	20	68	2,82	0,35	0,31	1 630	35	0,512	89	0,654	110	52	16	3 602
n = 9	c	<1	0,50	<5	112	0,6	1,71	1,1	8	11	41	1,31	0,10	0,21	436	24	0,150	35	0,328	41	37	13	538
	d	<1	0,49	<5	102	0,5	1,47	0,8	8	10	35	1,21	0,08	0,20	326	24	0,111	31	0,241	35	35	12	201
	e	<1	0,48	<5	103	0,6	2,11	0,9	7	11	33	1,07	0,08	0,21	293	22	0,092	32	0,377	39	35	13	162
Odra	a	<1	0,34	8	324	<0,5	0,33	1,8	5	27	20	1,27	0,17	0,14	305	14	0,112	25	0,032	29	34	9	467
The Odra river	b	2	0,94	30	738	0,9	1,17	7,2	14	100	93	3,23	0,94	0,37	1 548	33	0,614	74	0,238	98	85	24	1 594
n = 40	c	<1	0,59	16	491	0,5	0,71	4,1	9	58	42	2,12	0,42	0,24	813	22	0,329	47	0,108	55	57	16	958
	d	<1	0,56	15	477	<0,5	0,67	3,9	8	55	39	2,04	0,39	0,23	753	21	0,309	45	0,098	53	56	15	910
	e	<1	0,59	15	475	0,6	0,75	3,9	8	53	38	2,10	0,37	0,24	785	22	0,319	47	0,110	53	56	16	955
Oleśnica	a	<1	0,07	<5	24	<0,5	0,15	0,9	1	4	10	0,15	0,06	0,03	21	2	0,016	10	0,014	5	15	1	49
The Oleśnica river	b	2	0,50	13	297	0,6	1,68	11,7	7	46	84	2,61	0,43	0,20	2 591	15	0,543	76	0,930	53	66	13	493
n = 15	c	<1	0,23	<5	97	<0,5	0,67	3,7	2	15	28	0,81	0,18	0,09	546	6	0,151	28	0,147	17	30	5	161
	d	<1	0,19	<5	81	<0,5	0,49	2,9	2	12	23	0,61	0,16	0,08	239	5	0,099	24	0,073	13	27	4	131
	e	<1	0,18	<5	80	<0,5	0,47	3,3	2	11	23	0,49	0,15	0,08	271	5	0,084	24	0,079	11	25	4	141
Oława	a	<1	0,16	<5	94	<0,5	0,16	<0,5	2	9	4	0,54	<0,05	0,05	263	8	0,045	8	0,018	6	12	5	37
The Oława river	b	4	1,01	40	259	1,0	1,98	30,2	14	262	884	3,70	0,62	0,31	2 059	49	0,332	183	0,666	57	79	39	768
n = 13	c	<1	0,60	22	162	0,7	0,80	3,1	9	65	86	1,89	0,16	0,18	1 098	22	0,162	48	0,163	25	41	19	170
	d	<1	0,53	17	154	0,6	0,66	1,0	8	38	23	1,65	0,11	0,16	897	19	0,136	33	0,069	22	36	16	123
	e	<1	0,62	22	170	0,7	0,69	1,0	9	36	21	2,00	0,13	0,18	1 129	17	0,178	34	0,040	22	39	19	138
Szalona	a	<1	0,23	<5	62	<0,5	1,19	<0,5	2	4	7	0,62	<0,05	0,12	203	7	0,037	11	0,045	19	19	6	32
The Szalona river	b	<1	1,11	28	606	0,9	4,13	5,7	16	40	104	2,83	0,50	0,30	6 578	31	1,216	170	0,843	143	98	16	3 309
n = 9	c	<1	0,51	9	210	<0,5	2,71	2,0	7	18	41	1,48	0,17	0,19	1 781	17	0,322	62	0,208	66	46	12	732
	d	<1	0,47	7	170	<0,5	2,51	1,5	6	14	31	1,33	0,13	0,18	1 046	16	0,201	48	0,136	58	42	12	337
	e	<1	0,44	6	136	0,5	3,00	1,2	5	12	28	1,13	0,15	0,17	880	13	0,165	64	0,136	52	38	12	304
Ślęza	a	<1	0,17	<5	54	<0,5	0,45	<0,5	2	5	10	0,74	<0,05	0,04	168	9	0,077	10	0,043	16	17	6	52
The Ślęza river	b	<1	0,55	8	219	0,5	1,53	3,7	7	33	209	10,28	0,21	0,23	2 754	25	0,363	174	0,160	38	69	16	584
n = 13	c	<1	0,37	<5	104	<0,5	1,01	1,0	5	13	62	1,91	0,08	0,16	684	18	0,173	36	0,095	26	52	11	194
	d	<1	0,35	<5	96	<0,5	0,97	0,7	5	12	39	1,38	0,07	0,15	534	17	0,157	26	0,089	25	49	11	133
	e	<1	0,43	<5	109	<0,5	1,06	0,6	5	12	29	1,22	0,07	0,19	521	20	0,174	24	0,097	27	55	12	97
Topór	a	<1	0,07	<5	32	<0,5	0,15	<0,5	1	1	2	0,27	<0,05	0,02	112	2	0,029	<5	0,010	4	12	2	17
The Topór river	b	<1	0,50	25	427	0,5	3,19	2,5	19	9	24	5,80	0,17	0,52	3 441	17	0,987	31	1,126	46	54	20	134
n = 9	c	<1	0,32	8	119	<0,5	1,75	0,9	5	6	11	1,78	0,08	0,17	1 533	8	0,270	13	0,224	27	32	10	55
	d	<1	0,26	6	87	<0,5	1,20	0,6	4	4	8	1,18	0,06	0,11	924	6	0,127	10	0,084	22	29	8	45
	e	<1	0,37	6	80	<0,5	2,05	0,6	3	7	10	1,31	0,08	0,15	1 770	7	0,083	13	0,097	31	29	8	54
Widawa	a	<1	0,09	<5	61	<0,5	0,18	<0,5	1	4	11	0,55	<0,05	0,03	249	3	0,062	<5	0,019	5	12	3	24
The Widawa river	b	1	0,51	12	365	0,6	1,45	4,9	12	432	122	3,31	0,95	0,20	2 976	29	0,579	68	0,437	61	42	20	464
n = 26	c	<1	0,27	5	160	<0,5	0,66	2,1	5	112	45	1,46	0,22	0,09	1 218	12	0,241	22	0,116	22	25	8	183
	d	<1	0,24	<5	143	<0,5	0,57	1,4	4	39	36	1,32	0,14	0,08	988	9	0,195	18	0,081	19	23	7	127
	e	<1	0,25	5	140	<0,5	0,59	1,6	5	61	35	1,23	0,16	0,07	1 034	10	0,204	22	0,084	19	23	7	154
Osady wodne Polski[1)]	a	<1		<5	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<1	<1	<1	<0,01	<0,05	<0,01	<1	<1	<0,005	<5	<0,005	<1	<1	<1	<1
Water sediments of Poland[1)]	b	117		6215	1794	21,0	43,15	8735,9	357	12 251	15 460	31,14	11,00	10,62	63 719	1298	5,866	43 878	8,610	7628	5345	427	407 501
n = 12 778	c	<1		7	80	<0,5	1,67	2,8	4	18	21	1,18	0,12	0,17	506	11	0,102	68	0,113	40	42	9	247
	d	<1		<5	52	<0,5	0,84	0,6	3	6	8	0,75	<0,05	0,11	255	6	0,064	15	0,047	21	31	7	73
	e	<1		<5	54	<0,5	0,86	<0,5	3	5	7	0,80	0,05	0,11	274	6	0,059	13	0,040	20	30	7	62

a – minimum; b – maksimum; c – średnia arytmetyczna; d – średnia geometryczna; e – mediana; n – liczba próbek;
minimum maximum arithmetic mean geometric mean median number of samples

[1)] J. Lis, A. Pasieczna, 1995a

Tabela V
Table

Parametry statystyczne pierwiastków chemicznych, kwasowości i przewodności elektrycznej wód powierzchniowych Wrocławia i okolic
Statistical parameters of chemical elements, acidity and electrical conductivity in surface waters of Wrocław and environs

Wody powierzchniowe Surface waters	Parametry Parameters	Al ppm	As ppb	B ppm	Ba ppb	Ca ppm	Cd ppb	Co ppb	Cr ppb	Cu ppb	Fe ppm	K ppm	Li ppb	Mg ppm	Mn ppb	Na ppm	Ni ppb	P ppm	Pb ppb	SiO_2 ppm	SO_4 ppm	Sr ppb	Ti ppb	V ppb	Y ppb	Zn ppb	pH	Przewodność elektryczna Conductivity mS/cm
Wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	a	<0,05	<50	<0,03	5	30,7	<3	<5	<4	<5	<0,01	0,6	1	3,7	<1	3,0	<10	<0,05	<50	0,1	3,8	114	<5	<6	<1	<5	4,1	0,09
	b	0,81	<50	2,31	240	340,7	<3	21	6	43	28,01	206,0	102	82,9	7 067	208,0	61	46,37	<50	30,1	677,7	1 751	7	<6	11	514	8,9	6,62
Surface waters of Wrocław and environs	c	<0,05	<50	0,09	75	128,4	<3	<5	<4	<5	0,28	12,5	14	20,6	320	38,7	<10	1,16	<50	11,6	178,7	403	<5	<6	<1	15	7,1	0,88
	d	<0,05	<50	0,06	71	115,0	<3	<5	<4	<5	0,07	9,0	11	17,9	109	28,5	<10	0,33	<50	9,9	154,2	359	<5	<6	<1	8	7,1	0,78
n = 452	e	<0,05	<50	0,06	71	115,5	<3	<5	<4	<5	0,05	8,5	12	16,3	117	24,3	<10	0,34	<50	12,2	156,8	365	<5	<6	<1	7	7,1	0,84
Strumienie i kanały z nazwą	a	<0,05	<50	<0,03	34	74,7	<3	<5	<4	<5	0,01	2,0	1	7,9	10	8,9	<10	<0,05	<50	1,6	89,3	169	<5	<6	<1	<5	6,4	0,09
Streams and channels (named)	b	0,09	<50	0,26	148	254,1	<3	<5	<4	43	4,50	21,2	72	51,9	3 295	133,0	32	10,80	<50	20,7	329,5	975	<5	<6	<1	184	7,7	1,33
n = 40	c	<0,05	<50	0,07	73	117,6	<3	<5	<4	<5	0,25	7,8	13	16,5	375	30,4	<10	1,26	<50	12,3	157,6	344	<5	<6	<1	18	7,1	0,71
	d	<0,05	<50	0,05	69	114,3	<3	<5	<4	<5	0,08	6,7	8	14,6	205	22,7	<10	0,25	<50	11,7	147,9	300	<5	<6	<1	5	7,0	0,61
	e	<0,05	<50	0,04	69	112,3	<3	<5	<4	<5	0,07	6,7	8	13,3	215	18,5	<10	0,19	<50	12,5	147,4	271	<5	<6	<1	<5	6,9	0,67
Małe cieki bez nazwy	a	<0,05	<50	<0,03	5	47,1	<3	<5	<4	<5	<0,01	0,6	1	5,3	2	3,0	<10	<0,05	<50	0,3	3,8	159	<5	<6	<1	<5	4,1	0,12
Small streams (unnamed)	b	0,81	<50	0,75	240	340,7	<3	21	6	13	28,01	206,0	75	82,9	5 229	208,0	61	46,37	<50	30,1	677,7	1 751	7	<6	11	514	8,9	6,62
n = 226	c	<0,05	<50	0,10	79	150,7	<3	<5	<4	<5	0,44	14,7	14	23,3	406	34,3	<10	1,55	<50	12,9	210,5	454	<5	<6	<1	16	7,0	0,98
	d	<0,05	<50	0,06	75	139,0	<3	<5	<4	<5	0,08	9,3	11	20,5	106	25,8	<10	0,30	<50	11,5	181,6	412	<5	<6	<1	7	7,0	0,86
	e	<0,05	<50	0,05	74	143,2	<3	<5	<4	<5	0,06	9,6	13	19,7	114	22,2	<10	0,25	<50	13,3	193,4	403	<5	<6	<1	7	7,0	0,92
Jeziora i sadzawki	a	<0,05	<50	<0,03	20	30,7	<3	<5	<4	<5	0,01	3,0	1	3,7	2	3,6	<10	<0,05	<50	0,1	30,8	114	<5	<6	<1	<5	4,8	0,12
Lakes and pools	b	0,11	<50	2,31	218	247,9	<3	7	<4	8	1,32	117,0	102	79,6	3 118	190,0	24	12,77	<50	25,4	375,6	1 119	<5	<6	<1	28	8,8	1,31
n = 34	c	<0,05	<50	0,16	81	86,1	<3	<5	<4	<5	0,15	16,7	15	18,7	210	41,7	<10	0,75	<50	7,1	132,1	339	<5	<6	<1	7	7,3	0,65
	d	<0,05	<50	0,08	72	75,5	<3	<5	<4	<5	0,05	11,2	9	14,7	54	28,4	<10	0,23	<50	3,5	105,3	291	<5	<6	<1	<5	7,3	0,56
	e	<0,05	<50	0,07	71	75,9	<3	<5	<4	<5	0,04	11,3	10	13,9	61	22,4	<10	0,20	<50	6,1	106,0	286	<5	<6	<1	<5	7,4	0,59
Bystrzyca	a	<0,05	<50	0,07	38	45,4	<3	<5	<4	<5	0,02	7,4	4	11,7	47	26,1	<10	0,22	<50	8,6	96,0	149	<5	<6	<1	<5	6,7	0,11
The Bystrzyca river	b	0,18	<50	0,13	66	72,0	<3	<5	<4	<5	0,23	12,2	26	21,2	267	50,8	<10	1,75	<50	11,6	157,7	338	<5	<6	<1	20	7,4	0,87
n = 14	c	<0,05	<50	0,10	48	56,9	<3	<5	<4	<5	0,07	9,1	12	16,1	159	36,1	<10	0,49	<50	10,1	126,2	229	<5	<6	<1	11	7,2	0,59
	d	<0,05	<50	0,10	47	56,3	<3	<5	<4	<5	0,05	9,0	11	15,8	146	35,3	<10	0,39	<50	10,1	124,4	220	<5	<6	<1	10	7,2	0,55
	e	<0,05	<50	0,10	47	54,8	<3	<5	<4	<5	0,04	8,7	11	15,3	153	32,0	<10	0,31	<50	10,2	121,1	213	<5	<6	<1	10	7,3	0,61
Kosina	a	<0,05	<50	<0,03	62	161,8	<3	<5	<4	<5	0,02	4,2	11	30,3	<1	19,1	<10	0,27	<50	3,3	171,4	378	<5	<6	<1	<5	6,4	0,51
The Kosina river	b	0,47	<50	0,12	78	230,9	<3	<5	<4	<5	0,05	42,3	28	38,1	242	46,2	<10	3,85	<50	22,6	341,8	758	<5	<6	<1	31	7,6	1,37
n = 9	c	0,07	<50	0,06	67	203,8	<3	<5	<4	<5	0,03	16,3	23	34,1	64	33,1	<10	1,03	<50	12,5	279,2	510	<5	<6	<1	6	7,0	1,14
	d	<0,05	<50	0,05	67	202,9	<3	<5	<4	<5	0,03	13,8	22	34,0	30	32,3	<10	0,75	<50	11,4	274,9	501	<5	<6	<1	<5	7,0	1,10
	e	<0,05	<50	0,05	67	209,5	<3	<5	<4	<5	0,02	12,3	24	34,5	32	33,0	<10	0,65	<50	12,5	287,2	485	<5	<6	<1	<5	7,0	1,22
Odra	a	<0,05	<50	0,05	61	43,5	<3	<5	<4	<5	0,03	5,0	12	9,7	52	45,4	<10	0,09	<50	7,0	73,3	265	<5	<6	<1	12	6,6	0,34
The Odra river	b	0,37	<50	0,18	137	90,0	<3	<5	<4	<5	0,18	9,2	40	19,3	1 418	157,0	<10	0,89	<50	12,1	130,8	635	<5	<6	<1	57	7,9	1,25
n = 41	c	<0,05	<50	0,11	82	62,1	<3	<5	<4	<5	0,06	7,6	26	15,5	140	104,0	<10	0,54	<50	8,5	101,6	479	<5	<6	<1	28	7,2	0,91
	d	<0,05	<50	0,11	81	61,5	<3	<5	<4	<5	0,05	7,5	25	15,3	110	100,0	<10	0,49	<50	8,4	100,8	470	<5	<6	<1	26	7,2	0,88
	e	<0,05	<50	0,12	83	62,1	<3	<5	<4	<5	0,04	7,9	26	16,0	102	107,0	<10	0,58	<50	8,0	101,6	498	<5	<6	<1	26	7,4	0,96
Oleśnica	a	<0,05	<50	<0,03	41	73,9	<3	<5	<4	<5	0,04	3,9	4	7,4	72	10,0	<10	0,15	<50	11,2	72,2	142	<5	<6	<1	<5	6,6	0,41
The Oleśnica river	b	<0,05	<50	0,11	56	93,8	<3	<5	<4	<5	0,10	6,2	6	9,5	854	20,1	<10	2,32	<50	12,7	103,6	188	<5	<6	<1	25	7,4	0,60
n = 15	c	<0,05	<50	0,05	50	85,4	<3	<5	<4	<5	0,06	5,1	5	8,6	189	16,3	<10	1,13	<50	12,2	90,5	169	<5	<6	<1	9	7,1	0,54
	d	<0,05	<50	0,04	50	85,2	<3	<5	<4	<5	0,06	5,0	4	8,6	152	16,0	<10	1,02	<50	12,2	89,9	169	<5	<6	<1	7	7,1	0,53
	e	<0,05	<50	0,05	51	87,7	<3	<5	<4	<5	0,06	5,4	4	9,0	125	17,6	<10	1,14	<50	12,4	91,4	177	<5	<6	<1	7	7,2	0,57
Oława	a	<0,05	<50	0,04	56	73	<3	<5	<4	<5	0,01	8,3	9	11,7	41	16,2	<10	0,17	<50	9,1	87,4	202	<5	<6	<1	<5	6,7	0,50
The Oława river	b	<0,05	<50	0,20	69	153	<3	<5	<4	6	0,64	17,0	18	25,9	576	49,3	<10	1,34	<50	13,8	215,1	437	<5	<6	<1	31	7,7	1,18
n = 13	c	<0,05	<50	0,07	62	87	<3	<5	<4	<5	0,09	10,2	12	13,7	113	20,1	<10	0,41	<50	11,6	106,5	240	<5	<6	<1	7	7,2	0,63
	d	<0,05	<50	0,06	61	85	<3	<5	<4	<5	0,05	10,0	12	13,3	82	19,9	<10	0,35	<50	11,5	103,2	235	<5	<6	<1	5	7,2	0,62
	e	<0,05	<50	0,06	60	81	<3	<5	<4	<5	0,03	9,8	12	12,7	67	18,7	<10	0,34	<50	11,7	94,3	224	<5	<6	<1	5	7,4	0,58
Szalona	a	<0,05	<50	0,04	70	165	<3	<5	<4	<5	0,02	11,2	9	18,6	48	24,8	<10	0,26	<50	13,1	245,3	403	<5	<6	<1	<5	6,6	1,00
The Szalona river	b	<0,05	<50	0,11	103	211	<3	<5	<4	<5	0,14	21,2	16	26,9	391	39,4	<10	1,62	<50	16,7	274,4	519	<5	<6	<1	48	7,6	1,44
n = 9	c	<0,05	<50	0,06	78	197	<3	<5	<4	<5	0,05	18,0	13	24,5	142	28,6	<10	0,90	<50	15,0	260,0	470	<5	<6	<1	20	7,2	1,19
	d	<0,05	<50	0,06	78	196	<3	<5	<4	<5	0,04	17,7	13	24,4	114	28,4	<10	0,79	<50	14,9	259,8	469	<5	<6	<1	12	7,2	1,19
	e	<0,05	<50	0,05	76	202	<3	<5	<4	<5	0,03	19,0	13	24,8	103	27,5	<10	0,97	<50	15,7	259,1	463	<5	<6	<1	20	7,5	1,16
Ślęza	a	<0,05	<50	0,04	70	181,5	<3	<5	<4	<5	0,02	14,5	13	35,5	43	27,7	<10	<0,05	<50	1,9	252,6	464	<5	<6	<1	<5	6,9	0,44
The Ślęza river	b	0,17	<50	0,08	94	235,0	<3	<5	<4	39	0,36	17,4	21	45,3	147	33,7	<10	1,19	<50	13,9	335,0	621	<5	<6	<1	65	7,7	1,51
n = 13	c	<0,05	<50	0,06	79	197,9	<3	<5	<4	9	0,14	15,9	17	39,5	103	30,4	<10	0,37	<50	6,9	282,0	531	<5	<6	<1	16	7,4	1,21
	d	<0,05	<50	0,06	79	197,1	<3	<5	<4	5	0,08	15,9	17	39,3	98	30,4	<10	0,16	<50	4,9	281,0	529	<5	<6	<1	8	7,4	1,14
	e	<0,05	<50	0,06	76	185,6	<3	<5	<4	<5	0,11	16,1	16	37,4	94	30,7	<10	0,22	<50	4,3	271,9	539	<5	<6	<1	5	7,6	1,34
Topór	a	<0,05	<50	<0,03	43	98,9	<3	<5	<4	<5	0,02	1,5	2	10,5	24	14,6	<10	<0,05	<50	4,5	112,3	167	<5	<6	<1	<5	6,2	0,40
The Topór river	b	<0,05	<50	0,06	107	226,5	<3	<5	<4	<5	0,25	11,4	11	25,1	1 150	29,5	<10	0,75	<50	17,2	261,1	485	<5	<6	<1	17	7,3	0,64
n = 8	c	<0,05	<50	0,04	65	134,8	<3	<5	<4	<5	0,08	6,3	6	14,7	379	22,8	<10	0,32	<50	13,8	153,3	283	<5	<6	<1	5	6,8	0,53
	d	<0,05	<50	0,04	63	130,6	<3	<5	<4	<5	0,05	5,2	5	14,1	204	22,3	<10	0,22	<50	12,9	147,7	268	<5	<6	<1	<5	6,8	0,53
	e	<0,05	<50	0,04	63	127,9	<3	<5	<4	<5	0,05	6,4	5	14,4	288	22,8	<10	0,27	<50	14,4	136,2	246	<5	<6	<1	<5	6,8	0,54
Widawa	a	<0,05	<50	<0,03	58	99,4	<3	<5	<4	<5	0,02	5,9	3	10,8	30	8,2	<10	0,11	<50	2,9	103,3	198	<5	<6	<1	<5	6,5	0,42
The Widawa river	b	<0,05	<50	0,29	94	166,0	<3	<5	<4	5	1,39	25,6	20	45,1	802	53,9	<10	1,13	<50	15,4	229,6	524	<5	<6	<1	24	7,9	1,63
n = 26	c	<0,05	<50	0,06	69	111,7	<3	<5	<4	<5	0,11	8,2	7	13,4	187	20,7	<10	0,50	<50	10,7	129,1	249	<5	<6	<1	8	7,0	0,74
	d	<0,05	<50	0,05	68	111,2	<3	<5	<4	<5	0,05	7,8	7	12,7	147	19,6	<10	0,43	<50	9,7	127,3	243	<5	<6	<1	6	7,0	0,71
	e	<0,05	<50	0,05	66	110,8	<3	<5	<4	<5	0,04	7,4	7	12,2	136	18,8	<10	0,45	<50	12,3	127,1	232	<5	<6	<1	6	6,9	0,71
Wody powierzchniowe Polski[1]	a	<0,10		<0,02	<1	3	<3	<5	<5	<5	<0,02	<1	<20	0,2	<1	<1	<8	<0,04	<30	<0,3	2	4	<5	<8	<0,5	<5		
Surface waters of Poland[1]	b	1,20		12,87	3470	6400	238	136	4445	32 975	43 8,72	473	2780	833,8	120 956	5723	1326	4112,00	1870	549,9	7085	26 078	350	1848	9,2	16 414		
n = 12 778	c	0,20		0,08	66	92	<3	<5	<5	<5	1,00	9	<20	14,8	247	40	<8	0,93	<30	13,1	86	374	<5	<8	<0,5	67		
	d	0,10		0,04	55	79	<3	<5	<5	<5	0,52	8	<20	11,5	107	16	<8	0,19	<30	10,2	58	263	<5	<8	<0,5	36		
	e	0,10		0,04	54	83	<3	<5	<5	<5	0,52	5	<20	11,6	102	14	<8	0,16	<30	12,5	56	243	<5	<8	<0,5	33		

a – minimum; b – maksimum; c – średnia arytmetyczna; d – średnia geometryczna; e – mediana; n – liczba próbek;
minimum maximum arithmetic mean geometric mean median number of samples

[1] J. Lis, A. Pasieczna, 1995a

Na mapach w skali 1:50 000 (Łabno A., 1988; Winnicka G., 1987) utwory lessopodobne zostały przedstawione tylko w tych miejscach, gdzie ich miąższość przekracza 0,5 m. Na mapie w skali 1:200 000 (Grocholski A. i in., 1981) osady te wykartowano także tylko w formie płatów. Natomiast według starych map niemieckich (1:25 000) utwory lessopodobne pokrywać miały cały południowo-zachodni fragment badanego terenu, rozciągając się od doliny rzeki Szalonej na południowym wschodzie, po południowo-zachodnie dzielnice Wrocławia, Strachowice i Jerzmanowo na północy i dolinę Bystrzycy na zachodzie (P. Assmann i in., 1912; O. Barsch, O. Tietze, 1912; O. Barsch i in., 1912; O. Tietze, J. Behr, 1932a, b).

Do czwartorzędu nie rozdzielonego zaliczono piaski eoliczne oraz utwory deluwialne. W okolicy Piszkawej oraz koło Kotowic piaski eoliczne występują w formie wydm o długości przekraczającej 3 km i wysokościach względnych dochodzących do 9–14 m. Zbudowane są one z jasnoszarożółtych piasków drobnoziarnistych, kwarcowych (G. Winnicka, 1988; K. Cwojdzińska-Ruziewicz, 1990).

Gliny i piaski deluwialne występujące w południowej i zachodniej części omawianego obszaru mają niewielkie rozprzestrzenienie. Ich skład petrograficzny jest ściśle uzależniony od rodzaju podłoża, z którego pochodzą.

Holocen. Utwory holoceńskie to przede wszystkim mułki, piaski i żwiry rzeczne występujące w dolinach wszystkich rzek. Zbudowane są z nich tarasy zalewowe oraz zagłębienia bezodpływowe, dna dolinne, koryta rzeczne i dna starorzeczy. W składzie petrograficznym osadów przeważa kwarc, skalenie, okruchy skał sudeckich i skandynawskich. W spągu wyższego poziomu tarasowego w dolinie Odry napotyka się pnie drzew, tzw. czarnych dębów (G. Winnicka, 1988; M. Szałamacha, J. Szałamacha, 1996).

Charakterystycznym utworem występującym na badanym obszarze są mady (plastyczne utwory, ilaste i mułkowate), pokrywające dna dolin Odry, Bystrzycy, Widawy i Ślęzy. Zawierają one duże ilości humusu i nierozłożonych części roślinnych. Miąższość mad wynosi od 0,5 do 5 m (M. Szałamacha, J. Szałamacha, 1996; J. Badura i in., 1998).

W pobliżu Kleciny w zagłębieniu bezodpływowym występuje kreda jeziorna. Jest to szaropopielaty, wapnisty osad mułkowy. Zawiera okruchy beżowego margla i skorupki drobnej fauny (A. Łabno, 1991).

W bezodpływowych zagłębieniach oraz starorzeczach w pobliżu koryta Odry występują namuły gliniaste mułkowate i ilaste o barwie szarobrunatnej i szarozielonej. Zawierają liczne szczątki roślin (G. Winnicka, 1988).

Na lewym brzegu Odry, powyżej Wrocławia (okolice Mokrego Dworu, Blizanowic, Groblic i Kotowic) występują dość powszechnie rudy darniowe, a w podłożu – gniazdowe skupienia manganu (O. Barsch i in. 1912; P. Assmann i in., 1912).

Złoża surowców skalnych. Iły pstre serii poznańskiej wychodzące na powierzchnię w wielu miejscach badanego obszaru były wykorzystywane przez małe cegielnie w okresie przed II wojną światową, a także jeszcze w latach pięćdziesiątych. Ostatnio, eksploatację iłów prowadzono w trzech kopalniach: Stabłowice, Żerniki (obie na terenie Wrocławia, obecnie już nieczynne) oraz Sośnica (na północny zachód od Wojtkowic - na pograniczu badanego obszaru). Sośnica to największy zakład wydobycia i przeróbki iłów o zasobach bilansowych udokumentowanych w kategorii $C_1 + B + A$ wynoszących 4, 901 tys. ton. Eksploatowane są tu nie tylko iły pstre, ale także wyżej zalegające piaski i drobne żwiry (A. Łabno, 1991).

Gliny zwałowe są surowcem łatwo dostępnym, lecz ich przydatność do produkcji ceramicznej jest niewielka (są silnie zawapnione i zawierają dużą ilość materiału żwirowego). Tam gdzie osiągają większą miąższość mogą być wykorzystywane na lokalne potrzeby.

Piaski i żwiry wodnolodowcowe są eksploatowane okresowo na lokalne potrzeby jako materiał budowlany w wielu wyrobiskach, m.in.: na zachodzie arkusza w okolicach Smolca i w rejonie Krępic (na północny zachód od Leśnicy), na południu – w okolicach Żernik Wrocławskich i Świętej Katarzyny, na północnym wschodzie – w rejonie Pietrzykowic-Piecowic.

W południowo-wschodniej części omawianego terenu udokumentowano kilka złóż piasków i żwirów rzecznych, związanych z doliną Odry. Surowce te mogą znaleźć zastosowanie w budownictwie. Są to złoża: Łany, Kamieniec Wrocławski, Mokry Dwór, Czernica–Ratowice i Siedlce. Nie wszystkie uzyskały zgodę na eksploatację (A. Łabno, 1991).

Na północnym zachodzie, w rejonie Piszkawej wydobywane są na lokalne potrzeby piaski eoliczne. Eksploatacja wydm z rejonu Kotowic została już zaniechana.

ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZENIA ŚRODOWISKA

Jak już wspomniano, w 1995 r. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska zaliczył aglomerację wrocławską do obszarów ekologicznego zagrożenia ze względu na występujące tu ponadnormatywne zanieczyszczenia środowiska (Raport, 1997). Zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego pochodzą nie tylko ze źródeł lokalnych, ale przenoszone są w różny sposób (poprzez emisje atmosferyczne, transport rzekami) z sąsiednich gmin i województw, a także z zagranicy.

W aglomeracji wrocławskiej działają zakłady przemysłu chemicznego, metalurgicznego, samochodowego, spożywczego oraz elektrociepłownie. Działalności tej towarzyszy gromadzenie odpadów na składowiskach, odprowadzanie ścieków do rzek i emisja zanieczyszczeń do atmosfery.

Składowiska odpadów. Na badanym obszarze istnieją tylko trzy obiekty przystosowane do gromadzenia odpadów przemysłowych (Raport, 1995):
- składowisko odpadów poprodukcyjnych Zakładów Zmechanizowanego Sprzętu Domowego „Polar" S.A. w rejonie wsi Piecowice (gm. Długołęka),
- składowisko odpadów poprodukcyjnych Jelczańskich Zakładów Samochodowych w Jelczu („Jelcz" S.A.),
- składowisko odpadów poprodukcyjnych Wrocławskiej Fabryki Farb i Lakierów „Polifarb" S.A. w pobliżu wsi Bielawa (gm. Długołęka).

Na składowiskach tych deponowane są ponadto niebezpieczne odpady wytwarzane przez inne zakłady przemysłowe we Wrocławiu. Największy udział w składowanych odpadach mają popioły i żużle z elektrociepłowni i ciepłowni. Ich głównym producentem jest EC „Wrocław", która wytworzone odpady tej grupy gromadzi na składowisku „Kamień" w gminie Długołęka (Raport, 1997).

Na obszarze aglomeracji wrocławskiej znajdują się też inne składowiska odpadów przemysłowych (C. Królikowski i in., 1992):
- składowisko Zakładów Chemicznych „Viscoplast" S.A. (Wrocław–Kowale),
- wysypisko przemysłowe Zakładów Hutniczych Przemysłu Metali Nieżelaznych „Hutmen" S.A. (Wrocław–Muchobór),
- składowisko Fabryki Wagonów „Pafawag" (Wrocław–Żerniki),
- wysypisko przemysłowe Wrocławskich Zakładów Przemysłu Nieorganicznego „Złotniki" (Wrocław–Złotniki),
- składowisko odpadów Wrocławskiego Kombinatu Budowlanego Fabryki Domów (Wrocław–Żerniki),
- zbiorniki przemysłu cukrowniczego dwóch cukrowni (Wrocław–Klecina, Wrocław–Sułkowice),
- wysypisko przemysłowe Zakładów Przetwórstwa Owocowo-Warzywnego (Pietrzykowice, gm. Kąty Wrocławskie).

Na terenach wodonośnych Wrocławia znajduje się hałda odpadów hutniczych zlikwidowanej Huty „Siechnice" oraz składowisko popiołów EC „Czechnica". Pozostawiona przez hutę hałda żużli żelazo-chromowych zawiera 2,4% żelazo-chromu metalicznego i 0,22–10,5% Cr_2O_3 (B. Meinhardt, E. Mleczko, 1995). Główne składniki chemiczne odpadów to: wapń, krzemionka, chrom i glin. Z innych pierwiastków występują w sekwencji malejącej: B, Mn, Pb, Zn, Sr, Cu, V, Ni, Ag i Co w stężeniach odpowiednio od 1,38 do 0,003% wag. (I. Twardowska, 1989).

W latach 1992–1994 Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu prowadził badania gleb uprawnych i łąkowych na terenach wodonośnych Wrocławia, w rejonie składowiska EC „Czechnica" i hałdy Huty „Siechnica". W analizowanych próbkach stwierdzono podwyższone zawartości rtęci, siarki i cynku (B. Meinhardt, E. Mleczko, 1995).

Istotnym problemem aglomeracji wrocławskiej jest składowanie odpadów komunalnych. W 1995 r. roczna masa tych odpadów z terenu Wrocławia wynosiła około 184 000 ton. Jedynym czynnym składowiskiem odpadów komunalnych jest składowisko w Maślicach nad Odrą. Wysypisko „Wrocław–Swojczyce" znajduje się w fazie rekultywacji.

Miejskie odpady komunalne charakteryzują się większym zróżnicowaniem składu niż odpady wiejskie. W ostatnich latach, w ogólnej masie odpadów komunalnych zwiększa się zawartość tworzyw sztucznych i substancji kuchenno-roślinnych. Odpady komunalne z terenów wiejskich w ponad 80% składają się z substancji mineralnych (popiół, żużel, gruz). Poważny problem stanowią wciąż „dzikie" wysypiska (Raport, 1995, 1997).

Odrębnym zagadnieniem jest deponowanie odpadów przemysłowych na składowiskach odpadów komunalnych. Na składowisku komunalnym w Maślicach nad Odrą gromadzone są m.in.: odpady poneutralizacyjne z galwanizerni, pozostałości po czyszczeniu cystern i zbiorników, opakowania po toksycznych chemikaliach, a także odpady z produkcji farb i lakierów.

Ścieki. Ścieki przemysłowe odprowadzane są w większości do miejskich urządzeń kanalizacyjnych, z których przejmuje je Odra. Do najbardziej znaczących punktowych źródeł zanieczyszczeń należą następujące obiekty (E. Jaśniewicz i in., 1995; Raport, 1997):
- biologiczna oczyszczalnia ścieków Przedsiębiorstwa Usług Techniczno-Socjalnych w Jelczu, odprowadzająca ścieki miejskie oraz sanitarne i przemysłowe z Jelczańskich Zakładów Samochodowych; średnia ilość ścieków odpływająca do Odry przez Młynówkę Jelecką wynosi około 2400 m^3/d;
- oczyszczalnia ZCh „Viscoplast", w której oczyszczane są ścieki bytowo-gospodarcze i przemysłowe z dwóch zakładów: ZCh „Viscoplast" S.A. i „Polifarb" S.A.; bezpośrednim odbiornikiem ścieków jest rów komunalny, który dopływa do Kanału Żeglownego Odry; łączna ilość ścieków w 1995 r. wynosiła 1400 m^3/d;
- Pola Irygacyjne „Osobowice" z systemem osadników przyjmujące około 85% ścieków ze śródmiejskich dzielnic Wrocławia, tj. około 200 tys. m^3/d; pola te są nawadaniane od przeszło 100 lat; obiekt nie zapewnia wystarczającej efektywności oczyszczania ścieków, które po polach spływają do Odry trzema rowami: Rowem Osobowickim, rowem I-P i rowem Mokrzyca;
- „Cussons Polska" S.A. we Wrocławiu odprowadzają około 680 m^3/d ścieków pochodzących z procesów technologicznych;
- ZHPMN „Hutmen" S.A we Wrocławiu, które odprowadzają około 1570 m^3/d ścieków;
- FW „Pafawag" we Wrocławiu odprowadzająca około 859 m^3/d ścieków;
- Wrocławska Oczyszczalnia Ścieków działająca od początku 1996 r., odprowadzająca około 22 000 m^3/d ścieków po oczyszczeniu mechanicznym.

Bardzo duży ładunek zanieczyszczeń doprowadzają do Odry rzeki Bystrzyca i Ślęza, nieco mniejszy – Oława i Widawa.

Główne źródła zanieczyszczenia rzeki Bystrzycy i jej dopływu Strzegomki znajdują się na terenie województwa wałbrzyskiego. Na badanym terenie zanieczyszczenia pochodzą z lokalnych oczyszczalni ścieków miejskich dla Wrocławia („Leśnica", „Ratyń", „Pracze Odrzańskie").

Najwięcej zanieczyszczeń do Ślęzy dostarcza mechaniczna oczyszczalnia ścieków z kolektora „Ślęza" (południowe i zachodnie dzielnice Wrocławia), tzw. „zrzut Maślice". Oczyszczalnia jest prowizoryczna i niskoefektywna, przyjmuje ścieki w ilości 36872,0 m^3/d (E. Jaśniewicz i in., 1995). Inne istotne punktowe źródła zanieczyszczeń tej rzeki, znajdujące się na badanym terenie, to: cukrownia „Klecina", Zakłady Przetwórstwa-Owocowo-Warzywnego w Pietrzykowicach, Farmaceutyczna Spółdzielnia Pracy „Galena" we Wrocławiu oraz Gospodarstwo Rolne w Wysokiej.

Głównymi obiektami dostarczającymi ścieki do Widawy są: przeciążona oczyszczalnia osiedlowa „Wrocław–Psie Pole", Pola Irygacyjne „Dobrzykowice", oczyszczalnia ścieków Cukrowni „Wrocław", oczyszczalnie zakładów „Polar" S.A. (Raport, 1997).

Znaczące punktowe źródła zanieczyszczeń obciążających wody rzeki Oławy na badanym terenie to: baza autobusowa MPK we Wrocławiu oraz Wytwórnia Majo-

nezu WSS we Wrocławiu. Dodatkowo zanieczyszczenia doprowadzane są potokami: Szalona (do którego odprowadzane są ścieki z Siechnic) i Brochówka (ścieki z Wojszyc i Brochowa), a także ściekami z miasta Oława (Raport, 1997).

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego pyłami i gazami spowodowane jest działalnością przemysłu (szczególnie energetycznego), komunikacji, lokalnych kotłowni, palenisk domowych, źródłami emisji wtórnej (hałdy i wysypiska) i zanieczyszczeniami transgranicznymi. Dominujący napływ mas powietrza z kierunków zachodnich powoduje przenoszenie zanieczyszczeń na teren arkusza z sąsiednich rejonów, a także z zagranicznych okręgów przemysłowych.

Na terenie byłego województwa wrocławskiego systemem inwentaryzacyjnym GUS-u objęto 45 zakładów, mających zasadniczy udział w całkowitej emisji. Emisja zanieczyszczeń pyłowych zmniejszyła się z 24,5 tys. ton w 1990 r. do 7,61 tys. ton w 1996 r., a emisja zanieczyszczeń gazowych odpowiednio z 51,2 tys. ton do 31,6 tys. ton. Znaczące obniżenie całkowitej emisji zanieczyszczeń było m.in. efektem jej ograniczenia przez Zespół Elektrociepłowni „Wrocław" S.A. (EC „Wrocław" i EC „Czechnica"), a także likwidacji uciążliwej produkcji włókna wiskozowego (Raport, 1997). W 1996 r. przeprowadzono ocenę zanieczyszczenia powietrza województwa wrocławskiego na podstawie pomiarów ciągłych imisji zanieczyszczeń we Wrocławiu, w Oleśnicy, Oławie i Trzebnicy. Analiza wyników wykazała, że w porównaniu z latami 1993–1995 zmniejszyły się średnioroczne stężenia dwutlenku siarki, kadmu i ołowiu, a nieznacznie wzrosły stężenia pyłu zawieszonego i fluoru. Przekroczenia norm wystąpiły jedynie w dwóch punktach we Wrocławiu. W przypadku dwutlenku azotu w niektórych punktach pomiarowych zaobserwowano spadek stężeń średniorocznych, zaś w innych – wzrost (szczególnie w pobliżu dróg o dużym natężeniu ruchu). Duże różnice stężeń dwutlenku siarki i pyłu występują pomiędzy okresem letnim i zimowym, co jest związane z sezonową emisją tych zanieczyszczeń przez lokalne kotłownie i paleniska domowe.

Największy udział procentowy w wielkości ładunku zanieczyszczeń wnoszonych przez opady na teren arkusza mają siarczany (56,9%). W 1996 r. opady atmosferyczne we Wrocławiu charakteryzowały się kwaśnym odczynem, podwyższonymi stężeniami chlorków, sodu, magnezu, niklu i kadmu oraz niskimi stężeniami azotynów, azotanów i cynku (Raport, 1997). Wyraźny wpływ na wielkość wprowadzanych ładunków zanieczyszczeń miała emisja lokalna.

MAPY GEOCHEMICZNE

Podstawą opracowania map geochemicznych były zbiory punktów opróbowania o znanych współrzędnych, z przypisanymi atrybutami zawartości pierwiastków.

Przy opisie obrazów kartograficznych poszczególnych pierwiastków (tablice 2–68) zamieszczono dla porównania ich wartości minimalne, maksymalne i średnie, obliczone dla obszaru całej Polski (J. Lis, A. Pasieczna, 1995a) oraz obszarów aglomeracji miejskich objętych kartowaniem geochemicznym (J. Lis, 1992; J. Lis, A. Pasieczna, 1995b, c, 1998a, b). Parametry statystyczne dla gleb Polski zostały obliczone na podstawie analiz 10 840 próbek. W przypadku osadów wodnych i wód powierzchniowych liczby próbek wynosiły odpowiednio 12 778 i 12 955.

Dla oceny stanu środowiska naturalnego szczególnie ważne są mapy geochemiczne osadów wodnych. Ich treść często można uznać za element wczesnego ostrzegania. Wynika to ze specyficznych właściwości tych osadów, zawierających w swym składzie substancje o wysokiej zdolności sorpcji pierwiastków. Dzięki temu w osadach wykrywa się stężenia pierwiastków jeszcze nieuchwytne w rutynowych analizach wód. Mapy geochemiczne osadów wodnych często pozwalają na lokalizację punktowych źródeł zanieczyszczeń.

Korzystając z atlasu należy pamiętać, że mamy do czynienia z obrazami zgeneralizowanymi. Obrazy przedstawione na mapach są wynikiem operacji matematycznych w przyjętym modelu interpretacji i nie zawsze w szczegółach są zgodne z rzeczywistą koncentracją pierwiastka w danym punkcie. Precyzja odwzorowania rzeczywistego obrazu zawartości pierwiastków zależy od gęstości obserwacji (opróbowania), a w konsekwencji od skali mapy.

Nie należy wyciągać wniosków dotyczących stanu zanieczyszczenia środowiska dla obiektów, których powierzchnia jest mniejsza niż wynikająca ze skali mapy i gęstości opróbowania. Przedstawiony obraz geochemiczny należy traktować jedynie jako sygnał do podjęcia bardziej szczegółowych badań i określenia rzeczywistego zasięgu naturalnych lub antropogenicznych anomalii (skażeń). Szczegó-

Tabela VI
Table

Podział na grupy gleb mineralnych (wg FS i pH w 1 n KCl) i organicznych (wg OS)
(wg A. Kabaty-Pendias i in., 1995)
Groups of mineral soils (according to FS and pH in 1n KCl) and of organic soils (according to OS)
(after A. Kabata-Pendias et al., 1995)

		Odczyn (pH)			
		<4,5	4,6–5,5	5,6–6,5	>6,5
FS (%)	<10	AG	AG	AG	AG
	10–20	AG	AG	AG	BG
	20–35	BG	BG	CG	CG
	35–55	BG	BG	CG	CG
OS[a)] (%)	6–10	BG	BG	BG	BG
	>10	CG	CG	CG	CG

*) w glebach organicznych nie uwzględnia się wpływu pH
FS – granulometryczna frakcja spławialna
OS – substancja organiczna

Tabela VII
Table

Ocena zawartości metali ciężkich (mg/kg) w powierzchniowej warstwie gleb uprawnych
(wg A. Kabaty-Pendias i in., 1995)
Assessment of heavy metals (MC) content (mg/kg) in surficial layer of cultivated soils
(after A. Kabata-Pendias et al., 1995)

Metal	Grupa gleby	Stopień zanieczyszczenia gleb					
		0*	I	II	III	IV	V
Cd, kadm	AG	0,3	1,0	2	3	5	>5
	BG	0,5	1,5	3	5	10	>10
	CG	1,0	3,0	5	10	20	>20
Cu, miedź	AG	10	30	50	80	300	>300
	BG	20	50	80	100	500	>500
	CG	25	70	100	150	750	>750
Cr, chrom	AG	20	40	80	150	300	>300
	BG	30	60	150	300	500	>500
	CG	50	80	200	500	1000	>1000
Ni, nikiel	AG	10	30	50	100	400	>400
	BG	25	50	75	150	600	>600
	CG	50	75	100	300	1000	>1000
Pb, ołów	AG	20	70	100	500	2500	>2500
	BG	40	100	250	1000	5000	>5000
	CG	60	150	300	2000	7000	>7000
Zn, cynk	AG	50	100	200	700	1500	>1500
	BG	70	150	300	1000	3000	>3000
	CG	100	250	500	2000	5000	>5000

* 0 – gleby nie zanieczyszczone o naturalnych zawartościach metali ciężkich (MC); gleby nadają się pod wszystkie uprawy ogrodnicze i rolnicze, a zwłaszcza pod uprawy roślin przeznaczanych dla dzieci i niemowląt; obszary z takimi glebami należy objąć szczególną ochroną przed wprowadzaniem antropogenicznych MC;
I – gleby o podwyższonej zawartości MC mogą być przeznaczone do pełnego wykorzystania rolniczego, z wyłączeniem upraw roślin do produkcji żywności o szczególnie małej zawartości pierwiastków i substancji szkodliwych;
II – gleby słabo zanieczyszczone; rośliny uprawiane na takich glebach mogą zawierać nadmierne ilości MC z punktu widzenia toksykologicznego; szczególnie wykluczyć należy uprawę warzyw, jak np. sałata, szpinak, kalafior, marchew; dozwolona jest uprawa roślin zbożowych, okopowych i pastewnych oraz użytkowanie pastwiskowe;
III – gleby średnio zanieczyszczone; wszystkie uprawy na takich glebach mogą ulec skażeniu MC; dopuszczalna jest uprawa roślin zbożowych, okopowych i pastewnych, pod warunkiem okresowej kontroli poziomu metali w konsumpcyjnych częściach roślin; zalecane są uprawy roślin przemysłowych i traw nasiennych; wody gruntowe mogą być narażone na zanieczyszczenie MC, w tym szczególnie – kadmem, cynkiem i niklem; w przypadku pastwisk należy także kontrolować pobieranie MC przez zwierzęta;
IV – gleby silnie zanieczyszczone; gleby takie, a zwłaszcza gleby lekkie, powinny być wyłączone z produkcji rolniczej oraz zadarnione lub zadrzewione; na glebach lepszych należy uprawiać rośliny przemysłowe (np. len, konopie, wiklina), w zależności od ich wymagań siedliskowych; także dopuszcza się produkcję materiału siewnego zbóż i traw oraz ziemniaków dla przemysłu spirytusowego (spirytus energetyczny) i rzepaku na olej techniczny; wykorzystanie na pastwiska należy ograniczać; zaleca się zabiegi rekultywacyjne, a przede wszystkim wapnowanie i wprowadzanie substancji organicznej;
V – gleby bardzo silnie zanieczyszczone; powinny być wyłączone z produkcji rolniczej i użytkowania pastwiskowego; należy liczyć się z potrzebą zabiegów rekultywacyjnych; konieczne jest zadarnienie i zadrzewienie takich gleb, między innymi ze względu na zagrożenie przenoszenia zanieczyszczeń wraz z pyłami glebowymi; na odpowiednich glebach można uprawiać rośliny przemysłowe, podobnie jak na glebach o IV stopniu zanieczyszczenia.

Tabela VIII
Table

Orientacyjne wartości graniczne zawartości substancji szkodliwych w glebach
w odniesieniu do sposobu ich użytkowania (ppm = g/t = mg/kg)
(wg T. Eikmann, A. Kloke, 1991)
Approximate values of permissible concentrations of harmful substances in soils,
with respect to land use (ppm = g/t = mg/kg)
(after T. Eikmann, A. Kloke, 1991)

Sposób użytkowania	Klasa	As	Be	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Możliwości wielofunkcyjnego użycia	gw1	20	1	1	50	50	0,5	40	100	150
Place i miejsca zabaw dzieci	gw2	20	1	2	50	50	0,5	40	200	300
	gw3	50	5	10	250	250	10	200	1000	2000
Ogródki przydomowe i działkowe	gw2	40	2	2	100	50	2	80	300	300
	gw3	80	5	5	350	200	20	200	1000	600
Boiska sportowe i pola gier	gw2	35	1	2	150	100	0,5	100	200	300
	gw3	90	2,5	5	350	300	10	250	1000	2000
Parki i tereny rekreacyjne	gw2	40	5	4	150	200	5	100	500	1000
	gw3	80	15	15	600	600	15	250	2000	3000
Tereny przemysłu ciężkiego i lekkiego (zakłady czynne)	gw2	50	5	10	200	300	10	200	1000	1000
	gw3	150	20	20	800	1000	20	500	2000	3000
Tereny przemysłu lekkiego i ciężkiego (zrekultywowane i porośnięte roślinnością)	gw2	50	10	10	200	500	10	200	1000	1000
	gw3	200	20	20	800	2000	50	500	2000	3000
Tereny rolnicze i wielkotowarowego ogrodnictwa	gw2	40	10	2	200	50	10	100	500	300
	gw3	50	20	5	500	200	50	200	1000	600
Tereny ekosystemów nierolniczych	gw2	40	10	5	200	50	10	100	1000	300
	gw3	60	20	10	500	200	50	200	2000	600

gw1 = zawartości podstawowe, tło
gw2 = zawartości tolerowane,
gw3 = zawartości toksyczne.

lowe badania w odpowiedniej skali mogą wykazać, że obraz geochemiczny jest bardziej skomplikowany. Obok miejsc silnie skażonych wystąpią rejony o zawartościach pierwiastków mieszczących się w granicach lokalnego, naturalnego tła geochemicznego.

Dla orientacji w stopniu zanieczyszczenia badanych środowisk w tekście objaśnień przytoczono wartości stężeń dopuszczalnych korzystając z norm kanadyjskich (Critères, 1991), norm EWG (Directive, 1986) oraz dostępnej literatury (A. Kabata-Pendias, H. Pendias, 1993).

W celu łatwej oceny stopnia zanieczyszczenia gleb użytkowanych rolniczo przytoczono wskaźniki zalecane przez IUNiG w Puławach (A. Kabata-Pendias i in., 1995), które zamieszczono w tabelach VI i VII wraz z normami granicznych zawartości substancji szkodliwych rekomendowanymi przez Instytut Higieny w Ruhr – tabela VIII (T. Eikmann, A. Kloke, 1991).

pH KWASOWOŚĆ

Gleby: tablica 2, tabela III

Wartości graniczne odczynu gleb (pH – H_2O), (47)*:

– gleby bardzo kwaśne	≤5
– gleby kwaśne	>5–6
– gleby lekko kwaśne	>6–6,7
– gleby obojętne	>6,7–7,4
– gleby zasadowe	>7,4

Porównanie regionalne (36, 37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	2,8–8,2;	średnio 6,0**
– gleby miejskie Wrocławia	5,1–7,9;	średnio 6,9
– gleby Szczecina i okolic	2,6–8,9;	średnio 5,5
– gleby miejskie Szczecina	3,5–7,9;	średnio 6,8
– gleby Łodzi i okolic	3,1–8,1;	średnio 5,5
– gleby miejskie Łodzi	3,7–8,1;	średnio 6,3
– gleby miejskie Pabianic	3,4–7,3;	średnio 5,2
– gleby miejskie Zgierza	3,8–7,8;	średnio 5,7
– gleby Warszawy i okolic	2,5–7,8;	średnio 5,8
– gleby miejskie Warszawy	5,0–7,8;	średnio 6,6
– gleby Krakowa i okolic	3,2–9,5;	średnio 6,5
– gleby miejskie Krakowa	4,9–9,5;	średnio 7,2
– gleby Górnego Śląska	2,2–9,7;	średnio 6,2
– gleby Polski	2,1–9,7;	średnio 5,9

Na kwasowość gleb badanego terenu mają wpływ zarówno czynniki przyrodnicze (skały macierzyste gleb) jak i działalność człowieka (sposób użytkowania gleb). Czarne ziemie wrocławskie (wytworzone z piasków, glin, iłów i utworów lessopodobnych) występujące na południe i południowy zachód od Wrocławia charakteryzują się w większości odczynem obojętnym lub zasadowym. Jest to zgodne z wynikami badań innych autorów (A. Strahl, 1972; A. Karczewska i in., 1991). Na pozostałym obszarze przeważają gleby brunatne i płowe (wytworzone z glin i piasków) lub mady (A. Kowalkowski i in., 1994). Gleby te (poza centrum Wrocławia) są zazwyczaj lekko kwaśne, kwaśne lub bardzo kwaśne (pH<6,7).

Najniższymi wartościami pH (średnio 4,5) charakteryzują się gleby lasów. Obserwowane na wschodzie, północy i zachodzie oraz w dolinie Odry płaty gleb o odczynie bardzo kwaśnym i kwaśnym pokryte są w większości kompleksami leśnymi. W glebach pól uprawnych stwierdzono średnie pH – 6,3. Najwyższe wartości pH wykazują gleby obszarów miejskich i przemysłowych (6,9–7,1). Gleby centrum Wrocławia, a także bardziej odległych dzielnic, jak Zakrzów czy Psie Pole, odznaczają się odczynem obojętnym lub zasadowym (średnie pH 6,9–7,1), charakterystycznym dla gleb wielkomiejskich (K. Czarnowska i in., 1983; K. Czarnowska, 1995; J. Lis, A. Pasieczna, 1995c, 1998a, b). Alkalizacja gleb jest związana z opadem pyłów przemysłowych, a także z domieszkami gruzu wapniowego.

* pozycje literatury cytowane numerami ze spisu literatury
** wszystkie wartości średnie wyrażone są w postaci średnich geometrycznych.

Wody powierzchniowe: tablica 48, tabela V

Dane dla badanego obszaru:
– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic 4,1–8,9; średnio 7,1

Wody małych cieków oraz jezior, sadzawek i stawów charakteryzują się większym zróżnicowaniem kwasowości (odczyn pH od 4,1 do 8,9) niż wody rzek i strumieni regionu (6,2–7,9). Podwyższone pH wód (>8,1) stwierdzono w niewielkiej sadzawce w Kotowicach, w jeziorze w okolicach Czernicy, w stawie w Radwanicach, w rowie melioracyjnym w Parku Południowym we Wrocławiu, w stawach hodowlanych w Rakowie i Nowym Dworze, w prawostronnym dopływie Dobrej Widawki w Szczodrem, w rowach irygacyjnych w Osobowicach, w sadzawce na terenie piaskowni w Szewcach, w prawostronnym dopływie Widawy w Rogóźnu, w rowie melioracyjnym w Szymanowie i w starorzeczu w Wilkszynie.

PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA

Wody powierzchniowe: tablica 49, tabela V; mS/cm

Orientacyjna wartość optymalna (65): 0,4

Dane dla badanego obszaru:
– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic 0,09–6,62; średnio 0,78

Pomiar przewodności elektrycznej wód jest wskaźnikiem informującym o stopniu ich mineralizacji (zasolenia). Generalnie wody powierzchniowe badanego obszaru są wodami słodkimi o przewodności elektrycznej <1,5 mS/cm (co odpowiada wartości ogólnej mineralizacji <1000 mg/dm^3). Zarówno wysoka mineralizacja wód pitnych (>800 mg/dm^3), jak i mineralizacja zbyt niska są niepożądane. Wskaźnik ponad 1mS/cm wskazuje zwykle na zanieczyszczenie wód (Witczak, Adamczyk, 1994). Takimi wartościami przewodności elektrycznej charakteryzują się wody Kosiny (średnio 1,10 mS/cm), Szalonej (średnio 1,19 mS/cm) i Ślęzy (średnio 1,14 mS/cm).

Ag SREBRO

Gleby: tablica 3, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	<1– 9;	średnio <1
– gleby miejskie Wrocławia	<1– 9;	średnio <1
– gleby Szczecina i okolic	<1– 3;	średnio <1
– gleby miejskie Szczecina	<1;	średnio <1
– gleby Łodzi i okolic	<1;	średnio <1
– gleby miejskie Łodzi	<1;	średnio <1
– gleby miejskie Pabianic	<1;	średnio <1
– gleby miejskie Zgierza	<1;	średnio <1
– gleby Krakowa i okolic	<1– 3;	średnio <1
– gleby miejskie Krakowa	<1– 2;	średnio <1
– gleby Górnego Śląska	<1–13;	średnio <1
– gleby Polski	<1–41;	średnio <1

Zawartość srebra ługowalnego kwasem solnym w przeważającej większości badanych gleb nie przekracza 1 ppm. Podwyższone stężenia Ag (>1 ppm) występują w glebach centrum Wrocławia oraz lokalnie na terenie pól irygacyjnych „Osobowice".

Osady wodne: tablica 26, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	<1– 61;	średnio <1
– osady wodne Polski	<1–117;	średnio <1

Przeciętne zawartości srebra rozpuszczalnego w kwasie solnym w osadach wodnych nie przekraczają 1 ppm. Wysokie koncentracje srebra (do 61 ppm) obserwuje się w osadach rowów pól irygacyjnych w Osobowicach oraz w aluwiach Młynówki Jeleckiej koło fabryki samochodów w Jelczu (do 6 ppm). Pojedyncze próbki aluwiów Odry, Bystrzycy, Oleśnicy, Szalonej, Ługowizny i Widawy wykazują zawartości srebra w granicach 1–5 ppm.

Al GLIN

Gleby: tablica 4, tabela III; %

Porównanie regionalne (38, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	0,04–1,63;	średnio 0,31
– gleby miejskie Wrocławia	0,14–1,00;	średnio 0,35
– gleby Szczecina i okolic	0,02–1,50;	średnio 0,15
– gleby miejskie Szczecina	0,04–0,57;	średnio 0,19
– gleby Łodzi i okolic	0,03–0,95;	średnio 0,21
– gleby miejskie Łodzi	0,03–0,50;	średnio 0,24
– gleby miejskie Pabianic	0,11–0,62;	średnio 0,25
– gleby miejskie Zgierza	0,10–0,63;	średnio 0,22
– gleby Krakowa i okolic	0,02–1,58;	średnio 0,41
– gleby miejskie Krakowa	0,10–1,41;	średnio 0,38

Zawartości glinu rozpuszczalnego w HCl w glebach są mało zróżnicowane i przeciętnie wynoszą około 0,30%. Wyraźne jest natomiast zróżnicowanie regionalne, związane ze skałami macierzystymi występujących gleb. Gleby północno-wschodniej i północno-zachodniej części obszaru są uboższe w glin od gleb aluwialnych Odry i gleb występujących na południe od Wrocławia, rozwiniętych na glinach i utworach lessopodobnych. Najniższe zawartości glinu (<0,21%) występują w glebach terenów leśnych (poza doliną Odry). Podwyższone zawartości Al, przekraczające 0,77%, obserwuje się w glebach doliny Odry powyżej Wrocławia i na północnym zachodzie w rejonie Pisarzowic.

Osady wodne: tablica 27, tabela IV; %

Dane dla badanego obszaru:
– osady wodne Wrocławia i okolic 0,07–1,47; średnio 0,39

Największe zróżnicowanie zawartości glinu (rozpuszczalnego w HCl) występuje w osadach wodnych małych cieków (0,07–1,47%), a najwyższe przeciętne jego stężenia obserwuje się w aluwiach Odry (0,56%). Wysokie zawartości glinu (>0,91%) występują także w osadach aluwialnych Oławy (poniżej Siechnic), Szalonej (blisko ujścia do Oławy), potoku Rogożówka płynącego w pobliżu wysypiska w Maślicach, cieku z okolic Wilkszyna, sadzawki w Pietrzykowicach oraz cieków i sadzawek w obrębie doliny Odry, powyżej Wrocławia. W ciekach północno-wschodniej części badanego obszaru występują osady wodne o najniższych stężeniach glinu.

Wody powierzchniowe: tablica 50, tabela V; ppm = mg/dm^3

Orientacyjne wartości graniczne (29, 54):

– wody rzeczne	<0,06–0,30; średnio 0,2
– wody rzeczne zanieczyszczone	>2,00
– wody pitne	0,05–0,30

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	<0,05–19,25;	średnio <0,05
– wody powierzchniowe Polski	<0,1 – 1,2;	średnio 0,1

Zawartości glinu w wodach powierzchniowych Wrocławia i okolic są bardzo niskie (przeciętnie <0,05 mg/dm^3). Nieco wyższe stężenia glinu (>0,08 mg/dm^3) stwierdzono w wodach kilku cieków na północnym zachodzie (na południe od Wilkszyna) i w pojedynczych próbkach wód Bystrzycy, Kosiny (blisko ujścia do Ślęzy), Odry i rowu na polach irygacyjnych „Osobowice".

As ARSEN

Gleby: tablica 5, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	<5– 46;	średnio <5
– gleby miejskie Wrocławia	<5– 32;	średnio <5
– gleby Szczecina i okolic	<5– 178;	średnio <5
– gleby miejskie Szczecina	<5– 30;	średnio <5
– gleby Łodzi i okolic	<5– 13;	średnio <5

– gleby miejskie Łodzi <5– 9; średnio <5
– gleby miejskie Pabianic <5– 6; średnio <5
– gleby miejskie Zgierza <5– 7; średnio <5
– gleby Krakowa i okolic <5– 29; średnio <5
– gleby miejskie Krakowa <5– 29; średnio <5
– gleby Górnego Śląska <5– 238; średnio <5
– gleby Polski <5–3444; średnio 5

Przeciętne zawartości arsenu w glebach Wrocławia i okolic są niskie i rzadko przekraczają 5 ppm. W obrazie kartograficznym podwyższonymi zawartościami arsenu (>5 ppm) wyróżniają się gleby aluwialne doliny Odry. W obrębie doliny można wyróżnić dwie strefy anomalne (>15 ppm As): w zakolu Odry na północny wschód od Siechnic oraz na południe od Jelczańskich Zakładów Samochodowych.

Badania zanieczyszczenia gleb prowadzone w 1996 r. przez Wojewódzką Stację Sanitarno-Epidemiologiczną wykazały podobne koncentracje arsenu w glebach Wrocławia. Średnie zawartości arsenu w glebach ogródków działkowych wyniosły od 5 do 8 ppm, a w glebach wokół składowisk przemysłowych – od 2 do 5 ppm (Raport, 1997). Badania przeprowadzone kilka lat wcześniej (1991–1992) przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu wykazały w glebach osiedla Kowale (narażonego na oddziaływanie takich zakładów jak: „Polifarb", „Viscoplast", WZPN, „Polmos") zawartości arsenu od 1,4 do 30,4 ppm, w glebach Parku Szczytnickiego (usytuowanego w centrum miasta, niedaleko wymienionych wyżej zakładów) od 3,9 do 16,8 ppm, w glebach gruntów ornych z terenu wokół składowiska Elektrociepłowni „Czechnica" (tereny wodonośne) od 2,0 do 3,0 ppm (B. Meinhardt, 1994).

Osady wodne: tablica 28, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic <5– 265; średnio 5
– osady wodne Polski <5–6215; średnio <5

Osady wodne na badanym obszarze mają niskie zawartości arsenu (przeciętnie 5 ppm). Najwyższe średnie stężenia obserwuje się w aluwiach Oławy (17 ppm) i Odry (15 ppm). Podwyższone zawartości arsenu (>32 ppm) występują także w osadach wodnych rowów i kanałów w rejonie Strachocina, rowów pól irygacyjnych „Osobowice" i lokalnie – w osadach innych rowów i cieków: na południe od Szewc, w Czystopolu, na zachód od Leśnicy, w Małkowicach i Mokronosie Górnym. W wielu z wymienionych punktów obserwuje się też podwyższone koncentracje żelaza (>5%).

B BOR

Wody powierzchniowe: tablica 51, tabela V; ppm = mg/dm^3

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I–III ≤1

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic <0,03– 2,31; średnio 0,06
– wody powierzchniowe Polski <0,02–12,87; średnio 0,04

Tło geochemiczne boru w wodach badanego obszaru jest niskie (przeciętna 0,06 mg/dm^3). Najwyższe średnie stężenie boru mają wody Odry (0,11 mg/dm^3). Wyraźnie podwyższone zawartości (>0,40 mg/dm^3) występują w wodach rowów pól irygacyjnych „Osobowice", a także w rowach okolic Zakrzowa oraz w rowach kanalizacyjnych w Sołtysowicach, Stabłowicach i Kębłowicach (przy ujęciach ścieków). Maksymalną koncentrację boru (2,31 mg/dm^3) stwierdzono w sadzawce (gliniance) w Żernikach.

Ba BAR

Gleby: tablica 6, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic 3–1105; średnio 56
– gleby miejskie Wrocławia 33–1105; średnio 115
– gleby Szczecina i okolic 2– 852; średnio 19
– gleby miejskie Szczecina 6– 220; średnio 44
– gleby Łodzi i okolic 3– 605; średnio 22
– gleby miejskie Łodzi 4– 210; średnio 8
– gleby miejskie Pabianic 4– 232; średnio 46
– gleby miejskie Zgierza 7– 159; średnio 38
– gleby Krakowa i okolic 3– 426; średnio 50
– gleby miejskie Krakowa 10– 426; średnio 57
– gleby Górnego Śląska 2–1777; średnio 54
– gleby Polski <1–1777; średnio 32

Zawartości baru w glebach Wrocławia i okolic są zróżnicowane (3–1105 ppm). Podwyższonymi stężeniami (>59 ppm) charakteryzują się gleby doliny Odry oraz czarne ziemie wrocławskie występujące na południe od Wrocławia. Najwyższe średnie koncentracje baru stwierdzono w glebach terenów o zabudowie miejskiej (115 ppm), gleby parków (105 ppm) i gleby ogródków działkowych (100 ppm). Najniższymi średnimi stężeniami odznaczają się gleby leśne (33 ppm). Wyraźne trzy strefy anomalne (zawartości baru >268 ppm) to: centrum Wrocławia (z maksymalną koncentracją 1105 ppm w glebie terenu parkowego na Wyspie Słodowej), zakole Odry na północny wschód od Siechnic oraz rejon nadodrzański na południe od Jelczańskich Zakładów Samochodowych. Dwie ostatnie anomalie pokrywają się ze strefami anomalnych wystąpień innych metali.

Z literatury znany jest fakt występowania zwiększonych koncentracji baru w obszarach miejskich. Zjawisko to wiąże się z opadaniem pyłów pochodzących ze spalania węgla w zakładach energetycznych. Z badań A. Różkowskiej i B. Ptak (1995) wynika, że przeciętna koncentracja baru w węglach górnośląskich wynosi 176 ppm, a w ich popiołach osiąga 1274 ppm. Według badań E. Patersona i M. Sanki (1994) na wzbogacenie gleb miejskich w bar w dość znacznym stopniu wpływa ruch kołowy. Autorzy ci zauważyli, że nawet w glebach miejskich słabo uprzemysłowionych miast (Aberdeen w Szkocji i Brno w Republice Czeskiej) bar może osiągać koncentracje dochodzące do 800 ppm w glebach trawników przyulicznych, podczas gdy w glebach ogródków działkowych tych miast maksymalne koncentracje osiagały 200 ppm.

Osady wodne: tablica 29, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic 10–738; średnio 105
– osady wodne Polski <1–1794; średnio 52

Przeciętna zawartość baru w osadach wodnych badanego obszaru wynosi 105 ppm. Na tym tle zdecydowanie wyróżniają się aluwia Odry (średnio 477 ppm Ba). Wysokie zawartości baru w osadach wodnych Odry sygnalizowały już wcześniej badania monitoringowe (I. Bojakowska, G. Sokołowska, 1993; I. Bojakowska i in., 1992) oraz analizy wykonywane w ramach realizacji „Atlasu geochemicznego Polski" (J. Lis, A. Pasieczna, 1995a). Głównym źródłem podwyższonych stężeń baru są wody kopalniane zrzucane do rzek zlewni Odry z terenu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i Zagłębia Wałbrzyskiego. W aluwiach dolnej Odry (okolice Szczecina) średnie zawartości baru obniżają się do 57 ppm (I. Bojakowska i in., 1998).

Lokalnie zanotowano znacznie podwyższone stężenia baru (>518 ppm) w osadach wodnych rzeki Szalonej (nieco powyżej Siechnic, w sąsiedztwie przedsiębiorstwa ogrodniczego) oraz rowów melioracyjnych w Bykowie i w Pietrzykowicach.

Wody powierzchniowe: tablica 52, tabela V; ppb = μg/dm^3

Orientacyjne wartości graniczne (18):

– wody rzeczne 10– 100
– wody rzeczne zanieczyszczone ≤450
– wody pitne 500–1500

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic 5– 240; średnio 71
– wody powierzchniowe Polski <1–3470; średnio 55

Zawartości baru w wodach Wrocławia i okolic nie są wysokie (średnia 71 μg/dm^3). Nieco podwyższonymi stężeniami wyróżniają się wody Odry (średnia 81 μg/dm^3). Maksymalne zawartości Ba (>180 μg/dm^3) stwierdzono w wodach rowu melioracyjnego i starorzecza na terenie Jelcza oraz w wodach: rowu melioracyjnego w Kębłowicach i glinianki w Stabłowicach.

Be BERYL

Gleby: tablica 7, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (38, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic <0,5– 4,3; średnio <0,5
– gleby miejskie Wrocławia <0,5– 1,2; średnio <0,5
– gleby Szczecina i okolic <0,5– 1,9; średnio <0,5
– gleby miejskie Szczecina <0,5– 0,9; średnio <0,5
– gleby Łodzi i okolic <0,5– 8,0; średnio <0,5
– gleby miejskie Łodzi <0,5– 2,1; średnio <0,5
– gleby miejskie Pabianic <0,5– 3,8; średnio <0,5
– gleby miejskie Zgierza <0,5– 1,2; średnio <0,5
– gleby Krakowa i okolic <0,5–17,0; średnio 0,5
– gleby miejskie Krakowa <0,5–17,0; średnio 0,5

Zawartości berylu w glebach badanego obszaru są generalnie bardzo niskie (<0,5 ppm) i mało zróżnicowane. Nieco podwyższone koncentracje berylu (0,5–1,3 ppm) występują w glebach aluwialnych doliny Odry i w południowych rejonach Wrocławia. Anomalną zawartość berylu (4,3 ppm) zarejestrowano tylko w jednej próbce gleby pobranej z terenu parku w Leśnicy.

Osady wodne: tablica 30, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic <0,5–16,7; średnio <0,5
– osady wodne Polski <0,5– 6,5; średnio <0,5

Średnie zawartości berylu w osadach wodnych badanego obszaru są niskie (<0,5 ppm). Najbardziej zróżnicowane są koncentracje tego pierwiastka w aluwiach małych cieków. Wśród nich podwyższonymi zawartościami berylu (4,4–16,7 ppm) wyróżniają się strumienie z rejonu północno-zachodniego, zasilające Bystrzycę.

C_{org} WĘGIEL ORGANICZNY

Gleby: tablica 8, tabela III, %

Porównanie regionalne (38, 40):

– gleby Wrocławia i okolic 0,05–18,74; średnio 1,66
– gleby miejskie Wrocławia 0,54–16,42; średnio 2,45
– gleby Łodzi i okolic 0,09–28,15; średnio 1,38
– gleby miejskie Łodzi 0,19– 7,74; średnio 1,67
– gleby miejskie Pabianic 0,81– 6,76; średnio 2,47
– gleby miejskie Zgierza 0,32– 7,06; średnio 1,28
– gleby Krakowa i okolic <0,01–40,19; średnio 1,77
– gleby miejskie Krakowa 0,21– 8,27; średnio 1,53

Zasobność gleb badanego rejonu w węgiel organiczny jest wyraźnie zróżnicowana. Bogate w węgiel organiczny (zawartości >1,66%) są przede wszystkim gleby aluwialne doliny Odry, czarne ziemie wrocławskie oraz gleby obszarów porośniętych kompleksami leśnymi. Najwyższe średnie zawartości węgla organicznego zanotowano w glebach terenów o zabudowie miejskiej (2,45%). Zbliżonymi średnimi stężeniami charakteryzują się gleby lasów, łąk, parków miejskich i ogródków działkowych (około 2,00–2,30%).

Najwyższe koncentracje węgla organicznego w glebach (>5,5%) zarejestrowano w następujących miejscach w obrębie doliny Odry: na południe od Jelczańskich Zakładów Samochodowych (gleby leśne), w zakolu Odry na północny wschód od Siechnic (gleby leśne i łąkowe) – w obydwu tych rejonach stwierdzono też strefy anomalnych zawartości innych pierwiastków, w centrum Wrocławia (gleby ogródków działkowych), w rejonie Osobowic (gleby leśne i łąkowe). Zbliżone zawartości

węgla organicznego stwierdzono także w próbkach gleb pobranych na terenach: parku w Leśnicy oraz lasu w Stabłowicach.

Badania zawartości węgla organicznego w glebach ogródków działkowych z różnych rejonów Wrocławia, przeprowadzone przez T. Chodaka i in. (1995), wykazały koncentracje w granicach od 0,71 do 4,25% i prawdopodobnie zależą głównie od sposobu uprawy tych terenów. Wyższe stężenia zaobserwowano w glebach ogródków południowej części Wrocławia (czarne ziemie i gleby brunatne).

Ca WAPŃ

Gleby: tablica 9, tabela III; %

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	<0,01–14,26;	średnio 0,22
– gleby miejskie Wrocławia	0,06– 1,82;	średnio 0,48
– gleby Szczecina i okolic	<0,01–18,88;	średnio 0,14
– gleby miejskie Szczecina	0,02– 4,88;	średnio 0,57
– gleby Lodzi i okolic	<0,01– 8,00;	średnio 0,07
– gleby miejskie Lodzi	<0,01– 3,03;	średnio 0,18
– gleby miejskie Pabianic	<0,01– 1,48;	średnio 0,29
– gleby miejskie Zgierza	<0,01– 1,67;	średnio 0,08
– gleby Krakowa i okolic	0,01–11,40;	średnio 0,32
– gleby miejskie Krakowa	0,01– 9,85;	średnio 0,56
– gleby Górnego Śląska	<0,01–13,47;	średnio 0,23
– gleby Polski	<0,01–25,45;	średnio 0,17

Zawartości wapnia w badanych glebach mieszczą się w granicach <0,01–14,26%. O rozkładzie tego pierwiastka decyduje zarówno czynnik geologiczny, jak i działalność gospodarcza człowieka.

Zawartości wapnia przekraczające 0,50% obserwuje się przede wszystkim w glebach Wrocławia oraz w glebach położonych na południe i południowy zachód od miasta. Czarne ziemie wrocławskie, rozwinięte m.in. na lessach gliniastych, glinach lessopodobnych, a także na glinach zwałowych zawierają wapń w większych ilościach. W kilku rejonach, w obrębie obszaru występowania czarnych ziem zawartości wapnia przekraczają 1,76%. Wzbogacone w wapń są także gleby wykształcone na glinach zwałowych po prawej stronie Odry.

Natomiast podwyższone zawartości wapnia w glebach miejskich Wrocławia należy wiązać z czynnikiem antropogenicznym. Gleby o zabudowie miejskiej i przemysłowej, gleby trawników i ogródków działkowych mają dwa razy wyższe koncentracje wapnia w porównaniu z glebami pól uprawnych. Wzbogacenia w wapń gleb miejskich pochodzą prawdopodobnie z opadu pyłów przemysłowych, głównie ze spalania węgla.

Szczególnie niskie zawartości wapnia zawierają gleby leśne (średnio 0,06%).

Osady wodne: tablica 31, tabela IV; %

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	0,04–12,57; średnio 0,70
– osady wodne Polski	<0,01–43,15; średnio 0,84

Przeciętne zawartości wapnia w osadach wodnych badanego obszaru są niskie (<0,70%). Spośród większych rzek i strumieni najniższymi średnimi stężeniami wapnia w aluwiach wyróżnia się Bystrzyca (0,36%). Stosunkowo niskie zawartości wapnia wykazują też aluwia Odry (średnio 0,67%). Najwyższe zawartości, przekraczające przeciętnie 1% Ca, stwierdzono w aluwiach Szalonej, Kosiny i Topora (poniżej miejscowości Kamień, gdzie jest zlokalizowane składowisko żużli i popiołów EC „Wrocław"). Generalnie wzbogacone w wapń są osady wodne na południe i północny wschód od Wrocławia.

Wody powierzchniowe: tablica 53, tabela V; ppm = mg/dm^3

Orientacyjne wartości graniczne (65):

– wody powierzchniowe wykorzystywane jako źródło wody pitnej	zalecane 100

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	30,7– 340,7;	średnio 115
– wody powierzchniowe Polski	3 –6400;	średnio 79

Zawartości wapnia w wodach powierzchniowych badanego rejonu są mało zróżnicowane i wynoszą średnio 115 mg/dm^3. Najwyższe stężenia stwierdzono na obszarze występowania utworów lessopodobnych na południe od Wrocławia. Spośród większych rzek i strumieni, podobnie jak w przypadku aluwiów, najniższe średnie zawartości Ca występują w wodach Bystrzycy (56,3 mg/dm^3). Natomiast najwyższymi średnimi zawartościami wapnia (około 200 mg/dm^3) odznaczają się: Kosina, Ślęza i Szalona, a także ich dopływy.

Cd KADM

Gleby: tablica 10, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (36, 37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	<0,5– 37,3;	średnio <0,5
– gleby miejskie Wrocławia	<0,5– 33,1;	średnio 0,6
– gleby Szczecina i okolic	<0,5– 13,3;	średnio <0,5
– gleby miejskie Szczecina	<0,5– 1,7;	średnio <0,5
– gleby Lodzi i okolic	<0,5– 3,0;	średnio <0,5
– gleby miejskie Lodzi	<0,5– 3,0;	średnio <0,5
– gleby miejskie Pabianic	<0,5– 1,2;	średnio <0,5
– gleby miejskie Zgierza	<0,5– 0,9;	średnio <0,5
– gleby Warszawy i okolic	<0,3– 19,1;	średnio <0,3
– gleby miejskie Warszawy	<0,3– 5,0;	średnio <0,3
– gleby Krakowa i okolic	<0,5– 68,4;	średnio 0,7
– gleby miejskie Krakowa	<0,5– 27,3;	średnio 0,6
– gleby Górnego Śląska	<0,5–253,3;	średnio 1,4
– gleby Polski	<0,5–253,3;	średnio <0,5

Przeciętne zawartości kadmu w glebach badanego rejonu (<0,5 ppm) nie odbiegają od średnich zawartości w innych aglomeracjach miejskich. Koncentracje kadmu w glebach uprawnych (<0,5–1,7 ppm) są zbliżone do zawartości całkowitych oznaczonych przez Stację Chemiczno-Rolniczą we Wrocławiu w użytkowanych rolniczo glebach województwa wrocławskiego: od 0,03 do 1,45 ppm (średnia 0,25 ppm). Tylko w 5,84% przebadanych przez SCh-R próbek stwierdzono przekroczenie wartości granicznych pierwszego stopnia zanieczyszczenia kadmem w odniesieniu do norm IUNiG (B. Meinhardt, E. Mleczko, 1995).

Na tle niskich zawartości kadmu, obserwowanych w większości gleb omawianego rejonu, podwyższonymi stężeniami (>0,5 ppm) wyróżniają się gleby aluwialne doliny Odry i gleby miejskie Wrocławia. Najsilniejsze anomalie (koncentracje >4,2 ppm) występują na terenie Wrocławia: w rejonie Starego Miasta oraz w sąsiedztwie kilku blisko siebie położonych zakładów przemysłowych („Hutmen", „Pafawag", Fabryka Maszyna „Fadroma", Fabryka Maszyn Rolniczych „Agromet-Archimedes"). Inne strefy anomalne o zawartościach kadmu w glebach przekraczających 1,6 ppm występują: w rejonie pól irygacyjnych „Osobowice", w zakolu Odry na północny wschód od Siechnic oraz na południe od Jelczańskich Zakładów Samochodowych. Są to skażenia o charakterze antropogenicznym, typowym dla obszarów silnie zurbanizowanych i uprzemysłowionych. Badania chemizmu gleb pól irygowanych w Osobowicach, przeciążonych ściekami komunalnymi z Wrocławia, potwierdzają występowanie podwyższonych zawartości kadmu na tym obszarze: średnia zawartość Cd – 1,96 ppm (F. Czyżyk, 1995). Podwyższone zawartości kadmu w glebach aluwialnych Odry nie są oczywiście rezultatem tylko lokalnej działalności przemysłowej. Głównym źródłem tych skażeń są prawdopodobnie zanieczyszczenia niesione przez wody Odry a pochodzące z obszaru złóż kruszców Zn-Pb na Górnym Śląsku.

Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska prowadził w latach 1986–1994 badania zawartości metali ciężkich (inną metodą) w glebach na terenach uprzemysłowionych Wrocławia. W glebach narażonych na oddziaływanie zakładów przemysłowych z osiedla Kowale stwierdzono zawartości od 0,26 do 1,30 ppm, w glebach Państwowych Ogródków Działkowych „Pilczyce" (zlokalizowanych 100 m od ruchliwego ciągu komunikacyjnego ul. Lotniczej) – od 0,66 do 1,00 ppm, a na terenach wodonośnych (w sąsiedztwie składowiska EC „Czechnica" i hałdy Huty „Siechnice") – od 0,08 do 0,44 ppm (B. Meinhardt, E. Mleczko, 1995). Stężenia te są zbliżone do stwierdzonych w ramach opracowania niniejszego atlasu. Z kolei badania gleb z rejonu Siechnic (lata 1986–1987) wykazały zawartości kadmu w tym obszarze od 1,9 do 7,9 ppm (W. Roszak, 1991).

Osady wodne: tablica 32, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	<0,5– 55,7; średnio 0,8
– osady wodne Polski	<0,5–8736,0; średnio 0,6

Osady wodne badanego obszaru zawierają kadm w ilościach od <0,5 do 55,7 ppm (średnio 0,8 ppm). Najwyższe stężenia kadmu na badanym obszarze występują w osadach rowów irygacyjnych między Świniarami a Osobowicami (18,5–55,7 ppm). Zawartości kadmu w ściekach miejskich spływających z pól irygowanych do Odry, w 1995 r. wahały się od 0,4 do 2 µg/dm^3 i mieściły się w granicach norm dla wód powierzchniowych (E. Jaśniewicz i in., 1995). Oznacza to, że większość kadmu obecnego w ściekach zostaje zatrzymana w osadach rowów i w glebach pól irygacyjnych.

Aluwia Odry wyróżniają się wysoką średnią zawartością kadmu: 3,9 (choć np. aluwia Wisły w Krakowie mają trzykrotnie wyższe średnie stężenie kadmu – 13,8 ppm). Badania I. Bojakowskiej i innych (1992) wykazały podobne zawartości kadmu w trzech próbkach aluwialnych Odry z terenu Wrocławia: 3,6, 3,8, 5,3 ppm. Zanieczyszczenia kadmem osadów wodnych Odry pochodzą m.in. z Górnego Śląska.

Podwyższonymi średnimi stężeniami kadmu (>1 ppm) odznaczają się też aluwia: Bystrzycy, Oleśnicy, Szalonej i Widawy. W wielu zbiornikach wodnych stwierdzono lokalnie anomalne zawartości kadmu. Bardzo wysoką zawartość Cd (30,2 ppm), a także Cr i Cu, zanotowano w aluwiach Górnej Oławy na terenie Wrocławia. Prawdopodobnie są tu odprowadzane ścieki z pobliskich zakładów przemysłowych, m.in. z garbarni. W osadach strumienia Ługowizna (poniżej Żernik) występują koncentracje Cd od 7,8 do 14,0 ppm. Aluwia Młynówki Jeleckiej (poniżej Zakładów Samochodowych) zawierają także wysokie stężenia kadmu (16,3 i 34,8). W osadach wodnych Oleśnicy wysokie koncentracje Cd (7,5 i 11,7 ppm) występują na południe od Brzeziej Łąki. Także w osadach płynącej obok Leniwki stwierdzono miejscowo stężenie 6,3 ppm Cd. Na terenie Wrocławia w osadach cieku Czarna Woda, płynącego przez ogródki działkowe (osiedle Zacisze) oznaczono 8,2 ppm Cd. Podwyższone stężenia kadmu (około 6 ppm) występują też lokalnie w aluwiach Szalonej (na południe od Siechnic) i w osadach wodnych Kanału Odpływowego (łączącego Odrę z Widawą).

Wody powierzchniowe: tabela V; ppb = µg/dm^3

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I	≤5
II	>5– ≤30
III	>30–≤100

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	<3;	średnio <3
– wody powierzchniowe Polski	<3–238;	średnio <3

W atlasie nie zamieszczono mapy zawartości kadmu w wodach powierzchniowych, ponieważ we wszystkich próbkach wód zawartość tego pierwiastka była poniżej granicy oznaczalności w stosowanej metodyce analitycznej (3 = µg/dm^3).

Co KOBALT

Gleby: tablica 11, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (36, 37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	1–18; średnio 3
– gleby miejskie Wrocławia	2–10; średnio 4
– gleby Szczecina i okolic	<1–30; średnio 1
– gleby miejskie Szczecina	<1– 6; średnio 1,6
– gleby Lodzi i okolic	<1– 6; średnio 1
– gleby miejskie Lodzi	<1– 5; średnio 1
– gleby miejskie Pabianic	<1– 6; średnio 2
– gleby miejskie Zgierza	1– 5; średnio 1
– gleby Warszawy i okolic	1–10; średnio 1,6
– gleby miejskie Warszawy	1– 7; średnio 2
– gleby Krakowa i okolic	<1–36; średnio 3,4

– gleby miejskie Krakowa <1–36; średnio 3,4
– gleby Górnego Śląska <1–21; średnio 2
– gleby Polski <1– 4; średnio 5

Zawartość kobaltu w glebach jest niska i zawiera się w granicach od 1 do 18 ppm. Daje się jednak zauważyć regionalne zróżnicowanie jego zawartości. Podwyższone zawartości kobaltu stwierdzono w glebach utworzonych na aluwialnych utworach doliny Odry oraz w glebach na południe i południowy zachód od Wrocławia (czarne ziemie). W zakolu Odry, na północny wschód od Siechnic, występują stężenia Co >11 ppm. W rejonie tym stwierdzono podwyższone zawartości także innych metali. Najwyższą koncentrację Co (18 ppm) w glebach zanotowano w zachodniej części obszaru, na południe od miejscowości Żar (łąka).

Osady wodne: tablica 33, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic <1–154; średnio 5
– osady wodne Polski <1–357; średnio 3

Średnia zawartość kobaltu w osadach wodnych badanego obszaru jest niska (5 ppm). Najwyższe średnie koncentracje (8 ppm) stwierdzono w aluwiach Odry, Oławy i Kosiny. Generalnie bogatsze w kobalt są osady zbiorników wodnych znajdujących się na obszarze podwyższonych koncentracji Co w glebach (dolina Odry i południowo-zachodnia część arkusza). Niewątpliwie antropogenicznego pochodzenia są koncentracje kobaltu (>23 ppm) obserwowane w osadach wodnych Młynówki Jeleckiej i małych cieków w rejonie Jelcza i Kotowic, a także na obszarze pól irygacyjnych „Osobowice" i w rowie kanalizacyjnym w Poświętnem (na terenie Wrocławia). Bardzo wysokie stężenia kobaltu (do 154 ppm), o trudnym do ustalenia pochodzeniu, występują w osadach cieków opływających Wilkszyn od południa i wschodu. Podwyższone zawartości Co (20–31 ppm) występują też w osadach zbiorników bez nazwy w rejonie Leśnicy (m.in. w parkowym stawie) i na południe od miejscowości Żar. Lokalnie wysokie koncentracje kobaltu stwierdzono w osadach rowów melioracyjnych w Jerzmanowie (33 ppm) i Kębłowicach (57 ppm)

Wody powierzchniowe: tablica 54, tabela V; ppb = $\mu g/dm^3$

Orientacyjne wartości graniczne (29):

– wody rzeczne 0,04–8,00
– wody pitne 0,01–0,13

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic <5– 21; średnio <5
– wody powierzchniowe Polski <5–136; średnio <5

Większość próbek wód zawierała kobalt poniżej wykrywalności w stosowanej metodzie analitycznej (5 $\mu g/dm^3$). Tylko w 5 próbkach stwierdzono podwyższone zawartości Co (od 11 do 21 $\mu g/dm^3$). Pochodziły one z: rowu z terenu pól irygacyjnych „Osobowice", cieku Rogożówka w pobliżu wysypiska komunalnego w Maślicach, cieku na zachód od Wilkszyna (którego aluwia zawierają znaczne koncentracje kobaltu), rowu na południe od Leśnicy (blisko jednostki wojskowej) i strumienia na północ od Sadowic (maksymalna zawartość – 21 $\mu g/dm^3$).

Cr CHROM

Gleby: tablica 12, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic 1– 109; średnio 6
– gleby miejskie Wrocławia 3– 109; średnio 9
– gleby Szczecina i okolic <1– 111; średnio 2
– gleby miejskie Szczecina <1– 20; średnio 4
– gleby Łodzi i okolic <1– 93; średnio 3
– gleby miejskie Łodzi <1– 93; średnio 4
– gleby miejskie Pabianic <1– 8; średnio 4
– gleby miejskie Zgierza 1– 24; średnio 3
– gleby Krakowa i okolic <1– 198; średnio 7
– gleby miejskie Krakowa 2– 80; średnio 8
– gleby Górnego Śląska <1– 95; średnio 5
– gleby Polski <1–1873; średnio 4

Zawartość chromu (rozpuszczalnego w HCl) w większości gleb badanego terenu jest niska (średnie stężenie 6 ppm). Widoczne jest zróżnicowanie regionalne koncentracji chromu, podobne jak w przypadku wielu innych pierwiastków. Wyższe stężenia występują w glebach aluwialnych doliny Odry i na południe od Wrocławia (czarne ziemie). Bogatsze w chrom są także gleby doliny Bystrzycy. Prawdopodobnie chrom ten pochodzi częściowo z erodowanych skał sudeckich, bogatszych w ten pierwiastek (J. Lis, A. Pasieczna, 1995a). Na obraz ten nakładają się anomalie wywołane niewątpliwie czynnikiem antropogenicznym. Maksymalne zawartości chromu zanotowano w centrum Wrocławia. Podwyższone stężenia (>13 ppm) obserwuje się na terenie pól irygacyjnych „Osobowice". W glebach z tego obszaru nawadnianych zalewowo ściekami, F. Czyżyk (1995) podaje średnią zawartość 16 ppm chromu. Wysokie koncentracje tego pierwiastka (>23 ppm) występują też w pobliżu wysypiska komunalnego w Maślicach oraz w dwóch rejonach znanych z anomalnych wystąpień także innych metali: w zakolu Odry na północny wschód od Siechnic oraz w obszarze na południe od Jelcza (Jelczańskie Zakłady Samochodowe). Potencjalnym źródłem zanieczyszczenia chromem na badanym terenie była przez wiele lat (nieczynna od 1990 r.) huta żelazochromu „Siechnice", która wytwarzała około 100 000 t/rok odpadów żużla żelazochromowego oraz emitowała około 1 400 t/rok popiołów lotnych (I. Twardowska, 1993). Pozostała po niej hałda umiejscowiona jest w rejonie ujęć wodociągowych dla Wrocławia. W pobliżu usytuowana jest też EC „Czechnica" oraz jej składowisko. W próbkach gleb pobranych z najbliższego otoczenia huty i pozostawionego składowiska odpadów oznaczono zawartości chromu od 6 do 36 ppm. Liczne inne badania gleb z otoczenia hałdy odpadów hutniczych, w których oznaczano całkowitą zawartość chromu inną metodyką, wykazały, że przekroczenia dopuszczalnych zawartości dla gleb uprawnych (100 ppm) występują jedynie w bezpośrednim sąsiedztwie składowiska. I. Twardowska (1993) stwierdziła w glebach obok składowiska żużli oraz huty zawartości chromu: 108,8–877,2 ppm, a na terenach bardziej oddalonych – 24–88 ppm. W. Roszak (1991) oznaczył w glebach z rejonu Siechnic zawartości chromu wynoszące 66–390 ppm. Podobne stężenia wykazały badania J. Borkowskiego i E. Roszyka (1978, 1991): 300–400 ppm chromu całkowitego i 25–54 ppm rozpuszczalnego w wierzchniej warstwie gleby ornej w sąsiedztwie hałdy i znacznie mniejsze stężenia w miarę oddalania od hałdy. Analizy gleb z terenów wodonośnych wykonane przez WIOŚ we Wrocławiu w 1993 r. wykazały przekroczenie norm zawartości chromu tylko w jednej próbce – pobranej w pobliżu hałdy huty „Siechnice" (B. Meinhardt, E. Mleczko, 1995).

Anomalia widoczna w obrazie kartograficznym zawartości chromu w glebach, występująca na północny wschód od obszaru zajmowanego przez byłą hutę, może być spowodowana długotrwałymi emisjami pyłów bogatych w chrom, które przemieszczały się pod wpływem wiatrów zachodnich na dalszą odległość. Nagromadzenie podwyższonych zawartości metali w rejonie meandrów Odry związane jest również z osadzaniem się w tym miejscu materiału niesionego przez rzekę z południa przy wyższym stanie wody. Źródłem tych metali jest przemysł zlokalizowany w górze rzeki.

Osady wodne: tablica 34, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic <1– 1 214; średnio 11
– osady wodne Polski <1–12 251; średnio 6

Zawartości chromu w osadach wodnych są bardzo zróżnicowane (<1–1214 ppm). Podwyższone koncentracje występują w aluwiach Odry (średnio 55 ppm) oraz potoków drenujących aluwialne osady jej doliny. We wcześniejszych badaniach próbek aluwialnych Odry z terenu Wrocławia I. Bojakowska i in. (1992) podają zawartości chromu rozpuszczalnego w HCl: 90, 112 i 127 ppm. Wysokimi średnimi stężeniami charakteryzują się osady wodne Bystrzycy, Oławy i Widawy. W osadach Oławy we Wrocławiu B. Witek i in. (1994) oznaczyli od 25 do 135 ppm chromu. Źródłem chromu, obecnego w aluwiach Bystrzycy, jest w znacznym stopniu materiał transportowany przez rzekę z obszaru sudeckiego. W osadach Widawy bardzo wysokie koncentracje chromu (do 432 ppm) występują na odcinku poniżej Psiego Pola i Zakrzowa i są niewątpliwie pochodzenia antropogenicznego (ścieki z oczyszczalni osiedlowej Wrocław–Psie Pole, z oddziałów „Polaru" w Psim Polu i Zakrzowie). W ściekach z Zakładów „Predom-Polar" w Psim Polu oznaczono w 1995 r. 139 $\mu g/dm^3$ chromu (E. Jaśniewicz i in., 1995). Antropogenicznego pochodzenia są też wysokie koncentracje tego pierwiastka w osadach wodnych rowów pól irygacyjnych „Osobowice", potoku Ługowizna poniżej Żernik (zawartości do 1214 ppm) i w aluwiach Młynówki Jeleckiej poniżej Jelcza .

Wody powierzchniowe: tabela V; ppb = $\mu g/dm^3$

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I ≤50
II >50–≤100
III >100

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic <4– 6; średnio <4
– wody powierzchniowe Polski <5–4445; średnio <5

Prawie wszystkie wody omawianego rejonu mieszczą się w granicach pierwszego stopnia czystości dla chromu (przeciętna <4 $\mu g/dm^3$). W atlasie nie zamieszczono mapy zawartości chromu w wodach powierzchniowych ponieważ tylko w dwóch próbkach wód oznaczone stężenie nieznacznie przekroczyło granicę oznaczalności w stosowanej metodyce analitycznej: w próbce wody ze strumienia Stablówka pobranej przy jego ujściu do Ługowizny (5 $\mu g/dm^3$) i w próbce wody cieku płynącego na północ od Sadowic (6 $\mu g/dm^3$).

Cu MIEDŹ

Gleby: tablica 13, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (36, 37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic 1– 601; średnio 10
– gleby miejskie Wrocławia 6– 298; średnio 27
– gleby Szczecina i okolic <1– 191; średnio 3
– gleby miejskie Szczecina 1– 80; średnio 10
– gleby Łodzi i okolic 1– 185; średnio 5
– gleby miejskie Łodzi 2– 155; średnio 9
– gleby miejskie Pabianic 1– 33; średnio 9
– gleby miejskie Zgierza 2– 185; średnio 7
– gleby Warszawy i okolic 1– 560; średnio 6
– gleby miejskie Warszawy 1– 560; średnio 17
– gleby Krakowa i okolic 1– 403; średnio 11
– gleby miejskie Krakowa 2– 403; średnio 14
– gleby Górnego Śląska <1– 805; średnio 7
– gleby Polski <1–6401; średnio 5

Gleby o niskich zawartościach miedzi występują głównie we wschodniej części arkusza. W przeważającej części są one wytworzone z utworów piaszczystych. Gleby aluwialne doliny Odry oraz gleby powstałe na glinach i utworach lessopodobnych są bogatsze w miedź. Najwyższe stężenia (lokalnie powyżej 100 ppm Cu) napotkano w glebach miejskich. Gleby miejskie Wrocławia charakteryzują się najwyższą średnią zawartością (27 ppm) spośród badanych dotychczas aglomeracji Polski. Jedna z anomalii obejmuje obszar Śródmieścia i Starego Miasta. Centrum drugiej dużej anomalii jest zlokalizowane w rejonie zakładów hutniczych „Hutmen". W próbce pobranej w bezpośrednim sąsiedztwie tych zakładów stwierdzono maksymalną koncentrację miedzi: 601 ppm. Podwyższone zawartości miedzi (do 55 ppm) występują też na obszarze pól irygacyjnych „Osobowice". W glebach nawadnianych ściekami zanotowno średnią zawartość Cu 42 ppm (F. Czyżyk, 1995).

W glebach ogródków działkowych zawartości miedzi wahają się od 5 do 101 ppm. Prowadzone przez WIOŚ w latach 1988–1990 badania gleb ogródków działkowych i przydomowych (w odległości 1,5 km od zakładów „Hutmen") wykazały zawartości miedzi od 21 do 184 ppm; średnia – 78 ppm (B. Meinhardt, E. Mlecz-

ko, 1995). We wcześniejszych badaniach najniższe zawartości miedzi stwierdzono w glebach ogródków w północnej i zachodniej części miasta (12,9–23,8 ppm); najwyższe stężenia oznaczono w glebach z rejonu zakładów „Hutmen": od 34,2 do 594,9 ppm (T. Chodak i in., 1995).

Wysokie koncentracje miedzi (>46 ppm), niewątpliwie antropogenicznego pochodzenia, obserwuje się wokół Jelczańskich Zakładów Samochodowych. Podwyższone koncentracje miedzi w glebach występują też na północny wschód od Siechnic i są być może związane z wieloletnią działalnością huty „Siechnice" i elektrociepłowni „Czechnica". Również W. Roszak (1991) w glebach z rejonu byłej huty i elektrociepłowni stwierdził zawartości miedzi od 1,6 do 28 ppm. Lokalne podwyższenie zawartości widać na terenie Leśnicy. Nieduża anomalia na południe od Kryniczna ma być może naturalną genezę.

Badania zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi w rozwidleniu dwóch dróg szybkiego ruchu, prowadzone przez A. Karczewską i in. (1991), wykazały zawartości miedzi od 5 do 37,5 ppm.

Dla porównania można przytoczyć wyniki badań gleb W. Luxa (1993) dotyczące aglomeracji Hamburga. W powierzchniowej warstwie gleb (0–5 cm) autor ten stwierdzał miedź w ilościach od <2 do 3688 ppm (średnio 103 ppm) przy zastosowaniu podobnego roztwarzania próbek (HCl). W glebach miejskich Warszawy stwierdzono średnio 17 ppm miedzi (J. Lis, 1992) a w glebach miejskich Lublany – 35 ppm (R. Šajn et al., 1998).

Osady wodne: tablica 35, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	2– 1 469; średnio 19
– osady wodne Polski	<1–15 460; średnio 8

Tło geochemiczne miedzi w osadach wodnych badanego rejonu jest stosunkowo wysokie (średnia 19 ppm). Najwyższą średnią zawartość miedzi wykazują osady Bystrzycy (51 ppm). Maksymalne stężenia (do 1469 ppm Cu) stwierdzono w aluwiach potoku Ługowizna poniżej Żernik. W osadach tych występują też bardzo wysokie koncentracje innych metali. Prawdopodobnie potok jest odbiorcą ścieków z zakładów przemysłowych zlokalizowanych w Żernikach. Bardzo duże stężenia miedzi (do 646 ppm) obserwuje się w osadach wodnych rowów pól irygacyjnych „Osobowice", zatrzymujących większość miedzi obecnej w ściekach miejskich. W ściekach spływających z tych pól do Odry występują bardzo niskie zawartości miedzi: od około 4 do około 19 μg/dm^3 (E. Jaśniewicz i in., 1995).

Podwyższone koncentracje (do 209 ppm Cu) występują też w aluwiach Ślęzy, w jej dolnym odcinku. Prawdopodobnie są one wynikiem spuszczania ścieków z zakładów w Kuźnikach. Zbliżone stężenia miedzi (około 170 ppm) zanotowano w osadach rowów na terenie dzielnicy Grabiszynek. Bardzo wysokie zawartości występują lokalnie w osadach Górnej Oławy (884 ppm) na terenie Wrocławia oraz w aluwiach cieku płynącego na południe od Świętej Katarzyny, poniżej tej miejscowości (408 ppm).

Wody powierzchniowe: tablica 55, tabela V; ppb = μg/dm^3

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I–III ≤50

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	<5– 43; średnio <5
– wody powierzchniowe Polski	<5–32 975; średnio <5

Prawie wszystkie wody omawianego rejonu mieszczą się w granicach pierwszego stopnia czystości dla miedzi (przeciętna <5 μg/dm^3). Obserwacja ta jest zgodna z oceną jakości wód Odry i jej dopływów w przekrojach pomiarowo-kontrolnych, przeprowadzoną przez IMGW we Wrocławiu w oparciu o wyniki badań z lat 1991–1994 (E. Jaśniewicz i in., 1995). Na ogólnie niskim tle stężeń miedzi podwyższonymi koncentracjami tego pierwiastka (do 39 μg/dm^3) odznaczają się wody Ślęzy (poniżej Muchobora Wielkiego). Lokalnie podwyższone stężenia (>13 μg/dm^3) występują w wodach potoku Ługowizna (do 43 μg/dm^3) i w wodach rowów pól irygacyjnych „Osobowice".

Fe ŻELAZO

Gleby: tablica 14, tabela III; %

Porównanie regionalne (36, 37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	0,01– 6,23; średnio 0,62
– gleby miejskie Wrocławia	0,42– 2,58; średnio 0,80
– gleby Szczecina i okolic	<0,01–10,33; średnio 0,34
– gleby miejskie Szczecina	0,09– 2,78; średnio 0,47
– gleby Lodzi i okolic	0,03– 2,29; średnio 0,30
– gleby miejskie Łodzi	0,04– 1,28; średnio 0,40
– gleby miejskie Pabianic	0,13– 1,53; średnio 0,42
– gleby miejskie Zgierza	0,13– 0,91; średnio 0,33
– gleby Warszawy i okolic	0,01–13,80; średnio 0,42
– gleby miejskie Warszawy	0,10– 2,00; średnio 0,61
– gleby Krakowa i okolic	0,02– 9,13; średnio 0,77
– gleby miejskie Krakowa	0,18– 3,48; średnio 0,74
– gleby Górnego Śląska	<0,01– 5,06; średnio 0,56
– gleby Polski	<0,01– 9,57; średnio 0,50

Zawartości żelaza wahają się w badanych glebach od 0,01 do 6,23%. W obrazie kartograficznym rozkład stężeń tego pierwiastka jest bardzo podobny do rozkładu zawartości chromu. Wyższe niż przeciętne koncentracje żelaza wykazują gleby aluwialne w dolinach Odry i Bystrzycy oraz w rejonie położonym na południe od Wrocławia (czarne ziemie). Najwyższymi średnimi stężeniami odznaczają się gleby terenów o zabudowie miejskiej (0,80%) i gleby łąk (0,86%). Podwyższone zawartości żelaza w zakolu Odry na północny wschód od Siechnic są najprawdopodobniej wynikiem wzmożonej akumulacji materiału rzecznego w tym rejonie. Wzrost koncentracji żelaza w gliniastych glebach łąk i pól uprawnych w okolicy Blizanowic wiąże się prawdopodobnie z wystąpieniami gniazdowych rud darniowych (O. Barsch i in., 1912).

Maksymalną zawartość żelaza (6,23%) stwierdzono w próbce gleby pobranej na południe od miejscowości Żar. W tej samej próbce oznaczono maksymalne stężenie kobaltu.

Osady wodne: tablica 36, tabela IV; %

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	0,07–21,12; średnio 1,18
– osady wodne Polski	<0,01–31,14; średnio 0,75

Przeciętne zawartości żelaza wynoszą około 1%. Najwyższe średnie koncentracje wykazują aluwia Odry (2,04% Fe) oraz cieków drenujących jej dolinę. Zawartości żelaza są bardziej zróżnicowane w osadach wodnych małych strumieni niż dużych rzek. Podwyższone stężenia żelaza (>6%) występują lokalnie w wielu miejscach: w osadach Młynówki Jeleckiej i rowów melioracyjnych na południe i południowy zachód od Jelcza, w osadach potoku Brochówka (zawartość maksymalna – 21% Fe) na południe od Brochowa, w aluwiach cieku wpadającego do Kanału Opatowickiego na północ od Mokrego Dworu, w aluwiach rowów w rejonie Świniar i Rędzina (teren Lasu Rędzińskiego), w osadach Kanału Odpływowego (łączącego Odrę z Widawą), w aluwiach rowów w rejonie Kiełczówka, w osadach strumienia Czarna Woda (na osiedlu Zacisze we Wrocławiu), w osadach strumieni zasilających Bystrzycę (ciek Rogożówka w rejonie wysypiska komunalnego w Maślicach i ciek Ryńka na wschód od Jerzmanowa) a także w aluwiach potoku Ługowizna (12,34%).

Wody powierzchniowe: tablica 56, tabela V; ppm = mg/dm^3

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I	≤1,0
II	>1,0–≤1,5
III	>1,5–≤2,0

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	<0,01– 28,01; średnio 0,07
– wody powierzchniowe Polski	<0,02–438,72; średnio 0,52

Większość wód powierzchniowych omawianego obszaru zawiera żelazo w ilościach odpowiadających kryteriom pierwszej klasy czystości (<1 mg/dm^3). Wyższe zawartości żelaza przekraczające normy dla pierwszej lub drugiej klasy czystości wód powierzchniowych występują punktowo, zazwyczaj w wodach małych cieków. W wodach rowów pól irygacyjnych „Osobowice" stwierdzono stężenia od 0,18 do 4,06 mg/dm^3 żelaza. Maksymalną zawartość (28 mg/dm^3) napotkano w wodach małego cieku wpadającego do Bystrzycy na północ od Sadowic. Wysokie stężenia zaobserwowano też w cieku z rejonu Kotowic, prawostronnym dopływie Oławy (9,1 mg/dm^3), w potoku Brochówka (6,34 mg/dm^3), na południe od Brochowa (w tym samym miejscu stwierdzono bardzo wysoką zawartość Fe w aluwiach), w cieku z rejonu Stabłowic (5,53 mg/dm^3) oraz w potoku Żabnik, na północ od Chrząstawy Wielkiej, na terenie leśnym (4,5 mg/dm^3).

Hg RTĘĆ

Gleby: tablica 15, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (36, 37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	<0,05– 6,60; średnio 0,07
– gleby miejskie Wrocławia	<0,05– 3,621; średnio 0,18
– gleby Szczecina i okolic	<0,05– 1,40; średnio <0,05
– gleby miejskie Szczecina	<0,05– 0,78; średnio <0,09
– gleby Lodzi i okolic	<0,05– 5,82; średnio <0,05
– gleby miejskie Łodzi	<0,05– 5,82; średnio 0,05
– gleby miejskie Pabianic	<0,05– 0,16; średnio <0,05
– gleby miejskie Zgierza	<0,05– 0,25; średnio <0,05
– gleby Warszawy i okolic	0,01–10,78; średnio <0,07
– gleby miejskie Warszawy	0,01–10,78; średnio 0,22
– gleby Krakowa i okolic	<0,05– 3,13; średnio 0,05
– gleby miejskie Krakowa	<0,05– 1,38; średnio 0,06
– gleby Górnego Śląska	<0,05– 4,00; średnio 0,08
– gleby Polski	<0,05– 7,55; średnio <0,05

Przeciętne zawartości rtęci w glebach Wrocławia i okolic są nieco wyższe niż w glebach Polski oraz innych aglomeracji. Podwyższonymi zawartościami (>0,07 ppm) wyróżniają się gleby aluwialne doliny Odry i gleby w południowo-zachodniej części arkusza. Z obrazu kartograficznego wynika, że główny wpływ na zawartość rtęci ma czynnik antropogeniczny. Najwyższe średnie stężenia rtęci obserwuje się w glebach z terenów o zabudowie miejskiej i przemysłowej (0,18 i 0,15 ppm) oraz w glebach parków miejskich (0,18 ppm), trawników (0,12 ppm) i ogródków działkowych (0,17 ppm). Zanieczyszczeniom tym należy przypisać pochodzenie antropogeniczne. Rtęć w glebach ogródków działkowych może pochodzić ze zbyt dużych ilości stosowanych fungicydów (środków ochrony roślin). Główna anomalia związana jest z centrum miasta. Strefa anomalna ciągnie się od Starego Miasta poprzez Śródmieście po osiedle Kowale, gdzie zlokalizowanych jest szereg zakładów przemysłowych (m.in. „Polifarb", „Viscoplast", „Polmos", WZPN). Najwyższą koncentrację rtęci (6,6 ppm) stwierdzono w glebie z terenu ogródków działkowych na osiedlu Kowale. Inne rejony anomalne (stężenia >0,71 ppm) to pola irygacyjne „Osobowice" oraz teren położony na północny wschód od Siechnic, w zakolach Odry.

Badania prowadzone przez WIOŚ we Wrocławiu w latach 1989–1991 wykazały następujące zawartości rtęci w glebach: na osiedlu Kowale – od 0,12 do 0,31 ppm, w Parku Szczytnickim – od <0,02 do 1,09 ppm, na terenach wodonośnych (gleby uprawne) – od 0,07 do 0,28 ppm (B. Meinhardt, E. Mleczko, 1995). W glebach rejonu Siechnic stwierdzano koncentracje rtęci od 0,010 do 0,35 ppm (W. Roszak, 1991).

Anomalie rtęci pochodzenia antropogenicznego znane są również z innych aglomeracji. Dla porównania można przytoczyć dane zawartości rtęci z terenu Warszawy, gdzie występuje anomalia o zawartości >2 ppm, a w niektórych punktach stwierdzono nawet do 10,78 ppm rtęci (J. Lis, 1992). Anomalie rtęci (>0,11 ppm, z maksimum 5,82 ppm) występują również na terenach miejskich Łodzi. W glebach przemysłowych i parkach Berlina stwierdzono średnio 0,17 ppm rtęci, zaś w rolniczym otoczeniu tego miasta – średnio 0,06 ppm (M. Birke, U. Rauch, 1994).

Osady wodne: tablica 37, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	<0,05– 6,61;	średnio 0,10
– osady wodne Polski	<0,05–11,00;	średnio <0,05

Wśród osadów wodnych badanego obszaru wysokimi średnimi zawartościami rtęci wyróżniają się aluwia Odry (0,39 ppm) i Bystrzycy (0,22 ppm). Na podwyższenie zawartości rtęci w aluwiach mają niewątpliwie wpływ ścieki przemysłowe i komunalne. Bardzo wysokie stężenia rtęci (do 6,61 ppm) obserwuje się w osadach rowów pól irygacyjnych „Osobowice", które przyjmują większość komunalnych ścieków wrocławskich. Podobne stężenia Hg (>1 ppm) występują w osadach Młynówki Jeleckiej poniżej Jelcza (Jelczańskie Zakłady Samochodowe). Aluwia Widawy i Dobrej poniżej Zakrzowa i Psiego Pola są bogatsze w rtęć niż aluwia z górnych odcinków tych rzek. Koncentracje rtęci przekraczające 1 ppm stwierdzono lokalnie w osadach potoku Czarna Woda na terenie osiedla Zacisze we Wrocławiu (obserwuje się tu podwyższone stężenia także innych metali) oraz w aluwiach Bystrzycy w Nowej Karczmie.

Badania monitoringowe prowadzone w latach 1991–1993 (I. Bojakowska, G. Sokołowska, 1994) nad aluwiami większych rzek regionu wrocławskiego pozwoliły na wykrycie w nich zawartości rtęci w granicach 0,01–1,87 ppm. Badania wykonane w 1995 r. wykazały zawartości rtęci w aluwiach Odry z okolic Wrocławia od 0,05 do 0,54 ppm (I. Bojakowska i in., 1997).

K POTAS

Wody powierzchniowe: tablica 57, tabela V; ppm = mg/dm^3

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I	≤10
II	>10–≤12
III	>12–≤15

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	0,6–206,0;	średnio 9,0
– wody powierzchniowe Polski	<1–473;	średnio 5

Zawartości potasu w badanych wodach powierzchniowych są bardzo zróżnicowane (0,6–206 mg/dm^3). Większość wód należy pod względem zawartości potasu do pierwszej klasy czystości (w tym wszystkie próbki wód z Odry) lub do drugiej klasy czystości (tabela IX). Największy udział wód pozaklasowych wykazują małe cieki. Źródłem potasu w tych zbiornikach są prawdopodobnie nawozy potasowe stosowane w rolnictwie.

W wodach większych rzek koncentracje są zazwyczaj dość wyrównane. Najwyższe średnie stężenia potasu występują w wodach Kosiny, Szalonej i Ślęzy. Praktycznie wszystkie zbadane próbki pobrane ze Ślęzy to wody pozaklasowe.

Tabela IX
Table IX

Udział badanych próbek wód według kryterium klas czystości dla potasu (%)
Amount of surface water samples under study in particular classes of water purity with respect to potassium (in %)

Klasy czystości Purity class	Odra Odra river n = 41	Rzeki* i większe strumienie Rivers* and bigger strams n = 107	Strumienie Streams n = 40	Małe cieki (potoki, rowy) Small waters courses (streams, ditches) n = 226	Jeziora i sadzawki Lakes and ponds n = 34
I	100,00	60,75	75,00	50,88	47,06
II	0,00	12,15	17,50	4,87	14,71
III	0,00	4,67	0,00	8,41	20,59
Wody pozaklasowe Below all standards	0,00	22,43	7,50	35,84	17,65

* bez Odry: without the Odra river

W obrazie kartograficznym zwracają uwagę podwyższone zawartości potasu (>15 mg/dm^3) w zbiornikach wodnych na południe od Wrocławia (tereny rolnicze), w rowach z pól irygacyjnych „Osobowice" oraz w wodach małych cieków w okolicy Zakrzowa i Psiego Pola. W tym ostatnim rejonie zaobserwowano maksymalne stężenie (206 mg/dm^3) – w wodach rowu melioracyjnego w Sołtysowicach. Z miejscowych, punktowych źródeł zanieczyszczeń potasem pochodzą bardzo wysokie zawartości w rowie kanalizacyjnym w Starym Mirkowie (103,0 mg/dm^3), w sadzawce w Sulimowie (117,0 mg/dm^3) oraz w cieku na południowy wschód od Domasławia (140 mg/dm^3).

Li LIT

Wody powierzchniowe: tablica 58, tabela V; ppb = μg/dm^3

Orientacyjne wartości graniczne (18, 29):

– wody wykorzystywane do nawadniania	≤2500
– wody rzeczne	<20
– wody podziemne	2–40

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	1– 102;	średnio 11
– wody powierzchniowe Polski	<20–2780;	średnio <20

Zawartości litu w badanych wodach powierzchniowych są dość wysokie (średnia 11 μg/dm^3). Podwyższonymi średnimi stężeniami wyróżniają się wody Odry (25 μg/dm^3), Kosiny (22 μg/dm^3) oraz Ślęzy (17 μg/dm^3). Wzbogacenie w lit wód Odry jest prawdopodobnie związane ze zrzutami zasolonych wód i solanek z kopalń węgla kamiennego Górnego Śląska.

Maksymalne koncentracje litu zaobserwowano lokalnie w wodach glinianki w Żernikach (102 μg/dm^3). Wysokie stężenia stwierdzono też w wodach Strzegomki w Gałówku (72 μg/dm^3) i rowu melioracyjnego w Kamieniu (75 μg/dm^3). Na wzrost koncentracji litu w Kamieniu mogą mieć wpływ odcieki składowiska popiołów EC „Wrocław".

Podwyższone stężenia litu (34–45 μg/dm^3) stwierdzono również w trzech punktach (gdzie występowały też większe koncentracje potasu): w rowie kanalizacyjnym w Starym Mirkowie, w sadzawce w Sulimowie oraz w cieku płynącym na południowy wschód od Domasławia. Podobne stężenia obserwowano też w wodach glinianki i potoku Stabłówka w Stabłowicach, cieku w Marszowicach, rowach w okolicach Zabrodzia i miejscowości Ślęza oraz rowu na terenie ogródków działkowych na osiedlu Kowale we Wrocławiu.

Mg MAGNEZ

Gleby: tablica 16, tabela III; %

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	<0,01–1,66;	średnio 0,07
– gleby miejskie Wrocławia	0,03–0,32;	średnio 0,09
– gleby Szczecina i okolic	<0,01–0,81;	średnio 0,03
– gleby miejskie Szczecina	<0,01–0,20;	średnio 0,07
– gleby Łodzi i okolic	<0,01–0,66;	średnio 0,03
– gleby miejskie Łodzi	<0,01–0,37;	średnio 0,05
– gleby miejskie Pabianic	<0,01–0,22;	średnio 0,05
– gleby miejskie Zgierza	<0,01–0,40;	średnio 0,03
– gleby Krakowa i okolic	0,01–1,45;	średnio 0,10
– gleby miejskie Krakowa	0,02–1,45;	średnio 0,11
– gleby Górnego Śląska	<0,01–4,90;	średnio 0,06
– gleby Polski	<0,01–4,90;	średnio <0,06

W zdjęciu geochemicznym podwyższonymi zawartościami magnezu (>0,08%) wyróżniają się gleby aluwialne doliny Odry oraz gleby rejonu rozciągającego się na południe i południowy zachód od Wrocławia, rozwinięte głównie na glinach zwałowych i utworach lessopodobnych. Najuboższe w magnez są gleby kwaśne i bardzo kwaśne, porośnięte w znacznym stopniu kompleksami leśnymi, występujące na wschodzie i północnym zachodzie badanego obszaru (średnia zawartość magnezu w glebach leśnych – 0,03%).

Podwyższone stężenia Mg występują w glebach dwóch obszarów znanych z wysokich koncentracji także innych pierwiastków. Jest to rejon zakola Odry na północny wschód od Siechnic oraz fragment doliny Odry na południe od Jelcza. Maksymalną zawartość Mg stwierdzono w próbce gleby pobranej z terenu pól uprawnych na południe od Szewc.

Osady wodne: tablica 38, tabela V; %

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	0,01– 0,89;	średnio 0,12
– osady wodne Polski	<0,01–10,62;	średnio 0,11

Rozkład zawartości magnezu w osadach wodnych jest zbliżony do rozkładu koncentracji tego pierwiastka w glebach. Wzbogacone w magnez są osady wodne Odry oraz zbiorników wodnych zlokalizowanych na obszarach, gdzie w podłożu występują utwory lessopodobne lub gliny zwałowe (tereny na południe od Wrocławia i na południe od Długołęki). Najniższe stężenia omawianego pierwiastka obserwuje się w osadach wodnych zbiorników z terenów leśnych.

Podwyższone koncentracje magnezu w aluwiach Odry (0,23%) – dwukrotnie wyższe niż przeciętne dla całego obszaru – są prawdopodobnie spowodowane przemieszczaniem się Odrą wód kopalnianych z Górnego Śląska. Bardzo zbliżone zawartości magnezu w aluwiach badanego odcinka Odry – od 0,12 do 0,35% – stwierdzili I. Bojakowska i in. (1997). Wysokie koncentracje (>0,41%) zaobserwowano lokalnie w osadach: rzeki Topór (w północno-wschodnim narożu mapy), rowów z terenów parkowych z południowych dzielnic Wrocławia, strumienia Czarna Woda na osiedlu Zacisze (gdzie występują też podwyższone stężenia innych metali), rowu kanalizacyjnego w Sołtysowicach, a także rowu i sadzawki na południe od Pietrzykowic.

Wody powierzchniowe: tablica 59, tabela V; ppm = mg/dm^3

Orientacyjne wartości graniczne (65):

– wody powierzchniowe wykorzystywane jako źródło wody pitnej	zalecane 30; dopuszczalne 50

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	3,7– 82,9;	średnio 17,9
– wody powierzchniowe Polski	0,2–833,8;	średnio 11,5

Podobnie jak w przypadku osadów wodnych, podwyższonymi koncentracjami magnezu charakteryzują się wody z terenów, w których podłożu występują gliny lub utwory lessopodobne (na południe od Wrocławia i na południe od Długołęki). Wody Odry wykazują niskie zawartości Mg (średnia 15,3 mg/dm^3), poniżej przeciętnej dla wód badanego obszaru. Spośród większych rzek i strumieni najwyższymi średnimi stężeniami magnezu odznaczają się wody Ślęzy (39,3 mg/dm^3), Kosiny (34 mg/dm^3) i Szalonej (24,4 mg/dm^3) Maksymalne zawartości Mg (50–82,9 mg/dm^3) oznaczono w wodach zbiorników zlokalizowanych na południe od Wrocławia, należących do zlewni Ślęzy i Szalonej oraz punktowo w wodzie glinianki w Żernikach i w wodzie rowu (dopływ Bystrzycy) w Małkowicach. Wszystkie te wysokie koncentracje mają prawdopodobnie pochodzenie naturalne.

Mn MANGAN

Gleby: tablica 17, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (36, 37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	1– 2 249;	średnio 240
– gleby miejskie Wrocławia	103– 817;	średnio 278
– gleby Szczecina i okolic	<1– 9 481;	średnio 98
– gleby miejskie Szczecina	5– 437;	średnio 120
– gleby Łodzi i okolic	<1– 785;	średnio 122
– gleby miejskie Łodzi	4– 755;	średnio 143
– gleby miejskie Pabianic	8– 374;	średnio 116
– gleby miejskie Zgierza	4– 755;	średnio 144
– gleby Warszawy i okolic	1– 2 172;	średnio 119
– gleby miejskie Warszawy	9– 852;	średnio 185

– gleby Krakowa i okolic 1– 6 440; średnio 257
– gleby miejskie Krakowa 46– 3 156; średnio 300
– gleby Górnego Śląska 2– 7 000; średnio 186
– gleby Polski <1–24 270; średnio 173

W zdjęciu geochemicznym podwyższonymi zawartościami manganu wyróżniają się gleby na utworach aluwialnych doliny Odry, w dolinach Bystrzycy i Widawy oraz na południe od Wrocławia (czarne ziemie). Gleby północno-wschodniej części terenu, wykształcone głównie na piaszczystych utworach rzecznych i wodnolodowcowych charakteryzują się niższymi koncentracjami manganu. Najwyższe stężenia manganu, przekraczające 1000 ppm, napotkano w rejonach gdzie występowały też podwyższone zawartości żelaza: zakola Odry na północny wschód od Siechnic (miejsce to znane jest z wysokich koncentracji wielu metali) oraz okolice Blizanowic (gdzie zanotowano najwyższe stężenie manganu w glebie – 2249 ppm). Podwyższone zawartości manganu w rejonie Blizanowic należy wiązać prawdopodobnie z powierzchniowymi wystąpieniami na tym obszarze rud darniowych oraz stwierdzonymi w podłożu gniazdowymi skupieniami związków manganu (O. Barsch i in., 1912).

Najwyższymi średnimi stężeniami manganu charakteryzują się gleby łąk (320 ppm), gleby o zabudowie miejskiej i przemysłowej (270 ppm) oraz gleby ogródków działkowych (320 ppm). Gleby miejskie Wrocławia i okolic wykazują podobne zawartości manganu jak gleby miejskie Krakowa, a większe niż gleby Warszawy, Łodzi czy Szczecina (Lis J., 1992; Lis J., Pasieczna A., 1995b, 1998a, b).

Osady wodne: tablica 39, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic 11–27 160; średnio 347
– osady wodne Polski <1–63 719; średnio 255

Zawartości manganu w osadach wodnych na badanym obszarze są znacznie zróżnicowane (od 11 do 27 160 ppm). Aluwia większych rzek i strumieni charakteryzują się wyższymi przeciętnymi stężeniami manganu od osadów innych zbiorników. Najwyższe średnie koncentracje tego pierwiastka występują w aluwiach Szalonej (1046 ppm), Widawy (988 ppm) i Topora (924 ppm).

Lokalnie, bardzo wysokie zawartości obserwuje się także w osadach małych cieków. Maksymalne stężenie tego pierwiastka (27 160 ppm) stwierdzono w osadach rowu w pobliżu Jelcza. Wysokie zawartości (3790–7860 ppm) zaobserwowano ponadto w aluwiach: cieków opływających Wilkszyn od południa i wschodu (występują tu także podwyższone stężenia kobaltu), Kanału Granicznego (na południe od Kiełczówka), rowu w rejonie Opatowic (gdzie zanotowano też wysokie koncentracje żelaza) oraz w osadach Szalonej w Siechnicach (w pobliżu szklarni).

Wody powierzchniowe: tablica 60, tabela V; ppb = $\mu g/dm^3$

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I ≤100
II >100–≤300
III >300–≤800

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic <1– 7 067; średnio 109
– wody powierzchniowe Polski <1–34 500; średnio 107

Zawartości manganu w wodach powierzchniowych omawianego obszaru są znacznie zróżnicowane zarówno regionalnie, jak i w poszczególnych rodzajach zbiorników wodnych. Spośród większych rzek najwyższe średnie stężenie manganu mają wody Topora (204 $\mu g/dm^3$), Oleśnicy (152 $\mu g/dm^3$) i Widawy (147 $\mu g/dm^3$). Wody zbiorników z południowo-zachodniej części mapy są nieco uboższe w mangan. Wszystkie próbki wód Ślęzy, Kosiny i Bystrzycy mieszczą się w I i II klasie czystości pod względem zawartości manganu.

Wysokie stężenia Mn, przekraczające 2000 $\mu g/dm^3$, spotyka się lokalnie, zazwyczaj w wodach mniejszych cieków lub zbiorników zamkniętych. Zawartości takie zaobserwowano w wodach: małych cieków z rejonu Zakrzowa na południowy wschód od Jelcza (wody te są też bogate w żelazo), potoku Żabnik i innych cieków na północ od Chrząstawy Wielkiej (tu także obserwuje się podwyższone stężenia żelaza), cieku w rejonie Nadolic, sadzawki w Blizanowicach i starorzecza na północ od Siechnic (gleby tego rejonu są również wzbogacone w mangan), cieku płynącego przez obszar leśny na południe od Borowej i łączącego Topór z Oleśnicą, sadzawki na południe od Żernik, potoku zasilającego Bystrzycę na północ od Sadowic (w próbce tej oznaczono maksymalne zawartości żelaza – 28 mg/dm^3, chromu – 6 $\mu g/dm^3$ i kobaltu – 21 $\mu g/dm^3$) oraz cieków z rejonu północno-zachodniego (okolice Gosławia i Paniowic). Maksymalną koncentrację manganu oznaczono w wodzie stawu w Januszkowicach na północnym wschodzie arkusza (7067 $\mu g/dm^3$).

Podwyższone stężenia Mn (około 1500 $\mu g/dm^3$) zaobserwowano na terenie Wrocławia (w wodach Starej Odry w Śródmieściu i w potoku Czarna Woda na terenie osiedla Zacisze) oraz w potoku Rogożówka w Praczach Odrzańskich (w pobliżu wysypiska komunalnego w Maślicach).

Na SÓD

Wody powierzchniowe: tablica 61, tabela V; ppm = mg/dm^3

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I ≤100
II >100–≤120
III >120–≤150

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic 3– 208; średnio 28,5
– wody powierzchniowe Polski <1–5723; średnio 16,0

Wody badanego rejonu charakteryzują się generalnie bardzo niskimi stężeniami sodu i pod tym względem (poza Odrą) należą do I klasy czystości (tabela X). Wody Odry wyróżniają się podwyższonymi zawartościami tego pierwiastka, choć tylko ich niewielki procent należy do wód pozaklasowych (z odcinka w granicach Śródmieścia). Źródłem zanieczyszczenia sodem są zasolone wody i solanki zrzucane z rejonu kopalń węgla kamiennego na Górnym Śląsku.

Wody pozaklasowe pod względem zawartości sodu napotyka się lokalnie także w mniejszych zbiornikach. Podwyższone koncentracje sodu w tych wodach są związane z miejscowymi źródłami zanieczyszczeń. Stężenia przekraczające 150 mg/dm^3 stwierdzono w wodach: rowu z terenów ogródków działkowych usytuowanych na osiedlu Kowale (być może są nim odprowadzane ścieki z zakładów „Polifarb" i „Viscoplast"), rowu z terenu działkowego pomiędzy osiedlami Poświętne i Widawa (w pobliżu znajdują się zakłady mleczarskie i piekarnicze) oraz glinianki w Żernikach.

Tabela X
Table X

Udział badanych próbek wód według kryterium klas czystości dla sodu (%)
Amount of surface water samples under study in particular classes of water purity with respect to sodium (in %)

Klasy czystości Purity class	Odra Odra river n = 41	Rzeki* i większe strumienie Rivers* and bigger strams n = 107	Strumienie Streams n = 40	Małe cieki (potoki, rowy) Small waters courses (streams, ditches) n = 226	Jeziora i sadzawki Lakes and ponds n = 34
I	26,83	100,00	92,50	96,02	88,24
II	56,10	0,00	0,88	0,88	2,94
III	12,20	0,00	2,21	2,21	5,88
Wody pozaklasowe Below all standards	4,88	0,00	0,00	0,88	2,94

* bez Odry: without Odra river

Ni NIKIEL

Gleby: tablica 18, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (36, 37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic 1– 52; średnio 6
– gleby miejskie Wrocławia 3– 52; średnio 10
– gleby Szczecina i okolic <1– 61; średnio 2
– gleby miejskie Szczecina <1– 16; średnio 4
– gleby Łodzi i okolic <1– 38; średnio 2
– gleby miejskie Łodzi <1– 38; średnio 4
– gleby miejskie Pabianic <1– 16; średnio 4
– gleby miejskie Zgierza <1– 12; średnio 3
– gleby Warszawy i okolic 1– 31; średnio 4
– gleby miejskie Warszawy 2– 26; średnio 7
– gleby Krakowa i okolic <1– 59; średnio 8
– gleby miejskie Krakowa <1– 30; średnio 8
– gleby Górnego Śląska <1– 89; średnio 4
– gleby Polski <1–146; średnio 4

Przeciętna zawartość mobilnej części niklu, ługowalnej kwasem solnym, w badanych glebach jest niska (6 ppm). Podwyższone zawartości niklu (>10 ppm) w stosunku do tła geochemicznego występują w glebach doliny Odry i rejonu południowo-zachodniego arkusza, rozwiniętych głównie na glinach zwałowych, iłach trzeciorzędowych i utworach lessopodobnych. Najuboższe w nikiel są gleby leśne (średnia 3 ppm), wytworzone przeważnie na plejstoceńskich i holoceńskich utworach piaszczysto-żwirowych.

Najwyższe koncentracje niklu, przekraczające 20 ppm, występują w dwóch miejscach, w których rejestruje się też wysokie stężenia innych metali: w dolinie Odry na południe od Jelcza i w zakolu Odry na północny wschód od Siechnic. Prawdopodobnie są to rejony wzmożonej akumulacji materiału rzecznego. Jednoczesne wysokie zawartości węgla organicznego wskazują na obecność w tych strefach dużych ilości substancji organicznej, z którą nikiel najczęściej jest związany w glebach. Maksymalną zawartość niklu (52 ppm) zanotowano w próbce gleby pobranej z trawnika z terenu Wrocławia, w sąsiedztwie ulic T. Boya-Żeleńskiego i J. Długosza. W pobliżu znajdują się liczne zakłady przemysłowe.

Osady wodne: tablica 40, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic 2– 485; średnio 13
– osady wodne Polski <1–1298; średnio 6

Zawartości niklu są najbardziej zróżnicowane w osadach wodnych strumieni. Stężenia tego pierwiastka w aluwiach rzek są dość wyrównane. Obserwuje się też zróżnicowanie regionalne. Bogatsze w nikiel są osady wodne zbiorników z terenu doliny Odry oraz z rejonu południowo-zachodniego w porównaniu z północno-wschodnią częścią arkusza.

W obrazie kartograficznym wysokimi koncentracjami niklu wyróżniają się osady rowów pól irygacyjnych „Osobowice" (do 210 ppm) oraz potoku Ługowizna (do 485 ppm), będącego prawdopodobnie odbiornikiem ścieków z Żernik. W aluwiach tego potoku występują również bardzo wysokie koncentracje innych metali: Cd – do 14 ppm, Cr – do 1214 ppm, Cu – do 1469 ppm, Fe – do 12,34%, Pb – do 213 ppm, Sr – do 163 ppm i Zn – do 4060 ppm. Podwyższone koncentracje niklu (>50 ppm) stwierdzono też punktowo w osadach wodnych następujących zbiorników: cieków opływających Wilkszyn od południa i wschodu (występują tu też wysokie stężenia Co – do 154 ppm i Mn – do 6612 ppm), sadzawki parkowej w Leśnicy (wzbogaconych także w Fe – 5,27% i Co – 31 ppm), rowów w Jerzmanowie, Kębłowicach i Poświętnem we Wrocławiu (wszystkie te osady zawierają też znaczne ilości Co – >30 ppm), rowu melioracyjnego w Sołtysowicach (wzbogaconych również w Cr – 226 ppm) oraz rowu na południe od Jelcza.

Wody powierzchniowe: tablica 62, tabela V; ppb = $\mu g/dm^3$

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I–III ≤1000

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic <10– 61; średnio <10
– wody powierzchniowe Polski <8–1326; średnio <8

Ze względu na zbyt wysoką granicę oznaczalności (10 μg/dm^3) nie jest możliwe określenie jego tła geochemicznego w badanych wodach. W wodach czystych rzek stężenie niklu wynosi 1–5 μg/dm^3, lecz w wodach wielu rzek Europy zachodniej dochodzi do 75 μg/dm^3 (A. Kabata-Pendias, H. Pendias, 1993).

W większości badanych wód zawartość niklu nie przekracza 10 μg/dm^3. Nieliczne punkty o podwyższonej zawartości niklu zanotowano przeważnie w tych samych zbiornikach, których osady wodne również były wzbogacone w ten pierwiastek. Zawartości przekraczające 20 μg/dm^3 stwierdzono w wodach: rowów z terenu pól irygacyjnych „Osobowice", potoku Ługowizna, cieków na południe i zachód od Wilkszyna (wzbogaconych także w Co – stężenia >10 μg/dm^3), sadzawki w parku w Leśnicy i cieku na południe od Leśnicy oraz potoku Rogoźówka w Praczach Odrzańskich (niedaleko wysypiska komunalnego w Maślicach), w którego wodach zaobserwowano też podwyższone stężenia Mn (1588 μg/dm^3) i Co (12 μg/dm^3).

P FOSFOR

Gleby: tablica 19, tabela III; %

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic <0,005–0,410; średnio 0,044
– gleby miejskie Wrocławia 0,014–0,174; średnio 0,057
– gleby Szczecina i okolic <0,005–2,336; średnio 0,032
– gleby miejskie Szczecina 0,008–1,188; średnio 0,044
– gleby Łodzi i okolic <0,005–0,127; średnio 0,031
– gleby miejskie Łodzi 0,005–0,119; średnio 0,032
– gleby miejskie Pabianic 0,015–0,0102; średnio 0,040
– gleby miejskie Zgierza 0,010–0,050; średnio 0,027
– gleby Krakowa i okolic 0,005–0,410; średnio 0,036
– gleby miejskie Krakowa 0,008–0,183; średnio 0,036
– gleby Górnego Śląska <0,005–0,476; średnio 0,027
– gleby Polski <0,005–1,616; średnio 0,033

Zawartości fosforu w glebach regionu są mało zróżnicowane. Wyraźnie wyższe koncentracje wykazują gleby związane z doliną Odry i rozwinięte na glinach zwałowych, iłach i utworach lessopodobnych. Ze względu na sposób użytkowania najuboższe w fosfor są gleby leśne (średnio 0,022%) i należy je zaliczyć do gleb ubogich w ten pierwiastek. W innych glebach, przeciętne zawartości mieszczą się w granicach od 0,037 (gleby ugorów i nieużytków) do 0,071 (gleby ogródków działkowych). Podwyższone koncentracje fosforu w glebach centrum Wrocławia oraz pól Osobowickich mają pochodzenie antropogeniczne. Maksymalne stężenia stwierdzono na polach uprawnych w rejonie Żernik Wrocławskich (0,410%) i w lesie na wschód od Jeszkowic (0,381%).

Osady wodne: tablica 41, tabela IV; %

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic 0,006–1,889; średnio 0,090
– osady wodne Polski <0,005–5,866; średnio 0,064

W obrazie kartograficznym podwyższonymi stężeniami fosforu wyróżniają się aluwia Odry (średnie stężenie 0,309%) oraz cieków drenujących jej dolinę. Zawartości wyraźnie anomalne (>0,600%) występują raczej w mniejszych zbiornikach wodnych. Stężenia przekraczające 0,600% fosforu stwierdzono w osadach rowów z pól irygacyjnych „Osobowice", w aluwiach potoku Ługowizna, w osadach Kanału Odpływowego łączącego Widawę z Odrą i Kanału Granicznego na południe od Kiełczowa, w osadach Młynówki Jeleckiej poniżej Jelcza (tu zanotowano maksymalną zawartość – 1,889% P – oraz podwyższone koncentracje innych metali), w aluwiach Szalonej (powyżej Siechnic, w pobliżu szklarni, w aluwiach rzeki Topór w rejonie Borowej oraz w osadach wodnych rowu na północny wschód od Długołęki.

Wody powierzchniowe: Tablica 63, tabela V; ppm = mg/dm^3

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I ≤0,10
II >0,10–≤0,25
III >0,25–≤0,40

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic <0,05–46,37; średnio 0,33
– wody powierzchniowe Polski <0,04–4112,01; średnio 0,19

Badane wody powierzchniowe są dość silnie zanieczyszczone fosforem. Większość wód Odry (prawie 83%) oraz innych większych rzek i strumieni należy do wód pozaklasowych (tabela XI). Wysokimi średnimi stężeniami fosforu wyróżniają się wody Oleśnicy, Szalonej i Kosiny. Także w mniejszych ciekach i zbiornikach bezodpływowych udział wód pozaklasowych jest znaczny, choć mniej więcej 1/3 tych wód należy także do I klasy czystości pod względem zawartości fosforu. Według danych z literatury (R. Taylor i in.1992) zanieczyszczenie wód powierzchniowych fosforem w 90–98% pochodzi ze spływów powierzchniowych. Źródłem fosforu są nawozy stosowane na polach uprawnych.

Tabela Table XI

Udział badanych próbek wód według kryterium klas czystości dla fosforu (%)
Amount of surface water samples under study in particular classes of water purity with respect to phosphorus (in %)

Klasy czystości Purity class	Odra Odra river n = 41	Rzeki* i większe strumienie Rivers* and bigger strams n = 107	Strumienie Streams n = 40	Małe cieki (potoki, rowy) Small waters courses (streams, ditches) n = 226	Jeziora i sadzawki Lakes and ponds n = 34
I	2,44	6,54	37,50	27,88	23,53
II	14,63	14,95	20,00	22,57	32,35
III	0,00	23,36	7,50	10,62	14,71
Wody pozaklasowe Below all standards	82,93	55,14	35,00	38,94	29,41

* bez Odry: without Odra river

Zdecydowanie anomalne zawartości fosforu w wodach powierzchniowych (>8 mg/dm^3) pochodzą prawdopodobnie z punktowych źródeł zanieczyszczeń. W wodach rowów Osobowickich stwierdzono zawartości fosforu dochodzące do 12,19 mg/dm^3. Podobne stężenia zaobserwowano lokalnie w wodach Strzegomki, w rowie na zachód od Sadkowa, w wodach rowu melioracyjnego na południowy wschód od Domasławia (wzbogaconych także w K i Li) oraz w wodach Młynówki Jeleckiej poniżej Jelcza i Zakładów Samochodowych. Bardzo wysokie stężenia tego pierwiastka (około 20 mg/dm^3) stwierdzono w wodach rowów kanalizacyjnych w rejonie Zakrzowa i Psiego Pola, w Sołtysowicach oraz w Starym Mirkowie (w wodach tych zanotowano także podwyższone stężenia boru, a w Starym Mirkowie również potasu i litu). Najwyższą koncentrację fosforu oznaczono w wodach rowu kanalizacyjnego w Kębłowicach (46,37 mg/dm^3).

Pb OŁÓW

Gleby: tablica 20, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (36, 37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic <3– 514; średnio 20
– gleby miejskie Wrocławia 9– 227; średnio 52
– gleby Szczecina i okolic <3– 810; średnio 12
– gleby miejskie Szczecina 5– 200; średnio 31
– gleby Łodzi i okolic <3– 361; średnio 12
– gleby miejskie Łodzi 4– 361; średnio 19
– gleby miejskie Pabianic 6– 40; średnio 19
– gleby miejskie Zgierza 4– 143; średnio 14
– gleby Warszawy i okolic 1– 401; średnio 14
– gleby miejskie Warszawy 5– 275; średnio 33
– gleby Krakowa i okolic <3– 705; średnio 23
– gleby miejskie Krakowa <3– 705; średnio 29
– gleby Górnego Śląska <3–16 972; średnio 53
– gleby Polski <3–16 972; średnio 16

Średnia zawartość ołowiu w glebach Wrocławia i okolic jest wyższa od średniej dla gleb polskich i innych dużych aglomeracji (poza Krakowem). Te wyższe zawartości wynikają m. in. z charakteru gleb (duży udział mad i czarnych ziem). Na stężenie ołowiu w glebach wpływa w sposób istotny rozwój urbanizacji (komunikacja i działalność przemysłowa). Najwyższe zawartości tego pierwiastka wykazują gleby terenów przemysłowych (średnio 50 ppm Pb) i gleby o zabudowie miejskiej (52 ppm Pb) – tabela III. W porównaniu z innymi aglomeracjami gleby miejskie Wrocławia są najbogatsze w ołów. W glebach pól uprawnych średnia zawartość ołowiu wynosi 17 ppm.

Na zdjęciu geochemicznym najsilniejsze anomalie (>96 ppm) występują na obszarze miejskim, w rejonie Starego Miasta i Śródmieścia oraz zakładów przemysłowych w dzielnicy Grabiszynek. Maksymalne koncentracje (do 514 ppm Pb) stwierdzono w bezpośrednim sąsiedztwie zakładów „Hutmen". W latach 1986–1994 WIOŚ prowadził badania gleb na terenach uprzemysłowionych Wrocławia. Stwierdzono następujące zawartości ołowiu: na osiedlu Kowale – od 30 do 303 ppm, w glebach Parku Szczytnickiego – od 25 do 80 ppm, w zasięgu oddziaływania zakładów „Hutmen" – od 29 do 520 ppm, na terenach wodonośnych – od 14 do 61 ppm (B. Meinhardt, E. Mleczko, 1995).

Na podwyższenie stopnia zanieczyszczenia gleb ołowiem wpływa też transport kolejowy i kołowy, na co wskazuje lokalizacja anomalii w centrum miasta. Potwierdzają to wcześniejsze badania innych autorów (Roszyk E., Roszykowa S., 1975; A. Karczewska i inni, 1991)

Punktowo wysokie zawartości ołowiu zanotowano też w glebach ogródków działkowych dzielnic Krzyki (195 ppm), Siedlec (251 ppm) i Różanka (104 ppm). Badania innych autorów wykazały w glebach z ogródków działkowych z różnych dzielnic Wrocławia zawartości ołowiu od 17,2 ppm w północnej części miasta do 659,3 ppm w rejonie zakładów hutniczych na południowym zachodzie (T. Chodak i in., 1995).

Wysokie stężenia ołowiu obserwuje się też w południowej części pól Osobowickich (do 115 ppm), w zakolu Odry na północny wschód od Siechnic oraz na południe od Jelcza. Te dwa ostatnie obszary to rejony występowania gleb leśnych i łąkowych, bogatych w substancję organiczną, często zasilanych materiałem niesionym przez Odrę (występują tu znaczne koncentracje także innych metali). Źródłem anomalnych zawartości ołowiu w glebach doliny Odry są prawdopodobnie w znacznym stopniu górnośląskie złoża cynku i ołowiu.

Osady wodne: tablica 42, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic <5– 370; średnio 24
– osady wodne Polski <5–43 878; średnio 15

Średnia zawartość ołowiu w osadach wodnych Wrocławia jest wyższa niż w osadach Polski (odpowiednio 24 i 15 ppm). Spośród rzek najniższymi zawartościami ołowiu charakteryzują się aluwia Topora (średnio 10 ppm), a najwyższymi aluwia Szalonej (średnio 48 ppm) i Odry (średnio 45 ppm). W aluwiach Odry stężenia ołowiu są dość wyrównane (25–74 ppm). Podobne stężenia ołowiu w aluwiach badanego odcinka Odry uzyskali I. Bojakowska i inni (1997): 31–67 ppm. Zanieczyszczenie osadów Odry ołowiem pochodzi głównie z erozji wychodni złóż rud Zn-Pb oraz przemywania hałd odpadów górnictwa i zakładów przeróbczych cynku i ołowiu na Górnym Śląsku. Do rzeki Szalonej odprowadzane są ścieki z Siechnic.

W zanieczyszczaniu osadów wodnych ołowiem wyraźny jest także udział lokalnych źródeł. Wysokie koncentracje ołowiu stwierdzono w aluwiach rowów z pól irygacyjnych „Osobowice" (do 284 ppm), a także w osadach zbiorników wodnych z terenu samego Wrocławia: w rowie kanalizacyjnym w Poświętnem (245 ppm),

w potoku Czarna Woda na osiedlu Zacisze (246 ppm), w ciekach na osiedlu Grabiszynek (maksymalną zawartość – 370 ppm Pb zanotowano w aluwiach Grabiszynki na terenie parkowym). Anomalne zawartości (114–229 ppm) występują też w aluwiach: rowu kanalizacyjnego w Sołtysowicach, rowu z terenów ogródków działkowych osiedla Kowale, Górnej Oławy w Parku Wschodnim, potoku Ługowizna (poniżej Żernik), Ślęzy (poniżej miejscowości Ślęza), Młynówki Jeleckiej (poniżej Jelcza), Szalonej w sąsiedztwie szklarni (powyżej Siechnic). Większość osadów z wyżej wymienionych zbiorników wodnych jest wzbogacona także w inne metale.

Wody powierzchniowe: tabela V; ppb = $\mu g/dm^3$

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):
I–III ≤50

Nie zamieszczono mapy zawartości ołowiu w wodach powierzchniowych, ponieważ we wszystkich próbkach wód zawartość tego pierwiastka była poniżej granicy oznaczalności w stosowanej metodyce analitycznej (50 $\mu g/dm^3$).

S SIARKA

Gleby: tablica 21, tabela III; %

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	<0,005–0,198;	średnio 0,013
– gleby miejskie Wrocławia	0,007–0,045;	średnio 0,015
– gleby Szczecina i okolic	<0,005–1,739;	średnio 0,011
– gleby miejskie Szczecina	<0,005–0,479;	średnio 0,013
– gleby Łodzi i okolic	<0,005–0,223;	średnio 0,008
– gleby miejskie Łodzi	<0,005–0,223;	średnio 0,008
– gleby miejskie Pabianic	<0,005–0,029;	średnio 0,011
– gleby miejskie Zgierza	<0,005–0,029;	średnio 0,007
– gleby Krakowa i okolic	<0,005–1,030;	średnio 0,013
– gleby miejskie Krakowa	<0,005–1,030;	średnio 0,013
– gleby Górnego Śląska	<0,005–0,516;	średnio 0,015
– gleby Polski	<0,005–3,263;	średnio 0,012

Przeciętna zawartość siarki, rozpuszczalnej w kwasie solnym, w badanych glebach jest zbliżona do zawartości tego pierwiastka w glebach innych regionów Polski. Rozkład zawartości siarki jest podobny do rozkładu koncentracji węgla organicznego. Siarka występuje prawdopodobnie głównie w formach organicznych. Bogatsze w ten pierwiastek są gleby doliny Odry, gleby Wrocławia i gleby na południe od miasta w porównaniu z glebami regionu północno-wschodniego i północno-zachodniego arkusza. Najwyższą średnią zawartością siarki (0,018%) charakteryzują się gleby łąk i gleby antropogeniczne.

Badania gleb na terenach uprzemysłowionych, prowadzone przez WIOŚ w latach 1986–1994 wykazały następujące zawartości siarki: w glebach Osiedla Kowale – od 0,0031 do 0,0902%, w glebach Parku Szczytnickiego – od 0,0103 do 0,0603%, w glebach uprawnych z terenów wodonośnych – od 0,022 do 0,196%.

Zawartości anomalne (>0,04% siarki) napotkano w kilku miejscach: w glebie ugoru w Paniowicach (niedaleko ujścia Widawy do Odry), w glebach pól uprawnych Zybiszowa i Zabrodzia (na południowy wschód od Smolca), a także w glebach łąk w okolicy Mokrego Dworu i w rejonie Chrząstowej Wielkiej (maksymalna koncentracja 0,198% S).

Osady wodne: tablica 43, tabela IV; %

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	0,006–1,727; średnio 0,071
– osady wodne Polski	<0,005–8,610; średnio 0,047

Średnie zawartości siarki w osadach wodnych badanego rejonu są wyższe niż średnia dla osadów wodnych Polski. Spośród większych rzek najwyższymi średnimi stężeniami siarki odznaczają się aluwia Kosiny (0,241%), Szalonej (0,136%) i Odry (0,098%). W osadach wodnych mniejszych strumieni i cieków obserwuje się większe zróżnicowanie zawartości siarki.

W obrazie kartograficznym wyróżniają się wysokimi zawartościami siarki osady rowów irygacyjnych „Osobowice". Obserwowane tu koncentracje, dochodzące do 1,6%, pochodzą z wylewanych na tym obszarze ścieków miejskich. Podwyższone stężenia (>1,0% S), prawdopodobnie w większości pochodzenia antropogenicznego, stwierdzono w osadach następujących zbiorników wodnych: Młynówki Jeleckiej (poniżej Jelcza i Zakładów Samochodowych), dopływu Szalonej poniżej Świętej Katarzyny (będącego odbiornikiem ścieków z tej miejscowości), sadzawki w Suchym Dworze (na południowy wschód od Żernik Wrocławskich), rowu na terenie parku w dzielnicy Krzyki, potoku Czarna Woda na osiedlu Zacisze w Śródmieściu Wrocławia, rowu kanalizacyjnego w Poświętnem, Kanału Granicznego w rejonie Kiełczówka, Topora powyżej Borowej i Ługowizny powyżej Żernik.

SO_4 SIARCZANY

Wody powierzchniowe: tablica 65, tabela V; ppm = mg/dm^3

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I	≤150
II	>150–≤200
III	>200–≤250

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	<3,8– 677,7;	średnio 154,2
– wody powierzchniowe Polski	2 –7085;	średnio 58,0

Przeciętne zawartości siarczanów w badanych wodach są prawie trzykrotnie wyższe niż w innych rejonach Polski. Większość badanych próbek mieści się w I klasie czystości pod względem zawartości siarczanów (tabela XII). Zdecydowane wzbogacenie w siarczany wykazują wody południowo-zachodniej części badanego obszaru. Prawdopodobnie jest to związane z występowaniem bogatych w próchnicę gleb typu czarne ziemie. Najwyższymi średnimi stężeniami wyróżniają się wody Ślęzy (281,0 mg/dm^3), Kosiny (274,9 mg/dm^3) i Szalonej (259,0 mg/dm^3). Natomiast najuboższe w siarczany są wody Oleśnicy, Oławy i Odry (wszystkie mieszczą się w I klasie czystości wód). Najbardziej zróżnicowane koncentracje siarczanów stwierdzono w wodach małych cieków. Najwyższe stężenia siarczanów (>488 mg/dm^3) zanotowano w rowach na zachód od Wrocławia: w Krzeptowie, Kębłowicach, Malkowicach (maksymalna zawartość 677,7 mg/dm^3) i Klecinie oraz w wodach rowu kanalizacyjnego w Pawłowicach (rejon Zakrzowa).

Tabela XII
Table

Udział badanych próbek wód według kryterium klas czystości dla siarczanów (%)
Amount of surface water samples under study in particular classes of water purity with respect to sulphates (in %)

Klasy czystości Purity class	Odra Odra river n = 41	Rzeki* i większe strumienie Rivers* and bigger strams n = 107	Strumienie Streams n = 40	Małe cieki (potoki, rowy) Small waters courses (streams, ditches) n = 226	Jeziora i sadzawki Lakes and ponds n = 34
I	100,00	61,68	50,00	27,43	70,59
II	0,00	7,48	27,50	24,34	8,82
III	0,00	2,80	12,50	21,24	8,82
Wody pozaklasowe Below all standards	0,00	28,04	10,00	26,99	11,76

* bez Odry; without Odra river

SiO_2 KRZEMIONKA

Wody powierzchniowe: tablica 64, tabela V; ppm = mg/dm^3

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	0,1–30,1; średnio 9,9
– wody powierzchniowe Polski	<0,3–83,1; średnio 10,2

Koncentracje krzemionki w większych rzekach są dość wyrównane. Większe zróżnicowanie zawartości SiO_2 obserwuje się w mniejszych ciekach i zbiornikach zamkniętych. Najwyższymi średnimi stężeniami krzemionki wyróżniają się wody rzek: Szalonej (14,9 mg/dm^3), Topora (12,9 mg/dm^3) i Oleśnicy (12,2 mg/dm^3). Najniższe średnie stężenia występują w wodach jezior i sadzawek (3,9 mg/dm^3) oraz Ślęzy (4,9 mg/dm^3) i Odry 8,4 mg/dm^3). Maksymalne koncentracje krzemionki, przekraczające 25 mg/dm^3, napotkano lokalnie w wodach kilku zbiorników: sadzawki w Strachowicach (na południe od Żernik), rowu kanalizacyjnego w Kębłowicach, rowów melioracyjnych z rejonu Groblic i Kotowic (na południowy wschód od Siechnic) oraz cieku zasilającego Oleśnicę w okolicy Smardzowa.

Sr STRONT

Gleby: tablica 22, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	<1– 233;	średnio 10
– gleby miejskie Wrocławia	6– 97;	średnio 23
– gleby Szczecina i okolic	<1–1474;	średnio 6
– gleby miejskie Szczecina	2– 889;	średnio 21
– gleby Łodzi i okolic	<1– 188;	średnio 4
– gleby miejskie Łodzi	<1– 81;	średnio 9
– gleby miejskie Pabianic	<1– 84;	średnio 14
– gleby miejskie Zgierza	<1– 73;	średnio 5
– gleby Krakowa i okolic	<1–2712;	średnio 13
– gleby miejskie Krakowa	1–2712;	średnio 20
– gleby Górnego Śląska	<1–708;	średnio 10
– gleby Polski	<1–1298;	średnio 8

Przeciętne zawartości strontu w glebach badanego regionu są zbliżone do stężeń w innych rejonach Polski. Podwyższone stężenia obserwuje się w glebach gliniastych – czarnych ziemiach występujących na południe od Wrocławia i madach z doliny Odry, Oławy i Widawy. Najuboższe w stront są gleby płowe i brunatne ze wschodniej i północno-zachodniej części badanego obszaru, wytworzone z utworów piaszczysto-żwirowych. Są one zazwyczaj porośnięte lasami, o odczynie kwaśnym i bardzo kwaśnym, z których stront łatwo ulega wypłukaniu (średnia zawartość strontu 4 ppm). Wpływ czynnika antropogenicznego wyraża się wzrostem zawartości tego pierwiastka w glebach terenów przemysłowych i miejskich (średnio 22 i 23 ppm), a także w glebach ogródków działkowych (średnio 22 ppm).

W obrazie kartograficznym gleby o podwyższonych zawartościach (>38 ppm Sr) występują głównie w granicach miasta. Najsilniejsze anomalie (dwojakiego pochodzenia) zgrupowane są na jego południowo-zachodnich obrzeżach. Prawdopodobnie w większości są to koncentracje naturalne, związane z występowaniem w podłożu wapnistych odmian czwartorzędowych utworów lessopodobnych oraz trzeciorzędowych iłów pstrych serii poznańskiej wzbogaconych w stront (do 720 ppm – W. Kowalski i in., 1974). Zawartości przekraczające 100 ppm napotkano zarówno w glebach pól uprawnych na terenach niezabudowanych – na północ od Żernik Wrocławskich i w rejonie Muchobora Wielkiego, jak i na terenach uprzemysłowionych – rejon Kleciny (znajduje się tam cukrownia) i Oltaszyna oraz Leśnicy (m.in. zakłady garbarskie, zakłady chemiczne, zakłady materiałów ogniotrwałych). Maksymalną koncentrację (233 ppm Sr) zaobserwowano w próbce gleby pobranej w dzielnicy Oltaszyn, w sąsiedztwie torów kolejowych i przedsiębiorstwa „Agroma".

Osady wodne: tablica 44, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	2– 362; średnio 23
– osady wodne Polski	<1–7628; średnio 21

Zróżnicowanie zawartości strontu w osadach wodnych jest stosunkowo niewielkie. W aluwiach większych rzek stężenia strontu są dość wyrównane. Najwyższe średnie koncentracje występują w osadach Szalonej (58 ppm) i Odry (53 ppm). Najwyższe anomalne zawartości (>150 ppm) spotyka się przede wszystkim w osadach mniejszych cieków płynących przez obszary, których gleby także są wzboga-

cone w stront. Prawdopodobnie naturalnego pochodzenia (będącego rezultatem występowania w podłożu trzeciorzędowych iłów pstrych oraz glin zwałowych) są wysokie zawartości strontu (do 306 ppm) w osadach wodnych rejonu Muchobora i Pietrzykowic, a także w aluwiach Ługowizny (96–163 ppm) poniżej Żernik i jej dopływu Stablówki w Stabłowicach (89–362 ppm). W Żernikach i Stabłowicach iły pstre były wydobywane i przerabiane. Zawartości około 150 ppm, napotkane w aluwiach Szalonej (powyżej Siechnic) w sąsiedztwie szklarni oraz jej lewostronnego dopływu (poniżej Świętej Katarzyny) są zapewne wynikiem odprowadzania ścieków do tych zbiorników. Przypuszczalnie antropogeniczne źródło mają też podwyższone stężenia w rowie kanalizacyjnym w Sołtysowicach. Natomiast podwyższone zawartości w aluwiach cieków w rejonie Długołęki mają być może genezę naturalną.

Wody powierzchniowe: tablica 66, tabela V; ppb = μg/dm^3

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	114– 1 751; średnio 359
– wody powierzchniowe Polski	4–26 078; średnio 263

Regionalne zróżnicowanie zawartości strontu w badanych wodach powierzchniowych jest znaczne. Najniższymi stężeniami charakteryzują się wody w obszarach leśnych. Z większych rzek rejonu najmniej strontu zawierają wody Oleśnicy (średnio 169 μg/dm^3) a najwięcej wody Ślęzy (średnio 529 μg/dm^3), Kosiny (średnio 501 μg/dm^3) i Odry (średnio 470 μg/dm^3). Stront w wodach Odry pochodzi prawdopodobnie w znacznym stopniu z obszaru Górnego Śląska, gdyż jego zawartości w wodach tej rzeki są dość wyrównane od Kędzierzyna-Koźla aż po Głogów (I. Bojakowska i in., 1997).

Najwyższymi zawartościami strontu wyróżniają się wody małych strumieni i cieki z zachodnich obrzeży Wrocławia oraz dopływy Ślęzy i Szalonej na południe od miasta. W próbkach wód cieków z południowej części arkusza zanotowano też podwyższone stężenia Ca i Mg. Źródłem tych pierwiastków są prawdopodobnie węglany obecne w utworach lessopodobnych. Równocześnie, podwyższone zawartości siarczanów w wodach wskazują, że Ca, Mg i Sr występują głównie w formach siarczanowych.

Wysokie zawartości Sr (975–1751 μg/dm^3) napotkane w wodach Stablówki (dopływu Ługowizny) oraz Ługowizny (poniżej ujścia Stablówki) są, podobnie jak w aluwiach, spowodowane obecnością w podłożu gleb trzeciorzędowych iłów pstrych. Podwyższona koncentracja strontu w wodzie rowu kanalizacyjnego w Starym Mirkowie (1285 μg/dm^3) ma prawdopodobnie pochodzenie antropogeniczne.

Dla porównania – w wodach osadnika koło zakładów chemicznych „Boruta" SA w Zgierzu stwierdzono 1208 μg/dm^3 (J. Lis, A. Pasieczna, 1998a).

Ti TYTAN

Gleby: tablica 23, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	2– 247; średnio 25
– gleby miejskie Wrocławia	14– 70; średnio 34
– gleby Szczecina i okolic	3–2971; średnio 24
– gleby miejskie Szczecina	12– 118; średnio 40
– gleby Łodzi i okolic	5– 174; średnio 30
– gleby miejskie Łodzi	8– 120; średnio 41
– gleby miejskie Pabianic	14– 174; średnio 42
– gleby miejskie Zgierza	17– 174; średnio 39
– gleby Krakowa i okolic	2– 382; średnio 25
– gleby miejskie Krakowa	8– 382; średnio 32
– gleby Górnego Śląska	<1– 396; średnio 27
– gleby Polski	<1– 154; średnio 26

Zawartości tytanu (ługowalnego kwasem solnym) w glebach występują w ilościach podobnych jak w innych aglomeracjach miejskich. Obserwuje się pewne zróżnicowanie regionalne zawartości tytanu, związane z chemizmem skał podłoża. Podwyższone koncentracje tytanu obserwowane na południowy zachód od Odry należy wiązać prawdopodobnie z obecnością w podłożu trzeciorzędowych iłów pstrych, glin zwałowych oraz utworów lessopodobnych. Wzbogacone w tytan są też gleby na północno-wschodnim skraju arkusza, wykształcone na piaskach i żwirach wodnolodowcowych oraz mułkach i piaskach zastoiskowych. Prawdopodobnie w utworach tych doszło do koncentracji minerałów ciężkich. Pewne wzbogacenie w tytan wykazują też gleby wytworzone na glinach zwałowych tworzących zwarty płat na południe od Długołęki.

Najwyższymi średnimi zawartościami tytanu charakteryzują się gleby z terenów miejskich (30-35 ppm) co świadczy o nakładaniu się czynnika antropogenicznego (emisje z zakładów przemysłowych) na czynnik naturalny. Najuboższe w ten pierwiastek są gleby leśne (średnio 18 ppm).

Maksymalną zawartość tytanu (247 ppm) oznaczono w próbce gleby pobranej z terenu pól uprawnych w miejscowości Durok (na południowy wschód od Siechnic).

Osady wodne: tablica 45, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	3– 149; średnio 23
– osady wodne Polski	<1–5345; średnio 31

Zawartości tytanu, rozpuszczalnego w HCl, w osadach wodnych rejonu są mało zróżnicowane. Spośród większych rzek najwyższymi zawartościami Ti wyróżniają się aluwia Bystrzycy (średnio 84 ppm). Są to w znacznym stopniu koncentracje naturalne, gdyż rzeka ta bierze początek w Górach Kamiennych i niesie materiał z obszaru sudeckiego. Aluwia Odry charakteryzują się nieco podwyższonymi i dość wyrównanymi stężeniami tytanu (34–85 ppm).

Punkty o zdecydowanie podwyższonych koncentracjach tytanu (>83 ppm), poza Bystrzycą, występują głównie na terenach zurbanizowanych i przemysłowych: na obszarze Wrocławia (aluwia rowów z południowych dzielnic miasta oraz potoku Czarna Woda na osiedlu Zacisze) oraz w osadach: Młynówki Jeleckiej poniżej Jelczańskich Zakładów Samochodowych, Szalonej w sąsiedztwie szklarni (powyżej Siechnic), rowów kanalizacyjnych w rejonie Zakrzowa, Kanału Odpływowego łączącego Widawę z Odrą, sadzawki w Nadolicach Wielkich, rowów na południowy wschód od Smolca – w Pietrzykowicach i w Gądowie (rów kanalizacyjny).

Wody powierzchniowe: tabela V; ppb = μg/dm^3

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	<5–7; średnio <5
– wody powierzchniowe Polski	<5–89; średnio <5

Zawartość tytanu stwierdzana w badanych wodach była najczęściej poniżej granicy wykrywalności tego pierwiastka (<5 μg/dm^3). Tylko w jednej próbce wykryto tytan w stężeniu 7 μg/dm^3. Zrezygnowano zatem z zamieszczenia w atlasie mapy tego pierwiastka.

V WANAD

Gleby: tablica 24, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	1– 41; średnio 10
– gleby miejskie Wrocławia	14– 70; średnio 34
– gleby Szczecina i okolic	<1–129; średnio 5
– gleby miejskie Szczecina	<1– 61; średnio 6
– gleby Łodzi i okolic	<1– 30; średnio 4
– gleby miejskie Łodzi	<1– 16; średnio 6
– gleby miejskie Pabianic	1– 21; średnio 6
– gleby miejskie Zgierza	1– 30; średnio 5
– gleby Krakowa i okolic	<1– 85; średnio 10
– gleby miejskie Krakowa	1– 85; średnio 10
– gleby Górnego Śląska	<1– 94; średnio 8
– gleby Polski	<1–266; średnio 6

Koncentracje wanadu w glebach są niskie, w zakresie od <1 do 41 ppm. Zróżnicowanie regionalne zawartości wanadu, związane z charakterem podłoża, jest podobne jak w przypadku wielu innych pierwiastków. Bogatsze w ten pierwiastek są gleby aluwialne doliny Odry oraz czarne ziemie występujące na południe i południowy zachód od Wrocławia. Nieco wyższymi koncentracjami wanadu odznaczają się też gleby doliny Bystrzycy oraz północno-wschodniego fragmentu arkusza (rejon Stępina). Najmniej wanadu zawierają gleby kwaśne i bardzo kwaśne rozwinięte na utworach piaszczysto-żwirowych (wschodnia, północna i północno-zachodnia część arkusza). Są to w większości gleby leśne o średniej koncentracji wanadu 6 ppm.

Najbogatsze w wanad (24–41 ppm) są gleby aluwialne Odry powyżej Wrocławia: w rejonie Groblic, w zakolu Odry na północny wschód od Siechnic oraz w okolicy Blizanowic. Prawdopodobnie wanad jest obecny w gniazdowych rudach darniowych występujących dość powszechnie w tym odcinku doliny Odry (P. Assmann i in., 1912; O. Barsch i in., 1912). We wszystkich tych rejonach zanotowano też podwyższone koncentracje żelaza i manganu w glebach.

Osady wodne: tablica 46, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	1– 54; średnio 12
– osady wodne Polski	<1–427; średnio 7

Stężenia wanadu są niskie i podobnie jak w glebach związane z chemizmem podłoża geologicznego. W obrazie kartograficznym podwyższonymi zawartościami wanadu wyróżniają się osady rzek i cieków drenujących dolinę Odry. Spośród większych rzek najwyższymi średnimi stężeniami wanadu odznaczają się aluwia Bystrzycy (16 ppm), Oławy (16 ppm) i Odry (15 ppm). Generalnie, osady wodne zbiorników z północno-wschodniej części badanego obszaru są uboższe w ten pierwiastek.

Wysokie punktowe zawartości wanadu (>30 ppm) w osadach wodnych mogą wskazywać na jego dodatkowe wprowadzanie do środowiska wraz ze ściekami z lokalnych źródeł zanieczyszczeń. Taka jest prawdopodobnie przyczyna wysokiej koncentracji wanadu w osadach rowów z pól Osobowickich, rowu kanalizacyjnego w dzielnicy Poświętne i potoku Czarna Woda na osiedlu Zacisze, Kanału Odpływowego między Odrą a Widawą oraz rowów na południowy wschód od Smolca – w Pietrzykowicach i w Gądowie (rów kanalizacyjny). Zawartości podobnego rzędu w aluwiach Oławy i innych mniejszych cieków z leśno-łąkowego obszaru doliny Odry między Wrocławiem a Jelczem są prawdopodobnie rezultatem podwyższonych zawartości wanadu w glebach tego terenu. Maksymalną koncentrację wanadu (54 ppm) zanotowano w próbce aluwialnej z rowu usytuowanego na południowy wschód od Jelcza.

Wody powierzchniowe: tabela V; ppb = μg/dm^3

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I–III ≤1000

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	<6;	średnio <6
– wody powierzchniowe Polski	<8–243;	średnio <8

Nie sporządzono mapy rozkładu wanadu w wodach powierzchniowych ponieważ wszystkie badane próbki wód zawierały wanad poniżej granicy wykrywalności w stosowanej metodzie analitycznej (6 μg/dm^3).

Y ITR

Wody powierzchniowe: tablica 67, tabela V; ppb = μg/dm^3

Dane dla badanego obszaru :

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	1 – 11; średnio <1

W większości badanych wód zawartość itru była poniżej granicy wykrywalności tego pierwiastka (1 μg/dm^3). Tylko w kilku próbkach wykryto itr w granicach 1–11 μg/dm^3. Pochodziły one z małych cieków płynących przez tereny leśne na południe od Wilkszyna oraz z rowu w rejonie Leśnicy. W tych samych wodach stwierdzono podwyższone zawartości glinu, niklu i kobaltu.

Zn CYNK

Gleby: tablica 25, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (36, 37, 38, 39, 40, 41):

– gleby Wrocławia i okolic	6–	1 968;	średnio 42
– gleby miejskie Wrocławia	22–	1 968;	średnio 132
– gleby Szczecina i okolic	3–	1 176;	średnio 22
– gleby miejskie Szczecina	12–	330;	średnio 66
– gleby Łodzi i okolic	5–	965;	średnio 25
– gleby miejskie Łodzi	7–	339;	średnio 46
– gleby miejskie Pabianic	10–	224;	średnio 59
– gleby miejskie Zgierza	10–	965;	średnio 37
– gleby Warszawy i okolic	1–	1 432;	średnio 36
– gleby miejskie Warszawy	10–	1 300;	średnio 102
– gleby Krakowa i okolic	6–	3 664;	średnio 73
– gleby miejskie Krakowa	15–	3 664;	średnio 107
– gleby Górnego Śląska	5–87	500;	średnio 121
– gleby Polski	<1–91	110;	średnio 40

Rozmieszczenie cynku w glebach badanego regionu jest podobne do rozmieszczenia kadmu, miedzi i ołowiu, a więc pierwiastków o wyraźnie zaznaczającym się wpływie czynnika antropogenicznego na ich koncentrację. W obrazie kartograficznym podwyższone zawartości cynku są związane z glebami aluwialnymi doliny Odry oraz z obszarem miasta Wrocławia.

Średnia zawartość tego pierwiastka w glebach Wrocławia i okolic (42 ppm) jest wyższa niż średnie dla gleb aglomeracji szczecińskiej czy łódzkiej (odpowiednio 22 i 25 ppm), a zbliżona do średniej dla gleb Warszawy i gleb całej Polski (odpowiednio 36 i 40 ppm). Najwyższe zawartości cynku zaobserwowano w glebach terenów o zabudowie miejskiej (średnio 132 ppm), terenów przemysłowych (średnio 113 ppm), ogródków działkowych (średnio 108 ppm) i trawników przyulicznych (średnio 102 ppm). Badania T. Chodaka i in. (1995) potwierdzają wysokie zawartości cynku w glebach ogródków działkowych terenu Wrocławia, dochodzące do 2102,7 ppm. Według tych autorów wraz z głębokością stężenie cynku w glebie zmniejszało się. Wysokie zawartości cynku (1024–1300 ppm) obserwowano też w zanieczyszczonych antropogenicznie glebach zieleńców i trawników Warszawy (K. Czarnowska, 1980; J. Lis, 1992). Tym zanieczyszczeniom cynkiem gleb miejskich należy przypisać pochodzenie antropogeniczne. Dla porównania można również przytoczyć średnie koncentracje cynku w glebach centrum Lublany wynoszące 135 ppm (R. Šajn et al, 1998) podczas gdy w dzielnicach przemysłowych tego miasta zawartość cynku dochodzi do 500–570 ppm.

Najmniej cynku zawierają piaszczyste gleby leśne na wschodzie i północnym wschodzie arkusza. Dość niskie zawartości cynku występują też w glebach uprawnych: od 10 do 446 ppm (średnia 36 ppm). Badania Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej we Wrocławiu, prowadzone od 1991 r., wykazały zbliżone koncentracje cynku w glebach użytków rolnych: od 7,1 do 460,0 ppm (średnio 46,13 ppm). W odniesieniu do zaleceń IUNiG przekroczenie zawartości granicznych pierwszego stopnia zanieczyszczenia cynkiem stwierdzono tam w 8,7% badanych próbek (B. Meinhardt, E. Mleczko, 1995).

Na zdjęciu geochemicznym anomalie (>217 ppm Zn) występują na obszarze Wrocławia (Stare Miasto, Śródmieście, rejon Zakładów Hutniczych Przemysłu Metali Nieżelaznych „Hutmen", obszar pól irygacyjnych „Osobowice" oraz okolice wysypiska komunalnego w Maślicach) i w dolinie Odry powyżej Wrocławia (teren na południe od Jelcza oraz rejon zakoli Odry na północny wschód od Siechnic). W obrębie tych anomalii zawartość cynku lokalnie przekracza 1000 ppm (w Śródmieściu do 1968 ppm). Źródłem anomalii jest komunikacja i działalność przemysłowa. Anomalny wzrost koncentracji cynku w glebach doliny Odry prawdopodobnie w znacznym stopniu pochodzi z górnośląskich złóż Pb-Zn.

Osady wodne: tablica 47, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (37):

– osady wodne Wrocławia i okolic	13–	4 413;	średnio 105
– osady wodne Polski	<1–407	500;	średnio 73

Wśród osadów wodnych badanego regionu wysokimi zawartościami cynku wyróżniają się aluwia Odry (od 467 do 1594 ppm; średnia 910 ppm). Zanieczyszczenie cynkiem tych osadów w znacznej części pochodzi z Górnego Śląska. Dodatkowym źródłem cynku są ścieki przemysłowe i komunalne Wrocławia oraz ścieki pochodzące z Jelczańskich Zakładów Samochodowych i innych ośrodków miejsko-przemysłowych (np. Oławy) leżących nad Odrą powyżej Wrocławia. Najwyższe koncentracje (>2700 ppm Zn) napotkano w aluwiach rowów z pól irygacyjnych „Osobowice" (w trzech próbkach: od 2769 do 4413 ppm), w osadach potoku Ługowizna (3816 i 4060 ppm), w aluwiach Szalonej w rejonie Przedsiębiorstwa Ogrodniczego „Siechnice" (3309 ppm) i w aluwiach Kosiny (3602 ppm), poniżej dzielnicy Muchobór Wielki (w sąsiedztwie Państwowego Gospodarstwa Ogrodniczego Interpegro-Piast).

Spośród większych rzek tego rejonu najniższymi stężeniami cynku charakteryzują się aluwia Topora (średnio 45 ppm).

Cynk w osadach związany jest z minerałami ilastymi, węglanami oraz tlenkami żelaza i manganu (I. Bojakowska, G. Sokołowska, 1992).

Wody powierzchniowe: tablica 68, tabela V; ppb = $\mu g/dm^3$

Klasy czystości wód powierzchniowych (54):

I–III ≤200

Porównanie regionalne (37):

– wody powierzchniowe Wrocławia i okolic	<5–	514;	średnio 8
– wody powierzchniowe Polski	<5–16	414;	średnio 36

Wody powierzchniowe badanego obszaru są stosunkowo mało zanieczyszczone cynkiem. W rzekach i większych strumieniach tego rejonu nie stwierdzono zawartości przekraczających kryterium czystości wód powierzchniowych (200 $\mu g/dm^3$). Najwyższymi średnimi stężeniami cynku odznaczają się wody Odry.

Zawartości anomalne (>119 $\mu g/dm^3$) zanotowano głównie w wodach mniejszych cieków i strumieni: w rowach pól irygacyjnych „Osobowice", w Kanale Odpływowym łączącym Odrę z Widawą oraz w ciekach rejonu Wilkszyna. Przekroczenie normy czystości wód pod względem zawartości cynku stwierdzono tylko w jednej próbce wody z rowu irygacyjnego pól Osobowickich (514 $\mu g/dm^3$).

BADANIA POPOWODZIOWEGO CHEMIZMU GLEB

W lipcu 1997 r. Polskę południową i południowo-zachodnią nawiedziła wielka powódź. Mniej więcej 1/3 obszaru objętego badaniami w ramach realizacji atlasu znalazła się pod wodą. Jesienią 1997 r., po ustąpieniu wody, pobrano ponownie 280 próbek gleb z terenów zalanych, aby porównać ich skład chemiczny w okresie przedpowodziowym i popowodziowym. W większości przypadków pochodziły one z tych samych miejsc, które opróbowano wcześniej. W stosunku do próbek popowodziowych zastosowano te same procedury opróbowania, przygotowania do badań, analityki oraz prezentacji statystycznej (tabele XIII i XIV) i kartograficznej (tablice 69–72) wyników. Mapy opracowano z zastosowaniem metody triangulacji, która pozwala na precyzyjniejsze zlokalizowanie wartości anomalnych niż w metodzie odwrotnej odległości (wpływ sąsiednich punktów na wartość średnią w punkcie węzła jest tu znacznie mniejszy ponieważ w obliczeniach biorą udział tylko trzy najbliższe punkty). Na tablicach 69–72 przedstawiono pary map ilustrujące zawartości wybranych pierwiastków (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, S i Zn) w glebach Wrocławia i okolic przed powodzią (mapy A) i po powodzi (mapy B).

AS ARSEN: tablica 69; tabela XIII; ppm = mg/kg = g/t

Obrazy kartograficzne A i B zawartości arsenu w glebach są podobne do siebie. Gleby aluwialne doliny Odry na obydwu mapach są wzbogacone w arsen w stosunku do gleb z pozostałych obszarów. Zasięg wyraźnych anomalii w obrębie doliny Odry powyżej Wrocławia nie zmienił się po powodzi. Różnice zawartości arsenu w glebach po powodzi w stosunku do stanu sprzed powodzi obserwuje się na terenie Wrocławia. Przybyły nowe strefy anomalne: na terenie łąk na południe od dzielnicy Biskupin oraz w rejonie osiedla Kowale (do 101 ppm).

Cd KADM: tablica 69; tabela XIII; ppm = mg/kg = g/t

Rozkłady zawartości kadmu w glebach na mapach A i B są bardzo podobne. Położenie anomalii związanej z centrum Wrocławia prawie się nie zmieniło. Po powodzi zmniejszył się zasięg stref o zawartościach >0,5 ppm kadmu w południowym odcinku doliny Odry. Lokalnie w okresie popowodziowym pojawiły się wysokie punktowe zawartości tego pierwiastka na zalanych terenach – 16,4 ppm w rejonie Pilczyc (na prawym brzegu Ślęzy) i 2,8 ppm koło Blizanowic (na lewym brzegu Odry). W dolinie Bystrzycy po powodzi powiększył się obszar gleb wzbogaconych w kadm.

Cr CHROM: tablica 70; tabela XIII; ppm = mg/kg = g/t

Mapy A i B dla chromu są podobne. Położenie stref anomalnych (>19 ppm) w obrębie terenów zalanych prawie nie zmieniło się po powodzi. Analogicznie jak dla kadmu, w okresie popowodziowym ujawniły się wysokie punktowe koncentracje chromu: w glebie z rejonu Blizanowic (na lewym brzegu Odry) – 41 ppm i w glebie z okolicy Pilczyc (na prawym brzegu Ślęzy) – 145 ppm. Pojawiły się też podwyższone zawartości (>23 ppm Cr) w glebach na południowym skraju osiedla Biskupin. Wzrosły stężenia w glebach doliny Bystrzycy – powiększone strefy o zawartościach >23 ppm. Jest to prawdopodobnie związane z dopływem większych ilości materiału sudeckiego wraz z wodami powodziowymi.

Tabela XIII
Table

Parametry statystyczne pierwiastków chemicznych i kwasowości w glebach Wrocławia i okolic w okresie przedpowodziowym (A) i popowodziowym (B)
Soils in Wrocław and environs as specified by statistical parameters of chemical elements and by reaction in pre-flood (A) and post-flood (B) periods

Gleby Soils	Parametry Parameters	Ag ppm	Al %	As ppm	Ba ppm	Be ppm	Ca %	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Hg ppm	Mg %	Mn ppm	Ni ppm	P %	Pb ppm	S %	Sr ppm	Ti ppm	V ppm	Zn ppm	pH
Przed powodzią (A)	a	<1	0,08	<5	7	<0,5	0,01	<0,5	1	1	1	0,07	<0,05	<0,01	3	1	0,006	<3	<0,005	1	6	1	10	2,8
Before flood	b	4	1,63	38	572	4,3	3,04	6,3	15	60	128	3,65	6,60	0,56	2249	34	0,202	251	0,198	137	247	41	849	8,1
n = 277	c	<1	0,48	7	116	<0,5	0,40	0,6	4	11	17	1,13	0,22	0,11	474	10	0,054	33	0,019	17	27	14	98	6,0
	d	<1	0,41	5	90	<0,5	0,27	<0,5	4	9	13	0,91	0,12	0,09	362	8	0,047	26	0,016	13	23	12	64	5,9
	e	<1	0,40	6	93	<0,5	0,30	<0,5	4	9	13	0,93	0,12	0,09	395	9	0,052	23	0,015	13	23	13	54	6,0
Po powodzi (B)	a	<1	0,07	<5	10	<0,5	0,01	<0,5	<1	<1	1	0,09	<0,05	<0,01	3	<1	0,010	4	0,005	1	5	1	8	3,4
After flood	b	2	1,34	101	436	1,6	2,06	16,4	16	145	382	3,93	3,16	0,32	2668	38	0,208	192	0,071	65	104	57	1223	7,4
n = 280	c	<1	0,47	8	114	0,5	0,36	0,5	5	13	18	1,18	0,13	0,11	499	11	0,057	33	0,021	17	23	15	106	5,6
	d	<1	0,41	5	93	<0,5	0,26	<0,5	4	9	13	0,97	0,08	0,09	375	9	0,050	27	0,018	14	20	13	65	5,5
	e	<1	0,40	6	97	0,5	0,28	<0,5	4	9	13	1,08	0,08	0,10	406	10	0,052	24	0,018	15	20	14	55	5,5

a – minimum; b – maksimum; c – średnia arytmetyczna; d – średnia geometryczna; e – mediana; n – liczba próbek;
minimum maximum arithmetic mean geometric mean median number of samples

Tabela XIV
Table

Porównanie powierzchni obszarów o tych samych zawartościach pierwiastków chemicznych w glebach Wrocławia i okolic w okresie przedpowodziowym (A) i popowodziowym (B)
Comparison of areas with the same contents of chemical elements in soils in Wrocław and environs in pre-flood (A) and post-flood (B) periods

Pierwiastek Element	Wartość graniczna* Limit value	A km^2	B km^2	B–A km^2
Arsen As	8 ppm	87	98	+11
Kadm Cd	0,8 ppm	94	81	–13
Chrom Cr	9 ppm	212	229	+17
Miedź Cu	15 ppm	246	248	+2
Rtęć Hg	0,14 ppm	283	216	–67
Ołów Pb	27 ppm	252	259	+7
Siarka S	0,017%	236	274	+38
Cynk Zn	58 ppm	292	290	–2

* 90 wartości percentyli dl As i Cd
75 wartości percentyli dla pozostałych pierwiastków
90 percentile level for As and Cd
75 percentile level for As other elements.

Cu MIEDŹ: tablica 70; tabela XIII; ppm = mg/kg = g/t

Mapy zawartości miedzi w glebach w okresie przed powodzią (A) i po powodzi (B) są prawie identyczne. W okresie popowodziowym, na terenie zalanym, zanotowano nowe punktowe anomalne zawartości w tych samych miejscach, gdzie pojawiły się wysokie koncentracje także innych metali: w Blizanowicach (58 ppm), w Pilczycach (65 ppm) i na południowym obrzeżu osiedla Biskupin (47 ppm). Przybyła też nowa anomalia w dolinie Bystrzycy (zawartości do 87 ppm).

Hg RTĘĆ: tablica 71; tabela XIII; ppm = mg/kg = g/t

Obrazy kartograficzne koncentracji rtęci na obu mapach (A i B) są podobne, acz nie jednakowe. Obszar pól irygacyjnych „Osobowice", z którym związana jest wyraźna anomalia rtęci, nie został zalany w czasie powodzi, toteż obraz tej anomalii prawie nie uległ zmianie. Natomiast wyraźną różnicę w zawartościach rtęci widać w glebach doliny Odry powyżej Wrocławia i w południowo-wschodniej części miasta. Po powodzi znacznie zmniejszyła się (aż o 67 km^2 – tab. XIV) powierzchnia obszaru o stężeniach >0,14 ppm rtęci i zniknęły, bądź zmniejszyły się, niektóre strefy (także z doliny Widawy) o zawartościach rtęci przekraczających 0,43 ppm. Zmniejszył się obszar anomalny związany z centrum miasta. Prawdopodobnie rtęć została częściowo wypłukana z doliny Odry i przemieszczona.

Pb OŁÓW: tablica 71; tabela XIII; ppm = mg/kg = g/t

Mapy geochemiczne A i B zawartości ołowiu są prawie identyczne. Ponowne badania gleb z terenów zalanych po powodzi nie wykazały zmian w położeniu i zasięgu głównych anomalii Pb (>48 ppm) występujących: na terenie Wrocławia, w zakolu Odry na północny wschód od Siechnic i na południe od Jelcza. W okresie popowodziowym stwierdzono wysokie punktowe koncentracje Pb w glebie na południowym krańcu osiedla Biskupin (123 ppm) oraz w glebie z okolic Blizanowic (111 ppm).

S SIARKA: tablica 72; tabela XIII; %

Obraz kartograficzny zawartości siarki w glebach terenów zalanych w okresie popowodziowym (B) różni się nieco w stosunku do obrazu sprzed powodzi (A). W dolinie Odry powyżej Wrocławia istniejące wcześniej strefy anomalne uległy wzmocnieniu. Natomiast anomalie (wyniki z pojedynczych próbek) obserwowane przed powodzią w dolinie Widawy – w rejonie Chrząstowy Wielkiej i Paniowic – uległy osłabieniu po powodzi. Obniżeniu uległy wysokie koncentracje siarki obserwowane przed powodzią w rejonie Trestna. Z danych zamieszczonych w tabeli XIV wynika, że po powodzi powiększył się (o 38 km^2) obszar gleb o stężeniach przekraczających 0,017%. Przybyło takich terenów w odcinku doliny Odry poniżej Wrocławia, w dolinie Bystrzycy i w dolinie Ślęzy.

Zn CYNK: tablica 72; tabela XIII; ppm = mg/kg = g/t

Rozmieszczenie cynku po powodzi (B) nie uległo zasadniczej zmianie w stosunku do stanu przedpowodziowego (A). Położenie i zasięg głównych stref anomalnych (stężenia >217 ppm) na terenach zalanych nie zmieniły się w wyniku powodzi. Na mapie B zaobserwowano nowe, podwyższone punktowe koncentracje Zn: w rejonie Blizanowic (748 ppm), w okolicy Siechnic (337 ppm) oraz w dolinie Bystrzycy (420 ppm).

*
* *

Przedstawione w tabeli XIII parametry statystyczne dla dwóch zbiorów próbek (1995 r. i 1997 r.) dowodzą, że w wyniku powodzi chemizm zalanych gleb praktycznie nie uległ zmianie. Średnie zawartości dla większości pierwiastków są identyczne. Koncentracje maksymalne dla wielu pierwiastków oznaczanych w glebach po powodzi (srebra, glinu, baru, berylu, wapnia, magnezu, olowiu, siarki, strontu, tytanu) są niższe niż przed powodzią. Stężenia maksymalne arsenu, kadmu, chromu, miedzi i cynku po powodzi wzrosły. Kwasowość gleb nie uległa zmianie w wyniku powodzi.

Obrazy kartograficzne zawartości poszczególnych pierwiastków w glebach w okresie przedpowodziowym i popowodziowym (mapy A i B) są generalnie bardzo podobne do siebie. Centrum Wrocławia, a także obszar pól Osobowickich – tereny, z którymi są związane istotne anomalie takich pierwiastków jak Cd, Cu, Hg, Pb, Zn – w większości nie były zalane. Zarysy stref wyraźnie anomalnych na obszarach objętych powodzią w zasadzie także nie zmieniły się. Nowe niewielkie anomalie na mapach B pojawiły się w oparciu o analizę z reguły pojedynczych próbek, i to nie zawsze pobranych dokładnie z tych samych miejsc co próbki z okresu przedpowodziowego. Widoczne zmiany zawartości na obszarach niezalanych (a więc nieopróbowanych powtórnie) są wynikiem wpływu zmienionych stężeń w punktach opróbowania na obszarach zalanych.

W tabeli XIV zestawiono powierzchnie obszarów o stężeniach powyżej przyjętych wartości granicznych dla poszczególnych pierwiastków w okresie przed- i popowodziowym. Dla większości pierwiasków powierzchnie obszarów zmieniły się (in plus lub in minus) w granicach od kilku do kilkunastu kilometrów kwadratowych. Wyraźne różnice zaobserwowano jedynie w przypadku rtęci i siarki. Z gleb południowego odcinka doliny Odry na badanym terenie rtęć została częściowo wypłukana. W przypadku siarki - odwrotnie – przybyło stref o podwyższonych zawartościach siarki w glebach doliny Odry, Ślęzy i Bystrzycy. Z porównania map A i B wynika, że z gleb doliny Odry powyżej Wrocławia został prawdopodobnie także częściowo wypłukany kadm, natomiast gleby doliny Bystrzycy po powodzi wzbogaciły się także (oprócz siarki) w kadm i chrom.

Występowanie podwyższonych koncentracji pierwiastków w glebach aluwialnych doliny Odry jest związane zarówno z charakterem tych gleb (duża zawartość składników o właściwościach sorbujących – substancja organiczna i minerały ilaste), jak i z wieloletnią działalnością człowieka (rozwojem przemysłu, transportu i urbanizacji). W krajobrazie geochemicznym badanego obszaru anomalie utrwaliły się już na tyle, że powódź z lipca 199′ r. (mimo, że miała olbrzymi zasięg i wyrządziła wielkie szkody) nie zmieniła stanu, który kształtował się przez wiele lat.

Dotychczasowe badania gleb Wrocławia i okolic zalanych wodami powodziowymi w lipcu 1997 r., przeprowadzone przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Okręgową Stację Chemiczno-Rolniczą, Wojewódzką Stację Sanitarno-Epidemiologiczną i Akademię Rolniczą we Wrocławiu, nie wykazały istotnych zmian w zanieczyszczeniu powierzchniowych poziomów gleb metalami ciężkimi w wyniku powodzi (A. Adamkiewicz i in., 1998).

PODSUMOWANIE

Krajobraz geochemiczny badanych środowisk powierzchniowych omawianego obszaru jest stosunkowo prosty. Decydującym czynnikiem wpływającym na obrazy kartograficzne gleb jest rodzaj podłoża geologicznego. Zaznacza się wyraźna różnica w koncentracjach szeregu pierwiastków pomiędzy regionem północno-wschodnim a południowo-zachodnim. Na południe i południowy zachód od Wrocławia przeważają gleby gliniaste i pylaste (tablica 1), które mają odczyn obojętny lub zasadowy i są wzbogacone w glin, wapń, kobalt, chrom, żelazo, magnez, mangan, nikiel, tytan i wanad w stosunku do piaszczystych gleb regionu północno-wschodniego, o odczynie (zazwyczaj) od lekko kwaśnego do bardzo kwaśnego. Różnica w wykształceniu gleb i ich chemiźmie spowodowana jest występowaniem w obszarze południowo-zachodnim utworów lessopodobnych, bogatych w minerały ilaste i węglany. Nie bez znaczenia jest też prawdopodobnie płytkość zalegania ilastych utworów trzeciorzędowych po zachodniej stronie Odry.

Najwyższymi koncentracjami większości pierwiastków wyróżniają się gleby aluwialne doliny Odry. Występują tu średnie i ciężkie mady, bogate w składniki sorbujące metale - minerały ilaste i substancję organiczną. Materiał niesiony przez Odrę i jej dopływ, Bystrzycę, pochodzi w znacznym stopniu z obszaru Sudetów, gdzie występują skały magmowe i metamorficzne z bogatym inwentarzem pierwiastków śladowych i licznymi przejawami mineralizacji kruszcowej. Stąd wzbogacenie gleb aluwialnych obu rzek w takie pierwiastki jak: glin, arsen, bar, kobalt, chrom, żelazo, mangan, nikiel, tytan. Natomiast głównym źródłem anomalnych zawartości kadmu, rtęci, ołowiu i cynku w glebach aluwialnych są zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego transportowane przez wody Odry z terenu Górnego Śląska, będącego obszarem wieloletniej, intensywnej, eksploatacji złóż węgla kamiennego i rud cynkowo-ołowiowych oraz przeróbki wydobywanych surowców.

Wyraźnie anomalne zawartości szeregu pierwiastków (arsenu, baru, kadmu, kobaltu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu i cynku) obserwowane są w glebach dwu rejonów doliny Odry – w sąsiedztwie zakoli rzeki na północny wschód od Siechnic oraz na południe od Jelcza. Prawdopodobnie w rejonach tych panują sprzyjające warunki dla wzmożonej akumulacji materiału niesionego przez rzekę przy wysokich stanach wód (zmniejszenie prędkości nurtu, obecność mad bogatych w substancję organiczną).

Podwyższone zawartości żelaza, manganu i wanadu w rejonie Blizanowic i Groblic są związane z występującymi w tych okolicach rudami darniowymi i gniazdowymi skupieniami związków manganu

W zanieczyszczeniu gleb mają też udział lokalne źródła antropogeniczne. Charakterystycznym miejscem w krajobrazie geochemicznym Wrocławia i okolic jest obszar pól irygacyjnych „Osobowice". Wylewane na tym terenie od ponad stu lat ścieki komunalne Wrocławia spowodowały silne skażenie gleb takimi metalami jak: srebro, kadm, chrom, miedź, rtęć, ołów i cynk. Pola irygacyjne „Dobrzykowice" nie zaznaczają się podwyższonymi stężeniami metali w glebach.

Wpływ lokalnych źródeł zanieczyszczeń objawia się podwyższeniem zawartości wielu metali (baru, kadmu, chromu, miedzi, rtęci, fosforu, ołowiu i cynku) w glebach miejskich Wrocławia. Główne anomalie związane są z centrum miasta (tereny Śródmieścia i Starego Miasta) oraz w przypadku kadmu, miedzi, ołowiu i cynku – z rejonem Zakładów Hutniczych Przemysłu Metali Nieżelaznych „Hutmen". W próbce gleby pobranej z trawnika w bezpośrednim sąsiedztwie zakładów „Hutmen" oznaczono najwyższe zawartości kadmu (37,3 ppm), miedzi (601 ppm) i ołowiu (514 ppm). W zestawieniu parametrów statystycznych doty-

czących gleb z terenów miejskich zwracają uwagę wysokie zawartości metali (baru, miedzi, rtęci, ołowiu i cynku) w glebach ogródków działkowych.

Badania geochemiczne nie wykazały obecności podwyższonych koncentracji metali w glebach wokół nieczynnej już Huty „Siechnice" i pozostawionej przez nią hałdy.

Gleby uprawne badanego rejonu zawierają metale w ilościach podobnych jak gleby gliniaste z innych, niezanieczyszczonych, rejonów Polski. Gleby użytków zielonych charakteryzują się podwyższonymi, w stosunku do gleb uprawnych, zawartościami metali. Wynika to z faktu, że łąki występują najczęściej na glebach aluwialnych doliny Odry. Najniższymi koncentracjami pierwiastków odznaczają się gleby leśne. Są to z reguły gleby kwaśne lub bardzo kwaśne, wykształcone na utworach piaszczysto-żwirowych.

Powtórne badania gleb dotkniętych powodzią w lipcu 1997 r. nie wykazały zasadniczych zmian ich składu chemicznego w wyniku zalania. Powódź była zjawiskiem zbyt krótkotrwałym, aby zmienić krajobraz geochemiczny kształtowany przez wiele lat.

W obrazie kartograficznym osadów wodnych podwyższonymi koncentracjami większości oznaczanych pierwiastków (glinu, arsenu, baru, kadmu, kobaltu, chromu, żelaza, rtęci, magnezu, niklu, fosforu, ołowiu, siarki, strontu, tytanu, wanadu i cynku) wyróżniają się aluwia Odry. Źródłem tych anomalnych zawartości metali w osadach są jej wody Odry zbierające erodowany materiał z południa zlewni oraz zanieczyszczane ściekami z licznych zakładów przemysłowych zlokalizowanych w górnym biegu rzeki. Szczególną uwagę zwracają wysokie zawartości w osadach wodnych Odry: baru, kadmu, rtęci, ołowiu, strontu i cynku, będące niewątpliwie wynikiem zrzutu ścieków i wód kopalnianych z obszaru Górnego Śląska.

Podwyższonymi stężeniami szeregu pierwiastków (kadmu, chromu, miedzi, rtęci, niklu, tytanu i wanadu) charakteryzują się osady wodne Bystrzycy. Źródła tych wysokich koncentracji w aluwiach należy głównie upatrywać w materiale niesionym przez wody rzeki z obszaru sudeckiego, a częściowo również w ściekach miejskich i przemysłowych, pochodzących ze źródeł zlokalizowanych w jej zlewni. Spośród pozostałych rzek, podwyższonymi średnimi zawartościami metali odznaczają się aluwia rzeki Szalonej. Osady te są wzbogacone w kadm, mangan, fosfor, ołów, siarkę i stront, najprawdopodobniej w wyniku zrzutów ścieków (głównie z Siechnic i Świętej Katarzyny).

Wśród małych cieków, wysokimi koncentracjami większości metali wyróżniają się aluwia rowów pól irygacyjnych „Osobowice". Zanotowano tu np. zawartości kadmu dochodzące do 55,7 ppm, miedzi – do 646 ppm, rtęci do 6,61 ppm, ołowiu do 284 ppm i cynku do 4413 ppm. Zanieczyszczenie tych osadów (podobnie jak w przypadku gleb tego obszaru) pochodzi z wylewanych na pola ścieków komunalnych z terenu Wrocławia. Z kolei zrzuty ścieków przemysłowych są przyczyną bardzo wysokich zawartości metali w aluwiach potoku Ługowizna (poniżej Żernik) oraz w osadach Młynówki Jeleckiej (poniżej Jelczańskich Zakładów Samochodowych). W osadach Ługowizny występują wysokie stężenia kadmu, chromu, miedzi, niklu, fosforu, ołowiu, strontu i cynku, natomiast w aluwiach Młynówki Jeleckiej zanotowano podwyższone koncentracje srebra, kadmu, chromu, żelaza, rtęci, fosforu, ołowiu i siarki.

Wody powierzchniowe badanego obszaru generalnie charakteryzują się niską mineralizacją i obojętnym odczynem pH.

Wody z południowo-zachodniej części badanego terenu wyróżniają się wzbogaceniem w wapń, magnez, stront i siarczany, co jest związane z występowaniem na południowy zachód od Wrocławia utworów lessopodobnych.

Stężenia poszczególnych pierwiastków w wodach rzek i większych strumieni są na ogół dość wyrównane. W małych strumieniach i ciekach obserwuje się silniejsze zróżnicowanie stężeń spowodowane wpływem lokalnych źródeł zanieczyszczeń.

Wody Odry zwracają uwagę podwyższonymi koncentracjami boru, baru, litu, sodu, fosforu, strontu i cynku w stosunku do pozostałych rzek i zbiorników wodnych. Jednak jedynie w przypadku sodu i fosforu zanotowano stężenia kwalifikujące je (częściowo) do wód pozaklasowych. Prawie 83% wód Odry i około 35–38% wód małych cieków i strumieni należy do wód pozaklasowych pod względem zawartości fosforu. Dość silne zanieczyszczenie fosforem – nie tylko wód Odry, ale również większości wód z mniejszych cieków i zbiorników dowodzi, że przyczyną jest głównie spływ powierzchniowy.

Pod względem zawartości sodu do wód pozaklasowych należy tylko 5% a do wód pierwszej i drugiej klasy czystości – 83% badanych wód Odry. Źródłem zanieczyszczeń są zasolone wody i solanki zrzucane z rejonu kopalń węgla kamiennego na Górnym Śląsku. Lit, bar, stront i cynk w wodach Odry pochodzą najprawdopodobniej także z obszaru Górnego Śląska.

Zawartości potasu kwalifikują większość przebadanych wód do pierwszej lub do drugiej klasy czystości. Największy udział wód pozaklasowych wykazują wody małych cieków, a źródłem potasu w tych zbiornikach są prawdopodobnie nawozy potasowe stosowane w rolnictwie

W rzekach i strumieniach badanego obszaru nie stwierdzono zawartości cynku przekraczających kryterium czystości wód powierzchniowych. Zawartości anomalne występują głównie w małych ciekach.

Wody rowów z obszaru pól irygacyjnych „Osobowice" wyróżniają się podwyższonymi zawartościami arsenu, boru, kobaltu, miedzi, potasu, niklu, fosforu, cynku.

SUMMARY

INTRODUCTION

State of environment in the region under this study is strongly dependent on local pollution sources such as industry and transport, and effect of urban agglomeration as well as transport by the Odra waters of pollutants coming from industrial objects situated in the upper Odra course (Upper Silesia, a part of Lower Silesia and the Czech Republic). The Wroclaw agglomeration occupies an area of 292 km^2 and is populated by 642 000 inhabitants (Raport, 1997).

The elaboration of the "Geochemical Atlas of Wroclaw and environs" allows for synthetic representation of pollution that affects the hydrosphere and lithosphere surface in this region. Also, it allows determining the extent and reasons of the appearance of anomalies, both natural and anthropogenic. Results of the study, presented in the form of maps, may be a valuable source of information for the State Inspection for Environmental Protection and such domains of human activity as geology, agriculture, forestry, town and country planning, geomedicine and health care. Part I of the Atlas displays the state of chemistry in surface environments of the Earth within administrative boundaries of Wroclaw and environs (a fragment of Wroclaw Ice-marginal Valley, of Wroclaw Plain in the south-west of the study area and of Oleśnica Plain in the north-east).

The study was initiated by the order of the Minister of Environmental Protection, Natural Resources and Forestry in 1995 and was financially supported by the National Fund for Environmental Protection and Water Management. The survey area covers 984 km^2.

The study focussed on soils, water sediments and surface waters, and a sampling program was conducted in a 1×1-km grid arrangement.

It happened that in July, 1997 – during the course of this study – an extreme flood heavily affected southern and south-western Poland. Approx. 1/3 of the area shown in the Atlas was inundated. That was why a decision was arrived to repeatedly sample the soils in inundated area when water recedes and to test them chemically once more. The objective of this action was to obtain a comparison between metal contents in soils in pre-flood and post-flood periods.

FIELD WORK

The summer season of 1995 was that time when the field work was accomplished.

Topographic maps at the scale of 1:25 000 was used to locate sampling points. Each map sheet of surface area equal to 160 km^2 was divided into 160 squares, 1 km^2 each. Samples of soils, water sediments and surface waters were collected from each 1 km^2 area. Observations made in the field were noted in suitable sampling data forms ; these deal with land development (Plate B), way of land use (Plate C), type of surface water body, petrographic character of sampled material (Plate 1), and location of each sampling point.

Soil samples were collected using an 80 mm hand penetrometer; 0.0–0.2 m was a sampling depth and approx. 1000 g was the weight of soil sample.

Samples of recent water sediments were collected from different surface water bodies such as rivers, streams, ditches and standing ponds of different size. The intention was to collect approx. 1000 g of possibly finest material.

Surface water samples and water sediment samples were collected at the same sampling points. Technique of sampling followed the procedure of sampling the springs – which was offered by S. Witczak and A. Adamczyk in their work of 1994. Water was filtered out in the field through 0.45 μm MILIPORE filters, then poured into 20 ml containers and acidified with HCl. Water sampling was always accompanied by measurement of pH and electrical conductivity.

PREPARATION AND FILING OF SAMPLES

After preliminary drying in the field, soil samples along with water sediment samples were transported to a sample store–room where they were exposed to final drying at a room temperature. Then, samples were screened through nylon sieves with 1-mm openings in case of soil samples and 0.2 mm in case of water sediments. After quartering, samples (approx. 100 g in weight) were placed in suitable polyethylene containers. The Polish Geological Institute in Warsaw provided a suitable store-room to store all samples connected with this study.

LABORATORY WORK

Chemical analyses were made at the Central Chemical Laboratory of the Polish Geological Institute in Warsaw.

A leaching method using hydrochloric acid (HCl 1:4) for 1 hour, at a temperature of 90° was employed to extract the samples.

The Inductively Coupled Plasma Atomic Spectrometry (ICP-AES) method was employed to determine Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V and Zn in soils and water sediments.

Determinations of Hg content in soil samples and water sediment samples were made using the Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry (CV-AAS) method.

Soil samples were also subjected to determinations of total coal concentration; this was made with the use of a coulometric method.

A pH determination of soils in aquatic environment followed the standard applied to soil science practice (Norma, 1975).

Again, the ICP-AES method was employed to define concentrations of Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, SiO_2, SO_4, Sr, Ti, V, Y and Zn in surface waters.

A compilation of analytical methods employed and of detectability of chemical elements is shown in Tables I and II.

DATA BASES

For the purpose of data processing, three separate computer data bases have been created. They are: a sampling point co-ordinate base, a field data base and an analytical data base.

Determination of sampling point co-ordinates was made from the sampling point map at the scale of 1:25 000 using a suitable digimeter. The sampling point co-ordinate base was used for the construction of all geochemical maps of this Atlas.

Field observations and data were recorded in the sampling data forms first, and then they were entered into a computer to form a field data base. Following

the numerical code applied to particular elements of observations or data, the same numerical system was used when entering data into computer. The field data base served the purpose of differentiating data sub-sets applicable to statistical computations in respect of different environmental criteria (such as concentrations of elements in cultivable soils, forest soils and urban soils, and sediments and waters – in particular, surface water bodies etc.).

Results of chemical analyses of samples, provided by the Laboratory were filled in the analytical data base. It contains 49 336 element determinations that had been made on 2 008 samples.

CONSTRUCTION OF GEOCHEMICAL MAPS

A topographic map at the scale of 1:100 000 was applied as a basic map for the construction of geochemical maps.

A STATGRAPHICS package was used to make statistical calculations of the data sets and sub-sets representing different environments of soils, water sediments and surface waters. The calculations included arithmetic and geometric means, median, and maximum and minimum values. Respective data for particular environments have been compiled in Tables III–V. They were used as a base for the determination of suitable parameters required for the generation of geochemical maps. The geometric mean occurred to be most applicable since being not affected by extreme values it provided best representation of analysed population. Other parameters, in particular the variance and standard deviation, occurred to be unsuitable for intended purpose due to involvement of indeterminable natural distributions.

The generation of geochemical maps of soils followed the inverse distance method; a SURFER for WINDOWS software occurred to be applicable. An isoline method was selected to present the cartographic image. Levels of element concentrations followed the division into percentiles (15, 25, 50, 75, 90, 95, 97, and 99%) reflecting the share of samples of given element concentrations. As to the pH map, the division into particular value levels follows the division in common use in soil-science (strongly acidic soils, acidic soils, slightly acidic soils, neutral soils and alkaline soils).

The form of presentation with circular diagrams and the same software was adapted to construct the geochemical maps of water sediments and surface waters. Suitable circle diameters were attributed to particular classes equivalent to particular ranges of element concentrations with their division into percentiles (<15, 25, 50, 75, 90, 95, 97, 99 and 100%).

GEOGRAPHICAL POSITION

In respect of physiography the study area is entirely situated within the Śląska Lowland and comprises fragments of lower order units including the Wrocław Plain, the Oleśnica Plain and the Wrocław Ice-marginal Valley (J. Kondracki, 1998). The Wrocław region receives important tributaries of the Odra: the Bystrzyca, Ślęza, Oława and Widawa Rivers.

The study area covered by this Atlas is diagonally dissected by the Wrocław Ice-marginal Valley. It is wide, up to 10 km. Apart from the Odra, also the Oława and the Widawa (in part) flow across this area. The ice-marginal valley is filled up with Pleistocene and Holocene fluvial sediments forming terraces. There are frequent ox-bow lakes within the flood terrace. Cultivated soils, meadows and forest complexes are other features of this ice-marginal valley.

A south-western sector of the map sheet belongs to the Wrocław Plain. Agricultural land use is dominant here. Prevailing part of its area is covered with fertile soils (black-earth) that developed on a loess cover. Valleys of the Bystrzyca, the Ślęza and the Oława are the areas covered with medium and heavy muds.

A north-eastern part of the area under this study is a fragment of the Oleśnica Plain. It is covered with forest complexes, cultivable soils and meadows. Dominant are soils that developed on glacial tills or sandy-gravely fluvioglacial and fluvial sediments. Some muds occur in the Widawa valley.

OUTLINE OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND DEPOSITS OF MINERAL RAW MATERIALS

Two important structural units can be distinguished in the substratum of the area covered by this Atlas. A south-western part of the area lies within the Fore-Sudetic Block while a north-eastern part – within the Fore-Sudetic Monocline. A fault zone of the middle Odra separates both from one another (J. Oberc, 1962). The Fore-Sudetic Block is composed of Proterozoic and Palaeozoic rocks and the Fore-Sudetic Monocline – of Permo-Mesozoic rocks. Both units are covered with a Cainozoic complex of Tertiary and Quaternary age (Plate A).

Tertiary. Tertiary sediments lie discordantly on formations of both the Fore-Sudetic Block and the Fore-Sudetic Monocline. Their thickness ranges from 30 to 200 m. There are local exposures of the Neogene (variegated clays of high plasticity) in an area south-west of the Odra (A. Grocholski et al., 1981; A. Łabno, 1991; M. Szałamacha, J. Szałamacha, 1996). At places, clays are exposed at the surface to build up a morainic plateau or to make outcrops within the erosional terraces of the Odra, Ślęza and Bystrzyca Rivers.

Quaternary. Thickness of Quaternary sediments reaches 10 m in the western sector of the Atlas area and 30–50 m in an area east of Wrocław (M. Różycki, 1968).

An area between the Oława and Szalona Rivers in the Groblice region is the only one where sediments of the South Polish Glaciation area exposed at the surface (J. Badura, B. Przybylski, 1996). They are composed of sandy clay and stiff clay with sand. They contain fragments of Scandinavian rocks (limestones, crystalline rocks, sandstones and quartzites) and indigenous rocks imported from the Polish Lowlands (limestones, marls, sandstones, quartz, flints, and brown coal).

Most spread over the area under consideration are fluvioglacial (sands, gravel) sediments and glacial tills.

Varigrained sands and fluvioglacial gravel appear at the surface south-westwardly of the Odra valley and in the north-eastern sector of the map sheet; they form lobes of different size. Quartz is dominant in their petrographic composition. Fragments of Scandinavian and Sudetic rocks are abundant (A. Łabno, 1991; J. Badura et al., 1998).

Thickness of glacial till is in the range of 2–6 m on the average. Usually, glacial tills overlay fluvioglacial gravel, clays, silts and ice-dammed sands. Tertiary substratum is also common. Frequently, glacial tills form extended lobes of irregular shape; this particularly deals with the morainic plateau on the western side of the Odra. Continuous cover of glacial till occurs in the southern quarters of Wrocław and to the south of the town. Glacial till is present in a form of continuous covers in erosional terraces of the eastern Odra side and within morainic plateau. Predominantly, glacial tills are strongly sandy. They contain frequent nests and detached blocks of tertiary clays, marly intercalations and eratics of northern rocks (A. Łabno, 1991; G. Winnicka, 1988).

Ice-dammed lake silts and clays expose in the area north of Wrocław and at places in the Oleśnica valley (J. Badura et al., 1998; J. Winnicki, 1990).

Fluvial sediments of the Middle Polish Glaciation (sands and gravel) build up a higher terrace of the Odra in the south-eastern part of the area under study (K. Cwojdzińska-Ruziewicz, 1990).

Fluvial sands and gravel of higher terraces, and clayey loesses and loess-like clays represent the North Polish Glaciation.

Sediments of higher terraces of the Odra, Ślęza and Widawa Rivers are composed of sands and gravel. They are of large extent in the study area, in particular in its eastern part (H. Gizler, 1986; G. Winnicka, 1988; K. Cwojdzińska-Ruziewicz, 1990; M. Szałamacha, J. Szałamacha, 1996).

Clayey loesses and loess-like clays are common in area south and south-west of Wrocław where they cover the surface of morainine plateau with a thin layer several centimetres to 0.5 m thick, usually. At places, they contain a considerable amount of decomposed organic matter – and constitute the so-called chernozem (A. Łabno, 1991; M. Szałamacha, J. Szałamacha, 1996).

The undifferentiated Quaternary contains eolian sand and deluvial formation. On a local scale, eolian sands occur in the form of dunes (G. Winnicka, 1988; K. Cwojdzińska-Ruziewicz, 1990). Deluvial clays and sands occurring in the southern and western parts of the study area are of poor extent. Their petrographic composition is strongly dependent on type of substratum.

Holocene. Holocene sediments are predominantly represented by fluvial silts, sands and gravel – occurring in valleys of all rivers in the study area. They build up flood plain and depressions without flow, valley-floors, river channels and ox-bow lake floors. Quartz, feldspars, fragments of Sudetic and Scandinavian rocks are dominant in the petrographic composition of sediments (G. Winnicka, 1988; M. Szałamacha, J. Szałamacha, 1996).

Alluvial soils (muds) such as plastic clayey and silty formations, covering large areas of the floor of the Odra, Bystrzyca, Widawa and Ślęza Rivers make a characteristic formation in the study area. They contain abundant humus and undecomposed organic matter (M. Szałamacha, J. Szałamacha, 1996; J. Badura et al., 1998).

Depressions without flow and ox-bow lakes near the Odra channel are the places of the occurrence of clayey and silty alluvia with abundant remains of plants (G. Winnicka, 1988).

Of common extent are bog ores situated on the left Odra bank upstream of Wrocław, and nested manganese accumulations in the substratum (O. Barsch et al., 1912; P. Assmann et al., 1912).

Deposits of mineral raw materials. Variegated clays of Tertiary age, outcropping at many places in the study area were utilised by small brickworks. The utilisation was initiated before WWII and continued till the 50's (A. Łabno, 1991). Lately, the extraction of clay was conducted in two clay-pits only.

Glacial tills make another raw material available; however, its applicability to production of ceramics is poor due to high lime content Other limitation deals with high content of gravely material. Glacial till may be utilised for local needs if it reaches a considerable thickness.

Subjected to periodic exploitation as a building material applicable to local needs are fluvioglacial sands and gravel, both extracted from many pits.

Several deposits of fluvial sands and gravel – connected with the Odra valley and situated in the south-eastern part of the area have been geologically documented. These deposits may be utilised by building industry (A. Łabno, 1991).

SOURCES OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

Anthropogenic pollution is generated not only by local sources but also can be transported in different way (emissions to the atmosphere, transport by river waters) from neighbouring communes and provinces and from abroad as well.

Operational in the Wrocław agglomeration are numerous plants of chemical, metallurgical, car producing and food industries and thermoelectric power plants as well. Their industrial production is accompanied by the deposition of wastes in dumping sites, discharge of liquid wastes to rivers and emission of pollutants to atmospheric air.

Land fills. Only three objects exists in the study area that are well suited to the deposition of industrial wastes (Raport, 1995). Ashes and slags produced at the thermoelectric power plants and heat power plants constitute the dominant part of materials dumped.

There is a metallurgical dumping site situated within the groundwater-bearing areas of Wrocław; the dumped material was produced at abandoned "Siechnice" Smelter. The heap contains iron-chromium slag with 2.4% of metallic ferrochromium and 0.22–10.5% of Cr_2O_3 (B. Meinhardt, E. Mleczko, 1995). Main chemical constituents of these wastes include: calcium, silica, chromium and aluminium. Other elements occur in decreasing sequence: B, Mn, Pb, Zn, Sr, Cu, V, Ni, Ag and Co (I. Twardowska, 1989).

The Wrocław agglomeration faces difficult problem of municipal waste disposal. A total tonnage of wastes from the Wrocław area was approx. 184 000 tons in 1995. It is characteristic that municipal wastes are more differentiated than those in village areas. In the last years it was noticed that the total mass of municipal

wastes have been enriched in plastics and reworked plant substance and kitchen wastes. As to municipal wastes in the village areas, over 80% of their composition consist of mineral substance (ash, slag, and rubble). Unauthorised dumping grounds still create a serious problem (Raport, 1995, 1997).

The deposition of industrial wastes in municipal land fills is other problem. A municipal land fill site at Maślice-on-Odra can be given here as an example – since such wastes are deposited here as plating wastes, residuum from cleaning of cisterns and tanks, packages of toxic chemicals, and vastes produced at a paint and varnish factory.

Sewage effluents. Prevailing volume of industrial effluents is discharged to municipal sewage system – from which it is disposed to the Odra. There is also the "Osobowice" Irrigation Field with its system of sedimentation tanks capable of treating approx. 85% of municipal effluents from the Wroclaw downtown quarters. The "Osobowice" Field has been operational for over 100 years and their actual treatment ability occurs to be insufficient; this results in insufficiently processed effluents flowing down to the Odra.

A very heavy load of pollutants is carried by the Bystrzyca and Ślęza Rivers to the Odra; slightly less load – by the Oława and Widawa.

The Wałbrzych Province is the area where the main pollution sources affecting the Bystrzyca and its tributary Strzegomka are situated. Pollution of these rivers within the study area comes from local sewage treatment plants that are situated within the Wrocław area.

Maximum load of pollution is discharged to the Ślęza from mechanical sewage treatment plant that treats sewage from southern and western quarters of Wroclaw. It should be noted here that this treatment plant is provisional and of poor efficiency (E. Jaśniewicz et al., 1995).

The Widawa is also affected by effluents. The main objects providing insufficiently treated effluents to this river include overloaded sewage treatment plants and irrigation fields (Raport, 1997).

Pollution of atmospheric air with dust and gases is due to industrial activities (in particular, of power industry), transport, operation of local coal-fired boiler plants and domestic fires, land fills, and transboundary pollution. The last factor mentioned here is connected with dominant western direction of inflow of airmasses, which contributes to airborne pollution from neighbouring regions as well as from foreign industrial centres.

Emissions of dust and gaseous pollutants was decreased in the time period of 1990–1996. A considerable decrease of total emission was due to – among others – the reduction of it at thermoelectric power plant as well as the ceasing of production of viscose fibre (Raport, 1997). An assessment of atmospheric air pollution over the Wroclaw Province was made in 1996; continuous measurements of emissions in several towns of the region provided required data.

The analysis of results revealed that comparatively to the period of 1993–1995 the mean annual concentrations of sulphur dioxide, cadmium and lead were decreased while concentrations of suspended dust and fluorine occurred to be insignificantly increased. Big differences are also observed between concentrations of sulphur dioxide and dust in winter and summer seasons – which is evidently connected with seasonal emission of those pollutants by local boiler plants and domestic fires.

Maximum percentage in the total pollution load transported by rains over the surveyed map sheet belongs to sulphates (56.9%). In 1996, atmospheric precipitation over Wroclaw was characterised by acid reaction and increased concentrations of chlorides, magnesium, sodium, nickel and cadmium and by small concentrations of nitrites, nitrates and zinc (Raport, 1997). The total amount of pollutants in the atmosphere is visibly dependent on local emissions.

GEOCHEMICAL MAPS

Sets of sampling points with clearly defined co-ordinates and attributed chemical element contents provide the base for the construction of geochemical maps.

For comparison, the description of cartographic representation of particular elements (Plates 2–68) have been provided with minimum, maximum and average values calculated for the entire Poland's area (J. Lis, A. Pasieczna, 1995a) and those urban areas that had previously been geochemically mapped (J. Lis, 1992; J. Lis, A. Pasieczna, 1995b, c, 1998a, b). Statistical parameters for soils in entire Poland were calculated on the base of chemical analyses of 10 840 samples. Respective numbers of chemically analysed samples of water sediments and surface waters were 12 778 and 12 955.

The geochemical maps of water sediments occurred to be of particular importance for the assessment of the state of natural environment. The map contents can often be considered the element of "early warning". Such conclusion was drawn from specific ability of water sediments containing substances of high sorption ability to chemicals. Due to this fact it is possible to detect in water sediments such element concentrations that are indeterminable by routine water analyses. Geochemical maps of water sediments may often be helpful in locating point-type pollution sources.

It should be remembered – when making use of the Atlas – that it offers general images only. Images presented on the maps result from mathematical operation conducted in the frame of adapted interpretation model and not necessarily all details are consistent with the true element concentration at a given point. It is obvious that the precision in representation of the real image of element concentrations depends on the density of observations (sampling), thus – on the scale of the maps.

No conclusion should be drawn on the state of environmental pollution for objects with the surface area inadequate to the map scale and density of sampling as well. The geochemical image as presented in the Atlas should only be considered an impetus for conducting a more detailed survey and determining the real extent of natural or anthropogenic anomalies (contamination). A detailed study on a suitable scale may reveal that the geochemical image is more complicated. It is possible that heavily polluted places may border on a region with such element concentrations that are in the limits of local natural geochemical background.

In order to allow the reader to be acquainted with the degree of pollution of the environments under study, the text in Polish informs on the values of permissible concentrations. A compilation of that values is based on the Canadian standards (Critéres, 1991), the European Community standards (Directive, 1986), and available literature (A. Kabata-Pendias, H. Pendias, 1993).

Soils indices recommended by the Institute of Soil Science and Plant Cultivation (IUNiG) at Pulawy have been cited in the Atlas to facilitate the assessment of the degree of soil pollution (A. Kabata-Pendias et al., 1995); they are compiled in Tables VI and VII. Also, permissible limits for hazardous substances – recommended by the Hygiene Institute at Ruhr – have been given in Tables VIII (T. Eikmann, A. Kloke, 1991).

Tables IX–XII contain the division of water samples examined in the frame of this study between particular water purity classes; the division follows the Polish standards and is made in respect of potassium, sodium, phosphorus and sulphates contents.

STUDY OF POST-FLOOD SOIL CHEMISTRY

In July, 1997, southern and south-western Poland was affected by extreme flood. More or less, one third of the area surveyed in the frame of the Atlas programme was inundated. In autumn season of 1997, extended sampling programme was conducted aimed at collecting additional 280 soil samples from inundated area and at comparing pre-flood soil composition with that of post-flood period. In most cases the samples were collected from the same sampling points as before. The same procedure as before was followed when collecting, preparing, analysing and presenting the post-flood samples in a statistical (Tables XIII and XIV) and cartographic (Plates 69–72) way. Maps were compiled using a triangulation method – as it allows for more precise locating of abnormal values than the reverse distance method does (the effect of adjacent points on the mean value at the nodal point is considerably smaller as only three nearest points are used in calculation). Plates 69–72 contain couples of maps to show contents of selected elements (such as As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, S and Zn) in soils of Wrocław and environs before the flood (map A) and after (map B).

Statistical parameters compiled in Table XIII for two sample sets (that of 1995 and 1997) reveal that practically the flood did not affect the chemistry of inundated soils. Mean contents are identical for most of elements. Maximum concentrations of many elements (silver, aluminium, barium, beryllium, calcium, magnesium, lead, sulphur, strontium, titanium) after the flood are smaller that those before. However, maximum, post-flood concentrations of cadmium, chromium, copper and zinc are higher than those in pre-flood period. Soil reaction occurred to be unaffected by inundating waters.

In general, cartographic representation of particular element contents in soils in pre-flood and post-flood periods are very similar (maps A and B). Most of the Wrocław centre and the area of the Osobowice Field – both with significant Cd, Cu, Hg, Pb and Zn anomalies – remained unaffected by high water. In principle, contours of visibly abnormal zones within the flood-affected areas also did not change. New small anomalies that appeared on maps B were concluded from the analysis of individual samples, not always collected at the same places as before the flood. Visible changes in element contents in unaffected areas (not included in repeated sampling program) resulted from the effect of changes in element concentrations at sampling points within the flood-affected areas.

Table XIV was compiled to show surface areas with concentrations above accepted limits of particular elements in the pre- and post-flood periods. In the majority of cases the areas of particular elements occurred to be increased or decreased by several to twenty square kilometres. Distinct differences were noticed only in cases of mercury and sulphur. Mercury was partly washed out from soils in the southern course of the Odra valley within the study area. An inverse situation deals with sulphur – as the total number of soil zones affected by elevated sulphur content have increased in the Odra, Ślęza and Bystrzyca valleys. A comparison between maps A and B indicates that wash-out of cadmium from soils in the Odra valley upstream of Wrocław was also likely. Soils in the Bystrzyca valley occurred to be enriched (apart from sulphur) in cadmium and chromium.

The occurrence of elevated element concentrations in alluvial soils of the Odra valley is connected with both the character of those soils (with high content of sorptive constituents such as organic matter and clay minerals) and long-term human activity (development of industry and transport and urbanisation as well). Anomalies existing in the study area occurred to be firmly established in the geochemical landscape so that the flood of July, 1997, despite its huge extent and damage caused, did not change the geochemical situation that has developed for years.

RECAPITULATION

The geochemical landscape of surficial environments within the survey area is relatively simple. Type of geological substratum is a decisive factor affecting cartographic images of soils. A distinct difference is clearly visible in concentrations of a number of elements between north-eastern and south-western regions. Clayey and silty soils are dominant in the area south and south-west of Wrocław (Plate 1); their pH is neutral and they are enriched in aluminium, calcium, cobalt, chromium, iron, magnesium, nickel, titanium and vanadium in comparison with sandy soils in the north-eastern region with usually slightly acidic to very acidic reaction. A difference that appears in development of soils and their chemistry is caused by the occurrence in the south-western region of loess-like formation, rich in clay minerals and carbonates. It is likely that of some importance is also a shallow occurrence of clayey formation of Tertiary age on the western side of the Odra.

Alluvial soils in the Odra valley distinguish themselves by the highest concentrations of the majority of elements. Medium and heavy muds are common here; they contain constituents of high metal-related sorption capacity such as clay minerals and organic matter. A considerable share of material transported by the Od-

ra and its tributary, the Bystrzyca, comes from the Sudetes as an area of the occurrence of magmatic and metamorphic rocks with a rich assemblage of trace minerals and abundant evidences of ore mineralization. This is the reason that alluvial soils of both rivers are enriched in such elements as aluminium, arsenic, barium, cobalt, chromium, iron, manganese, nickel and titanium. As concerns abnormal contents of cadmium, mercury, lead and zinc – their presence in alluvial soils is due to the anthropogenic pollution transported by the Odra waters from the Upper Silesian area subjected for many years to intensive extraction of hard coal and zinc-lead ore deposits as well as ore dressing.

Distinct anomalies of a number of elements (arsenic, barium, cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead and zinc) are noted in soils of two regions in the Odra valley: the neighbourhood of river bends north-eastern of Siechnice and the area south of Jelcz. It seems likely that conditions exist in both regions enhancing the accumulation of material transported by the river at high stages (decreased velocity of current, the occurrence of fen soils enriched in organic matter).

The elevated contents of iron, manganese and vanadium in the Blizanowice and Groblice region can be connected with bog ores and nest-like accumulations of manganese compounds.

Local pollution sources of anthropogenic origin have their part in the pollution of soils. The area of the "Osobowice" Irrigation Field is the characteristic site in the geochemical landscape of Wrocław and environs. The Field has been operational for over a century; municipal effluents being discharged here contributed to contamination of soils by such metals as silver, cadmium, chromium, copper, mercury, lead and zinc. As refers to the "Dobrzykowice" Irrigation Field, no record indicates elevated metal concentrations in soils.

The effect of local pollution sources is evidenced by the increase in contents of many metals (such as: barium, cadmium, chromium, copper, mercury, phosphorus, lead and zinc) in urban soils in Wrocław. The main anomalies appear in the town centre (an inner city and Old Town) and in the region of "Hutmen" – the Non-Ferrous Metals Metallurgical Plant, with the latter connected with cadmium, copper, lead and zinc. Highest contents of cadmium (37.3 ppm), copper (601 ppm) and lead (514 ppm) were determined on soil samples collected from a lawn in immediate vicinity of the "Hutmen" Plant. Attention should be paid to the compilation of statistical parameters of soils in the urban areas, showing that high metal contents (barium, copper, mercury, lead and zinc) occur in soils in allotment gardens.

Geochemical survey conducted around non-active "Siechnice" smelter and its heap did not reveal metal concentrations in soils at increased level.

The cultivable soils in the study area contain metals in concentrations similar to those in clayey soils in other unpolluted regions of Poland. Soils of grassland are characterised by elevated – in comparison with cultivable soils – metal contents. This results from the fact that frequently the meadows occur on alluvial soils of the Odra valley. Forest soils are distinguishable because of the lowest concentrations of elements. In general, forest soils are acidic or very acidic due to their development on sandy-gravely formation.

The repeated study of soils affected by flood of July, 1997 did not reveal essential changes in chemical composition of soils due to inundation. The flood was a too short episode to alter geochemical landscape that has developed for years.

Due to elevated concentrations of the majority of elements under laboratory examination (aluminium, arsenic, barium, cadmium, cobalt, chromium, iron, mercury, magnesium, nickel, phosphorus, lead, sulphur, strontium, titanium, vanadium and zinc), alluvia of the Odra distinguish themselves in the cartographic image of water sediments. The Odra waters are the sources of those abnormal metal concentrations, as they wash out eroded material from the southern part of the Odra catchment area and collect effluents produced by a number of industrial plants situated in the upper river course. Attention should be paid to high concentrations of barium, cadmium, mercury, lead, strontium and zinc in the Odra water sediments – being undoubtedly a result of discharge to the rivers of effluents and mine waters from the Upper Silesian area.

Increased concentrations of a group of elements such as cadmium, chromium, copper, mercury, nickel, titanium and vanadium is a characteristic feature of water sediments of the Bystrzyca. It is expected that material carried by the river waters from the Sudetes is the source of those elevated concentrations; in part, municipal and industrial effluents coming from sources within the catchment area of the Bystrzyca are also responsible for that situation. Alluvium of the Szalona can be distinguished among other rivers due to increased medium concentrations of metals. Alluvium of this river is enriched in cadmium, manganese, phosphorus, lead, sulphur and strontium – most likely due to the discharge of effluents, mostly from Siechnice and Święta Katarzyna.

Among small water courses, alluvia of the irrigation fields at Osobowice are also distinguishable because of high concentrations of the majority of metals. For instance, cadmium concentration was recorded at the level of 55.7 ppm, copper reaches 646 ppm, mercury – 6.61 ppm, lead – 284 ppm and zinc – 4 413 ppm. Similarly to soils in this area, the pollution of those sediments originates from spreading the municipal effluents collected from the Wrocław area. Also, the discharge of industrial effluents causes that very high concentrations of metals are recorded in alluvium of the Ługowizna Stream (downstream of Żerniki) and in sediments of the Młynówka Jelecka Stream (downstream of the car factory at Jelcz). Sediments of the Ługowizna contain high concentrations of cadmium, chromium, copper, nickel, phosphorus, lead, strontium and zinc – whereas the elevated concentrations of silver, cadmium, chromium, iron, mercury, phosphorus, lead and sulphur were recorded in alluvia of the Młynówka Jelecka.

Surface waters in the study area are characterised by poor mineralization and neutral reaction.

Enrichment in calcium, magnesium, strontium and sulphates is characteristic for waters in south-western part of the study area, and this fact can be connected with the occurrence of loess-like formation in the area south of Wrocław.

In general, concentrations of particular elements in waters of rivers and greater streams are rather equalised. More distinct differentiation in concentrations can be observed in small streams and water courses – where effects of local pollution sources are more evident.

Waters of the Odra draw attention by increased concentrations of boron, barium, lithium, sodium, phosphorus, strontium and zinc as compared with other rivers and surface water bodies. However, only sodium and phosphorus are connected with such a high concentrations that in part classify those waters among substandard classes. In respect of phosphorus content, almost 83% of the Odra waters and approx. 35–38% of waters in small streams and courses can be assessed below any standards. Relatively high pollution with phosphorus – not only of the Odra waters but also of the majority of waters in smaller courses and water bodies – makes evidence that such the situation is caused by surface flow.

With respect to sodium content – only 5% of waters can be classified among substandard water quality class while first and second classes group as much as 83% of the Odra waters under examination. Sources of pollution are connected with saline waters and brines discharged from the region of hard coal mines in Upper Silesia. It is likely that lithium, barium, strontium and zinc in the Odra waters also come from the Upper Silesian area.

The potassium content is the reason that the majority of waters under this study are classified among first and second water quality classes. The greatest share of substandard waters deals with small water courses; it is likely that potassium fertilizers used in agriculture are the source of potassium.

Zinc in excess of criteria decisive for surface water purity has not been found in rivers and streams within the surveyed area. Abnormal zinc content is mostly noted in small water courses.

As respects irrigation ditches within the "Osobowice" Field, they are distinguishable due to elevated contents of arsenic, boron, cobalt, copper, potassium, nickel, phosphorus and zinc.

LITERATURA
REFERENCES

1. ADAMKIEWICZ A., CHODAK T., DĘBOWSKI M., KABAŁA C., KASZUBKIWICZ J., KARCZEWSKA A., KWIATKOWSKA-SZYGULSKA B., LACHOWICZ M., LEWCIO M., MEINHARDT B., SIWKA A., SZERSZEŃ L., TOMASZEWSKA K., WRONA J., ŻYNIEWICZ Ś., 1998 – Ocena stanu środowiska na obszarach objętych powodzią w 1997 roku; województwo wrocławskie. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Wrocław.
2. ASSMANN P., BARSCH O., CRAMER R., QUITZOW W., SOENDEROP F., TIETZE O., 1912 – Geologische Karte von Preussen und benachbarten Bundesstaaten, 1:25 000, Blatt Gr. Nädlitz, Lief. 179. Berlin.
3. BADURA J., PRZYBYLSKI B.,1996 – Arkusz Wrocław Mapy geologicznej Polski 1:200 000., wyd. A. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
4. BADURA J., CYMERMAN Z., PRZYBYLSKI B., J., 1998 – Objaśnienia do Mapy geologicznej Polski 1:200 000, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
5. BARSCH O., TIETZE O., 1912 – Geologische Karte von Preussen und benachbarten Bundesstaaten, 1:25 000, Blatt Schmolz, Lief. 179. Berlin.
6. BARSCH O., TIETZE O., MICHAEL R., SCHLUNK F., SCHNEIDER O., SOENDEROP F., TORNAU F., 1912 – Geologische Karte von Preussen und benachbarten Bundesstaaten, 1:25 000, Blatt Kattern, Lief. 179. Berlin.
7. BIRKE M., RAUCH U., 1994 – Geochemical investigation in the urban area of Berlin. Federal Institute of Geosciences and Natural Ressources. Berlin.
8. BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1992 – Formy występowania kadmu, ołowiu i cynku we współczesnych osadach aluwialnych Polski. *Prz. Geol.* 8.
9. BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1993 – Monitoring geochemiczny osadów wodnych Polski. *Pr. Min. Komis. Nauk Miner. PAN.*, nr 83.
10. BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1994 – Wyniki monitoringu geochemicznego osadow wodnych Polski w latach 1991 – 1993. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
11. BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1997 – Wpływ górnictwa i hutnictwa rud metali na zanieczyszczenie pierwiastkami śladowymi aluwiów Odry. *Prz. Geol.* nr 7.
12. BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., GLIWICZ T, 1997 – Ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi wód i aluwiów Odry. Arch. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
13. BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., KONIECZYŃSKA M., 1998 – Impact of mine water disposal on concentration of barium and strontium in waters and sediments of the Odra river. *Geol. Quart.* Kwart. Geol., 42 (1).
14. BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., SZTYRAK T., 1992 – Metale ciężkie we współczesnych osadach aluwialnych Wisły, Odry, Warty i Bugu. *Prz. Geol.* nr 6.
15. BORKOWSKI J., ROSZYK E., 1978 – Wpływ zapylenia żużlem żelazo-chromowym na skład i właściwości gleb użytkowanych rolniczo. *Rocz. Glebozn.*, t. 29,. nr 1.
16. BORKOWSKI J., ROSZYK E., 1991 – Wpływ zapylenia żużlem żelazochromowym na rozmieszczenie chromu w profilach gleb użytkowo-rolniczych. Mat. Konf. „Geologiczne aspekty ochrony środowiska". Kraków.
17. CHODAK T., SZERSZEŃ L., KABAŁA C., 1995 – Metale ciężkie w glebach i warzywach ogródków działkowych Wrocławia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 418.
18. CRITERES provisoires canadiens de qualité environnementale pour les lieux contaminés, 1991 – Rapport CCME-EPC-CS34. Le Conseil canadien des ministres de l'environnement. Ottawa.
19. CWOJDZIŃSKA-RUZIEWICZ K., 1990 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Laskowice Olawskie. Państw. Inst. Geol. Warszawa

20. CZARNOWSKA K, 1980 – Akumulacja metali ciężkich w glebach, roślinach i niektórych zwierzętach na terenie Warszawy. *Roczn. Glebozn.*, t. 31, nr 1.
21. CZARNOWSKA K., 1995 – Gleby i rośliny w środowisku miejskim. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 418.
22. CZARNOWSKA K., GWOREK B., KOZANECKA T., JANOWSKA E., 1983 – Spatial distribution of heavy metals in soils and soil pH in Warsaw area. *Pol. Ecol. Stud.*, t. 9, nr 1–2.
23. CZYŻYK F., 1995 – Wpływ ścieków na skład chemiczny gleb. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 418.
24. DIRECTIVE du conseil du 12 juin 1986 relative á la protection de l'environnement et notamment des sols, lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture (86/278/CEE). Journal officiel des Communautés européennes, No L181/6. Bruxelles.
25. EIKMANN T., KLOKE A., 1991 – Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden. Mitt. *VDLUFA* 1.
26. GIZLER H., 1986 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Oborniki Śląskie. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
27. GROCHOLSKI A., SAWICKI L., WROŃSKI J.,1981 – Arkusz Wałbrzych Mapy geologicznej Polski 1:200 000., wyd. A. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
28. JAŚNIEWICZ E., BOŻEK A., SZYJKOWSKA U., 1995 – Metale ciężkie w wodach i aluwiach Odry, część I, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Wrocław.
29. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993 – Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN.Warszawa.
30. KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH C., 1995 – Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
31. KARCZEWSKA A., CHODAK T., SZERSZEŃ L., 1991 – Ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi czarnych ziem wrocławskich przyległych do autostrady w rejonie Wrocławia. Mat. Konf. „Geologiczne aspekty ochrony środowiska". Kraków.
32. KONDRACKI J., 1998 – Geografia regionalna Polski. PWN. Warszawa.
33. KOWALKOWSKI A., TRUSZKOWSKA R., BORZYSZKOWSKI J., 1994 – Mapa regionów morfogenetyczno-glebowych Polski w skali 1:500 000. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze. Warszawa.
34. KOWALSKI W., SZPILA K., WYRWICKI R., 1974 – Konkrecje barytowe w iłach serii poznańskiej Stabłowic. *Kwart. Geol.* t. 18. nr 2.
35. KRÓLIKOWSKI C., KUCHARSKA S., KUCHARSKI R., LINOWSKI H, PACZYŃSKI B., TWAROGOWSKI J., 1992 – Mapa lokalizacji większych zbiorników wodnych i ognisk zanieczyszczeń na tle pierwszego poziomu użytkowego wód podziemnych w Polsce. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
36. LIS. J., 1992 – Atlas geochemiczny Warszawy i okolic 1:100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
37. LIS J., PASIECZNA A., 1995a – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
38. LIS J., PASIECZNA A., 1995b – Atlas geochemiczny Krakowa i okolic 1:100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
39. LIS J., PASIECZNA A., 1995c – Atlas geochemiczny Górnego Śląska 1:200 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
40. LIS J., PASIECZNA A., 1998a – Atlas geochemiczny aglomeracji łódzkiej 1:100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
41. LIS J., PASIECZNA A., 1998b – Atlas geochemiczny aglomeracji szczecińskiej 1:200 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
42. LUX W., 1993 – Long-term heavy metal and As pollution of soils, Hamburg, Germany. *Applied Geochemistry.* Suppl. Issue. no 2.
43. ŁABNO A., 1988 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1: 50 000, ark. Leśnica. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
44. ŁABNO A., 1991 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Leśnica. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
45. MEINHARDT B., 1994 – Arsen w glebach i roślinach miasta Wrocławia i na terenach wodonośnych. *Zesz. Nauk.* 8. PAN „Człowiek i Środowisko". Warszawa.
46. MEINHARDT B., MLECZKO E., 1995 – Ocena stanu zanieczyszczenia metalami ciężkimi gleb w województwie wrocławskim. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Wrocław
47. NORMA branżowa BN-75/9180-03, 1975 – Agrotechnika. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie wartości pH. *W:* Dziennik Norm i Miar nr 7/1975 poz. 9. Warszawa.
48. OBERC J., 1962 – Monoklina wrocławska i jej stosunek do jednostek sąsiednich. *Prz. Geol.* nr 11.
49. PATERSON E., SANKA M., 1994 – Urban soils as pollutant sinks. Conf. „3rd International Symposium on Environmental Geochemistry". Kraków.
50. RAPORT o stanie środowiska w województwie wrocławskim w roku 1994 (praca zbiorowa). Państw. Inspekcja Ochr. Środ., Woj. Inspektorat Ochr. Środ. we Wrocławiu, 1995 – Biblioteka Monitoringu Środowiska. Wrocław.
51. RAPORT o stanie środowiska województwa wrocławskiego w roku 1996 (praca zbiorowa). Woj. Inspektorat Ochr. Środ. we Wrocławiu, Wydział Ochr. Środ. Urzędu Woj. we Wrocławiu, 1997 – Biblioteka Monitoringu. Środowiska. Wrocław.
52. ROSZAK W., 1991 – Kształtowanie się składu chemicznego płytkich wód podziemnych w pradolinie Odry w rejonie Wrocławia. *Pr. Geol.-Miner.* t. 20.
53. ROSZYK E., ROSZYKOWA S., 1975 – Ołów w glebach i roślinach w pobliżu dróg na terenie Wrocławia. *Rocz. Glebozn.*, t. 26, z. 1.
54. ROZPORZĄDZENIE 503 Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. Dziennik Ustaw nr 116. Warszawa.
55. RÓŻKOWSKA A., PTAK B., 1995 – Bar w węglach kamiennych Górnego Śląska. *Prz. Geol.* nr 3.
56. RÓŻYCKI M., 1968 - Budowa geologiczna okolic Wrocławia. *W:* Z badań geologicznych na Dolnym Śląsku. *Biul. Inst. Geol.* 214.
57. ŠAJN R., BIDOVEC M., ANDJELOV M., PIRC S., GOSAR M., 1998 – Geochemical atlas of Ljubljana and environs. Inštitut za Geologijo, Geotehniko in Geofiziko. Ljubljana.
58. STRAHL A., 1972 – Współzależność niektórych mikroelementów w glebie i roślinie. *Rocz. Glebozn.*, t. 23, nr 2.
59. SZAŁAMACHA M., SZAŁAMACHA J., 1996 – Objaśnienia do Mapy geologicznej Polski 1:200 000, ark. Wałbrzych. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
60. TAYLOR R., BOGACKA T., RYBIŃSKI J., NIEMIRYCZ E., ŻELECHOWSKA A., MAKOWSKI Z., KORZEC E., 1992 – Rolnicze zanieczyszczenia obszarowe w wodach powierzchniowych. Biblioteka Monitoringu Środowiska. PIOŚ. Warszawa.
61. TIETZE O., BEHR J., 1932a – Geologische Karte von Preussen und benachbarten deutschen Ländern, 1:25 000, Blatt Deutsch-Lissa, Lief. 281. Berlin.
62. TIETZE O., BEHR J., 1932b – Geologische Karte von Preussen und benachbarten deutschen Ländern, 1:25 000, Blatt Breslau (Nord), Lief. 281. Berlin.
63. TWARDOWSKA I., 1989 – Składowisko żużla huty żelazochromu „Siechnice" jako potencjalne źródło zagrożenia jakości wód ujęcia dla Wrocławia. Mat. Konf. „Alternatywne źródła zaopatrzenia Wrocławia w wodę". Wrocław.
64. TWARDOWSKA I., 1993 – Chrom w strefie aeracji i w wodach podziemnych rejonu Siechnic koło Wrocławia na tle natężenia i rodzaju emisji. *Pr. Miner. PAN Oddział w Krakowie*, nr 83.
65. WAJDA S., ŻUREK J. (red.), 1993 – Klasyfikacja wód. Dyrektywy EWG: 77/440/EEC i 80/778/EEC. Inst. Ochr. Środ. Warszawa
66. WINNICKA G., 1987 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
67. WINNICKA G., 1988 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
68. WINNICKI J., 1990 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Trzebnica. Wyd. Geol. Warszawa.
69. WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1994 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania.T.1. PIOŚ. Warszawa.
70. WITEK B., KOŁWZAN B., HORN J., PAWŁOW M., 1994 – Geochemical characterization of heavy metals distribution in bottom sediment of the Oława river at Wrocław. Conf. "3rd International Symposium on Environmental Geochemistry". Kraków.

Spis tablic
List of Plates

A. Mapa geologiczna. Geological map
B. Zabudowa. Land development
C. Użytkowanie terenu. Land use

GLEBY. SOILS

1. Grupy składu mechanicznego gleb. Textural classes of soils
2. pH – Kwasowość. Acidity
3. Ag – Srebro. Silver
4. Al – Glin. Aluminium
5. As – Arsen. Arsenic
6. Ba – Bar. Barium
7. Be – Beryl. Beryllium
8. $C_{org.}$ – Węgiel organiczny. Organic carbon
9. Ca – Wapń. Calcium
10. Cd – Kadm. Cadmium
11. Co – Kobalt. Cobalt
12. Cr – Chrom. Chromium
13. Cu – Miedź. Copper
14. Fe – Żelazo. Iron
15. Hg – Rtęć. Mercury
16. Mg – Magnez. Magnesium
17. Mn – Mangan. Manganese
18. Ni – Nikiel. Nickel
19. P – Fosfor. Phosphorus
20. Pb – Ołów. Lead
21. S – Siarka. Sulphur
22. Sr – Stront. Strontium
23. Ti – Tytan. Titanium
24. V – Wanad. Vanadium
25. Zn – Cynk. Zinc

OSADY WODNE. WATER SEDIMENTS

26. Ag – Srebro. Silver
27. Al – Glin. Aluminium
28. As – Arsen. Arsenic
29. Ba – Bar. Barium
30. Be – Beryl. Berylliun
31. Ca – Wapń. Calcium
32. Cd – Kadm. Cadmiun
33. Co – Kobalt. Cobalt
34. Cr – Chrom. Chromium
35. Cu – Miedź. Copper
36. Fe – Żelazo. Iron
37. Hg – Rtęć. Mercury
38. Mg – Magnez. Magnesium
39. Mn – Mangan. Manganese
40. Ni – Nikiel. Nickel
41. P – Fosfor. Phosphorus
42. Pb – Ołów. Lead
43. S – Siarka. Sulphur
44. Sr – Stront. Strontiun
45. Ti – Tytan. Titanium
46. V – Wanad. Vanadium
47. Zn – Cynk. Zinc

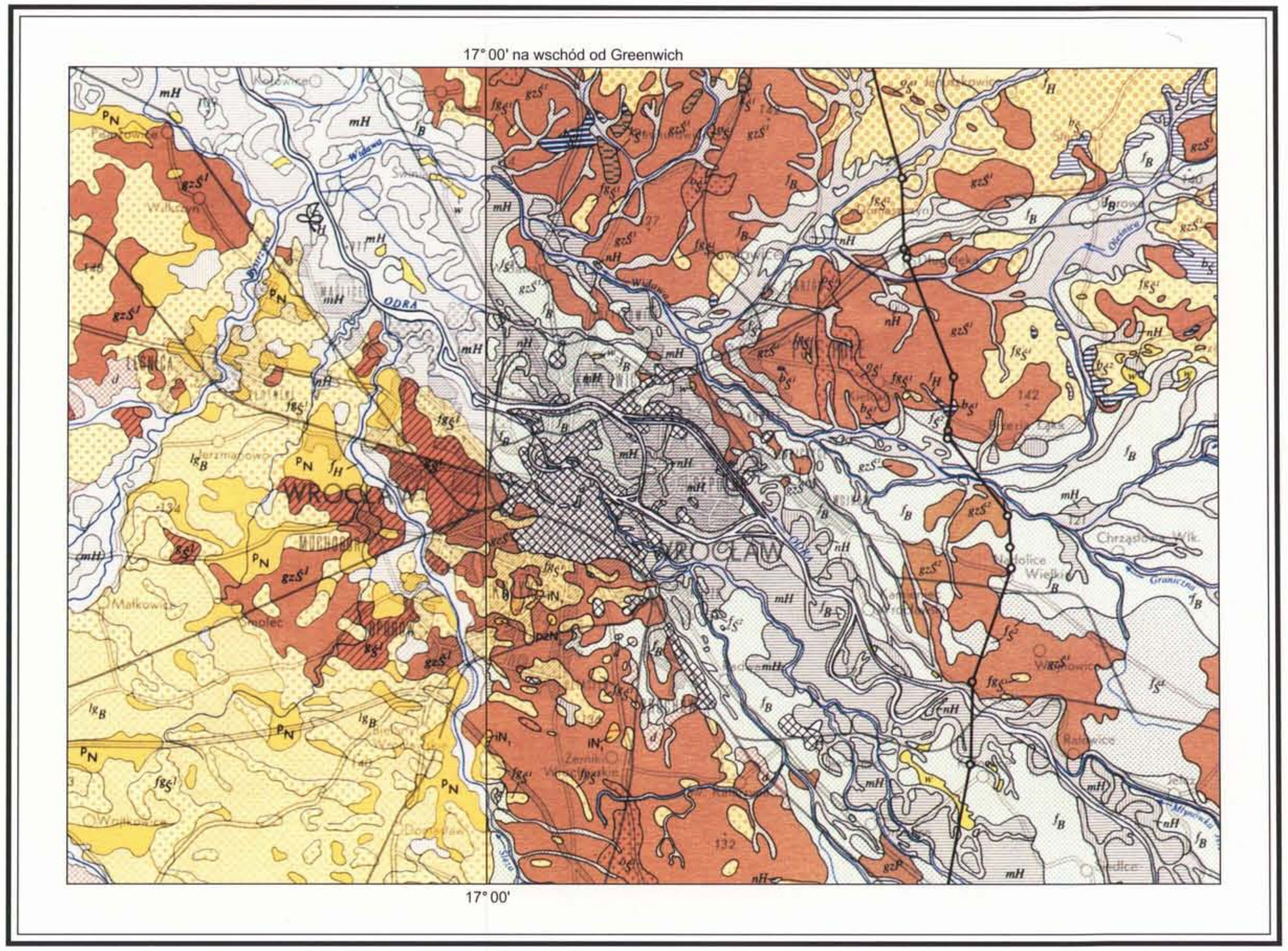
WODY POWIERZCHNIOWE. SURFACE WATERS

48. pH – Kwasowość. Acidity
49. Przewodność elektryczna. Conductivity
50. Al – Glin. Aluminium
51. B – Bor. Boron
52. Ba – Bar. Barium
53. Ca – Wapń. Calcium
54. Co – Kobalt. Cobalt
55. Cu – Miedź. Copper
56. Fe – Żelazo. Iron
57. K – Potas. Potassium
58. Li – Lit. Lithium
59. Mg – Magnez. Magnesium
60. Mn – Mangan. Manganese
61. Na – Sód. Sodium
62. Ni – Nikiel. Nickel
63. P – Fosfor. Phosphorus
64. SiO_2 – Krzemionka. Silica
65. SO_4 – Siarczany. Sulphates
66. Sr – Stront. Strontium
67. Y – Itr. Yttrium
68. Zn – Cynk. Zinc

ZMIANY KONCENTRACJI PIERWIASTKÓW W GLEBACH NA SKUTEK POWODZI
FLOOD-AFFECTED VARIATIONS IN CONCENTRATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN SOILS

69. As – Arsen. Arsenic
    Cd – Kadm. Cadmiun
70. Cr – Chrom. Chromium
    Cu – Miedź. Cooper
71. Hg – Rtęć. Mercury
    Pb – Ołów. Lead
72. S – Siarka. Sulphur
    Zn – Cynk. Zinc

MAPA GEOLOGICZNA
GEOLOGICAL MAP



© Copyright by PIG, Warszawa 1998

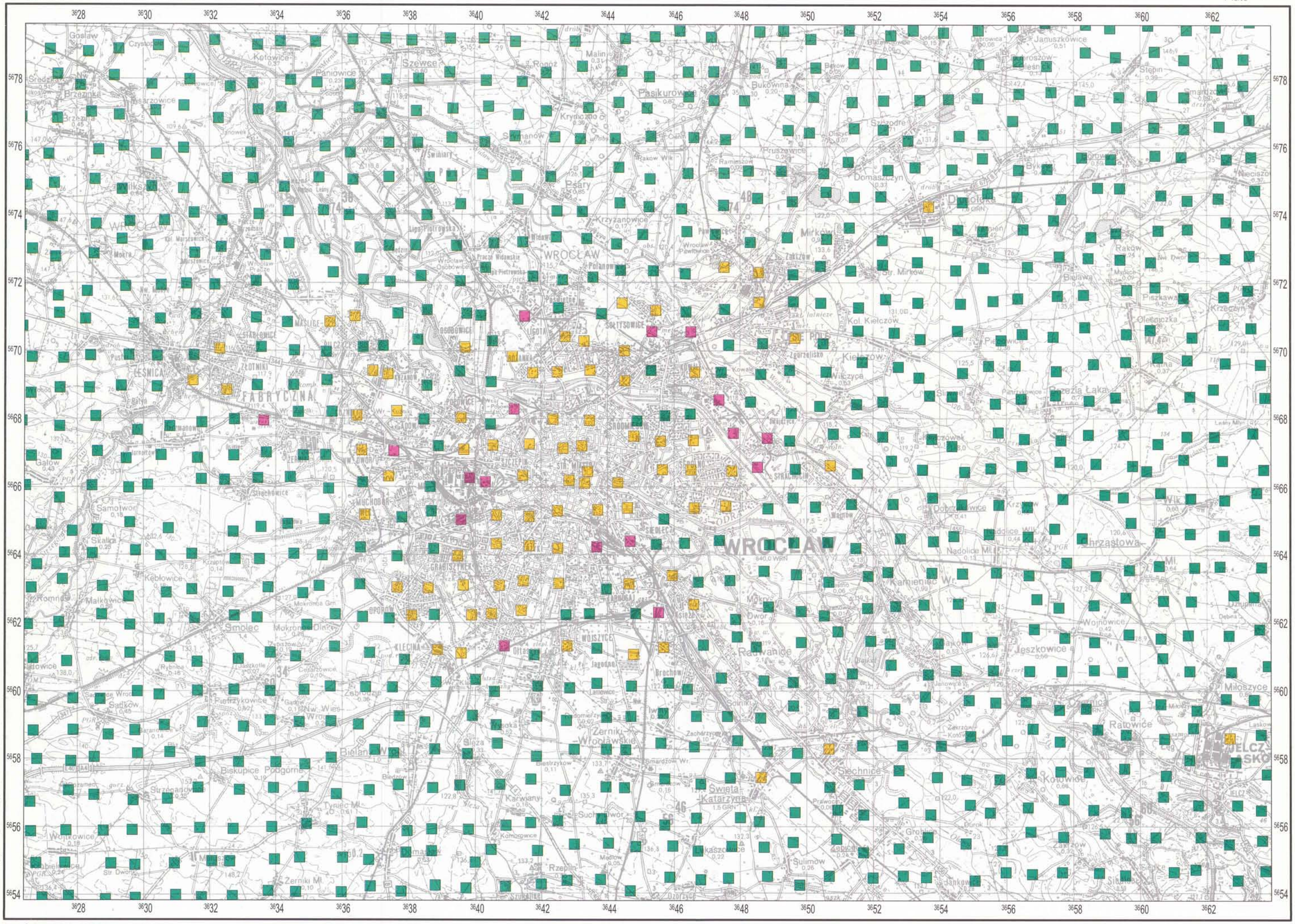
1:200000

			Symbol	Objaśnienie	
CZWARTORZĘD	HOLOCEN		nH	Namuły	
			lH	Mułki, piaski i kredy jeziorne	
			mH	Mady rzeczne	
			fH	Mułki, piaski i żwiry rzeczne	
			d	Piaski, gliny deluwialne i rumosze skalne	
			w	Piaski eoliczne w wydmach	
	PLEJSTOCEN	NEOPLEJSTOCEN	fB	Piaski i żwiry rzeczne	ZLODOWACENIE PÓŁNOCNOPOLSKIE
			lB	Lessy i gliny lessopodobne	
			lgB	Lessy gliniaste i gliny lessopodobne	
			bS	Mułki i piaski zastoiskowe	ZLODOWACENIE ŚRODKOWOPOLSKIE
			fS	Piaski, żwiry i mułki rzeczne	
			gzS	Glina zwałowa	
			fgS	Piaski i żwiry wodnolodowcowe	
			bS	Mułki i piaski zastoiskowe	
			kS	Piaski, żwiry i mułki kemów	
			oS	Piaski i żwiry ozów	
			gS	Piaski, żwiry i głazy lodowcowe	
			gzS	Glina zwałowa	
			fgS	Piaski, żwiry i mułki wodnolodowcowe	
			bS	Mułki, iły i piaski zastoiskowe	
		MEZOPLEJSTOCEN	gzP	Glina zwałowa	ZLODOWACENIE POŁUDNIOWOPOLSKIE
TRZECIORZĘD	NEOGEN		PN, iN	Iły zielone i brunatne, w stropie miejscami pstre, mułki i piaski, pokłady i soczewy węgli brunatnych, podrzędnie żwiry (seria poznańska)	
			pžN	Piaski i żwiry z przewarstwieniami iłów kaolinowych (seria Gozdnicy)	
				Nasypy	
				Stanowiska flory (H – holocen)	

Skorowidz wykorzystanych materiałów

1	2

1. Mapa geologiczna Polski 1:200 000, wydanie A, ark. Wałbrzych – – A. Grocholski, L. Sawicki, J. Wroński, 1981
2. Mapa geologiczna Polski 1:200 000, wydanie A, ark. Wrocław – – J. Badura, B. Przybylski, 1996



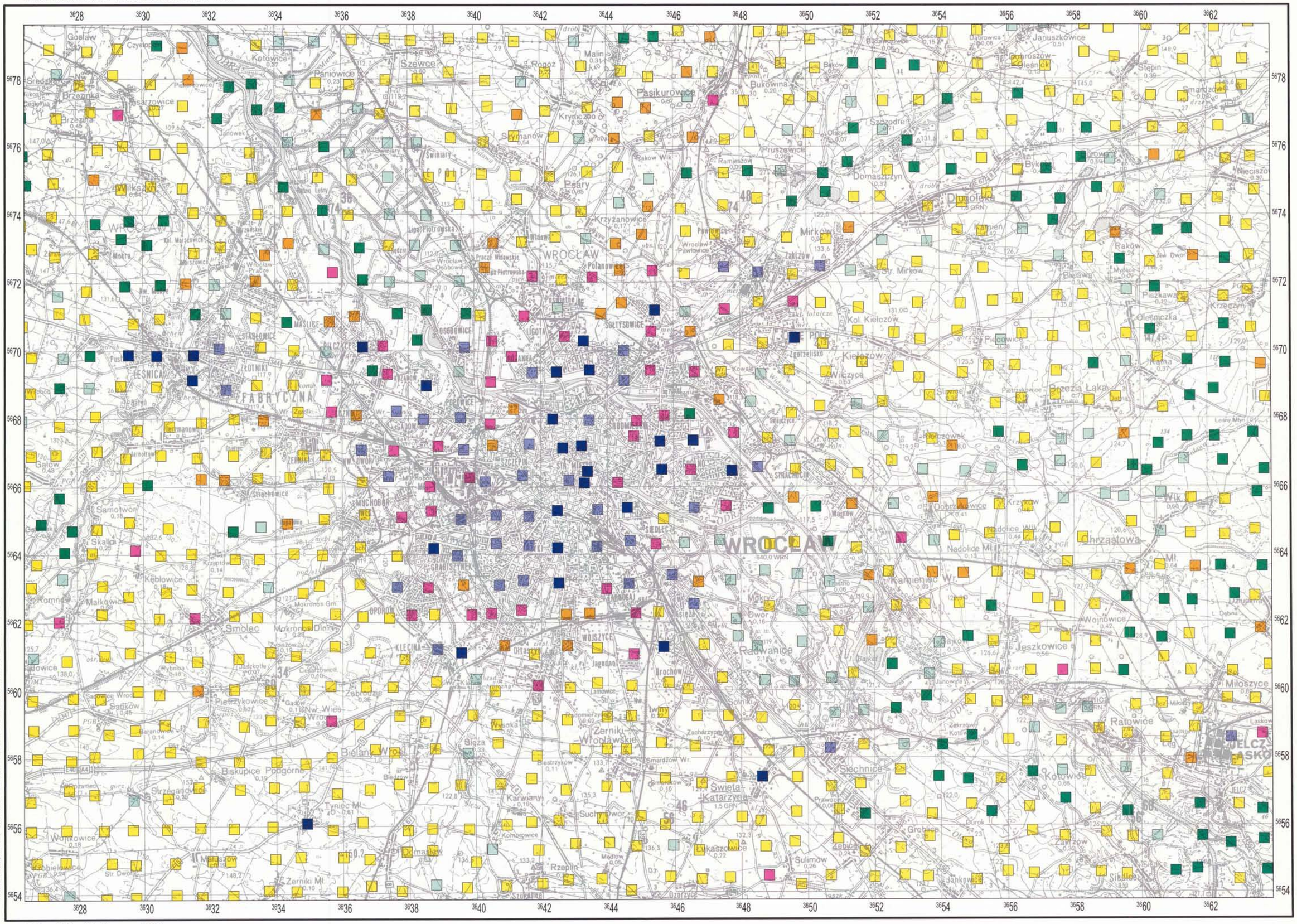
Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1996 r.

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

ZABUDOWA
LAND DEVELOPMENT

- Tereny niezabudowane i z zabudową wiejską – Undeveloped areas and village development
- Tereny z zabudową miejską – Urban development
- Tereny z zabudową przemysłową – Industrial development



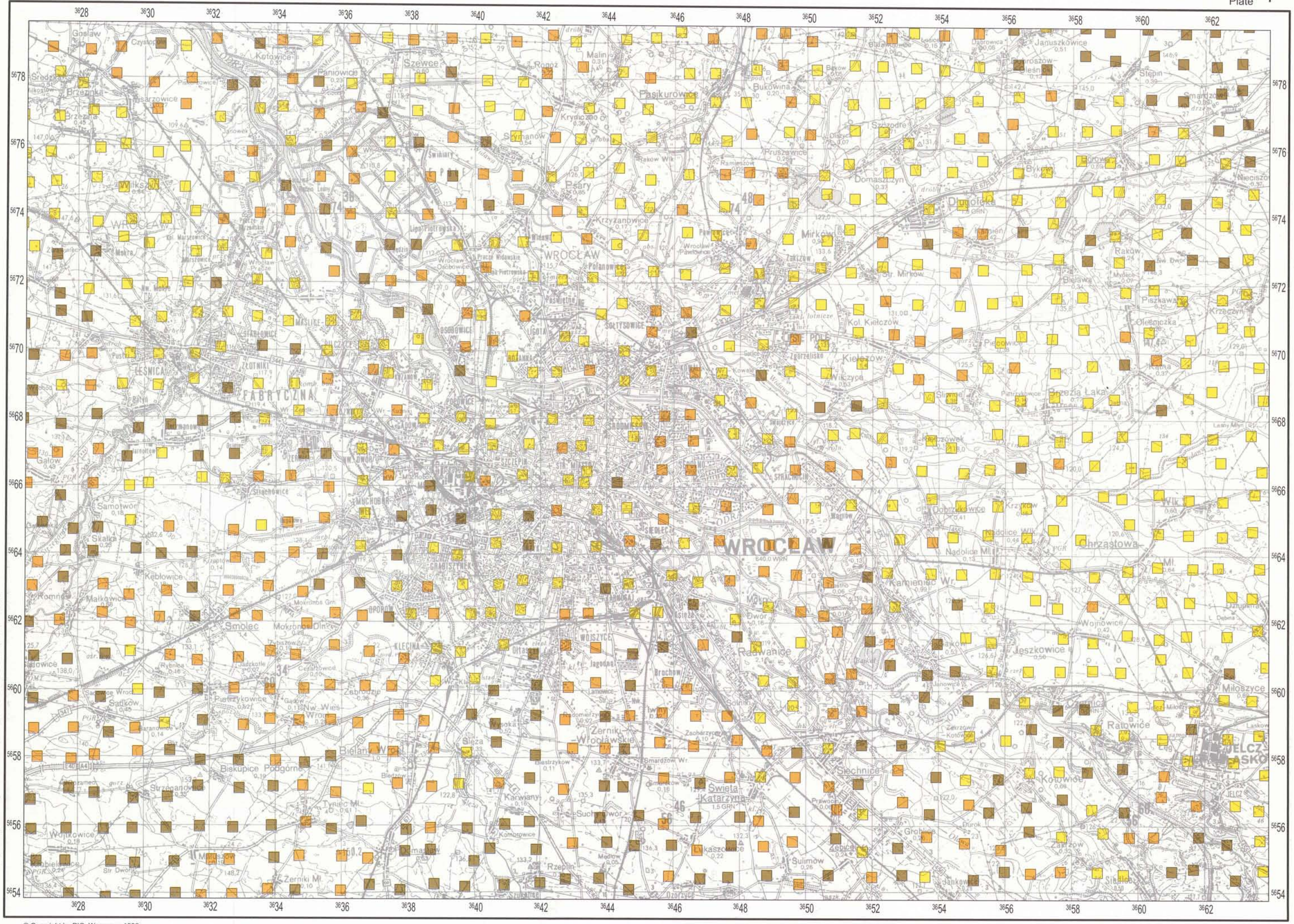
Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1996 r.

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

UŻYTKOWANIE TERENU
LAND USE

- Pola uprawne – Cultivated fields
- Lasy – Forests
- Łąki – Meadows
- Nieużytki i ugory – Barren land and fallows
- Trawniki – Lawns
- Parki – City parks
- Ogródki działkowe – Allotments



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

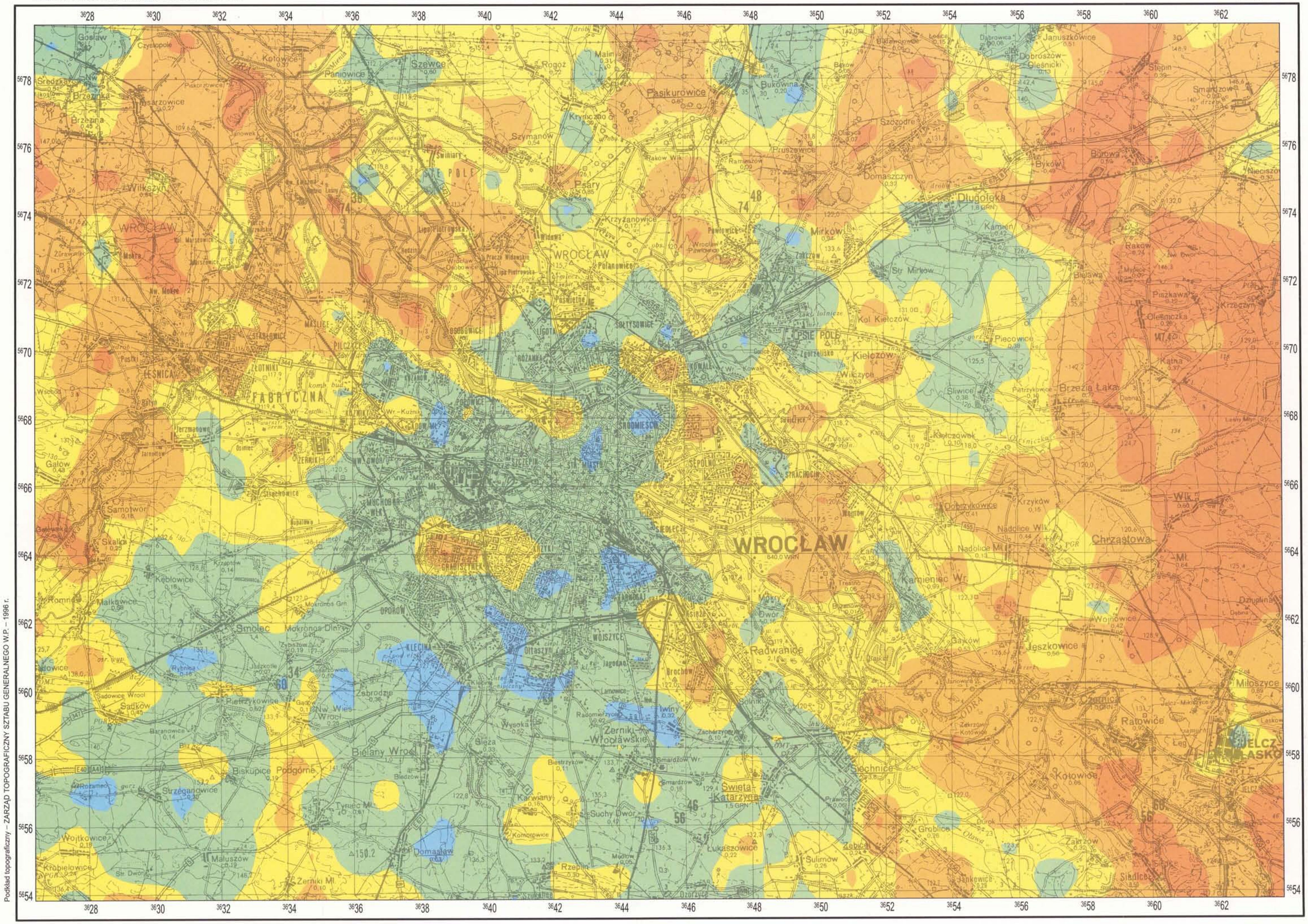
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

GRUPY SKŁADU MECHANICZNEGO GLEB
SOIL TEXTURAL CLASSES

- Gleby piaszczyste – Sandy soils
- Gleby gliniaste – Loamy soils
- Gleby pylaste – Silty soils

GLEBY
SOILS



© Copyright by PIG, Warszawa 1998

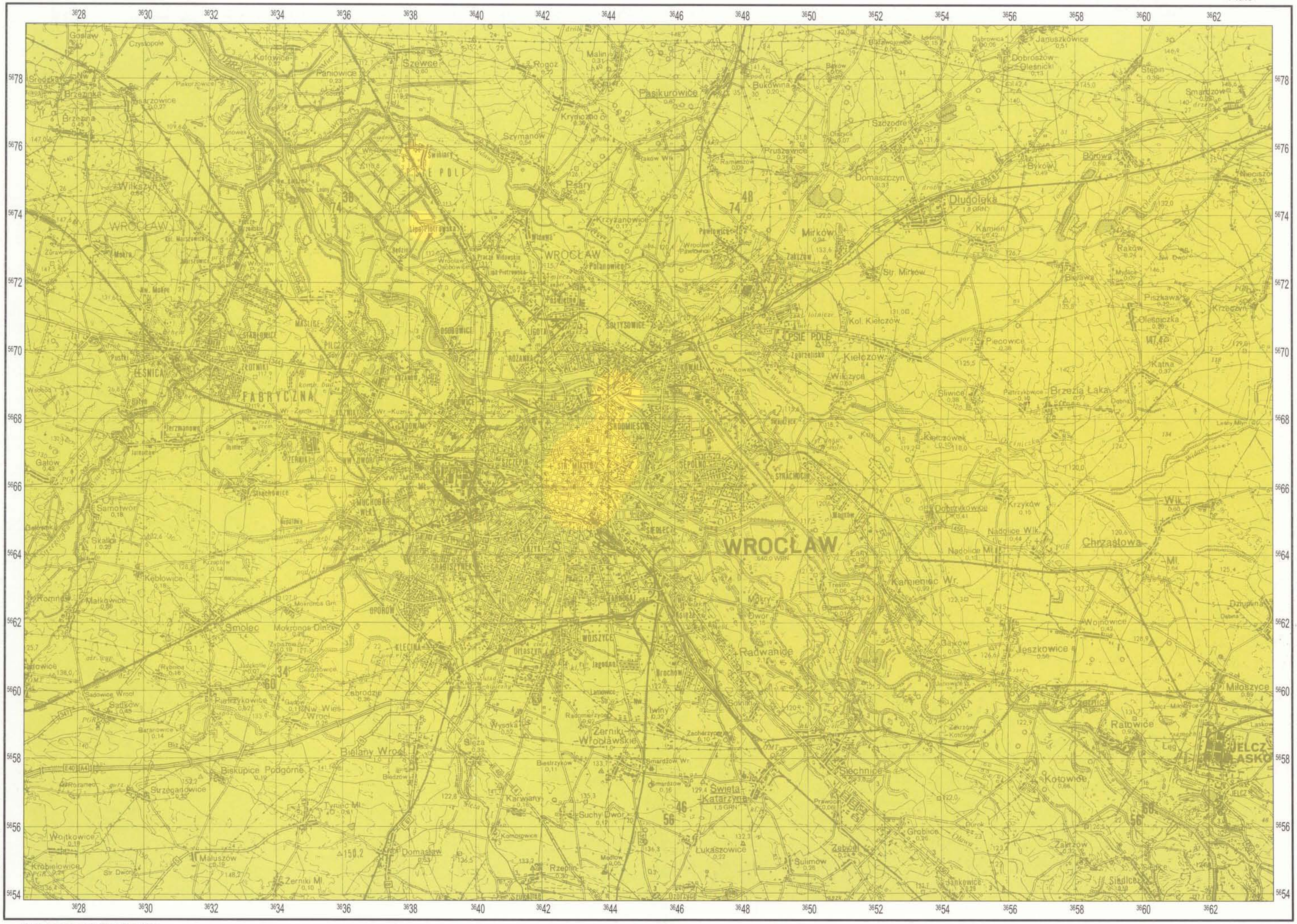
1:100000

pH

KWASOWOŚĆ
ACIDITY

5,0 6,0 6,7 7,4

GLEBY
SOILS



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

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

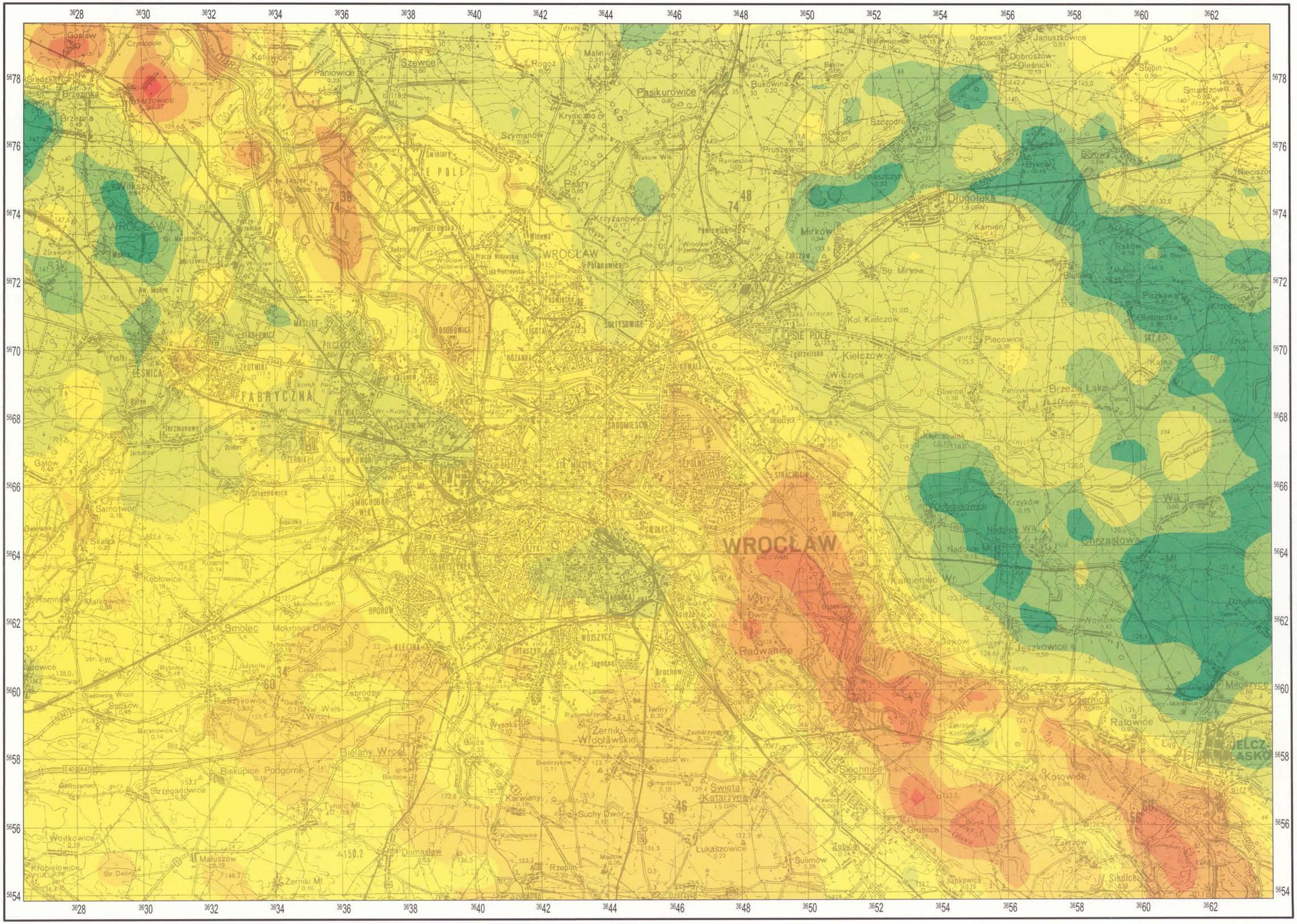
1:100000

Ag SREBRO SILVER

99 Percentyl/Percentile

1 ppm

GLEBY SOILS



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

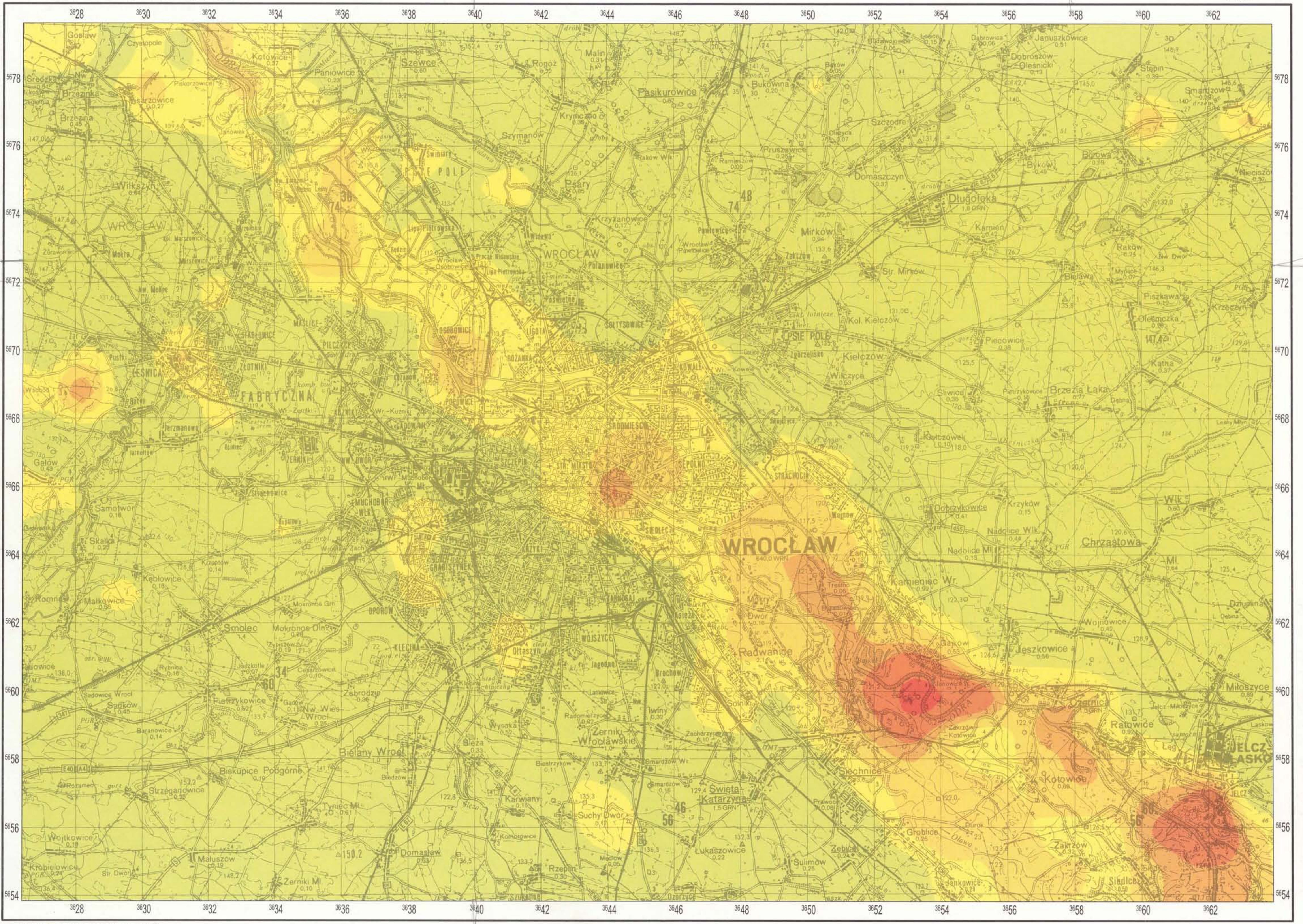
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

15	25	50	75	90	95	97	Percentyl/Percentile
0,18	0,21	0,32	0,47	0,61	0,77	0,93	%

Al GLIN ALUMINIUM

GLEBY SOILS



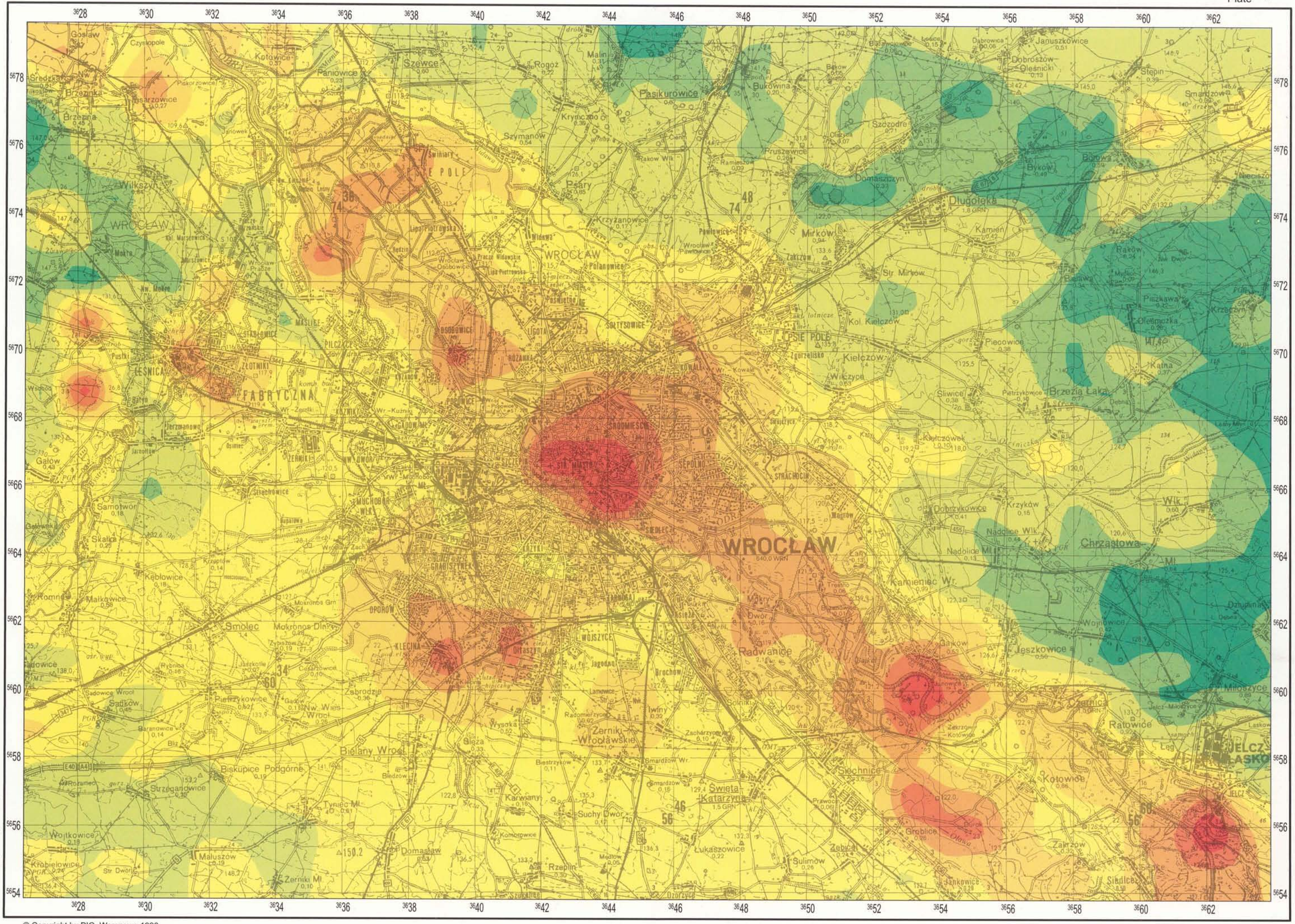
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

As ARSEN ARSENIC

Percentyl/Percentile	75	90	95	97	99
ppm	5	8	12	15	24

GLEBY SOILS



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

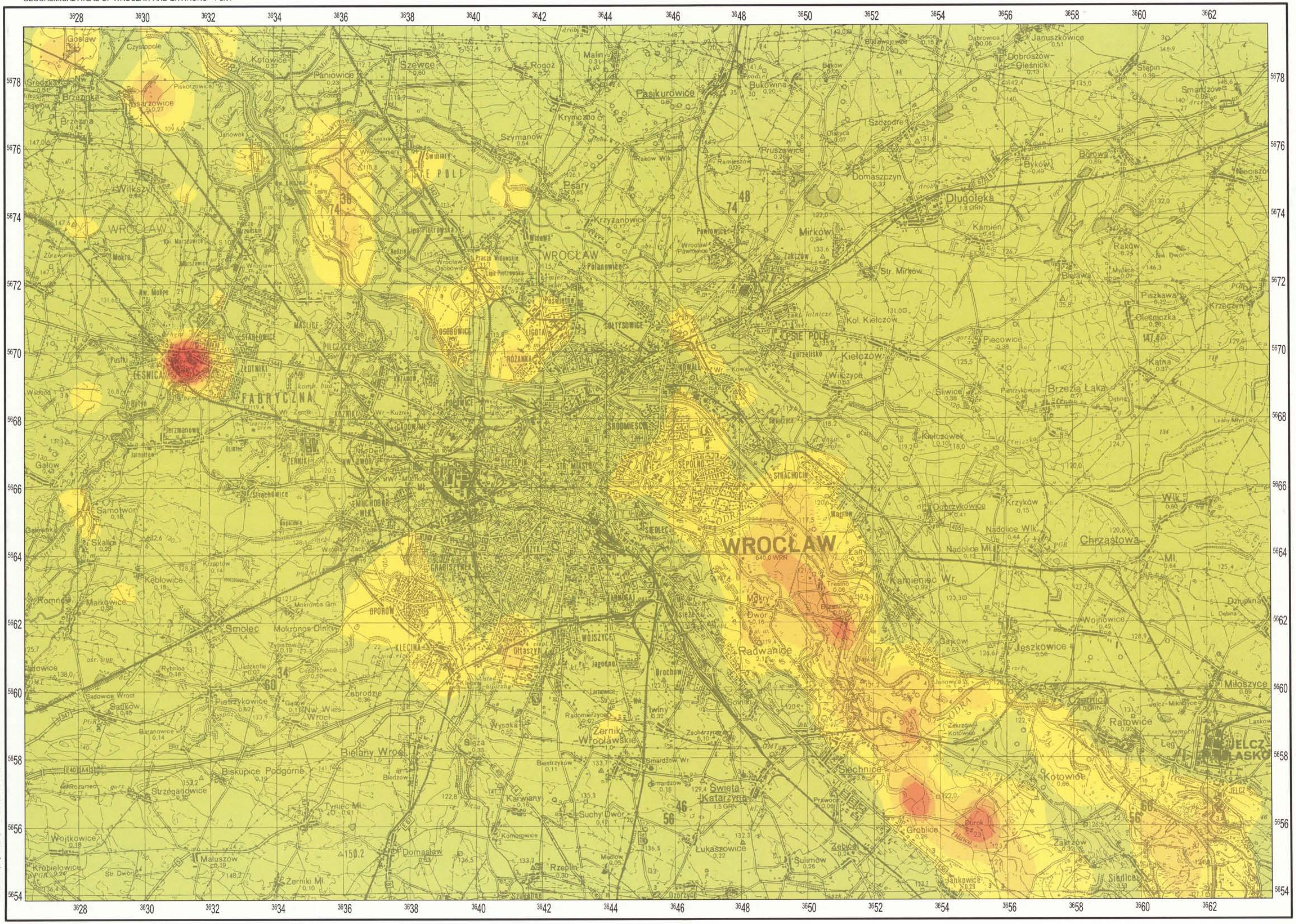
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Ba **BAR**
BARIUM

15	25	50	75	90	95	97	Percenty/Percentile
25	34	59	95	151	203	268	ppm

GLEBY
SOILS



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

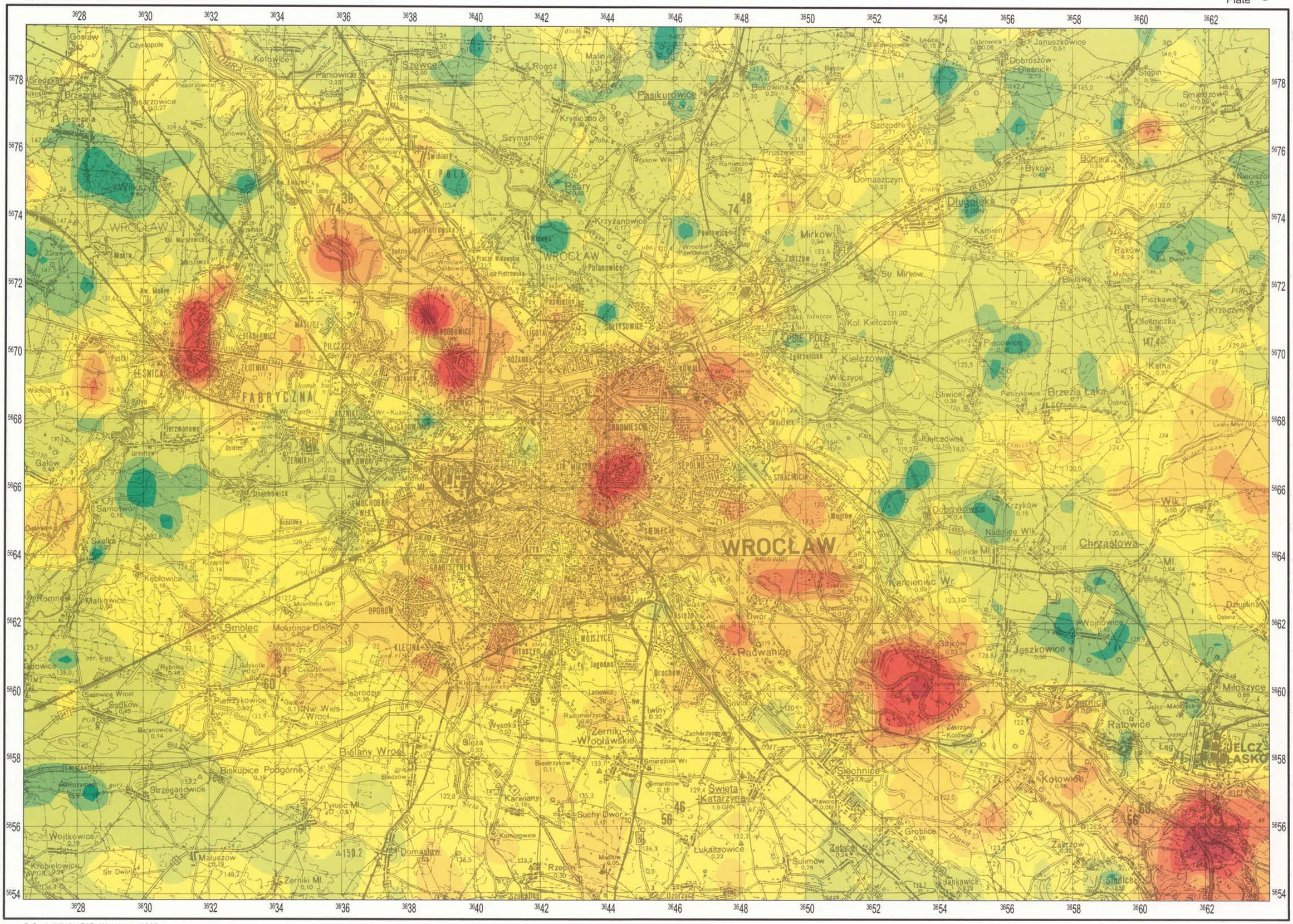
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Be BERYL BERYLLIUM

Percentyl/Percentile	75	90	95	97	99
ppm	0,5	0,7	0,9	1,0	1,3

GLEBY SOILS



© Copyright by PIG, Warszawa 1998

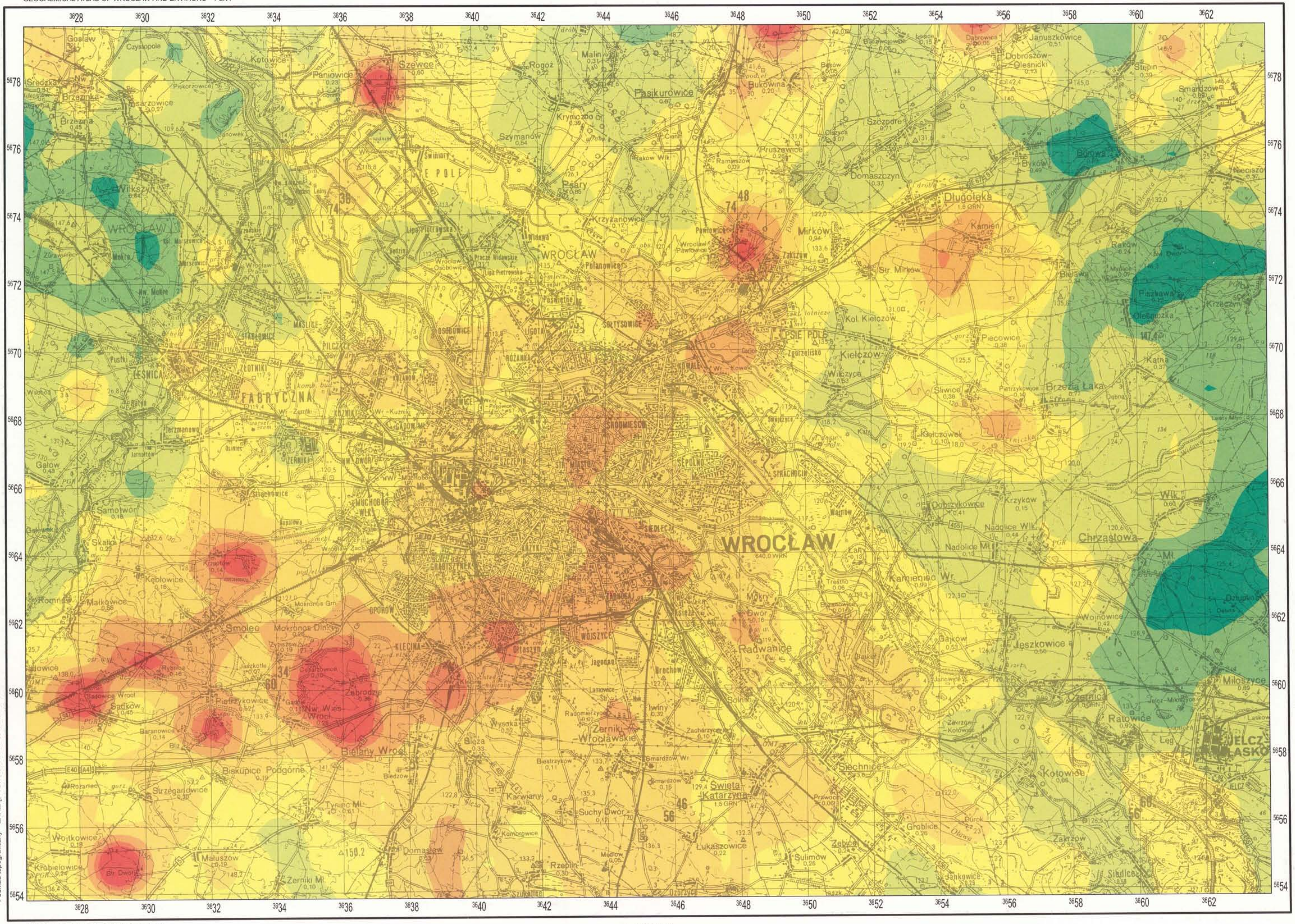
1:100000

$C_{org.}$

WĘGIEL ORGANICZNY
ORGANIC CARBON

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99
%	0,94	1,10	1,66	2,34	3,40	4,41	5,51	8,68

GLEBY
SOILS



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

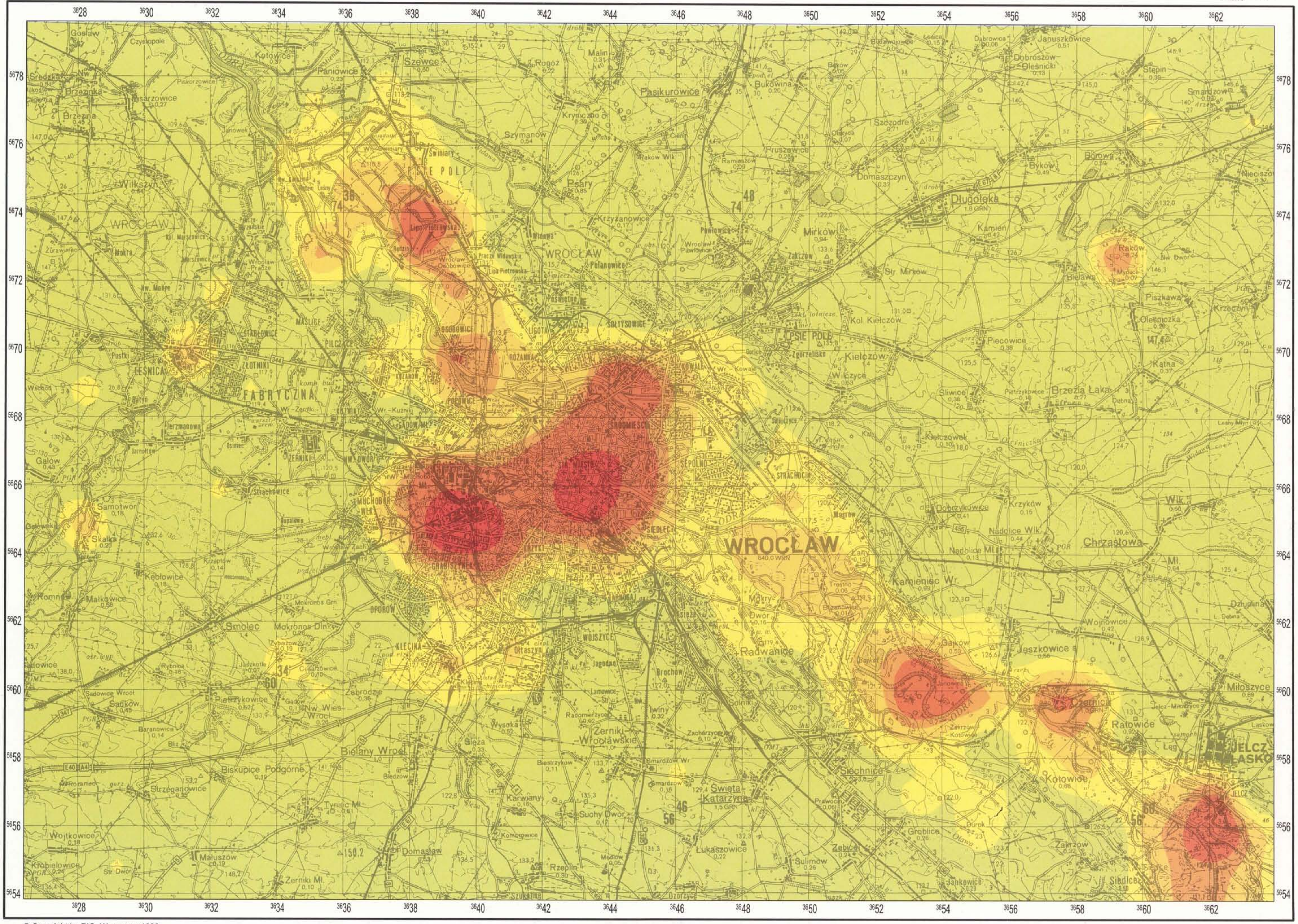
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Ca WAPŃ CALCIUM

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	
%	0,06	0,11	0,26	0,47	0,84	1,36	1,76	

GLEBY SOILS



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

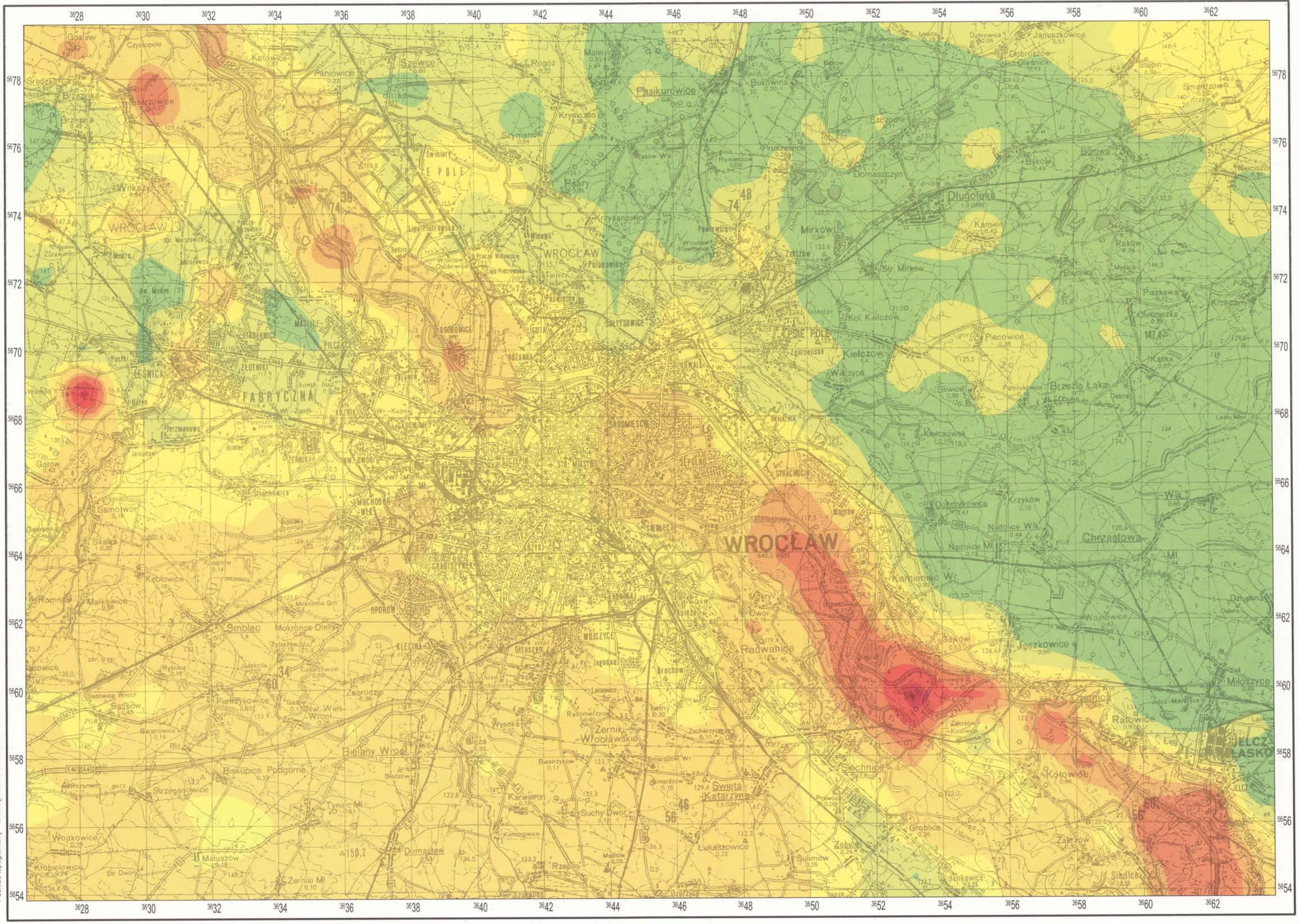
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Cd KADM / CADMIUM

Percentyl/Percentile	75	90	95	97	99
ppm	0,5	0,8	1,2	1,6	4,2

GLEBY / SOILS

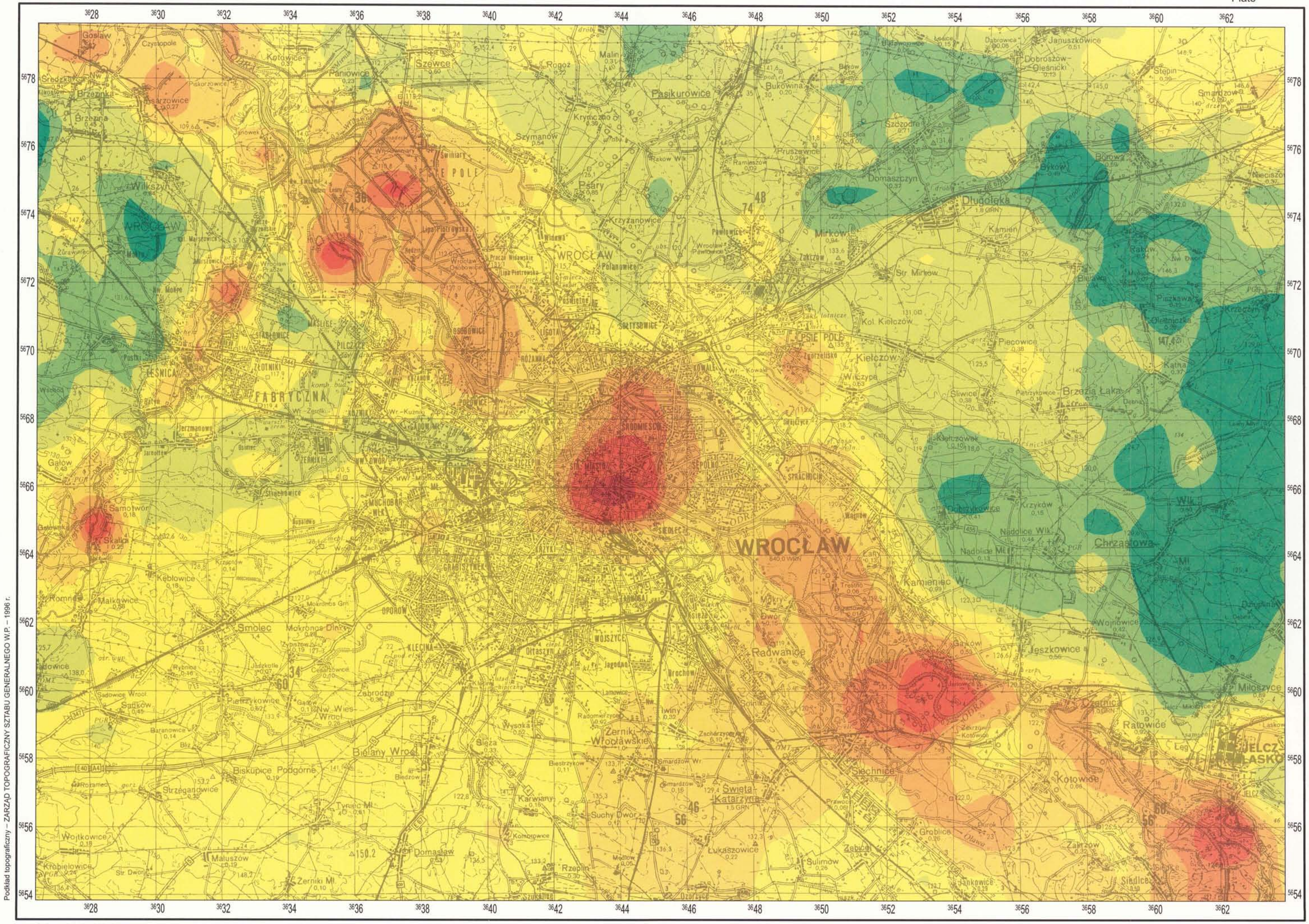


© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Co KOBALT / COBALT — GLEBY / SOILS

Percentyl/Percentile	25	50	75	90	95	97	99
ppm	2	3	4	6	7	9	11



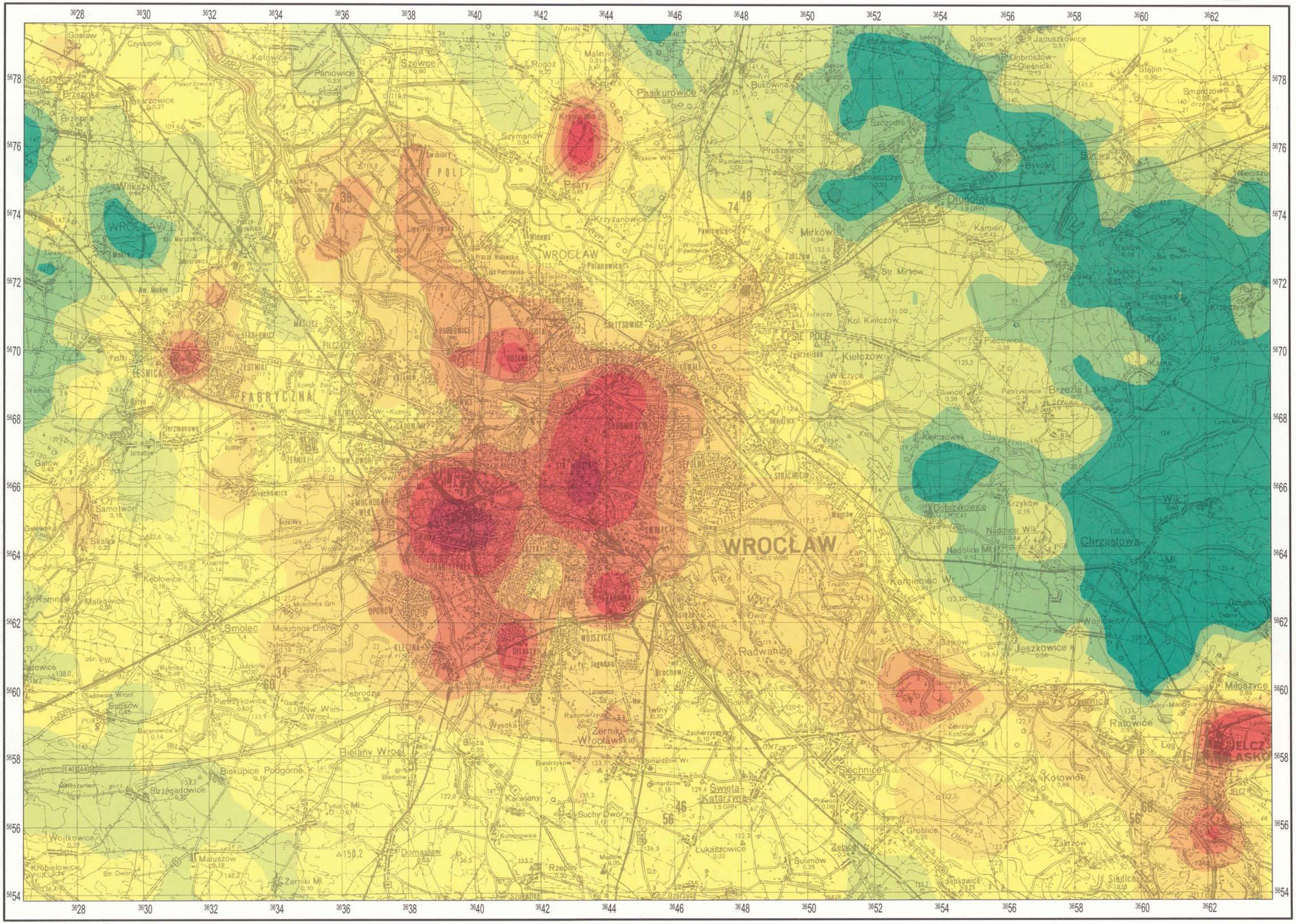
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Cr CHROM CHROMIUM

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99
ppm	3	4	6	9	13	19	23	42

GLEBY SOILS



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

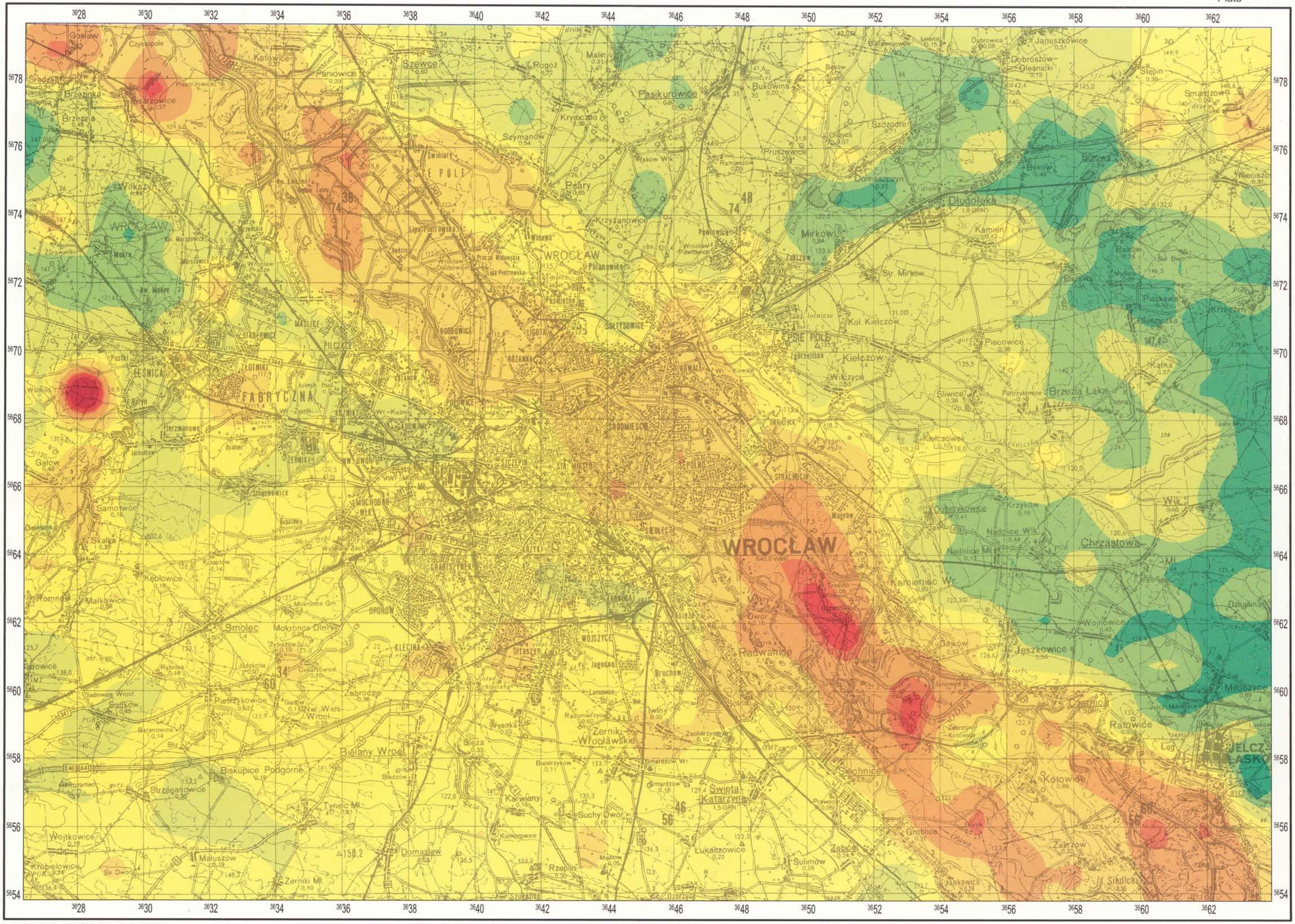
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Cu MIEDŹ COPPER

GLEBY SOILS

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99
ppm	5	6	9	15	25	35	46	101



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

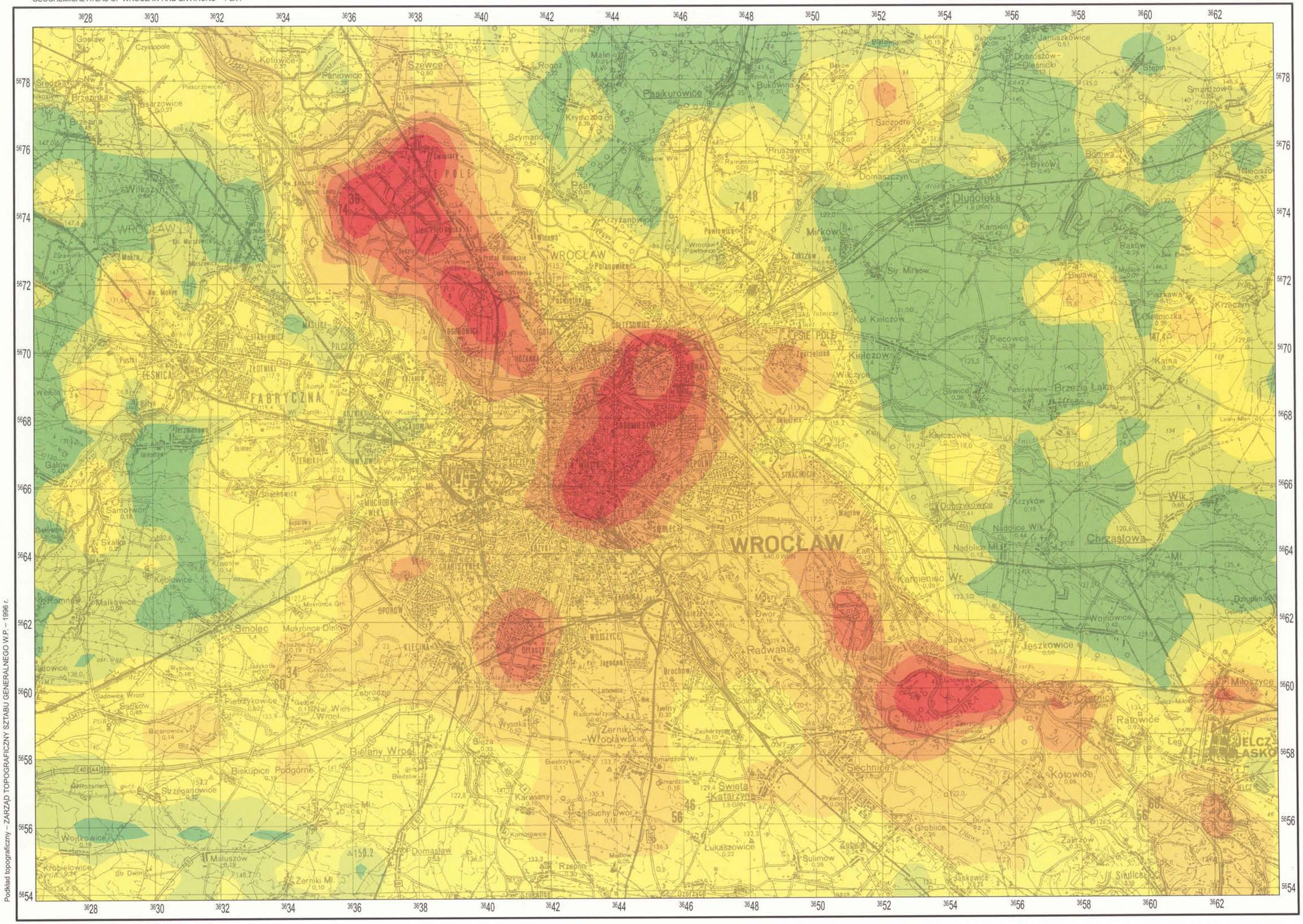
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Fe ŻELAZO IRON

GLEBY SOILS

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99
%	0,31	0,41	0,64	0,89	1,43	2,00	2,21	2,66



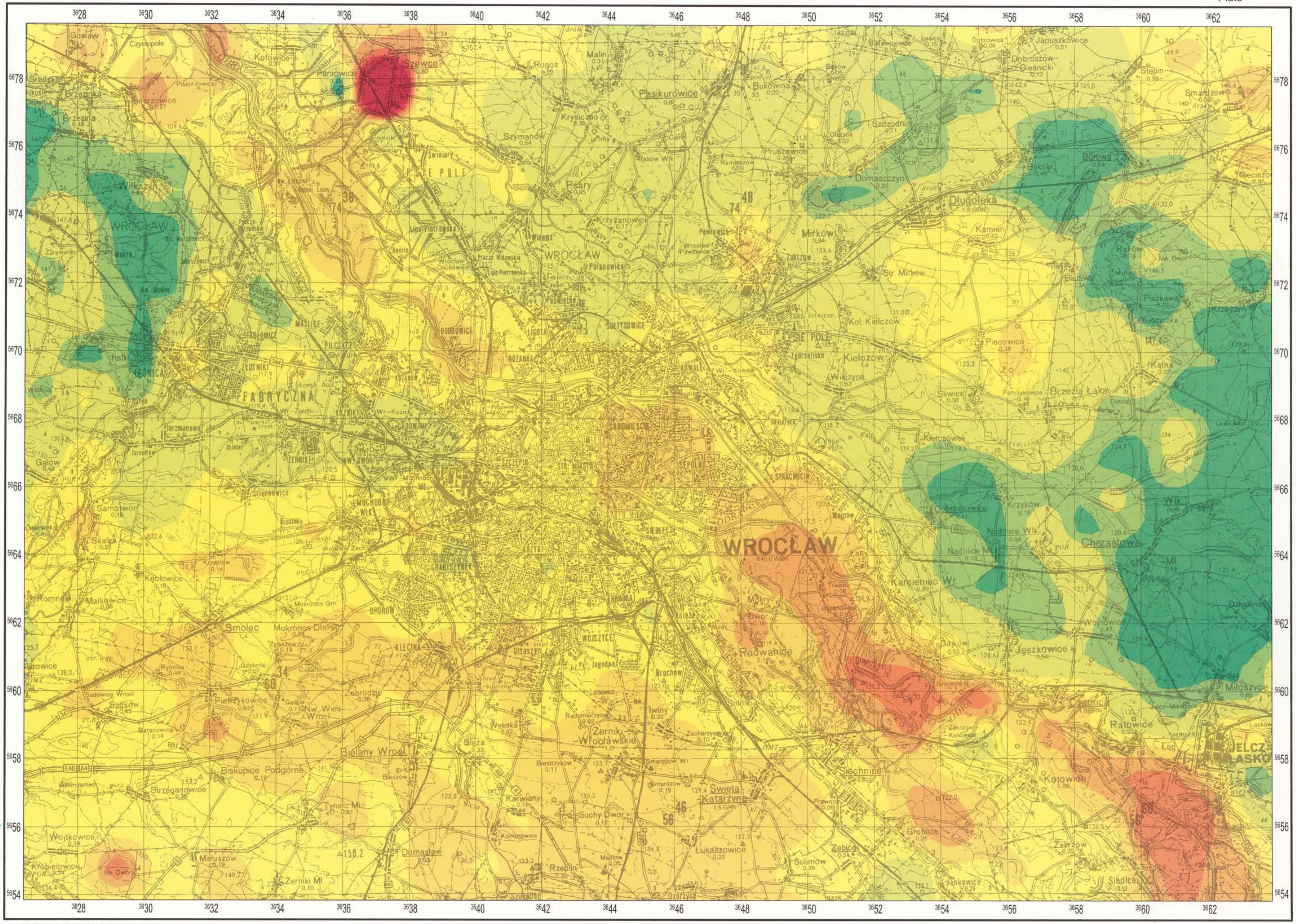
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Hg **RTĘĆ**
MERCURY

Percentyl/Percentile	25	50	75	90	95	97	99
ppm	0,05	0,07	0,14	0,29	0,43	0,71	1,61

GLEBY
SOILS



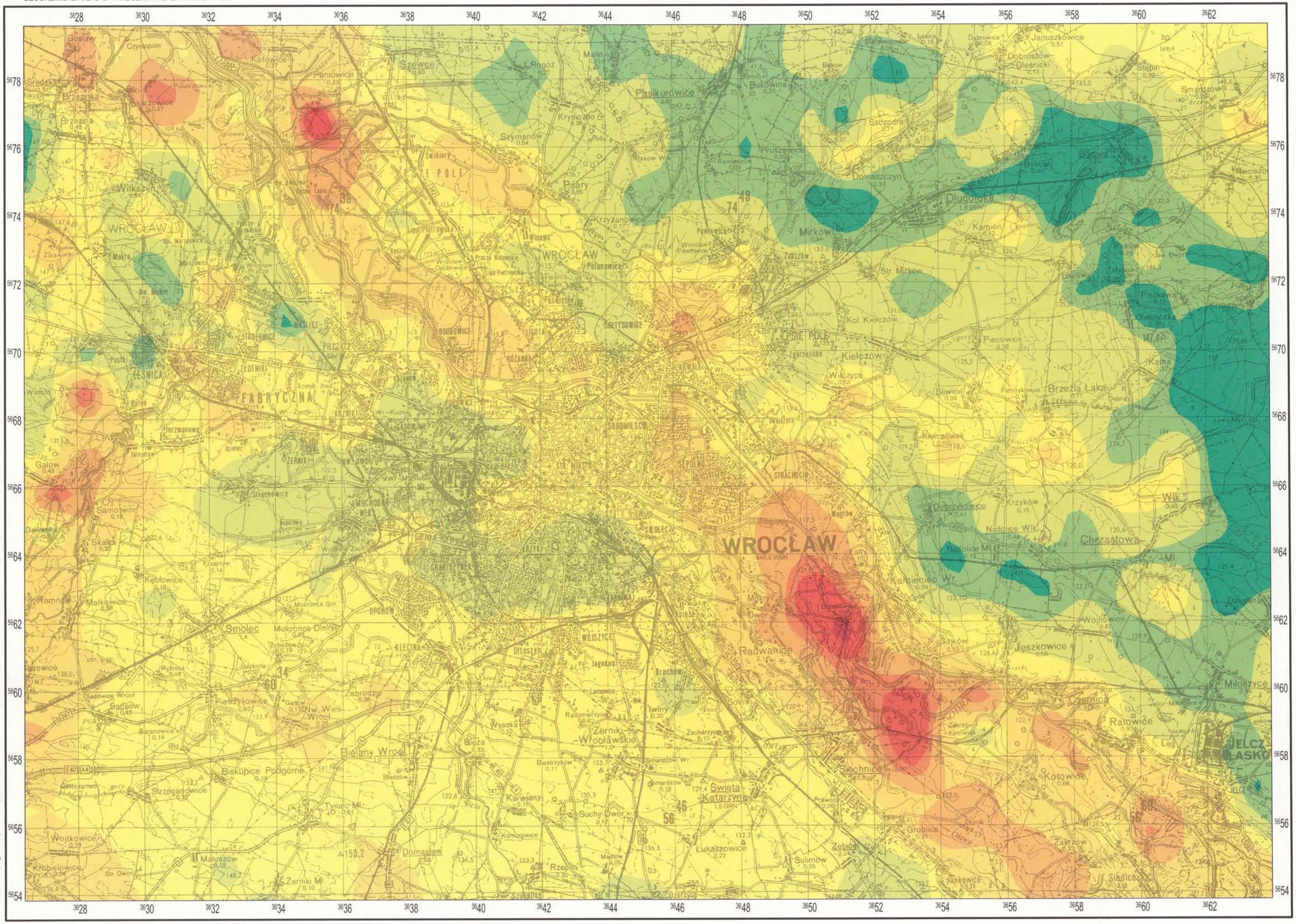
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Mg MAGNEZ MAGNESIUM

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99
%	0,03	0,04	0,08	0,12	0,17	0,21	0,26	0,32

GLEBY SOILS



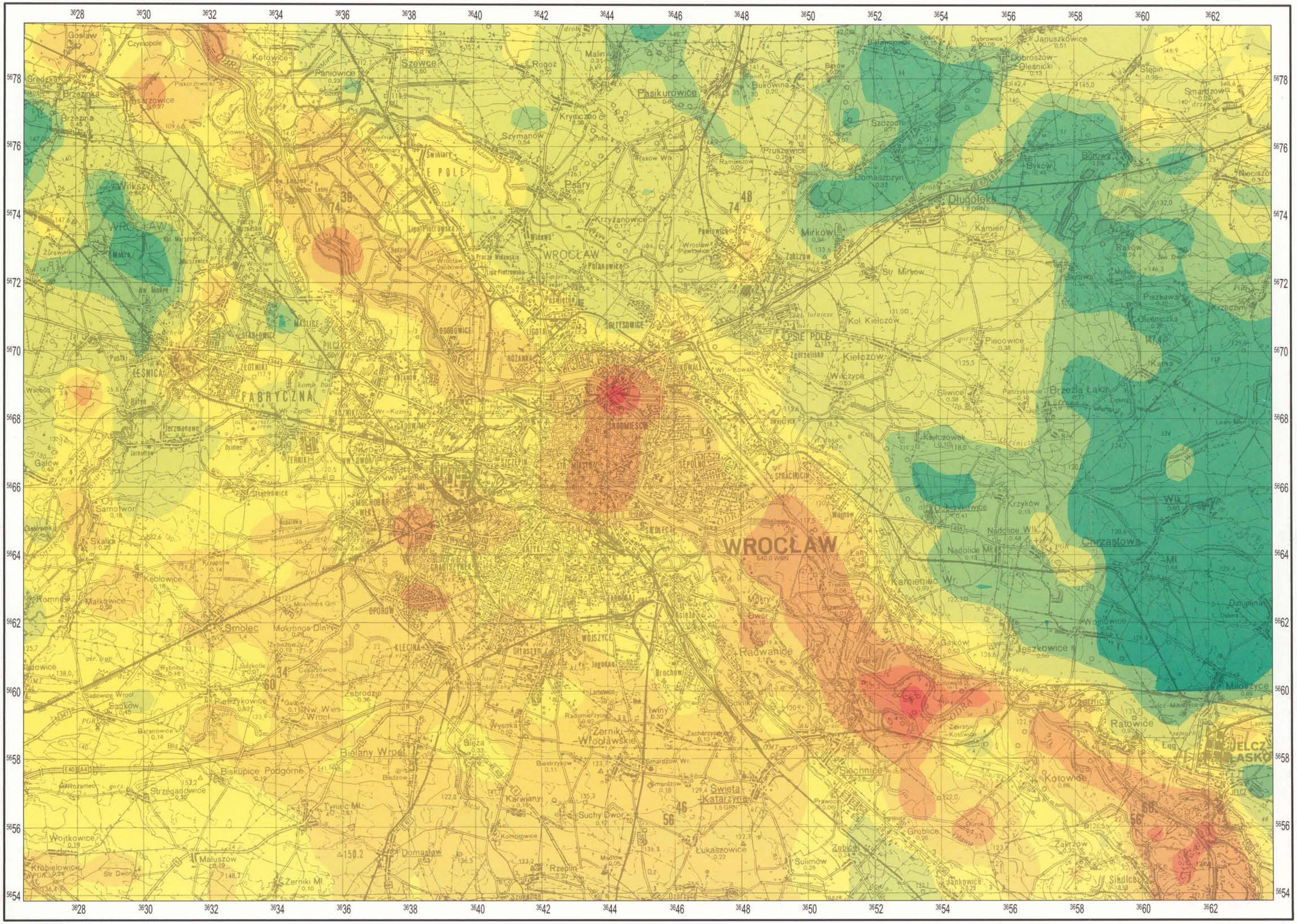
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100 000

Mn MANGAN / MANGANESE

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99
ppm	122	176	280	388	614	793	911	1194

GLEBY / SOILS



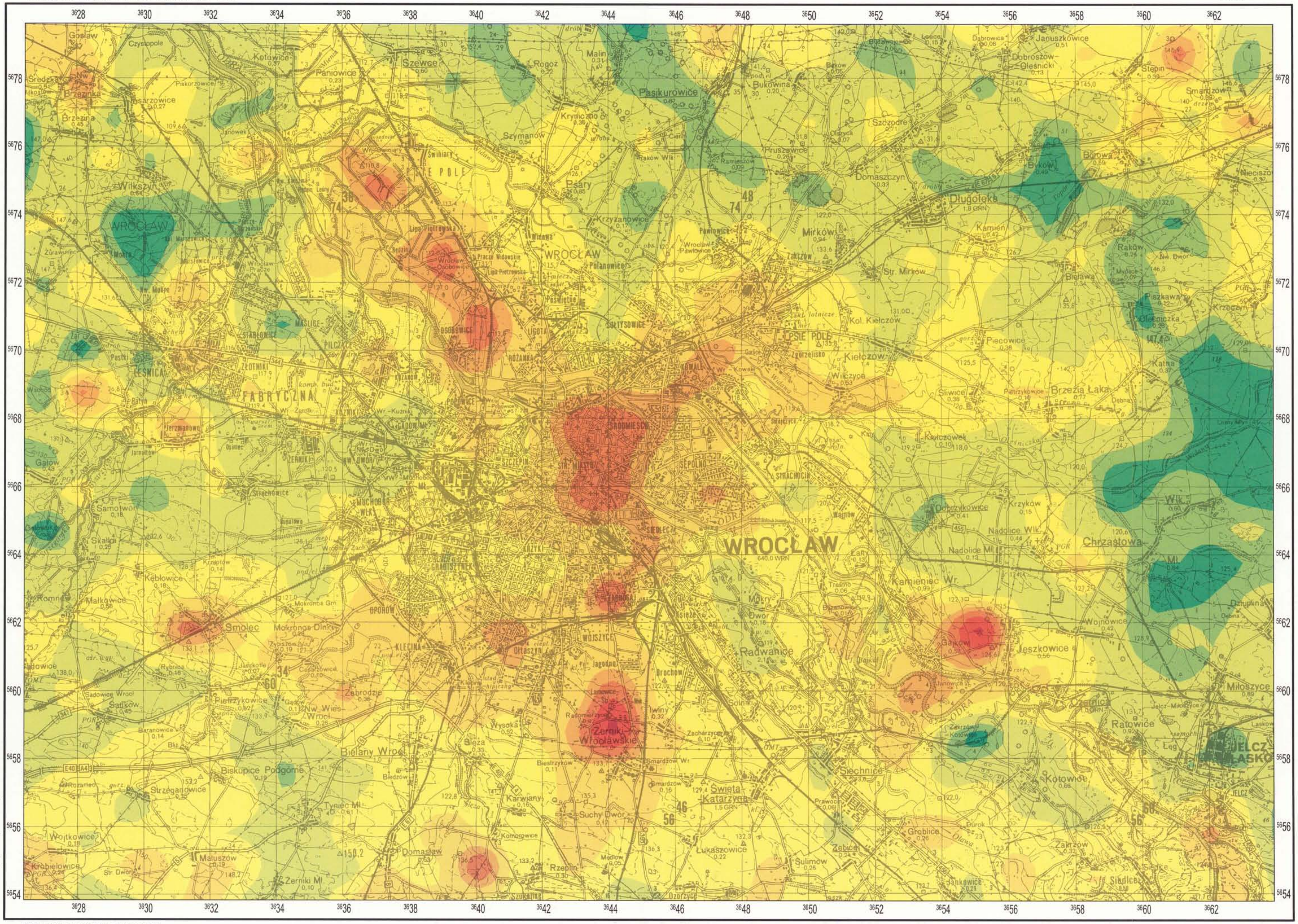
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Ni NIKIEL NICKEL

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97
ppm	3	4	7	10	14	19	23

GLEBY SOILS



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

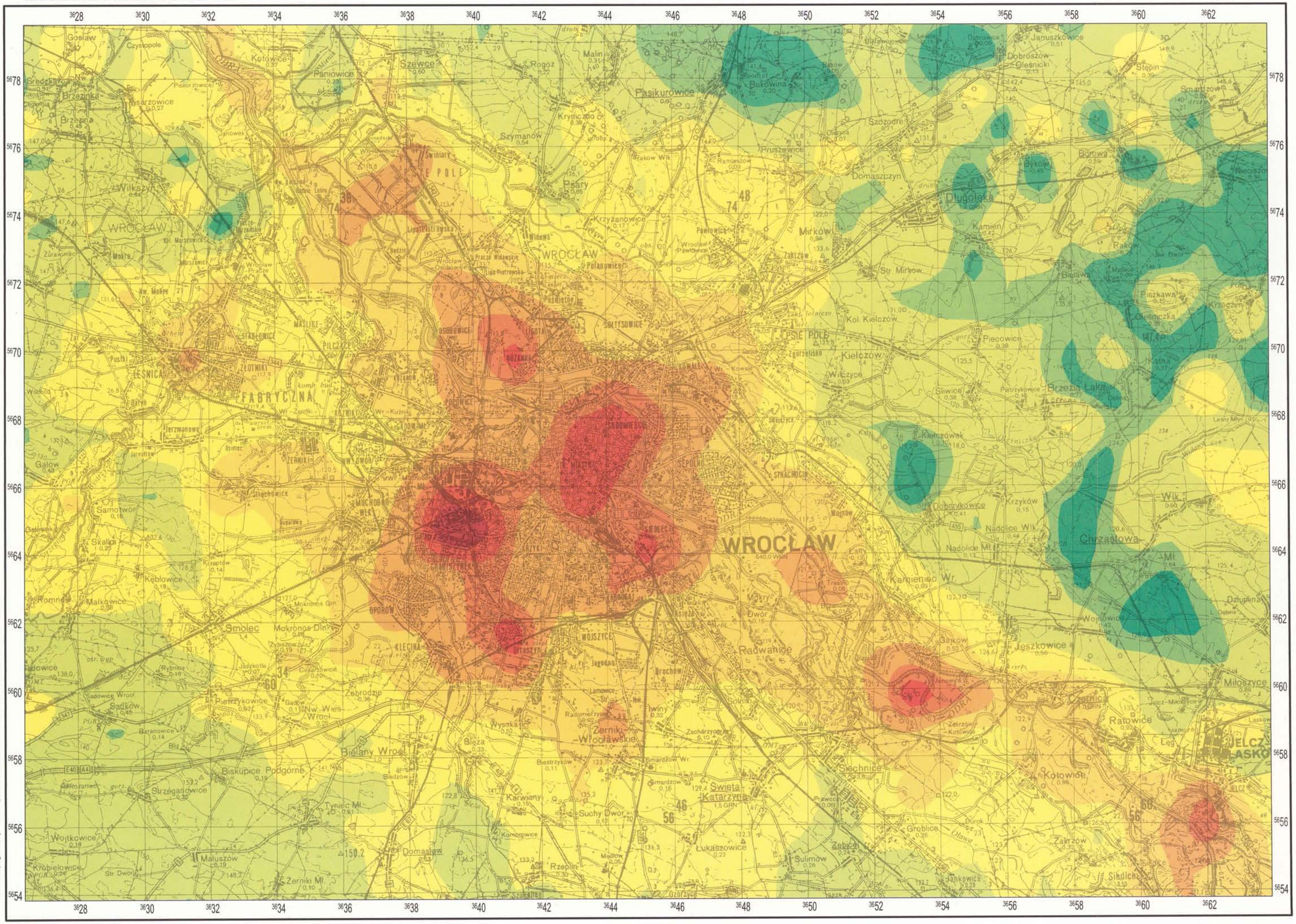
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

P FOSFOR PHOSPHORUS

GLEBY SOILS

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99
%	0,026	0,033	0,047	0,062	0,082	0,098	0,124	0,157



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

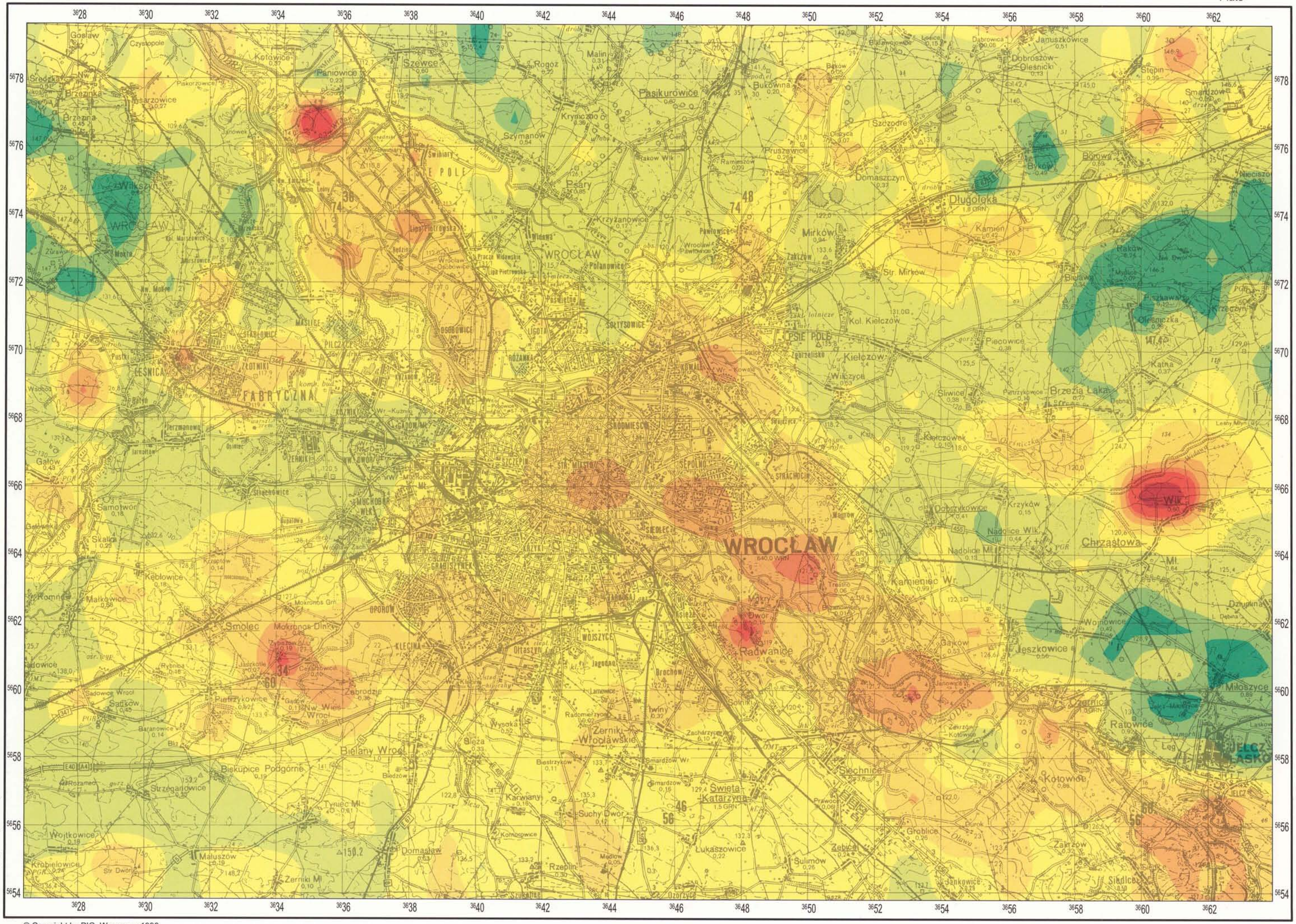
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Pb OŁÓW LEAD

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99
ppm	12	13	17	27	48	73	96	141

GLEBY SOILS



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

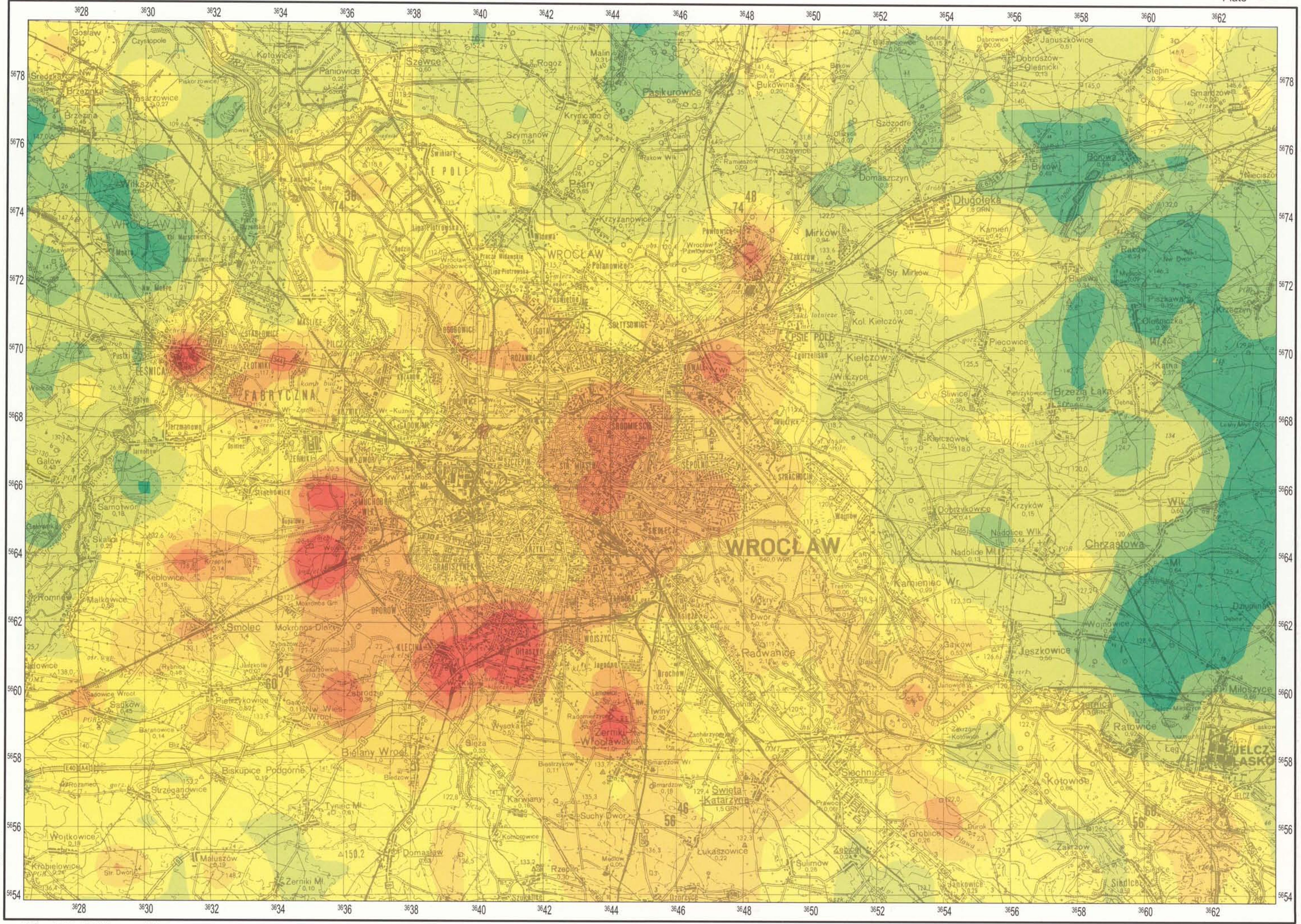
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

	15	25	50	75	90	95	97	99	Percentyl/Percentile
	0,008	0,009	0,013	0,017	0,024	0,031	0,036	0,051	%

S SIARKA SULPHUR

GLEBY SOILS



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

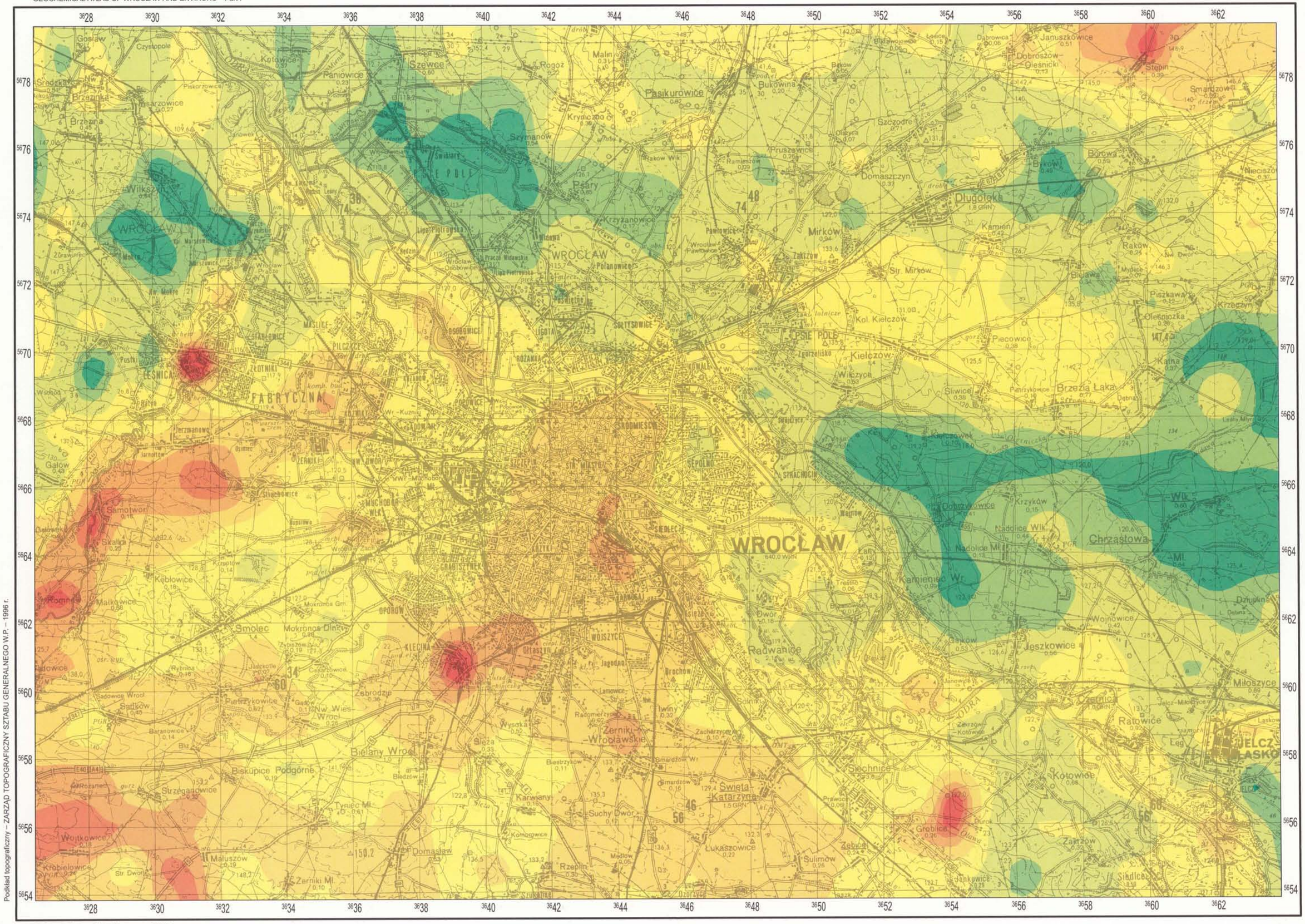
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Sr STRONT STRONTIUM

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97
ppm	4	6	11	19	29	38	48

GLEBY SOILS



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

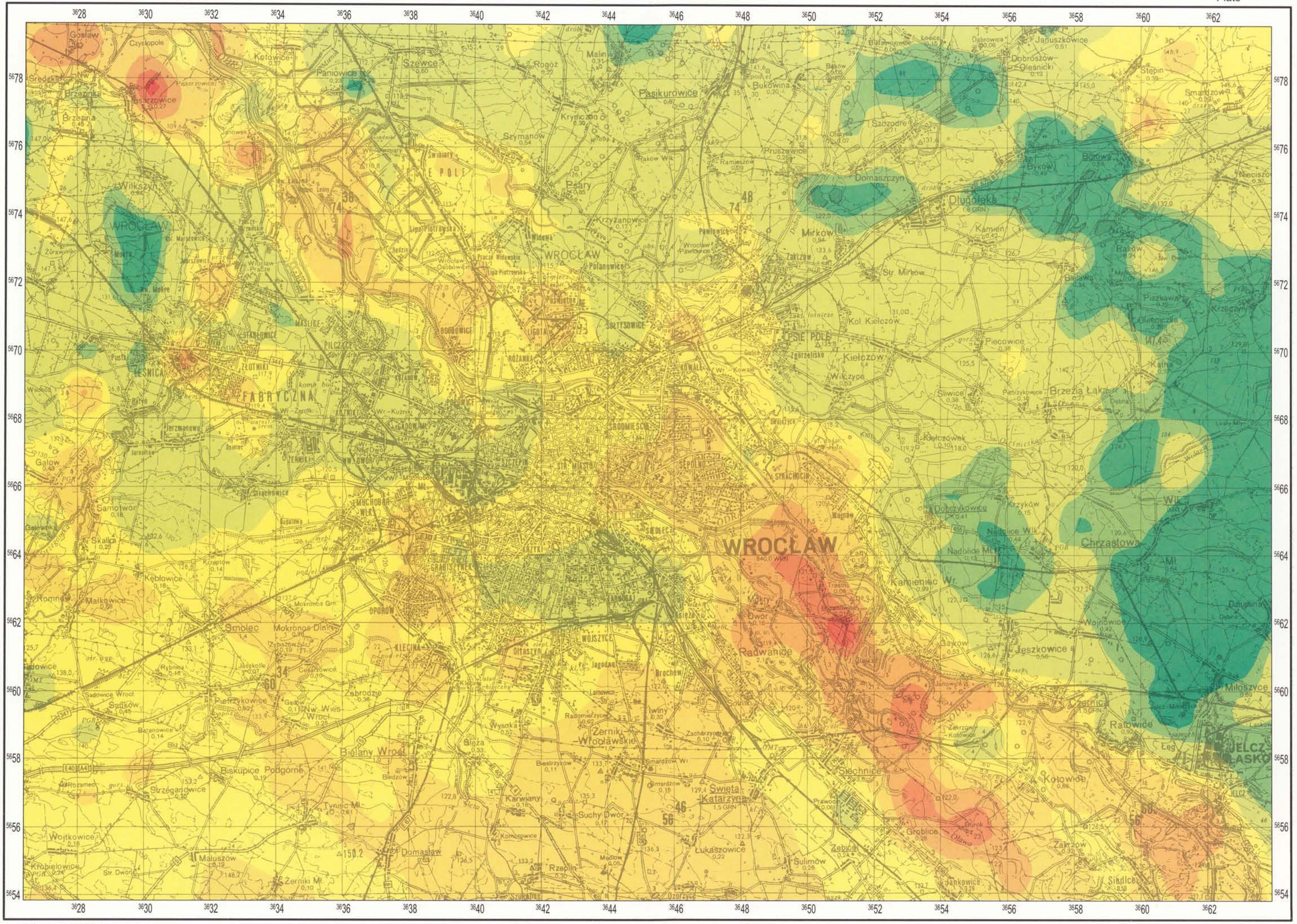
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Ti **TYTAN**
TITANIUM

15	25	50	75	90	95	97	Percentyl/Percentile
14	18	25	35	48	56	61	ppm

GLEBY
SOILS



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

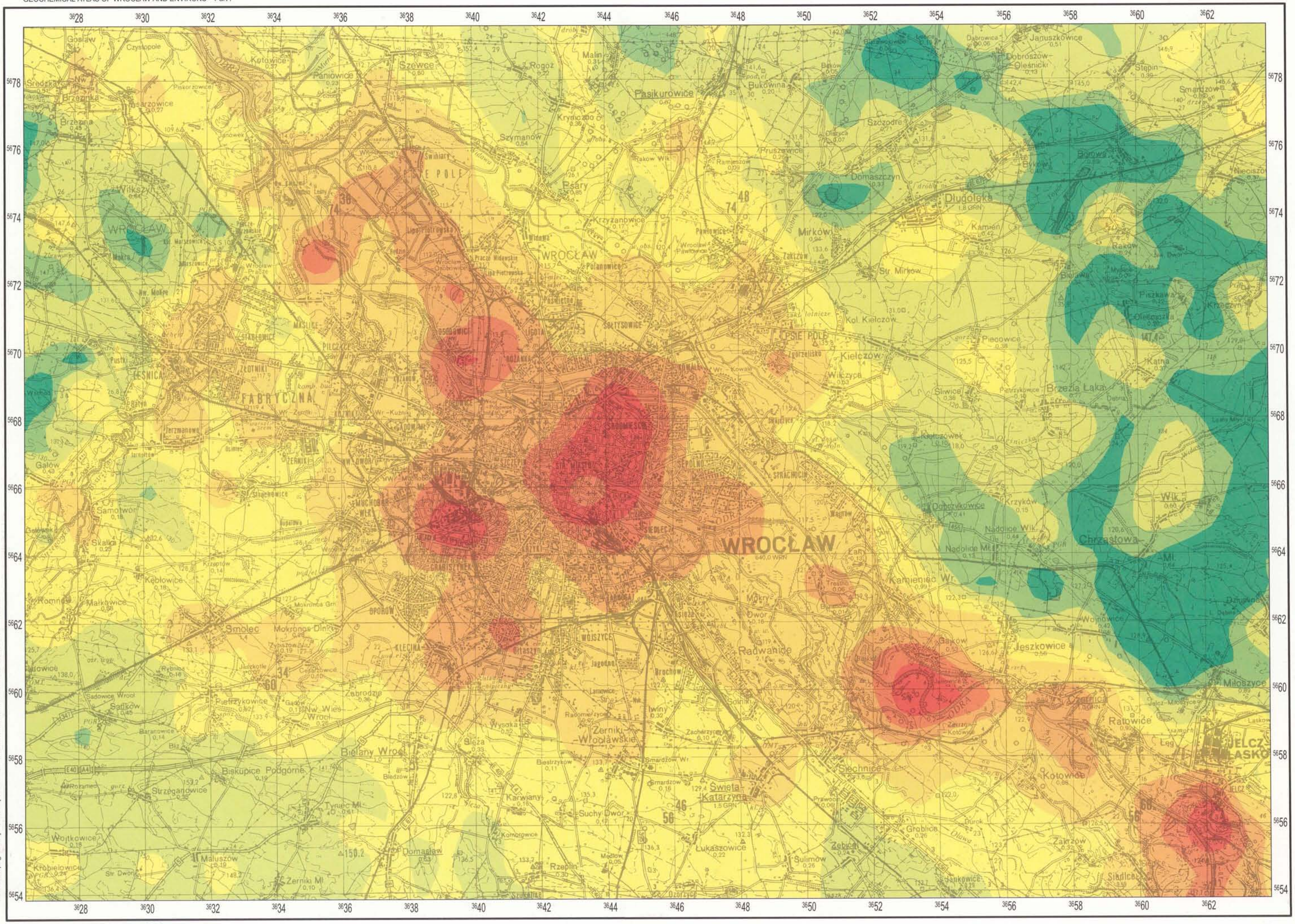
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

V **WANAD**
VANADIUM

15	25	50	75	90	95	97	Percentyl/Percentile
6	7	11	14	19	24	27	ppm

SOILS
GLEBY



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

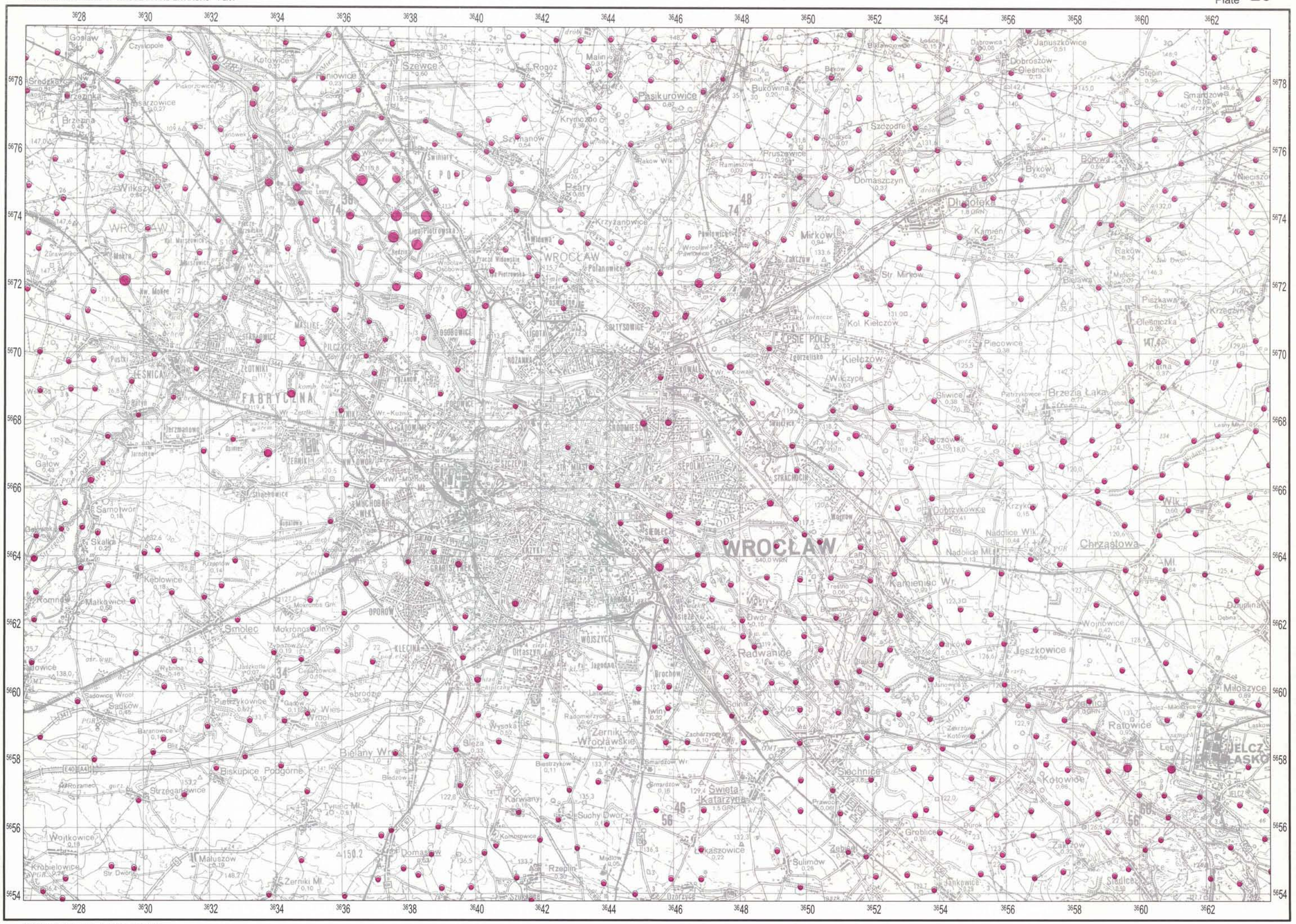
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Zn CYNK ZINC

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99
ppm	21	25	35	58	134	217	349	702

GLEBY
SOILS



© Copyright by PIG, Warszawa 1998

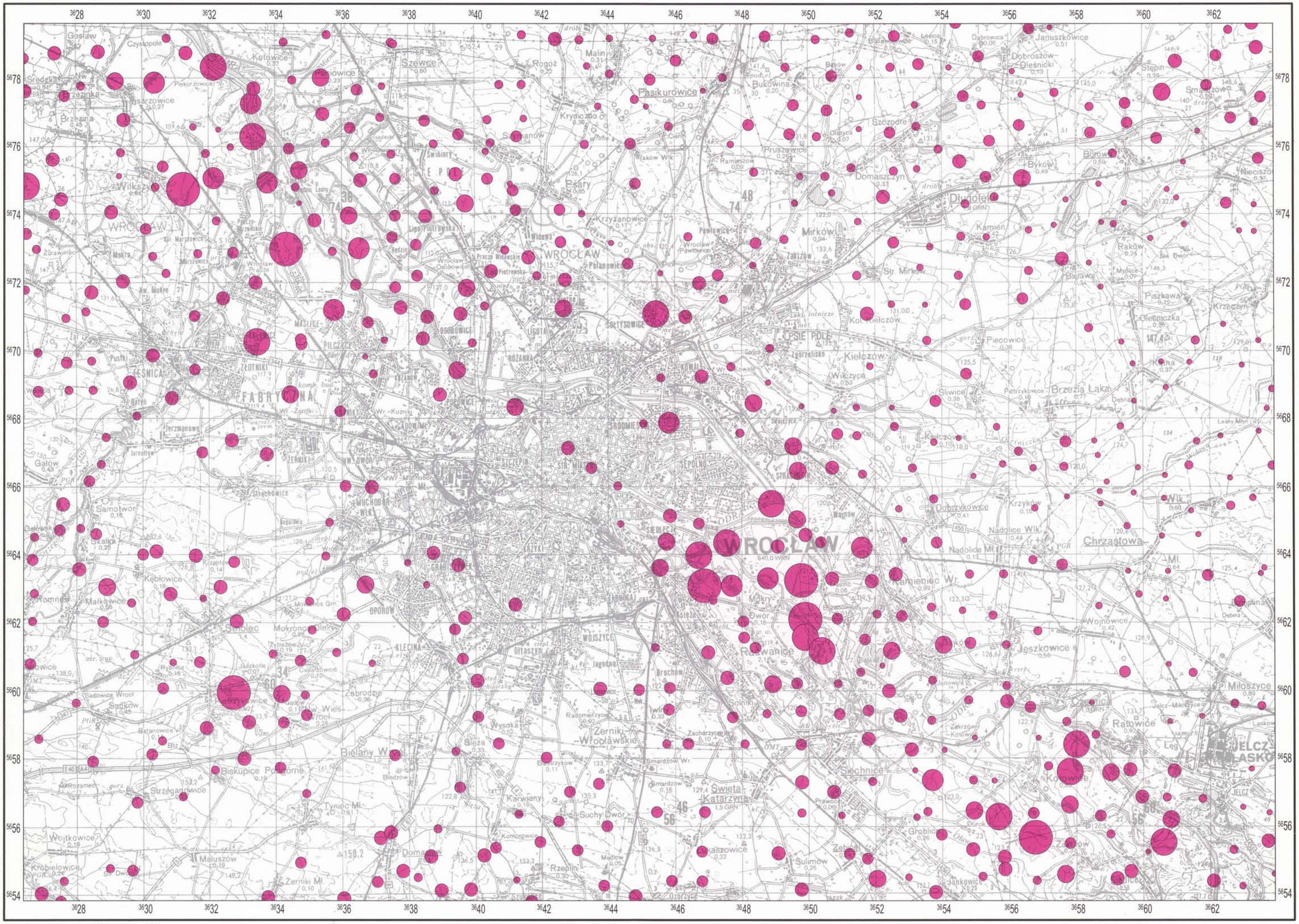
1:100000

Ag

SREBRO
SILVER

95	97	99	100 Percenty/Percentile
<1	1–2	3–10	≥11 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

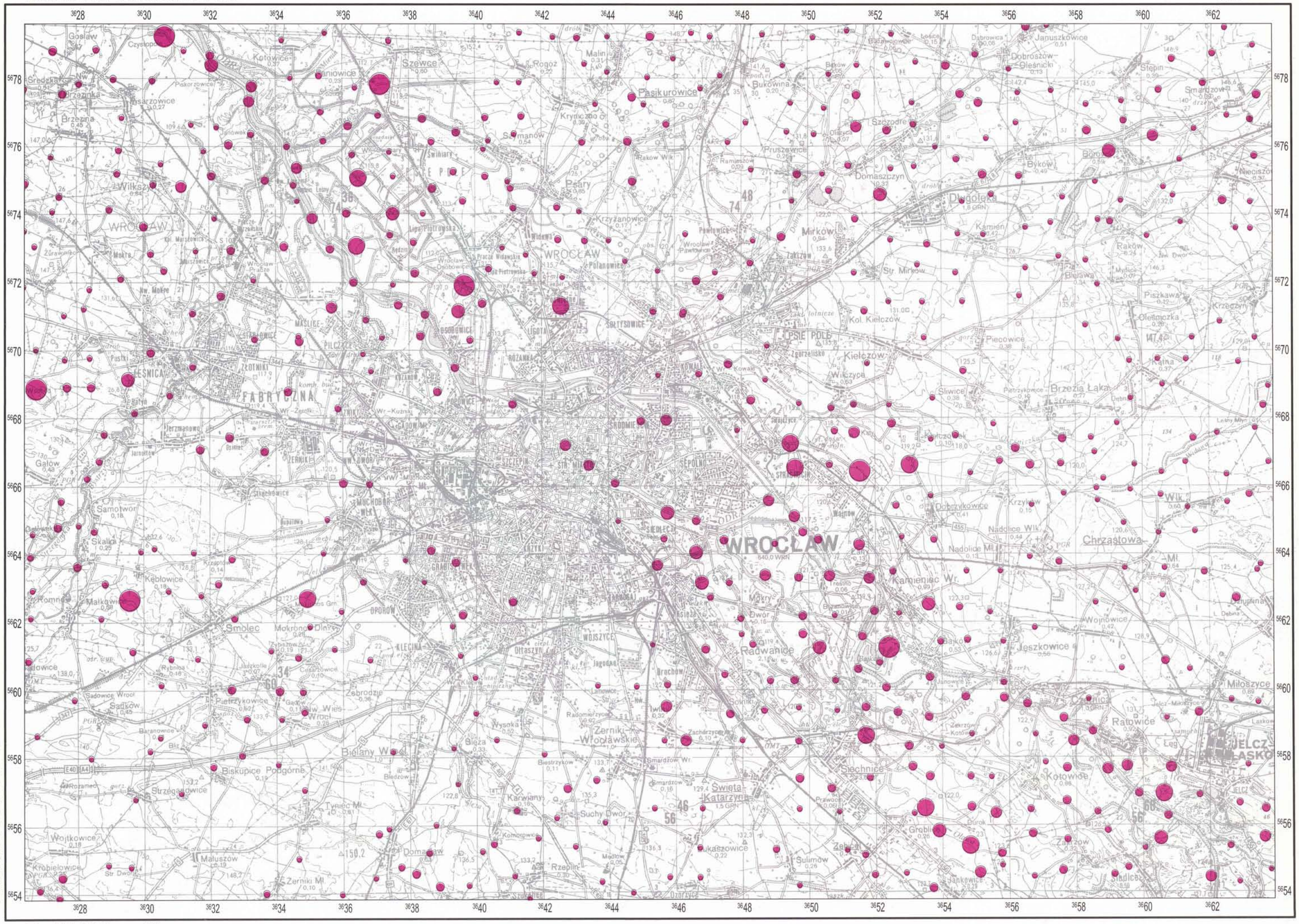
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Al **GLIN**
ALUMINIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<0,22	0,22 – 0,27	0,28 – 0,41	0,42 – 0,54	0,55 – 0,72	0,73 – 0,84	0,85 – 0,90	0,91 – 1,01	≥1,02 %

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

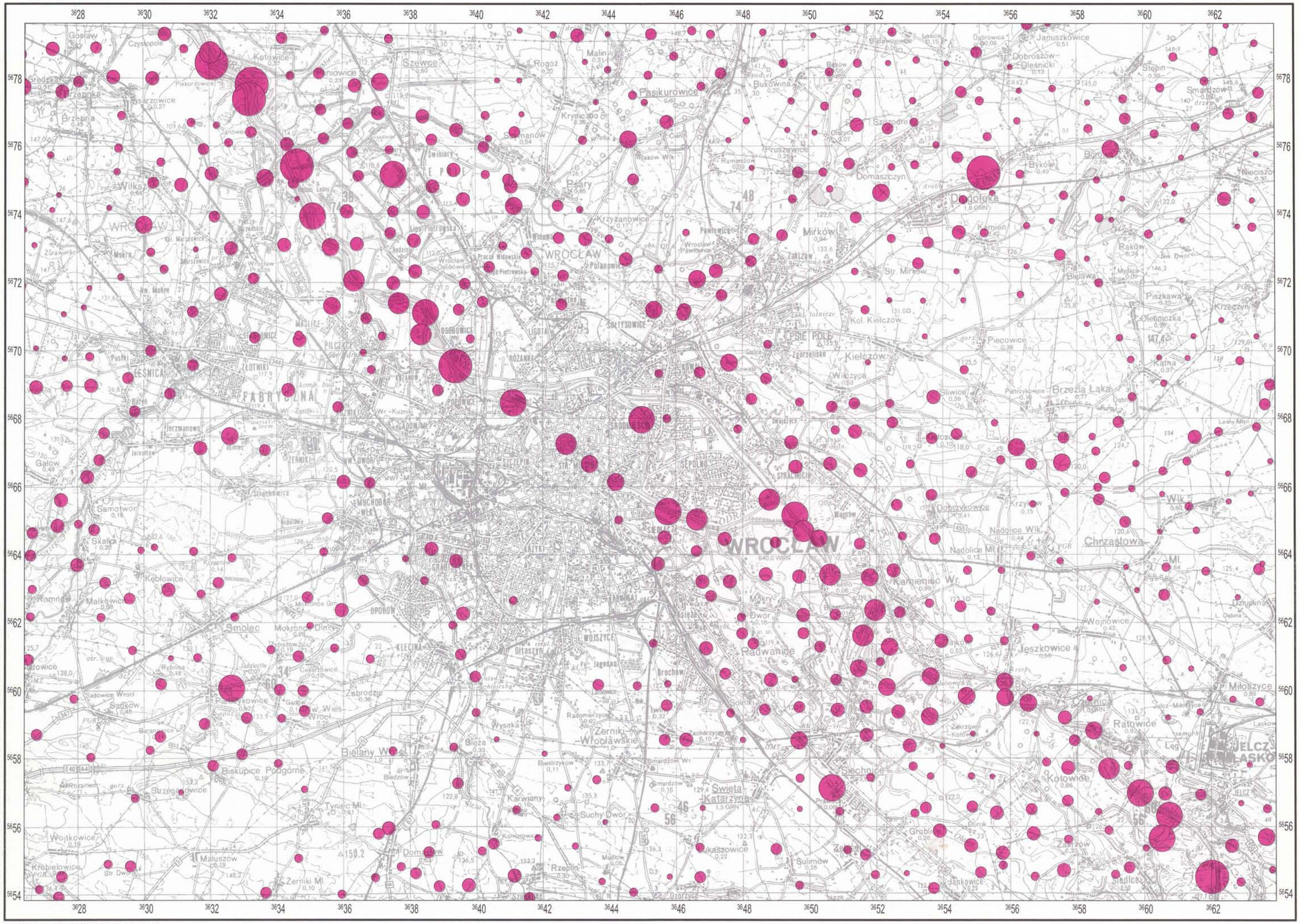
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

As **ARSEN / ARSENIC**

50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<5	5 – 8	9 – 17	18 – 24	25 – 31	32 – 67	≥68 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Ba **BAR**
BARIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<49	49 – 59	60 – 102	103 – 168	169 – 295	296 – 431	432 – 517	518 – 642	⩾643 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS

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

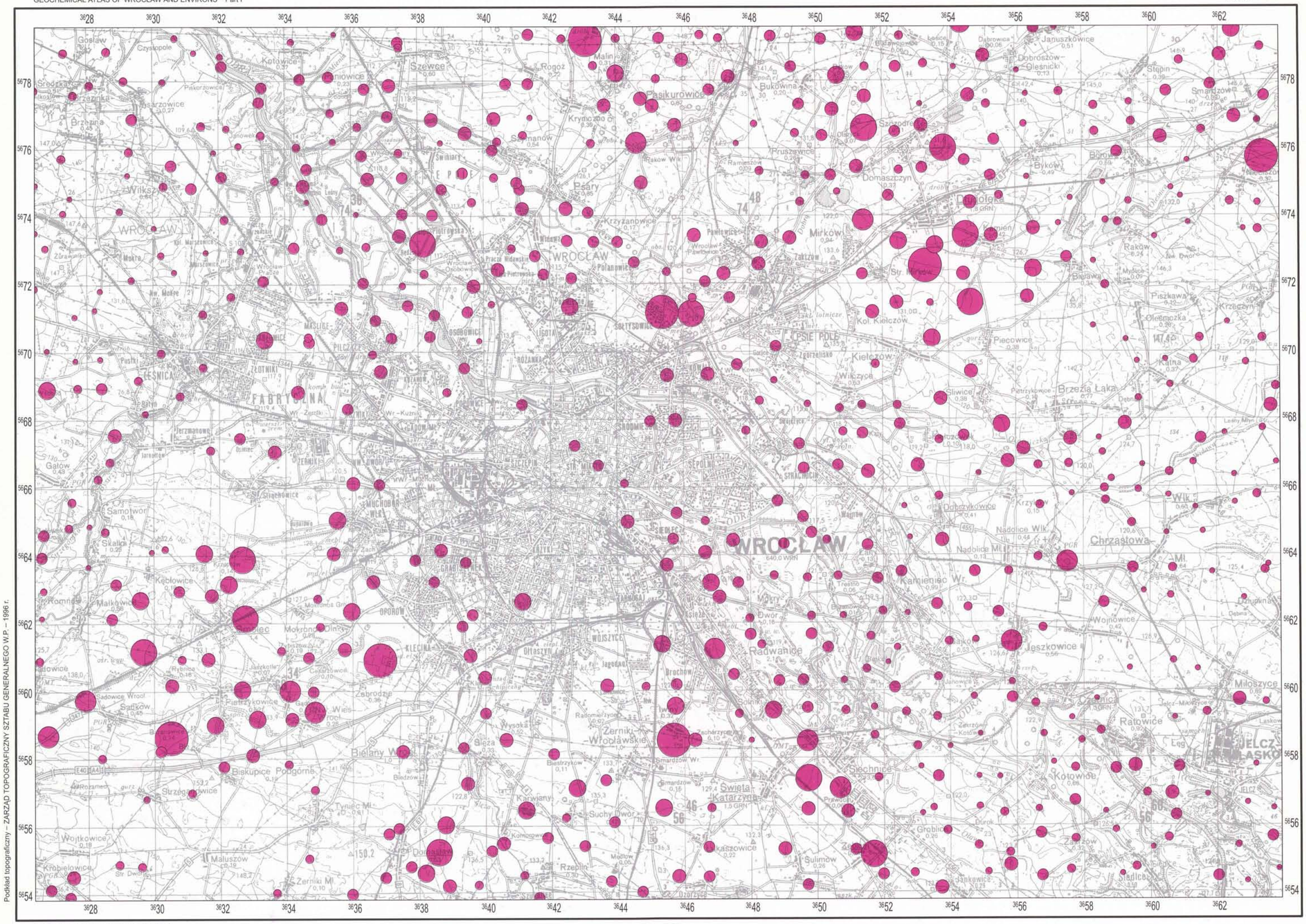
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Be **BERYL**
BERYLLIUM

50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<0,5	0,5 – 0,6	0,7 – 0,9	1,0 – 1,2	1,3 – 1,6	1,7 – 4,3	⩾ 4,4 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

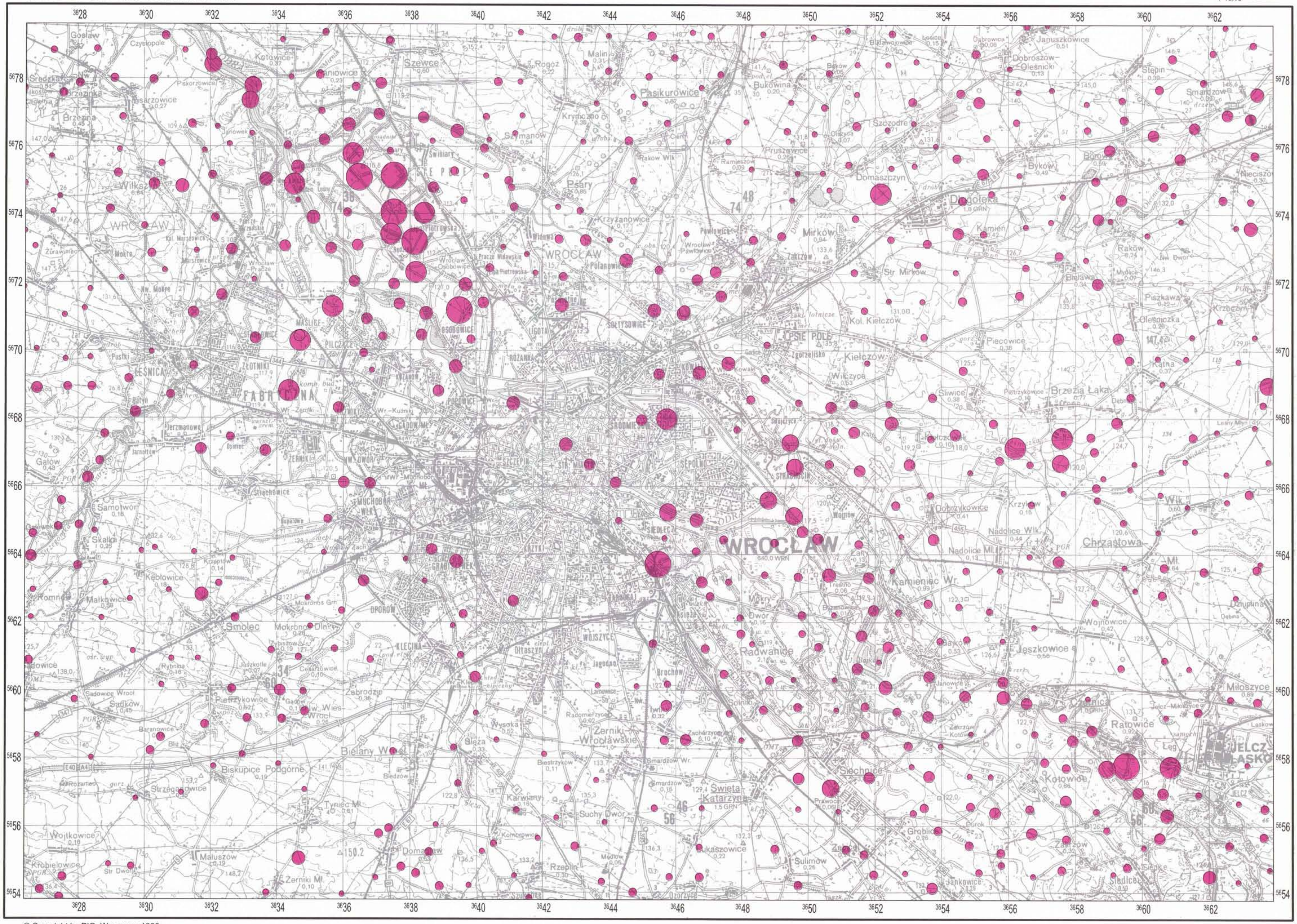
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Ca **WAPŃ**
CALCIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
< 0,29	0,29 – 0,38	0,39 – 0,70	0,71 – 1,23	1,24 – 2,29	2,30 – 3,14	3,15 – 3,83	3,84 – 5,48	⩾ 5,49 %

OSADY WODNE
WATER SEDIMEENTS



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

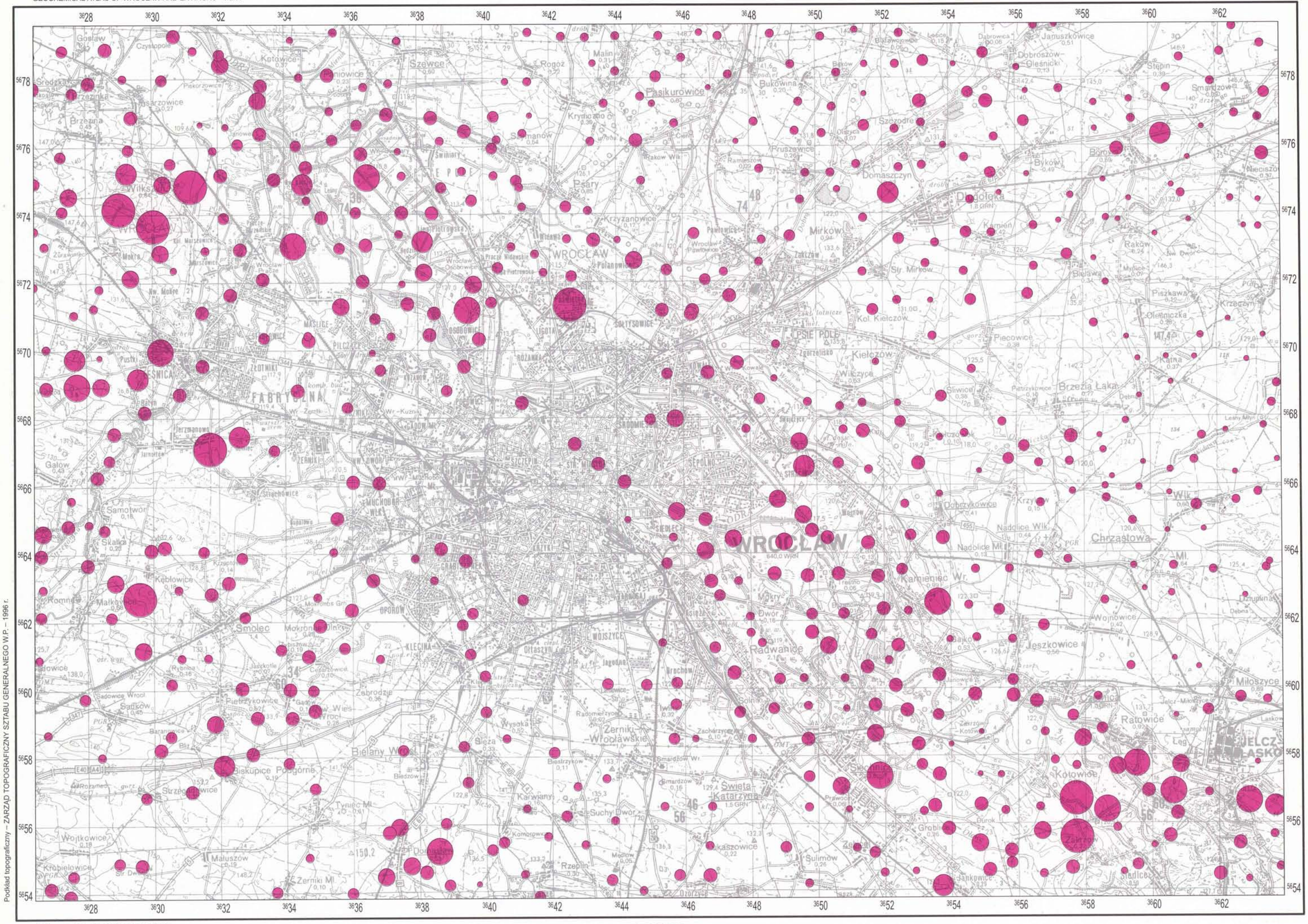
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Cd KADM CADMIUM

Percentyl/Percentile	25	50	75	90	95	97	99	100
ppm	<0,5	0,5 – 0,7	0,8 – 1,7	1,8 – 4,0	4,1 – 5,6	5,7 – 7,4	7,5 – 18,4	≥18,5

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

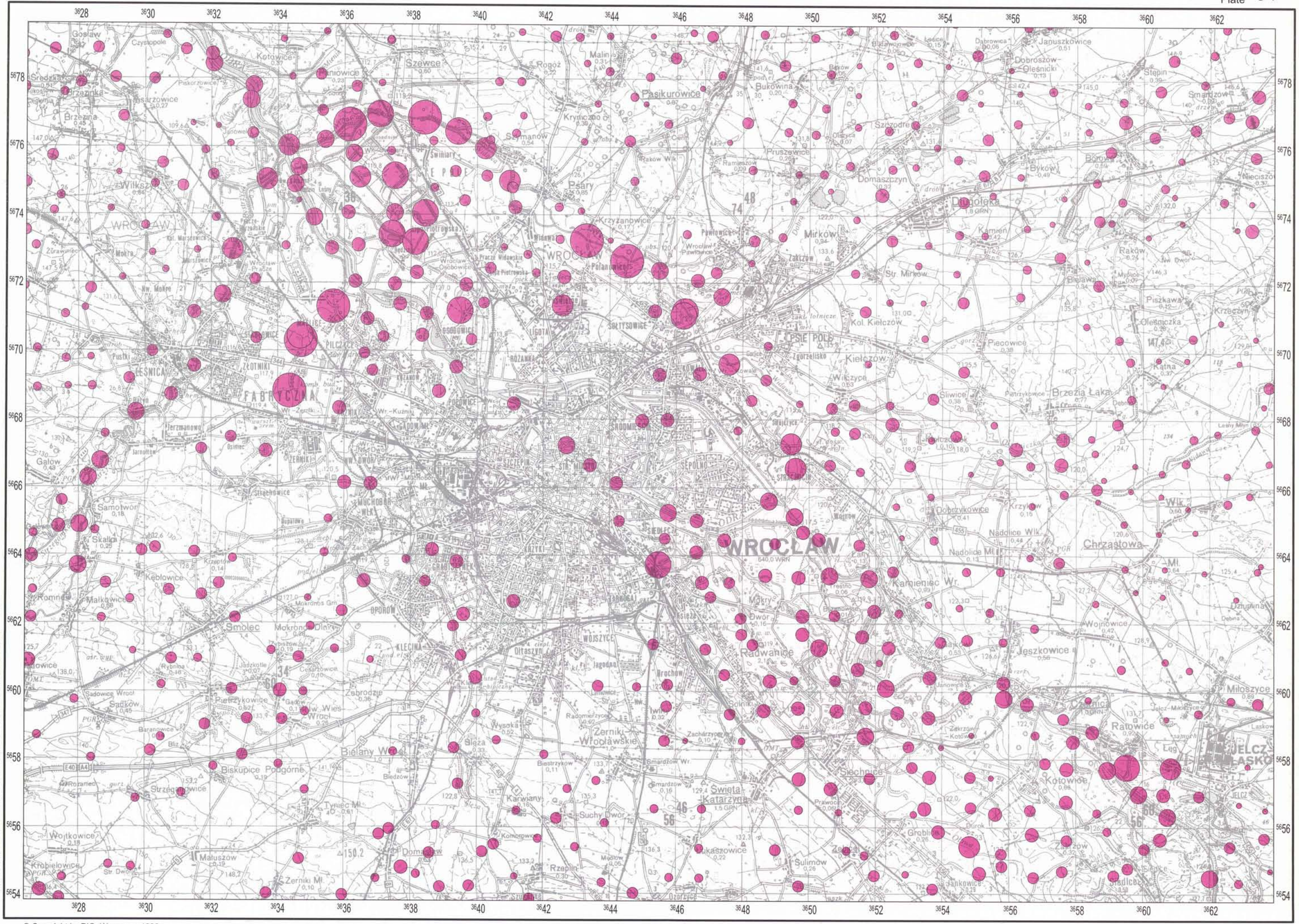
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Co **KOBALT**
COBALT

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<2,0	2,0 – 2,9	3,0 – 4,9	5,0 – 6,9	7,0 – 11,9	12,0 – 15,9	16,0 – 22,9	23,0 – 32,9	≥33,0 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

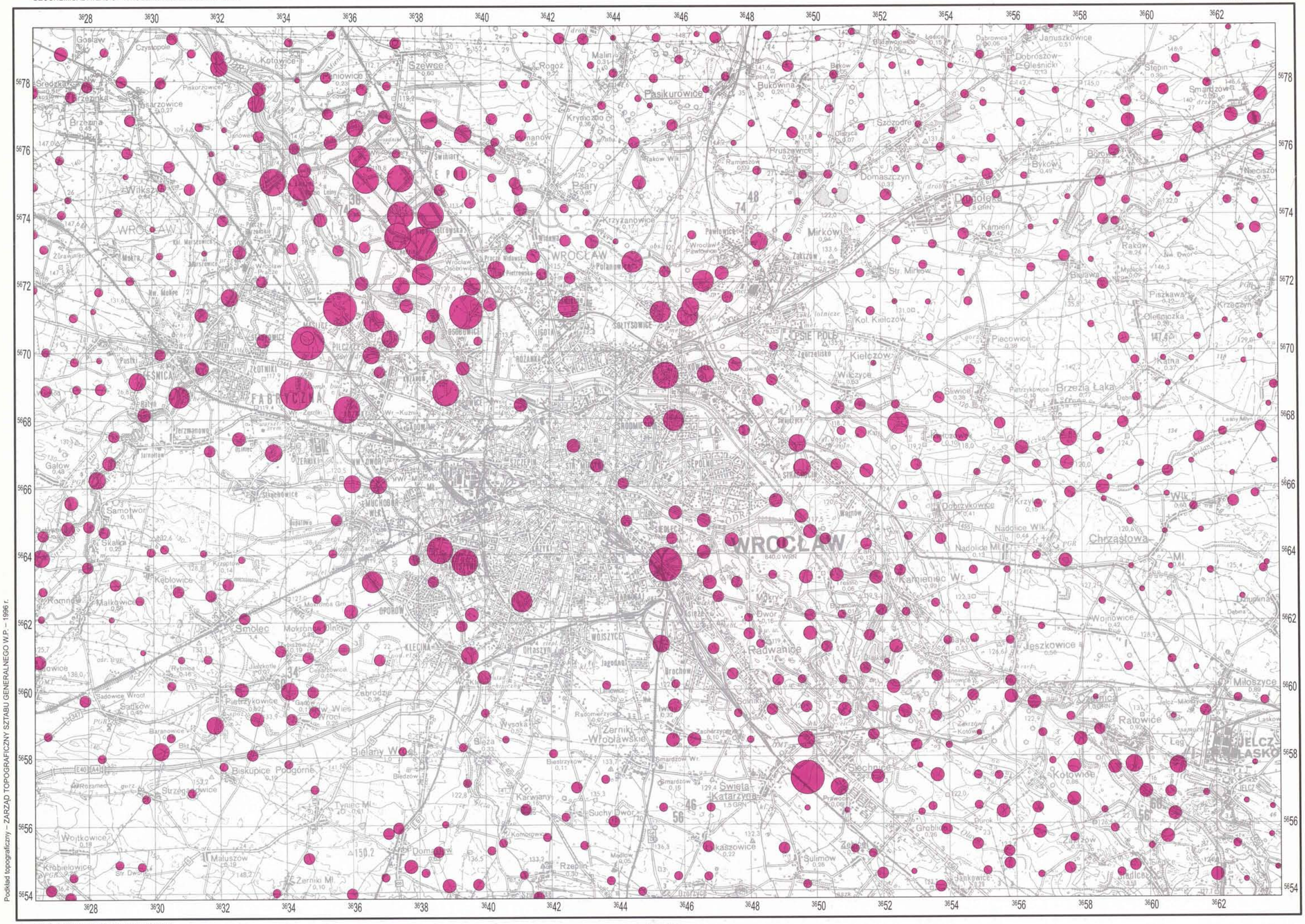
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Cr **CHROM**
CHROMIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<4	4–5	6–8	9–17	18–60	61–103	104–171	172–278	≥279 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



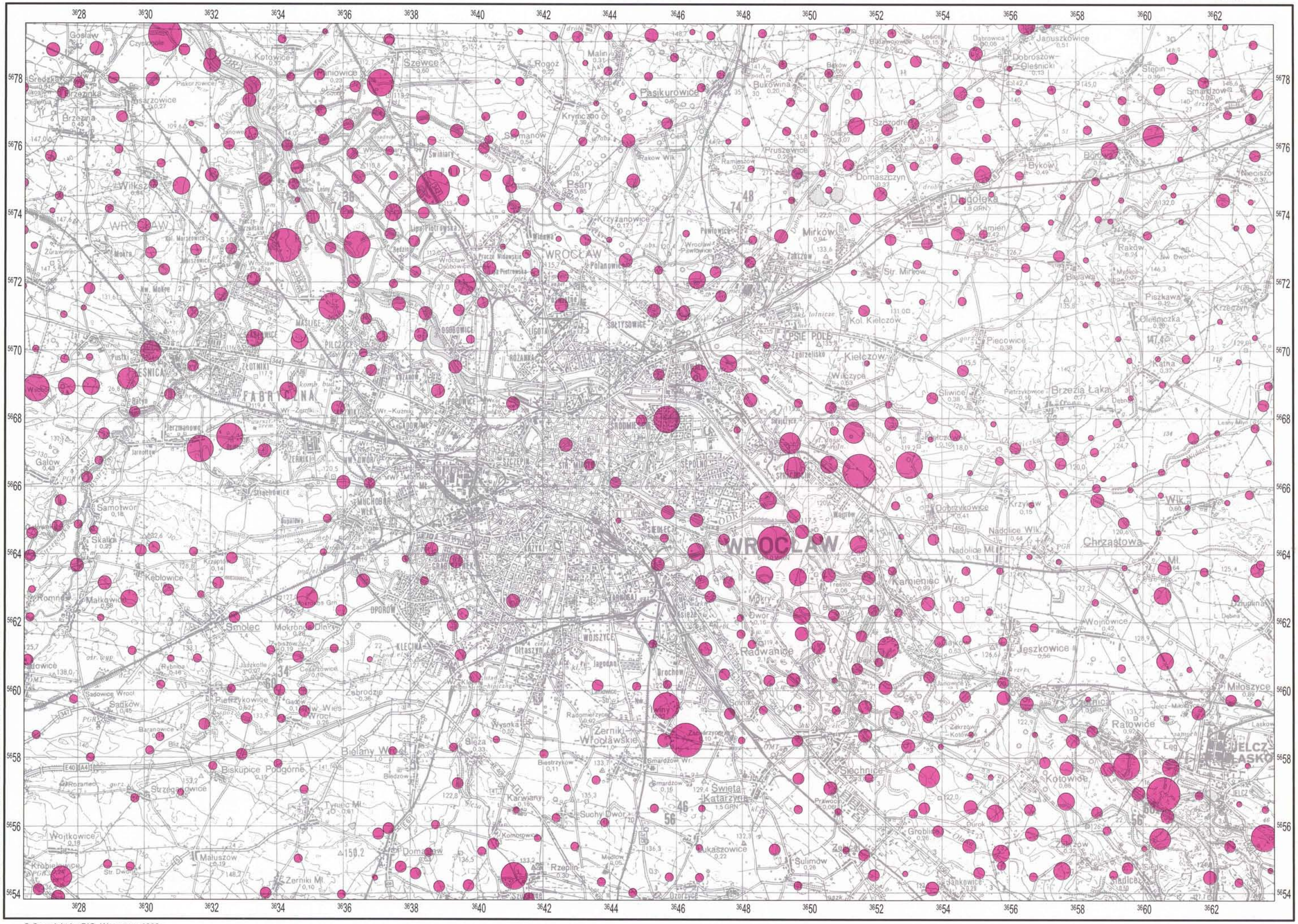
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Cu **MIEDŹ**
COPPER

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<8	8–9	10–16	17–32	33–67	68–109	110–161	162–407	⩾ 408 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

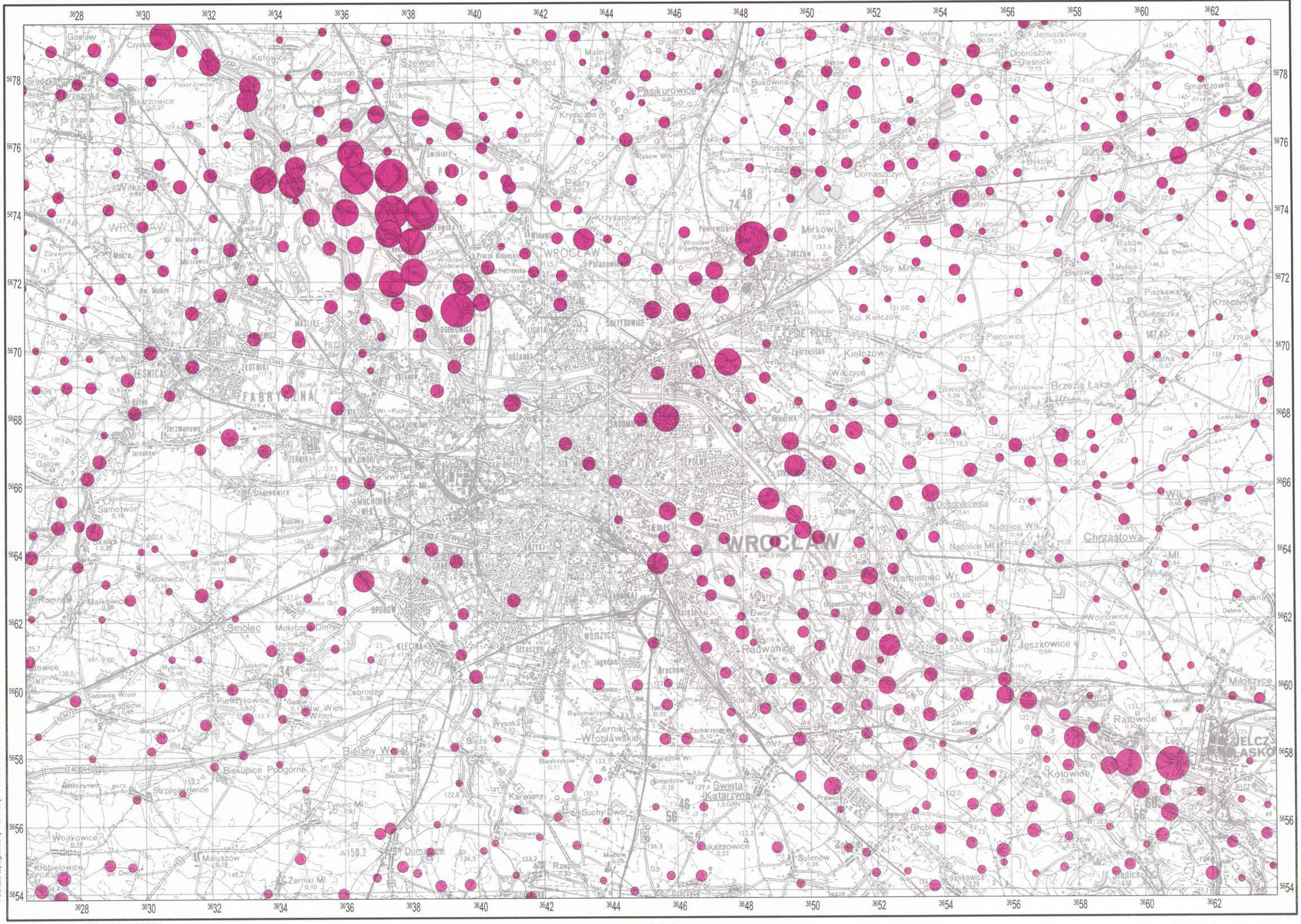
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Fe ŻELAZO
IRON

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<0,60	0,60 – 0,74	0,75 – 1,10	1,11 – 1,78	1,79 – 2,98	2,99 – 4,78	4,79 – 6,65	6,66 – 14,70	≥14,71 %

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

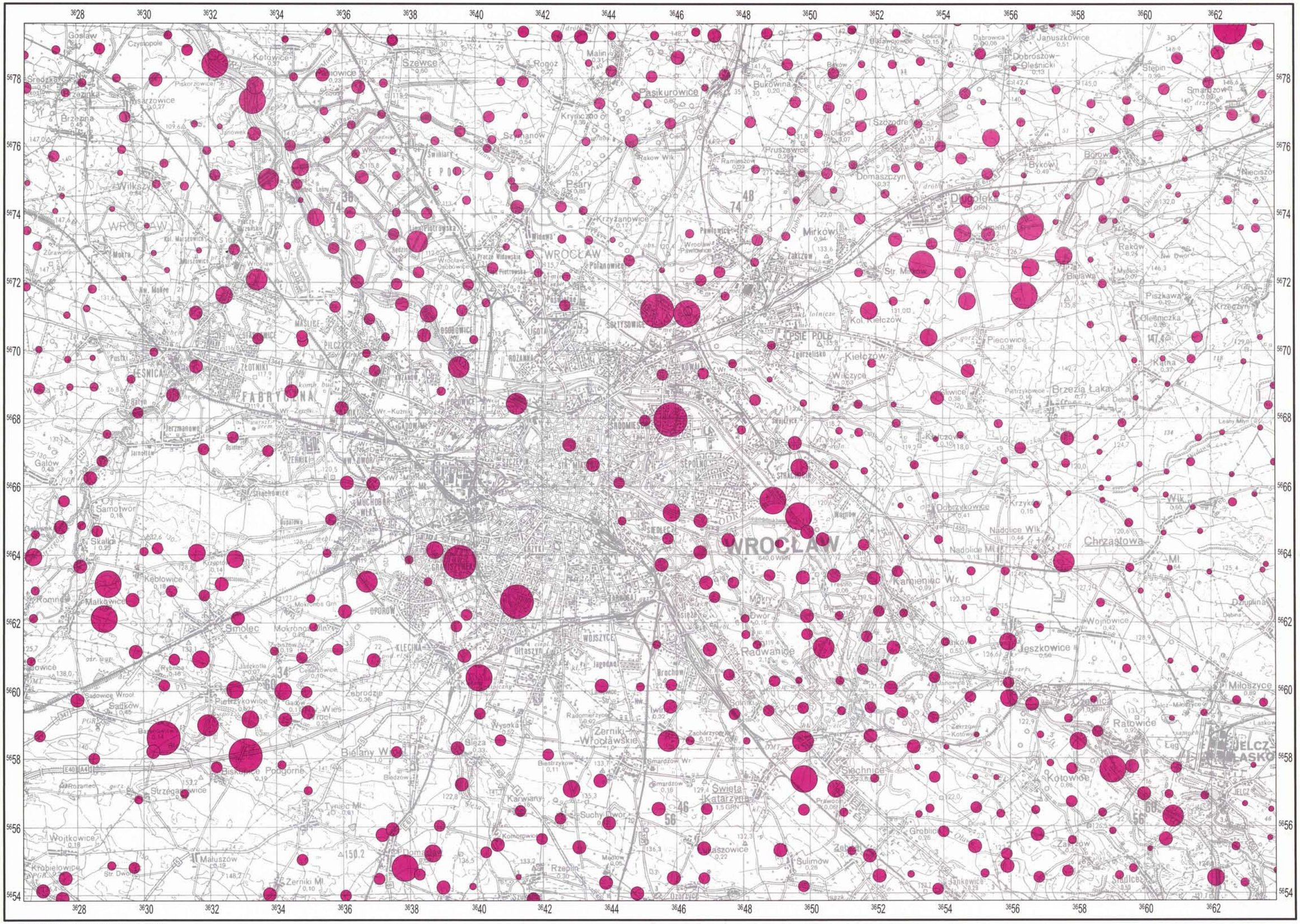
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100 000

Hg RTĘĆ MERCURY

25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<0,06	0,06 – 0,08	0,09 – 0,20	0,21 – 0,37	0,38 – 0,60	0,61 – 0,94	0,95 – 1,80	≥1,81 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

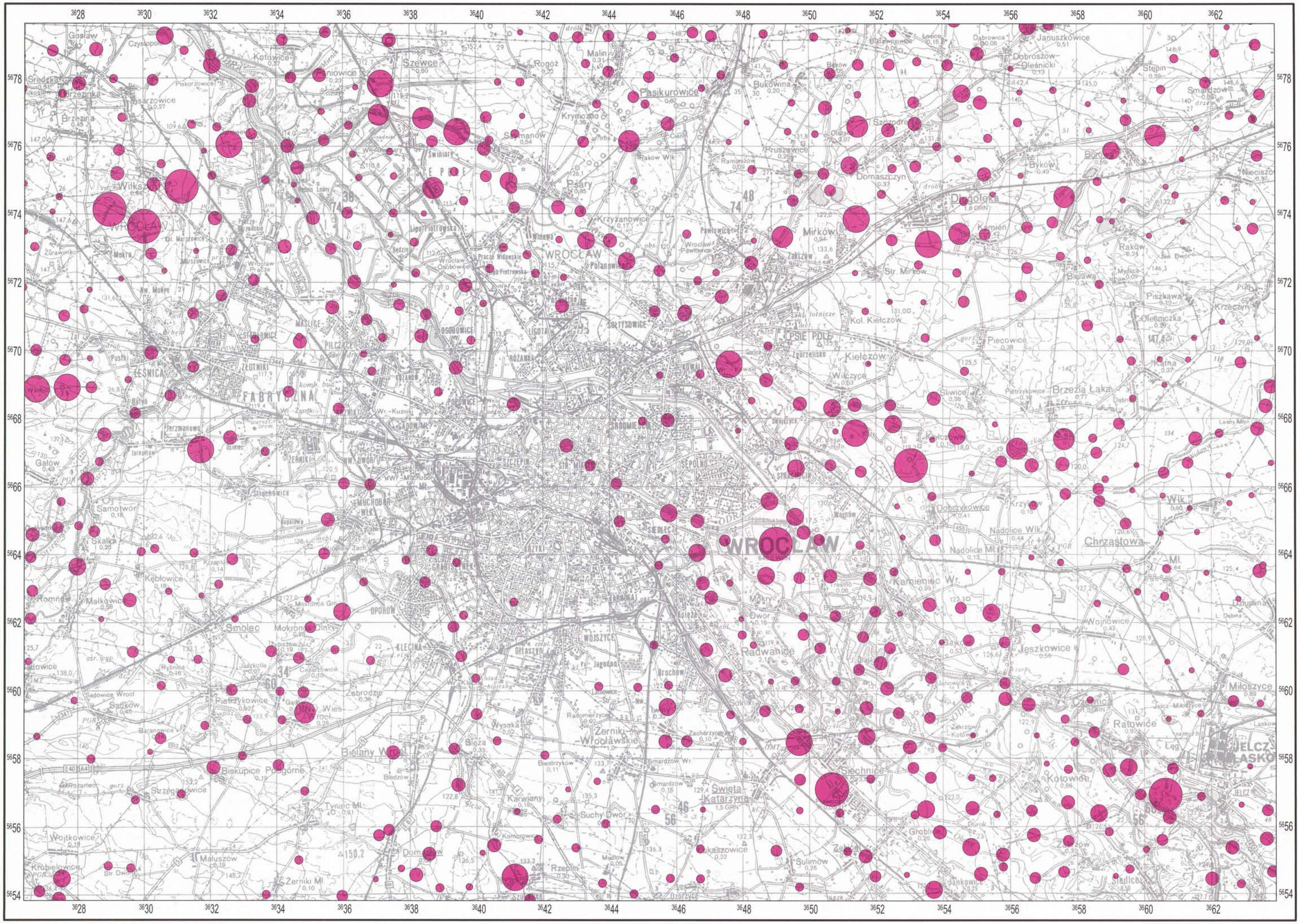
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Mg **MAGNEZ**
MAGNESIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<0,06	0,06 – 0,07	0,08 – 0,13	0,14 – 0,19	0,20 – 0,25	0,26 – 0,29	0,30 – 0,31	0,32 – 0,40	≥0,41%

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

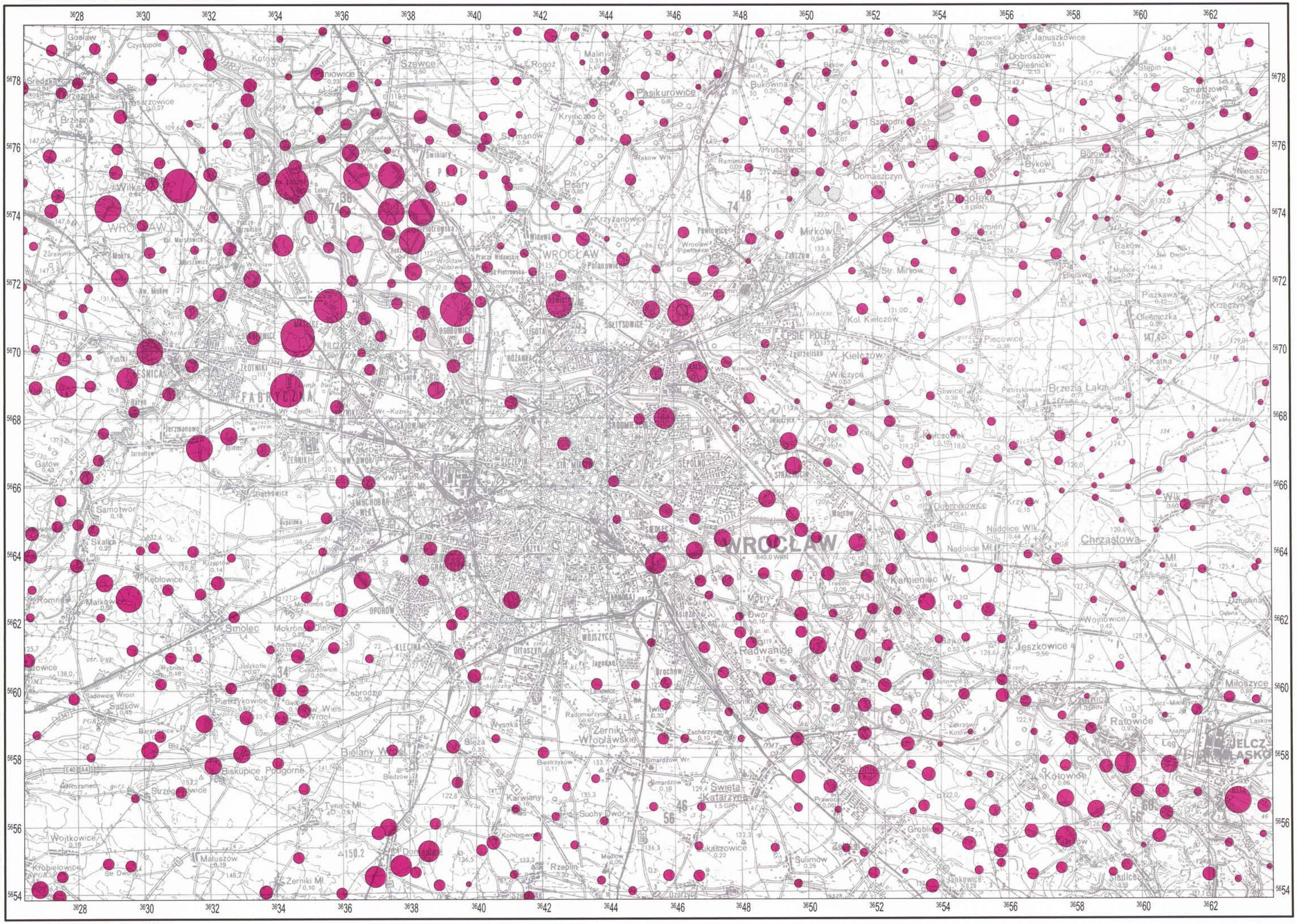
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Mn MANGAN MANGANESE

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99	100
ppm	<120	120 – 176	177 – 331	332 – 737	738 – 1275	1276 – 2183	2184 – 2737	2738 – 3789	≥3790 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

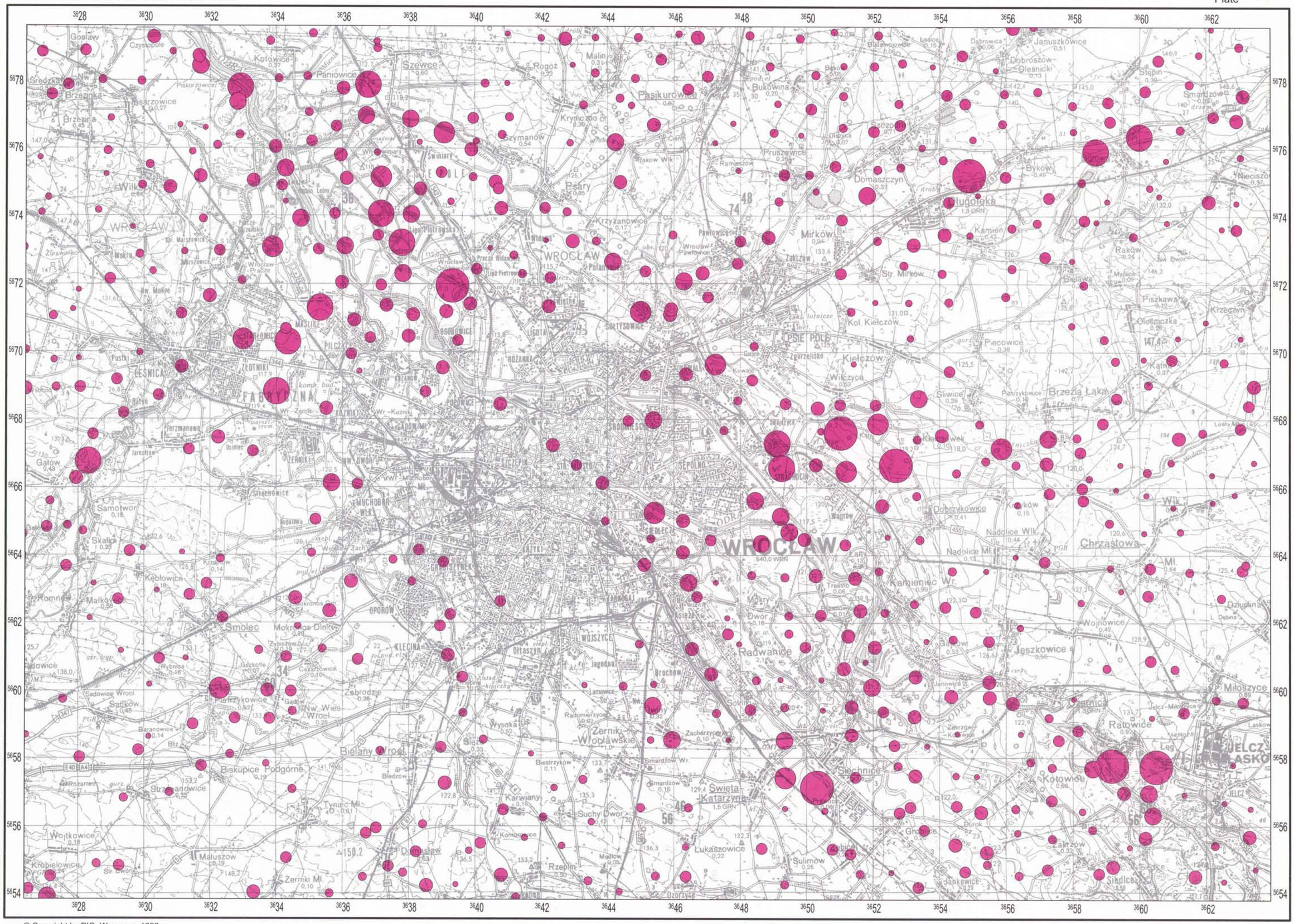
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Ni NIKIEL NICKEL

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99	100
ppm	<6	6 – 7	8 – 12	13 – 20	21 – 32	33 – 42	43 – 53	54 – 131	≥132

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

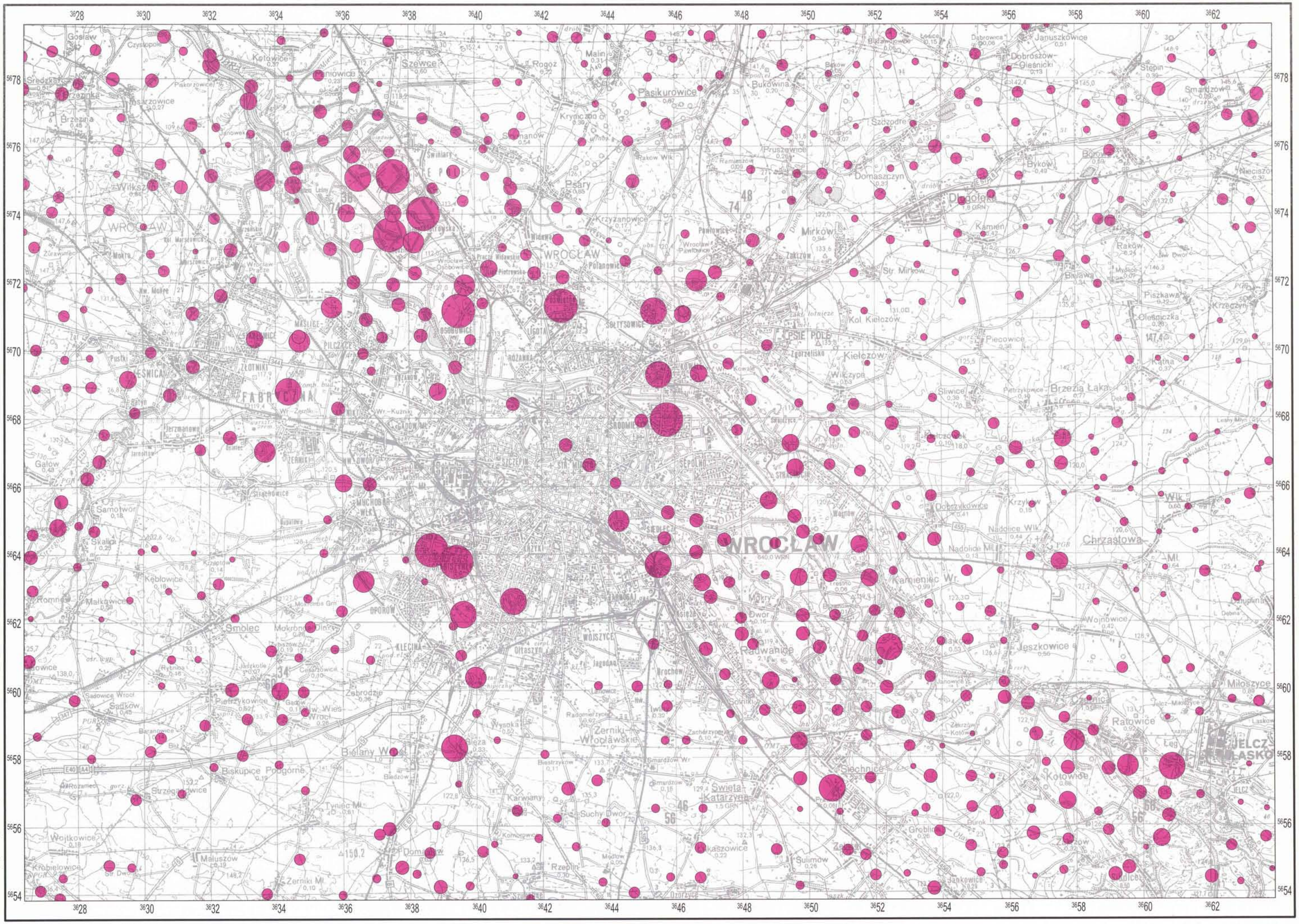
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

P **FOSFOR**
PHOSPHORUS

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<0,032	0,032 – 0,040	0,041 – 0,080	0,081 – 0,193	0,194 – 0,374	0,375 – 0,531	0,532 – 0,613	0,614 – 1,051	≥1,052 %

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

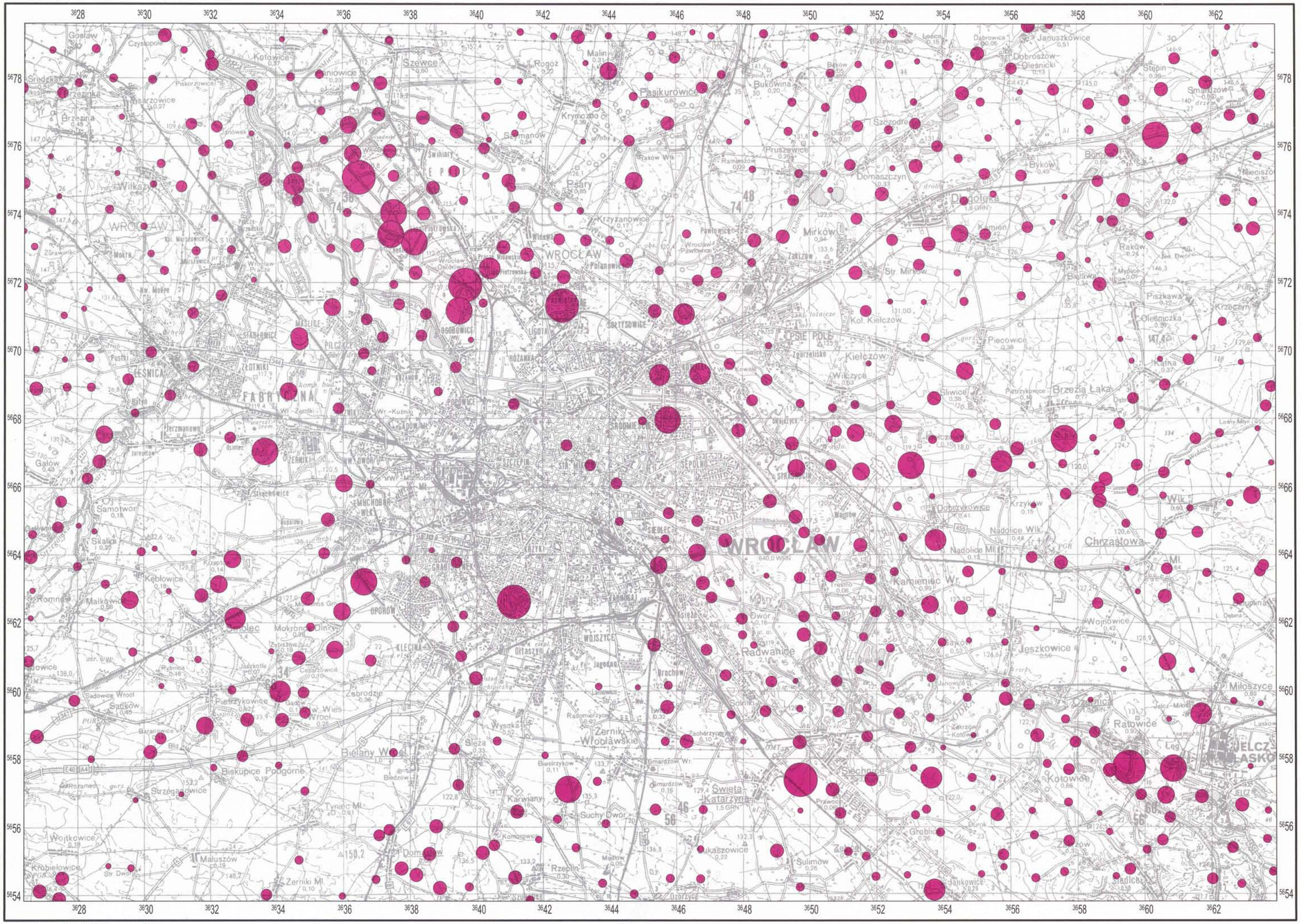
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Pb OŁÓW LEAD

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99	100
ppm	<11	11 – 14	15 – 22	23 – 37	38 – 66	67 – 113	114 – 162	163 – 228	≥229 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

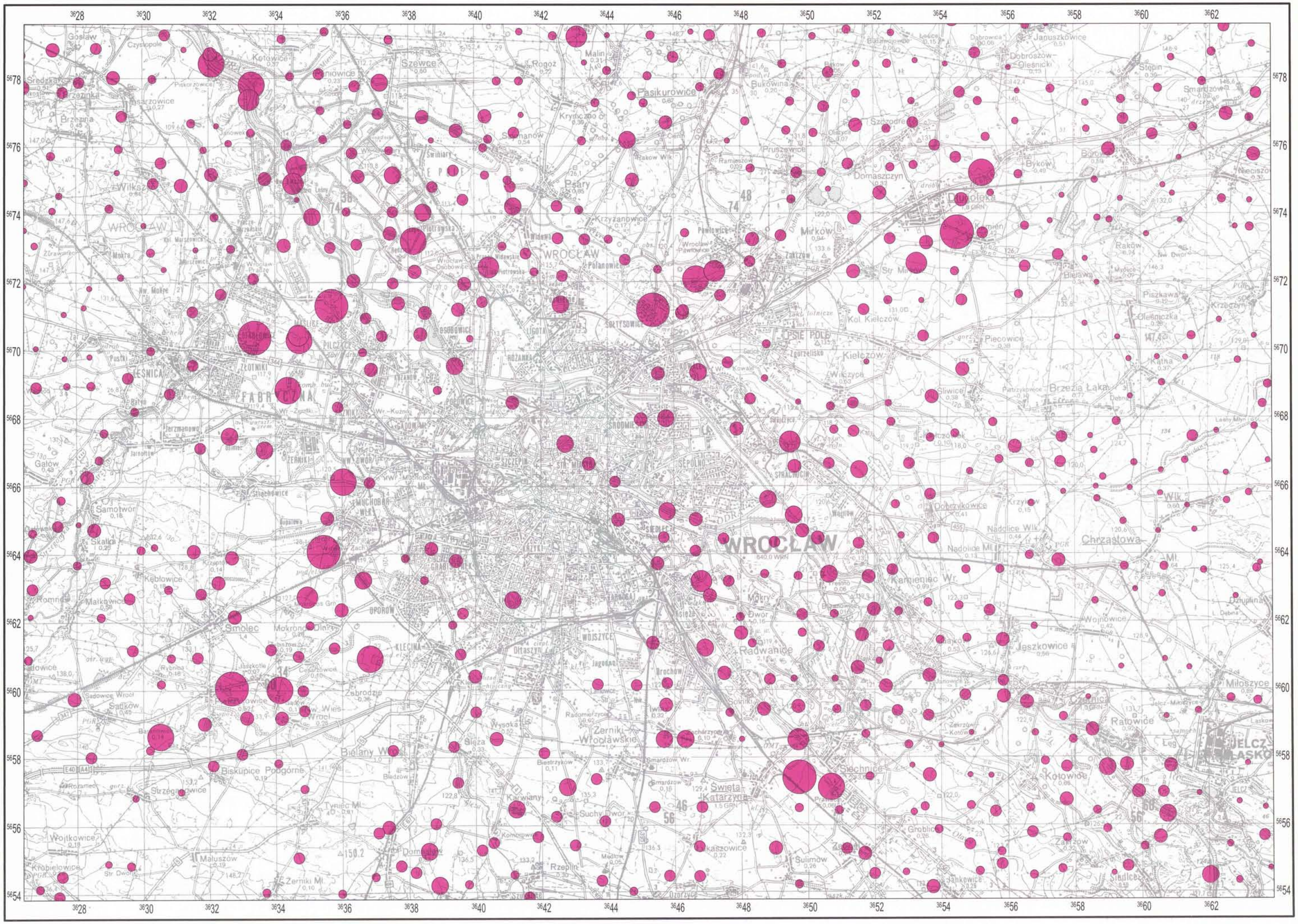
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

S SIARKA SULPHUR

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
< 0,021	0,021 – 0,027	0,028 – 0,061	0,062 – 0,141	0,142 – 0,398	0,399 – 0,674	0,675 – 0,893	0,894 – 1,337	⩾1,338 %

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

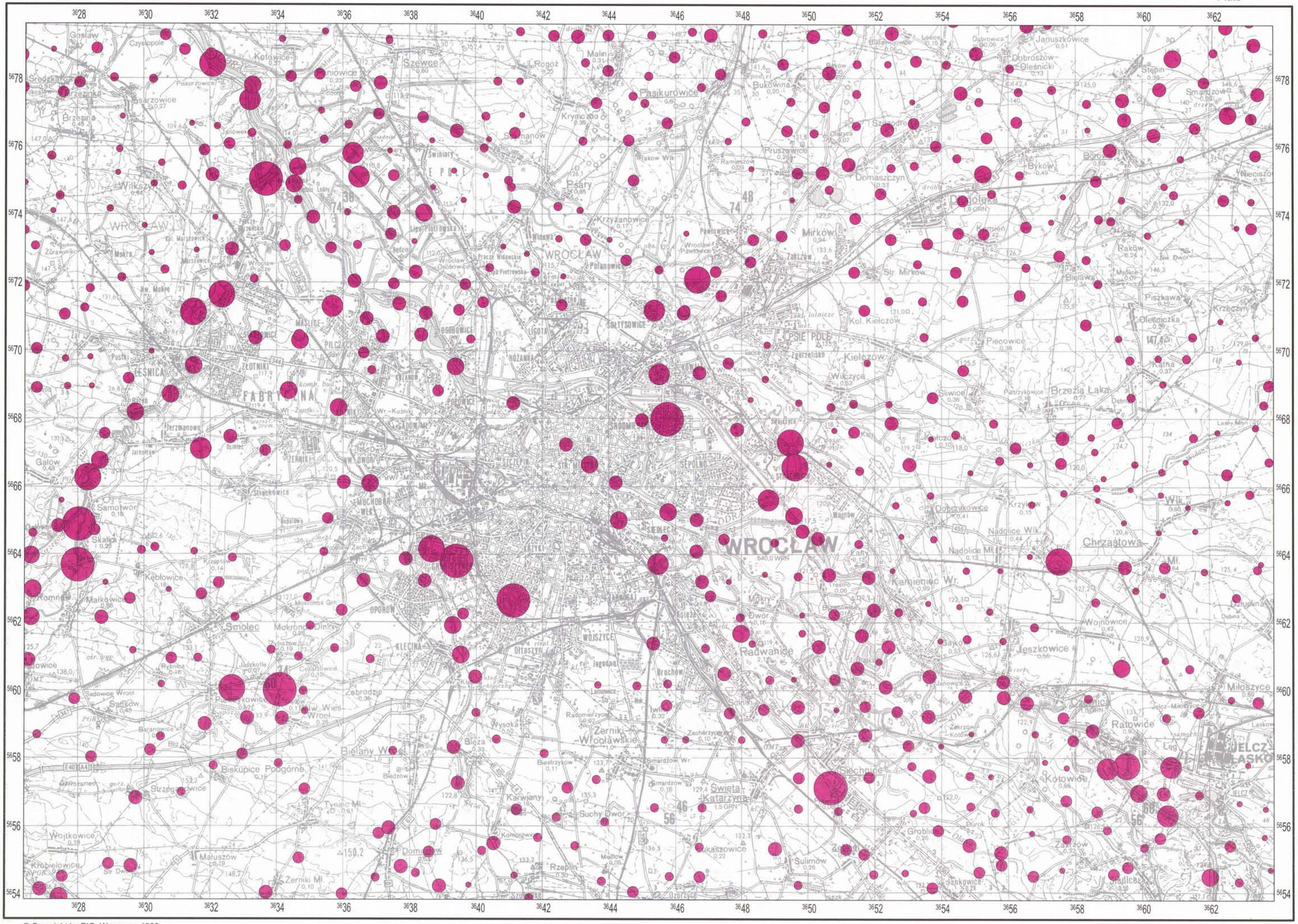
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100 000

Sr STRONT STRONTIUM

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99	100
ppm	<10	10 – 12	13 – 23	24 – 38	39 – 59	60 – 77	78 – 94	95 – 150	≥151 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

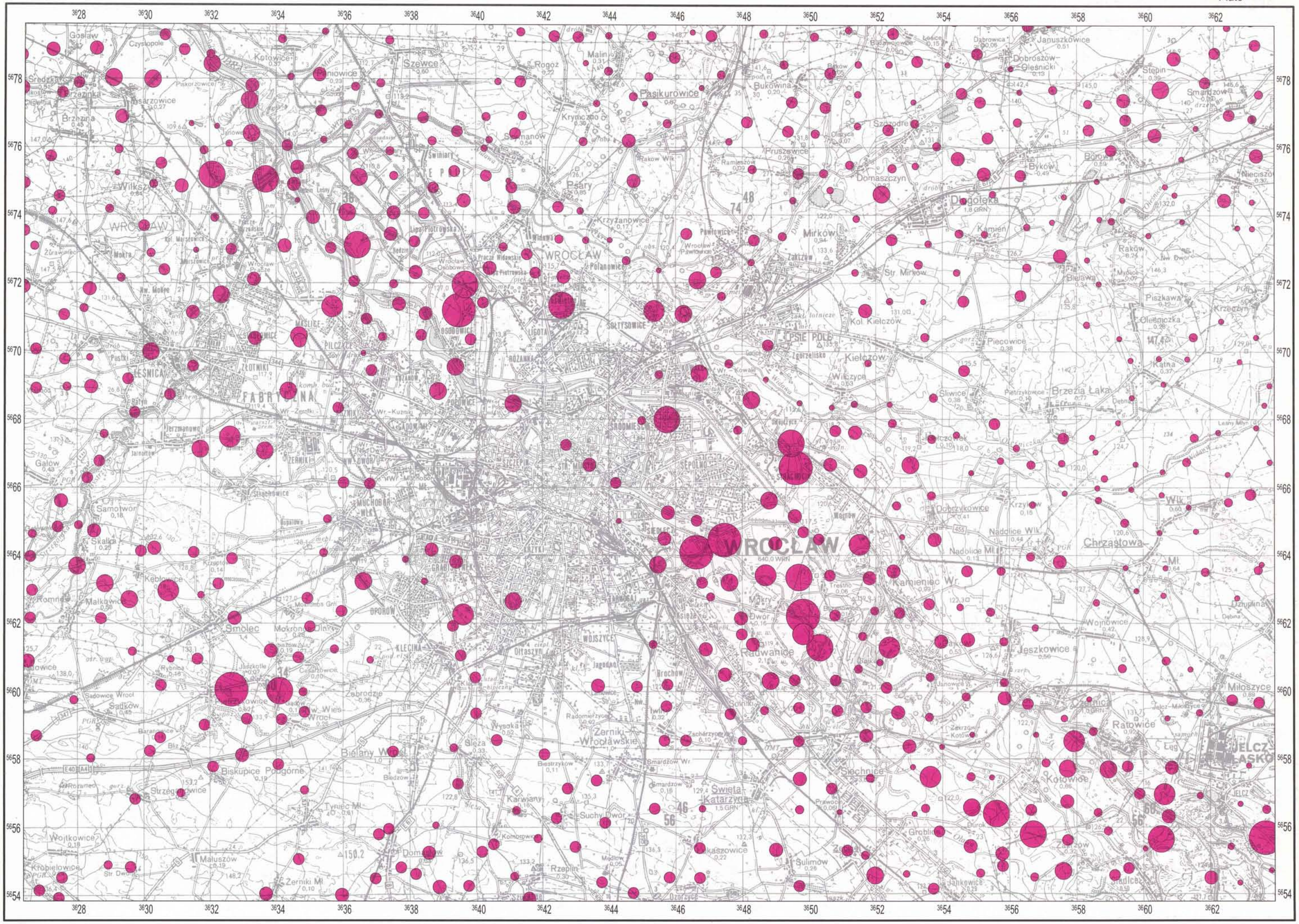
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Ti **TYTAN**
TITANIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<15	15–18	19–26	27–41	42–59	60–70	71–82	83–97	⩾98 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

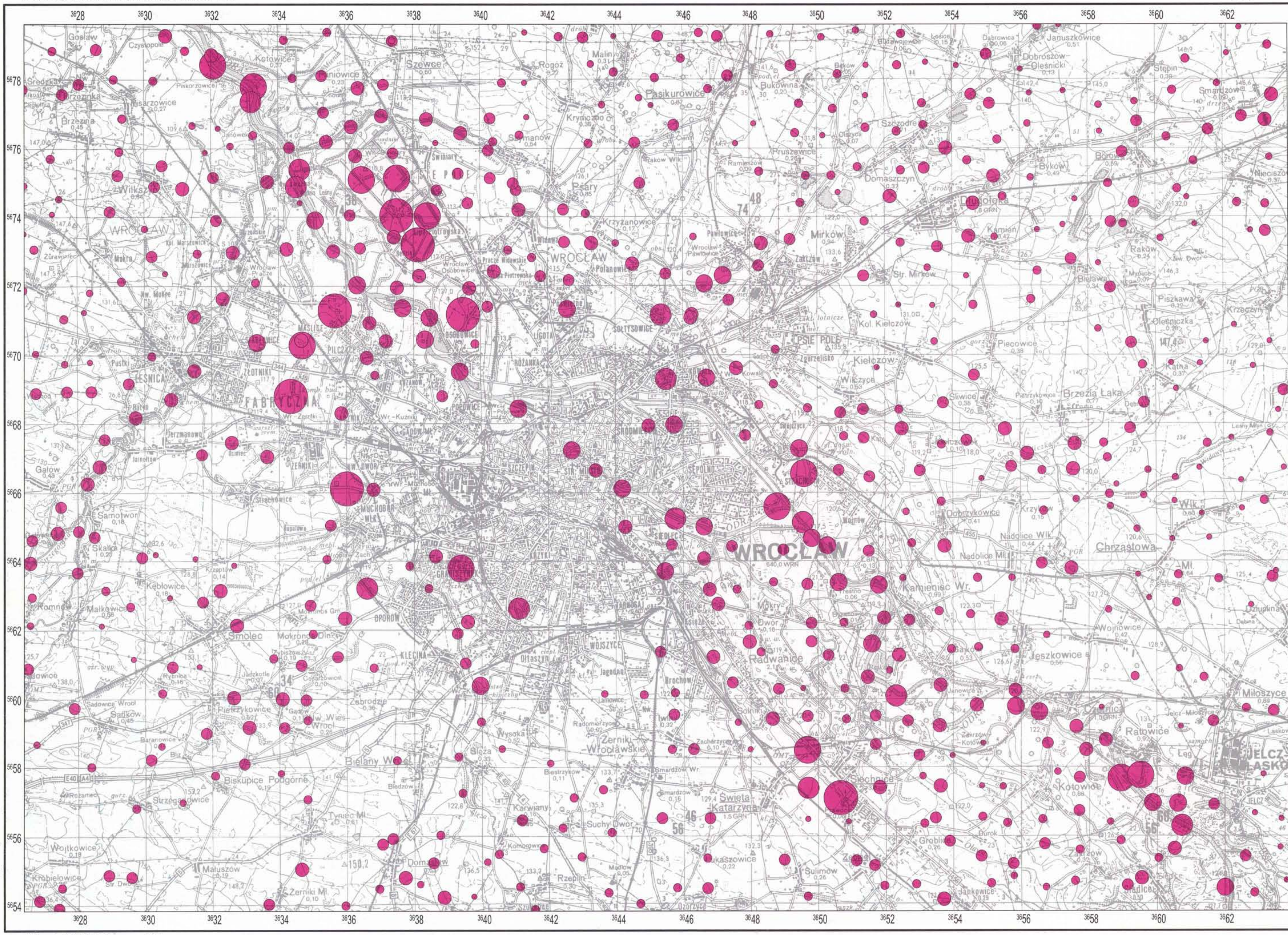
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100 000

V WANAD VANADIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<7	7 – 8	9 – 11	12 – 16	17 – 21	22 – 26	27 – 29	30 – 38	≥39 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

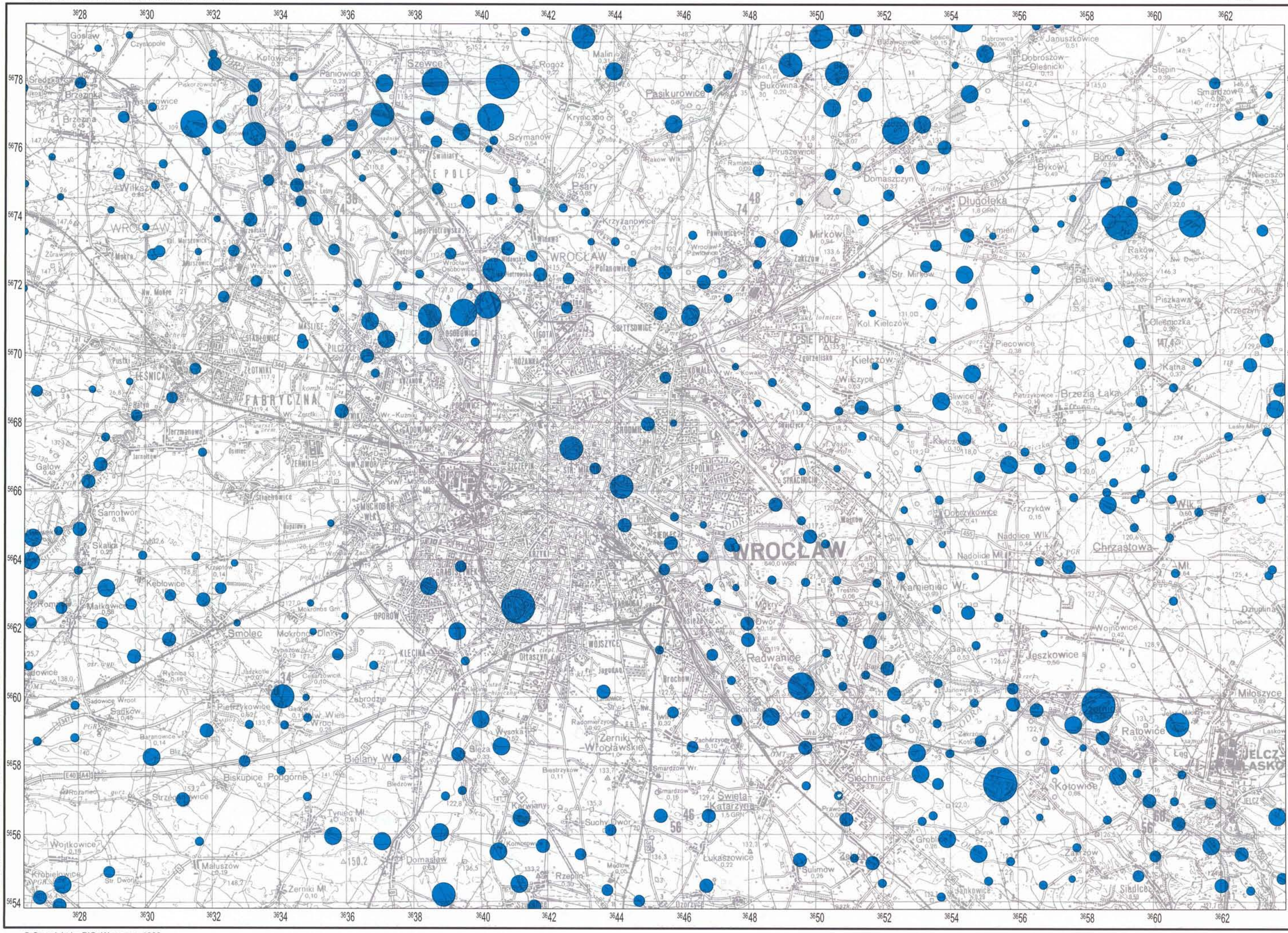
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Zn CYNK ZINC

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
< 33	33 – 41	42 – 75	76 – 200	201 – 728	729 – 1164	1165 – 1433	1434 – 2768	≥ 2769 ppm

OSADY WODNE
WATER SEDIMENTS



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

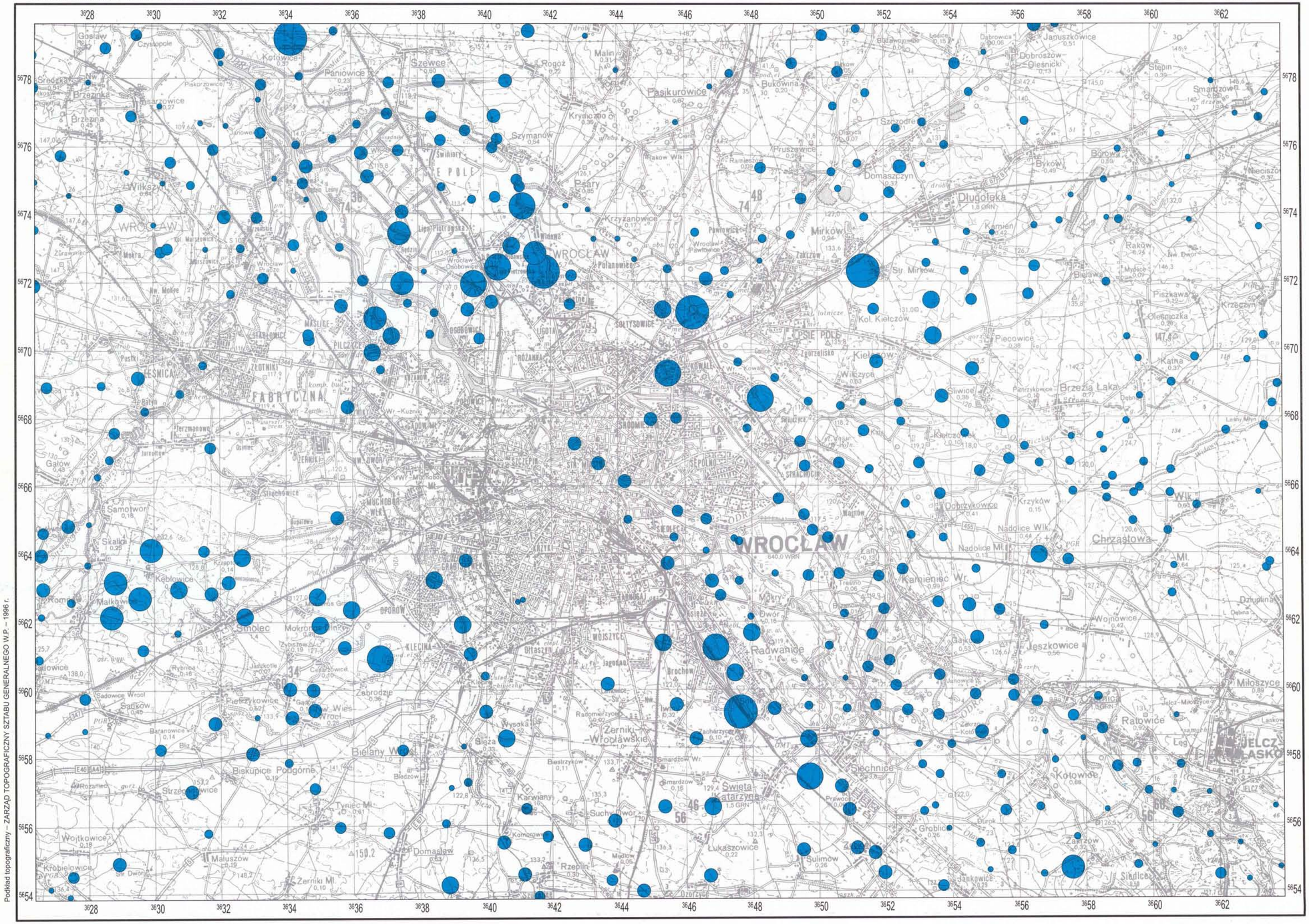
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

pH KWASOWOŚĆ
ACIDITY

Percentyl/Percentile	25	50	75	90	95	97	99	100
pH	< 6,7	6,7 – 7,0	7,1 – 7,3	7,4 – 7,5	7,6 – 7,7	7,8 – 8,0	8,1 – 8,5	≥ 8,6

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



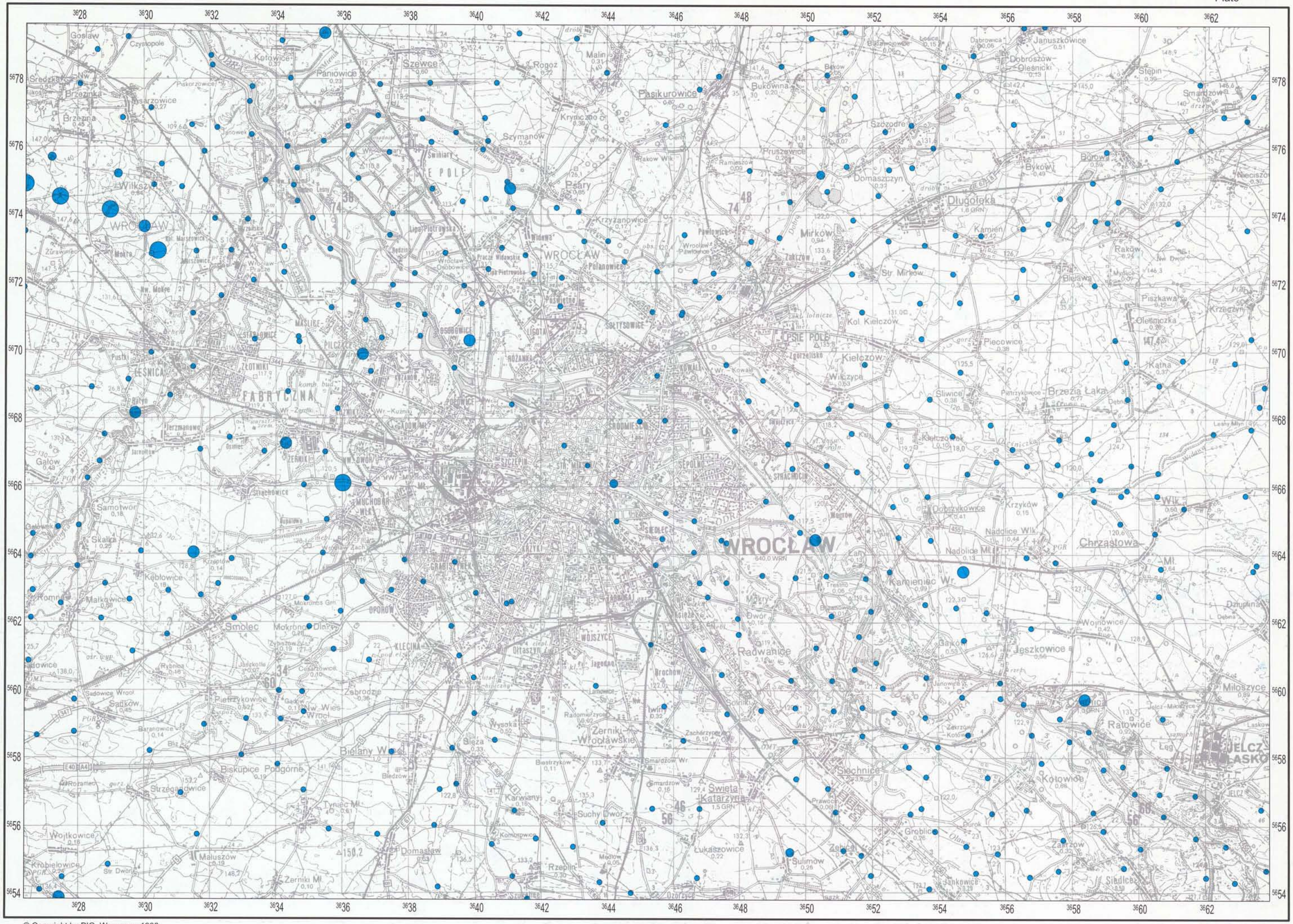
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA
CONDUCTIVITY

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
< 0,52	0,52 – 0,59	0,60 – 0,84	0,85 – 1,12	1,13 – 1,35	1,36 – 1,51	1,52 – 1,63	1,64 – 1,83	⩾ 1,84 mS/cm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

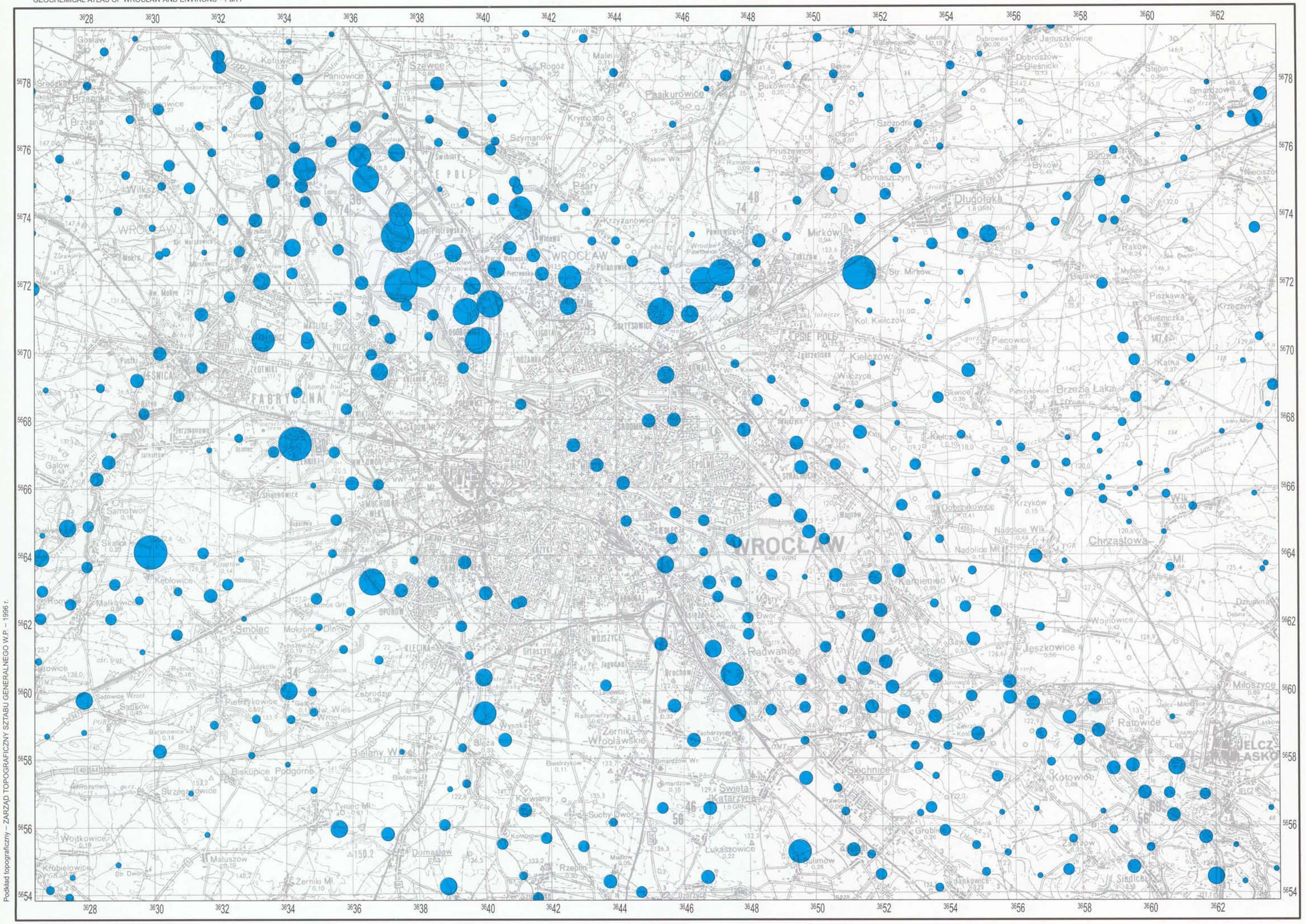
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Al GLIN ALUMINIUM

95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<0,05	0,05 – 0,07	0,08 – 0,41	≥0,42 ppm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



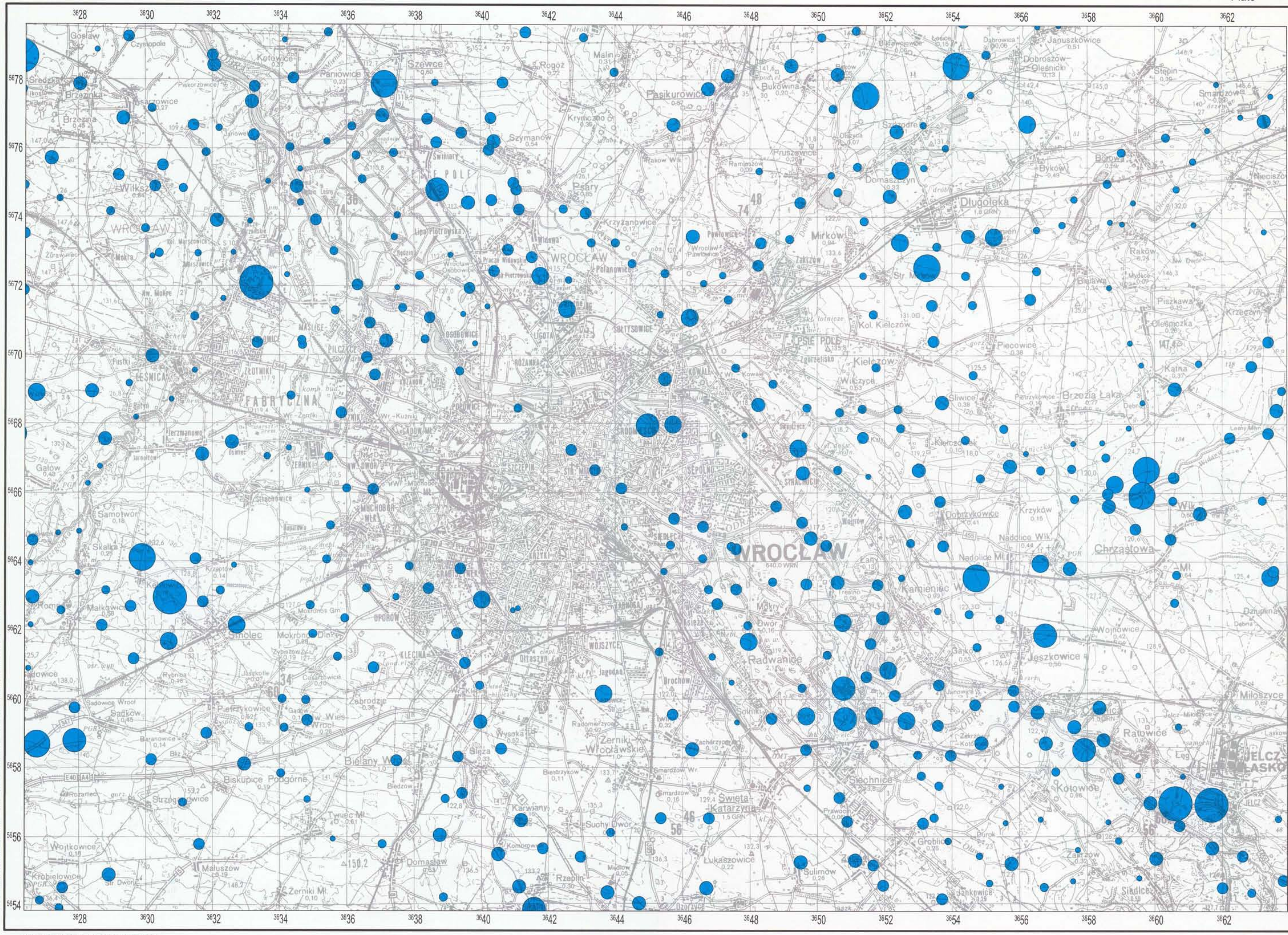
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

B **BOR**
BORON

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<0,030	0,030 – 0,039	0,040 – 0,059	0,060 – 0,109	0,110 – 0,179	0,180 – 0,289	0,290 – 0,399	0,400 – 0,599	⩾ 0,600 ppm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

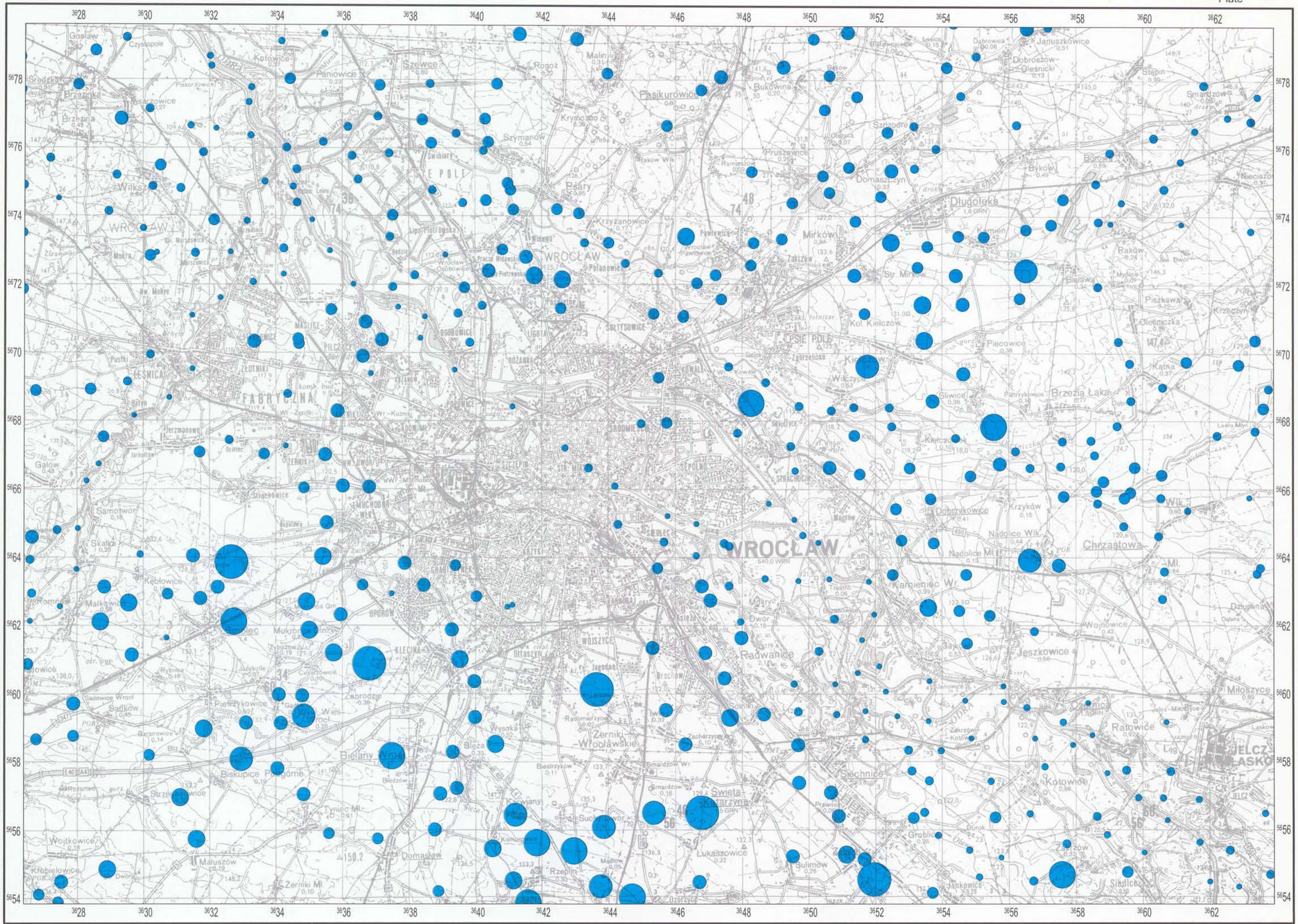
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100 000

Ba BAR BARIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
< 53	53 – 59	60 – 70	71 – 84	85 – 101	102 – 126	127 – 140	141 – 179	≥ 180 ppb

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

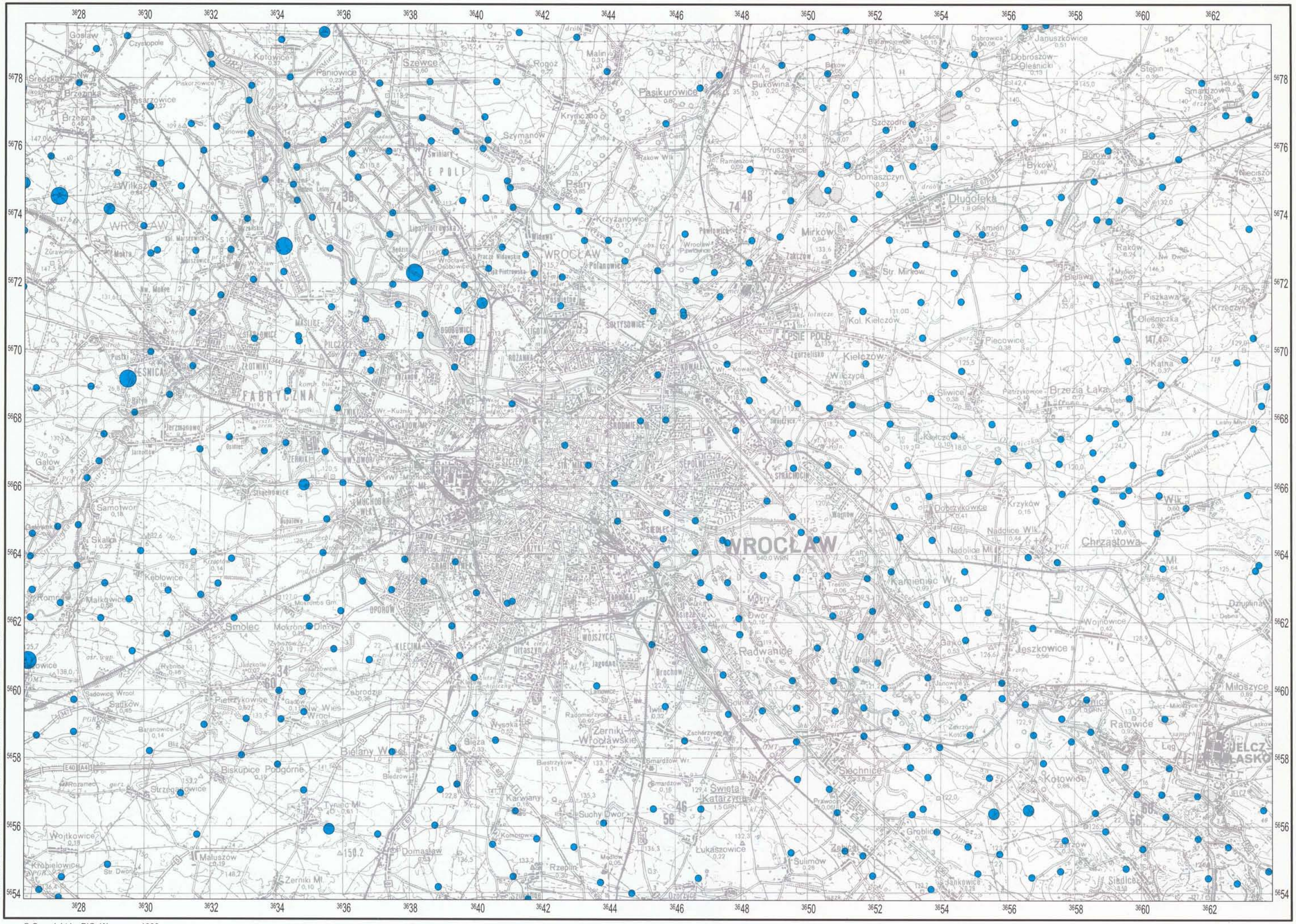
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Ca WAPŃ CALCIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
< 64,8	64,8 – 80,3	80,4 – 115,4	115,5 – 172,8	172,9 – 212,1	212,2 – 236,4	236,5 – 254,0	254,1 – 267,0	≥ 267,1 ppm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

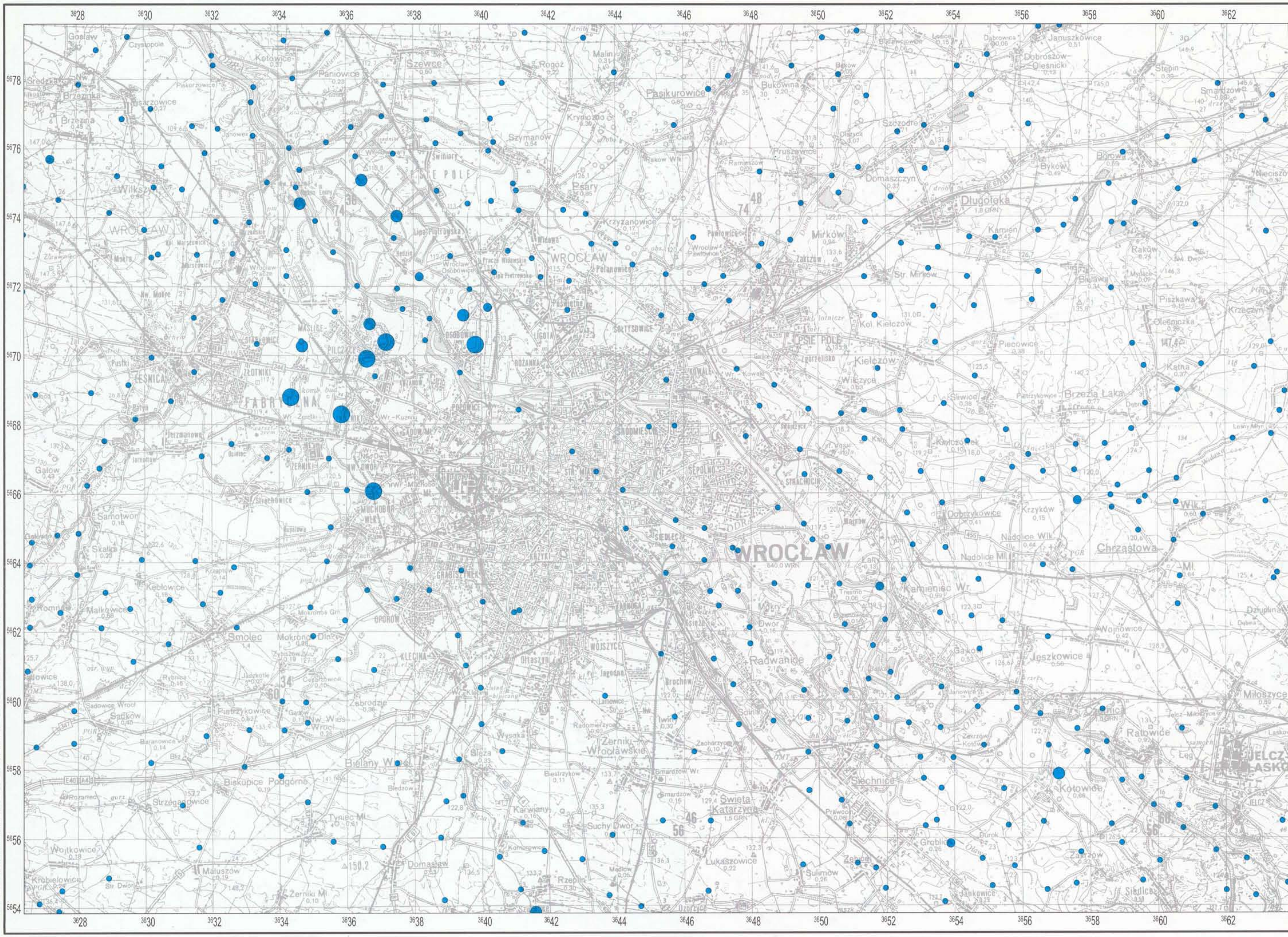
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Co KOBALT COBALT

97	99	100 Percentyl/Percentile
<5	5 – 10	≥11 ppb

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

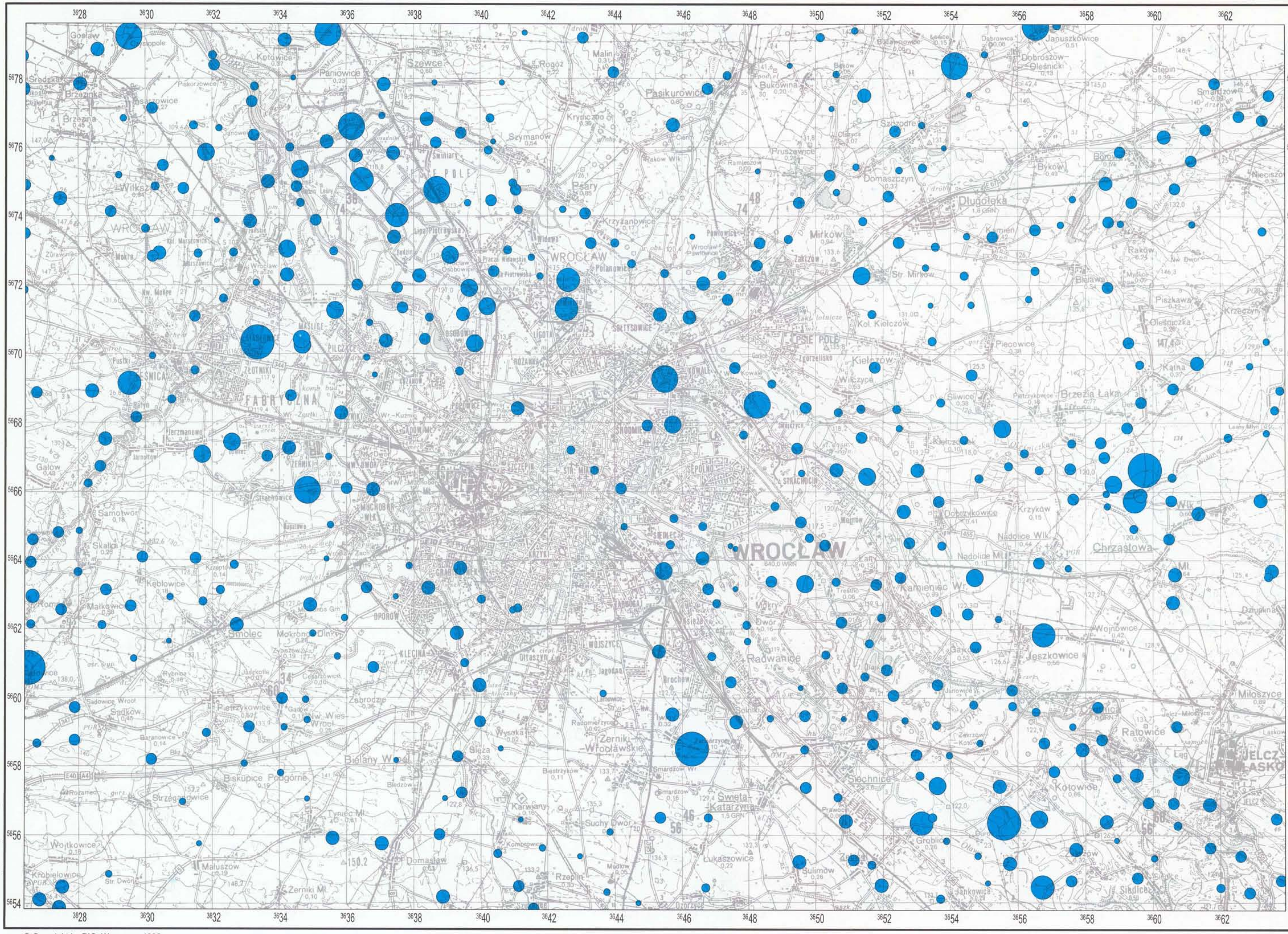
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100 000

Cu MIEDŹ COPPER

95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<5	5 – 6	7 – 12	⩾13 ppb

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

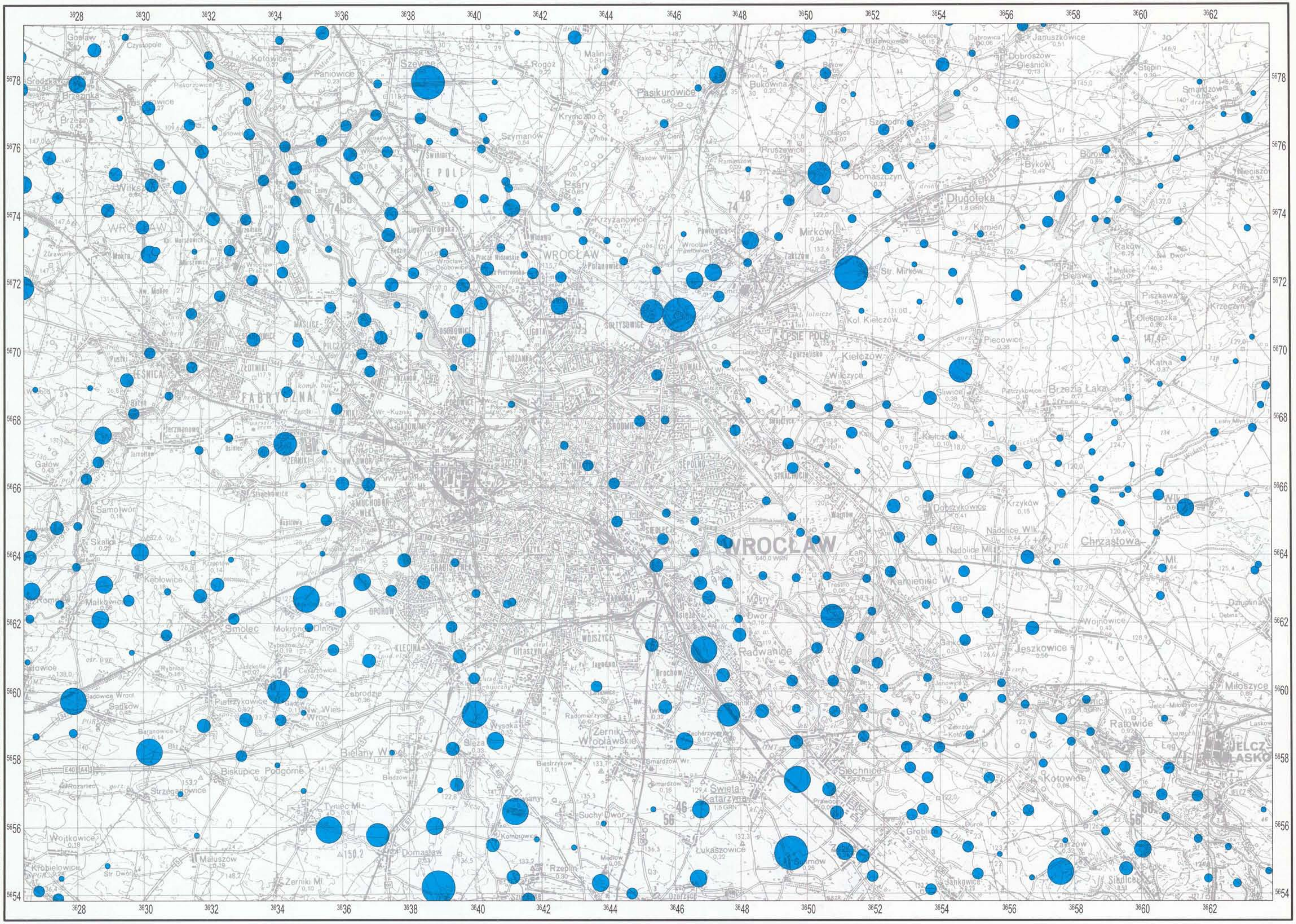
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Fe ŻELAZO IRON

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<0,020	0,020 – 0,029	0,030 – 0,049	0,050 – 0,139	0,140 – 0,469	0,470 – 0,839	0,840 – 1,319	1,320 – 4,499	≥4,500 ppm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

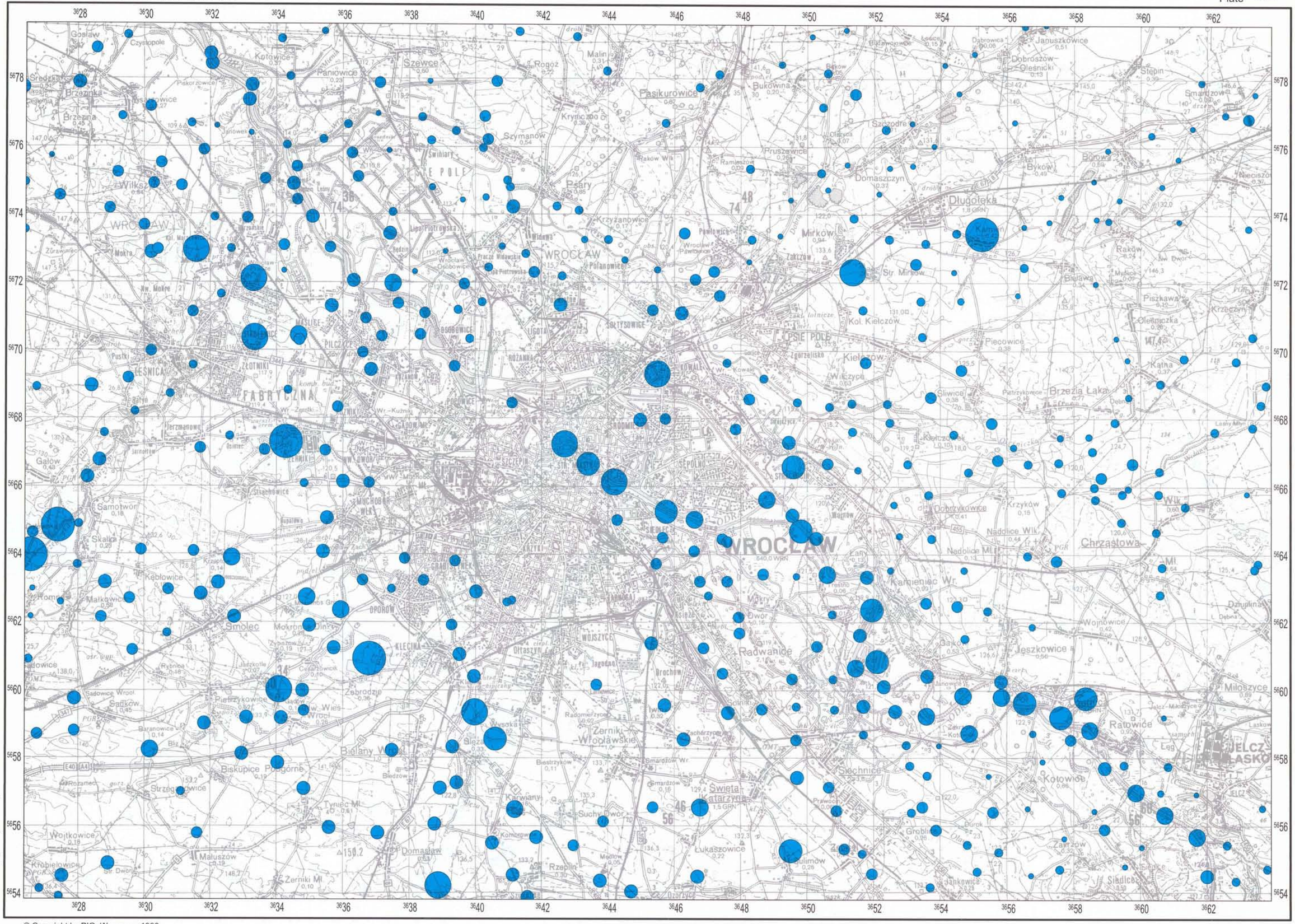
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

K POTAS
POTASSIUM

Percentyl/Percentile	15	25	50	75	90	95	97	99	100
ppm	< 4,4	4,4 – 5,8	5,9 – 8,4	8,5 – 15,1	15,2 – 22,3	22,4 – 30,4	30,5 – 38,5	38,6 – 75,2	⩾ 75,3 ppm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

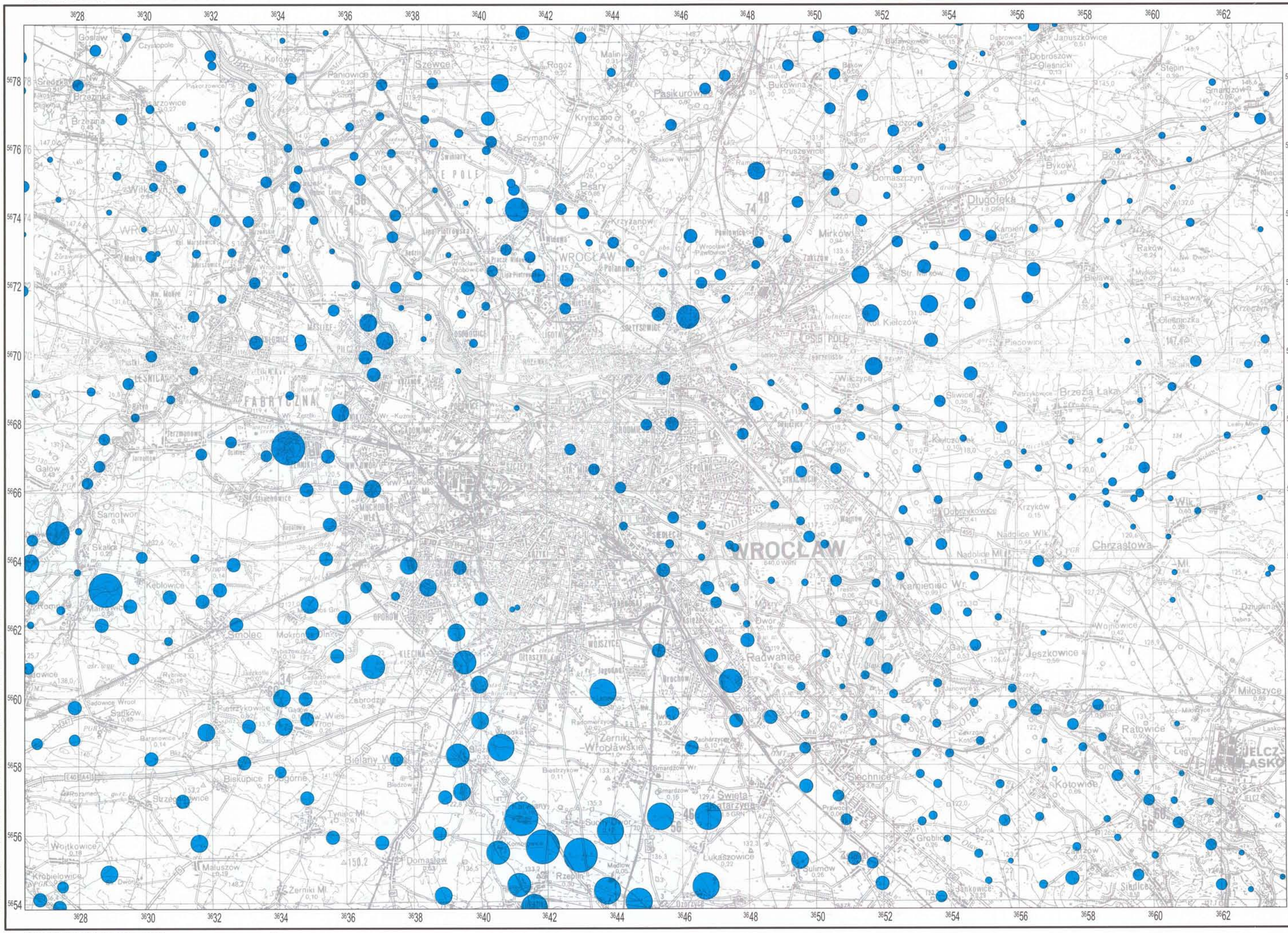
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Li **LIT**
LITHIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<5,0	5,0 – 5,9	6,0 – 11,9	12,0 – 19,9	20,0 – 27,9	28,0 – 31,9	32,0 – 35,9	36,0 – 48,9	≥49,0 ppb

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

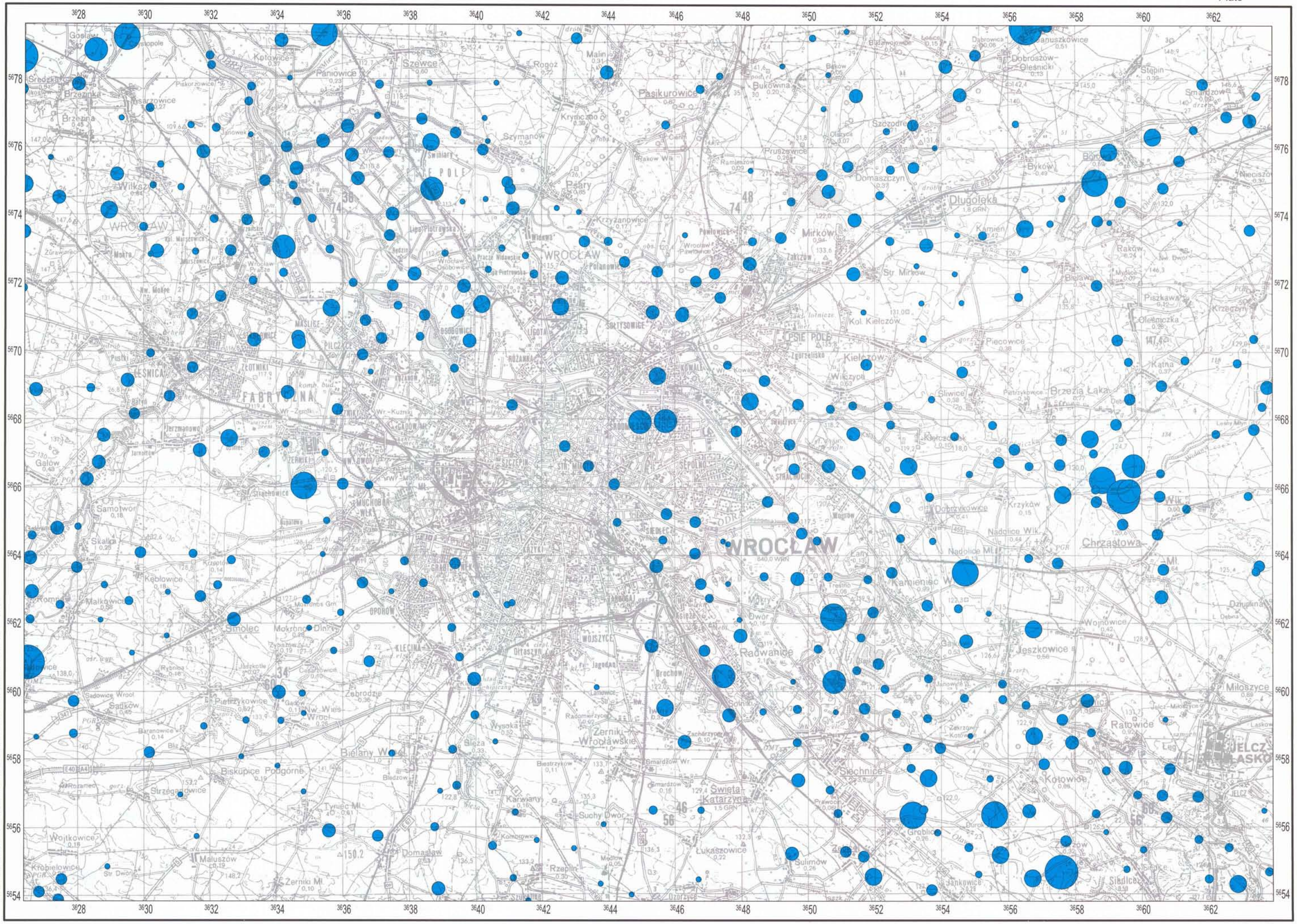
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100 000

Mg MAGNEZ MAGNESIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<10,8	10,8 – 12,1	12,2 – 16,2	16,3 – 25,7	25,8 – 36,0	36,1 – 42,9	43,0 – 49,9	50,0 – 68,6	≥ 68,7 ppm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

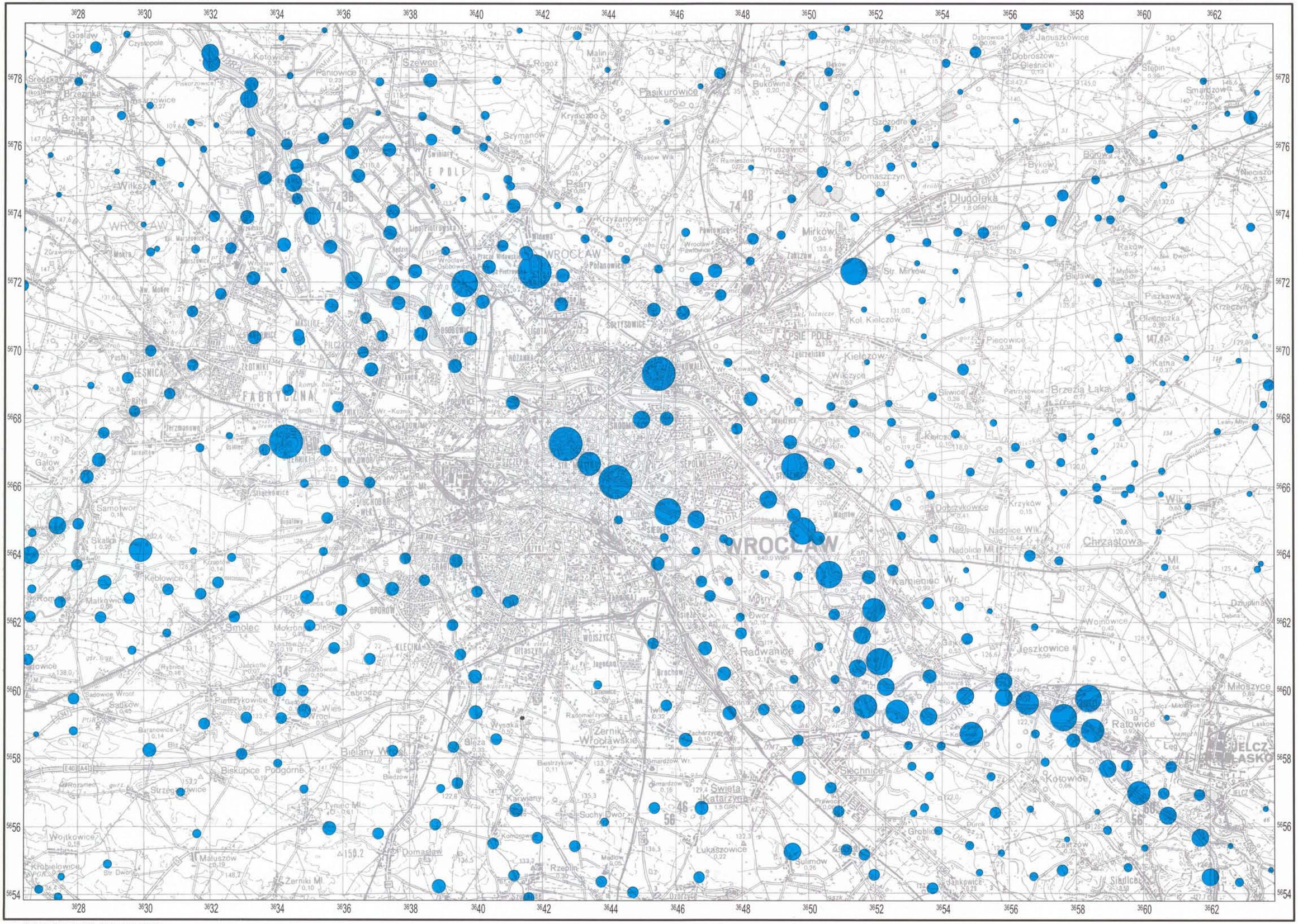
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Mn MANGAN
MANGANESE

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
< 22	22 – 50	51 – 116	117 – 255	256 – 654	655 – 1417	1418 – 2316	2317 – 3452	≥ 3453 ppb

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



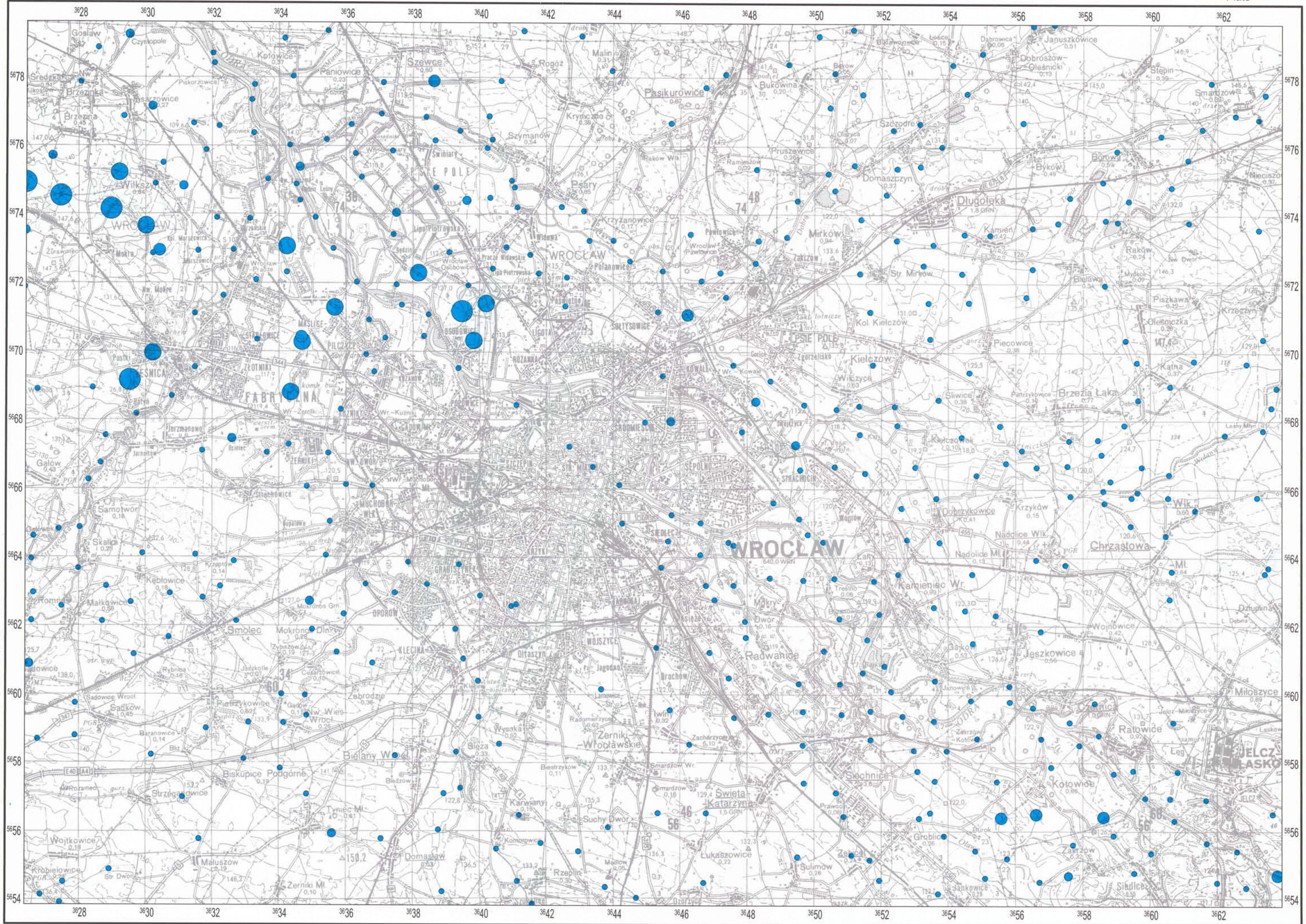
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Na **SÓD**
SODIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percenty/Percentile
<14,6	14,6 – 16,4	16,5 – 24,2	24,3 – 44,7	44,8 – 100,9	101,0 – 118,9	119,0 – 125,9	126,0 – 153,9	⩾ 154,0 ppm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

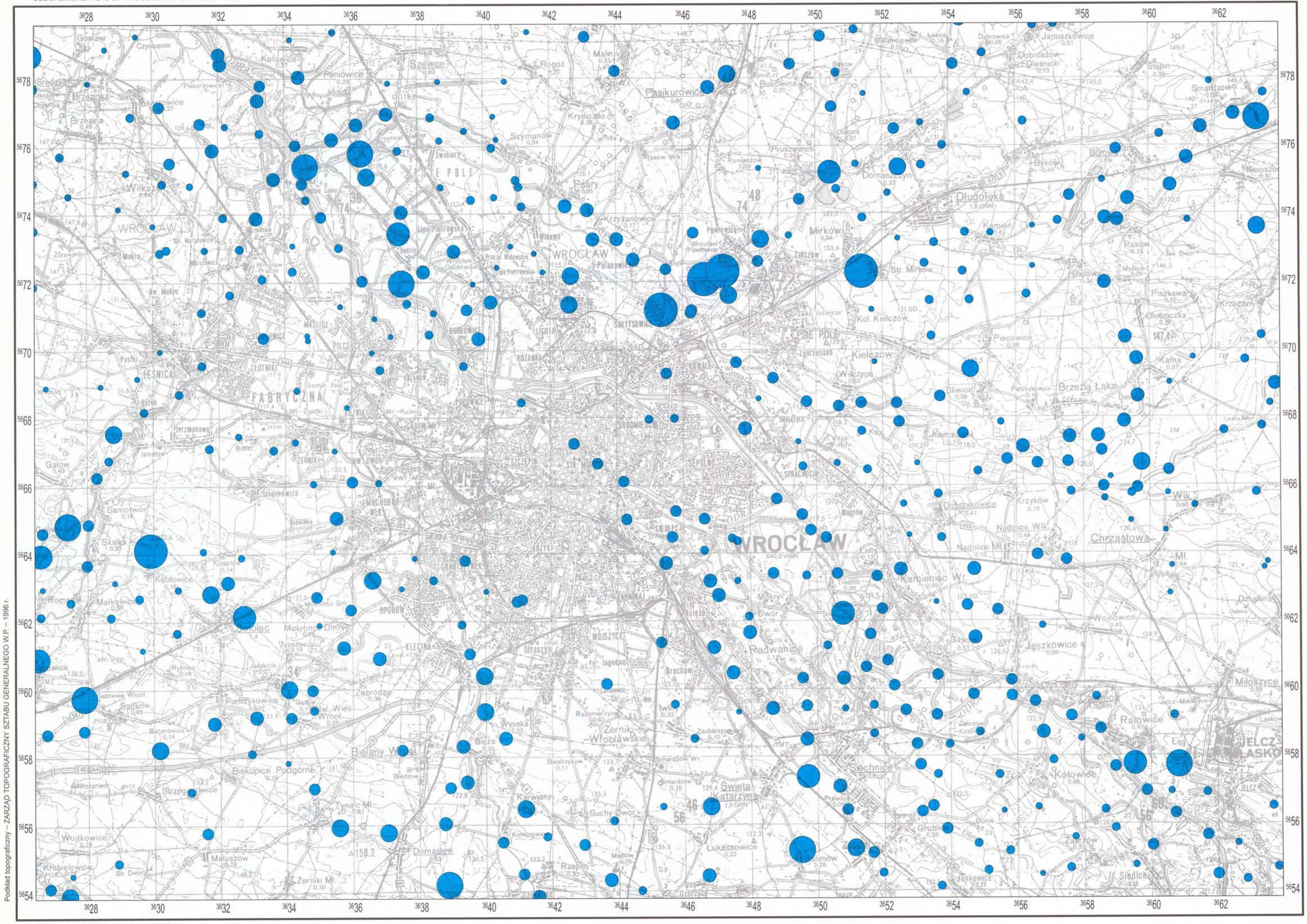
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Ni NIKIEL NICKEL

90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
< 10	10 – 12	13 – 19	20 – 43	≥ 44 ppb

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

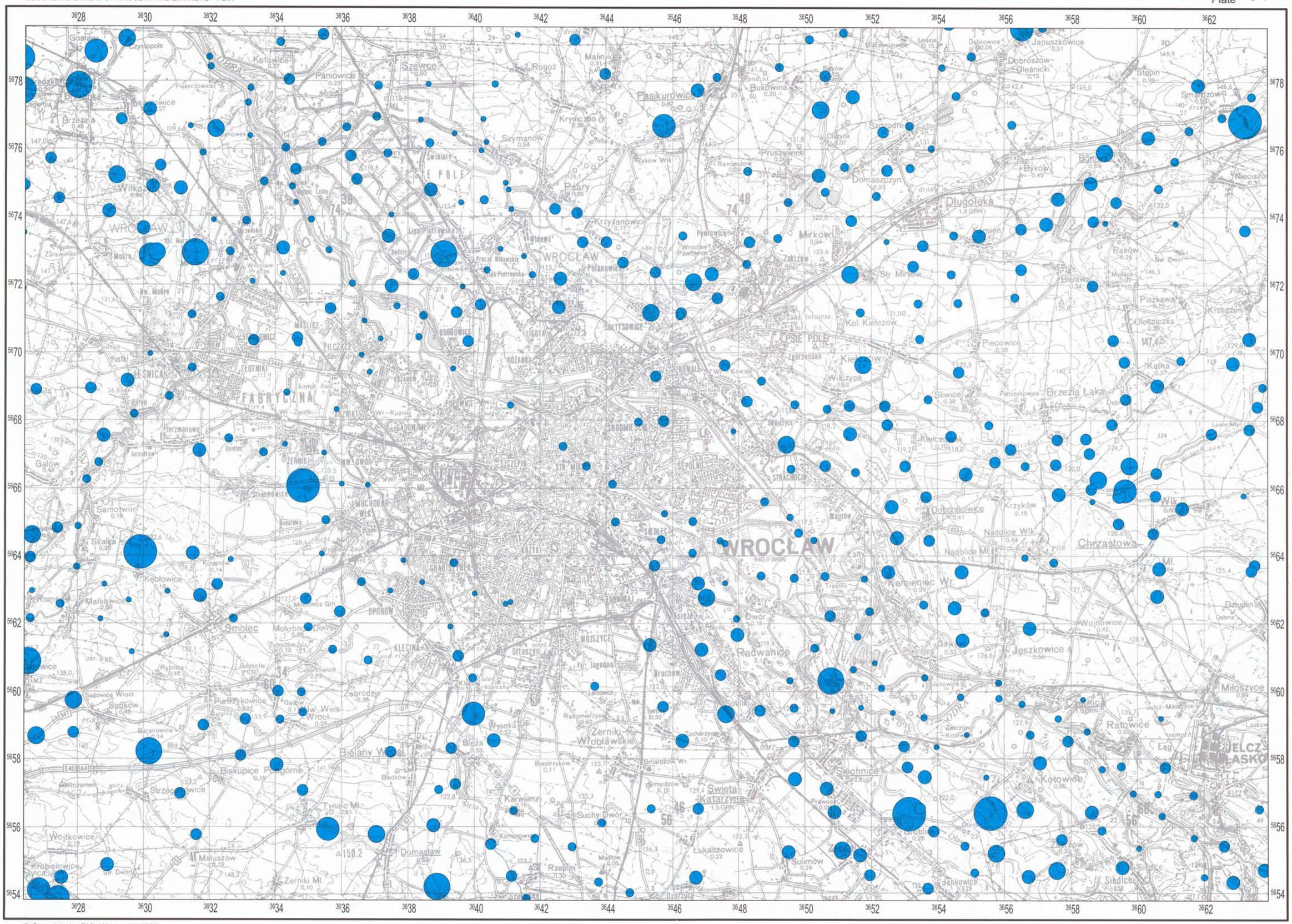
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

P **FOSFOR**
PHOSPHORUS

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
< 0,07	0,07 – 0,12	0,13 – 0,33	0,34 – 0,76	0,77 – 1,79	1,80 – 5,82	5,83 – 8,11	8,12 – 18,52	⩾ 18,53 ppm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

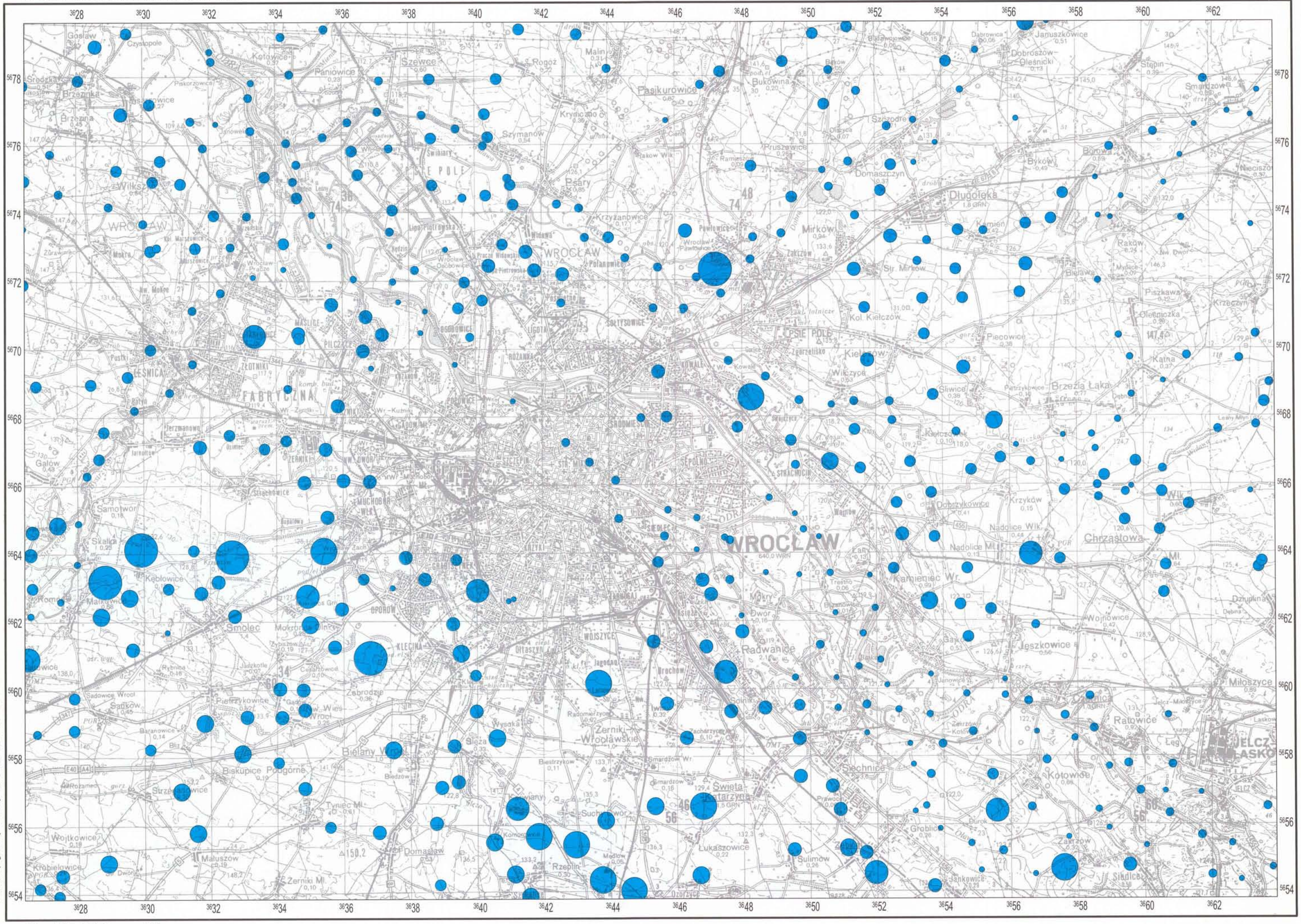
1:100000

SiO_2

KRZEMIONKA
SILICA

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
<7,1	7,1 – 8,7	8,8 – 12,1	12,2 – 14,0	14,1 – 16,5	16,6 – 19,4	19,5 – 20,8	20,9 – 25,3	≥ 25,4 ppm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

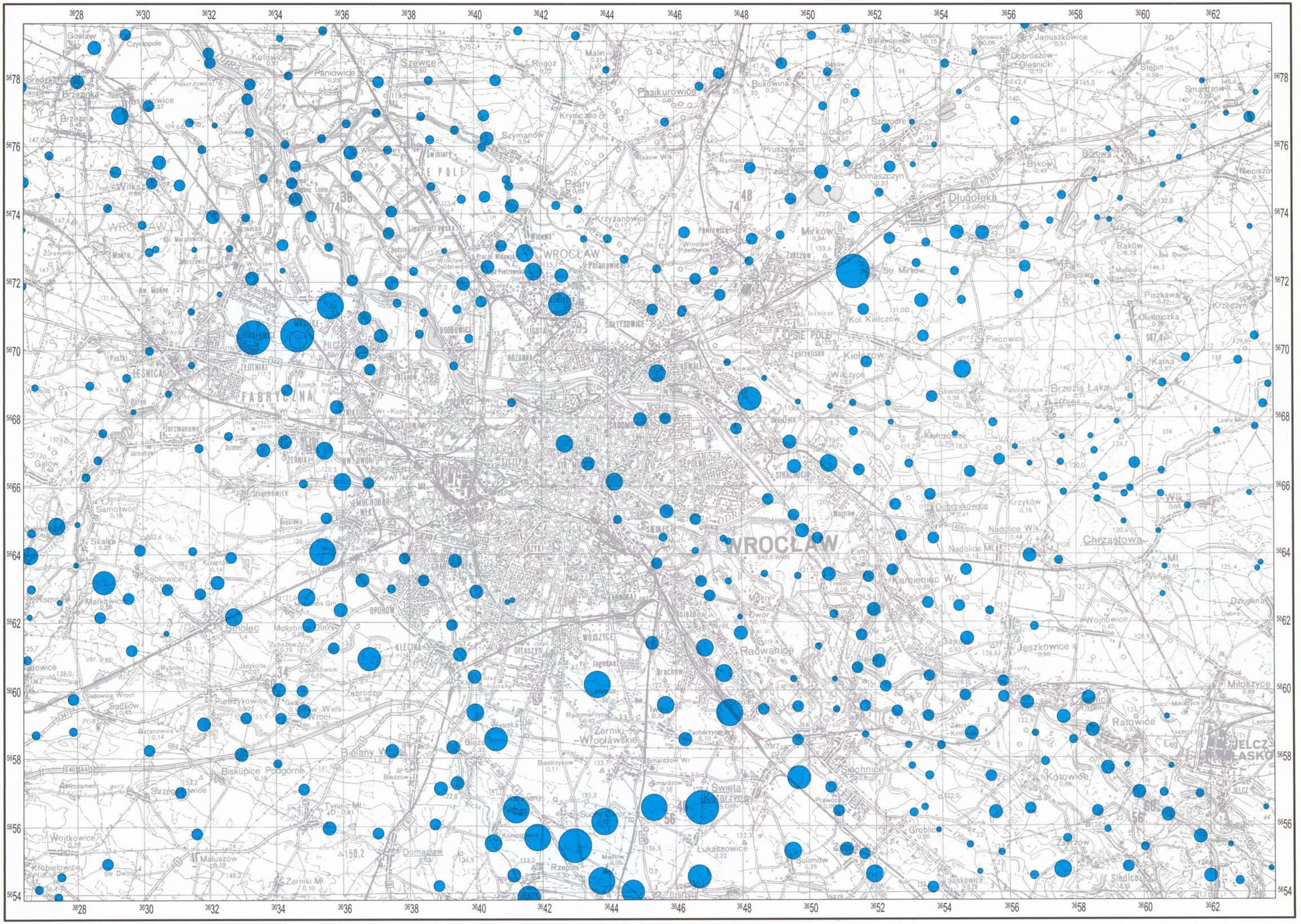
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

SO_4 SIARCZANY SULPHATES

Percentyl/Percentyle	15	25	50	75	90	95	97	99	100
ppm	< 96,0	96,0 – 104,9	105,0 – 156,7	156,8 – 237,8	237,9 – 299,0	299,1 – 346,8	346,9 – 387,9	388,0 – 488,2	≥ 488,3 ppm

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

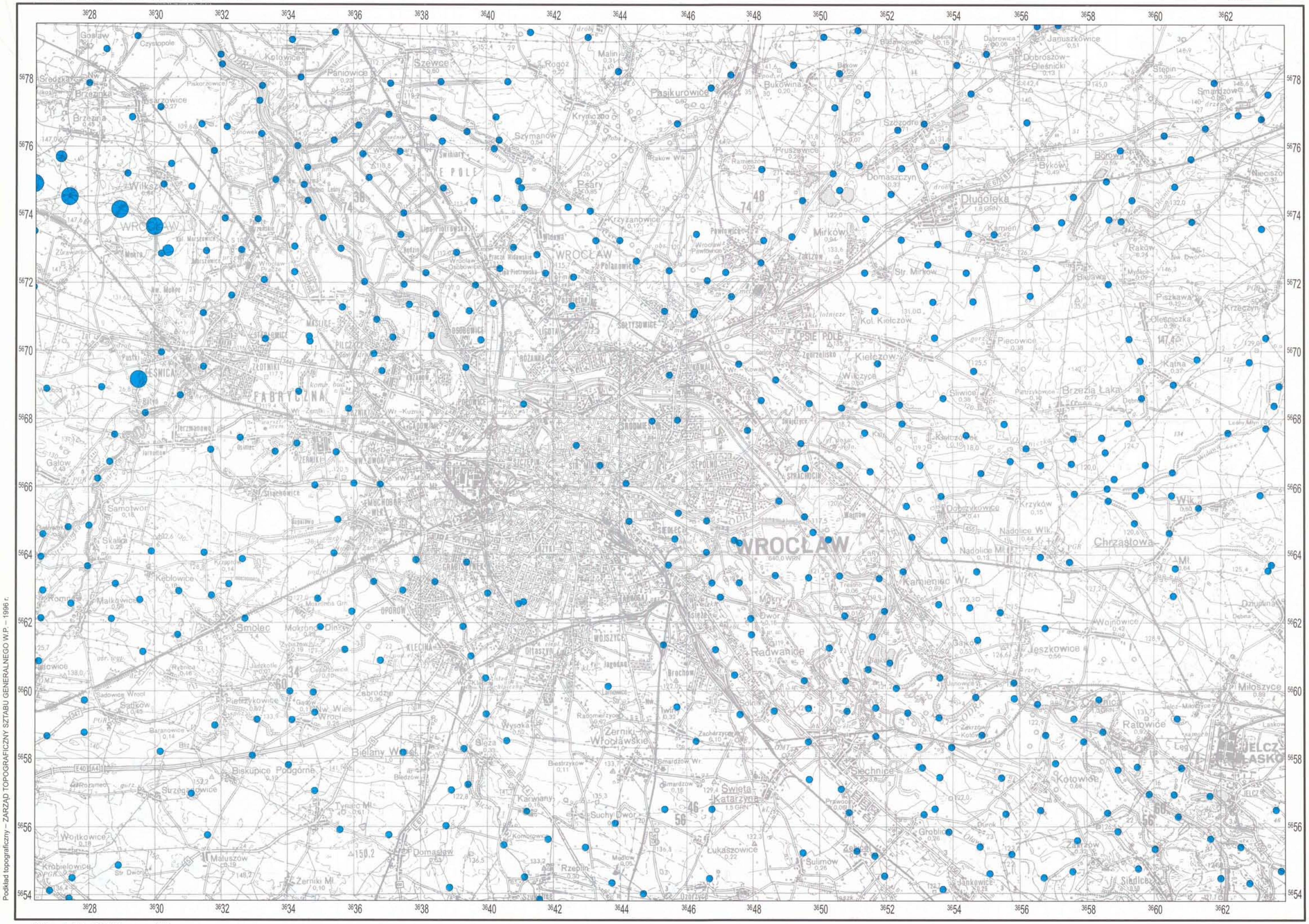
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Sr **STRONT**
STRONTIUM

15	25	50	75	90	95	97	99	100 Percentyl/Percentile
< 209	209 – 244	245 – 364	365 – 513	514 – 609	610 – 771	772 – 837	838 – 1155	⩾ 1156 ppb

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



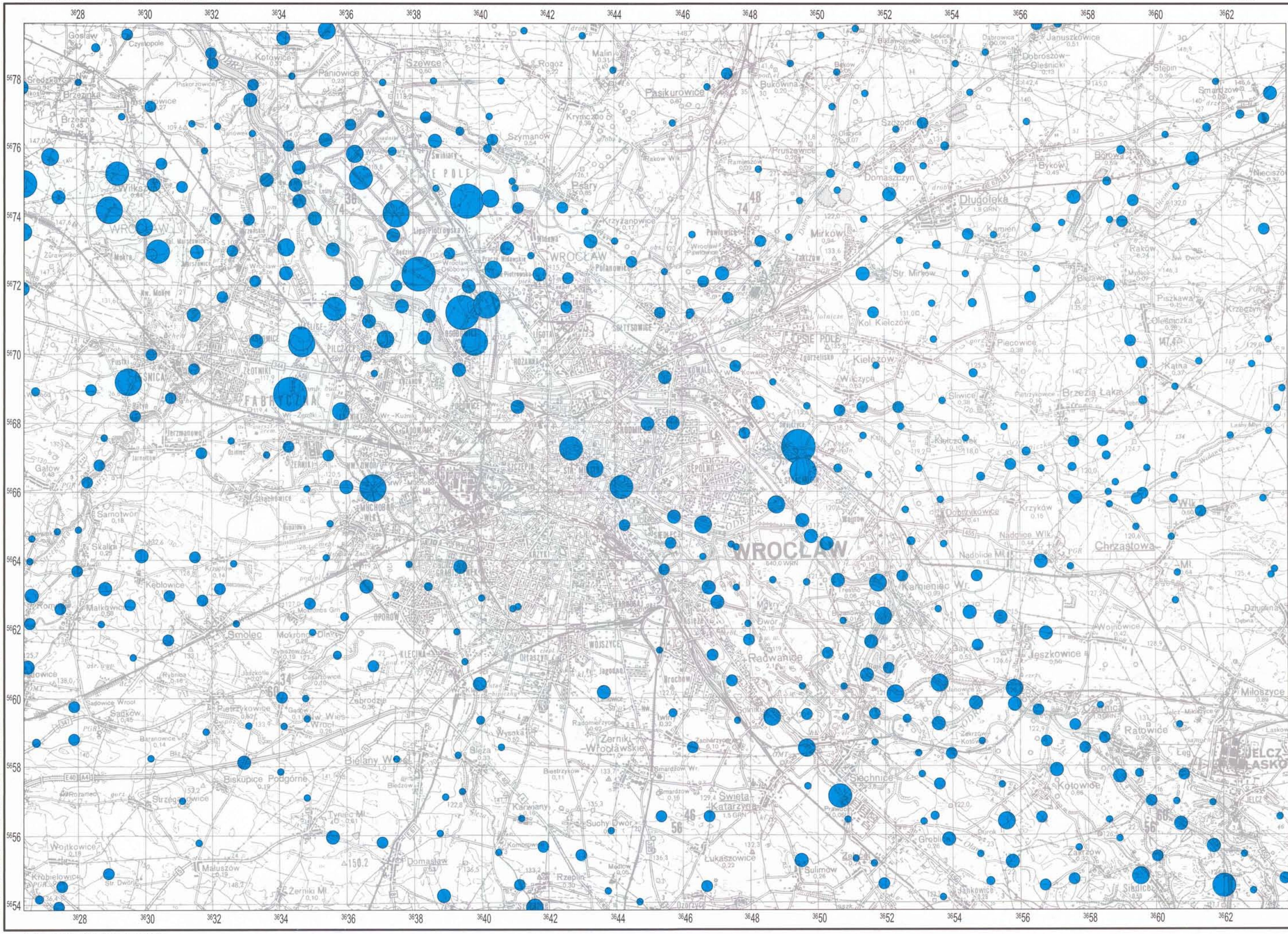
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100000

Y ITR YTTRIUM

97	99	100 Percentyl/Percentile
<1,0	1,0 – 1,9	⩾2,0 ppb

WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS



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

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:100 000

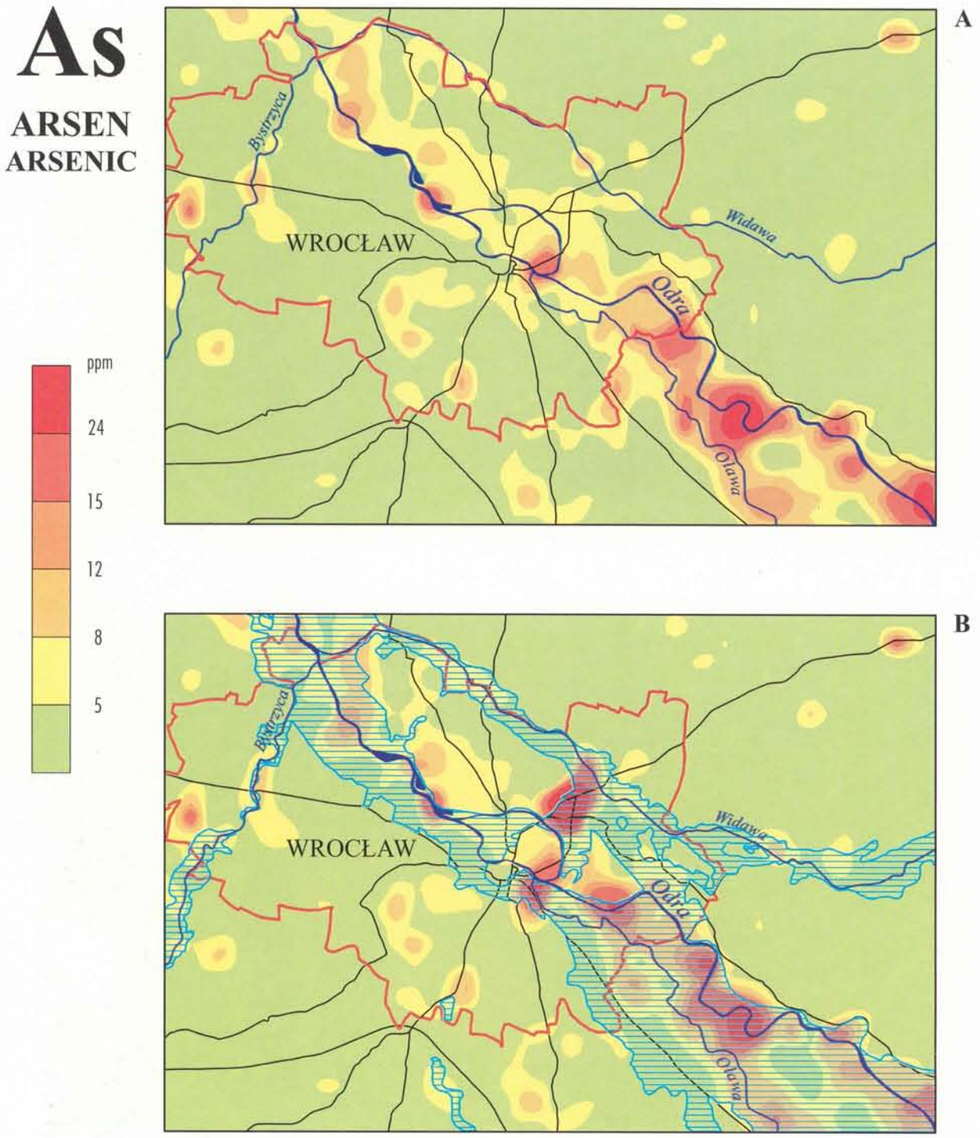
Zn CYNK ZINK

Percentyl/Percentile	25	50	75	90	95	97	99	100
ppb	<5	5 – 6	7 – 16	17 – 31	32 – 42	43 – 64	65 – 118	≥ 119 ppb

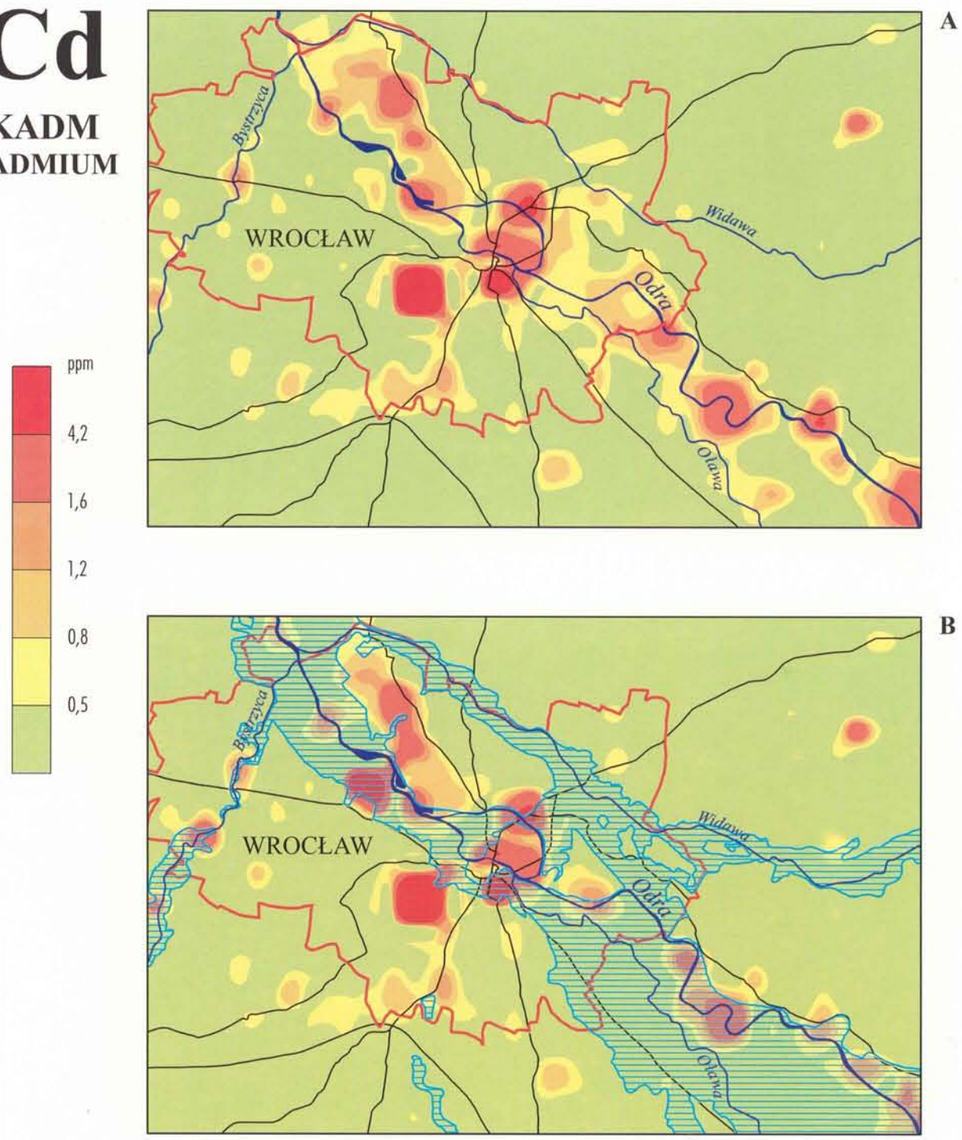
WODY POWIERZCHNIOWE
SURFACE WATERS

ZMIANY KONCENTRACJI PIERWIASTKÓW W GLEBACH NA SKUTEK POWODZI
FLOOD-AFFECTED VARIATIONS IN CONCENTRATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN SOILS

As
ARSEN
ARSENIC



Cd
KADM
CADMIUM



A – przed powodzią (1995)
before flood (1995)

B – po powodzi (1997)
after flood (1997)

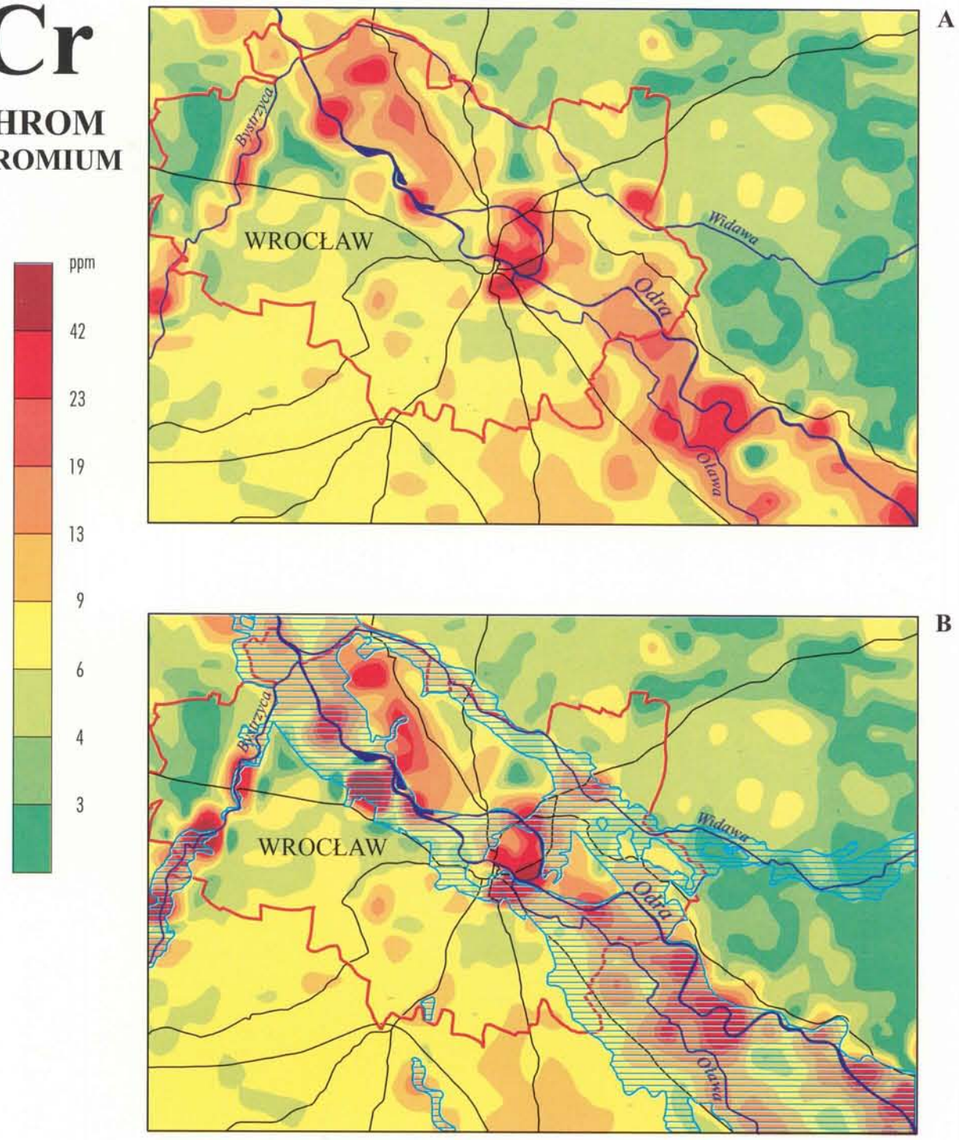
obszar objęty powodzią
flood-stricken area

0 5 10 15 20 km

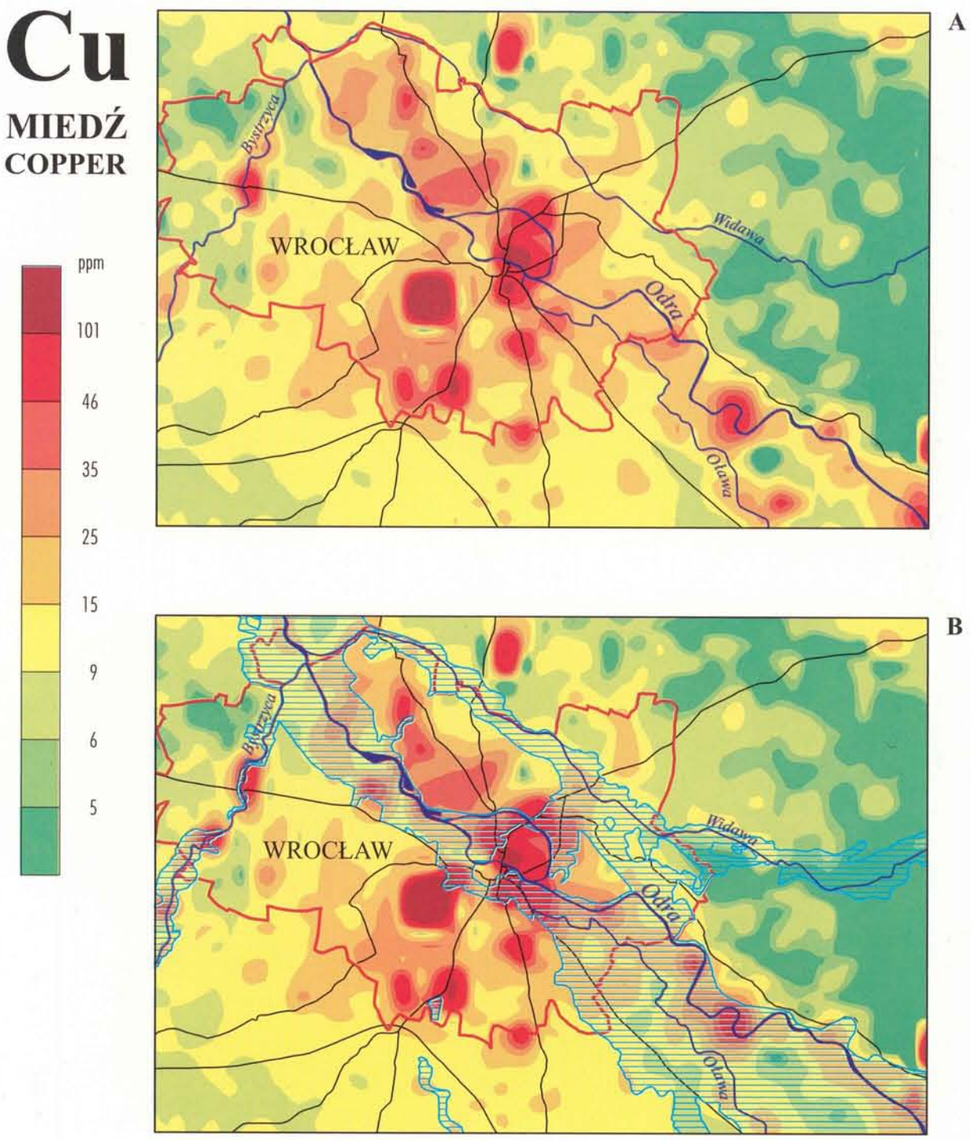
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

ZMIANY KONCENTRACJI PIERWIASTKÓW W GLEBACH NA SKUTEK POWODZI
FLOOD-AFFECTED VARIATIONS IN CONCENTRATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN SOILS

Cr
CHROM
CHROMIUM



Cu
MIEDŹ
COPPER



A – przed powodzią (1995)
before flood (1995)

B – po powodzi (1997)
after flood (1997)

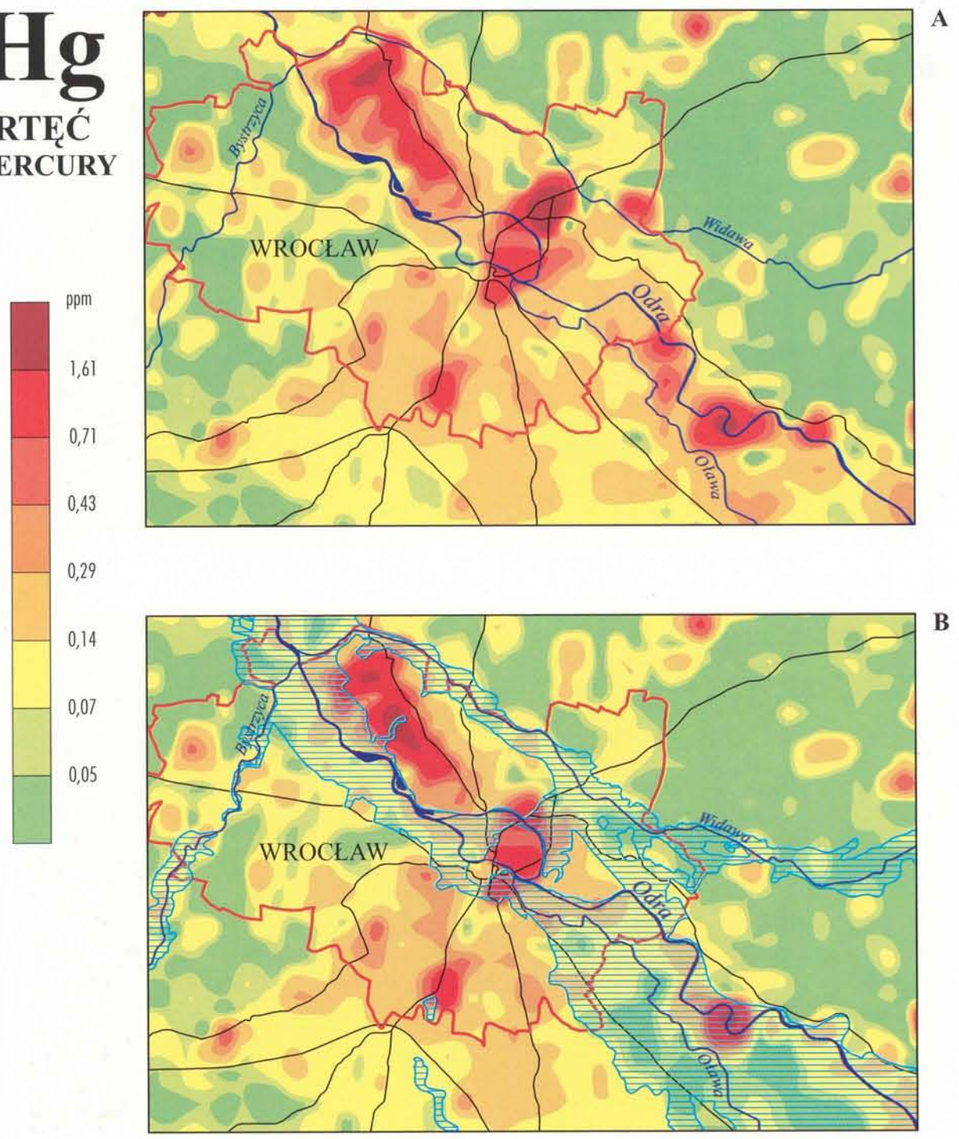
obszar objęty powodzią
flood-stricken area

0 5 10 15 20 km

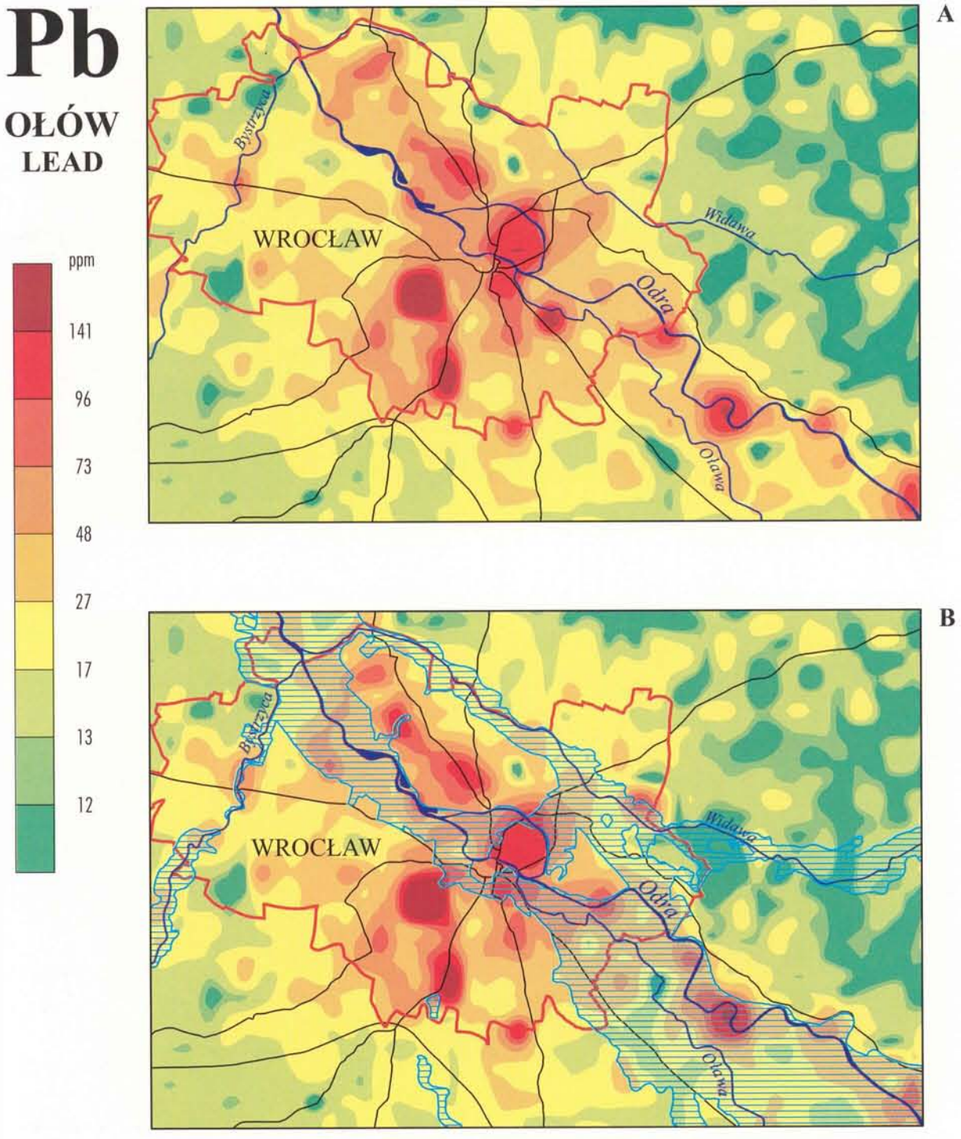
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

ZMIANY KONCENTRACJI PIERWIASTKÓW W GLEBACH NA SKUTEK POWODZI
FLOOD-AFFECTED VARIATIONS IN CONCENTRATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN SOILS

Hg
RTĘĆ
MERCURY



Pb
OŁÓW
LEAD



A – przed powodzią (1995)
before flood (1995)

B – po powodzi (1997)
after flood (1997)

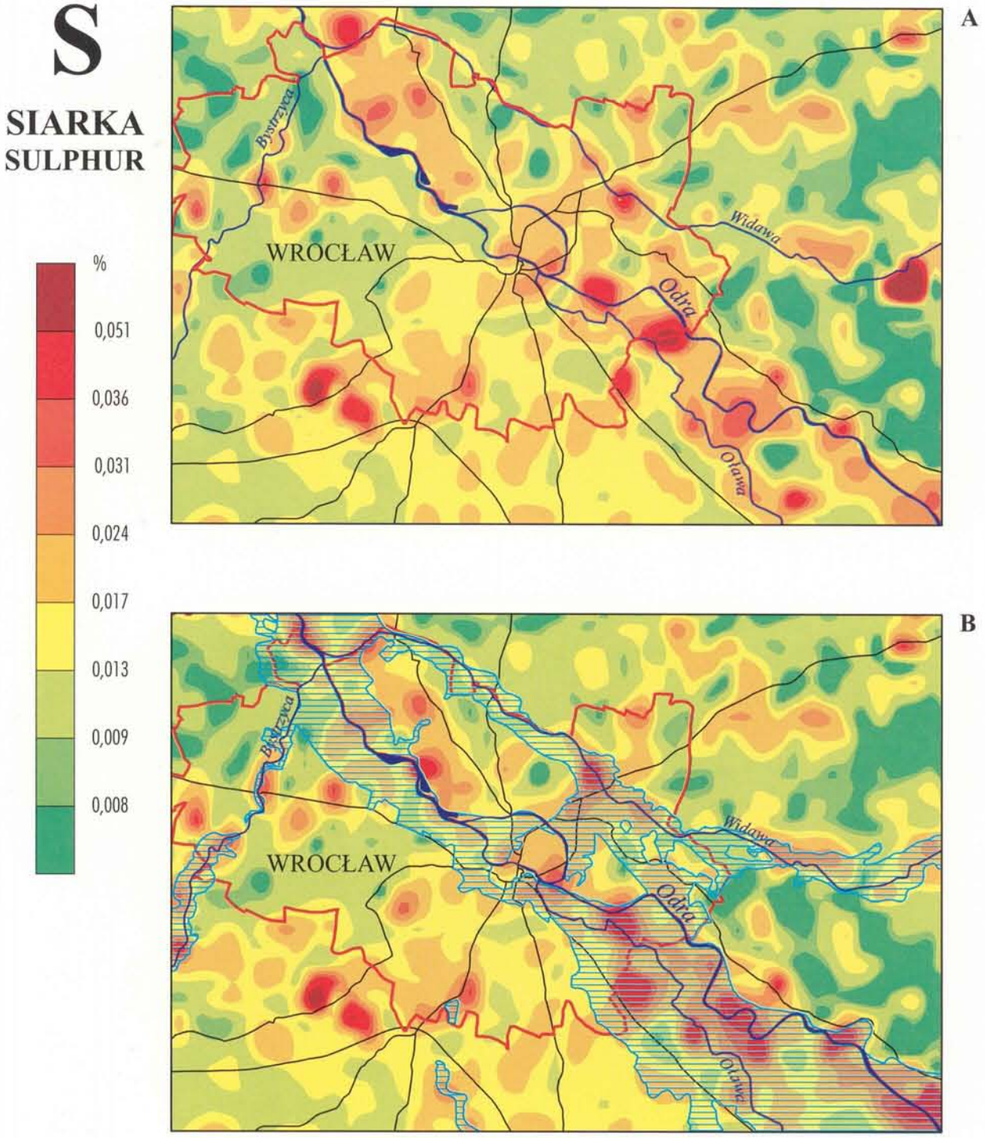
obszar objęty powodzią
flood-stricken area

0 5 10 15 20 km

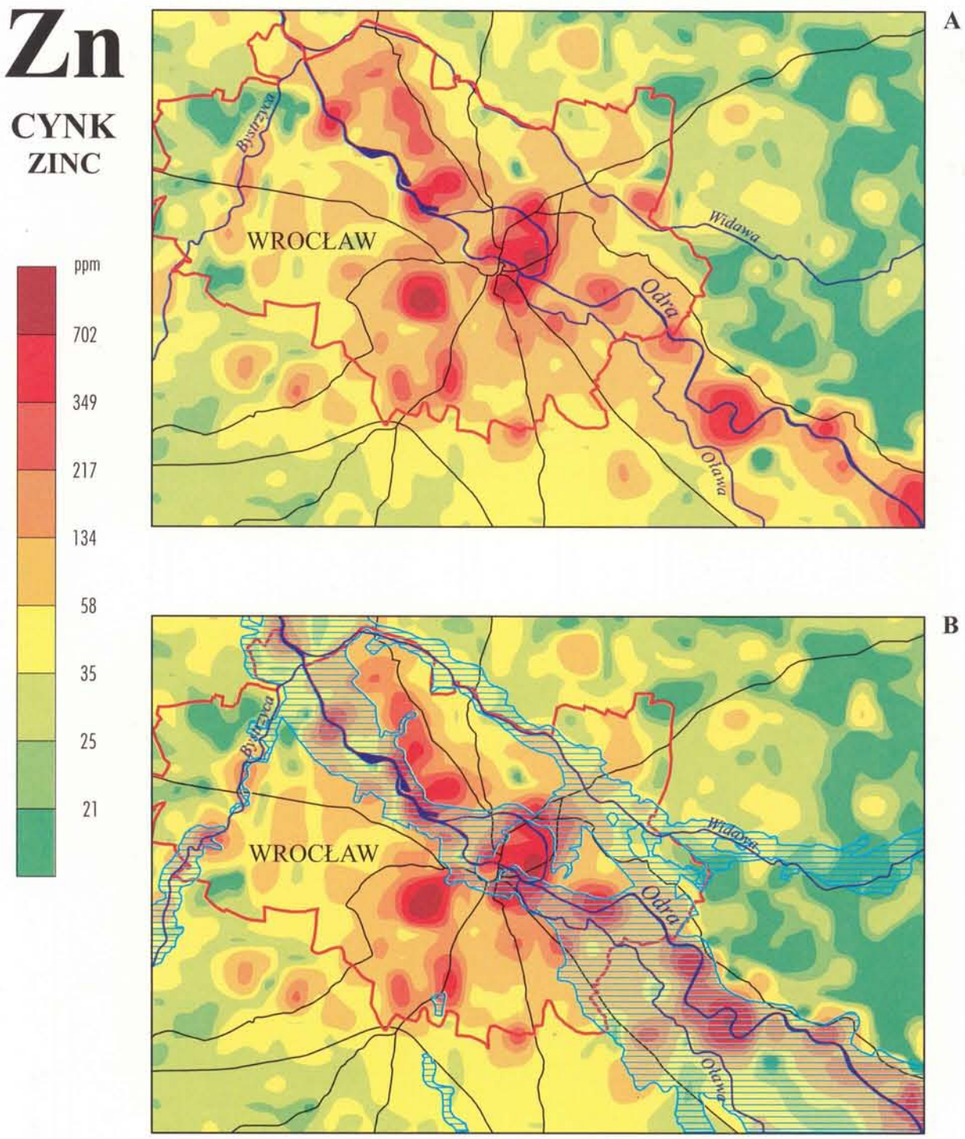
© Copyright by PIG, Warszawa 1998

ZMIANY KONCENTRACJI PIERWIASTKÓW W GLEBACH NA SKUTEK POWODZI
FLOOD-AFFECTED VARIATIONS IN CONCENTRATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN SOILS

S
SIARKA
SULPHUR



Zn
CYNK
ZINC



A – przed powodzią (1995)
before flood (1995)

B – po powodzi (1997)
after flood (1997)

obszar objęty powodzią
flood-stricken area

0 5 10 15 20 km

© Copyright by PIG, Warszawa 1998