

UNIwersytet Wrocławski  
Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska  
Instytut Nauk Geologicznych

*Magdalena Worsa - Kozak*

**WAHANIA ZWIERCIADŁA WÓD  
PODZIEMNYCH NA TERENACH  
ZURBANIZOWANYCH  
(MIASTO WROCŁAW)**

*- rozprawa doktorska -*

Opiekunowie pracy:

**prof. dr hab. inż. Tatiana Bocheńska**

**prof. dr hab. Stanisław Staśko**

Wrocław, 2006

## Spis treści

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. WPROWADZENIE .....</b>                                                       | <b>4</b>  |
| <b>2. CEL PRACY.....</b>                                                           | <b>6</b>  |
| <b>3. PRZEGLĄD BADAŃ GEOLOGICZNYCH I HYDROGEOLOGICZNYCH. ....</b>                  | <b>8</b>  |
| <b>4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA MIASTA WROCŁAW.....</b>                               | <b>11</b> |
| 4.1. POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE I GEOGRAFICZNE.....                                 | 11        |
| 4.2. MORFOLOGIA I HYDROGRAFIA .....                                                | 12        |
| 4.3. WYBRANE ELEMENTY KLIMATU .....                                                | 14        |
| 4.4. BUDOWA GEOLOGICZNA REJONU WROCŁAWIA .....                                     | 15        |
| 4.5. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE OBSZARU BADAŃ.....                                   | 20        |
| <b>5. METODYKA BADAŃ.....</b>                                                      | <b>25</b> |
| 5.1. STUDIA MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH I GROMADZENIE DANYCH ZE ŹRÓDEŁ ZEWNĘTRZNYCH..  |           |
| .....                                                                              | 25        |
| 5.2. PRACE TERENOWE .....                                                          | 26        |
| 5.2.1. Prace kartograficzne.....                                                   | 27        |
| 5.2.2. Obserwacje wód w pierwszym od powierzchni terenu poziomie wodonośnym.....   | 28        |
| 5.2.3. Badania przepuszczalności utworów strefy aeracji .....                      | 30        |
| 5.2.4. Badania terenowe uzupełniające .....                                        | 31        |
| 5.3. NARZĘDZIA ANALIZY I INTERPRETACJI DANYCH.....                                 | 32        |
| <b>6. POŁOŻENIE PIERWSZEGO ZWIERCIADŁA WÓD PODZIEMNYCH NA TERENIE</b>              |           |
| <b>MIASTA WROCŁAW I JEGO ZMIANY W OKRESIE OBSERWACJI .....</b>                     | <b>35</b> |
| 6.1. STANY CHARAKTERYSTYCZNE W LATACH HYDROLOGICZNYCH 2004 I 2005.....             | 35        |
| 6.2. WAHANIA ZWIERCIADŁA W OKRESIE OBSERWACYJNYM.....                              | 41        |
| 6.3. TYPY WAHAŃ PIERWSZEGO ZWIERCIADŁA WÓD PODZIEMNYCH .....                       | 46        |
| <b>7. ZALEŻNOŚĆ WAHAŃ PIERWSZEGO ZWIERCIADŁA WÓD PODZIEMNYCH NA</b>                |           |
| <b>OBSZARZE WROCŁAWIA OD CZYNNIKÓW NATURALNYCH.....</b>                            | <b>53</b> |
| 7.1. WODY POWIERZCHNIOWE I ICH WPLYW NA ZMIANY STANÓW ZWIERCIADŁA WÓD              |           |
| PODZIEMNYCH .....                                                                  | 53        |
| 7.2. CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE WIELKOŚĆ ZASILANIA POWIERZCHNIOWEGO PŁYTKICH WÓD        |           |
| PODZIEMNYCH I ICH WPLYW NA POŁOŻENIE ZWIERCIADŁA .....                             | 63        |
| 7.2.1. Czynniki klimatyczne.....                                                   | 63        |
| 7.2.2. Czynniki geologiczne .....                                                  | 72        |
| 7.3. ZALEŻNOŚĆ AMPLITUDY WAHAŃ ZWIERCIADŁA OD GŁĘBOKOŚCI JEGO WYSTĘPOWANIA .....   | 76        |
| 7.4. ZWIĄZKI HYDRAULICZNE Z NIŻEJLEGLYM PIĘTREM WODONOŚNYM MIOCEŃSKO/PLIOCEŃSKIM I |           |
| ICH WPLYW NA WAHANIA PIERWSZEGO ZWIERCIADŁA.....                                   | 77        |

|                                                                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>8. ANALIZA WPLYWU CZYNNIKÓW ANTROPOGENICZNYCH NA WAHANIA PIERWSZEGO ZWIERCIADŁA WÓD PODZIEMNYCH W OBSZARZE BADAŃ .....</b> | <b>82</b>  |
| 8.1. PIĘTRZENIE WÓD POWIERZCHNIOWYCH I KANALIZACJA CIEKÓW .....                                                               | 82         |
| 8.2. ZAGOSPODAROWANIE PRZESTRZENNE POWIERZCHNI TERENU.....                                                                    | 87         |
| 8.3. PRACE INŻYNIERYJNO-BUDOWLANE ORAZ KORZYSTANIE Z PŁYTKICH WÓD PODZIEMNYCH NA TERENIE MIASTA .....                         | 95         |
| 8.4. INFRASTRUKTURA WODOCIĄGOWA I KANALIZACJA ŚCIEKOWO - DESZCZOWA.....                                                       | 97         |
| 8.5. SYSTEM RUR CIEPŁOWNICZYCH.....                                                                                           | 103        |
| <b>9. POŁOŻENIE PIERWSZEGO ZWIERCIADŁA WÓD PODZIEMNYCH WE WROCŁAWIU W CZASIE OBSERWACJI NA TŁE DANYCH ARCHIWALNYCH.....</b>   | <b>109</b> |
| <b>10. CYKL HYDROLOGICZNY W TERENIE ZURBANIZOWANYM NA PRZYKŁADZIE MIASTA WROCŁAW .....</b>                                    | <b>114</b> |
| <b>11. WNIOSKI I PODSUMOWANIE.....</b>                                                                                        | <b>117</b> |
| <b>12. LITERATURA, MATERIAŁY ARCHIWALNE I INNE ŹRÓDŁA.....</b>                                                                | <b>121</b> |
| <b>SUMMARY .....</b>                                                                                                          | <b>132</b> |
| <b>SPIS RYCIN.....</b>                                                                                                        | <b>135</b> |
| <b>SPIS TABEL .....</b>                                                                                                       | <b>137</b> |
| <b>SPIS ZAŁĄCZNIKÓW.....</b>                                                                                                  | <b>138</b> |

## 1. Wprowadzenie

Położenie i wahania zwierciadła płytkich wód podziemnych w obszarach zurbanizowanych są zagadnieniem niezwykle ważnym dla budownictwa oraz planowania przestrzennego i wciąż zgłębianym naukowo. O ile procesy decydujące o dynamice stanów zwierciadła wód podziemnych w Polsce na terenach naturalnych, gdzie wpływ procesów antropogenicznych jest znikomy, bądź nie ma go wcale, są stosunkowo dobrze rozpoznane, a zmienność stanów dokładnie scharakteryzowana (*Tomaszewski, 1990; Dynowska, Pietrygowa, 1978; Chelmicki, 1986; Chelmicki, 1991*), o tyle badania w obszarach miejskich można uznać za początkujące, zwłaszcza w odniesieniu do badań światowych (*Rapantowa et al., 2004; Foster et al., 1999; Grischek et al., 1996; Lerner, Barrett, 1996; Foster, 1990*). Pomimo, iż badania krajowe zdają się powoli wchodzić w ogólnoświatowy trend „hydrogeologii miejskiej” i coraz częściej pojawiają się prace związane z wodami podziemnymi w warunkach silnej antropopresji (*Kowalczyk, 2003; Absalon, 1998; Kowalski, 1977*), to jednak interakcje stanów płytkich wód podziemnych i infrastruktury miejskiej wciąż pozostają polem słabo rozpoznany.

Wrocław, na tle innych miast Polski, jest miastem wyjątkowym pod względem rozumienia problemów wodnych. Pierwsze badania wód gruntowych rozpoczęto już pod koniec XIX wieku, a ich kontynuacja była podejmowana w latach 70. – 80. XX wieku oraz po roku 2000. O tym jak duże znaczenie ma położenie i wahania zwierciadła wód podziemnych dla posadowienia, odwodnienia i izolacji budynków w dużym mieście położonym w dolinie dużej rzeki, nie trzeba nikogo przekonywać. Należy jednak podkreślić wagę identyfikacji procesów i czynników, które kształtują stany zwierciadła i amplitudy jego wahań, gdyż to od ich stabilności zależy charakter stosunków wodnych na danym obszarze.

Niniejsza rozprawa jest odpowiedzią na wciąż aktualny nurt hydrogeologii zajmujący się tzw. „urban water” – podziemnymi wodami w obszarach miejskich. Jej zamierzeniem jest nie tylko wnikliwa analiza stanów wody w pierwszym od powierzchni terenu poziomie wodonośnym na terenie Wrocławia, lecz także zasygnalizowanie problemów i zmian, jakie w środowisko wodne wnoszą działania urbanizacyjne i silna antropopresja.



Pracę doktorską na temat: „Wahania zwierciadła wód podziemnych na terenach zurbanizowanych (miasto Wrocław)” zrealizowano w Zakładzie Hydrogeologii Stosowanej Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego. Jej realizację rozpoczęto pod kierunkiem prof. Tatiany Bocheńskiej, a ukończono pod kierunkiem prof. Stanisława Staśko. Praca ta jest podsumowaniem badań autorki, które były prowadzone w latach 2002 – 2006 na terenie miasta Wrocławia.

Praca naukowa sfinansowana została ze środków Komitetu Badań Naukowych (Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego) w latach 2004 – 2006 jako projekt badawczy promotorski nr 4 T12B 031 27.

\*\*\*

*Rozprawa ta zawdzięcza swoje powstanie gronu osób i instytucji, którym w tym miejscu chciałabym złożyć swoje podziękowania.*

*Inicjatorką tematu rozprawy była **prof. dr hab. inż. Tatiana Bocheńska** – do końca wierzyła, że uda się ją zrealizować. Pani Profesor nauczyła mnie wiary w siebie i determinacji w dążeniu do celu. Dzięki jej radom i wskazówkom zaczęłam stawiać pierwsze pewne kroki w realizacji swoich badań. Na zawsze pozostanie w mojej pamięci...*

*Dziękuję **prof. dr hab. Stanisławowi Staśko** za przejęcie opieki naukowej, wyrozumiałość, cenne rady oraz pomoc przy ostatecznym redagowaniu pracy.*

*Dziękuję kadrze Zakładu Hydrogeologii Stosowanej Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego za przychyłność i gotowość do pomocy, a szczególnie dr Mirosławowi Wąsikowi za jego trafne uwagi i spostrzeżenia, dzięki którym praca ta nabrała kształtu.*

*Podziękowania kieruję również w stronę dyrekcji i pracowników Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej we Wrocławiu, Obserwatorium Meteorologicznego Uniwersytetu Wrocławskiego, Wydziału Środowiska i Rolnictwa Urzędu Miejskiego we Wrocławiu, Jeleniogórskich Elektrowni Wodnych Sp. z o.o. Zespołu Elektrowni Wodnych Wrocław, Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. we Wrocławiu oraz Landesumeltamt Brandenburg Regionalabteilung Ost Referat Wasser-bewirtschaftung, Hydrogeologie, a także prof. Jerzemu Kowalskiemu i Beacie Tomaszewskiej za udostępnienie wielu danych i informacji wykorzystanych w niniejszej pracy.*

*Wyrazy ogromnej wdzięczności kieruję w stronę Michała Kozaka – bez jego determinacji, wsparcia i poświęcenia nie ukończyłabym badań terenowych.*

## 2. Cel pracy

Wyniki badań zawarte w niniejszej rozprawie mają na celu przyrodniczą i statystyczną charakterystykę stanów zwierciadła pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego na terenie miasta Wrocław oraz ich klasyfikację. Do możliwie wnikliwego rozpoznania mechanizmu wahań zwierciadła najpłytszych wód podziemnych w terenie zurbanizowanym niezbędne było nie tylko przeprowadzenie długofalowych badań terenowych, lecz również zgromadzenie jak najpełniejszej informacji o warunkach klimatycznych, geologicznych i związanych z urbanizacją obszaru badań. Aby zrealizować założenia pracy i rozwiązać postawione zadanie konieczne stało się dokładne poznanie czynników kształtujących stany wód podziemnych na terenach zurbanizowanych i zależności pomiędzy nimi a położeniem pierwszego zwierciadła wód podziemnych. W związku z tym dokonano analizy i interpretacji następujących czynników naturalnych i antropogenicznych, które wykazują powiązania ze stanami zwierciadła wód podziemnych:

- prześledzono interakcję wód powierzchniowych (rzeka Odra) z płytkimi wodami podziemnymi analizując zarówno stany wód jak i odległości punktu obserwacyjnego od cieku,
- przeprowadzono wieloczynnikową analizę wpływu czynników klimatycznych na zasilanie pierwszego poziomu wodonośnego i położenie zwierciadła wód podziemnych,
- zbadano zależności pomiędzy głębokością do zwierciadła i przepuszczalnością przypowierzchniowych warstw podłoża a wielkością amplitudy wahań zwierciadła pierwszej od powierzchni terenu warstwy wodonośnej,
- przeanalizowano związek budowy geologicznej terenu i litologii warstwy wodonośnej oraz utworów nadległych z położeniem pierwszego zwierciadła wód podziemnych,
- określono związki hydrauliczne pierwszego poziomu wodonośnego z niżej ległym poziomem przedplejstocénskim,
- rozpoznano wpływ regulacji i piętrzenia wód powierzchniowych oraz prowadzonych zabiegów inżynieryjno – budowlanych na stany płytkich wód podziemnych wraz z ich zasięgiem przestrzennym,
- przestudiowano aktualne zagospodarowanie przestrzeni miejskiej oraz działanie

sieci wodno – kanalizacyjnych i ciepłowniczych oraz podjęto próbę określenia ich związków z położeniem pierwszego zwierciadła wód podziemnych.

Miasto Wrocław zostało wybrane na obszar przeprowadzonych badań nie tylko ze względu na specyfikę warunków hydrologicznych i hydrogeologicznych, lecz również dlatego, że na jego terenie obserwacje wód podziemnych i powierzchniowych zostały zapoczątkowane pod koniec XIX wieku i z przerwami były prowadzone do czasów obecnych. Dało to możliwość wszechstronnej analizy wieloletnich zmian położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych wraz z rozwojem urbanizacyjnym miasta i możliwość oceny kierunku tych zmian.

### 3. Przegląd badań geologicznych i hydrogeologicznych.

Początek badań geologicznych i hydrogeologicznych w rejonie Wrocławia sięga XIX wieku. Rozpoczęli je badacze niemieccy, którzy prowadzili badania rozpoznawcze w okolicach miasta. Na tej podstawie powstały pierwsze mapy geologiczne. Do rozpoznania budowy geologicznej Wrocławia i terenów sąsiednich w latach 1960. – 1990. przyczynili się tacy badacze, jak Kłapciński (1971, 1993a, 1993b) i Oberc (1972).

Historia pierwszych obserwacji hydrogeologicznych na terenie miasta Wrocławia sięga czasów narodzin hydrogeologii jako odrębnej nauki i nierozzerwalnie wiąże się z badaniami niemieckiej szkoły hydrogeologii oraz postępem w medycynie i wiedzy o higienie. W połowie XIX wieku przeprowadzono szerokie studia nad zależnością między uwilgotnieniem terenu a rozprzestrzenianiem się epidemii cholery i tyfusu. Zaobserwowano, że na terenach o wysokich stanach wody gruntowej, zalegającej blisko powierzchni terenu, tworzy się niekorzystny, nadmiernie wilgotny mikroklimat charakterystyczny dla terenów bagiennych, sprzyjający rozwojowi chorób reumatycznych, zakażeniom dróg oddechowych i innym. Pierwsze systematyczne badania stanów wód gruntowych w Europie „zawdzięczać” należy właśnie teoriom o związkach między stanami wód a umieralnością na tyfus i cholere. W 1856 roku Pettenkofer rozpoczął w Monachium stałe pomiary stanów wód gruntowych w kilku studniach. Od roku 1874 prowadzono w Monachium obserwacje w 67 specjalnych piezometrach. Na podstawie 9 – letnich obserwacji (1856÷1865) Buhl wskazał na istnienie korelacji między umieralnością na tyfus, a stanami wody gruntowej, przy czym ilość zgonów na tyfus wzrastała przy obniżaniu się poziomu wód gruntowych, osiągając swoje maksimum przy najniższych stanach. Teoriom powyższym zawdzięczamy, że i w innych miastach (w Berlinie i Zurichu od 1866r., a we Wrocławiu od 9 kwietnia 1874r.) rozpoczęto systematyczne badania nad kształtowaniem się stanów wód gruntowych. (Jacobi, 1877)

Obserwacje płytkich wód podziemnych na terenie miasta Wrocławia należały niewątpliwie do najciekawszych, jakie dotąd prowadzono. Wyróżniały się po pierwsze dużą ilością specjalnie założonych punktów obserwacyjnych (43 na obszarze 24km<sup>2</sup> we Wrocławiu, w Berlinie tylko 29), w których dokonywano codziennych pomiarów stanu wody i temperatury, podczas gdy w Berlinie i Monachium pomiary przeprowadzano jedynie co dwa tygodnie (Jacobi, 1877). Doskonale rozwiązano problem pomiarów pod względem logistycznym – mierzenie parametrów wód

podziemnych należało do codziennego obowiązku straży pożarnej. Wszystkie wyniki badań były publikowane w wydawanych rocznikach Wrocławskich (*Breslauer Statistik 1876-1922*), a obserwacje prowadzono aż do roku 1922.

Poznanie warunków hydrogeologicznych i zależności pomiędzy wodami powierzchniowymi i podziemnymi dla miasta ściśle przywiązanego do rzeki stało się priorytetem w badaniach hydrogeologicznych w dolinie Odry. Pierwsze opracowanie dotyczące wód podziemnych pojawiło się w roku 1877 (*Jacobi, 1877*) – było to ogólne studium dynamiki, temperatury i chemizmu wód podziemnych, którego powstanie wynikało właśnie z powiązania stanów wód podziemnych z umieralnością na tyfus, a kolejne prace pochodzą już z wieku XX (*Beyschlag, Michael, 1907*). Wśród przedwojennych badaczy należy wymienić także Fischera, który na podstawie ogólnego odpływu Odry wnioskował o kontaktach rzeki z podziemnymi zbiornikami wód (*Fischer, 1915*). W późniejszych latach, już po II Wojnie Światowej, kiedy Wrocław stał się częścią państwa polskiego, podwaliny pod geologiczne i hydrogeologiczne rozpoznanie Wrocławia i okolic kładli m.in. Kajetanowicz (*1948*) i Różycki. Michał Różycki był prekursorem i inicjatorem powstania Zakładu Hydrogeologii Uniwersytetu Wrocławskiego i zapoczątkował zainteresowanie tematyką hydrogeologiczną na Dolnym Śląsku (*Grodzicki, 2003*). Był autorem szeregu map i opracowań dotyczących wód podziemnych tego terenu (*Różycki, 1955, 1956a, 1956b, 1958a, 1958b, 1961, 1966, 1968, 1977*).

W latach '70 – 80 XX wieku szerokie obserwacje wód podziemnych na terenie Wrocławia prowadziła Akademia Rolnicza na czele z Jerzym Kowalskim w związku z opracowywaniem warunków wodno – gruntowych miasta (*Kowalski, 1977, 1984*). W tych latach i nieco później powstało wiele artykułów i prac na temat odwodnień na terenie miasta (*Kajewski et al., 1992*), wpływu piętrzenia wód w Odrze na wody podziemne (*Broś, Kowalski, 1993; Kowalski, 1978a, 1978b, 1979; Kowalski, Kajewski, 1990*) oraz o tematyce ogólnej (*Kryza, Staśko, 1991; Kryza et al., 1994*). Koniec XX wieku zaowocował wieloma pracami dotyczącymi warunków wodno – gruntowych w poszczególnych częściach Wrocławia (*Pływaczyk, 1999; Pływaczyk, Kowalczyk, 2000; Pływaczyk et al., 2001*) oraz jakości wód podziemnych Wrocławia i okolic (*Roszak, 1991; Rejman, 1997; Mądrala et al., 2001*). Część prowadzonych badań ukierunkowana była również na systemy zaopatrzenia miasta w wodę z naciskiem na wykorzystanie wód podziemnych (*Mroczkowska, 1995; Dendewicz et al., 1995; Kryza et al., 1998; Kryza et al., 1989; Dendewicz, Krawczyk, 1989*). Przełom XX i XXI wieku

to czas, kiedy powstaje wiele prac dyplomowych i rozpraw doktorskich związanych z tematyką wód podziemnych miasta Wrocławia, w czym dominują Uniwersytet Wrocławski i Akademia Rolnicza. Opracowania te, pomimo iż ich wyniki są rzadko publikowane, przyczyniły się znacznie do pogłębienia geologicznego i hydrogeologicznego rozpoznania terenu miasta (*Tomaszewska, 2005; Goldsztejn, Skrzypek, 2004a; Worsa-Kozak, 2004a, 2004b*).

Wrocław jest miastem, które wciąż się rozwija, wciąż poszerza swoje granice i wciąż ekspanduje na nowe obszary. W ślad za tym pojawiają się inwestycje o coraz większych wymaganiach powierzchniowych i coraz trudniejsze do posadowienia. Wysoki poziom płytkich wód podziemnych w mieście wymusza na nowych inwestorach i zarządcach istniejących budowli odwadnianie ich i dokładne rozpoznanie płytkiej budowy geologicznej, z czym wiąże się powstawanie rozmaitych dokumentacji. Dokumentacje te stanowią istotny element wiedzy na temat geologii i hydrogeologii Wrocławia.

Poza pracami stricte naukowymi obszar Wrocławia został również zobrazowany kartograficznie na mapach geologicznych i hydrogeologicznych. Kompleksowym opracowaniem dla aglomeracji wrocławskiej, które z wolna traci na aktualności, był 3 – częściowy Atlas Geologiczny Wrocławia (*Buksiński et al., 1974a; Buksiński et al., 1974b; Mroczkowska, Michniewicz, 1976*) obejmujący swym zakresem zarówno warunki geologiczne, hydrogeologiczne jak i geologiczno – inżynierskie w granicach ówczesnego miasta. W latach 1985 – 1991 powstały 4 arkusze Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski wraz z objaśnieniami, które pokryły cały obszar miasta Wrocławia (*Gizler, 1985, 1986; Łabno, 1988, 1991; Winnicka, 1987, 1988; Winnicki, 1986; 1990*). W 1997 roku w Pracowni Atlasu Dolnego Śląska Uniwersytetu Wrocławskiego przy współpracy ośrodków naukowych, instytucji państwowych oraz samorządowych z Wrocławia i Opola powstał „Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego” – zbiór kilkudziesięciu map o szerokiej tematyce ogólnoprzyrodniczej (*Pawlak [red.], 1997*). Koniec lat 90. XX wieku przyniósł kompleksowe opracowanie geochemiczne w postaci 2 – częściowego „Atlasu Geochemicznego Wrocławia i okolic” w skali 1:100 000 (*Tomassi-Morawiec et al., 1998; Konieczńska, 1998*). Najnowsze opracowania kartograficzne dla Wrocławia, to zestaw Map Hydrogeologicznych Polski w skali 1:50 000 wydanych przez Państwowy Instytut Geologiczny (*Kiełczawa et al., 1997; Kieńć, 1997; Wojciechowska, 1997; Żuk, 2000*).

## 4. Ogólna charakterystyka miasta Wrocław

Wrocław sięga swoimi początkami okresu rzymskiego, kiedy to wykształcił się z osad powstałych w miejscu przecięcia rzeki Odry przez szlak bursztynowy. Przeprawa w tym właśnie miejscu była najdogodniejsza, bowiem Odra rozdzielała się tu na mniejsze odnogi oblewające wyspy i liczne piaszczyste łachy (*Roman et al., 1999*). W ciągu ponad 1000 – letniej historii miasto znajdowało się pod panowaniem Niemiec, Czech i Polski. Przez kolejne wieki było ono ważnym punktem na mapie Europy, a dziś jest symbolem współistnienia i pielęgnowania różnych kultur.

### 4.1. Położenie administracyjne i geograficzne

Wrocław, położony w południowo – zachodniej Polsce, jest obecnie stolicą województwa dolnośląskiego. Zamieszkuje w nim blisko 640 tys. ludzi. Miasto leży w centrum Niziny Śląskiej, która jako największa jednostka geograficzna Dolnego Śląska graniczy od południowego zachodu z Przedgórzem Sudeckim, od wschodu z Wyżyną Śląską, a od północy ze Wzgórzami Trzebnickimi (*Kondracki, 2001*). Oś Niziny stanowi Pradolina Odry przecinająca miasto szerokim pasem o kierunku północny zachód – południowy wschód. Północno – wschodnie osiedla leżą w obrębie Równiny Oleśnickiej, natomiast południowa i południowo – zachodnia część Wrocławia znajduje się w obrębie Równiny Wrocławskiej (Ryc. 1).

Długość granic administracyjnych Wrocławia wynosi 106,7 km. W kierunku północ – południe miasto rozciąga się na 19,4 km, a wzdłuż osi wschód – zachód na 26,3 km. Jego obszar przekracza obecnie 293 km<sup>2</sup>. W ogólnej powierzchni miasta dominują użytki rolne, które zajmują 131,7 km<sup>2</sup>, na rozległych terenach występują też lasy i zadrzewienia – 16,59 km<sup>2</sup>. Przez wody powierzchniowe zajęte jest 12,46 km<sup>2</sup>, a 3,95 km<sup>2</sup> stanowią nieużytki. Pomimo, iż Wrocław jest miastem osadzonym w warunkach silnej, historycznej urbanizacji, to w porównaniu z rejonami niezurbanizowanymi tereny komunikacyjne i osiedlowe zajmują stosunkowo niewiele, bo zaledwie 38,3% całkowitej powierzchni miasta (odpowiednio 28,48 km<sup>2</sup> i 85,08 km<sup>2</sup>) (*Rocznik Statystyczny Wrocławia, 2004*). Przyczyną takiego stanu jest stopniowe włączanie okolicznych wsi w granice Wrocławia w XX wieku. Korzystne dla terenów niezabudowanych proporcje ulegają jednak ciągłej zmianie i z roku na rok przybywa obszarów zurbanizowanych.



Ryc. 1. Wrocław na tle mezoregionów fizycznogeograficznych wg Kondrackiego i Walczaka (źródło: Pawlak red. 1997)

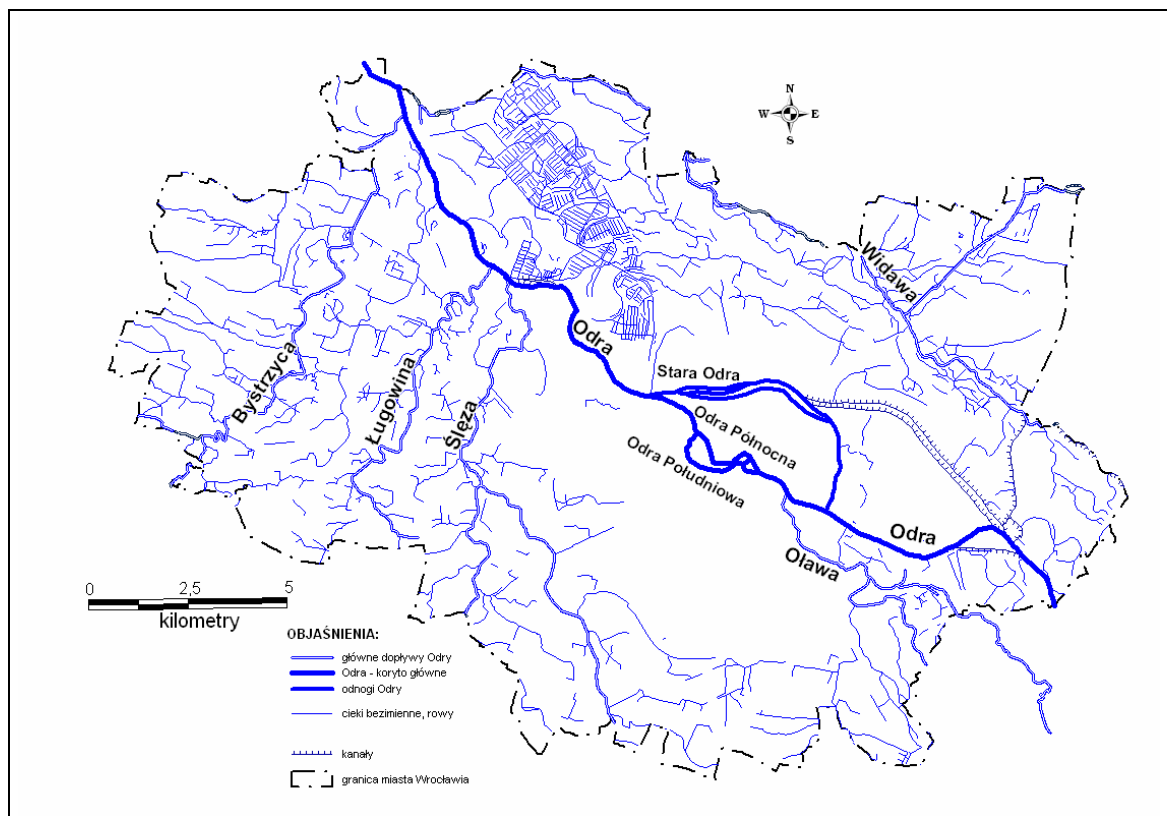
## 4.2. Morfologia i hydrografia

Pod względem morfologicznym Wrocław leży w obrębie Pradoliny Wrocławsko – Magdeburskiej powstałej w okresie zlodowacenia środkowopolskiego – młodsza dolina Odry stanowi jej fragment miejscami dochodzący do 8 km szerokości (Kondracki, 2001). W rejonie Wrocławia dolina Odry rozszerza się, ponieważ łączą się z nią doliny licznych dopływów. Poza strefą dolinną usytuowane są głównie dzielnice południowe, które leżą na wysoczyźnie zbudowanej z utworów wodnolodowcowych, lodowcowych lub ich podłoża. Rzeźba terenu Wrocławia nie jest urozmaicona, przeważają tereny płaskie z charakterystycznymi pagórkami powstałymi wskutek działalności antropogenicznej (Wzgórze Polskie, Wzgórze Andersa). Najwyższy punkt miasta znajduje się na wysokości 143,8 m n.p.m. (na Oporowie), natomiast najniższy na 107,2 m n.p.m. (na Praczech Odrzańskich).

Wrocław leży dorzeczu Odry, w miejscu, gdzie uchodzi do niej wiele dopływów, i w którym jest szczególnie rozczłonkowana pomimo hydrotechnicznych zabiegów regulacyjnych (Ryc. 2). Odra ze swoimi meandrami, odnogami i starorzeczami dominuje na terenie miasta i jest jego naturalną osią. Długość rzeki w granicach Wrocławia wynosi 26 km. W rejonie Śródmieścia opływa ona wyspy dzieląc się na



Odrę i Starą Odrę. Przez północną część miasta wodę poprowadzono dwudzielnym kanałem (Żeglugowy i Powodziowy), łączącym obie części Odry. Na obszarze Starego Miasta rzeka dzieli się na Odrę Południową opływającą wyspę Piaskową od południa, gdzie główna masa wody płynie między Wyspą Słodową i Wyspą Tamka oraz Odrę Północną która opływa Wyspę Piaskową i Bielarską od północy. Przed mostem Uniwersyteckim łączy się Odra Północna z Odrą Południową i wspólnie osiąga kanał powodziowy (Bożek *et al.*, 2002). Rzeka jest uregulowana, a istniejące kanały czynią ją żeglowną. Liczne urządzenia hydrotechniczne (śluzy, jazy) Wrocławskiego Węzła Wodnego mają za zadanie utrzymać wymagany stan wód na cele żeglowne oraz zapewnić produkcję energii w Elektrowni Wodnej Wrocław I i II. Na terenie Wrocławia do Odry wpadają dopływy: prawobrzeżna Widawa (20 km długości w granicach miasta) i lewobrzeżne Oława (8 km), Śleza (16 km), Bystrzyca (15 km) oraz Ługowina. Łączna długość cieków w granicach administracyjnych miasta wynosi 280 km. Ponadto miasto jest porożcinane gęstą siecią mniejszych, bezimiennych cieków, kanałów nawadniających i rowów melioracyjnych. Nie ma tu dużych, naturalnych zbiorników wodnych, a sztuczne stawy powstały głównie ze starorzeczy regulowanej Odry i mają niewielką powierzchnię.



Ryc. 2. Hydrografia miasta Wrocławia

### 4.3. Wybrane elementy klimatu

Pod względem klimatycznym Wrocław znajduje się w dzielnicy wrocławskiej (XIV) obejmującej całą Nizinę Śląską (*Gumiński, 1948*). Jest to najcieplejsza dzielnica klimatyczna Polski. Panuje tu klimat umiarkowany z przewagą wpływów oceanicznych, gdzie zimy zazwyczaj są łagodne, a lata niezbyt upalne. Położenie miasta na przedpolu Sudetów i w dolinie dużej rzeki powoduje, że na klimat Wrocławia wpływ mają zjawiska fenopochodne (ok. 71 dni w roku) (*Kwiatkowski, 1975*). Sprawia to, iż jest to rejon uprzywilejowany termicznie, określany mianem „wrocławsko – opolskiego obszaru ciepła” (*Dubicki et al., 2002*).

Wartości parametrów ogólnych charakteryzujących składowe klimatu w wieloleciu na terenie Wrocławia to między innymi średnia roczna temperatura powietrza na poziomie 8,5 – 9,0°C, średnia temperatura miesiąca najzimniejszego (stycznia) wynosząca -0,4°C i średnia temperatura miesiąca najcieplejszego (lipca) równa 18,8°C. Średnia roczna amplituda temperatury wynosi 19,2°C (*Dubicka, 1996*). Wielkości opadów atmosferycznych, z racji położenia Wrocławia pomiędzy Wzgórzami Trzebnickimi i Sudetami, nie są zbyt wysokie. Średnie roczne sumy opadów osiągają wartości 580-620 mm, przy około 167 dniach z opadem w ciągu roku. Ekstremalne wartości sum opadowych to 318 mm i 892 mm, przy czym lata suche charakteryzują opady o rocznych sumach nie przekraczających 580 mm, a lata mokre – powyżej 620 mm. Na terenie Wrocławia, jak i w całym dorzeczu Odry, zaznacza się obecnie malejący trend opadów, czyli z roku na rok wielkość opadów jest coraz niższa (*Dubicki et al., 2002; Dubicka, 1991*). Parowanie terenowe w ciągu roku osiąga średnie wartości 500 mm, natomiast parowanie z powierzchni wody kształtuje się na poziomie 550 mm, co niejednokrotnie przewyższa sumy opadów. Roczna suma nasłonecznienia – czasu, gdy na powierzchnię dociera promieniowanie bezpośrednie – wynosi we Wrocławiu około 1500 h, przy czym obserwuje się około 27 dni pogodnych i 203 dni pochmurne w roku (*Dubicka, 1988*). W wyniku częstego ścierania się nad Polską mas powietrza oceanicznego i kontynentalnego we Wrocławiu przeważają wiatry o kierunkach zachodnich i południowych (ponad 50% dni w roku) o średnich prędkościach 3 – 4 m/s (*Dubicka, Pyka, 2001*).

Pomimo, iż klimat Wrocławia zbliżony jest do klimatu panującego na całej Nizinie Śląskiej, to jednak wykazuje on swoiste cechy charakterystyczne, związane z urbanizacją i wpływami antropogenicznymi. Jest to tzw. „mezoklimat miejski”

wiążący się w występowaniem miejskiej wyspy ciepła, który w stosunku do terenów okolicznych charakteryzuje m.in. wzrost temperatury w mieście, wzrost zanieczyszczeń pyłowych atmosfery, zmniejszenie usłonecznienia i wzrost zachmurzenia, zwiększenie sumy opadów ciekłych i wzrost częstotliwości burz, zmniejszenie opadów stałych, wzrost wilgotności powietrza i spadek prędkości wiatru. Czynniki te powodują, że w mieście i jego najbliższym sąsiedztwie jest słabe przewietrzanie, często dochodzi do zamgleń i odczuwalna jest duża wilgotność powietrza (*Dubicka, Szymanowski, 2003; Dubicki et al., 2002; Dubicka, Pyka, 2001*).

#### 4.4. Budowa geologiczna rejonu Wrocławia

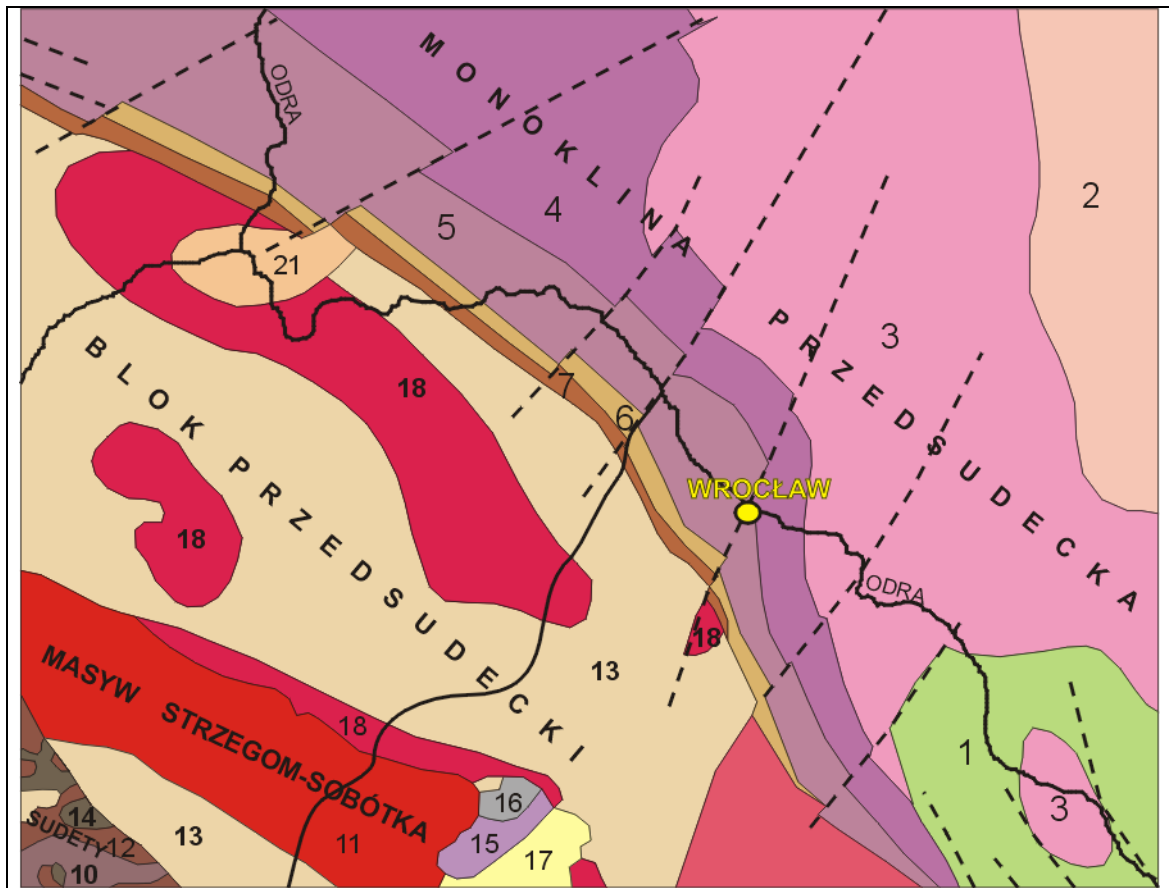
Wrocław znajduje się na południowo – zachodnich krańcach monokliny przedsudeckiej, blisko jej granicy z blokiem przedsudeckim (Ryc. 3). Silnie zaangażowane tektonicznie utwory przedkenozoiczne (proterozoiczny trzon krystaliczny i paleozoiczno-mezozoiczna seria osadów monokliny) porozcinane są przez głębokie rozłamy i uskoki dzielące je na odrębne bloki strukturalne. Przykrywa je kompleks ilasto – piaszczysto – gliniastych osadów kenozoiku (*Oberc, 1972*). Uskoki, o rzutach dochodzących do kilkuset metrów, tworzą dwa systemy dyslokacji – równoległy i prostopadły do kierunku Odry, zwane strefą uskokową środkowej Odry (*Cymerman, 2004; Winnicka, 1988*).

W budowie geologicznej zostały wydzielone następujące piętra strukturalno – stratygraficzne:

Trzon krystaliczny, który zbudowany jest z dwóch głównych typów skał proterozoicznych – łupków metamorficznych (wapienno–krzemianowych i kwarcowo–łuszczykowych) oraz gnejsów, granitów i granitognejsów należących do metamorfiku środkowej Odry (*Oberc, 1972; Oberc-Dziedzic et al., 1999*). Utwory te zalegają bezpośrednio pod paleozoiczno – mezozoicznymi osadami monokliny przedsudeckiej, a ich strop został nawiercony na głębokości 1300 m p.p.m. (*Kłapciński, 1993a*).

Paleozoiczna seria osadów zalegająca monoklinalnie, z kilkustopniowym spadkiem w kierunku wschodnim i północno – wschodnim, na proterozoicznym podłożu reprezentowana jest przez utwory (*Kłapciński, 1993a, 1993b; Łabno, 1991; Winnicki, 1990; Winnicka, 1988; Gizler, 1986; Buksiński et al., 1974a; Oberc, 1972*):

- *karbonu dolnego* (kulmu) w postaci mułowców i piaskowców ciemnoszarych oraz zlepieńców i warstw ilasto–piaszczystych o łącznej miąższości dochodzącej do kilkudziesięciu metrów, które nie występują na całym obszarze monokliny,



**OBJAŚNIENIA:**

KREDA: 1 – margle, piaskowce; TRIAS: 2 – iły, iłowce, dolomity (*retyk*), 3 – piaskowce, iłolupki, gipsy (*kajper*), 4 – wapienie, łupki ilaste, dolomity (*wapień muszlowy*), 5 – piaskowce, dolomity, iłolupki (*pstry piaskowiec*); PERM: 6 – piaskowce, łupki, dolomity ilaste, anhydryty (*cechsztyn*), 7 – zlepieńce, piaskowce, łupki ilaste, 8 – piaskowce, zlepieńce, łupki, dolomity, anhydryty (*czerwony spągowiec*); PERMOKARBON: 9 – porfiry, melafiry, tufy; KARBON: 10 – zlepieńce, piaskowce (*karbon dolny*); Intruzje waryscyjskie: 11 – granity; DEWON: 12 – zlepieńce, piaskowce, szarogłazy; SYLUR i ORDOWIK: 13 – łupki fylitowe, serycytowe, kwarcyty; KAMBR: 14 – łupki zieleńcowe; Intruzje proterozoiczne: 15 – gabra, 16 – amfibolity; PROTEROZOIK (?): 17 – serpentyny, 18 – gnejsy, granitognejsy, 19 – gnejsy, migmatyty, 20 – łupki łyszczykowe, chlorytowe; 21 – granitoidy; ARCHAİK: 22 – paragnejsy, amfibolity, migmatyty; --- uskoki

**Ryc. 3. Szkic geologiczno – strukturalny okolic Wrocławia (wg Buksiński et al. 1974a)**

- *permu*, który jest reprezentowany przez czerwony spągowiec i chechsztyn, a rozciąga się wąskim pasmem pod utworami kenozoiku od północno-zachodniej do południowo-wschodniej części miasta o łącznej miąższości do około 350m:
  - czerwony spągowiec – jego miąższość wzrasta w kierunku południowo-wschodnim i miejscami przekracza 200 m. Seria rozpoczyna się piaskowcami zlepieńcowatymi, nad nimi występują silnie zapiaszczone łupki ilaste i piaskowce przewarstwiane materiałem mułkowo – piaszczystym;
  - chechsztyn jest wykształcony w postaci osadów morskich facji litoralnej i płytkonerytycznej w czterech niekompletnych cyklotemach (Werra, Stassfurt, Leine i Aller) (*Kłapciński, 1971*). Reprezentują go skały osadowe częściowo chemicznego pochodzenia: białe piaskowce, dolomit drobnokrystaliczny, łupki

ilaste i dolomity, anhydryty grubokrystaliczne, iłowce oraz zlepieńce z anhydrytem i gipsem.

Mezozoiczna seria skał osadowych zalega monoklinalnie i zgodnie na utworach permskich, a jej miąższość dochodzi miejscami do około 700 ÷ 800 m. Serię tę reprezentują trzy ogniwa *triasu*:

- trias dolny (pstry piaskowiec) jest zbudowany w części spągowej przez piaskowce z wkładkami iłołupków piaszczystych, które są związane z sedymentacją lądową. W stropowej partii występują osady morskie w postaci iłołupków zielonkawych, dolomitów i iłołupków z anhydrytem. Miąższość utworów pstrego piaskowca waha się od 100 do 400 m;
- trias środkowy (wapień muszlowy) reprezentują głównie wapienie grubokrystaliczne, iłowce margliste, wapienie z wkładkami dolomitów i przerostami margli. Ich miąższość miejscami dochodzi do ponad 200 m;
- trias górny (kajper) tworzą osady ilaste (ciemnoszare iłowce i mułowce) z wkładkami i przewarstwieniami wapienia marglistego i piaskowców oraz iłołupki z wkładkami gipsu. Miąższość tych osadów przekracza gdzieś 250 m. Utwory kajpru na terenie Wrocławia stanowią podłoże dla kompleksu skał kenozoicznych i kończą serię osadową monokliny przedsudeckiej.

Kenozoik w rejonie Wrocławia reprezentują osady *neogeńskie* (Ryc. 4), na które składają się utwory (Peryt, Piwocki, 2004; Kłapciński, 1993a, 1993b; Łabno 1991; Winnicki 1990; Winnicka 1988; Gizler 1986; Buksiński et al. 1974a; Oberc 1972):

- miocenu środkowego w postaci szarych iłów z wkładkami iłów płomienistych o miąższości osiągającej 90 m,
- miocenu górnego w postaci tzw. „serii poznańskiej” – ily, mułki i piaski (na powierzchni terenu w południowo – zachodniej i zachodniej części miasta) z cienkimi wkładkami węgla brunatnego (pokład Henryk). Miąższość tych utworów jest bardzo zróżnicowana i dochodzi do 90 m,
- pliocenu górnego, jako izolowane płyty jasnoszarych glin piaszczystych, żwirów i piasków z łem. Reprezentują one „serię Gozdniczy” o miąższości dochodzącej do 20 m,
- plejstocenu, o miąższości od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów układającej się strefami o kierunku NW – SE, zbudowanego z glin zwałowych zlodowacenia południowopolskiego (głina zwałowa ciemnoszara z soczewkami piasków

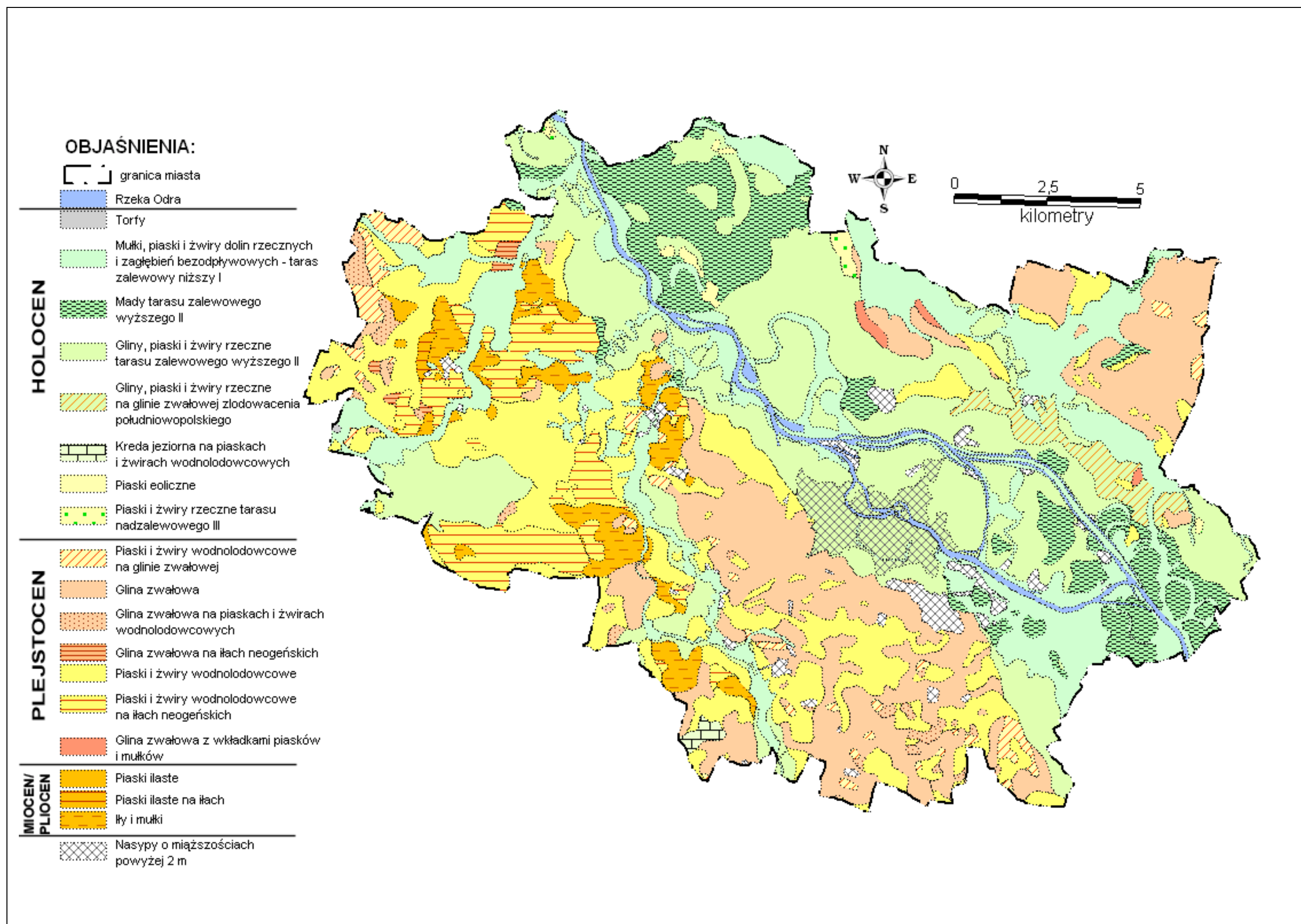
i mułków, zalegająca na ściętych erozyjnie łąkach i piaskach mioceńsko-plioceńskich, często przykryta młodszymi osadami gliniasto-piaszczystymi lub osadami dolin rzecznych), utworów zlodowacenia środkowopolskiego (żółta glina zwałowa moreny dennej fragmentarycznie występująca w NW i W części miasta, a zalegająca zwartym poziomem głównie w częściach S i SE oraz wodnolodowcowa seria piasków, żwirów i otoczków różnie wykształcona, zwykle występująca w N i W części obszaru) oraz zlodowacenia północnopolskiego (uformowana przez erozję rzeczna dolina Odry, w której osadziły się głównie osady rzeczne i częściowo eoliczne w postaci piaszczysto-żwirowego tarasu nadzalewowego (III) fragmentarycznie występującego w części NE i NW miasta),

– holocenu, kiedy to wskutek zniszczenia przez erozję rzeczna dużej części osadów tarasu nadzalewowego (III) i wcięcia się Odry w osady mioceńsko-plioceńskie, powstała zaznaczająca się w dolinie Odry półka erozyjna wypełniona osadami rzecznyymi o miąższości kilkunastu metrów, które zalegają na glinach zwałowych zlodowacenia południowopolskiego. Ten najniższy poziom dna doliny tworzą:

a) taras zalewowy wyższy (II) – o osadach żwirowo piaszczystych ze żwirami dobrze obtoczonymi przykrytych masami mułowo – piaszczystymi z fragmentami węgla drzewnych i cegły, osadzonymi w czasie okresowych powodzi (charakterystyczne są tutaj czarne pnie dębów);

b) taras zalewowy niższy (I) – tworzą go głównie namuły organiczne z przeławieniami humusu, z soczewkami piasków i żwirów.

Do najmłodszych współczesnych osadów należą utwory antropogeniczne w postaci m.in. warstw kulturowych w okolicach Starego Miasta i Śródmieścia, nasypów gruzowych oraz nasypów budowlanych (Różycki, 1968; Buksiński et al., 1973; Winnicka, 1988). Utwory te osiagają miąższości dochodzące do kilku metrów.



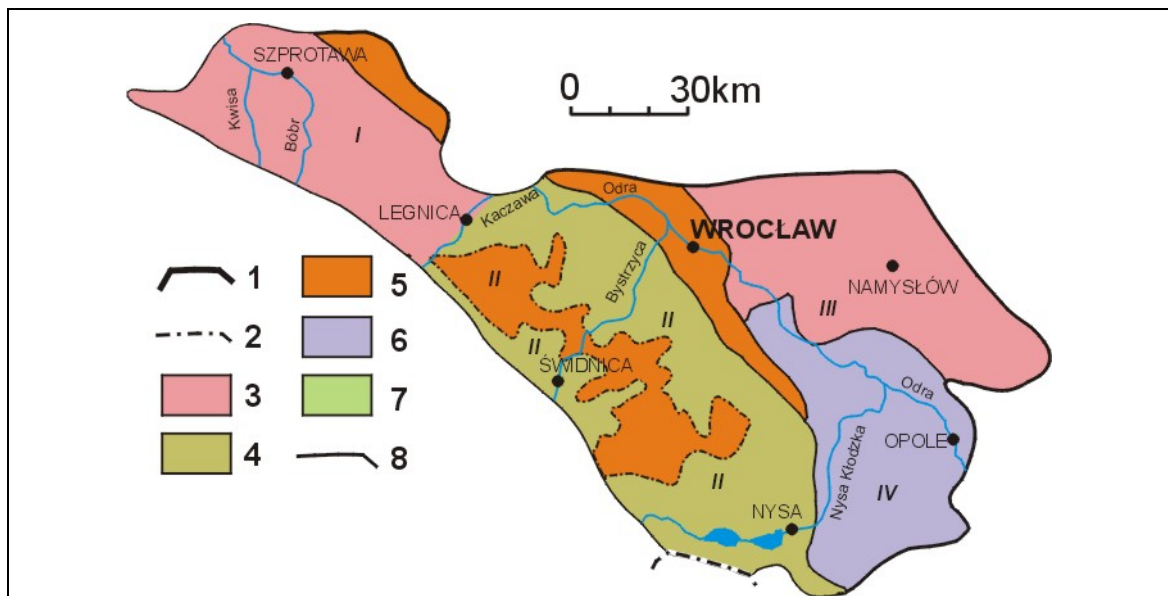
Ryc. 4. Mapa geologiczna Wrocławia (wg Łabno 1988, Winnicka 1987, Winnicki 1986, Gizler 1985, Buksiński et al. 1974a)



#### 4.5. Warunki hydrogeologiczne obszaru badań

Wrocław, zgodnie z systematyką hydrogeologiczną Paczyńskiego (*Paczyński [red.], 1995*), znajduje się w makroregionie zachodnim Nizy Polskiego – regionie wrocławskim, który obejmuje około 12 200 km<sup>2</sup>. Region ten (*Malinowski, 1991*) dzieli się na cztery subregiony (Ryc. 5). Miasto leży w obrębie subregionu centralnego – jego osią jest dolina Odry. Wyróżnia się tu cztery piętra wodonośne: holoceno-plejstocenské piętro wodonośne (wg starej systematyki czwartorzędowe) – głównie we fluwioglacjalnych i rzecznych utworach piaszczysto-żwirowych, pod nim leżą słabo przepuszczalne oraz miejscami przepuszczalne i wodonośne utwory miocenu (wg starej systematyki piętro trzeciorzędu), starsze piętro wodonośne stanowią szczelinowe i szczelinowo-krasowe wodonośne utwory triasu, pod którymi występuje bliżej nierozpoznane piętro wodonośne permu (Ryc. 6). Nierozpoznane jest też występowanie wód podziemnych w spękanych i szczelinowatych utworach krystalicznych, które są wodonośne w rejonie masywu Strzegomia-Sobótka czy Gór Sowich (*Malinowski, 1991*).

Na obszar południowych terenów miasta rozpościera się część Głównego Zbiornika Wód Podziemnych (GZWP) nr 320 Pradolina Odry - S Wrocław (*Kleczkowski 1990; Rozporządzenie Rady Ministrów 10.12.2002; Mapa GZWP 2004*). Jest to zbiornik

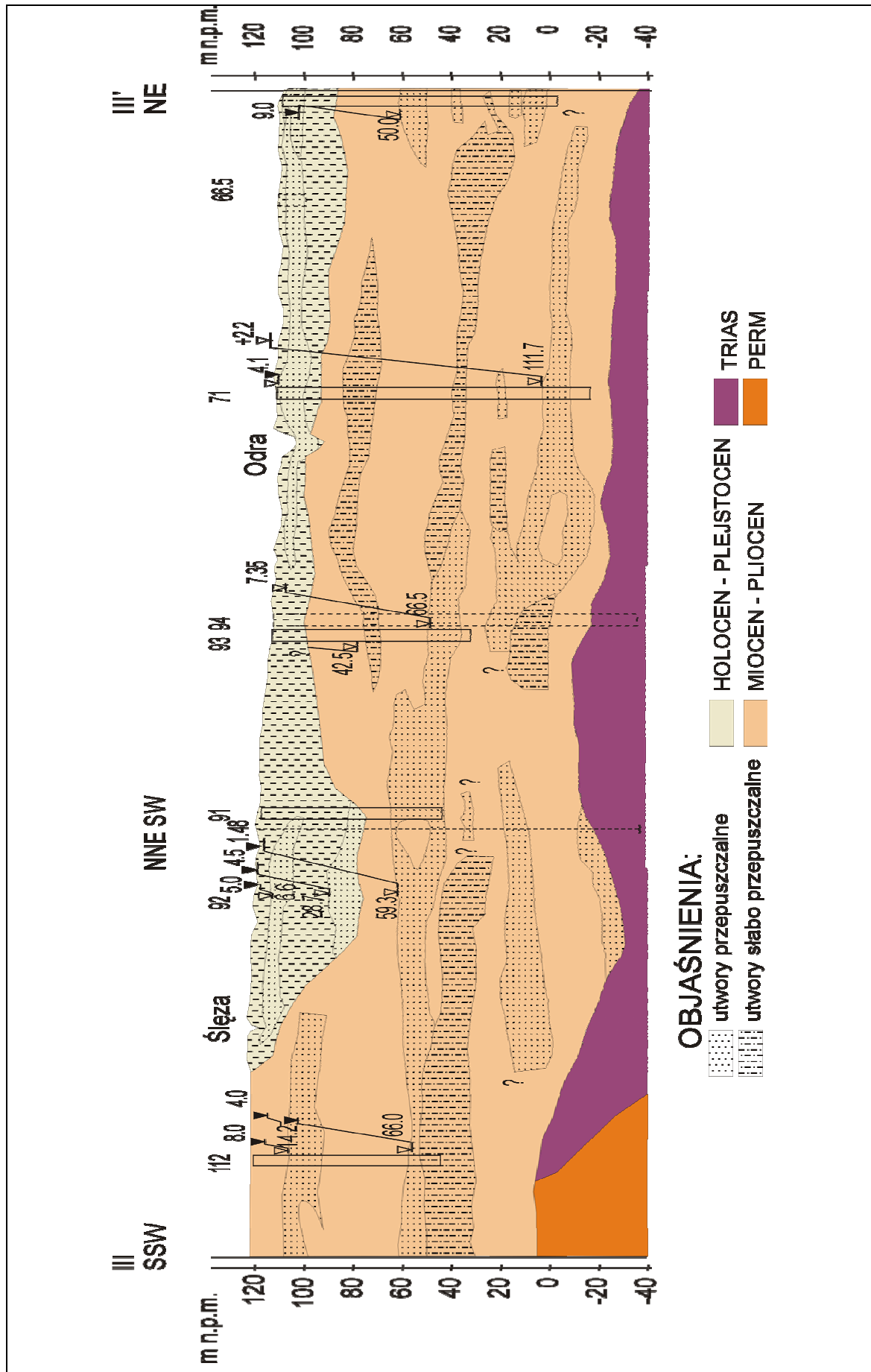


##### OBJAŚNIENIA:

1 – granica regionu, 2 – granice subregionów (I – subregion północno-zachodni, II – subregion przedsudecki, III – subregion centralny, IV – subregion nysko-niemodliński), 3 – wody w utworach trzeciorzędu, 4 – wody w utworach trzeciorzędu, głębiej w utworach krystalicznych prekambriu i paleozoiku, 5 – wody w utworach trzeciorzędu, głębiej w utworach triasu i lokalnie permu, 6 – wody w utworach trzeciorzędu, głębiej w utworach triasu i lokalnie permu, 7 – wody w utworach prekambriu i paleozoiku (metamorfity i intruzywy), 8 – granica wodonośnych utworów prekambriu i paleozoiku

**Ryc. 5. Podział regionalny zwykłych wód podziemnych (jednostki wg Malinowski (red.) 1991)**





Ryc. 6. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny w rejonie doliny Odry  
(wg Buksiński et al., 1976)

wydzielony w utworach holoceno – plejstoceno, w środowisku porowym, o całkowitej powierzchni 500 km<sup>2</sup>. Średnia głębokość ujęć wód podziemnych na jego terenie wynosi 12 m, natomiast szacunkowe zasoby dyspozycyjne całego zbiornika ocenia się na 225 tys. m<sup>3</sup>/d (Kielczawa et al., 2005).

#### ***Piętro wodonośne holoceno – plejstoceno (czwartorzędowe)***

Rozpoznanie hydrogeologiczne czwartorzędowego piętra wodonośnego jest dobre. Występuje ono w piaskach wodnolodowcowych oraz w rzecznych osadach piaszczystych i piaszczysto – żwirowych. Zostało zaliczone do pięter użytkowych (Kielczawa et al., 2005).

Plejstoceno piaski wodnolodowcowe mają niewielką miąższość. Są one przewarstwiane i rozdzielane przez słabo przepuszczalne gliny zwałowe (Mroczkowska, Michniewicz, 1976). Osady piaszczysto – żwirowe natomiast występują w dolinie rzeki Odry i dolinach jej dopływów. Tworzą one ciągły horyzont wodonośny i stanowią najłatwiej dostępny oraz najczęściej wykorzystywany zbiornik wód podziemnych w całej dolinie. Dolina Odry wypełniona jest utworami piaszczysto – żwirowymi o miąższościach od 5 do 30 m. Zwierciadło wody kształtuje się na głębokości około 5 m i ma zazwyczaj swobodny charakter. Współczynnik filtracji tych osadów przeciętnie osiąga wartości 23-37 m/d, a przewodność wynosi 285-300 m<sup>2</sup>/d. Wydajność potencjalna otworów waha się pomiędzy 10 a 90 m<sup>3</sup>/h (Żuk, 2000; Kieć, 1997; Kielczawa et al., 1997; Wojciechowska, 1997). Wody tego poziomu są zasilane infiltrującymi opadami i wodami podziemnymi dopływającymi z wysoczyzn oraz wodami rzeczными w rejonach piętrzenia Odry (Żuk, 2000; Kowalski, 1984).

Naturalny kierunek spływu wód podziemnych, w miejscach poniżej jazów piętrzących, skierowany jest do Odry stanowiącej bazę drenażu. Piętro holoceno – plejstoceno w strukturze wodonośnej Odry nie jest odporne na zanieczyszczenia z powierzchni, a zwierciadło wody pozostaje w ścisłym kontakcie hydraulicznym z wodami rzeczными. Wpływa to negatywnie na jakość wody tego piętra.

#### ***Piętro wodonośne mioceńskie (trzeciorzędowe)***

Utwory wodonośne tego piętra to głównie osady miocenu lądowego w postaci piasków drobnoziarnistych pylastych, miejscami średnioziarnistych, które są rozdzielane kompleksami mułków i tworzą nieregularne soczewy o zmiennej miąższości występujące w obrębie osadów ilastych. Zazwyczaj w obrębie piętra mioceńskiego występuje do trzech poziomów wodonośnych tworzących wielowarstwowy system o zróżnicowanych miąższościach i parametrach, który w

okolicach Leśnicy, Muchoboru czy Zakrzowa jest piętrzem użytkowym. Główne użytkowe piętro wodonośne znajduje się na głębokości 72-100 m, a jego miąższość waha się w granicach 5-14 m (lokalnie 28 m). Dominuje tu wydajność otworów od 10 do 30 m<sup>3</sup>/h, natomiast średni współczynnik filtracji wynosi 9,0 m/d, a przewodność rzadko przekracza 100 m<sup>2</sup>/d. Zwierciadło wody jest pod ciśnieniem (Żuk, 2000).

Wody miceńskiego piętra wodonośnego zasilane są na drodze przesączania z wyżej leżących poziomów wodonośnych, lecz główną rolę w ich zasilaniu odgrywają kontakty hydrauliczne z piętrzem wodonośnym triasu. Prowadzi to do pogorszenia jakości tych wód (Żuk, 2000; Kieć, 1997; Kielczawa, et al. 1997; Wojciechowska, 1997).

#### ***Piętro wodonośne triasu***

Wody triasowego piętra wodonośnego występują w dwóch poziomach wodonośnych – wapienia muszlowego i pstrego piaskowca (Dendewicz, 1984; Biel et al., 1983) Strop szczelinowego i szczelinowo – krasowego poziomu wapieni zalega na głębokości 180-350 m. Zwierciadło wód tego poziomu ma często charakter artezyjski o ciśnieniu sięgającym 20-30 atmosfer i stabilizuje się na wysokości do kilkunastu metrów nad poziomem powierzchni terenu. Zwierciadło szczelinowo – porowego poziomu wodonośnego pstrego piaskowca zostało nawiercone na głębokości kilkuset metrów i również ma ono charakter artezyjski. Poziom ten znajduje się w drobnoziarnistych piaskowcach i cechuje go niewielka wodonośność.

Jakość wód wodonośnego piętra triasu jest niska. Są to wody o wysokiej mineralizacji, z dużą ilością siarczanów (ponad 700 mg SO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>) i chlorków (ponad 300 mg Cl/dm<sup>3</sup>). Aktualnie woda piętra triasowego nie jest eksploatowana (Żuk, 2000).

#### ***Piętro wodonośne permu***

Permskie piętro wodonośne nie jest dokładnie rozpoznane w rejonie Wrocławia. Na podstawie analogii do obszarów przyległych oraz kilku głębokich wierceń można wnioskować, że wody tego piętra występują w dolnopermskich piaskowcach czerwonego spągowca (niska mineralizacja, słabe zawodnienie i niewielkie wydajności) oraz górnopermskich – cechsztyńskich, skrasowiałych utworach węglanowych (wysoka mineralizacja, pojawiają się wody termalne). Wody całego piętra permskiego znajdują się pod wysokim ciśnieniem kilkunastu tysięcy hektopaskali (Malinowski [red.], 1991).

### ***Pierwsze zwierciadło wód podziemnych na terenie Wrocławia***

Według J. Kowalskiego (*Kowalski, 1984*) teren miasta Wrocławia można podzielić na trzy podstawowe jednostki różniące się warunkami występowania pierwszego od powierzchni terenu poziomu wód podziemnych:

- obszary osadów rzecznych pradoliny Odry i dolin rzecznych Oławy, Ślęzy, Ługowiny, Bystrzycy i Widawy, gdzie wody podziemne występują w sposób ciągły, ich zwierciadło jest swobodne lub lokalnie pod warstwą słabiej przepuszczalną pod niewielkim naporem;
- obszary utworów plejstocénskich i pokryw wodno-lodowcowych, które dzielą się na dwa rejony – wysoczyznę północną (wody podziemne zalegają płytko w pokrywowych utworach fluwialnych lub fluwio-glacialnych nad stropem glin zwałowych, niekiedy znajdują się pod niewielkim ciśnieniem w piaszczysto – żwirowych przewarstwieniach glin) i wysoczyznę południową (wody podziemne w systemie soczew i przewarstwień zbudowanych z piasków i żwirów wodnolodowcowych pozostających w kontakcie hydraulicznym);
- obszary płytkiego zalegania utworów miocenu i pliocenu (trzeciorzędowych) – w zachodniej części miasta wody podziemne występują lokalnie w plejstocénskich utworach wodnolodowcowych wypełniających zagłębienia w iłach poznańskich, często występowanie tych wód jest okresowe.

Pierwsze zwierciadło wód podziemnych na terenie Wrocławia znajduje się przeciętnie na głębokości 2-8 m p.p.t. (*Mroczkowska, Michniewicz, 1976*) i ma głównie charakter swobodny, a tylko miejscami jest pod niewielkim ciśnieniem – w rejonach głębszego występowania słabo przepuszczalnych utworów nasypowych i gliniastych.

## **5. Metodyka badań**

Rozwiązanie postawionego zadania wymagało przeprowadzenia wielu prac, wśród których dominowały obserwacje terenowe. W celu sprawnego wykonania badań zamierzone działania podzielono na etapy, które konsekwentnie realizowano w latach 2002 – 2006. Równolegle z gromadzeniem i analizowaniem materiałów archiwalnych rozpoznano teren badań i wyznaczono punkty obserwacyjne. Przeprowadzono szereg prac polowych, wśród których były przede wszystkim stacjonarne obserwacje stanów, temperatury oraz przewodnictwa wód podziemnych i powierzchniowych, oznaczenie przepuszczalności utworów przypowierzchniowych, niwelacje geodezyjne, wiercenia rozpoznawcze i pompowania badawcze. Zebrany bogaty zasób archiwalny wraz z obszernymi wynikami badań terenowych zostały poddane analizie i interpretacji z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi (GIS) i technik komputerowych.

### **5.1. Studia materiałów archiwalnych i gromadzenie danych ze źródeł zewnętrznych**

Stopień znajomości wyników przeprowadzonych na danym terenie badań archiwalnych jest jednym z elementów, które wpływają na przyjmowane metody rozwiązania problemu badawczego. Szczegółowe rozpoznanie geologiczne, hydrogeologiczne i topograficzne powodują, że maleje ryzyko popełnienia błędów w chwili przystępowania do badań własnych, związanych chociażby z nietrafną lokalizacją punktów badawczych.

W celu dokładnego zapoznania się z budową geologiczną płytkich warstw podłoża na terenie miasta została dokonana analiza ponad 100 dokumentacji geologiczno – inżynierskich i hydrogeologicznych sporządzonych od 1991 roku, znajdujących się w Archiwum Geologicznym Powiatu Grodzkiego we Wrocławiu. Aby rozpoznać dokładniej warunki hydrogeologiczne zebrano również materiały z Banku Danych HYDRO (przestudiowano blisko 1000 kart otworów). Zgromadzono także dane dotyczące stanów i temperatury wód podziemnych i powierzchniowych oraz warunków atmosferycznych panujących w latach 1874 – 1922 studiując niemieckie roczniki statystyczne „Breslauer Statistik”. Zapoznano się też z wynikami monitoringu prowadzonego przez pracowników Akademii Rolniczej w latach 70. XX w., co pozwoliło na odpowiedni dobór punktów obserwacyjnych, możliwie naśladujący dawną sieć Akademii. Przeanalizowano również dane zawarte w najnowszych Rocznikach

Hydrogeologicznych wydawanych przez Państwową Służbę Hydrogeologiczną na nowo od 2002 roku (*Kazimierski red.nauk., 2003, 2005, 2006*).

Aby dokonać jak najpełniejszej analizy wahań pierwszego od powierzchni ternu zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia konieczne było zgromadzenie nie tylko danych archiwalnych i własnych materiałów badawczych, lecz także informacji dotyczących warunków meteorologicznych, stanów wód powierzchniowych (zwłaszcza rzeki Odry), danych o stratach w sieci wodociągowej itp. Swoje zasoby udostępniły między innymi następujące instytucje: Obserwatorium Meteorologiczne Uniwersytetu Wrocławskiego, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej we Wrocławiu, Jeleniogórskie Elektrownie Wodne Sp. z o.o., Landesumweltamt Brandenburg, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji we Wrocławiu.

W trakcie prac kameralnych zebrano bogaty materiał kartograficzny, który po przeniesieniu do formy cyfrowej stał się podstawą graficzną dla systemu GIS. Narzędzia z rodziny GIS posłużyły do uporządkowania zgromadzonych danych oraz sprawnego zarządzania nimi i wykorzystania do prowadzonych badań terenowych. Do postaci numerycznej sprowadzono 26 arkuszy mapy topograficznej Wrocławia w skali 1:10000, które po scyfrowaniu zarejestrowano w programie MapInfo, tworząc tym samym mapę bazową. Na jej podstawie rejestrowano kolejne mapy, z których informacje posłużyły do sporządzenia mapy geologicznej, mapy zagospodarowania terenu czy mapy hydrograficznej. Ogółem wykorzystano 4 arkusze Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, 4 mapy z Atlasu Geologicznego Wrocławia cz. I i cz. III, po 4 arkusze w skali 1:50 000 map hydrogeologicznych, sozologicznych i hydrograficznych. Połączenie informacji przeniesionych z map z zebranymi danymi terenowymi pozwoliło na szybkie i sprawne zarządzanie informacjami i ułatwiło wykonywanie map załączonych do niniejszej rozprawy.

## **5.2. Prace terenowe**

W okresie marzec 2003 – wrzesień 2006 prowadzone były badania terenowe. W tym czasie wykonano rozpoznanie kartograficzne na badanym terenie, przez 24 miesiące prowadzono stacjonarne obserwacje wód podziemnych, oznaczono przepuszczalność utworów przypowierzchniowych, wykonano wiercenia rozpoznawczo-badawcze, oznaczenia parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej, pomiary geodezyjne i GPS oraz dokumentację fotograficzną.

### 5.2.1. Prace kartograficzne

W marcu 2003 roku przystąpiono do wyznaczenia punktów badawczych. Pierwotne założenia miały na celu takie wybranie otworów, aby zapewniły one równomierne pokrycie terenu Wrocławia. Po wstępnej weryfikacji wykartowanych punktów założenie to okazało się niemożliwe do spełnienia (m.in. w związku z dewastacją i likwidacją dawnych studzienek obserwacyjnych Akademii Rolniczej). Obserwacje podjęto z początkiem listopada 2003 roku we wszystkich nadających się do tego celu punktach, które udało się zlokalizować i dla których uzyskano pozwolenie właścicieli na prowadzenie pomiarów. W początkowej fazie badania prowadzono w ponad 100 punktach, jednak w trakcie trwania obserwacji ich liczba została ograniczona z przyczyn niezależnych od prowadzącej badania najpierw do 98 otworów, a stopniowo do 84. Z tego 71 punktów charakteryzuje okres obserwacji powyżej 80 tygodni (Załącznik 1). Spośród 98 punktów badawczych 94 otwory to punkty założone w pierwszej od powierzchni terenu warstwie wodonośnej (Tabela 1), której zwierciadło jest przedmiotem badań, a 4 z nich ujmują wody głębszego poziomu mioceńskiego. W ogólnej liczbie otworów 57 to piezometry, 35 to studnie gospodarskie kopane, a 6 to studnie wiercone. W nawiązaniu do podziału miasta na strefy występowania pierwszego poziomu wodonośnego (Kowalski, 1984) w obrębie utworów plejstoceniowych zlokalizowano 50 otworów (28 na południe a 22 na północ od doliny Odry), na obszarach doliny Odry i dolin jej dopływów 42 punkty (29 w dolinie Odry i 13 w dolinach dopływów) oraz 2 punkty w rejonie płytkiego zalegania utworów miocenu i pliocenu.

|                       |                                      | <i>pierwsza<br/>warstwa<br/>wodonośna</i> | <i>poziom<br/>mioceński</i> |
|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Otwory ogółem</b>  |                                      | <b>94</b>                                 | <b>4</b>                    |
| <b>Położenie</b>      | plejstoceniowa wysoczyzna południowa | 28                                        |                             |
|                       | plejstoceniowa wysoczyzna północna   | 22                                        | 2                           |
|                       | dolina Odry                          | 29                                        | 2                           |
|                       | doliny dopływów Odry                 | 13                                        |                             |
|                       | płytke zaleganie utworów miopliocenu | 2                                         |                             |
| <b>Typ<br/>otworu</b> | piezometr                            | 57                                        |                             |
|                       | studnia kopana                       | 35                                        |                             |
|                       | studnia wiercona                     | 2                                         | 4                           |

**Tabela 1.** Zestawienie punktów badawczych ze względu na położenie i typ otworu

W ramach prac kartograficznych każdy otwór obserwacyjny został domierzony do osnowy geodezyjnej z wykorzystaniem technologii GPS (współrzędne) oraz zanielowany w odniesieniu do poziomu „Amsterdam 69” (rzędne). Każdy punkt został także udokumentowany fotograficznie i skatalogowany. Prace te przeprowadzono w celu pełnego udokumentowania punktów badawczych, aby w przyszłości ułatwić ich odnalezienie. Karta katalogowo – pomiarowa otworu badawczego została tak opracowana, aby znalazły się w niej wszystkie informacje zebrane w danym miejscu podczas badań terenowych (Załącznik 2).

W trakcie prac kartograficznych zlokalizowano również miejsca, w których dokonywane są pomiary stanów rzeki Odry (Elektrownia Wodna, RZGW) oraz wyznaczono własny punkt obserwacyjny położony w okolicy piezometru przy ul. Grodzkiej. Wytypowano także miejsca do oznaczenia przepuszczalności przypowierzchniowych warstw gruntu oraz miejsca wierceń badawczo – rozpoznawczych i oznaczeń parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej (Ryc. 7).

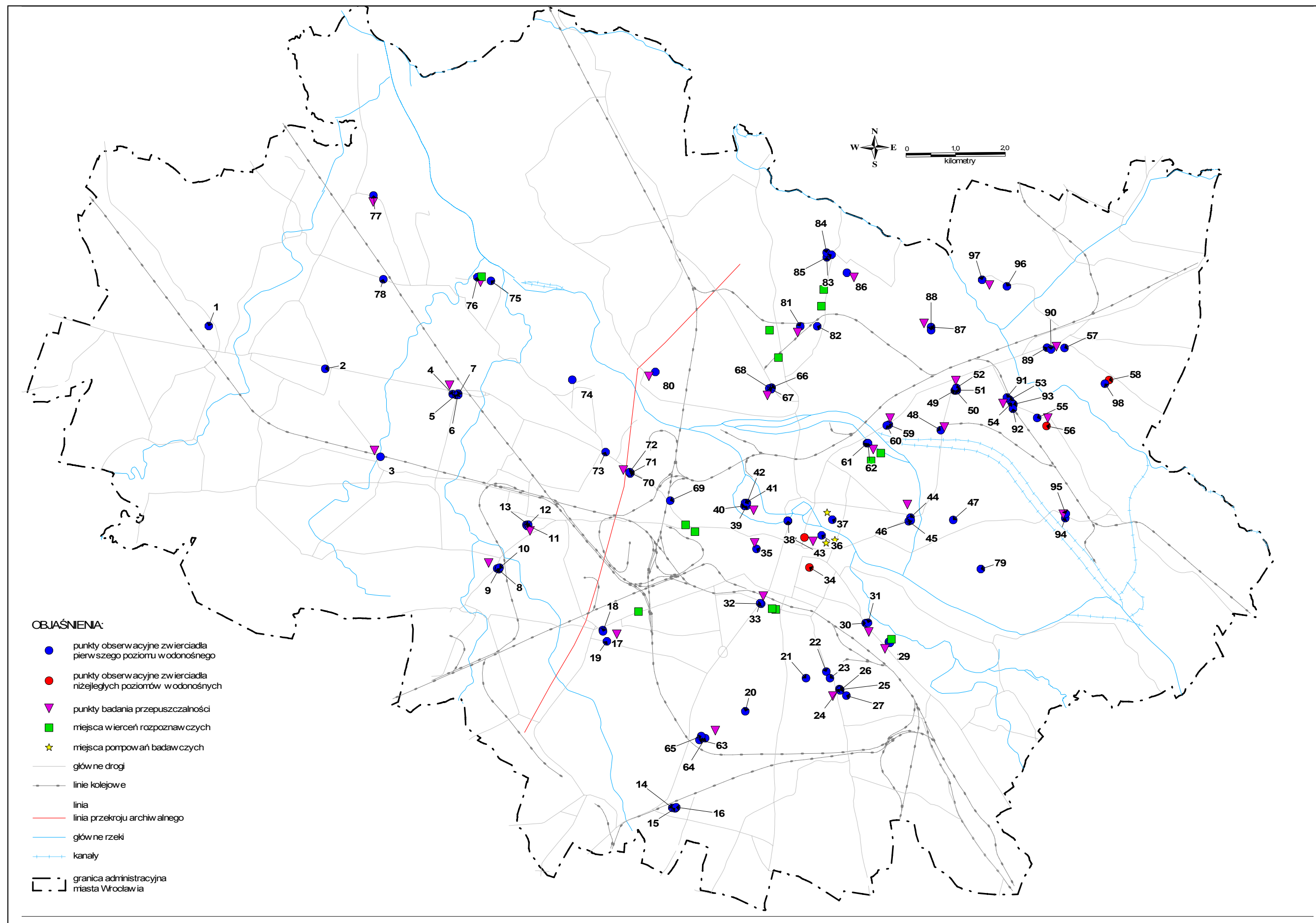
#### ***5.2.2. Obserwacje wód w pierwszym od powierzchni terenu poziomie wodonośnym***

Charakterystyka wahań zwierciadła wód podziemnych jest możliwa tylko wtedy, gdy dysponuje się danymi dotyczącymi jego położenia w odpowiednim okresie czasu i o odpowiedniej częstotliwości.

Wyznaczone podczas prac kartograficznych punkty badawcze zostały poddane weryfikacji, a następnie przygotowane do prowadzenia pomiarów. Od listopada 2003 r. do października 2005 r. włącznie (pełne 2 lata hydrologiczne 2004 i 2005) prowadzono stacjonarne obserwacje położenia zwierciadła pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego. Pomiary wykonywane były za pomocą tradycyjnego gwizdka hydrogeologicznego (popularna świstawka), a od lipca 2005 z użyciem elektronicznej sondy pomiarowej firmy Ejkelkamp. Dokładność pomiarów wynosiła  $\pm 1\text{cm}$ , a błąd pomiarowy można uznać za stały, gdyż wszystkie obserwacje wykonywała ta sama osoba. W kwietniu 2004 r. rozpoczęto także pomiary temperatury i przewodnictwa elektrycznego wód badanego poziomu wodonośnego za pomocą termokonduktometru o dokładności  $0,1^{\circ}\text{C}$  i  $1\ \mu\text{S/cm}$ . Pomiaru dokonywano 50cm poniżej lustra wody.

Badania wykonywano z częstotliwością tygodniową, w każdy poniedziałek od godziny 7<sup>00</sup>. Taka częstotliwość zapewniała uchwycenie krótkookresowych zmian





Ryc. 7. Mapa dokumentacyjna terenu badań

w położeniu zwierciadła (*Taylor, Alley, 2001*). W początkowej fazie obserwacje prowadzono w ponad 100 punktach, których liczba z czasem uległa zmniejszeniu do 84. Pomimo ciągłej konserwacji studni i piezometrów oraz mimo cotygodniowej kontroli, nie udało się uniknąć strat w sieci obserwacyjnej – część zaadoptowanych do badań otworów została zlikwidowana przez ich właścicieli bez uprzedzenia prowadzącej badania, a część punktów została zniszczona bądź zdewastowana. Problem stopniowego zmniejszania się liczby otworów studziennych dla miasta Krakowa sygnalizował Kleczkowski (2003) i z podobną sytuacją mamy do czynienia na terenie Wrocławia. Zdarzały się też przypadki, że wskutek wandalizmu konieczne było wyłączenie punktu na pewien czas z obserwacji i przywrócenie go do stanu używalności. W jednym otworze (nr 79 – Obserwatorium UW) były prowadzone obserwacje codzienne, w celu wnikliwszej analizy krzywej zwierciadła oraz korelacji z dobowymi sumami opadów atmosferycznych.

Ogółem w ciągu 102 tygodni pomiarowych wiarygodne dane do analizy pozyskano z 85 punktów obserwacyjnych, z czego 71 otworów cechuje okres badań powyżej 80 tygodni. W sumie wykonano około 8000 pojedynczych pomiarów położenia zwierciadła oraz blisko 6000 pomiarów temperatury i przewodności wód badanego poziomu wodonośnego.

### 5.2.3. *Badania przepuszczalności utworów strefy aeracji*

Jednym z parametrów, od którego zależy zasilanie powierzchniowe warstwy wodonośnej, a co za tym idzie również zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych, jest wodoprzepuszczalność utworów budujących strefę aeracji. Jej miarą jest współczynnik filtracji, nazywany też współczynnikiem wodoprzepuszczalności pionowej (*Wąsik, 2003*), będący jednym z ważniejszych parametrów opisujących własności ośrodków przewodzących wodę (*Wieczysty, 1982*).

W okresie maj – czerwiec 2005 r. wykonano serię oznaczeń przepuszczalności utworów przypowierzchniowych stanowiących strefę aeracji badanego poziomu wodonośnego. Do tego celu wybrano połowę metodę Porscheta, która jest uznawana za dającą wiarygodne i bliskie rzeczywistości wyniki (*Wąsik, 2003*). W metodzie tej wykonuje się wkop (Ryc. 8) o średnicy  $r$  (ok. 10-20 cm) i głębokości  $H$  (ok. 40-50cm). Wkop ten wypełnia się wodą i dokonuje się pomiarów położenia zwierciadła wody powyżej dna wkopu  $h_1$ ,  $h_2$  [L] w określonych odstępach czasowych  $\Delta t$  [T].

Współczynnik filtracji pionowej utworów  $k_0$  [L/T], będący miarą ich przepuszczalności, obliczany jest zgodnie ze wzorem (Pleczyński, 1981):

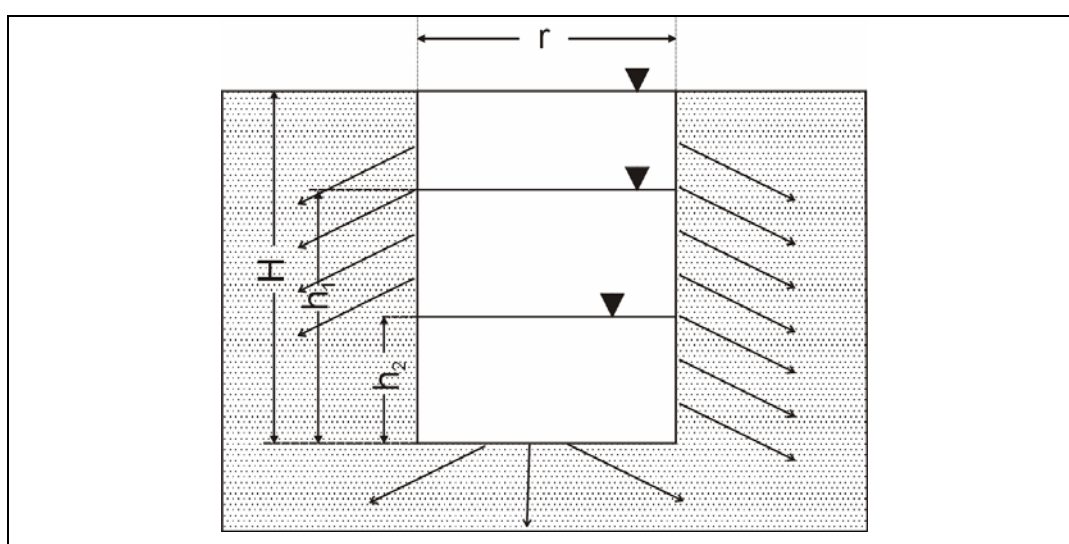
$$k_0 = \frac{\Delta t}{\varphi(h_1) - \varphi(h_2)}, \text{ gdzie: } \varphi(h_1) = \frac{1}{2}r \cdot \lg(h_1 + \frac{1}{2}r)$$

$$\varphi(h_2) = \frac{1}{2}r \cdot \lg(h_2 + \frac{1}{2}r)$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

W metodzie tej infiltracja odbywa się przez ściany i dno wkopu, a w celu nasycenia gruntu wodą wkop ten zalewa się trzykrotnie. Do wyliczeń  $k_0$  przyjmuje się parametry z ostatniego w kolei zalewania, co daje informacje o zdolności infiltracyjnej gruntu w warunkach infiltracji opadów, okresowego nawadniania lub infiltracji z powierzchniowych zbiorników wód stojących (Pleczyński, 1981).

Przepuszczalność utworów w strefie aeracji oznaczono w 31 punktach (Ryc. 7). Punkty wytypowane do badań znajdowały się w sąsiedztwie otworów obserwacyjnych, w odległościach, które zapewniały brak wpływu otworu na filtrację.



Ryc. 8. Schemat badania przepuszczalności metodą Porscheta (wg Pleczyński, 1981-zmienione)

#### 5.2.4. Badania terenowe uzupełniające

Dokładne rozpoznanie budowy geologicznej badanego terenu oraz parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej pozwala na pełniejszą analizę czynników sterujących wahaniem zwierciadła płytkich wód podziemnych. W celu uzupełnienia luk w zebranych materiałach archiwalnych wykonano szereg dodatkowych badań terenowych.

W miejscach, gdzie istniały wątpliwości dotyczące litologii warstwy wodonośnej oraz przypowierzchniowych warstw podłoża odwiercono płytkie otwory badawczo-rozpoznawcze. Otwory osiągały głębokości 5-6 metrów, docierając do pierwszej warstwy wodonośnej, przewiercone grunty zostały oznaczone makroskopowo. Wykonano 13 wierceń o sumarycznej głębokości 79 m z zastosowaniem wiertnicy ręcznej z silnikiem spalinowym typu P-15.

W celu uzupełnienia w rozpoznaniu parametrów filtracyjnych badanego poziomu wodonośnego w obrębie doliny Odry, dokonano oznaczenia współczynnika filtracji warstwy wodonośnej metodą krótkotrwałego pompowania jednostopniowego w 3 otworach. Metodykę pompowania szczegółowo opisują Dąbrowski i Przybyłek (2005; 1980) oraz Dąbrowski i inni (2004).

### 5.3. Narzędzia analizy i interpretacji danych

Zebrane dane pochodzące z własnych badań terenowych oraz informacje dotyczące wód powierzchniowych i parametrów meteorologicznych wraz ze zgromadzonymi danymi archiwalnymi stworzyły ogromny zasób informacji, który wymagał odpowiedniego posegregowania i sprawnego zarządzania już na etapie gromadzenia danych. W tym celu wszystkie dane zostały sprowadzone do formy elektronicznej i uszeregowane w odpowiednich skoroszytach z wykorzystaniem podstawowego arkusza kalkulacyjnego, jakim jest Excel firmy Microsoft. Taka forma zbierania i przechowywania danych pozwalała na etapie analizy i interpretacji na wykorzystywanie różnych programów komputerowych, które bez problemu rozpoznają format zapisu wykorzystywany przez Excela.

Podstawowe parametry statystyczne (Koronacki, Mielniczuk, 2001) dotyczące położenia zwierciadła wód podziemnych, powierzchniowych oraz składników klimatu policzono z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego. Wyliczono między innymi wartości średnie, minimalne, maksymalne, odchylenia standardowe, rozstępy i współczynniki zmienności położenia zwierciadła dla każdej z 85 studni dla okresów miesięcznych, sezonowych, rocznych i dwuletnich. Definicje poszczególnych stanów przyjęto za rocznikiem hydrogeologicznym (Kazimierski red., 2006). Ponadto policzono te same parametry dla ogółu studni określając minimalne, maksymalne i średnie wartości z minimalnych, maksymalnych i średnich stanów zwierciadła w poszczególnych przedziałach czasowych, co dawało ogólny pogląd na stany zwierciadła

na terenie całego miasta. Podobnie postąpiono w przypadku amplitud wahań zwierciadła wód podziemnych.

W celu określenia związków statystycznych pomiędzy położeniem zwierciadła wód pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego a czynnikami naturalnymi zastosowano korelację liniową i współczynnik korelacji  $r$  *Pearsona*. Ze względu na dużą liczbę danych rozkłady badanych wartości można było uznać za normalne (*Kala, 2005; Helsel, Hirsch, 2002*). Wartość istotności dla współczynników korelacji z wodami powierzchniowymi wyliczono dla poziomu istotności  $p < 0,001$  i wyniosła ona, w zależności od badanego przypadku,  $R=0,3-0,45$ , natomiast dla czynników klimatycznych przyjęto  $p < 0,05$ . Przy liczeniu korelacji braki danych usuwano parami (*StatSoft, 2006*). Oprócz czysto matematycznych zależności przeprowadzono również graficzną interpretację wyników badań na podstawie wykresów poszczególnych wartości (np. zwierciadła wód podziemnych i opadów, zwierciadła wód podziemnych i stanów rzeki), tym samym dokonując analizy przyrodniczej, która niejednokrotnie daje nieco odmienne wyniki aniżeli sama statystyka.

Do ujednolicenia zebranych materiałów kartograficznych, w celu zarządzania danymi oraz połączenia informacji graficznych z mapy z danymi opisowymi i liczbowymi pochodzącymi z różnych źródeł, zastosowano technikę GIS (*Kistowski, Iwańska, 1997; Okla red. 2000*) z wykorzystaniem platformy MapInfo. System ten pozwolił na szybkie i sprawne odnajdywanie potrzebnych informacji, przypisywanie ich konkretnym obiektom graficznym oraz tworzenie różnego rodzaju map tematycznych (*Worsa-Kozak, 2006; Chudy, 2004*). Ponadto pracując w środowisku GIS można w dowolny sposób kształtować skalę opracowań graficznych, co pozwala na uogólnianie, bądź wydobywanie szczegółów przedstawianych na mapach zjawisk. Możliwość prezentowania wartości punktowych na tle zjawisk obszarowych pozwoliła na przyrodniczą analizę wielu parametrów, m.in. przepuszczalności utworów przypowierzchniowych na tle budowy geologicznej i zagospodarowania terenu. Dzięki możliwościom programu MapInfo powstała między innymi mapa dokumentacyjna, czy mapa hydrograficzna.

Przestrzenne zobrazowanie zjawisk związanych z występowaniem wód podziemnych na terenie miasta Wrocławia w postaci map izoliniowych wykonano przy pomocy programu Surfer. Do tworzenia map wykorzystywano metodę krigingu, która jest uznawana za najlepszą metodę interpolacji niejednorodnych zjawisk przyrodniczych, zwłaszcza w sytuacji, gdy dane nie są rozmieszczone równomiernie

(Goldsztein, Skrzypek, 2004b; Davis, 1986). Interpolacji danych dokonywano przy standardowych ustawieniach programu otrzymując sumę kwadratów błędów  $\Sigma \delta^2 = 0,42 \text{ m}^2$ , co pozwala przyjąć wykreślone na tej podstawie mapy za wiarygodne.

Wszystkie wykresy, które zostały wykorzystane do analizy graficznej omawianych zjawisk zostały opracowane w programie Grapher, który jest elastycznym narzędziem, umożliwiającym łączenie różnego typu wykresów w jednym polu wydruku, co znacznie ułatwiło analizę przyrodniczą prezentowanych danych.

Interpretacja wpływu czynników antropogenicznych na położenie zwierciadła wód podziemnych pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego dokonywana była częściowo w oparciu o metody statystyczne, a zasadniczo na podstawie analizy graficznej i przyrodniczej zjawisk lokalnych oraz w oparciu o studia literatury. Takie podejście do problemu czynników antropogenicznych podyktowane było głównie brakiem dostępu do odpowiednich danych, czy też nie istnieniem informacji danego typu (np. w przypadku szczelności infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej). Niemniej w pracy podjęto próbę oceny wpływu poszczególnych czynników na wahania zwierciadła najpłytszych wód podziemnych, zwłaszcza w wymiarze lokalnym, dokonując interpolacji na pozostałe obszary na zasadzie analogii.



## 6. Położenie pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie miasta Wrocław i jego zmiany w okresie obserwacji

Zwierciadło wód podziemnych (za Słownikiem Hydrogeologicznym) jest to powierzchnia, która rozdziela strefę aeracji i saturacji. Takie zwierciadło, które nie jest ograniczone od góry warstwą nieprzepuszczalną i pozostaje pod ciśnieniem atmosferycznym nazywa się zwierciadłem swobodnym, natomiast jeśli warstwa nieprzepuszczalna ogranicza je od góry i znajduje się pod ciśnieniem większym od atmosferycznego, wówczas nosi nazwę zwierciadła naporowego (*Dowgiałło et al. red., 2002*).

Przedmiotem badań w niniejszym opracowaniu było zwierciadło wód podziemnych pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego, zwane też pierwszym zwierciadłem wód podziemnych. Badany poziom wodonośny na terenie Wrocławia znajduje się w większości w utworach holocenu i plejstocenu, a tylko na niewielkich obszarach występuje w wodonośnych piaszczystych przewarstwieniach w utworach miocেনskich (*Mroczkowska, Michniewicz, 1976*). Na obszarach płytkiego zalegania miocenu okresowo pierwsze zwierciadło pojawia się jednak płycej w młodszych osadach piaszczysto-żwirowych wypełniających obniżenia stropu iłów. Zwierciadło pierwszego poziomu w przeważającej części jest swobodne, a jedynie miejscami (w rejonach grubych warstw nasypowych bądź przewarstwień w glinach i iłach) znajduje się pod niewielkim naporem.

### 6.1. Stany charakterystyczne w latach hydrologicznych 2004 i 2005

Położenie płytkich wód podziemnych jest bardzo ważnym zagadnieniem, które podejmowane jest nie tylko przez naukowców w dziedzinie hydrogeologii i dziedzinach pokrewnych (*Kowalczyk et al., 2005; Kofahl et al., 2004, Kazimierski 1999; Guzik et al. 1999; Szczepankiewicz-Szmyrka, Kłak, 1975*), lecz również przez praktyków na polu geologii, hydrogeologii, geologii inżynierskiej, budownictwa czy inżynierii (*Olszewska et al., 2004; Bocheńska et al., 1993; Kajewski et al. 1992; Pływaczyk, Olszewska, 1990*). Stany wód podziemnych są także ważne z hydrogeochemicznego punktu widzenia, gdyż wpływają one m.in. na koncentrację zanieczyszczeń w wodach podziemnych (*Kleczkowski, 2003*). Dokładne rozpoznanie warunków wodnych na terenach zurbanizowanych, gdzie jest wiele obszarów inwestycyjnych, decyduje

o sposobie posadowienia budowli czy też konieczności jej odwadniania (*Vasquez-Sune et al., 2005; Jacobs, 1999; Kowalski, Kajewski, 1990; Kowalski 1979*) i tym samym staje się jednym z ważniejszych czynników decydujących o kosztach przedsięwzięcia.

W wyniku przeprowadzonych w latach hydrologicznych 2004-2005 obserwacji terenowych pozyskano bogaty materiał badawczy z blisko 100 punktów obserwacyjnych. Zgromadzenie zbioru ponad 8000 pojedynczych pomiarów pozwoliło na wyznaczenie stanów charakterystycznych pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia. Wyliczono stany minimalne, średnie i maksymalne dla dwulecia 2004-2005, dla poszczególnych lat hydrologicznych i dla sezonów (Załącznik 3).

W całym okresie obserwacji pierwsze zwierciadło wód podziemnych kształtowało się średnio na głębokościach od 6,39 do 1 m p.p.t. (Tabela 2). W poszczególnych latach hydrologicznych 2004 i 2005 jego średnie położenie nie odbiegało znacznie od średniej z dwulecia i zawierało się w przedziale 6,5 – 0,9 m p.p.t. Maksymalne głębokości, na jakich występowało obserwowane zwierciadło były o kilkadziesiąt centymetrów większe niż głębokości średnie i mieściły się w granicach 6,63 – 1,2 m p.p.t., natomiast naj płytsze wystąpienia pierwszego zwierciadła wód podziemnych w całym dwuleciu kształtowały się na głębokościach od 0,4 do 6,13 m p.p.t., co jest głębokością o kilkadziesiąt centymetrów mniejszą niż głębokości średnie. Różnica pomiędzy głębokościami minimalnymi i maksymalnymi w dwuleciu a głębokościami minimalnymi i maksymalnymi w poszczególnych latach hydrologicznych nie przekroczyła 30 cm.

|               |    | Głębokość<br>średnia | Głębokość<br>minimalna | Głębokość<br>maksymalna | Rzędna<br>średnia | Rzędna<br>minimalna | Rzędna<br>maksymalna |
|---------------|----|----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|
|               |    | [m p.p.t.]           | [m p.p.t.]             | [m p.p.t.]              | [m n.p.m.]        | [m n.p.m.]          | [m n.p.m.]           |
| 2004-<br>2005 | od | 6,39                 | 6,13                   | 6,63                    | 109,25            | 108,89              | 109,52               |
|               | do | 1                    | 0,4                    | 1,2                     | 121,83            | 121,28              | 122,16               |
| 2004          | od | 6,31                 | 6,13                   | 6,63                    | 109,26            | 108,89              | 109,52               |
|               | do | 1,03                 | 0,4                    | 1,2                     | 121,74            | 121,28              | 122,05               |
| 2005          | od | 6,46                 | 6,16                   | 6,62                    | 109,23            | 109,06              | 109,4                |
|               | do | 0,98                 | 0,68                   | 1,16                    | 121,91            | 121,7               | 122,16               |

Tabela 2. Ogólne zestawienie stanów głównych dla okresu 2004-2005 i poszczególnych lat hydrologicznych na terenie miasta Wrocław

Wartości stanów charakterystycznych dla wybranych punktów obserwacyjnych charakteryzujących się pełnym okresem obserwacji, w obrębie wydzielen dla występowania pierwszego zwierciadła wód podziemnych wg Kowalskiego (1984),



w poszczególnych okresach obserwacyjnych przedstawiają kolejne tabele (Tabela 3, Tabela 4, Tabela 5).

Zauważono, że w dwuleciu obserwacyjnym zwierciadło badanego poziomu wodonośnego występowało najpłycej w obrębie wysoczyzn plejstocęńskich – około 1,5 do 3 m p.p.t., co odpowiadało rzędnym 116 – 121 m n.p.m., natomiast w rejonie doliny Odry i jej dopływów zwierciadło kształtowało się na większych głębokościach – około 1,5 do 6,5 m p.p.t., odpowiadającym rzędnym 110 – 118 m n.p.m. Największe głębokości były przy tym obserwowane w centralnej części miasta (Ryc. 9) i malały w miarę oddalania się od centrum. Wyniki te tylko częściowo pokrywają się z Mapą Występowania Pierwszego Zwierciadła Wód Podziemnych (Mroczkowska, Michniewicz, 1976), gdzie głębokości do zwierciadła sięgające 6 m w centrum miasta występują jedynie lokalnie, natomiast na obrzeżeniach pierwsze zwierciadło wód podziemnych miejscami pojawia się nawet na kilkunastu metrach p.p.t. Może to

|                                      | Numer punktu | OKRES 2004-2005      |            |                        |            |                         |            |
|--------------------------------------|--------------|----------------------|------------|------------------------|------------|-------------------------|------------|
|                                      |              | Głębokość<br>średnia | Rzędna     | Głębokość<br>minimalna | Rzędna     | Głębokość<br>maksymalna | Rzędna     |
|                                      |              | [m p.p.t.]           | [m n.p.m.] | [m p.p.t.]             | [m n.p.m.] | [m p.p.t.]              | [m n.p.m.] |
| obszary<br>dolin<br>dopływów<br>Odry | 8            | 2,94                 | 116,04     | 2,4                    | 116,58     | 3,32                    | 115,66     |
|                                      | 9            | 2,6                  | 116,5      | 2,02                   | 117,08     | 3,05                    | 116,05     |
|                                      | 10           | 2,6                  | 116,43     | 1,91                   | 117,12     | 3,36                    | 115,67     |
|                                      | 29           | 2,33                 | 118,53     | 1,98                   | 118,88     | 2,77                    | 118,09     |
|                                      | 31           | 1,41                 | 118,1      | 1,13                   | 118,38     | 1,81                    | 117,7      |
| dolina Odry                          | 38           | 3,26                 | 115,39     | 3,12                   | 115,53     | 3,45                    | 115,2      |
|                                      | 41           | 6,21                 | 110,2      | 5,86                   | 110,56     | 6,49                    | 109,93     |
|                                      | 61           | 3,81                 | 113,16     | 3,19                   | 113,78     | 4,9                     | 112,07     |
|                                      | 62           | 3,75                 | 113,11     | 2,94                   | 113,92     | 4,95                    | 111,91     |
|                                      | 66           | 4,3                  | 111,46     | 4,08                   | 111,68     | 4,65                    | 111,11     |
|                                      | 69           | 4,29                 | 112,28     | 3,98                   | 112,59     | 4,9                     | 111,67     |
|                                      | 75           | 1,69                 | 112,96     | 1,37                   | 113,28     | 1,93                    | 112,72     |
|                                      | 79           | 1                    | 115,3      | 0,8                    | 115,5      | 1,2                     | 115,11     |
| wysoczyzna<br>północna               | 53           | 1,67                 | 116,03     | 1,1                    | 116,6      | 2,18                    | 115,52     |
|                                      | 55           | 1,57                 | 117,26     | 1,26                   | 117,57     | 2,02                    | 116,81     |
|                                      | 57           | 1,65                 | 120,95     | 1,22                   | 121,38     | 2,3                     | 120,3      |
| wysoczyzna<br>południowa             | 2            | 1,27                 | 117,57     | 0,71                   | 118,13     | 1,71                    | 117,13     |
|                                      | 3            | 2,06                 | 116,56     | 1,68                   | 116,94     | 3,45                    | 115,17     |
|                                      | 11           | 2,82                 | 117,71     | 2,65                   | 117,88     | 3,06                    | 117,47     |
|                                      | 12           | 2,11                 | 118,34     | 1,82                   | 118,63     | 2,49                    | 117,96     |
|                                      | 13           | 1,58                 | 119,2      | 1,32                   | 119,45     | 1,83                    | 118,94     |
|                                      | 73           | 5                    | 111,39     | 4,68                   | 111,72     | 5,34                    | 111,06     |

Tabela 3. Stany charakterystyczne w wybranych punktach w dwuleciu 2004-2005

świadczyć o tym, że w ciągu 30 lat od opracowania Atlasu Geologicznego Wrocławia warunki wodne na terenie miasta uległy pewnym zmianom. Fakt ten można by powiązać ze wzmożonymi działaniami inwestorskimi w rejonie centrum Wrocławia i zmianą w strukturze korzystania z wód.

W roku hydrologicznym 2004 pierwsze zwierciadło wód podziemnych kształtowało się poniżej średniej dwuletniej oraz poniżej stanów roku 2005. Zarówno głębokości średnie, minimalne i maksymalne dla roku 2004 były średnio o kilka, a nawet kilkanaście centymetrów większe, niż te same parametry obliczone dla dwulecia i roku 2005. Tym samym 2005 rok charakteryzował się płytszym położeniem pierwszego zwierciadła wód podziemnych niż głębokości w dwuleciu i w roku 2004. Zjawisko to zaobserwowano w większości punktów na obszarze wszystkich wydziałów.

|                                      | Numer punktu | ROK HYDROLOGICZNY 2004 |            |                        |            |                         |            |
|--------------------------------------|--------------|------------------------|------------|------------------------|------------|-------------------------|------------|
|                                      |              | Głębokość<br>średnia   | Rzędna     | Głębokość<br>minimalna | Rzędna     | Głębokość<br>maksymalna | Rzędna     |
|                                      |              | [m p.p.t.]             | [m n.p.m.] | [m p.p.t.]             | [m n.p.m.] | [m p.p.t.]              | [m n.p.m.] |
| obszary<br>dolin<br>dopływów<br>Odry | 8            | 3,05                   | 115,92     | 2,67                   | 116,31     | 3,32                    | 115,66     |
|                                      | 9            | 2,7                    | 116,4      | 2,19                   | 116,91     | 3,05                    | 116,05     |
|                                      | 10           | 2,77                   | 116,26     | 2,19                   | 116,84     | 3,36                    | 115,67     |
|                                      | 29           | 2,39                   | 118,47     | 1,98                   | 118,88     | 2,77                    | 118,09     |
|                                      | 31           | 1,43                   | 118,07     | 1,24                   | 118,27     | 1,81                    | 117,7      |
| dolina Odry                          | 38           | 3,24                   | 115,41     | 3,12                   | 115,53     | 3,35                    | 115,3      |
|                                      | 41           | 6,2                    | 110,21     | 5,93                   | 110,49     | 6,49                    | 109,93     |
|                                      | 61           | 3,86                   | 113,11     | 3,19                   | 113,78     | 4,9                     | 112,07     |
|                                      | 62           | 3,8                    | 113,06     | 2,94                   | 113,92     | 4,95                    | 111,91     |
|                                      | 66           | 4,38                   | 111,39     | 4,18                   | 111,58     | 4,65                    | 111,11     |
|                                      | 69           | 4,31                   | 112,25     | 4,01                   | 112,56     | 4,9                     | 111,67     |
|                                      | 75           | 1,71                   | 112,94     | 1,45                   | 113,2      | 1,93                    | 112,72     |
|                                      | 79           | 1,03                   | 115,27     | 0,81                   | 115,5      | 1,2                     | 115,11     |
| wysoczyzna<br>północna               | 53           | 1,75                   | 115,95     | 1,17                   | 116,53     | 2,18                    | 115,52     |
|                                      | 55           | 1,63                   | 117,2      | 1,28                   | 117,55     | 2,02                    | 116,81     |
|                                      | 57           | 1,72                   | 120,88     | 1,22                   | 121,38     | 2,3                     | 120,3      |
| wysoczyzna<br>południowa             | 2            | 1,32                   | 117,51     | 0,71                   | 118,13     | 1,71                    | 117,13     |
|                                      | 3            | 2,07                   | 116,55     | 1,68                   | 116,94     | 2,41                    | 116,21     |
|                                      | 11           | 2,86                   | 117,67     | 2,65                   | 117,88     | 3,05                    | 117,48     |
|                                      | 12           | 2,17                   | 118,27     | 1,94                   | 118,51     | 2,49                    | 117,96     |
|                                      | 13           | 1,6                    | 119,17     | 1,32                   | 119,45     | 1,83                    | 118,94     |
|                                      | 73           | 4,94                   | 111,46     | 4,68                   | 111,72     | 5,34                    | 111,06     |

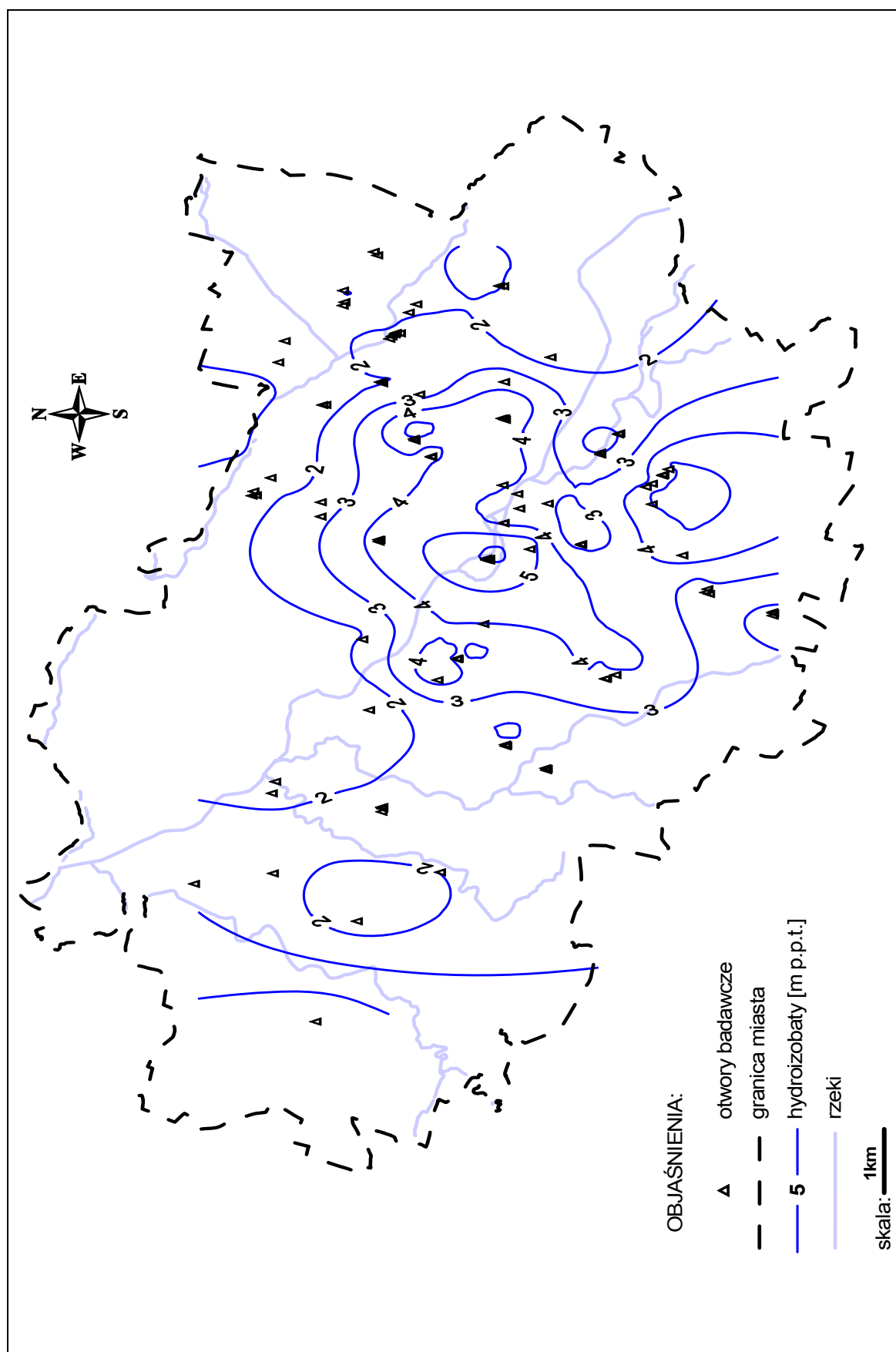
Tabela 4. Stany charakterystyczne w wybranych punktach w roku 2004

Sezonowe głębokości charakterystyczne pierwszego zwierciadła wód podziemnych (Tabela 6) nie wykazują dużego zróżnicowania. Generalnie średnie,

minimalne i maksymalne głębokości w sezonie letnim i w sezonie zimowym są do siebie bardzo zbliżone. Różnica pomiędzy poszczególnymi głębokościami w sezonach wynosi od kilku centymetrów (np. punkt nr 8) do kilkudziesięciu centymetrów (punkt nr 69). Przy czym różnice są większe poza strefą dolin rzecznych, gdyż rzeka wyrównuje stany wód podziemnych (Stanley, Jones, 2000; Sophocleous, 2002). Wyjątek stanowi kilka punktów (m.in. punkty nr 61 i 62), gdzie zwierciadło wód podziemnych w sezonie zimowym obniżyło się o blisko metr w porównaniu do sezonu letniego. Wy tłumaczenia takiego stanu rzeczy należy szukać w działaniach antropogenicznych – w przytoczonym przypadku jest to wypełnianie i opróżnianie kanału rzecznoego znajdującego kilka metrów od badanych punktów.

|                                      | Numer punktu | ROK HYDROLOGICZNY 2005 |            |                        |            |                         |            |
|--------------------------------------|--------------|------------------------|------------|------------------------|------------|-------------------------|------------|
|                                      |              | Głębokość<br>średnia   | Rzędna     | Głębokość<br>minimalna | Rzędna     | Głębokość<br>maksymalna | Rzędna     |
|                                      |              | [m p.p.t]              | [m n.p.m.] | [m p.p.t]              | [m n.p.m.] | [m p.p.t]               | [m n.p.m.] |
| obszary<br>dolin<br>dopływów<br>Odry | 8            | 2,83                   | 116,14     | 2,4                    | 116,58     | 3,25                    | 115,73     |
|                                      | 9            | 2,5                    | 116,6      | 2,02                   | 117,08     | 2,99                    | 116,11     |
|                                      | 10           | 2,43                   | 116,6      | 1,91                   | 117,12     | 3,06                    | 115,97     |
|                                      | 29           | 2,27                   | 118,59     | 2                      | 118,86     | 2,63                    | 118,24     |
|                                      | 31           | 1,38                   | 118,13     | 1,13                   | 118,38     | 1,77                    | 117,74     |
| dolina Odry                          | 38           | 3,28                   | 115,38     | 3,12                   | 115,53     | 3,45                    | 115,2      |
|                                      | 41           | 6,22                   | 110,2      | 5,86                   | 110,56     | 6,41                    | 110,01     |
|                                      | 61           | 3,76                   | 113,21     | 3,31                   | 113,66     | 4,71                    | 112,26     |
|                                      | 62           | 3,71                   | 113,15     | 3,23                   | 113,63     | 4,72                    | 112,14     |
|                                      | 66           | 4,24                   | 111,53     | 4,08                   | 111,68     | 4,43                    | 111,33     |
|                                      | 69           | 4,26                   | 112,3      | 3,98                   | 112,59     | 4,51                    | 112,06     |
|                                      | 75           | 1,67                   | 112,98     | 1,37                   | 113,28     | 1,9                     | 112,75     |
|                                      | 79           | 0,98                   | 115,32     | 0,8                    | 115,5      | 1,16                    | 115,14     |
| wysoczyzna<br>północna               | 53           | 1,6                    | 116,11     | 1,1                    | 116,6      | 2,04                    | 115,67     |
|                                      | 55           | 1,51                   | 117,33     | 1,26                   | 117,57     | 1,81                    | 117,02     |
|                                      | 57           | 1,59                   | 121,02     | 1,3                    | 121,3      | 1,73                    | 120,87     |
| wysoczyzna<br>południowa             | 2            | 1,22                   | 117,62     | 0,74                   | 118,1      | 1,63                    | 117,21     |
|                                      | 3            | 2,06                   | 116,56     | 1,71                   | 116,91     | 3,45                    | 115,17     |
|                                      | 11           | 2,79                   | 117,74     | 2,65                   | 117,88     | 3,06                    | 117,47     |
|                                      | 12           | 2,05                   | 118,4      | 1,82                   | 118,63     | 2,26                    | 118,19     |
|                                      | 13           | 1,55                   | 119,22     | 1,39                   | 119,38     | 1,8                     | 118,97     |
|                                      | 73           | 5,07                   | 111,33     | 4,82                   | 111,58     | 5,31                    | 111,09     |

Tabela 5. Stany charakterystyczne w wybranych punktach w roku 2005



Ryc. 9. Schematyczna mapa średniej głębokości do pierwszego zwierciadła wód podziemnych w okresie 2004-2005

W okresie obserwacji zaznaczyła się niewielka przewaga głębszego położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych w miesiącach zimowych, nie zaobserwowano jednak znaczącej prawidłowości uzależniającej głębokość występowania zwierciadła od rodzaju półrocza (letnie czy zimowe).

|                      | numer punktu | 2004   |          |        |          |        |          | 2005   |          |        |          |        |          |
|----------------------|--------------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
|                      |              | SG V-X | SG XI-IV | NG V-X | NG XI-IV | WG V-X | WG XI-IV | SG V-X | SG XI-IV | NG V-X | NG XI-IV | WG V-X | WG XI-IV |
| doliny dopływów Odry | 8            | 3,07   | 3,04     | 2,78   | 2,67     | 3,31   | 3,32     | 2,65   | 3,03     | 2,4    | 2,57     | 2,97   | 3,25     |
|                      | 9            | 2,72   | 2,68     | 2,39   | 2,19     | 3,05   | 3,02     | 2,32   | 2,69     | 2,02   | 2,12     | 2,66   | 2,99     |
|                      | 10           | 2,78   | 2,76     | 2,39   | 2,19     | 3,08   | 3,36     | 2,15   | 2,74     | 1,91   | 2,22     | 2,37   | 3,06     |
|                      | 29           | 2,45   | 2,33     | 2,13   | 1,98     | 2,77   | 2,65     | 2,23   | 2,31     | 2      | 2,02     | 2,58   | 2,63     |
|                      | 31           | 1,47   | 1,4      | 1,27   | 1,24     | 1,81   | 1,55     | 1,32   | 1,45     | 1,13   | 1,13     | 1,59   | 1,77     |
| dolina Odry          | 38           | 3,24   | 3,24     | 3,15   | 3,12     | 3,35   | 3,34     | 3,28   | 3,27     | 3,16   | 3,12     | 3,45   | 3,44     |
|                      | 41           | 6,13   | 6,28     | 5,93   | 6,14     | 6,3    | 6,49     | 6,23   | 6,22     | 6,06   | 5,86     | 6,41   | 6,33     |
|                      | 61           | 3,33   | 4,44     | 3,19   | 3,4      | 3,39   | 4,9      | 3,37   | 4,19     | 3,31   | 3,43     | 3,42   | 4,71     |
|                      | 62           | 3,18   | 4,47     | 2,94   | 3,3      | 3,29   | 4,95     | 3,29   | 4,18     | 3,23   | 3,33     | 3,34   | 4,72     |
|                      | 66           | 4,32   | 4,44     | 4,18   | 4,3      | 4,39   | 4,65     | 4,15   | 4,33     | 4,08   | 4,23     | 4,22   | 4,43     |
|                      | 69           | 4,17   | 4,47     | 4,01   | 4,1      | 4,42   | 4,9      | 4,12   | 4,42     | 3,98   | 4,28     | 4,25   | 4,51     |
|                      | 75           | 1,77   | 1,64     | 1,58   | 1,45     | 1,93   | 1,86     | 1,74   | 1,58     | 1,59   | 1,37     | 1,9    | 1,81     |
|                      | 79           | 1,07   | 0,99     | 0,85   | 0,81     | 1,2    | 1,13     | 0,94   | 1,02     | 0,8    | 0,81     | 1,08   | 1,16     |
| wysoczyzna N         | 53           | 1,84   | 1,65     | 1,42   | 1,17     | 2,18   | 2,15     | 1,61   | 1,58     | 1,27   | 1,1      | 1,99   | 2,04     |
|                      | 55           | 1,69   | 1,57     | 1,42   | 1,28     | 2,02   | 1,9      | 1,51   | 1,51     | 1,33   | 1,26     | 1,75   | 1,81     |
|                      | 57           | 1,68   | 1,76     | 1,46   | 1,22     | 1,87   | 2,3      | 1,62   | 1,55     | 1,47   | 1,3      | 1,73   | 1,72     |
| wysoczyzna S         | 2            | 1,41   | 1,23     | 1,03   | 0,71     | 1,67   | 1,71     | 1,29   | 1,15     | 0,82   | 0,74     | 1,63   | 1,6      |
|                      | 3            | 2,12   | 2,01     | 1,77   | 1,68     | 2,41   | 2,3      | 2,16   | 1,95     | 1,73   | 1,71     | 3,45   | 2,39     |
|                      | 11           | 2,87   | 2,86     | 2,78   | 2,65     | 2,97   | 3,05     | 2,76   | 2,82     | 2,67   | 2,65     | 2,9    | 3,06     |
|                      | 12           | 2,16   | 2,19     | 2,03   | 1,94     | 2,29   | 2,49     | 2,04   | 2,06     | 1,92   | 1,82     | 2,17   | 2,26     |
|                      | 13           | 1,67   | 1,53     | 1,53   | 1,32     | 1,83   | 1,76     | 1,53   | 1,57     | 1,43   | 1,39     | 1,78   | 1,8      |
|                      | 73           | 4,95   | 4,92     | 4,68   | 4,74     | 5,34   | 5,1      | 4,94   | 5,21     | 4,82   | 5,07     | 5,16   | 5,31     |

V-X – sezon letni, XI-IV – sezon zimowy, SG – głębokość średnia, NG – głębokość minimalna, WG – głębokość maksymalna

Tabela 6. Głębokości sezonowe w wybranych punktach w m p.p.t.

## 6.2. Wahania zwierciadła w okresie obserwacyjnym

Równie ważne, jak samo położenie, są zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych w czasie na skutek działania czynników naturalnych i sztucznych, zwane wahaniami wód podziemnych (Dowgiałło red., 2002). Znajomość wielkości i prawidłowości zmian w położeniu pierwszego zwierciadła jest bardzo istotna chociażby dla budownictwa – wpływa na głębokość i sposób posadowienia budynku, ocenę zagrożenia podtopieniem obiektu czy zalaniem piwnic i wykopów. Wahania

zwierciadła mogą też posłużyć do obliczenia zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych (metoda regresji zwierciadła, metoda wahań zwierciadła) (Wieczysty, 1982), a także do przewidywania stanów wód w przyszłości (Tanco, Kruse, 2001; Kopnoplancew, Siemionow, 1979). Wielokrotnie dokonywano prób generalizacji i klasyfikacji tego zjawiska na obszarze kraju (Chelmiński et al. 2002; Chelmiński 1991, 1986; Tomaszewski, 1990; Dynowska, Pietrygowa, 1978). Podejmowane były również badania o zasięgu lokalnym, na mniejszych obszarach (Buczyński et al., 2005; Worsak-Kozak, 2003; Tarka, 1997; Pływacz, Olszewska 1990; Kowalski, 1977).

Na podstawie własnych obserwacji zwierciadła pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego, prowadzonych w 98 punktach w okresie 2004-2005, obliczono wielkości tygodniowych, miesięcznych, sezonowych, rocznych oraz dwuletnich amplitud wahań zwierciadła wód podziemnych. Za amplitudę wahań zwierciadła wód podziemnych uważa się różnicę między najwyższym a najniższym stanem zwierciadła w określonym czasie (Dowgiałło red., 2002).

Średnie wartości amplitud tygodniowych wahań zwierciadła wód pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego na obszarze miasta Wrocławia nie przekraczały 0,25 m w ciągu roku 2004 i 0,2 m w roku 2005 (Tabela 7). Zdarzyły się jednak przypadki znacznych odchyłań od średniej - zmiany dochodzące do ponad 0,8 m, które były najwyższymi obserwowanymi amplitudami tygodniowymi. Zmiany takie charakteryzowały m.in. wspomniane wcześniej dwa punkty – nr 61 i nr 62, gdzie zaznaczyły się silne impulsy w położeniu zwierciadła związane z wpływami antropogenicznymi (Ryc. 10).

| Okres obserwacji | Tygodniowa amplituda wahań zwierciadła [cm] |         |
|------------------|---------------------------------------------|---------|
|                  | MAX                                         | ŚREDNIA |
| 2004             | 0,83                                        | 0,25    |
| 2005             | 0,74                                        | 0,19    |
| V-X 2004         | 0,44                                        | 0,17    |
| XI-IV 2004       | 0,83                                        | 0,23    |
| V-X 2005         | 0,74                                        | 0,15    |
| XI-IV 2005       | 0,54                                        | 0,15    |

Tabela 7. Amplitudy tygodniowe wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych w poszczególnych okresach obserwacyjnych.

Ogólnie najmniejsze wartości amplitud tygodniowych zaobserwowano w punktach położonych na terenie doliny rzeki Odry – kilka do 20 cm (Ryc. 10). Nieco

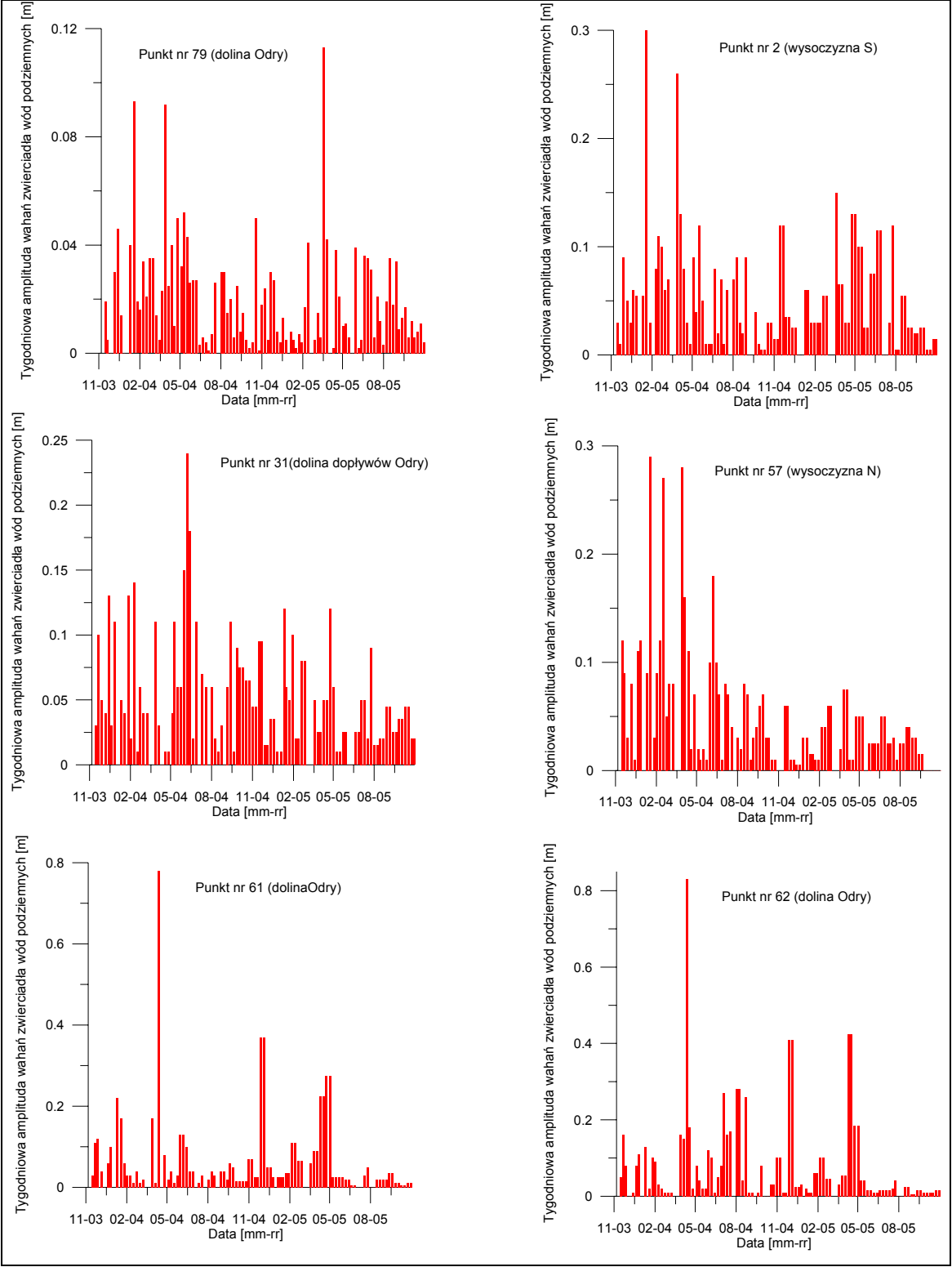


większe amplitudy, nie przekraczające 0,3 m występowały w otworach położonych w dolinach jej dopływów. Najwyższe wartości, momentami sięgające 0,3 – 0,5 m odnotowano w rejonach wysoczyzn plejstocénskich, zarówno na północy jak i na południu.

Wartości miesięcznych amplitud maksymalnych oscylowały pomiędzy 0,23 a 1,03 m w roku hydrologicznym 2004 i między 0,22 a 1,21 m w roku 2005. Generalnie amplitudy te są wyrównane w ciągu roku i kształtują się na poziomie 30-60 cm. Otwory (np. punkty nr 52, 54, 61, 62), w których gwałtowne zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych były wywołane działalnością człowieka spowodowały jednak zawyżenie wartości maksymalnych amplitud miesięcznych nawet do ponad 1 m (Załącznik 4). Średnie amplitudy miesięczne okresu obserwacji dochodziły do 0,2 m, przy wartościach minimalnych na poziomie zaledwie jednego do kilku centymetrów. Zdarzyły się również przypadki, w których zwierciadło obserwowanego poziomu nie zmieniło swojego położenia w ciągu miesiąca.

| Miesiąc | Amplitudy wahań [m]    |      |         |                        |      |         |
|---------|------------------------|------|---------|------------------------|------|---------|
|         | Rok hydrologiczny 2004 |      |         | Rok hydrologiczny 2005 |      |         |
|         | max                    | min  | średnie | max                    | min  | średnie |
| XI      | 0,26                   | 0,01 | 0,08    | 0,49                   | 0,01 | 0,12    |
| XII     | 0,62                   | 0,01 | 0,12    | 0,57                   | 0    | 0,07    |
| I       | 0,64                   | 0,01 | 0,21    | 0,22                   | 0    | 0,09    |
| II      | 0,4                    | 0,03 | 0,14    | 0,33                   | 0,01 | 0,1     |
| III     | 0,69                   | 0,01 | 0,17    | 0,52                   | 0,01 | 0,12    |
| IV      | 1,03                   | 0,01 | 0,16    | 1,08                   | 0    | 0,13    |
| V       | 0,32                   | 0,02 | 0,13    | 0,49                   | 0,01 | 0,12    |
| VI      | 0,47                   | 0,01 | 0,12    | 0,98                   | 0    | 0,1     |
| VII     | 0,46                   | 0,01 | 0,09    | 0,89                   | 0,02 | 0,11    |
| VIII    | 0,5                    | 0,01 | 0,12    | 0,97                   | 0,01 | 0,1     |
| IX      | 0,23                   | 0,02 | 0,08    | 0,68                   | 0,01 | 0,07    |
| X       | 0,36                   | 0,01 | 0,07    | 1,21                   | 0    | 0,09    |

Tabela 8. Maksymalne, minimalne i średnie miesięczne amplitudy wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych



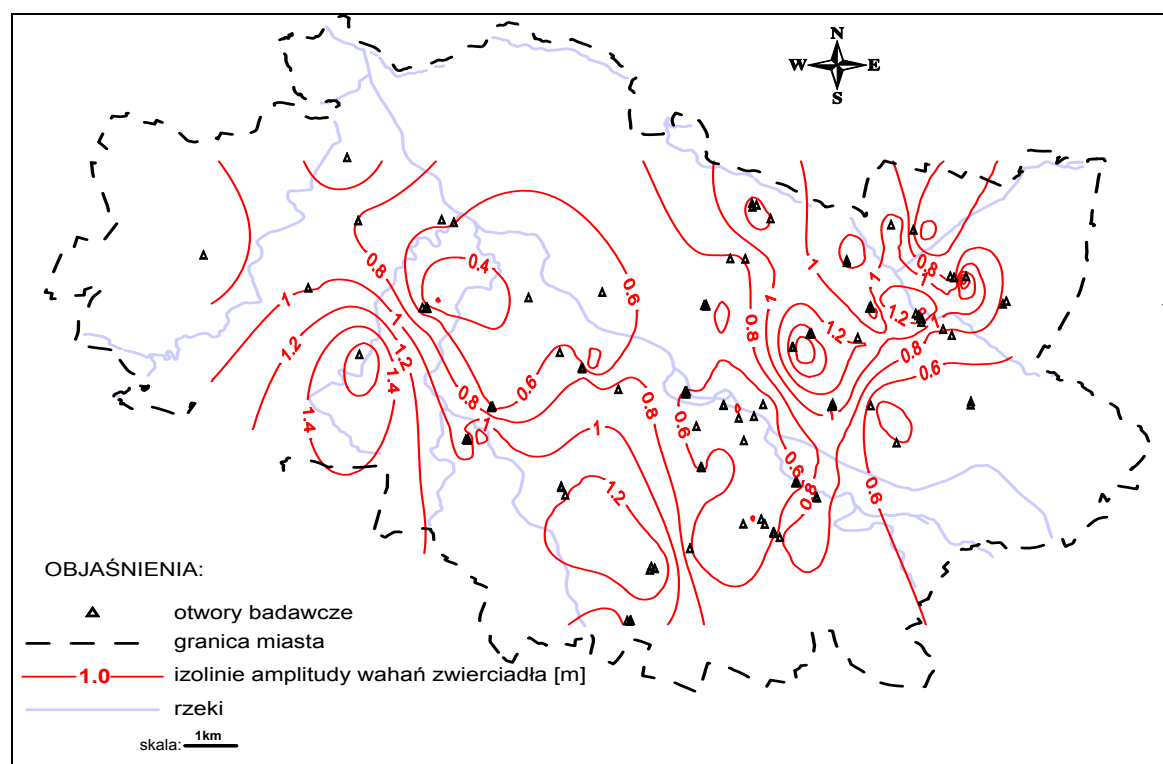
**Ryc. 10.** Przykładowe wykresy tygodniowych amplitud wahań zwierciadła wód podziemnych w okresie obserwacyjnym 2004-2005



Sezonowe amplitudy wahań w poszczególnych latach były do siebie bardzo zbliżone, a różnice pomiędzy nimi nie przekraczały 0,3 m (Tabela 9). Nie zaobserwowano przy tym wyraźnego podziału na sezon letni i zimowy, gdyż amplitudy były stosunkowo wyrównane przez cały okres obserwacyjny. W stosunku do amplitud rocznych zauważono, że statystycznie osiągały one nieco wyższe wartości w roku hydrologicznym 2004 niż w 2005. Różnice wynosiły średnio 20-30 cm pomiędzy poszczególnymi amplitudami (Tabela 9), przy czym amplituda maksymalna roku 2004 jest jednocześnie maksymalną amplitudą dla całego dwulecia.

| Amplituda wahań zwierciadła [m] | Okres obserwacji |      |      |            |            |          |          |
|---------------------------------|------------------|------|------|------------|------------|----------|----------|
|                                 | 2004 - 2005      | 2004 | 2005 | XI-IV 2004 | XI-IV 2005 | V-X 2004 | V-X 2005 |
| maksymalna                      | 2,01             | 2,01 | 1,65 | 1,74       | 1,72       | 1,66     | 1,39     |
| minimalna                       | 0,27             | 0,23 | 0,04 | 0,22       | 0,09       | 0,14     | 0,15     |
| średnia                         | 0,86             | 0,76 | 0,61 | 0,68       | 0,41       | 0,5      | 0,55     |

Tabela 9. Amplitudy wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych dla poszczególnych okresów obserwacyjnych



Ryc. 11. Schematyczna mapa maksymalnej amplitudy wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych w okresie 2004-2005

Dwuletnie amplitudy wahań zwierciadła wynosiły od 0,27 m do 2,01 m, ze średnią na poziomie 0,86 m. Jak widać (Tabela 9), rozrzut w amplitudach wyniósł ponad 1,7 m, przy czym, podobnie jak w przypadku amplitud dla krótszych okresów, przyczyną tak dużych różnic pomiędzy minimalnymi a maksymalnymi amplitudami (Załącznik 5) było wystąpienie incydentalnych zdarzeń związanych z działalnością człowieka we wspomnianych wcześniej punktach badawczych.

Przestrzenny rozkład wielkości dwuletnich amplitud maksymalnych wpasował się w podział miasta na rejony występowania pierwszego poziomu wodonośnego. Najwyższe wartości zaobserwowano w obrębie NE i SW części Wrocławia (Ryc. 11), czyli na terenach wysoczyzn plejstocęńskich. Najwyższe amplitudy na tym terenie przekraczały zazwyczaj 1 m i średnio oscylowały w okolicach 1 – 1,4 m. Najłagodniejszy przebieg wahań oraz najniższe ich amplitudy wystąpiły w dolinie Odry. Średnio w dwuleciu zwierciadło zmieniło tu swoje położenie o około 0,4-0,8 m.

Podsumowując, na podstawie przeprowadzonych obserwacji można wywnioskować, że amplitudy wahań zwierciadła na terenie miasta Wrocław, są wielkościowo wyrównane w ciągu roku i rzadko przekraczają 2 m. Można przypuszczać, że po wyeliminowaniu czynnika ludzkiego powodującego nagły wzrost amplitud w niektórych punktach, ich wartość nie byłaby większa niż 1-1,5 m w ciągu roku. Przestrzenny podział rozkładu amplitud na dwie strefy o amplitudach wyższych i część centralną o amplitudach niższych jest związany z warunkami naturalnymi, a zwłaszcza z łagodzeniem przebiegu amplitud przez oddziaływanie rzeki (*Nnadi, Fulkerson, 2002; Winter, 1999; Erdelyi, Galfi, 1988; Konoplancew, Siemionow, 1979*).

### 6.3. Typy wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych

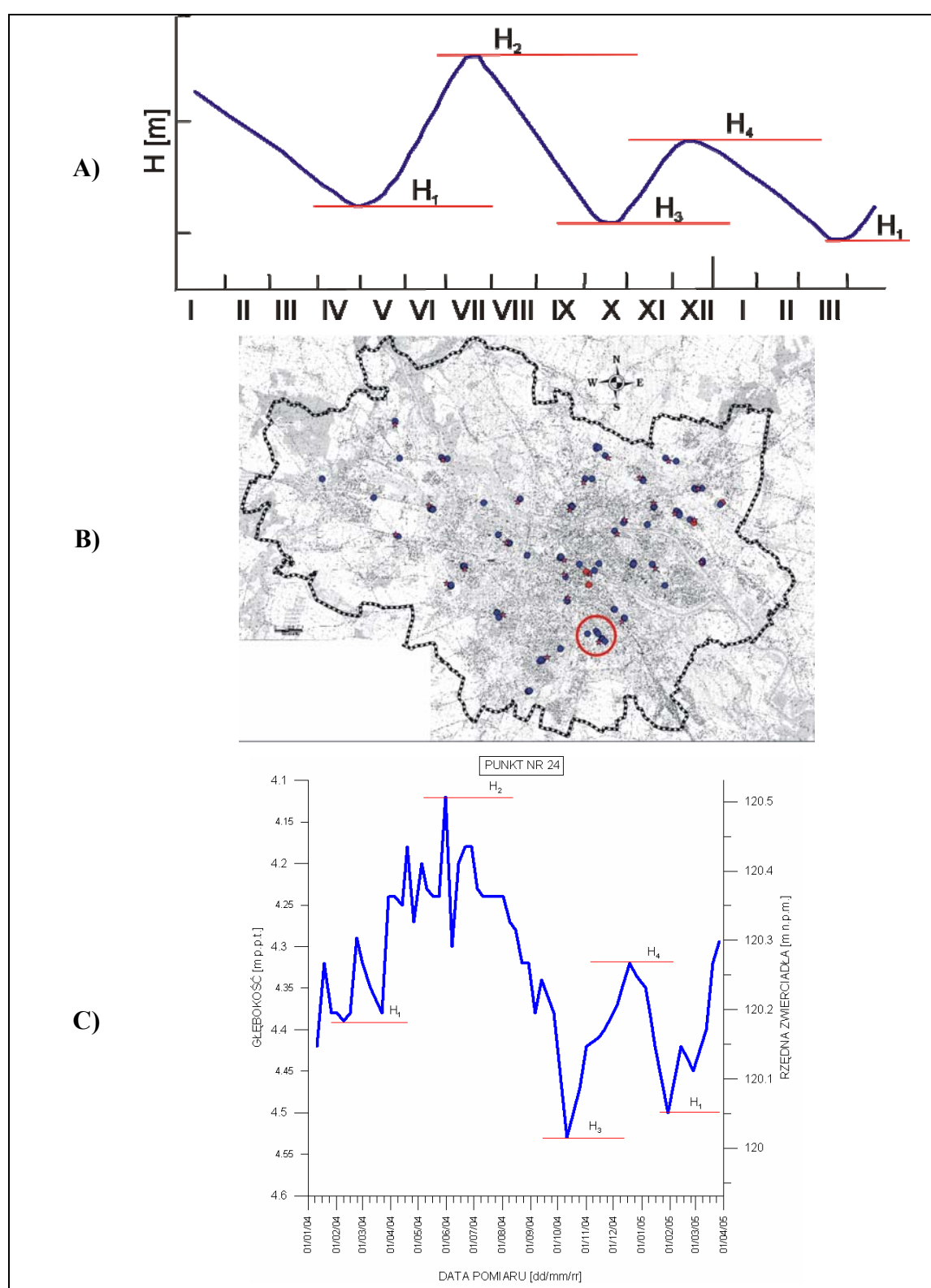
Próby wyznaczenia pewnych prawidłowości w wahaniach zwierciadła wód podziemnych i podziału ich na różnorodne typy i klasy były w literaturze podejmowane niejednokrotnie. Dla terenów byłego Związku Radzieckiego klasyfikacji wahań dokonali Konoplancew i Siemionow (1979), próbując rozszerzyć swoje wnioski na obszary Europy Środkowej. Na terenach Polski pierwsze próby charakterystyki wahań podjął Mikulski (1963) wyróżniając prostą odmianę wahań z kulminacją wiosenną i obniżeniem jesiennym. Dla dorzecza Wisły szczegółową charakterystykę wahań przeprowadziły Dynowska i Pietrygowa (1978). Nie bez znaczenia dla badań nad fluktuacjami zwierciadła są też prace Chełmickiego (1986, 2002). We wschodniej części kraju analizy wahań dokonał Paszczyk (1973), natomiast dla terenów

południowo-zachodniej i środkowej Polski podziału wahań na kilkanaście typów dokonał Tomaszewski (1990). W swojej klasyfikacji brał on pod uwagę genezę i charakter wahań oraz długość przedziału czasowego pomiędzy poszczególnymi cyklami. Za podstawę generalnego podziału przyjął on wymiar odstępu czasowego pomiędzy wahaniami i w oparciu o to kryterium wyróżnił trzy zasadnicze grupy wahań: długo - , średnio – i krótkookresowe, a w ich obrębie liczne podgrupy i typy. Dla terenu Wrocławia opisu wahań podejmował się Kowalski (1977) oraz Szczepankiewicz-Szmyrka i Kłak (1975).

Według klasyfikacji Tomaszewskiego (1990) obserwacje poczynione w ramach przeprowadzonych prac terenowych można zaliczyć do obserwacji średniookresowych i dokonać próby wydzielenia typów wahań. Za podstawę odniesienia przyjęto uogólniony schemat wahań zwierciadła płytkich wód podziemnych charakterystyczny dla warunków klimatycznych Europy Środkowej i Polski podawany przez Konopłancewa i Siemionowa (1979). Typ ten charakteryzują dwa minimalne i dwa maksymalne stany zwierciadła wód podziemnych w ciągu roku (Ryc. 12A).

Analizie wahań zwierciadła wód podziemnych poddano wszystkie punkty, w których okres obserwacyjny przekraczał pełny rok hydrologiczny. Ogółem do analizy zakwalifikowano hydrogramy z 85 otworów obserwacyjnych. Przeanalizowano kształt hydrogramów, ich cykliczność i czas występowania stanów ekstremalnych, po czym podzielono studnie na wstępne grupy. Klasyfikacji dokonano na podstawie okresowych wzniosów i spadków zwierciadła wyróżniając cztery główne typy wahań zwierciadła pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego na terenie miasta Wrocławia: — TYP I – czteroekstremalny, zbliżony do naturalnego (Ryc. 12), który opisywali Konopłancew i Siemionow (1979). Typ ten odznacza się w ciągu roku wystąpieniem dwóch stanów minimalnych i dwóch maksymalnych. Pierwsze stany minimalne wystąpiły w okresie przedwiosennym, na przełomie kwietnia i maja, a następnie do czerwca/lipca zwierciadło podnosiło się, by około połowy miesiąca osiągnąć swoje pierwsze maksimum. W okolicach października i listopada występował drugi – letnio-jesienno minimalny stan zwierciadła, natomiast drugie maksimum, nieco niższe od maksimum wiosennego, pojawiło się w miesiącach grudzień-styczeń. Taką cykliczność wahań zwierciadła zaobserwowano w 10 punktach obserwacyjnych zlokalizowanych w obrębie wysoczyzny południowej, mniej więcej w rejonie dzielnicy Gaj.

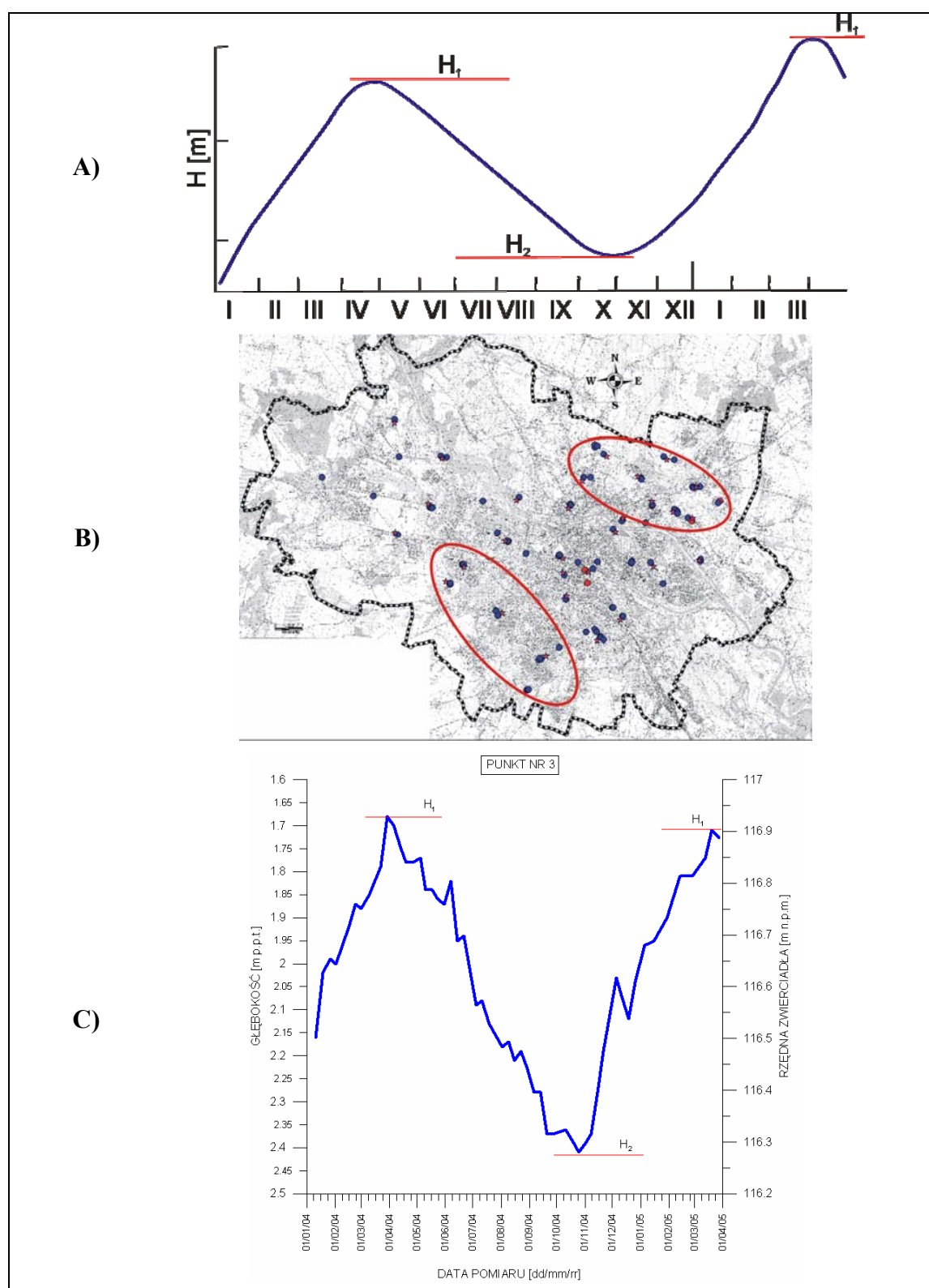
TYP II – dwuekstremalny (Ryc. 13), który charakteryzowało jedno wyraźne minimum i jedno maksimum. Wydatny wznios zwierciadła zaobserwowano w okresie



**Objaśnienia:** **A)** Uogólniony wykres wahań zwierciadła wód podziemnych (wg. Konoplancew, Siemionow, 1979 - zmienione):  $H$  - głębokość do zwierciadła wody,  $H_1$  - przedwiosenny minimalny stan zwierciadła wód podziemnych,  $H_2$  - wiosenny maksymalny stan zwierciadła wód podziemnych,  $H_3$  - letnio - jesienny minimalny stan zwierciadła wód podziemnych,  $H_4$  - jesienny maksymalny stan zwierciadła wód podziemnych, **B)** Przybliżona lokalizacja punktów wykazujących dany typ wahań, **C)** Przykładowy wykres wahań zwierciadła zakwalifikowany do danego typu.

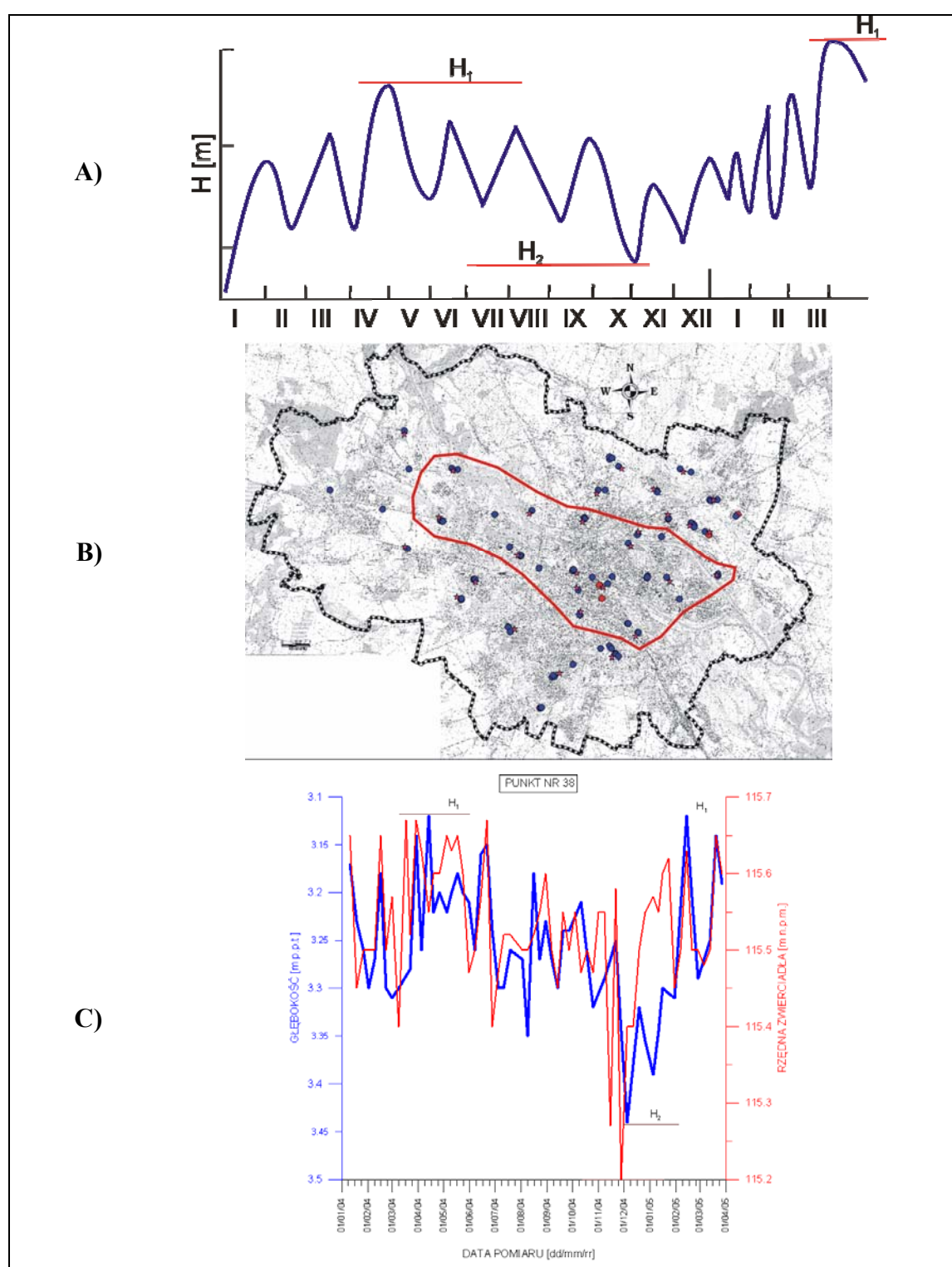
**Ryc. 12. TYP I wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie**

Wrocławia



**Objaśnienia:** A) Uogólniony wykres wahań zwierciadła wód podziemnych: H-głębokość do zwierciadła wody, H<sub>1</sub>-wiosenny maksymalny stan zwierciadła wód podziemnych, H<sub>2</sub>-jesienny minimalny stan zwierciadła wód podziemnych, B) Przybliżona lokalizacja punktów wykazujących dany typ wahań, C) Przykładowy wykres wahań zwierciadła zakwalifikowany do danego typu.

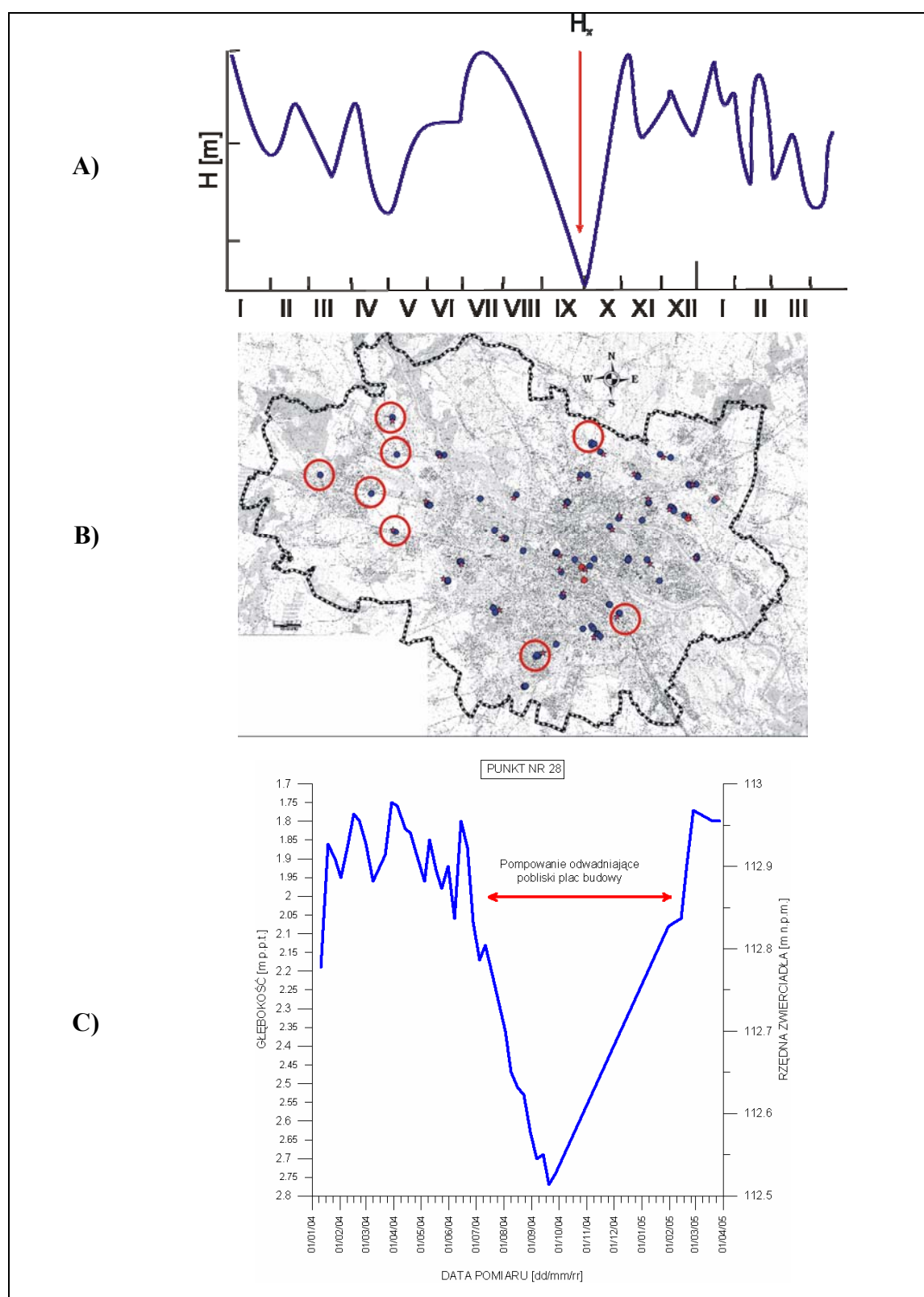
**Ryc. 13. TYP II wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia**



**Objaśnienia:** A) Uogólniony wykres wahań zwierciadła wód podziemnych: H-głębokość do zwierciadła wody,  $H_1$ -wiosenny maksymalny stan zwierciadła wód podziemnych,  $H_2$ -jesienny minimalny stan zwierciadła wód podziemnych, B) Przybliżona lokalizacja punktów wykazujących dany typ wahań, C) Przykładowy wykres wahań zwierciadła zakwalifikowany do danego typu (– zwierciadło wód podziemnych, – stany wód powierzchniowych),

**Ryc. 14. TYP III wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia**





**Objaśnienia:** **A)** Uogólniony wykres wahań zwierciadła wód podziemnych:  $H_x$  – incydentalne zdarzenie związane z działalnością antropogeniczną, **B)** Przybliżona lokalizacja punktów wykazujących dany typ wahań, **C)** Przykładowy wykres wahań zwierciadła zakwalifikowany do danego typu.

**Ryc. 15. TYP IV wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia**

do kwietnia, po czym zwierciadło stopniowo obniżało się osiągając minimum w miesiącach jesiennych – w październiku i w listopadzie. Jest to najliczniej reprezentowany typ wahań zwierciadła na terenie Wrocławia, gdyż jest on charakterystyczny dla 39 otworów obserwacyjnych. Punkty wykazujące ten typ były zlokalizowane w obrębie wysoczyzny południowej i północnej, a nieliczne przypadki znajdowały się na brzegach dolin rzecznych.

— TYP III – dwuekstremalny, związany z rytmem wahań rzeki Odry (Ryc. 14). Ten rodzaj wahań zwierciadła wód podziemnych cechowała wysoka częstotliwość, która ściśle nawiązywała do stanów wody w Odrze. Mimo znacznej zmienności, na hydrogramie można było wyróżnić dwa ekstrema – wiosenne maksimum i jesienne minimum. Reprezentację tego typu wahań stanowi 25 otworów położonych w dolinie Odry i znajdujących się pod bezpośrednim wpływem rzeki.

— TYP IV – nieregularny, związany z wpływami incydentalnych zdarzeń pochodzenia antropogenicznego (Ryc. 15). Hydrogramy studni reprezentujących typ IV wahań zwierciadła wód podziemnych wykazywały bardzo często gwałtowne zaburzenia w rytmie wahań w postaci nagłych, wysokich spadków i wzniosów zwierciadła. Analiza warunków lokalnych wykazała, że otwory te były pod wpływem działalności człowieka związanej z krótkotrwałymi, lecz intensywnymi odwodnieniami terenów przyległych, z pompowaniami wody ze studni na cele gospodarcze, bądź też pod wpływem zaprzestania działań odwodnieniowych. Incydentalne zdarzenia, zakłócające rytmikę wahań zaznaczyły się bardzo wyraźnie w 11 punktach obserwacyjnych zlokalizowanych w różnych częściach miasta.

Reasumując, można powiedzieć, że wahania zwierciadła wód podziemnych we Wrocławiu w okresie obserwacji wykazały w cyklu rocznym zmienność sklasyfikowaną w czterech typach. Rzadkością były miejsca, gdzie zwierciadło wód podziemnych wahało się naśladując naturalny, charakterystyczny dla warunków klimatycznych Europy Środkowej, rytm związany z występowaniem 4 stanów ekstremalnych. Dominującym typem wahań były cykle dwuekstremalne (typ II i III), co wynika w głównej mierze z wpływu rzeki Odry, która łagodzi i wyrównuje amplitudy wahań wpływając na zanik wyraźnych minimalnych stanów przedwiosennych i maksymalnych stanów jesiennych. W ciągu dwóch lat badań zwierciadło wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego na terenie miasta generalnie osiągało swoje najwyższe położenie w okresie kwietnia/maja, natomiast najniższe wartości notowano w miesiącach październik/listopad.



## **7. Zależność wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na obszarze Wrocławia od czynników naturalnych**

W warunkach naturalnych położenie zwierciadła wód podziemnych uzależnione jest od działania różnorodnych czynników meteorologicznych, geograficznych i geologicznych. Wśród nich na czołowych pozycjach należy wymienić ciekły powierzchniowy, opady atmosferyczne, parametry filtracyjne, miąższość i wilgotność strefy aeracji, głębokość występowania wód, litologię warstwy wodonośnej i strefy aeracji, relacje z sąsiednimi poziomami wodonośnymi (*Pazdro, Kozerski, 1990; Kowalski 1984, 1987, Konoplancew, Siemionow, 1979*). Działanie tych czynników nakłada się na siebie i w różnych punktach ma ono różne natężenie, a wyodrębnienie wpływu poszczególnych determinant często jest niemożliwe. Powoduje to, iż wahania zwierciadła wód podziemnych mają charakter indywidualny i zależą od uwarunkowań lokalnych. Niemniej jednak pewne związki pomiędzy wahaniami zwierciadła wód podziemnych i wymienionymi czynnikami można w przybliżeniu określić bądź to przez analizę statystyczną, bądź też przez interpretację przyrodniczą. Właśnie taka próba oceny wpływu poszczególnych czynników na wahania zwierciadła badanego poziomu wodonośnego została podjęta w niniejszym rozdziale.

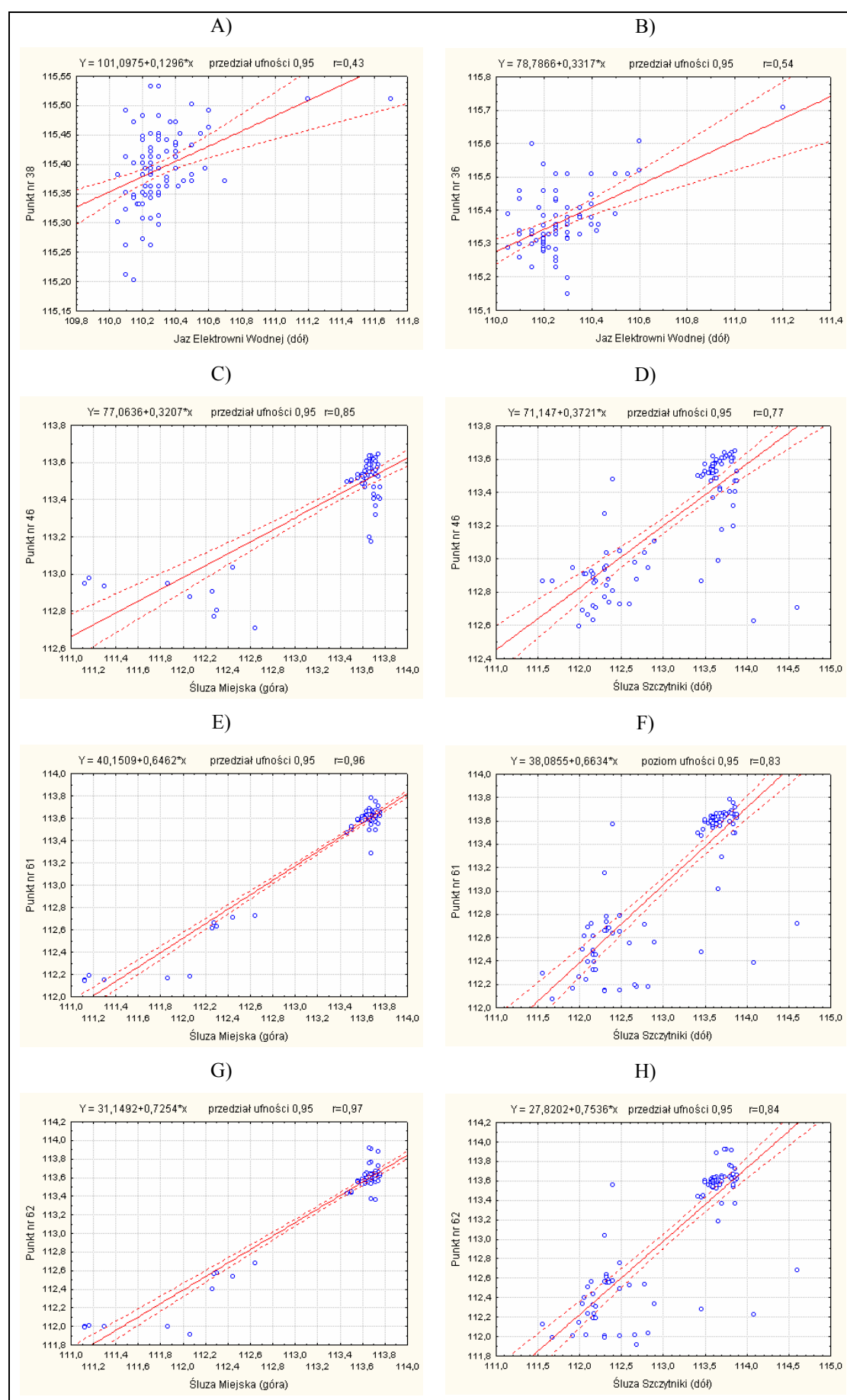
### **7.1. Wody powierzchniowe i ich wpływ na zmiany stanów zwierciadła wód podziemnych**

Od dziesięcioleci badane są związki pomiędzy wodami powierzchniowymi i podziemnymi, zwłaszcza w dolinach dużych rzek (*Senthilkumar, Elango, 2004; Meriano, Eyles, 2003; Nnadi, Fulkerson, 2002; Bartolino, Cole, 2002; Konoplancew, Siemionow, 1979; Suess, 1886*). Również w dolinie Odry od długiego czasu prowadzone są badania zmierzające do określenia wpływu rzeki na wody podziemne (*Worsa-Kozak, 2004b; Kowalski 1978a; Różycki, 1966; Fischer, 1915*). Związki hydrauliczne pomiędzy wodami powierzchniowymi i podziemnymi są zagadnieniem bardzo istotnym, zwłaszcza, jeśli są rozpatrywane w aspekcie zasobowym bądź inżynierskim (*Alley et al., 1999; Winter et al., 1998; Pazdro, Kozerski, 1990; Wieczysty 1982*).

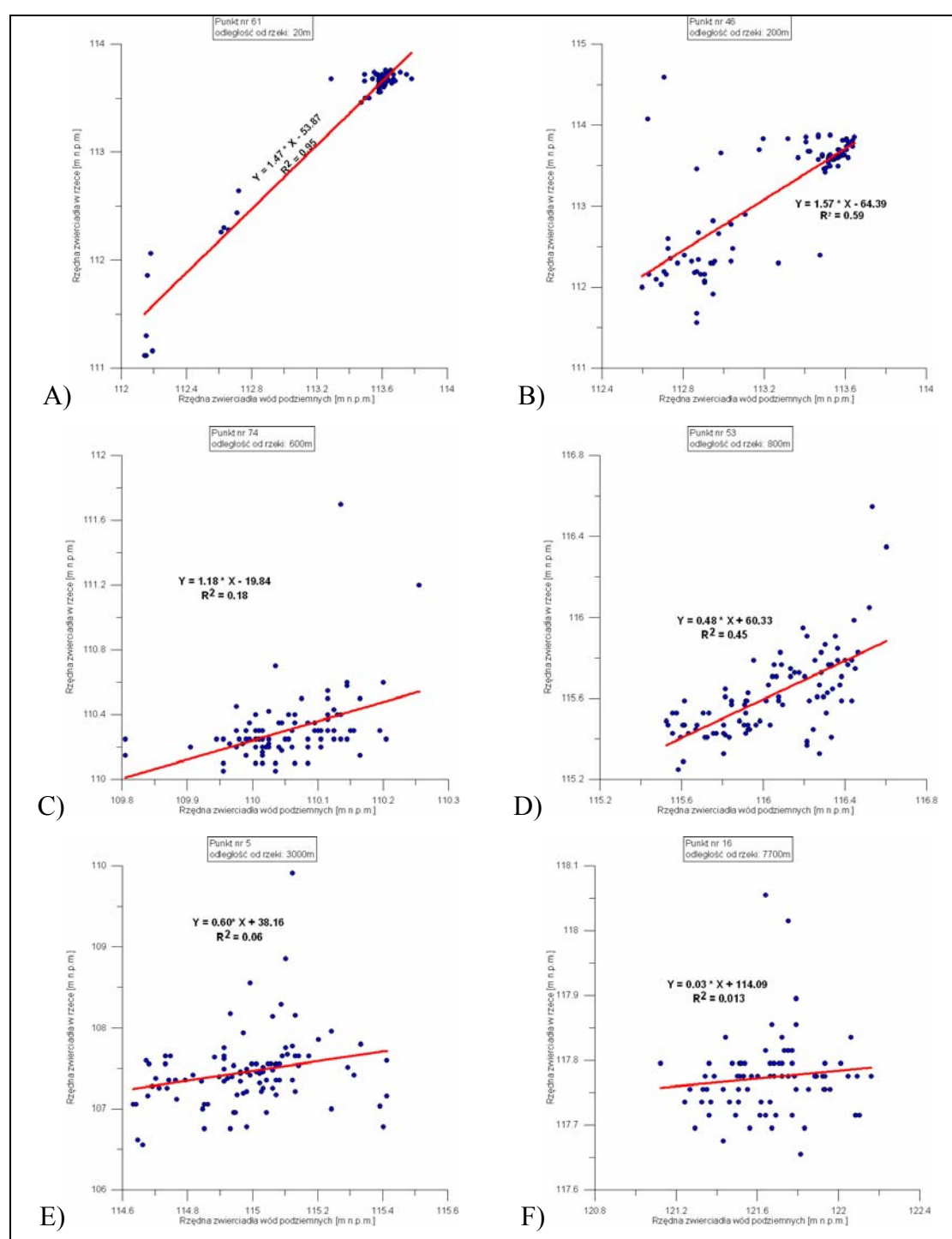
Podczas prowadzonych badań uwagę skupiono na rozpoznaniu wpływu stanów rzeki Odry na wahania zwierciadła wód podziemnych obserwowanego poziomu wodonośnego. W tym celu równolegle z pomiarami położenia zwierciadła wód podziemnych badano stany Odry na przekroju wodowskazowym w centrum miasta powyżej jazów piętrzących elektrowni wodnej. Ponadto zebrano informacje o dziennych stanach rzeki z jazów i śluz będących pod zarządem RZGW oraz z wodowskazów przy Elektrowni Wodnej Wrocław II. Zgromadzone dane poddano weryfikacji i skorelowano ze stanami wód podziemnych próbując jednocześnie określić przestrzenny zasięg wpływu rzeki Odry oraz jej charakter.

Przeanalizowano 1530 współczynników korelacji  $r$  *Pearsona* pomiędzy położeniem zwierciadła pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego a stanami wód powierzchniowych w poszczególnych punktach (Załącznik 6). Zaobserwowano istnienie wysokiej zależności stanów wód podziemnych od stanów wód w rzece Odrze, zwłaszcza w otworach położonych w strefie dolinnej. W rejonie tym korelacja jest niemalże idealna, bliska jedności (Ryc. 16 C, E, F, G, H). Spośród 90 otworów obserwacyjnych, które zostały poddane analizie statystycznej zaledwie 3 nie wykazują istotnej (z  $p < 0,001$ ) korelacji położenia zwierciadła ze stanami wód w Odrze. W pozostałych punktach statystycznie i z wysokim prawdopodobieństwem można stwierdzić istnienie składowej wód powierzchniowych, która bezpośrednio bądź pośrednio wpływa na wody podziemne. Niską zależność ( $r = 0,3-0,4$ ), bądź też zależność odwrotną ( $r = -0,4- -0,5$ ), wskazującą na reżim niezależny od wód Odry, zaobserwowano w otworach rejonu południowej wysoczyzny, zbudowanej głównie z utworów plejstocénskich, natomiast znaczny wpływ Odry odnotowano w punktach zlokalizowanych w obrębie wysoczyzny północnej. W otworach tych zauważono wysoce istotną ( $r = 0,5-0,9$ ) korelację ze stanami Odry na jazach elektrowni wodnej i Opatowice oraz śluzach Szczytniki i Rędzin. Dowodzi to i zarazem potwierdza fakt, że Odra w znacznej mierze warunkuje stany płytkich wód podziemnych nie tylko w obrębie swojej doliny, lecz również w mniejszym stopniu na obszarach do niej przyległych.

W celu określenia maksymalnego zasięgu wpływu rzeki Odry na położenie zwierciadła wód podziemnych przeanalizowano zmiany kwadratów współczynników korelacji  $r^2$  w zależności od odległości od rzeki (Ryc. 17).



Ryc. 16. Przykładowe wykresy rozrzutu dla przedziału ufności 95%



A) punkt nr 61 – odległość od rzeki 20m, B) punkt nr 46 – odległość od rzeki 200m, C) punkt nr 74 – odległość od rzeki 600m, D) punkt nr 53 – odległość od rzeki 800m, E) punkt nr 5 – odległość od rzeki 3000m F) punkt nr 16 – odległość od rzeki 7700m

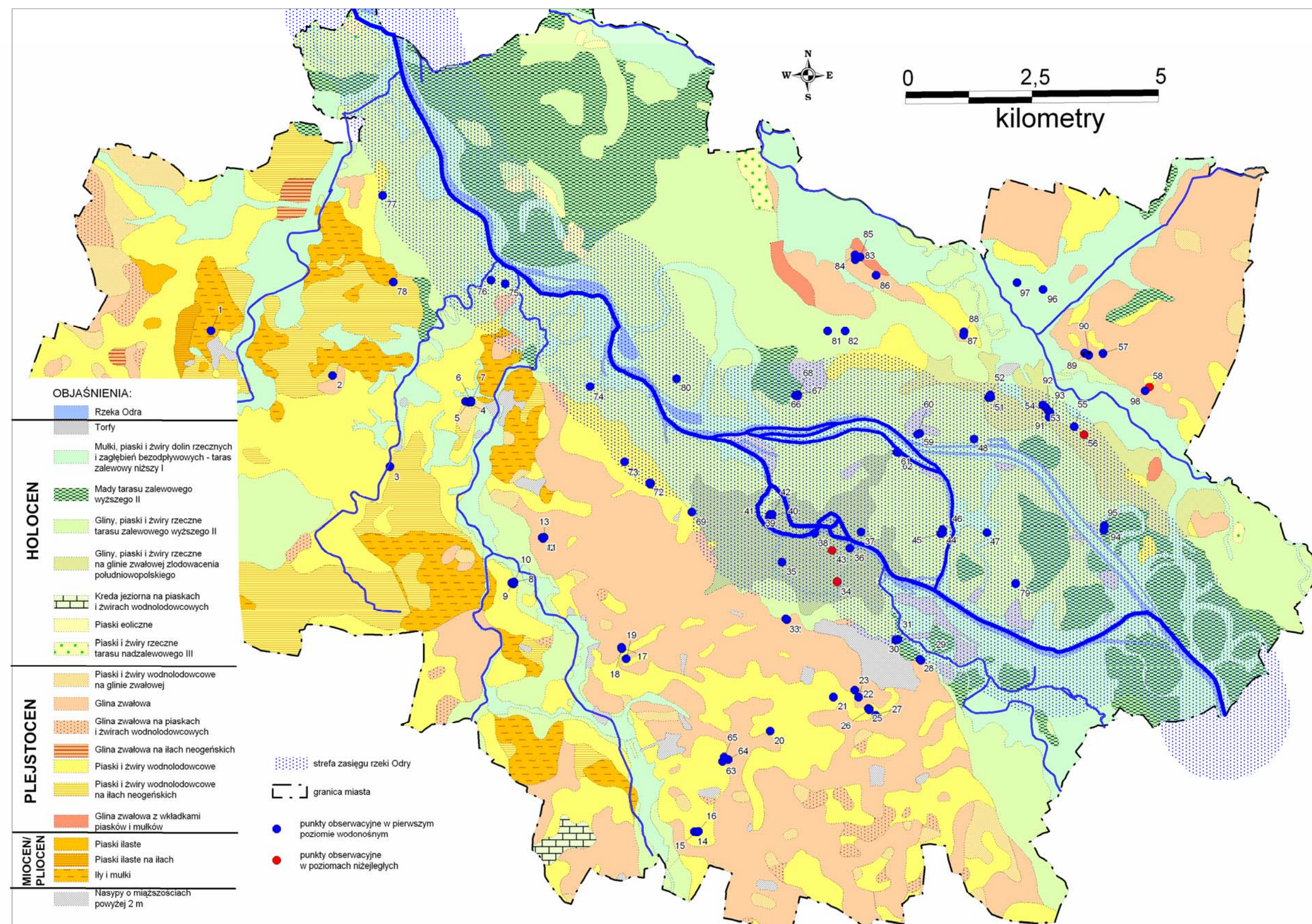
**Ryc. 17. Przykładowe wykresy korelacji pomiędzy stanami wody w Odrze a położeniem zwierciadła wód podziemnych badanego poziomu w zależności od odległości od rzeki**

Zaobserwowano, stopniowe wygasanie wpływu rzeki Odry na stany wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego wraz ze wzrostem odległości otworu badawczego od rzeki. Potwierdza to, że im dalej od cieku, tym słabiej oddziałuje on na wody podziemne (*Tomaszewski, 1990; Pazdro, Kozerski, 1990*). Interesująca jednak w przeprowadzonej analizie jest wyznaczona strefa zasięgu Odry. W literaturze spotyka się opinie, że bezpośredni wpływ dużych rzek zanika zwykle w odległości około 400 – 600 metrów od koryta, przy czym około 1000 metrów od nurtu rzeki wody podziemne zawierają jeszcze składową wód powierzchniowych (*Winter et al., 1998*). Kowalski (*1979, 1984*) stwierdził, że Odra oddziałuje na płytkie wody podziemne w rejonie dolinnym pozostając z nimi w kontakcie hydraulicznym do kilkuset metrów od jej brzegów, przy czym zjawisko to nie jest równomierne po obu stronach koryta. Z analizy korelacji oraz hydrogramów Odry i punktów obserwacyjnych wywnioskowano jednak, że ze względu na rozczłonkowane koryto oraz szeroką dolinę wypełnioną osadami o dobrych parametrach filtracyjnych (23-50 m/d wg badań archiwalnych, 43-58 m/d wg badań własnych), rzeka ta kształtuje stany wód podziemnych nawet w odległościach powyżej 1km. Na podstawie powyższych obserwacji wykreślono tzw. bufor (strefę zasięgu bezpośredniego) o szerokości 1000 metrów (Ryc. 18). Co ciekawe, strefa ta jest bardzo zbliżona wielkością i kształtem do zasięgu fali powodziowej podczas powodzi w 1997 roku (*Dubicki et al., 1999*). Odra poza strefą bezpośredniego zasięgu, poza obszarem doliny, również wpływa na położenie zwierciadła płytkich wód podziemnych, jednak wpływ ten ze statystycznego punktu widzenia jest mniej istotny. Przejawia się on w postaci II typu wahań zwierciadła, dwuekstremalnego, o stosunkowo łagodnym przebiegu zmian, który jest dominujący we Wrocławiu i typowy dla obszarów nadrzecznych.

Ze względu na silne rozczłonkowanie koryta Odry w północno – wschodniej części miasta strefa wpływów rzeki poszerza się do kilku kilometrów, w niektórych miejscach przekraczając nawet granice doliny. Potwierdzeniem dla tego faktu są wysokie współczynniki korelacji wód powierzchniowych i podziemnych w otworach na wysoczyźnie północnej.

Odra na terenie miasta Wrocław warunkuje nie tylko rytm wahań zwierciadła wód podziemnych badanego poziomu, lecz również determinuje wielkość ich amplitudy oraz stany zwierciadła. Hydrogramy w punktach położonych w odległości do kilkuset metrów od koryta rzeki ściśle naśladują hydrogram Odry, a sezonowe i roczne

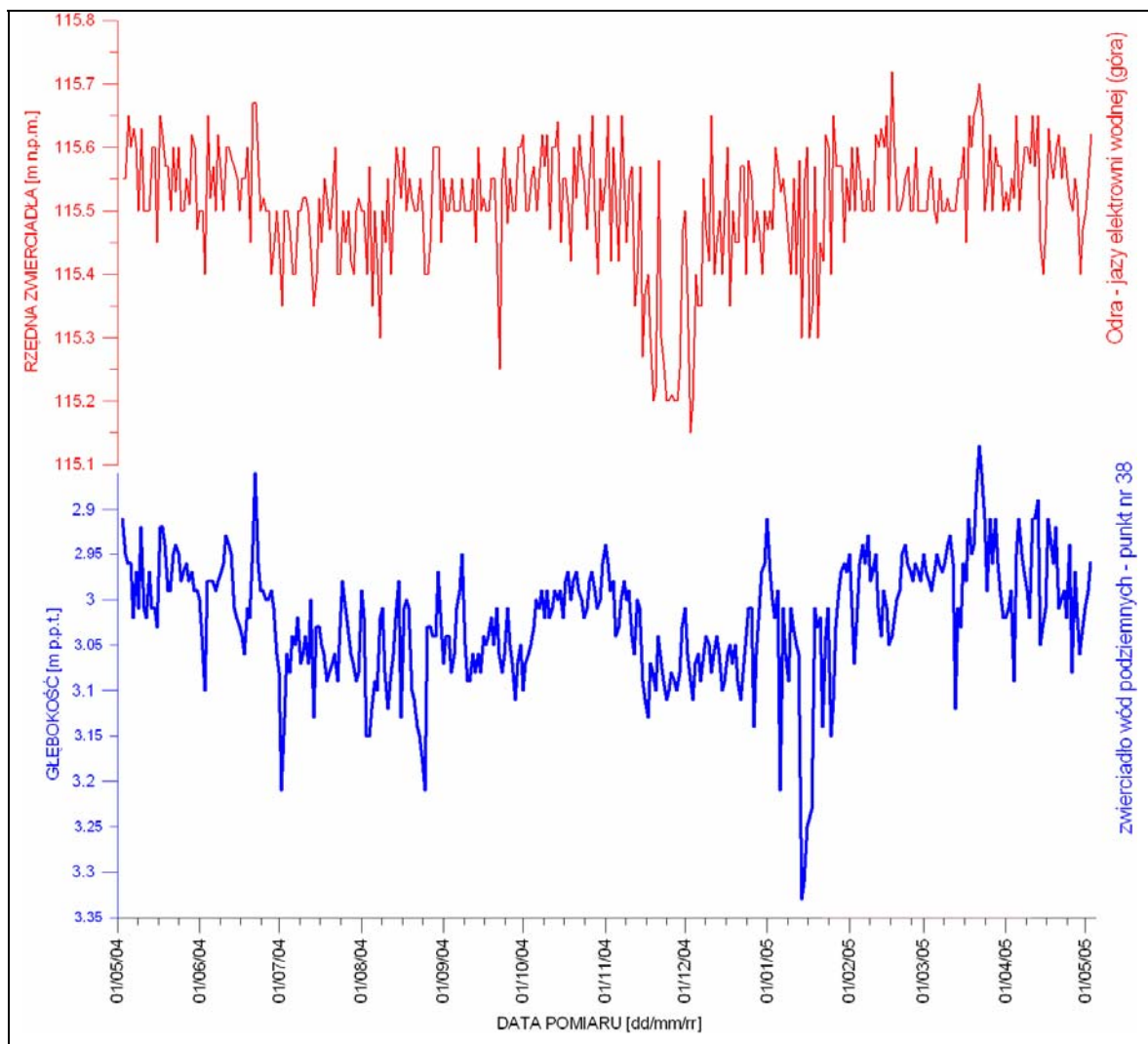




Ryc. 18. Strefa buforowa zasięgu bezpośredniego wpływu Odry na wody podziemne na tle budowy geologicznej



amplitudy wahań są w tych otworach zbliżone do wartości notowanych na rzece. Szczególnie zaznacza się to dla punktów 46, 61 i 62 w stosunku do stanów rzeki na Śluzach Szczytniki i Miejskiej oraz dla punktów 36 i 38 w odniesieniu do jazów elektrowni wodnej (Ryc. 18, Tabela 10). Zarówno rytmika, jak i wielkość amplitud wahań zwierciadła wykazują w wymienionych otworach obserwacyjnych ścisły związek z wodami Odry. Zmiany położenia zwierciadła w rzece wywołują reakcję wód podziemnych niemal tego samego dnia, co potwierdziły prowadzone okresowo codzienne pomiary stanów wód podziemnych w niektórych punktach obserwacyjnych (Ryc. 19).



**Ryc. 19.** Wykresy dziennych stanów na rzece Odrze przy elektrowni wodnej i głębokości do zwierciadła wód podziemnych w punkcie nr 38

|                          | Okres obserwacyjny | Odra - Śluza Szczytniki dół | Odra - Śluza Miejska góra | Otwory obserwacyjne |        |        | Odra - jaz elektrowni góra | Otwory obserwacyjne |        |
|--------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|--------|--------|----------------------------|---------------------|--------|
|                          |                    |                             |                           | 46                  | 61     | 62     |                            | 36                  | 38     |
| Stany średnie [m n.p.m.] | 2004-2005          | 113,15                      | 113,37                    | 113,27              | 113,16 | 113,11 | 115,52                     | 115,37              | 115,39 |
|                          | 2004               | 113,17                      | 113,21                    | 113,29              | 113,11 | 113,06 | 115,55                     | 115,35              | 115,41 |
|                          | 2005               | 113,14                      | 113,55                    | 113,25              | 113,21 | 113,15 | 115,50                     | 115,37              | 115,38 |
|                          | V-X 2004           | 113,74                      | 113,69                    | 113,57              | 113,65 | 113,68 | 115,53                     | 115,34              | 115,41 |
|                          | XI-IV 2004         | 112,56                      | 112,27                    | 112,93              | 112,53 | 112,39 | 115,57                     | 115,51              | 115,41 |
|                          | V-X 2005           | 113,56                      | 113,65                    | 113,52              | 113,61 | 113,57 | 115,49                     | 115,36              | 115,37 |
|                          | XI-IV 2005         | 112,70                      | 113,20                    | 112,95              | 112,78 | 112,68 | 115,52                     | 115,39              | 115,38 |
| Amplitudy wahań [m]      | 2004-2005          | 3,04                        | 2,64                      | 1,05                | 1,71   | 2,01   | 0,47                       | 0,56                | 0,33   |
|                          | 2004               | 3,04                        | 2,64                      | 0,94                | 1,71   | 2,01   | 0,27                       | 0,39                | 0,23   |
|                          | 2005               | 2,08                        | 1,46                      | 0,99                | 1,4    | 1,49   | 0,47                       | 0,51                | 0,33   |
|                          | V-X 2004           | 0,38                        | 0,12                      | 0,24                | 0,2    | 0,35   | 0,27                       | 0,39                | 0,2    |
|                          | XI-IV 2004         | 3,04                        | 2,60                      | 0,61                | 1,5    | 1,65   | 0,27                       |                     | 0,22   |
|                          | V-X 2005           | 1,30                        | 0,18                      | 0,22                | 0,11   | 0,11   | 0,42                       | 0,23                | 0,29   |
|                          | XI-IV 2005         | 2,08                        | 1,40                      | 0,93                | 1,28   | 1,39   | 0,45                       | 0,51                | 0,32   |

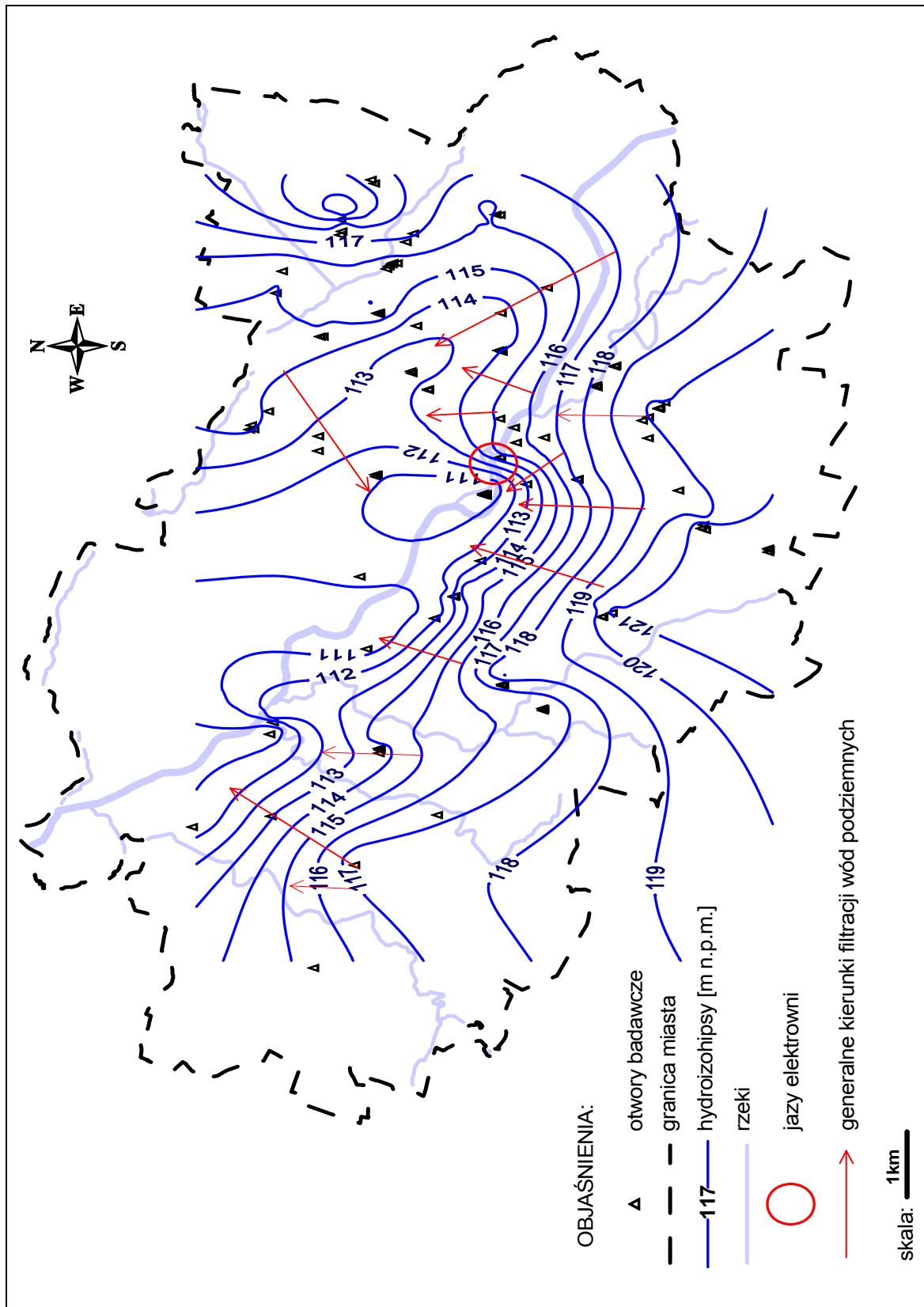
**Tabela 10. Średnie stany i amplitudy wahań w poszczególnych okresach obserwacyjnych dla wybranych punktów badawczych wód podziemnych i powierzchniowych**

Jak wynika z powyższych rozważań rzeka Odra kształtuje stosunki wodne na terenie niemal całego miasta. Jej ewidentny wpływ na wody podziemne zaznacza się również w determinowaniu głównych dróg filtracji i niejako wymuszaniu określonych kierunków przepływu tych wód. Na podstawie mapy średnich stanów zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego w dwuleciu 2004-2005 wyznaczono główne kierunki filtracji i tym samym określono charakter rzeki Odry na poszczególnych odcinkach. Zgodnie z literaturą w warunkach naturalnych duże rzeki w swoim środkowym biegu zazwyczaj drenują wody podziemne (Bajkiewicz-Grabowska, Mikulski, 2006; Winter et al., 1998). Tak jest też w przypadku Odry powyżej Wrocławia (Różycki, 1966), jednak fakt, iż na terenie miasta jest ona regulowana i piętrzona zmienia naturalny reżim tej rzeki. Jak wynika z przebiegu hydroizohips (Ryc. 20) na odcinku powyżej jazów piętrzących elektrowni wodnej Odra zasila wody podziemne i jest rzeką infiltrującą. Wysokie stany wód utrzymywane na tym odcinku rzeki (średnio ok. 115,5 m n.p.m.) powodują, że odpływ podziemny jest utrudniony



i wody kierują się od koryta Odry głównie w kierunku północnym, a w północno-wschodniej części miasta również na południe. Różnica poziomów na jazach elektrowni sięga 5 metrów, co powoduje, że za jazami, na wysokości Mostów Pomorskich, Odra przyjmuje silnie drenujący charakter ściągając wody z obu wysoczyzn i silnie zaburzając naturalne stosunki wodne w rejonie centrum miasta, co na mapie (Ryc. 20) zaznacza się w postaci dużego zagęszczenia hydroizohips. Stan ten jest potwierdzeniem dla wcześniejszych badań Kowalskiego i jego zespołu (1992, 1984, 1979, 1978b, 1977) oraz badań prowadzonych przez autorkę w latach 2000-2002 na terenie centrum miasta (Worsa-Kozak, 2004b).

Wpływ pozostałych cieków na kształtowanie się stanów wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego jest lokalny i nie zaznacza się tak wyraźnie jak wpływ Odry, jej odnóg i kanałów. Zarówno Oława, Ślęza, Widawa jak i Bystrzyca mają charakter drenujący (Kowalski 1984), chociaż liczne stopnie piętrzące często utrudniają odpływ podziemny skierowany do tych rzek. Naturalny reżim Oławy zakłócony jest dodatkowo jej wykorzystaniem do zasilania ujęcia infiltracyjnego dla Wrocławia na odcinku poniżej Siechnic do rejonu Świątnik i Bierzan na terenie miasta. Ten obszar Wrocławia, będący częścią terenów wodonośnych, charakteryzują specyficzne stosunki wodne, nie zmieniają one jednak drenującej roli Oławy w części za obszarami wodonośnymi. Ogólnie można powiedzieć, że dopływy Odry mają niewielki wpływ na kształtowanie stanów wód podziemnych, gdyż ich zasięg jest lokalny i ograniczony, a dodatkowo nakłada się na niego wyraźny wpływ Odry.



Ryc. 20. Schematyczna mapa średniej rzędnej zwierciadła wód podziemnych w latach 2004-2005 wraz z ogólnymi kierunkami odpływu

## 7.2. Czynniki kształtujące wielkość zasilania powierzchniowego płytkich wód podziemnych i ich wpływ na położenie zwierciadła

Przez zasilanie wód podziemnych rozumie się (*Dowgiałło et al., 2002*) dopływ wody do strefy saturacji określonego poziomu wodonośnego wskutek m.in. infiltracji wód opadowych. Ze względu na wsiąkanie wód zasilających poziom wodonośny z powierzchni ziemi, ten rodzaj zasilania nazywa się potocznie zasilaniem powierzchniowym. Wśród wielu czynników, które determinują wielkość infiltracji opadów wymienia się grupy czynników (*Wąsik, 2003; Staśko, Tarka, 2002; Kowalski, 1987*): klimatycznych (częstotliwość i charakter opadów, parowanie, temperatura powietrza, temperatura gleby, procesy mrozowe i wilgotność powietrza), geologicznych (litologia strefy aeracji, parametry wilgotnościowe gleby i przepuszczalność utworów przypowierzchniowych), biosferycznych (szata roślinna-rodzaj i gęstość) oraz antropogenicznych (sposób wykorzystania i pokrycia terenu, zabiegi nawadniające). Działanie tych czynników nakłada się na siebie w czasie i przestrzeni z różnym natężeniem i co za tym idzie, oddzielnie jest bardzo trudne do ocenienia (*Wąsik, 2003; Pazdro, Kozerski, 1990*).

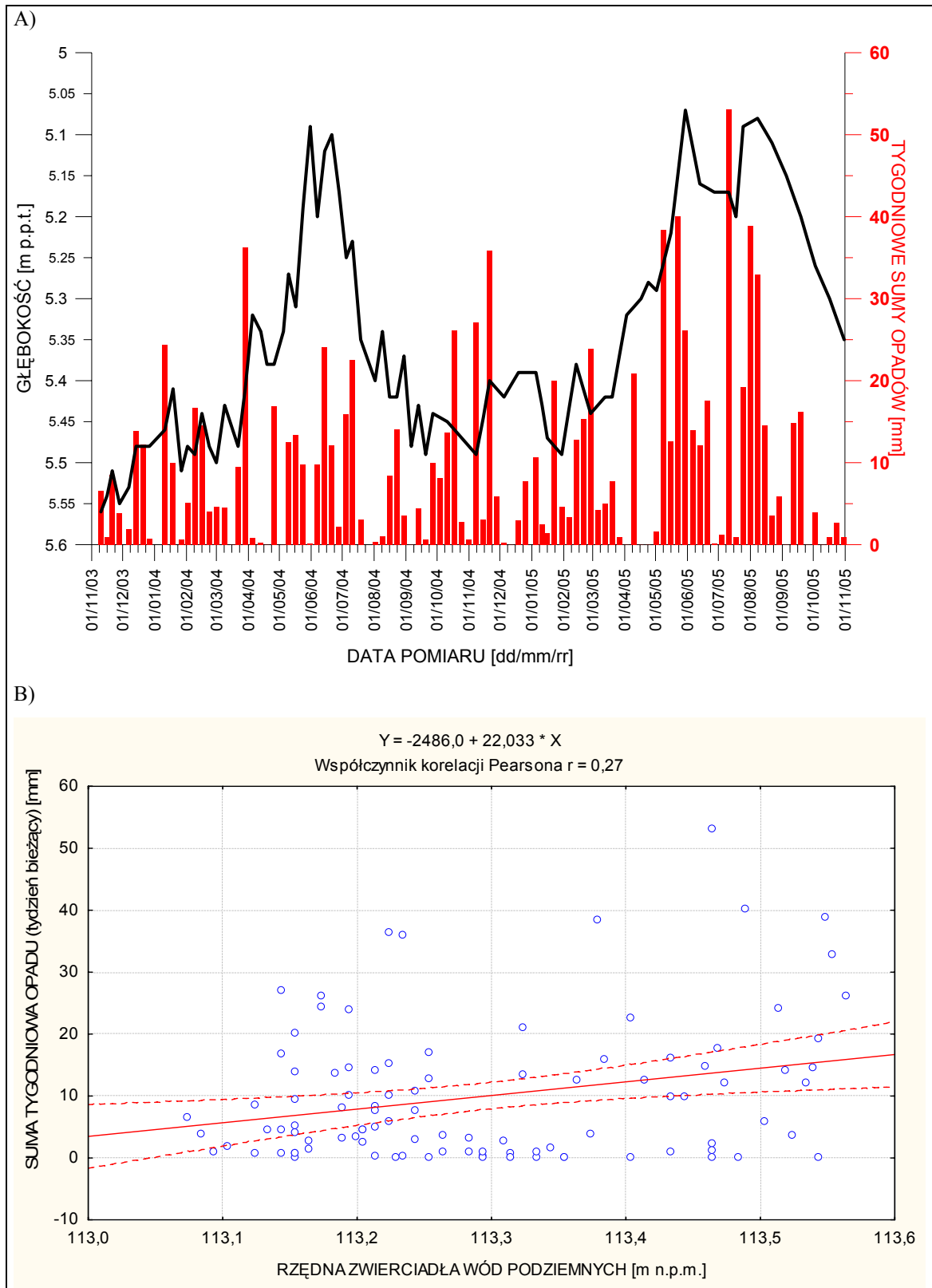
W niniejszym podrozdziale podjęto próbę powiązania sumarycznego wpływu naturalnych czynników klimatycznych i geologicznych (opad, parowanie, temperatura powietrza, stan powierzchni gleby, procesy mrozowe, przepuszczalność strefy aeracji i litologia utworów przypowierzchniowych) na wahania pierwszego zwierciadła wód podziemnych.

### 7.2.1. Czynniki klimatyczne

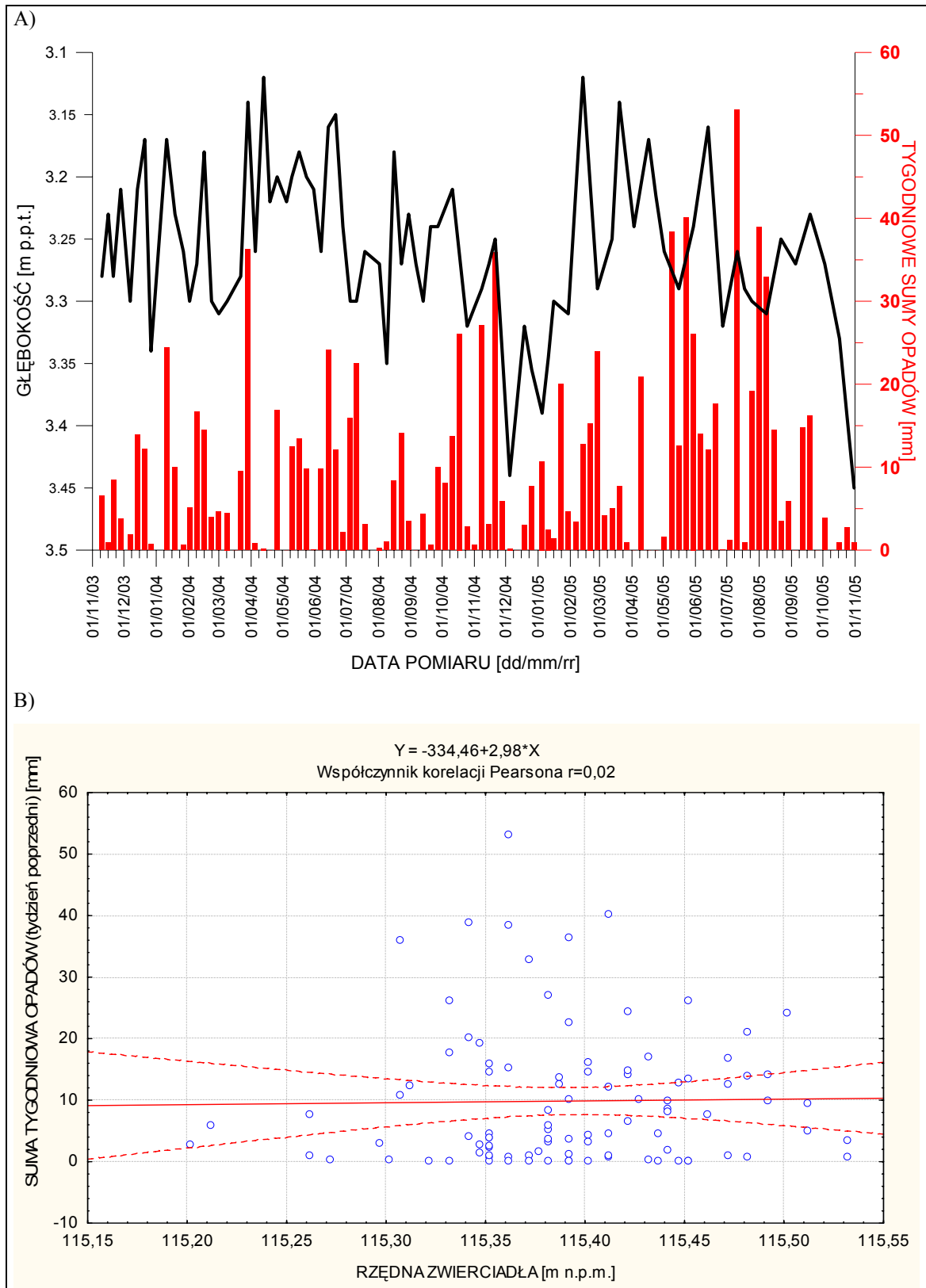
W warunkach naturalnych jedną z najważniejszych składowych wpływającą na wielkość zasilania infiltracyjnego jest suma opadów atmosferycznych. W celu zbadania zależności pomiędzy opadami i położeniem pierwszego zwierciadła wód podziemnych przeanalizowano współczynniki korelacji  $r$  Pearsona biorąc pod uwagę zależności stanu zwierciadła w 90 punktach pomiarowych i sumy dobowej opadu w danym dniu oraz 1, 2 i 3 dni przed obserwacjami, a także sumę tygodniową opadów w tygodniu bieżącym i poprzednim. Sprawdzono również zależność średnich stanów miesięcznych wód podziemnych badanego poziomu od miesięcznych sum opadów miesiąca bieżącego i poprzedniego.

Analiza korelacji położenia zwierciadła wód podziemnych obserwowanego poziomu z wielkością opadów w dniu obserwacji oraz kolejnych 3 dniach poprzedzających pomiar zwierciadła wykazała bardzo słabą zależność lub też brak zależności pomiędzy tymi dwoma zmiennymi. Próg istotności współczynników korelacji na poziomie ufności  $p < 0,05$  wyniósł w zależności od przypadku od 0,2 do 0,3 (Załącznik 7), a współczynniki nie przekraczały  $r = 0,35$ . Istotną korelację stanów wód podziemnych i opadów w dniu obserwacji odnotowano w 11 punktach, przy czym współczynniki korelacji maksymalnie wynosiły 0,25, co wskazuje, że zależności te są bardzo słabe i nie można w ich przypadku mówić o wyraźnym wpływie opadów na stany wód podziemnych. W przypadku dobowych sum opadów w dniach poprzedzających pomiar położenia zwierciadła nie zaobserwowano żadnych istotnych zależności korelacyjnych ze stanem wód podziemnych. Współczynniki korelacji oscylowały w okolicach  $0 \pm 0,2$ , co wskazuje na brak powiązań między tymi czynnikami. Jedyny istotny statystycznie współczynnik odnotowano w punkcie nr 80 dla opadu 3 dni przed obserwacjami, jednakże jego ujemna wartość (-0,3) jest zaprzeczeniem praw przyrody i można ją uznać za przypadkową.

Wyraźniejsze związki statystyczne odnotowano w przypadku korelacji stanów zwierciadła wód podziemnych z tygodniowymi sumami opadów (Załącznik 7). Dla opadów tygodnia bieżącego istotną korelację stwierdzono w 22 punktach, przy współczynnikach  $r$  osiągających wartości rzędu 0,2 – 0,34 (Ryc. 21). Natomiast dla opadów tygodnia poprzedzającego obserwację istotna korelacja wystąpiła w 31 punktach, przy czym wartości współczynników były zbliżone do poprzednich. Warto zaznaczyć, że punkty, w których zwierciadło wykazało słaby, acz istotny związek statystyczny z sumami opadów, przestrzennie lokują się głównie w lewobrzeżnej części miasta, w większości w obrębie wysoczyzny południowej. Kilka z otworów znajduje się na obrzeżeniach północno-wschodniej części doliny Odry. Właśnie ta lokalizacja – w znacznej odległości od rzeki, może być jedną z przyczyn uwidocznienia się wpływu opadów atmosferycznych na położenie zwierciadła płytkich wód podziemnych. Słabsze związki tych wód z wodami Odry pozwoliły na wychwycenie w rytmice wahań niewielkiej składowej opadowej. Nie zmienia to jednak faktu, że zwierciadło w zdecydowanej większości otworów wykazuje rytm wahań zupełnie niezależny od opadów atmosferycznych (Ryc. 22).



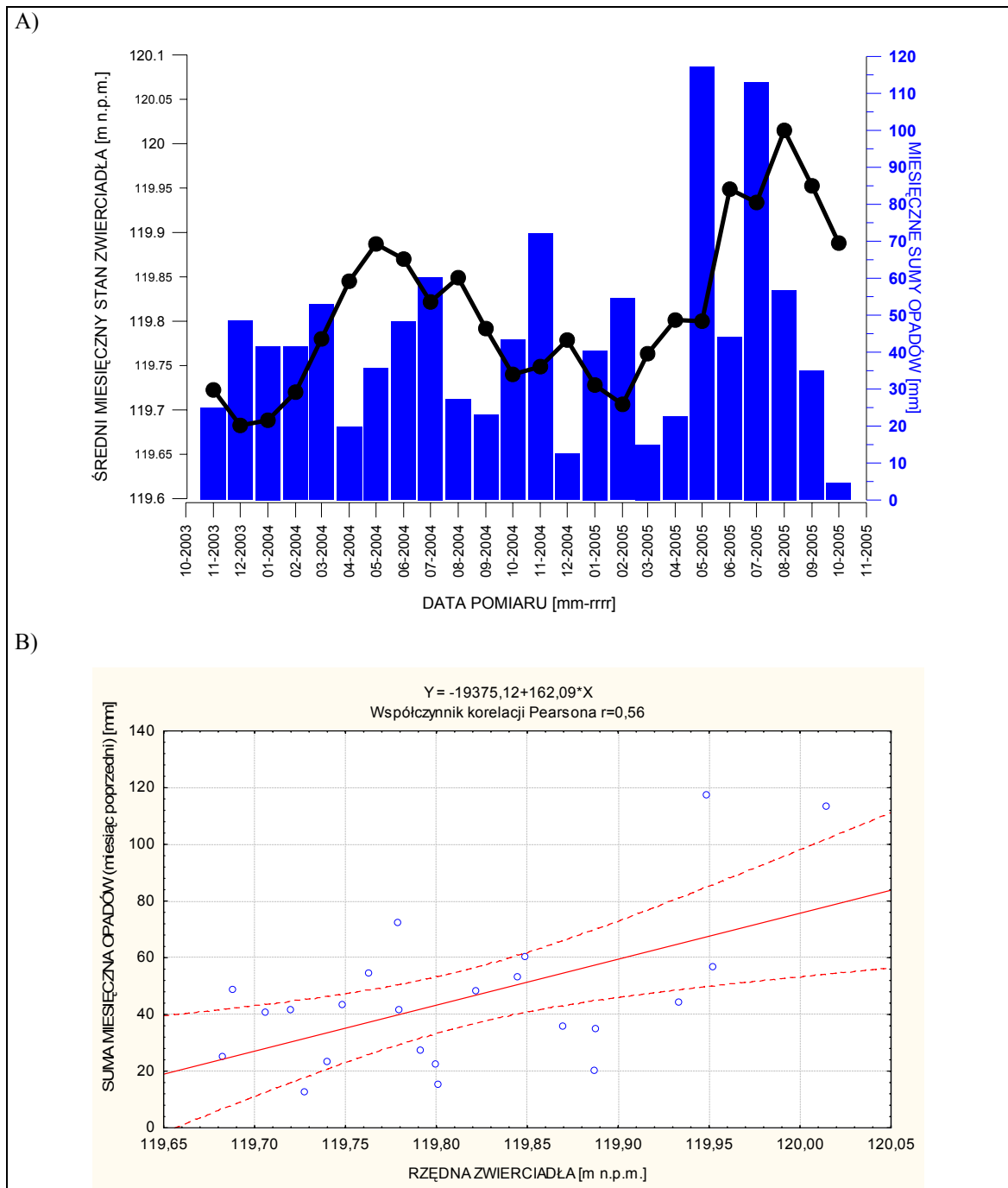
Ryc. 21. Hydrogram (A) i wykres rozrzutu (B) w punkcie nr 35 na tle tygodniowych sum opadów atmosferycznych ( $r=0,27$ )



Ryc. 22. Hydrogram (A) i wykres rozrzutu (B) w punkcie nr 38 na tle tygodniowych sum opadów atmosferycznych ( $r=0,02$ )

Analizując kształt przykładowego wykresu średnich miesięcznych stanów wód podziemnych na tle miesięcznych sum opadów atmosferycznych (Ryc. 23), bez

spoglądania na dane statystyczne, można zauważyć występowanie pewnych czasowych przesunięć w maksymalnych wartościach położenia zwierciadła wód podziemnych w stosunku do wysokich wielkości opadów. Zjawisko to jest wyraźnie widoczne w kilku otworach obserwacyjnych. Przesunięcia te występują mniej więcej w miesięcznych odstępach.



**Ryc. 23.** Wykres średnich miesięcznych stanów zwierciadła wód podziemnych na tle miesięcznych sum opadów atmosferycznych (A) i wykres rozrzutu dla opadów miesiąca poprzedniego (B) w punkcie nr 21

Fakt opóźnionego wpływu opadów na pierwsze zwierciadło wód podziemnych w nielicznych punktach badawczych potwierdziła analiza statystyczna. Wyliczone zostały współczynniki korelacji dla średnich miesięcznych stanów zwierciadła oraz miesięcznych sum opadów w miesiącu obserwacji i miesiącu je poprzedzającym (Tabela 11). Przyjęto poziom istotności  $p < 0,05$ , dla którego znaczące statystycznie współczynniki  $r$  Pearsona odnotowano w 1 otworze w korelacji z opadem miesiąca bieżącego i w 13 otworach w korelacji z opadem miesiąca poprzedniego.

|                  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Nr punktu</i> | <b>2</b>    | <b>3</b>    | <b>4</b>    | <b>5</b>    | <b>7</b>    | <b>8</b>    | <b>9</b>    | <b>10</b>   | <b>11</b>   |
| A                | 0,17        | 0,29        | 0,33        | 0,07        | 0,12        | 0,32        | 0,26        | 0,17        | 0,20        |
| B                | 0,00        | 0,05        | 0,24        | -0,12       | 0,03        | <b>0,42</b> | 0,36        | <b>0,44</b> | 0,32        |
| <i>Nr punktu</i> | <b>12</b>   | <b>13</b>   | <b>14</b>   | <b>15</b>   | <b>16</b>   | <b>17</b>   | <b>18</b>   | <b>19</b>   | <b>20</b>   |
| A                | 0,18        | 0,28        | 0,31        | 0,33        | 0,35        | 0,24        | 0,21        | 0,19        | -0,12       |
| B                | 0,40        | 0,34        | 0,37        | 0,34        | 0,06        | 0,33        | <b>0,42</b> | 0,35        | 0,00        |
| <i>Nr punktu</i> | <b>21</b>   | <b>22</b>   | <b>23</b>   | <b>24</b>   | <b>25</b>   | <b>26</b>   | <b>27</b>   | <b>28</b>   | <b>29</b>   |
| A                | 0,11        | 0,25        | 0,30        | 0,31        | 0,22        | 0,24        | 0,17        | 0,43        | 0,32        |
| B                | <b>0,56</b> | <b>0,45</b> | 0,37        | <b>0,55</b> | <b>0,44</b> | <b>0,45</b> | <b>0,48</b> | 0,17        | 0,28        |
| <i>Nr punktu</i> | <b>30</b>   | <b>31</b>   | <b>32</b>   | <b>33</b>   | <b>35</b>   | <b>36</b>   | <b>37</b>   | <b>38</b>   | <b>39</b>   |
| A                | 0,25        | 0,19        | 0,14        | 0,28        | 0,37        | -0,14       | 0,23        | -0,03       | -0,16       |
| B                | 0,40        | 0,31        | 0,21        | 0,28        | <b>0,42</b> | 0,01        | 0,05        | -0,05       | -0,18       |
| <i>Nr punktu</i> | <b>40</b>   | <b>41</b>   | <b>42</b>   | <b>44</b>   | <b>45</b>   | <b>46</b>   | <b>47</b>   | <b>48</b>   | <b>49</b>   |
| A                | -0,17       | -0,01       | 0,06        | 0,23        | 0,23        | 0,24        | 0,31        | 0,29        | 0,25        |
| B                | -0,12       | -0,13       | -0,08       | 0,18        | 0,19        | 0,18        | 0,33        | -0,09       | <b>0,42</b> |
| <i>Nr punktu</i> | <b>50</b>   | <b>51</b>   | <b>52</b>   | <b>53</b>   | <b>54</b>   | <b>55</b>   | <b>57</b>   | <b>59</b>   | <b>60</b>   |
| A                | 0,29        | 0,32        | <b>0,44</b> | 0,19        | 0,32        | 0,24        | 0,13        | 0,13        | 0,04        |
| B                | 0,41        | 0,37        | <b>0,52</b> | 0,20        | 0,14        | 0,20        | 0,12        | 0,22        | 0,21        |
| <i>Nr punktu</i> | <b>61</b>   | <b>62</b>   | <b>63</b>   | <b>64</b>   | <b>65</b>   | <b>66</b>   | <b>67</b>   | <b>69</b>   | <b>70</b>   |
| A                | 0,22        | 0,22        | 0,09        | 0,28        | 0,28        | 0,28        | 0,29        | 0,25        | -0,02       |
| B                | 0,16        | 0,14        | 0,16        | 0,23        | 0,18        | <b>0,47</b> | 0,35        | 0,32        | -0,09       |
| <i>Nr punktu</i> | <b>71</b>   | <b>72</b>   | <b>73</b>   | <b>74</b>   | <b>75</b>   | <b>76</b>   | <b>77</b>   | <b>79</b>   | <b>80</b>   |
| A                | 0,02        | 0,33        | 0,26        | -0,05       | 0,03        | 0,08        | 0,29        | 0,28        | -0,32       |
| B                | 0,22        | 0,33        | 0,24        | -0,05       | -0,02       | -0,10       | 0,20        | 0,23        | 0,09        |
| <i>Nr punktu</i> | <b>81</b>   | <b>82</b>   | <b>83</b>   | <b>84</b>   | <b>85</b>   | <b>86</b>   | <b>87</b>   | <b>88</b>   | <b>89</b>   |
| A                | -0,08       | -0,19       | -0,04       | -0,10       | -0,09       | -0,10       | 0,06        | -0,08       | 0,00        |
| B                | 0,32        | 0,21        | 0,18        | 0,19        | 0,13        | 0,14        | 0,16        | 0,24        | 0,34        |
| <i>Nr punktu</i> | <b>90</b>   | <b>91</b>   | <b>92</b>   | <b>93</b>   | <b>94</b>   | <b>95</b>   | <b>96</b>   | <b>97</b>   | <b>98</b>   |
| A                | 0,10        | 0,08        | 0,02        | 0,06        | -0,22       | -0,16       | 0,11        | -0,07       | 0,17        |
| B                | 0,17        | 0,20        | 0,24        | 0,16        | 0,20        | 0,24        | 0,07        | 0,18        | 0,29        |

wyróżniono współczynniki istotne z  $p < 0,05$

**Tabela 11. Współczynniki korelacji  $r$  Pearsona dla średnich stanów miesięcznych zwierciadła wód podziemnych i:**

- A) sumy opadów w miesiącu bieżącym,**  
**B) sumy opadu w miesiącu poprzednim**

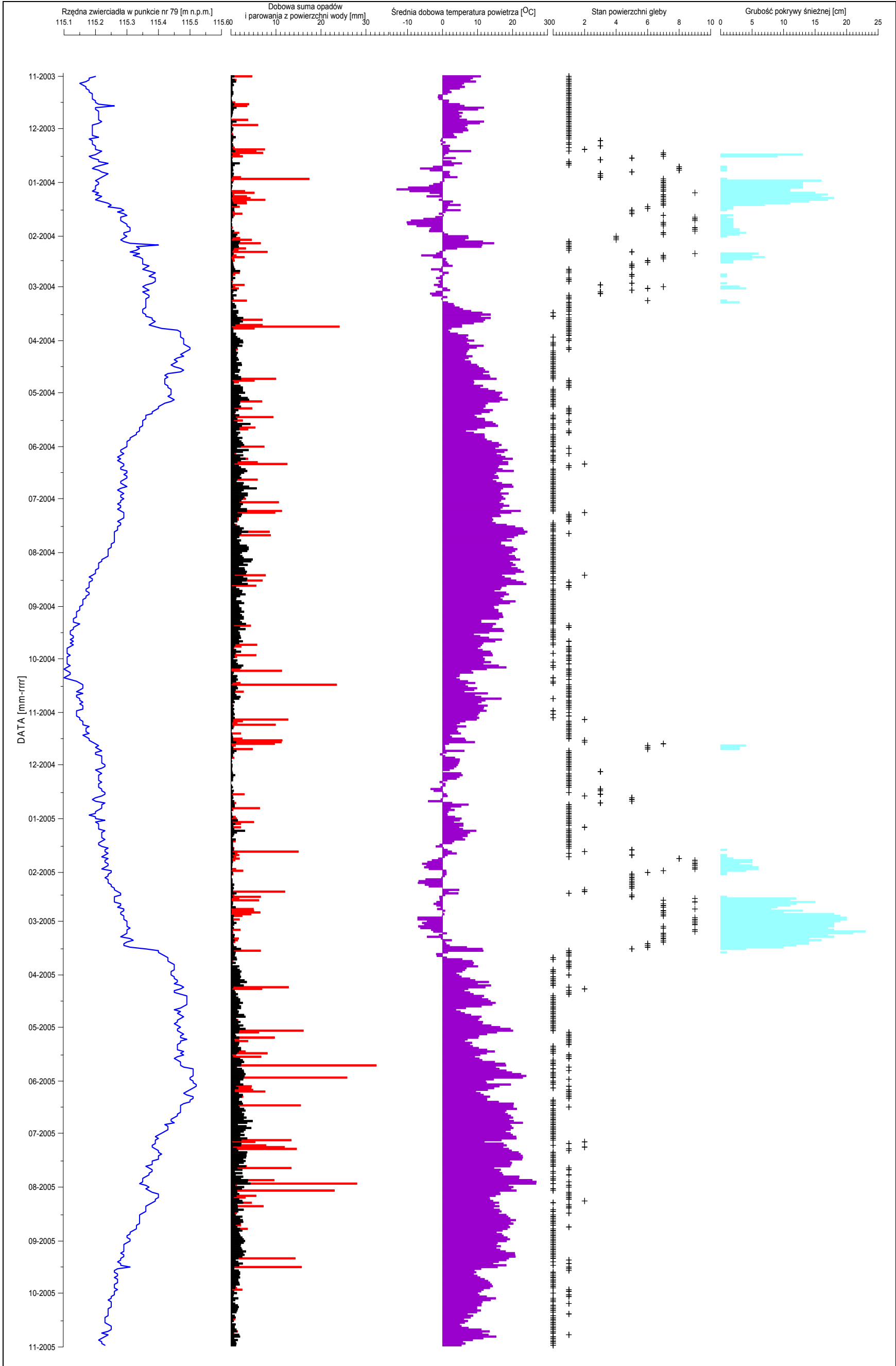
Wyróżnione współczynniki są przy tym dwukrotnie wyższej wartości, aniżeli te opisujące zależności pomiędzy zwierciadłem wód podziemnych i opadem w cyklach



tygodniowych. Można zatem powiedzieć, iż związek płytkich wód podziemnych z opadem miesiąca poprzedniego w 15% z 90 otworów jest znaczący i pozwala na wyróżnienie w ich stanach wyraźnej składowej opadowej, natomiast nie stwierdzono istotnej zależności wód podziemnych od sumy opadów w miesiącu obserwacyjnym. Należy nadmienić, że otwory, w których uwidacznia się wpływ opadów na położenie zwierciadła wód podziemnych reprezentują I typ wahań o rytmice zbliżonej do naturalnej. Są one zlokalizowane w południowo-zachodniej części miasta. Lata obserwacyjne 2004-2005 cechowała stosunkowo niewielka roczna suma opadów – 467,2 mm w roku 2004 i 587,7 mm w roku 2005. W porównaniu ze średnią z wielolecia na poziomie 620 mm oba lata można zaliczyć do lat suchych, co w powiązaniu z temperaturą powietrza i niską wilgotnością gruntu mogło wpłynąć na osłabienie składowej opadowej w hydrogramie wód podziemnych.

Wyniki powyższej analizy potwierdzają, że o ile związek wód podziemnych z opadami na terenie Wrocławia jest bardzo słaby, lub go w ogóle nie ma, o tyle związek ten bywa widoczny pomiędzy średnimi stanami miesięcznymi i opadem miesiąca poprzedniego (*Kowalski 1977, 1984*).

Ponieważ na infiltrację opadu do warstwy wodonośnej ma wpływ nie tylko sama wielkość i intensywność opadu, lecz również szereg pobocznych czynników, takich jak temperatura powietrza, czy wielkość parowania, na przykładzie punktu nr 79, w którym były prowadzone dobowe obserwacje położenia zwierciadła wód podziemnych, prześledzono zmienność i zależność wahań zwierciadła od składowych klimatu o znanych parametrach. Na rysunku (Ryc. 24) widać wyraźny, dwuekstremalny kształt hydrogramu w punkcie nr 79. Podobną cykliczność można zaobserwować w przypadku średnich dobowych temperatur powietrza, jednak w stosunku do wód podziemnych występuje tu 2-3 miesięczne przesunięcie w całym cyklu. Przez większą część każdego roku temperatury powietrza utrzymywały się powyżej 10°C, co pośrednio wpływało na widoczny na wykresie (Ryc. 24) niedosyt wilgotności gruntu (stan powierzchni gruntu na poziomie 0-1, bardzo rzadko 2) i stosunkowo wysokie wartości parowania - 511,9 mm w roku 2004 i 490,3 mm w roku 2005 (parowanie z powierzchni wody pod daszkiem – powierzchnia parowania = powierzchnia wlotowej deszczomierza = 200cm<sup>2</sup>). Jak wynika z obserwacji w roku hydrologicznym 2004 roczna suma parowania przewyższyła o blisko 45 mm roczną sumę opadów, co teoretycznie oznacza możliwość odparowania całego opadu. Należy jednak pamiętać, że parowanie z powierzchni terenu będzie przyjmować nieco inne wartości, ze względu na możliwość szybkiego związania



OBJAŚNIENIA: dobową sumę opadów (kolor czerwony), dobową sumę parowania (kolor czarny); stan powierzchni gleby: 0-suchy, 1-wigotny, 2-mokry z kałużami, 3-zamarznięty, 4-pokryty lodem (gołoledź), 5-pokryty śniegiem <50% powierzchni, 6-pokryty śniegiem 50-99%, 7-pokryty śniegiem całkowicie, 8-pokryty sytkim śniegiem 50-99%, 9-pokryty sytkim śniegiem całkowicie

**Ryc. 24. Graficzne zestawienie stanów zwierciadła wód podziemnych oraz wybranych elementów klimatu w punkcie nr 79**

spadającej wody w strukturze gruntu. Spoglądając na dobowe wykresy opadu i parowania (Ryc. 24) można zauważyć, że wody deszczowe o nasileniu powyżej 6 mm/d nie są w stanie w całości wyparować i część z tych wód może zasilać wody podziemne. Należy jednak wziąć jeszcze pod uwagę stan wilgotności gruntu. Na wykresie zaznaczona jest wilgotność gruntu w skali liczbowej od 0 do 2 i od 3 do 9 uwzględniając zamarzanie i śnieg, na powierzchni terenu nie porośniętego roślinnością. Można zauważyć, że zarówno w ciągu roku 2004 jak i 2005 dominującym stanem jest stan suchy (odpowiednio 153 i 159 dni w roku) oraz stan wilgotny (139 i 130 dni w roku), który zwykle był obserwowany przy dość intensywnych opadach deszczu. Stan mokry gruntu, który mógłby świadczyć o nasyceniu wodą strefy przypowierzchniowej, odnotowano 4 razy w roku 2004 i 12 razy w 2005. Stan ten jednak sporadycznie występował w okresie wzmożonych opadów (rok 2005), a głównie należy go wiązać z fazą topnienia pokrywy śnieżnej.

Reasumując powyższe rozważania można stwierdzić, że w warunkach bez wyraźnych wpływów antropogenicznych, w jakich były prowadzone obserwacje meteorologiczne i hydrogeologiczne w obserwatorium przy ul. Kosiby, infiltracja efektywna opadów do warstwy wodonośnej jest bardzo niewielka. Biorąc pod uwagę małą ilość opadu w obydwu latach obserwacyjnych oraz wysokie wartości parowania i stan powierzchni gruntu w ciągu roku (Tabela 12) można powiedzieć, że opady deszczu w znacznej części wyparowują i są zużywane na uzupełnienie wilgoci glebowej, a tylko w przypadkach długich i obfitych opadów (np. w lipcu 2005 r.) mają szansę na dotarcie do warstwy wodonośnej. Fakt, że infiltracja wód opadowych zachodzi impulsami, w chwilach przekroczenia progu wilgotności glebowej, opisali w swojej pracy dotyczącej Masywu Śnieżnika Staśko i Tarka (2002). Podobna sytuacja jest na terenie Wrocławia, co przejawia się w niewielkiej korelacji opadów z położeniem zwierciadła wód podziemnych. Istnieje też duże prawdopodobieństwo, że wody podziemne w większej mierze niż bezpośrednio przez opady, zasilane są z powierzchni terenu przez infiltrujące wody roztopowe w okresach odwilży i topnienia śniegu, gdy grunt nie jest już zamarznięty. W powyższej analizie nie brano pod uwagę stopnia porośnięcia roślinnością i jej rodzaju, gdyż badania prowadzono w terenie „odkrytym”. Należy jednak nadmienić, że szata roślinna ma bardzo duży wpływ na procesy infiltracyjne (Wąsik, 2003), w szczególności na ich ograniczanie w okresie wegetacyjnym. Można się zatem spodziewać, że w tych rejonach miasta, gdzie występują połacie zieleni miejskiej czy roślinności uprawnej związek opadów

z położeniem pierwszego zwierciadła wód podziemnych tym bardziej będzie niewielki, m. in. ze względu na konsumpcję wody glebowej przez rośliny.

| Stan powierzchni gruntu            | Liczba dni występowania |      |      |
|------------------------------------|-------------------------|------|------|
|                                    | 2004-2005               | 2004 | 2005 |
| suchy                              | 312                     | 153  | 159  |
| wilgotny                           | 269                     | 139  | 130  |
| mokry z kałużami                   | 16                      | 4    | 12   |
| zamarznięty                        | 14                      | 9    | 5    |
| pokryty lodem (gołoledź)           | 3                       | 3    | 0    |
| pokryty śniegiem <50% powierzchni  | 30                      | 13   | 17   |
| pokryty śniegiem 50-99%            | 13                      | 6    | 7    |
| pokryty śniegiem całkowicie        | 46                      | 28   | 18   |
| pokryty sypkim śniegiem 50-99%     | 4                       | 3    | 1    |
| pokryty sypkim śniegiem całkowicie | 24                      | 8    | 16   |

Tabela 12. Częstość występowania określonych stanów powierzchni gruntu

### 7.2.2. Czynniki geologiczne

Najważniejszym czynnikiem geologicznym, który ma znaczący wpływ na wielkość zasilania infiltracyjnego z powierzchni terenu jest litologia strefy aeracji (Wąsik, 2003). Nierozzerwalnie wiąże się ona z przepuszczalnością utworów przypowierzchniowych. Litologia pośrednio wpływa także na rytm wahań, ich cykliczność i wielkość amplitud powodując wzrost lub spadek znaczenia składowej opadowej w hydrogramie wód podziemnych (Konoplancew, Siemionow, 1979).

Przeprowadzono serię 31 terenowych oznaczeń współczynnika filtracji pionowej metodą Porscheta wybierając do badań miejsca sąsiadujące z otworami obserwacyjnymi i różne pod względem budowy geologicznej. W nawiązaniu do mapy geologicznej 8 punktów badawczych było zlokalizowanych na obszarach płytkiego zalegania glin, piasków i żwirów rzecznych (Tabela 13, Ryc. 25), 6 punktów znajdowało się w obrębie glin zwałowych, 5 punktów na terenach piasków i żwirów wodnolodowcowych. Cztery z 31 punktów umiejscowione były w rejonie przypowierzchniowego występowania glin, piasków i żwirów rzecznych pokrytych nasypami, natomiast 3 punkty leżały w obrębie glin, piasków i żwirów rzecznych na glinie zwałowej, a 2 w obrębie mad tarasu zalewowego wyższego II. Po jednym punkcie znajdowało się w miejscach wystąpień mułków, piasków i żwirów dolin rzecznych i zagłębień bezodpływowych, glin zwałowych pokrytych nasypami oraz piasków i żwirów wodnolodowcowych na glinie.

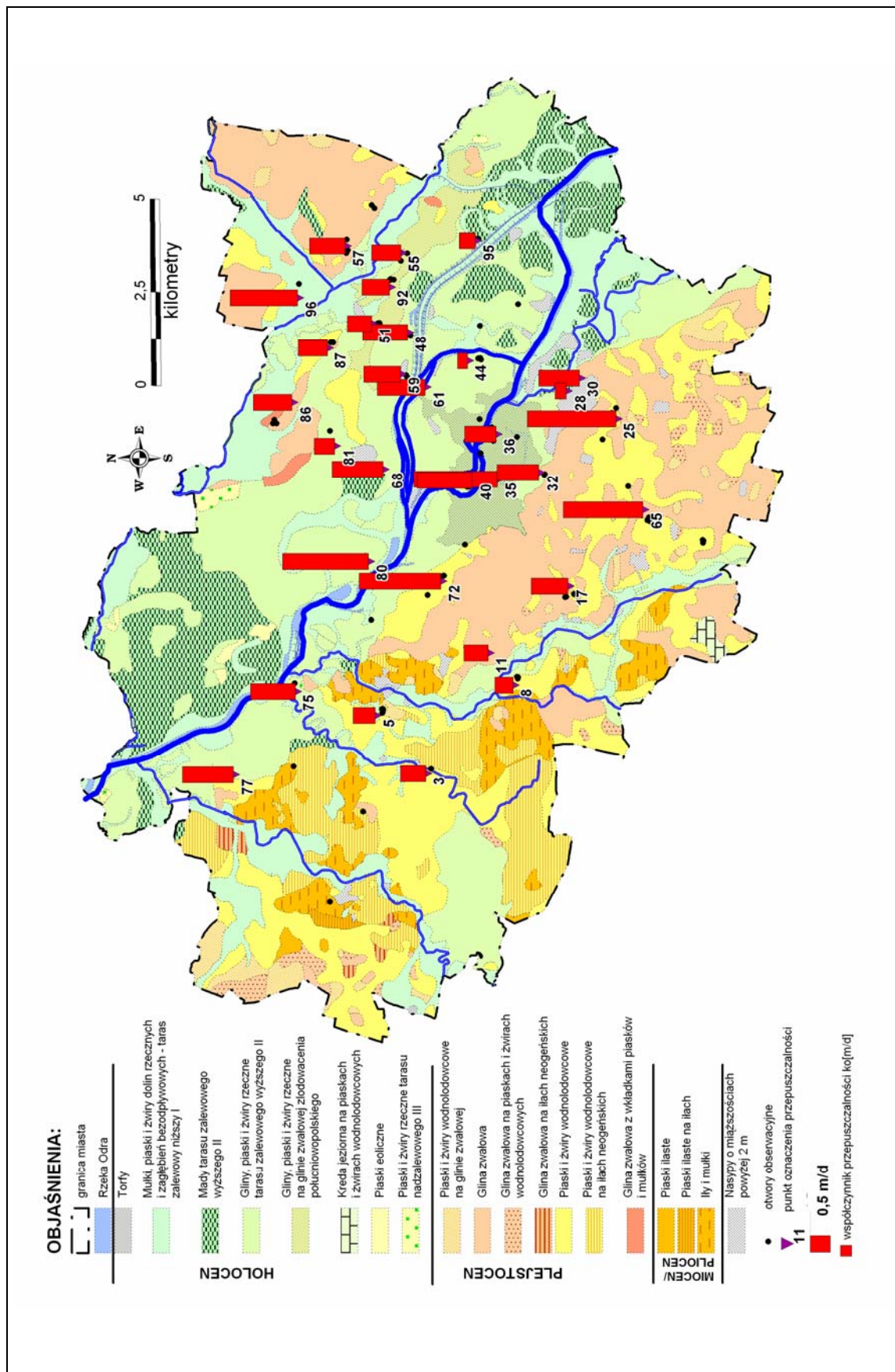
Wykonując wkopy badawcze zweryfikowano litologię utworów przypowierzchniowych. Zauważono, że w większości punktów pod kilkucentymetrową warstwą gleby występują grube warstwy nasypowe, przekraczające często 50cm.

| Nr punktu | $k_0$ [m/d] | $k_0$ [m/s] | Budowa geologiczna wg mapy                                       | Litologia strefy badań                                          |
|-----------|-------------|-------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 3         | 0,65        | 7,52E-06    | piaski i żwiry wodnolodowcowe                                    | gleba, nasyp piaszczysto-gruzowy, piasek drobnoziarnisty        |
| 5         | 0,58        | 6,70E-06    | piaski i żwiry wodnolodowcowe na glinie zwałowej                 | gleba, nasyp gliniasto-gruzowy, piasek drobnoziarnisty          |
| 8         | 0,48        | 5,50E-06    | piaski i żwiry wodnolodowcowe                                    | gleba, nasyp gruzowy, glina piaszczysta                         |
| 11        | 0,62        | 7,10E-06    | glina zwałowa                                                    | gleba, nasyp piaszczysto-gliniasty, piasek gliniasty            |
| 17        | 0,96        | 1,10E-05    | glina zwałowa                                                    | gleba, nasyp piaszczysto-gliniasty, glina piaszczysta ze żwirem |
| 25        | 2,28        | 2,60E-05    | piaski i żwiry wodnolodowcowe                                    | gleba, nasyp piaszczysty, piasek gruboziarnisty                 |
| 28        | 0,29        | 3,30E-06    | gliny, piaski i żwiry rzeczne + nasypy                           | gleba, nasyp gliniasto-gruzowy                                  |
| 30        | 1,04        | 1,20E-05    | glina zwałowa + nasypy                                           | gleba, nasyp gruzowo-piaszczysty                                |
| 32        | 1,08        | 1,25E-05    | glina zwałowa                                                    | gleba, nasyp piaszczysto-gliniasty, piasek gliniasty            |
| 35        | 2,17        | 2,51E-05    | gliny, piaski i żwiry rzeczne + nasypy                           | gleba, nasyp gruzowo-piaszczysty                                |
| 36        | 0,82        | 9,50E-06    | gliny, piaski i żwiry rzeczne + nasypy                           | gleba, nasyp gruzowo-piaszczysty                                |
| 40        | 1,41        | 1,63E-05    | gliny, piaski i żwiry rzeczne + nasypy                           | gleba, nasyp gruzowo-piaszczysty                                |
| 44        | 0,27        | 3,10E-06    | gliny, piaski i żwiry rzeczne                                    | gleba, glina piaszczysta                                        |
| 48        | 1,16        | 1,34E-05    | gliny, piaski i żwiry rzeczne                                    | gleba, nasyp piaszczysto-gruzowy, piasek gruboziarnisty         |
| 51        | 0,63        | 7,30E-06    | gliny, piaski i żwiry rzeczne na glinie zwałowej                 | nasyp gliniasto-gruzowy, piasek gliniasty                       |
| 55        | 0,77        | 8,90E-06    | gliny, piaski i żwiry rzeczne na glinie zwałowej                 | gleba, nasyp gliniasty, piasek drobnoziarnisty                  |
| 57        | 0,92        | 1,06E-05    | glina zwałowa                                                    | gleba, nasyp gliniasty, piasek drobnoziarnisty                  |
| 59        | 0,94        | 1,09E-05    | gliny, piaski i żwiry rzeczne                                    | gleba, nasyp gruzowo-piaszczysty                                |
| 61        | 1,23        | 1,42E-05    | gliny, piaski i żwiry rzeczne                                    | gleba, nasyp piaszczysto-gliniasty                              |
| 65        | 2,06        | 2,40E-05    | piaski i żwiry wodnolodowcowe                                    | gleba, nasyp gruzowo-piaszczysty, pospółka gliniasta            |
| 68        | 1,32        | 1,50E-05    | mady tarasu zalewowego wyższego II                               | gleba, nasyp piaszczysto-gruzowy, pospółka                      |
| 72        | 2,1         | 2,40E-05    | piaski i żwiry wodnolodowcowe                                    | gleba, piasek średnioziarnisty ze żwirem                        |
| 75        | 1,15        | 1,30E-05    | gliny, piaski i żwiry rzeczne                                    | gleba, piasek drobnoziarnisty                                   |
| 77        | 1,31        | 1,50E-05    | gliny, piaski i żwiry rzeczne                                    | gleba, piasek drobnoziarnisty ze żwirem                         |
| 80        | 2,21        | 2,60E-05    | gliny, piaski i żwiry rzeczne                                    | gleba, piasek średnioziarnisty                                  |
| 81        | 0,53        | 6,10E-05    | gliny, piaski i żwiry rzeczne                                    | gleba, glina piaszczysta ze żwirem                              |
| 86        | 1,01        | 1,20E-05    | glina zwałowa                                                    | gleba, nasyp piaszczysty, piasek gliniasty                      |
| 87        | 0,76        | 8,80E-06    | glina zwałowa                                                    | gleba, piasek gliniasty                                         |
| 92        | 0,7         | 8,10E-06    | gliny, piaski i żwiry rzeczne na glinie zwałowej                 | gleba, piasek gliniasty                                         |
| 95        | 0,43        | 5,00E-06    | mady tarasu zalewowego wyższego II                               | gleba, piasek pylasty                                           |
| 96        | 1,73        | 2,00E-05    | mułki, piaski i żwiry dolin rzecznych i zagłębień bezodpływowych | gleba, pospółka gliniasta                                       |

Tabela 13. Zestawienie badań przepuszczalności metodą Porscheta

Przeprowadzenie płytkich wierceń badawczych oraz analiza dokumentacji archiwalnych wykazały, że w rejonach objętych silną, historyczną urbanizacją nasypy osiagają nawet kilkumetrowe miąższości. Wykonane badania przepuszczalności utworów przypowierzchniowych stanowią pierwsze tego typu badania na obszarze miasta, gdyż do tej pory parametry filtracyjne nasypów antropogenicznych na terenie Wrocławia nie były oznaczane. Występowanie warstw nasypowych odnotowano w 21 z 31 punktów, a ich miąższość wahała się w granicach 30 – 50 cm, przy czym w niektórych miejscach nie przebito się przez grunty nasypowe. Współczynniki filtracji pionowej w zależności od składu litologicznego nasypów osiągały wartości rzędu od 0,29 do 2,28 m/d, co klasyfikuje je w grupie skał o średniej i słabej przepuszczalności według podziału Pazdry (*Pazdro, Kozerski, 1990*) litologicznie odpowiadających piaskom drobnoziarnistym, lessom, piaskom pylastym, piaskom gliniastym i mułom. W miejscach, gdzie pod warstwą gleby nie występowały nasypy, lecz grunty rodzime w postaci piasków średnio i drobnoziarnistych, piasków gliniastych i glin piaszczystych, współczynniki  $k_0$  kształtowały się na podobnym poziomie jak w nasypach nie przekraczając wartości 2,1 m/d. Patrząc na mapę (Ryc. 25) można zauważyć nieznacznie wyższe wartości parametrów przepuszczalności w strefie dolinnej Odry, natomiast mniejsze wartości  $k_0$  dają się zaobserwować na wysoczyznach, przy czym najmniejsze współczynniki występują w części zachodniej. Jest to jednak stwierdzenie zgeneralizowane, od którego zarówno w dolinie jak i na wysoczyznach są wyjątki związane z litologią w badanym punkcie. Ogólnie rzecz biorąc na terenie miasta Wrocławia zdolność infiltracyjna zbadanych utworów przypowierzchniowych wyrażona przez  $k_0$  kształtuje się na poziomie  $10^{-5} - 10^{-6}$  m/s.

Podsumowując obserwacje opisane w niniejszym podrozdziale można stwierdzić, iż zasilanie infiltracyjne z powierzchni terenu na terenie Wrocławia odgrywa rolę drugoplanową i nie stanowi czynnika, który wyraźnie kształtowałby stany wód podziemnych. Średnie zdolności infiltracyjne utworów przypowierzchniowych na terenach niepokrytych materiałami nawierzchniowymi (beton, asfalt itp.) oraz niezabudowanych, w połączeniu z dużą miąższością warstw nasypowych powoduje wydłużenie drogi i utrudnienia dla infiltracji opadów wgląd strefy aeracji.



Ryc. 25. Mapa współczynników filtracji pionowej na tle budowy geologicznej

W powiązaniu z niskimi opadami w latach obserwacyjnych 2004 – 2005 oraz silnym oddziaływaniem rzeki Odry naturalne czynniki klimatyczne i geologiczne na terenie miasta straciły na znaczeniu, jeśli chodzi o determinację dynamiki stanów najpłytszych wód podziemnych.

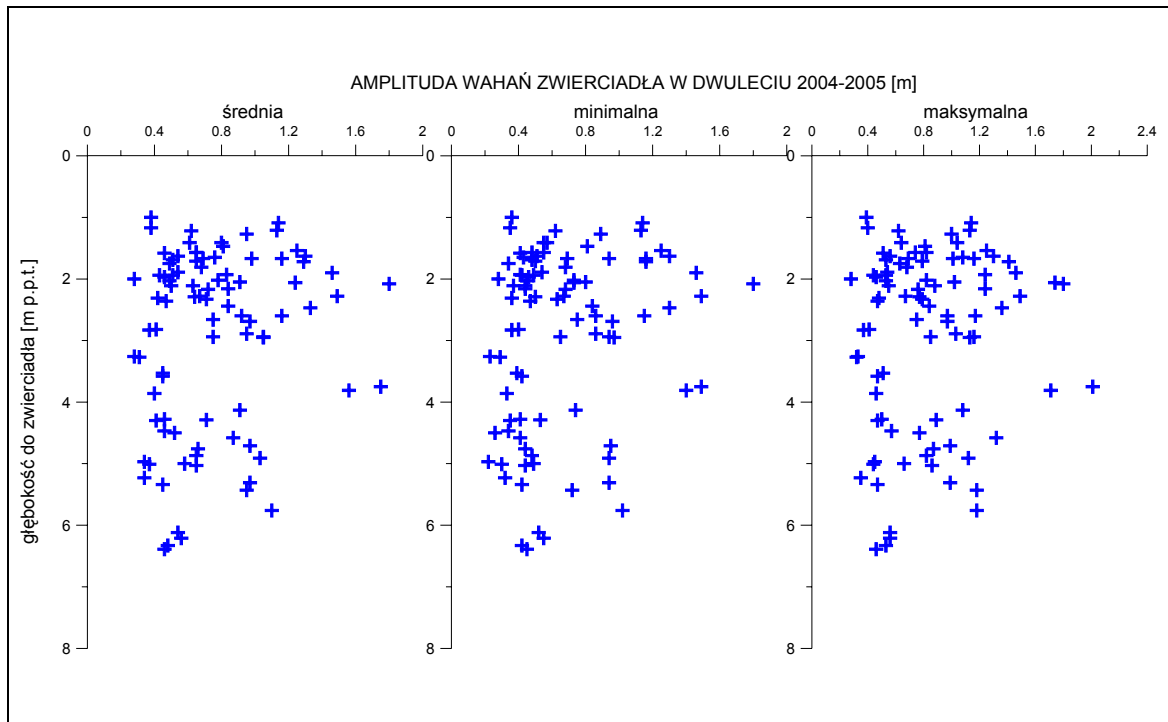
### **7.3. Zależność amplitudy wahań zwierciadła od głębokości jego występowania**

Badania prowadzone na terenie byłego Związku Radzieckiego (*Konoplancew, Siemionow, 1979*) oraz na obszarze niecki lubelsko – radomskiej (*Malinowski, Przytuła, 1991*) dowiodły, że istnieje zależność pomiędzy wielkością rocznej amplitudy wahań zwierciadła wód podziemnych a głębokością jego występowania w wieloleciu. W obu przypadkach obserwowano malejące amplitudy wahań wraz ze wzrostem głębokości do zwierciadła wód podziemnych. Jest to wynikiem wydłużonego czasu i dłuższej drogi dla migrujących wгłęb gruntu opadów.

Opierając się o własne obserwacje położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych zbadano relacje pomiędzy jego średnią głębokością a średnią, minimalną i maksymalną amplitudą roczną wahań z dwulecia. Zauważono, że w otworach, gdzie zwierciadło wód podziemnych badanego poziomu występowało najgłębiej, amplitudy wahań zwierciadła są niewielkie (Ryc. 26). Nie można jednak powiedzieć, aby istniała wyraźna prawidłowość w związku pomiędzy wielkością amplitud a głębokością do zwierciadła. Niewielkie amplitudy, rzędu 0,2 – 0,6 m, równie często charakteryzują otwory o głębokościach do zwierciadła na poziomie jednego, jak i 4-5 m, natomiast amplitudy w punktach, gdzie zwierciadło jest najgłębiej (6-7 m) nie są wcale amplitudami najniższymi.

Można zatem stwierdzić, że kolejny czynnik, który w warunkach naturalnych determinuje wielkość amplitudy wahań zwierciadła i który wpływa na dynamikę zmian położenia zwierciadła wód podziemnych, w warunkach miejskich traci na znaczeniu ustępując miejsca innym czynnikom.





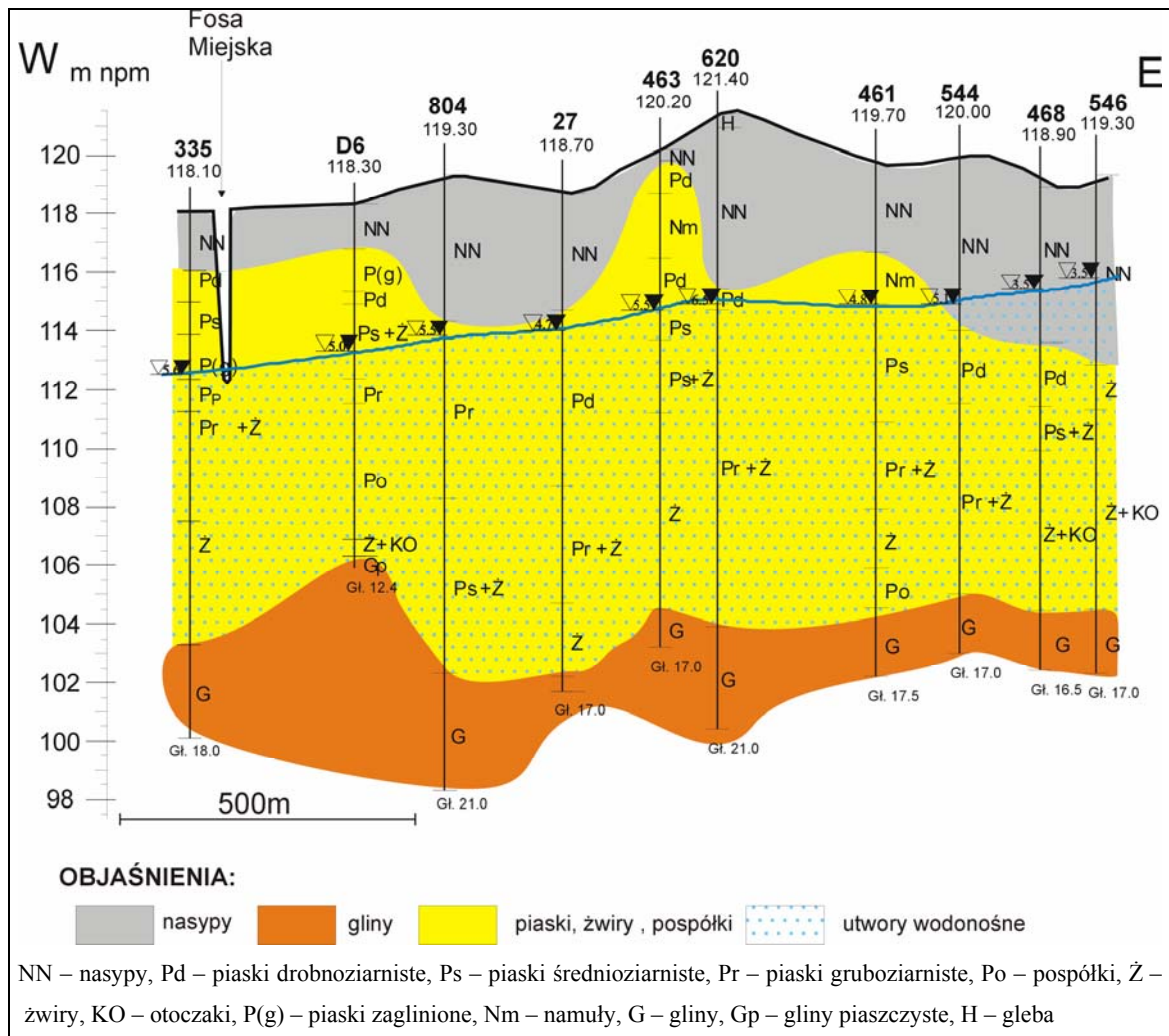
Ryc. 26. Zależność amplitudy wahań zwierciadła wód podziemnych obserwowanego poziomu od głębokości do zwierciadła

#### 7.4. Związki hydrauliczne z niżejleżącym piętrzem wodonośnym mioceno/pliocenem i ich wpływ na wahania pierwszego zwierciadła

Przesięganie wód z sąsiednich poziomów wodonośnych, których wody są pod wyższym ciśnieniem, często wpływa na położenie zwierciadła wód pierwszego poziomu wodonośnego i stanowi jedną ze składowych jego zasilania (Pazdro, Kozerski, 1990). Charakter kontaktów hydraulicznych sąsiadujących ze sobą pięter, poziomów i warstw wodonośnych w głównej mierze zależy od ciśnień hydrostatycznych w obu piętrach, litologii i miąższości warstwy rozdzielającej, istnienia okien hydrogeologicznych czy dróg uprzywilejowanego przepływu (np. uskoki). Kontakty te mogą mieć charakter ascenzyjny (wody wstępujące z poziomów niżejleżących) bądź descenzyjny (wsiąkanie wód z poziomów położonych wyżej do poziomów niższych).

Na przeważającej powierzchni miasta wody pierwszego poziomu wodonośnego są oddzielone od wód niżejleżącego poziomu – wg dawnego podziału trzeciorzędowego – kilkudziesięciometrową warstwą utworów słabo przepuszczalnych (Ryc. 27) w postaci glin, mułków i ilów. Wody starszego poziomu wodonośnego występują na głębokościach około 100 m i są pod wysokim ciśnieniem, które w latach obecnych

ulega zwiększeniu, w związku z odbudową zwierciadła wskutek zmniejszenia eksploatacji jego wód. Sprawia to, iż zachodzi możliwość ascenzyjnego przesiąkania wód poziomu mioceńsko/plioceńskiego do poziomu holoceniśko/plejstoceniśkiego, chociaż istnieje powszechny pogląd, iż wody piętra „trzeciorzędowego” na terenie Wrocławia są częściowo zasilane właśnie wodami pierwszego poziomu wodonośnego (Żuk, 2000).

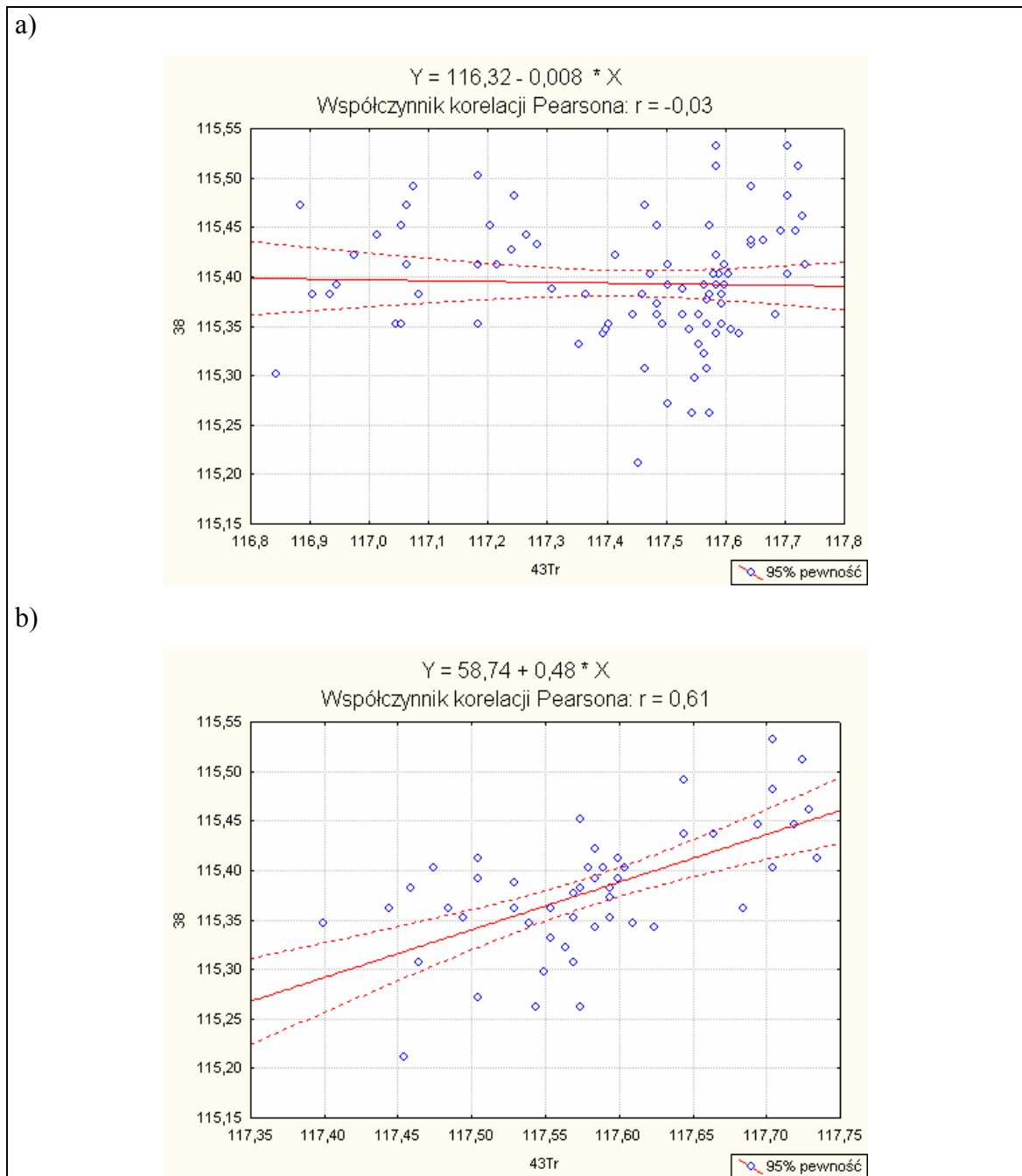


**Ryc. 27. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny w rejonie centrum Wrocławia**  
(źródło danych RBDH HYDRO)

W celu określenia ewentualnych kontaktów wód w obu poziomach, równoległe z pomiarami pierwszego zwierciadła wód podziemnych prowadzono obserwacje zwierciadła poziomu „trzeciorzędowego” w czterech punktach. Dwa z nich położone były w dolinie Odry (nr 34 i nr 43), a dwa w obrębie wysoczyzny północnej (nr 56 i nr 58). Zbadano analogie w przebiegu i kształcie hydrogramów wód w obu poziomach

oraz korelacje statystyczne pomiędzy stanami tych wód biorąc pod uwagę otwory położone w sąsiedztwie studni „trzeciorzędowych”.

Jak widać z przykładowego hydrogramu (Ryc. 29) wody podziemne obu sąsiadujących ze sobą poziomów na pierwszy rzut oka wykazują reżim niezależny od siebie. W momentach wzniosów zwierciadła pierwszego poziomu, wody głębsze



**Ryc. 28. Wykresy rozrzutu dla korelacji stanów wód podziemnych w punktach 38 i 43: a) dla dwulecia 2004-2005, b) dla roku 2005**

obniżają swoje położenie. Podobieństwo krzywych zwierciadła można jedynie obserwować miejscami, w bardzo krótkich odcinkach czasowych roku hydrologicznego 2005. Nie jest to zupełnie przypadkowe, gdyż sytuacja taka została zaobserwowana we wszystkich czterech badanych przypadkach. Analizę hydrogramu przeprowadzono także uwzględniając opóźnienia wynikające z czasu koniecznego na przesiąknięcie wód przez strefę rozdzielającą, jednakże rezultat był podobny – nie zauważono podobieństwa w rytmice zmian zwierciadła. Może to nasuwać podejrzenie, iż charakter kontaktów hydraulicznych pomiędzy poziomami jest zmienny w czasie i uzależniony od warunków lokalnych oraz układu ciśnień hydrostatycznych. Potwierdzeniem tego może być analiza statystyczna, na podstawie której również nie można sformułować jednoznacznego wniosku o niezależności reżimu wód w tych dwóch poziomach wodonośnych. Wzajemne współczynniki korelacji pomiędzy studniami założonymi w utworach miopliocenu są bardzo wysokie (od 0,7 do 0,98), co może wskazywać na istnienie bardzo dobrych kontaktów pomiędzy poszczególnymi nieciągłymi (Żuk, 2000) warstwami w obrębie poziomu wodonośnego miopliocenu. Analiza korelacji stanów wód podziemnych w pierwszym poziomie wodonośnym z wodami poziomu „trzeciorzędowego” dla całego dwulecia obserwacyjnego i poszczególnych lat hydrologicznych daje zgoła rozbieżne wyniki. Biorąc pod uwagę cały okres prowadzonych badań oraz wydzielony rok 2004 współczynniki korelacji liniowej Pearsona nie wykazują istotności z  $p < 0,05$ , a ich wartości nie przekraczają 0,3, częściej oscylując w granicach -0,1 do 0,2. Wskazywałoby to na niezależność stanów zwierciadła w obserwowanych poziomach wodonośnych. Dla roku 2005 natomiast korelacje wzrastają nawet kilkunastokrotnie w jednym punkcie (rys) do  $r = 0,6$ , co z kolei dowodzi istnienia związku między wodami obu poziomów.

Na podstawie powyższych wyników nie jest możliwe sformułowanie jednoznacznego wniosku dotyczącego kontaktów hydraulicznych między pierwszym poziomem wodonośnym, a wodami piętra „trzeciorzędowego”. Nie można wykluczyć, że pomimo miąższej warstwy rozdzielającej obie struktury wodonośne, kontakty hydrauliczne zachodzą w obie strony, w zależności od aktualnego układu ciśnień piezometrycznych. Poziom „czwartorzędowy” może zatem być zarówno pośrednim źródłem zasilania dla poziomu miopliocenijskiego, jak i może być zasilany wodami starszego poziomu, co odpowiednio powinno wpływać na położenie zwierciadła w najpłytszym poziomie.



**Ryc. 29. Hydrogram wód poziomu mioceńsko/pliocenckiego (punkt nr 34) w odniesieniu do wód poziomu holoceno/plejstoceno (punkt nr 35)**

Aby dokładnie sprecyzować i oszacować tę zależność należałoby dysponować częstszymi obserwacjami z dłuższego okresu niż dwa lata oraz rozpoznać parametry filtracyjne utworów rozdzielających, żeby określić czas potrzebny na przesiekanie wód pod ciśnieniem zarówno w jedną jak i w drugą stronę. W prawidłowej ocenie związków między poziomami pomogłyby też badania hydrogeochemiczne.

\*\*\*

Podsumowując wyniki badań mające na celu określenie wpływu czynników naturalnych na położenie zwierciadła wód podziemnych pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego należy stwierdzić, że dominującym elementem, który kształtuje reżim płytkich wód podziemnych we Wrocławiu jest rzeka Odra ze swoimi licznymi odnogami i kanałami. Pozostałe czynniki, których udział w kształtowaniu dynamiki stanów wód podziemnych w warunkach niezaburzonych działalnością człowieka jest bardzo znaczący, na terenie miasta tracą swoją pozycję na rzecz innych czynników, niekoniecznie pochodzenia naturalnego. Należy również zaznaczyć, że pomimo zakwalifikowania rzeki Odry do czynników naturalnych, jej pierwotna rola została zmieniona na obszarze Wrocławia przez antropogeniczne zabiegi hydrotechniczne, o czym będzie mowa w dalszej części pracy. Obecnie dolina Odry jest strefą drenażu o zaburzonym charakterze noszącym znamiona przeobrażeń hydrotechnicznych.

## **8. Analiza wpływu czynników antropogenicznych na wahania pierwszego zwierciadła wód podziemnych w obszarze badań**

Coraz częściej wody podziemne znajdujące się w warunkach silnej antropopresji, związanej z górnictwem, przemysłem czy też urbanizacją, stają się przedmiotem badań jakościowych, jak i ilościowych zarówno w Polsce, jak i na świecie (*Cronin et al., 2003; Kowalczyk 2003; Absalon, 1998; Rejman, 1997; Roszak, 1996; Bocheńska, 1988*). Dzieje się tak głównie dlatego, że czynniki, które determinują reżim i chemizm wód podziemnych są zupełnie odmienne od tych w środowisku naturalnym oraz są trudne do zbadania i identyfikacji.

W sferze dynamiki stanów wód podziemnych zjawisko wciąż rozpoznawane stanowi wpływ wielkich miast na drenaż i zasilanie poziomów wodonośnych (*Kim et al., 2001; Kittu et al., 1999; Lerner, Barrett, 1996; Lerner et al., 1993*). Mnogość elementów, które kształtują stany wód podziemnych płytkich poziomów wodonośnych na obszarach zurbanizowanych sprawia, że jest to zagadnienie skomplikowane i wymagające wieloletnich, często kosztownych, badań z zastosowaniem nowoczesnych technologii. Nierzadko pomocą służy hydrogeologiczne modelowanie numeryczne (*Bocheńska et al., 2003; Gurwin, 2000; Crowe et al., 1999; Kajewski et al. 1992*).

Niniejszy rozdział jest próbą skompensowania i opisanie czynników, które w obszarze zurbanizowanym, takim jak miasto Wrocław, mogą mieć bezpośredni lub pośredni wpływ na charakter i wielkość wahań zwierciadła pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego. Zwrócono tu między innymi uwagę na regulację cieków, zabiegi inżynieryjno-budowlane, zagospodarowanie terenu czy podziemną infrastrukturę wodno – kanalizacyjno – ciepłowniczą.

### **8.1. Piętrzenie wód powierzchniowych i kanalizacja cieków**

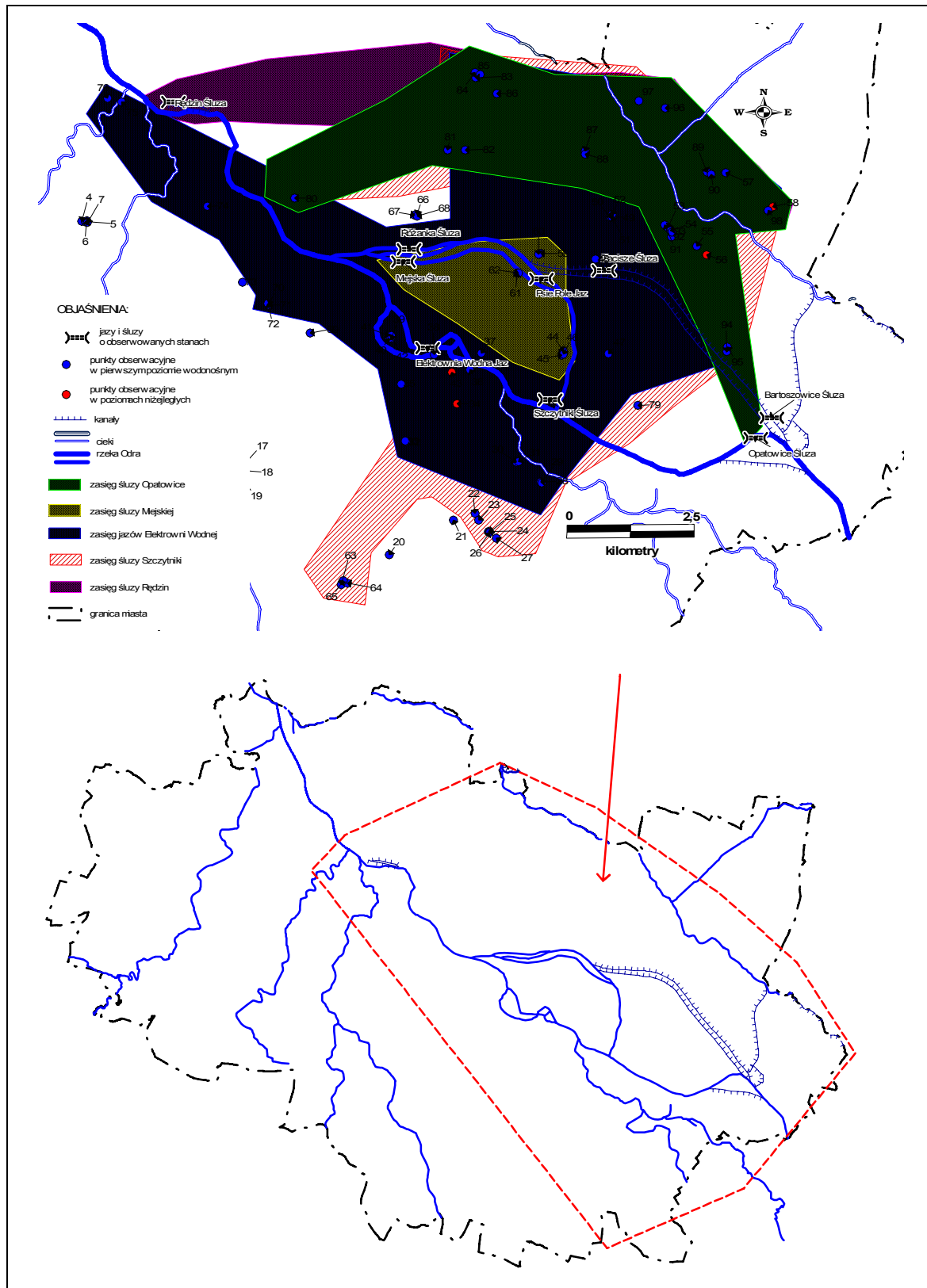
Biorąc pod uwagę naturalne czynniki wpływające na wahania najpłytszego zwierciadła wód podziemnych we Wrocławiu, największe znaczenie mają stany wód w rzece Odrze. Jednakże na odcinku miejskim Odra jest regulowana i piętrzona, a co za tym idzie jej stany są sztucznie utrzymywane, sprawiając iż rytm wahań rzeki jest uzależniony od zabiegów antropogenicznych. Zadanie utrzymania wymaganego poziomu wody leży na barkach zespołu urządzeń hydrotechnicznych wybudowanych w

latach 1905 – 1920, zwanych Wrocławskim Węzłem Wodnym (WWW). W skład WWW wchodziły liczne śluzy, jazy i kanały, które spełniają dwie podstawowe funkcje – przeciwpowodziową i żeglugową. Taki stan rzeczy powoduje, że naturalny, drenujący charakter Odry, w jej środkowym biegu na obszarze miasta uległ zmianie i w tej części rzeka ta zasila wody podziemne.

W oparciu o dane dotyczące stanów i piętrzenia wody w Odrze na śluzach Bartoszowice, Zacisze, Różanka, Szczytniki, Miejskiej i Rędzinie oraz na jazach Opatowice, Psie Pole i Elektrowni Wodnej dokonano korelacji stanów wód na poszczególnych budowlach hydrotechnicznych ze stanami zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego oraz określono przestrzenny zasięg wpływu piętrzenia Odry na wody podziemne.

Najwyższe współczynniki korelacji w największej liczbie punktów obserwacyjnych odnotowano w przypadku Śluzy Szczytniki oraz Śluzy Rędzin, Jazów Elektrowni Wodnej i Opatowickiego (Załącznik 6). Pozostałe obiekty wpływają na wody podziemne lokalnie, bądź ich słabe związki z wodami podziemnymi wynikają z dominacji piętrzenia na trzech wcześniej wymienionych obiektach i nakładania się na siebie wpływów poszczególnych śluz i jazów. Współczynniki korelacji istotne z bardzo wysokim prawdopodobieństwem ( $p < 0,001$ ) przyjmują wartości dodatnie na poziomie ok. 0,4 do 0,9, które wskazują na istnienie ścisłych związków piętrzonych wód Odry z płytkimi wodami powierzchniowymi. Współczynniki korelacji Pearsona o wartościach bliskich 0 oraz ujemnych świadczą o braku relacji między wodami podziemnymi i powierzchniowymi na badanym obszarze.

Na podstawie analizy współczynników korelacji sporządzono mapę zasięgu poszczególnych budowli piętrzących (Ryc. 30). Jak można zauważyć największą obszarowo strefę wpływów mają jazy elektrowni wodnej, gdzie różnica w poziomach między górnym i dolnym stanem wynosi często ponad 5 metrów, oraz Śluza Szczytniki, której wpływ na wahania zwierciadła wód podziemnych w części północno – wschodniej i południowej miasta jest znacznie silniejszy niż jazów elektrowni. Jest to zgodne z wynikami badań Kowalskiego (1984), który stwierdził, że warunki wodno – gruntowe w znacznej części miasta są kształtowane przez stany wód powierzchniowych piętrzonych właśnie na powyższych dwóch obiektach. Oddziaływanie pozostałych budowli ma nieco mniejszy zasięg, jednakże lokalnie zaznacza się bardzo wyraźnie.

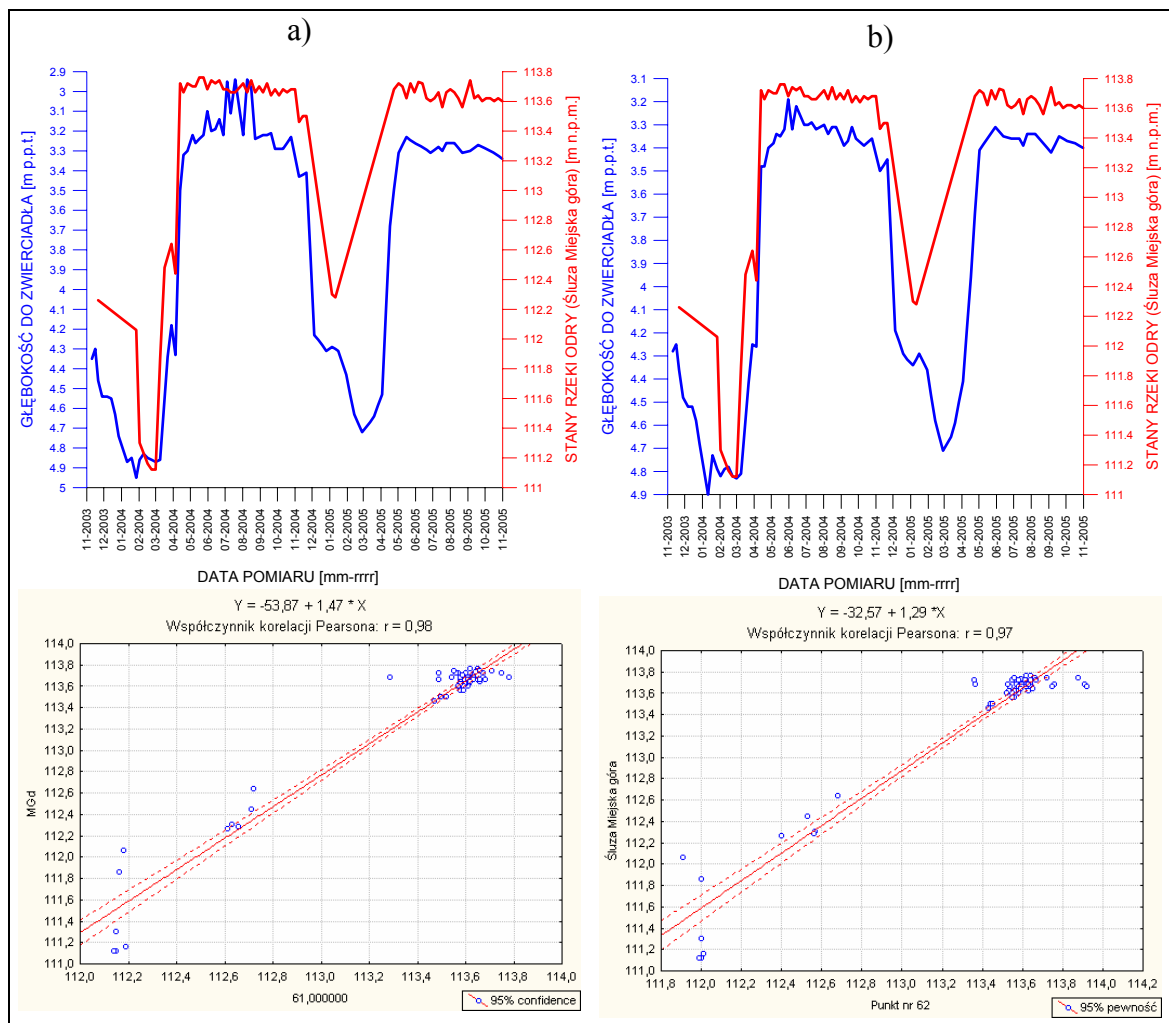


Ryc. 30. Mapa zasięgu wpływów budowli piętrzących wody Odry na płytkie wody podziemne

Pod najsilniejszym wpływem wód piętrzonej Odry znajdują się północno – wschodnie, prawobrzeżne tereny Wrocławia, zwłaszcza okolice Nadodrza, Biskupina, a



nawet Psiego Pola i Zakrzowa oraz obszary lewobrzeżne w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki. Na odcinku miejskim, pomiędzy Jazem Opatowice a jazami elektrowni Odra jest rzeką infiltrującą. Ułatwiony odpływ w tereny prawobrzeżne, wynikający z różnic w poziomie wody między kanałami i korytem Odry oraz korzystnymi warunkami geologicznymi, sprawia, że stany wód podziemnych na tych obszarach wyjątkowo wyraźnie naśladują rytm wahań w rzece. Dodatkowo wody te zalegają stosunkowo płytko, co w dużym stopniu jest spowodowane wpływem piętrzonej rzeki, i sprawiają, że warunki gruntowo – wodne nie są tu korzystne dla budownictwa.



**Ryc. 31. Przykład silnego związku wód podziemnych z regulowanymi stanami Odry**  
a) w punkcie nr 61, b) w punkcie nr 62

Wielkości amplitud wahań oraz stanów charakterystycznych wód podziemnych przy projektowaniu i planowaniu prac ziemno – budowlanych jest niezwykle istotnym zagadnieniem, którego znajomość pozwala na uniknięcie np. niespodziewanego zalania wykopów, czy już gotowego obiektu. Ważne też jest rozpoznanie związków wód

powierzchniowych z wodami podziemnymi, co widać na powyższym przykładzie (Ryc. 31). Punkty nr 61 i 62 położone są w bliskim sąsiedztwie Kanału Miejskiego Starej Odry, który okresowo jest suchy, a okresowo wypełniany wodą. Regulacja stanów w kanale sięgająca różnicy ponad 2 metrów niemal natychmiast wywołuje podobne zmiany w stanach wód podziemnych, co przejawia się w wysokich współczynnikach korelacji (0,97 – 0,98). W okresie obserwacyjnym dwukrotnie, na przełomie miesięcy luty/kwiecień, koryto kanału było prawie osuszane, co automatycznie powodowało wzrost głębokości zalegania wód podziemnych w jego sąsiedztwie. W okresach napełniania kanału wody podziemne podnosiły się niemal równocześnie ze wzrostem poziomu wody w cieku. Amplituda wahań wywołana sztuczną regulacją przepływu w kanale wynosiła w obu punktach blisko 2 metry i występowała na przestrzeni jednego miesiąca. Nieuwzględnienie przy pracach projektowych tak nagłych i znacznych, okresowych zmian w położeniu wód podziemnych mogłoby nieść ze sobą katastrofalne skutki.

Przykład ten pokazuje, jak ogromny wpływ na stosunki wodne i położenie pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia ma regulacja i piętrzenie Odry. W większości skutki piętrzenia są niekorzystne dla infrastruktury i budownictwa miejskiego, co potwierdzają prowadzone na terenie miasta badania modelowe (*Worsa-Kozak, 2004a; Bocheńska et al., 2003; Broś, Kowalski, 1993; Kajewski et al., 1992*). Wynika z nich, że gdyby obniżono piętrzenie na jazach elektrowni o ok. 0,5 – 1 metra, to można by uniknąć problemów z podtopieniem wielu zabytkowych budowli w rejonie Starego Miasta i zrezygnować z odwadniania niektórych przejść podziemnych. Likwidacja piętrzenia Odry w centrum miasta wg badań modelowych mogłaby doprowadzić do obniżenia się zwierciadła wód podziemnych w niektórych miejscach nawet o ponad 2 – 3 metry (*Bocheńska et al., 2003*), co diametralnie zmieniłoby kształt zwierciadła i układ hydrodynamiczny na terenie całego miasta.

Podsumowując nasuwa się wniosek, że nie tyle sama rzeka Odra jest głównym czynnikiem warunkującym stany wód podziemnych, ile antropogeniczne zabiegi hydrotechniczne. Utrzymują one wysoki poziom wody w Odrze tym samym powodując zwiększenie strefy jej wpływu na wody podziemne. Trudniejsze warunki do infiltracji wód rzecznych panujące w lewobrzeżnej części miasta w połączeniu z licznymi kanałami i odnogami Odry w części prawobrzeżnej sprawiają, że wody podziemne północno – wschodnich dzielnic Wrocławia szybciej i intensywniej reagują na zmiany

poziomu wody w rzece wiernie odzwierciedlając rytmikę i wielkość wahań wód powierzchniowych.

## 8.2. Zagospodarowanie przestrzenne powierzchni terenu

Sposób zagospodarowania i pokrycia terenu w warunkach miejskich odgrywa istotną rolę w kształtowaniu wielkości zasilania infiltracyjnego (*Vasquez-Sune et al., 2005; Wąsik, 2003, Menegasse et al., 1999*). Jak wykazano we wcześniejszych rozdziałach, infiltracja opadów na terenie Wrocławia odgrywa rolę minimalną w zasilaniu pierwszego poziomu wodonośnego. Jedną z przyczyn takiego stanu może być właśnie pokrycie terenu materiałami izolującymi, takimi, które teoretycznie są nieprzepuszczalne dla wody.

Miasto Wrocław, patrząc na jego powierzchnię w granicach administracyjnych, jest miastem „zielonym”, gdzie na ogromnej przestrzeni spotykane są jeszcze pola uprawne, nieużytki, łąki i lasy bądź parki. W ogólnej powierzchni miasta wg danych GUS za rok 2004 (Tabela 14) największy udział mają użytki rolne, które zajmują blisko połowę obszaru administracyjnego Wrocławia. Dokładnie taką samą powierzchnię – 44,8 % – łącznie obejmują swym zasięgiem tereny osiedlowe, komunikacyjne, przemysłowe i o różnym wykorzystaniu. Pozostałe kilka procent przestrzeni jest zajęta głównie przez lasy i zadrzewienia, wody i nieużytki. Taki stosunek powierzchniowy terenów zurbanizowanych do obszarów niezabudowanych wynika ze stopniowego powiększania się miasta i wchłaniania w swoje granice przyległych obszarów wiejskich wraz z całą wiejską strukturą zagospodarowania terenu. Zjawisko to było intensywne w latach 50. i 70. XX wieku. Obecnie obserwuje się ekspansję terenów miejskich, zwłaszcza zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej niskiej i budownictwa jednorodzinnego, na obszary graniczne z każdej strony miasta. Powoduje to stopniowe zmniejszanie się użytków rolnych i nieformalne powiększanie się obszaru miasta wraz z powstawaniem sieci wodno-kanalizacyjnych i drogowych. Należy jednak zauważyć, że stricte miejska zabudowa, wraz z całą infrastrukturą, dominuje w części centralnej i południowej (najstarsze dzielnice Wrocławia, tj. Stare Miasto, Śródmieście, Krzyki, Biskupin oraz dzielnice „młode” związane z budownictwem „wielkopłytyowym”). Taki, a nie inny układ obszarów zurbanizowanych (Ryc. 36) powoduje koncentrację i nasilenie działania w tych miejscach czynników antropogenicznych mających pośredni i bezpośredni wpływ na stany wód podziemnych, a w szczególności pokrycie terenu materiałami szczelnymi oraz trudno przepuszczalnymi dla wody. Z jednej strony

ogranicza to w znaczny sposób możliwość infiltracji opadów i wód roztopowych do warstwy wodonośnej, a z drugiej strony wpływa na zmniejszenie parowania wody z głębi gruntu i z warstwy wodonośnej.

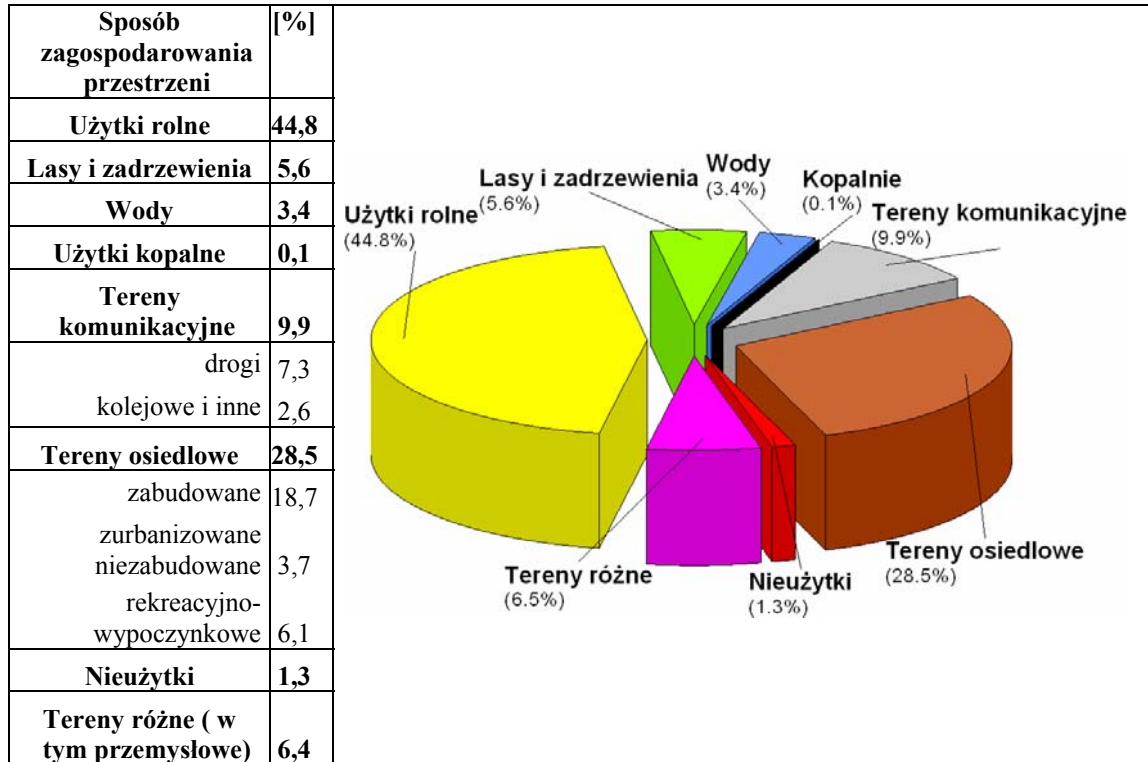
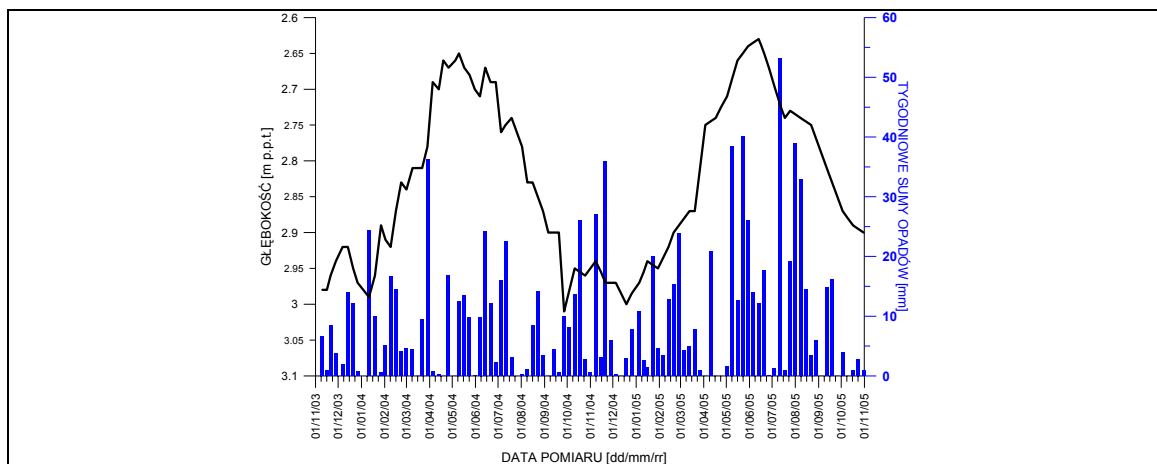


Tabela 14. Struktura wykorzystania powierzchni miasta (wg Rocznik Statystyczny Wrocławia, 2004)

Spośród otworów obserwacyjnych 85% znajdowało się w obszarach gęstej zabudowy, na terenach przemysłowych bądź usługowych (stacje paliw). Tylko nieliczne punkty były zlokalizowane w rejonach, gdzie dominującą formą zagospodarowania przestrzeni była zieleń (parki, łąki, ogrody), ale również one ulegały wpływom silnej antropopresji, co można zauważyć na poniższych przykładach.

Punkt nr 4 zlokalizowany jest na ogródkach działkowych w północno-zachodnich rejonach miasta (Ryc. 36). Studnia pomiarowa nie była wykorzystywana w okresie obserwacji do celów gospodarczych, natomiast rytm wahań zwierciadła w tym otworze odzwierciedlał wzmożony pobór wód podziemnych w celach ogrodniczych na sąsiednich działkach. Widoczne to było zwłaszcza w okresach czerwiec/lipiec (Ryc. 32), gdy corocznie odnotowywane było stopniowe, krótkookresowe obniżenie zwierciadła. Wywiad środowiskowy wśród użytkowników ogródków potwierdził fakt częstszego nawadniania upraw w tym okresie. Pomimo, iż powierzchnia terenu w tym rejonie nie jest pokryta materiałami trudno przepuszczalnymi, to nie zaobserwowano

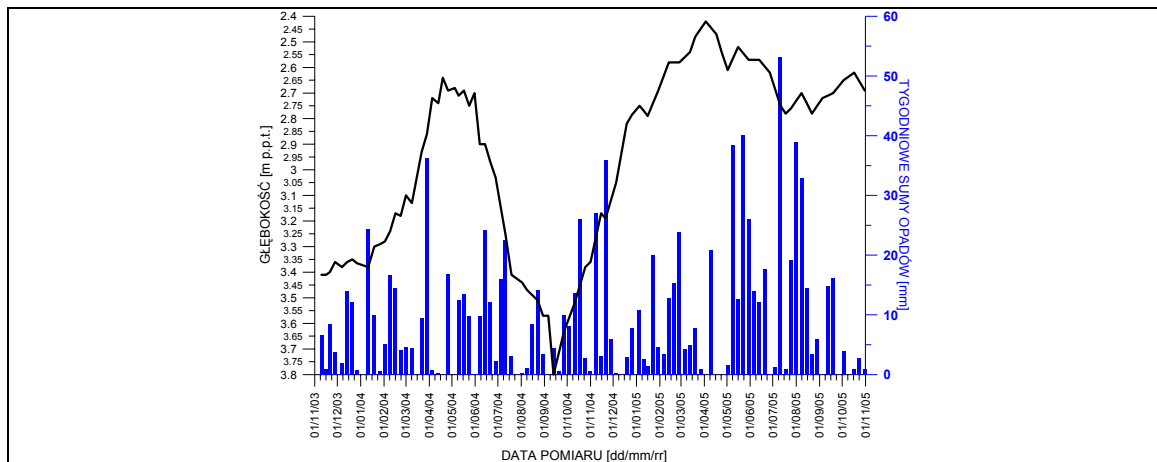
znaczących związków położenia zwierciadła wód podziemnych od wielkości opadów atmosferycznych. Chociaż infiltracja nie jest tu utrudniona, to jednak opad nie zawsze dociera do warstwy wodonośnej, gdyż w okresie wegetacyjnym jest w całości konsumowany przez uprawianą w ogródkach roślinność. Według Brechtela (*vide Kowalski, 1987*) infiltracja efektywna na Nizinie Renu – Menu (Niemcy) na obszarach użytków zielonych i zakrzewionych osiąga zaledwie 15 – 25 % w skali roku, co tłumaczyłoby słaby związek wód podziemnych z opadami, zwłaszcza w latach suchych, do których można zaliczyć opisywany okres obserwacyjny.



**Ryc. 32. Hydrogram na tle opadów atmosferycznych -punkt nr 4 – ogródki działkowe**

Podobną sytuację zaobserwowano na terenach parków miejskich – m. in. punkty 62, 63, 64 i 47. Również tutaj nie odnotowano związków pomiędzy opadem a położeniem pierwszego zwierciadła wód podziemnych, natomiast zauważono istotny wpływ lokalnych czynników antropogenicznych na kształt hydrogramu. W Parku Południowym na przykład (Ryc. 33) wystąpiło znaczące obniżenie się zwierciadła obserwowanego poziomu w okresie lipiec – październik 2004 roku, które było związane z prowadzonymi w pobliżu punktów pomiarowych pracami budowlanymi i odwadnianiem wykopów. Innego typu zakłócenia rytmu wahań miały miejsce na obszarze Parku Szczytnickiego, gdzie głównym sprawcą zmian położenia zwierciadła były zabiegi hydrotechniczne związane z okresowym wypełnianiem i osuszaniem Kanału Miejskiego oraz dużymi wahaniami poziomu wody w korycie Starej Odry. Na przytoczone czynniki antropogeniczne nałożyło się także zwiększone zapotrzebowanie na wodę roślinności w okresach wegetacyjnych, co w powiązaniu z niewielką ilością opadów sprawiło, że infiltracja z powierzchni terenu była w czasie badań niewielka –

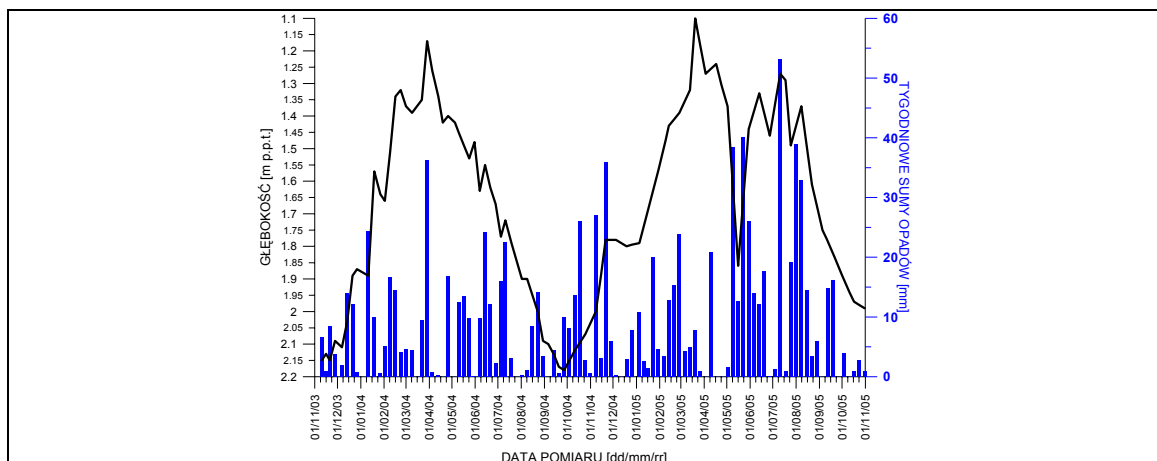
według Brechtela (*vide Kowalski, 1987*) na obszarach zadrzewionych wartość efektywnej infiltracji może spaść nawet poniżej 10%.



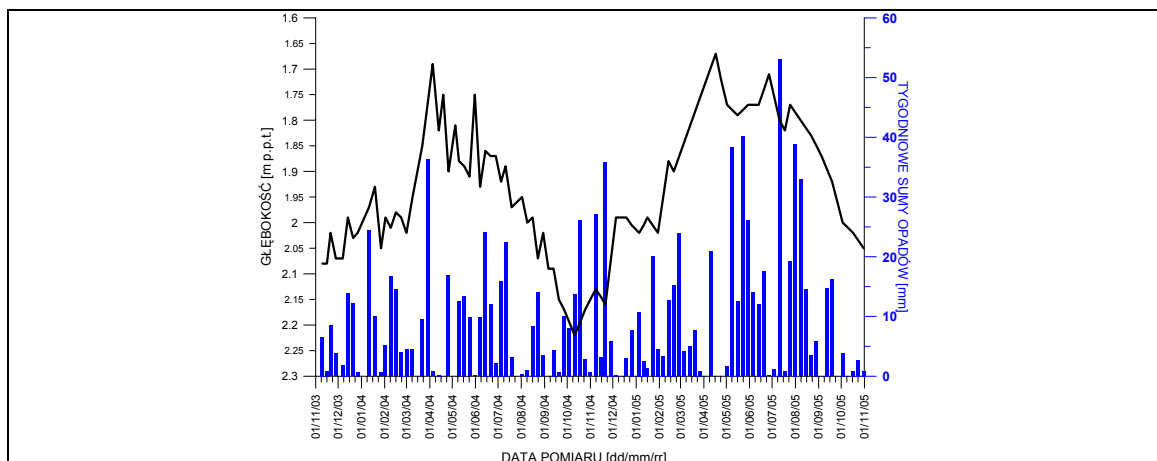
**Ryc. 33. Hydrogram na tle opadów atmosferycznych -punkt nr 63 – park miejski**

Na wrocławskich przedmieściach, zwłaszcza w rejonie północnym, północno – wschodnim i północno – zachodnim, dominuje mieszany sposób zagospodarowania przestrzeni. Znajdują się tu często nieużytki bądź rolnicze formy wykorzystania terenu, a luźna zabudowa nawiązująca do niedawnej wiejskiej przeszłości nie powinna stanowić zbyt wielkiej bariery dla wsiąkających wód opadowych. W tych miejscach oczekiwano, że opady atmosferyczne zaznaczą wyraźnie swoją składową w hydrogramach wód podziemnych. Tak się jednak nie stało. Statystyczne związki pomiędzy opadami a położeniem zwierciadła wód podziemnych okazały się nieistotne, lub było ich całkowicie brak, co również widać przy analizie hydrogramów (Ryc. 34, Tabela 15 -2 i 4). Na terenach tych widoczny jest jednak także wpływ lokalnych działań antropogenicznych związanych z okresowym wykorzystywaniem pierwszego poziomu wodonośnego do celów gospodarczych, czy długofalowymi zabiegami inżynierskimi związanymi ze zmianą formy zagospodarowania terenu z nieużytków na osiedla mieszkaniowe. Powstawanie nowych, dużych osiedli mieszkaniowych w brzeżnych częściach miasta jest coraz częstsze i powoduje znaczne zmiany w strukturze użytkowania terenu. Pokrycie obszarów do tej pory porośniętych niską roślinnością trawiastą materiałami słabo przepuszczalnymi dla wody i powstawanie całej infrastruktury technicznej związanej z urbanizacją terenów niemal wiejskich powoduje, że opady przestają odgrywać jakąkolwiek rolę w zasilaniu płytkich wód podziemnych na obszarze miasta. Dużą rolę zmiany użytkowania terenu w kształtowaniu zasilania powierzchniowego oraz stanów wód podziemnych podkreślali Foster (*Foster et al.,*

1999; Foster, 1990) i Lerner (2002) zauważając, że urbanizacja ogranicza niemal do 0 wpływ naturalnych czynników na wody podziemne. Łatwo zauważyć podobieństwo w kształcie krzywych pierwszego zwierciadła na obszarach poddanych urbanizacji stosunkowo niedawno i w terenach będących obszarami miejskimi od kilku wieków (Ryc. 34 i Ryc. 35), gdzie o urbanizacji stanowi nie tylko infrastruktura inżynieryjno-techniczna i pokrycie terenu, ale także trwałe zmiany antropogeniczne w budowie geologicznej sięgające miejscami nawet kilkunastu metrów.

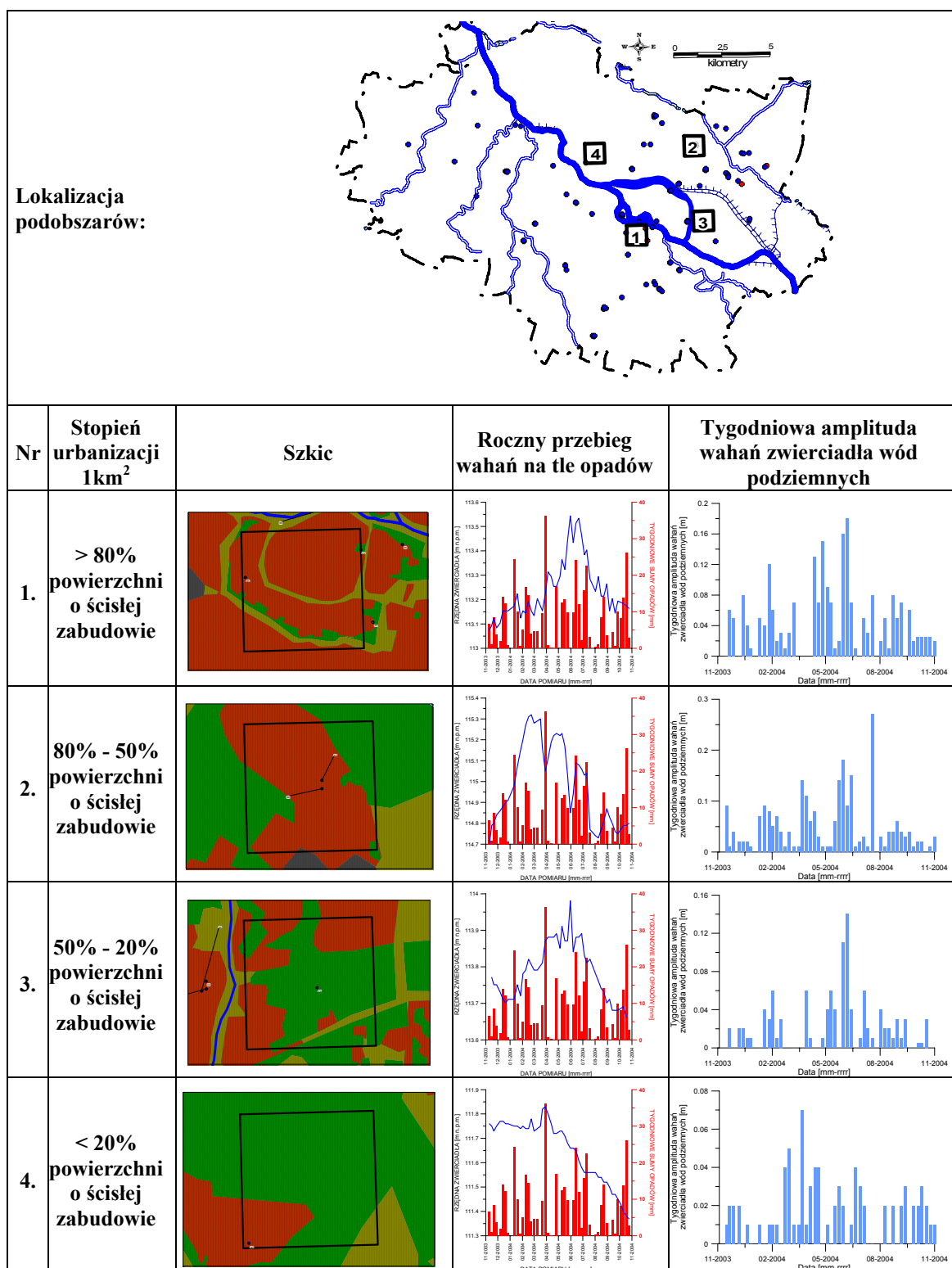


**Ryc. 34. Hydrogram na tle opadów atmosferycznych -punkt nr 53 – północno-wschodnie przedmieścia Wrocławia**



**Ryc. 35. Hydrogram na tle opadów atmosferycznych -punkt nr 33 – centrum miasta**

Na terenie miasta wyznaczono 4 przykładowe poligony o powierzchni 1 km<sup>2</sup> charakteryzujące się różnym stopniem urbanizacji (Tabela 15). Zaobserwowano, że studnie znajdujące się w poszczególnych obszarach wykazywały nieco różną rytmikę i częstotliwość wahań, jednak w żadnym przypadku nie odnotowano istotnego wpływu opadów na położenie pierwszego zwierciadła. Ponadto zauważono, że tygodniowe



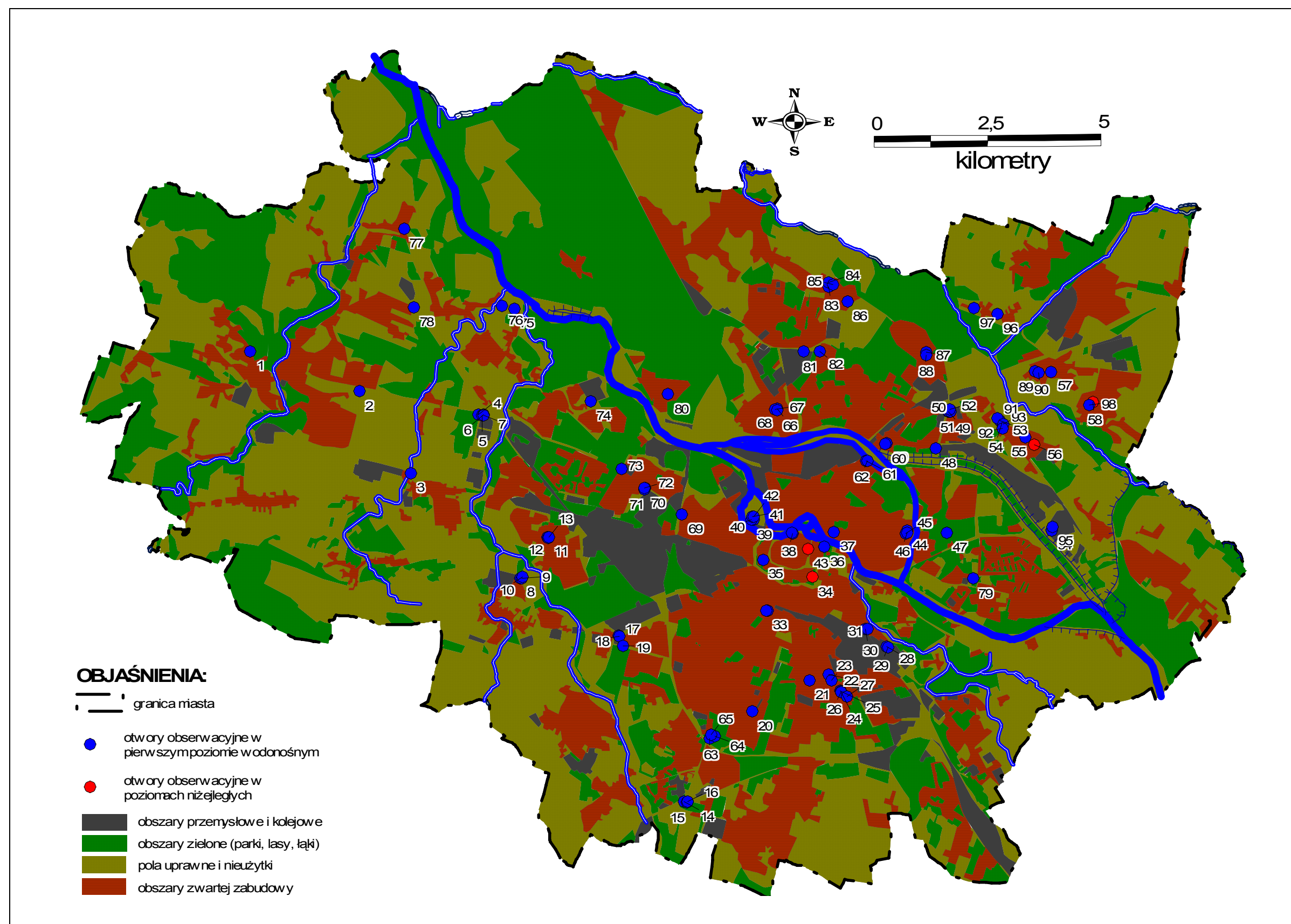
**Tabela 15.** Stopnie urbanizacji terenu wraz z przykładowymi wahaniami zwierciadła wód podziemnych na tle opadów atmosferycznych w poszczególnych obszarach w roku hydrologicznym 2004

amplitudy wahań zwierciadła były do siebie zbliżone wielkościami i kształtowały się na poziomie maksymalnym 0,1-0,3 m.



Podsumowując niniejsze rozważania można stwierdzić, że urbanizacja związana z pokryciem terenu materiałami trudno przepuszczalnymi dla wody i z kanalizacją obszarów wpływa zdecydowanie na ograniczenie wielkości zasilania infiltracyjnego niwelując tym samym bezpośredni wpływ opadów atmosferycznych na położenie płytkiego zwierciadła wód podziemnych. Według długoletnich badań nad zasilaniem poziomów wodonośnych w terenach miejskich prowadzonych w Niemczech, Wielkiej Brytanii i Australii można nawet pokusić się o stwierdzenie, że bezpośrednie zasilanie opadami może być ograniczone do 0 (*Lerner, 2002; Foster et al., 1999; Foster, 1990; Grischek et al., 1996; Appleyard, 1995*). Jednocześnie miejska forma zagospodarowania terenu powoduje wzrost wielkości spływu powierzchniowego i ograniczenie parowania z warstwy wodonośnej w porównaniu z warunkami naturalnymi. W Słowenii podjęto próbę zmierzenia infiltracji budując kosztem ogromnych nakładów finansowych dużych rozmiarów i nietypowej konstrukcji lizymetr, jednak wyniki tego eksperymentu nie zostały jeszcze opublikowane (*Juren et al., 2003*). Badania Rapantovej i zespołu (*Rapantova et al., 2004*) na terenie Ostravy, położonej podobnie jak Wrocław w dolinie Odry, oparte na modelowaniu numerycznym, wykazały wartości infiltracji efektywnej w terenie o średnim stopniu zurbanizowania (gęstość zabudowy 20-30%) na poziomie kilku procent z tendencją malejącą przy większym zagęszczeniu zabudowy. Na tym samym obszarze spływ powierzchniowy został oceniony na 10-15% ogólnego bilansu wodnego, przy czym wraz ze wzrostem stopnia urbanizacji wielkość spływu wzrastała do 25% przy 70-procentowym pokryciu terenu. Zmiany w sposobie zagospodarowania przestrzeni destabilizują naturalny reżim wód podziemnych. Zazwyczaj dochodzi wówczas do obniżenia zwierciadła najpłytszych wód podziemnych (*Eiswirth et al., 2002; Kim et al., 1995; Foster, 1990*).

We Wrocławiu sposób wykorzystania terenu również odgrywa znaczącą rolę w kształtowaniu stanów wód podziemnych właśnie poprzez drastyczne ograniczenie zasilania infiltracyjnego i zwiększenie spływu powierzchniowego. W świetle przytoczonych przykładów nie można jednak ilościowo określić wpływu form zagospodarowania przestrzeni na położenie pierwszego zwierciadła wód podziemnych. Pozostaje wnioskowanie na podstawie przesłanek pośrednich, jak właśnie brak korelacji z opadami. Nawet tak nowoczesne narzędzie, jakim są modele numeryczne, nie daje jednoznacznej odpowiedzi na to pytanie, co wiąże się z niską precyzją oceny wartości przepuszczalności dla materiałów i budynków pokrywających obszary zurbanizowane (*Rapantova, 2004; Klinger, Wolf, 2004*).



Ryc. 36. Mapa sposobu wykorzystania przestrzeni miejskiej

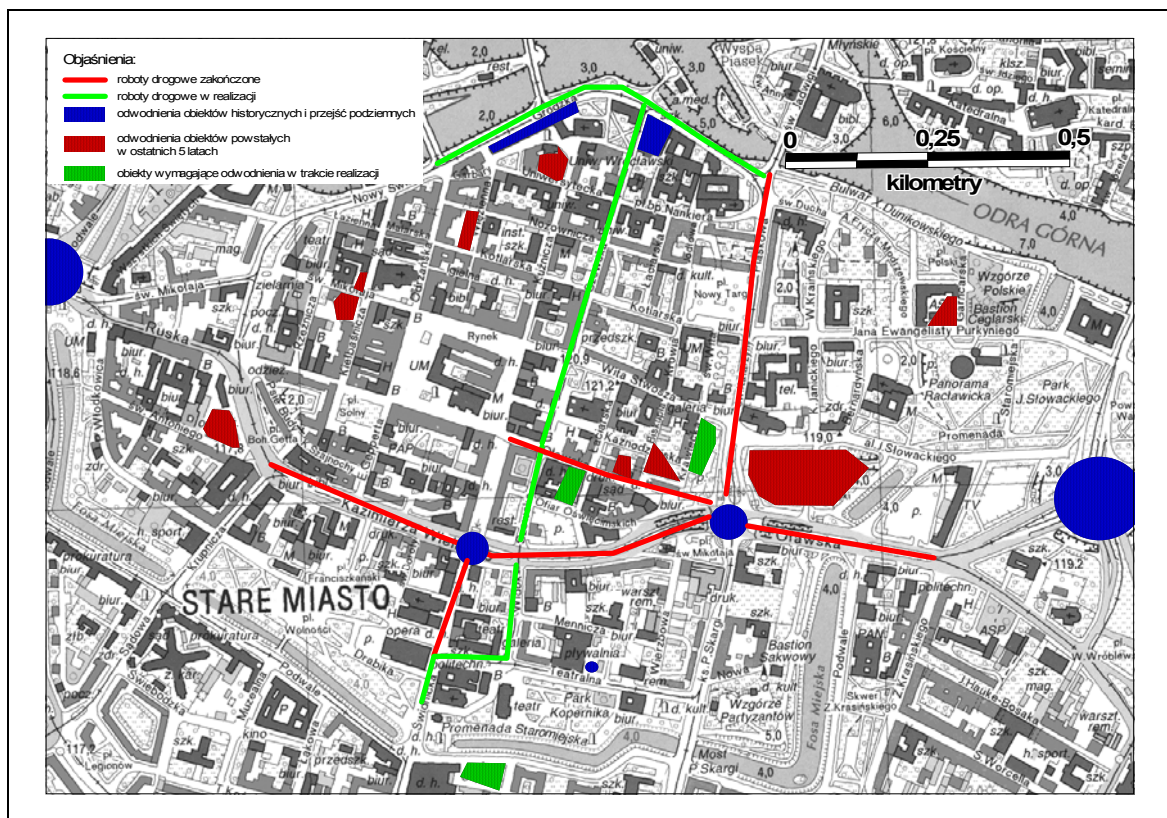
### 8.3. Prace inżynieryjno-budowlane oraz korzystanie z płytkich wód podziemnych na terenie miasta

Zabiegi inżynieryjne i hydrotechniczne oraz wykorzystywanie pierwszego poziomu wód podziemnych w celach gospodarczych to główne przyczyny lokalnych zmian w stosunkach wodnych (*Vasquez-Sune et al., 2005; Drangert, Cronin, 2004; Bouwer, 2002, Kim et al., 2001*) na terenach miejskich. Zazwyczaj działania te wpływają na obniżenie się poziomu wód podziemnych, co przy dużym zagęszczeniu punktów pobierających wody może powodować zmiany na większych obszarach (*Franke et al., 1998*).

W związku z niekorzystnymi warunkami wodnymi dla budownictwa, zwłaszcza dla inwestycji lokalizowanych w dolinie Odry, zachodzi konieczność prowadzenia prac odwodnieniowych na terenie Wrocławia zarówno istniejących, jak i nowo powstających obiektów (*Broś, Kowalski, 1993; Kajewski et al., 1992*). Tego typu działania na szeroką skalę podejmowane są najczęściej w centralnej części miasta, gdzie w ostatnich latach szczególnie nasiliły się prace związane nie tylko z budownictwem mieszkaniowo-usługowym, lecz również z remontami dróg i wymianą towarzyszącej im podziemnej infrastruktury technicznej. Wysokie stany płytkich wód podziemnych wymuszają zabezpieczanie wykopów przed zalaniem oraz odpowiednie zabezpieczenie podziemnych części budowanych obiektów, co wiąże się z prowadzeniem okresowych lub stałych odwodnień. W połączeniu z istniejącymi systemami drenażowymi i odwadniającymi obiekty historyczne (np. Gmach Główny Uniwersytetu, Ossolineum) oraz przejścia i przejazdy podziemne można zauważyć, że w dużej części Starego Miasta istnieją zaburzenia w położeniu pierwszego zwierciadła wód podziemnych.

W ciągu ostatnich pięciu lat na obszarze obejmującym zaledwie 2 km<sup>2</sup> powstało 9 dużych, nowych budynków, których realizacja związana była z koniecznością prowadzenia prac odwodnieniowych (Ryc. 37). Aż 7 z tych budowli ma stały system odwadniający utrzymujący poziom wód gruntowych poniżej podłogi najniżej położonych poziomów (m.in. budynek kina Helios, budynek Galerii Dominikańskiej, budynek Hotelu Radisson Sas). Taka ingerencja w środowisko wodne nie pozostaje obojętna dla położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych oraz dla jego wahań. Przeprowadzone przez autorkę w latach 2000 – 2002 badania modelowe na terenie centrum Wrocławia wykazały, że prace inżynieryjno – odwodnieniowe znacząco wpływają na kształt zwierciadła najpłytszych wód podziemnych, wytwarzając lokalne

leje depresji i zmieniając kierunki filtracji wód (Bocheńska et al., 2003; Worsa-Kozak, 2004a). Ponadto utrzymywanie stałego, nieprzekraczalnego poziomu wody w rejonach przejść i przejazdów podziemnych sprawia, że zaburzony jest rytm wahań zwierciadła oraz maleje wielkość amplitudy wahań na tym obszarze, a stany charakterystyczne zwierciadła są tu ograniczone i wymuszone. Powyższe badania modelowe wykazały również, że przy całkowitej likwidacji prowadzonych odwodnień zwierciadło wód podziemnych badanego poziomu mogłoby podnieść się miejscami o 1 – 4 m.

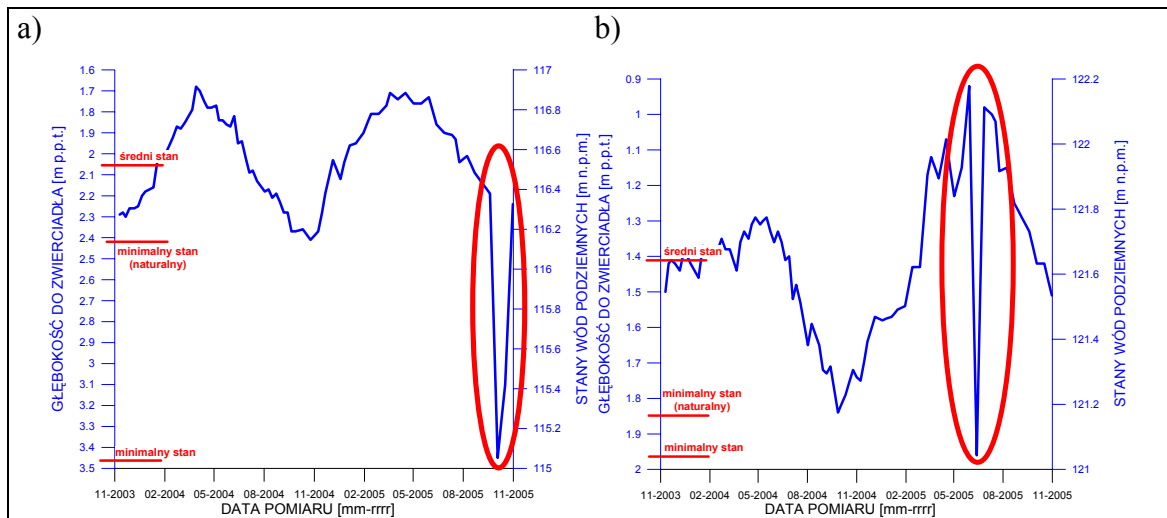


Ryc. 37. Lokalizacja obiektów związanych z prowadzeniem prac odwodnieniowych w centrum miasta

Rejon Starego Miasta nie stanowi wyjątku, bowiem w wielu częściach Wrocławia powstają budynki sięgające kilku pięter wgłąb ziemi bądź zlokalizowane w pobliżu rzeki, które wymagają odpowiednich zabiegów odwodnieniowych. Warto tu nadmienić chociażby nowy gmach Biblioteki Uniwersyteckiej czy nowoczesne budynki Politechniki Wrocławskiej przy Wybrzeżu Wyspiańskiego.

W trakcie prowadzonych badań w kilku punktach obserwacyjnych zauważono wyraźny wpływ wykonywanych równocześnie prac budowlanych lub gospodarczego wykorzystania otworu na położenie i wahania zwierciadła wód podziemnych (Ryc. 38). Punkty te ze względu na typ wahań zostały zakwalifikowane do IV grupy, w której

uwidocznili się znaczący wpływ działań antropogenicznych. Na załączonych przykładach można zauważyć, że w związku z działaniem człowieka wpływającym na gwałtowne obniżenie się zwierciadła wód podziemnych obniżeniu ulegają także stany średnie i minimalne w danym punkcie oraz wzrasta okresowa amplituda wahań zwierciadła.



**Ryc. 38. Przykładowe hydrogramy z wyraźnym wpływem incydentalnych działań odwodnieniowych**  
a) w punkcie nr 3, b) w punkcie nr 16

Reasumując, warto podkreślić, że w świetle przytoczonych badań i przykładów istotny wpływ na wody pierwszego poziomu wodonośnego ma stopień inwestycji w mieście. W przypadku Wrocławia, miasta, które dynamicznie się rozwija, w którym każda wolna przestrzeń jest wykorzystywana do nowoczesnej, sięgającej głęboko pod powierzchnię terenu zabudowy, gdzie prowadzone są ciągłe remonty infrastruktury komunikacyjnej związane z wykonywaniem głębokich wykopów, trudno jest znaleźć rejony, w których dynamika stanów pierwszego zwierciadła wód podziemnych nie byłaby zakłócona lokalnymi wpływami działań inżynieryjno – budowlanych.

#### 8.4. Infrastruktura wodociągowa i kanalizacja ściekowo - deszczowa

Dotychczasowe wnioski wypływające z rozważań nad wpływem urbanizacji na wody pierwszego poziomu wodonośnego wykazują, że ogranicza ona zasilanie powierzchniowe w związku z pokryciem terenu materiałami trudno przepuszczalnymi oraz obniża zwierciadło wód podziemnych wskutek różnego rodzaju pompowań. Jest to jak najbardziej prawdziwe, jednak skutki urbanizacji mają dwie strony. Pod każdym miastem istnieje sieć rurociągów wodno – kanalizacyjnych, która w większości



przypadków wykazuje duże nieszczelności. Badania zagraniczne wskazują, iż w zależności od stanu technicznego rur i kanałów, straty mogą osiągać nawet 25% prowadzonych wód i ścieków (*Appleyard, 1995; Foster et al., 1999; Foster, 1990; Grischek et al., 1996; Kim et al., 2001; Lerner, 2002; Lerner, Barrett, 1996; Rapantowa et al., 2004*). Nawet jeżeli całość wycieków nie dociera do warstwy wodonośnej, to uwzględniając nieszczelne szamba, kanały deszczowe itp., potencjał do zasilania wód podziemnych jest bardzo wysoki (*Foster i Chilton, 2004; Bouwer, 2002*). Szacunkowe badania dowodzą, że zasilanie antropogeniczne wód podziemnych na terenach zurbanizowanych może być równe, a niekiedy nawet wyższe od zasilania naturalnego (*Foster i Chilton, 2004; Foster et al., 1999; Rapantowa et al., 2004*). Przecieki z wodociągów i kanalizacji przede wszystkim wpływają na jakość wód podziemnych, lecz również znacząco zmieniają bilans wodny danego obszaru (*Burn S. et al., 2003; Held et al., 2004; Wolf et al., 2003; Eiswirth et al., 2002*).

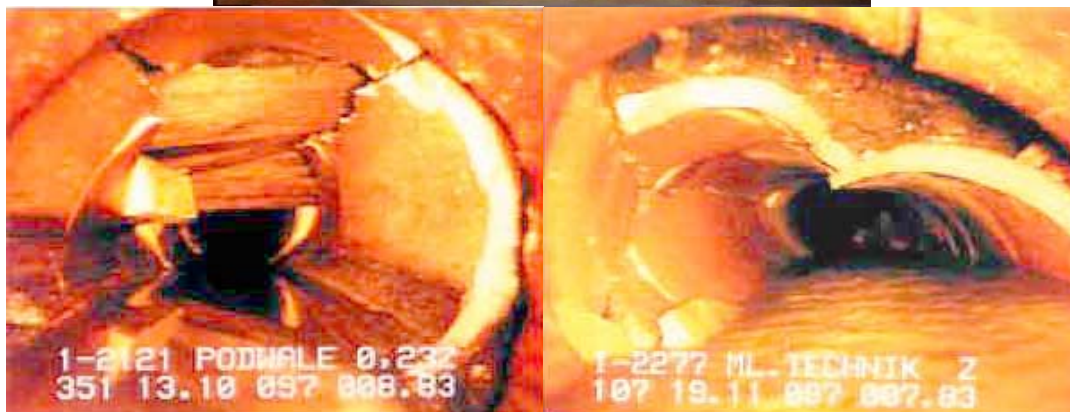
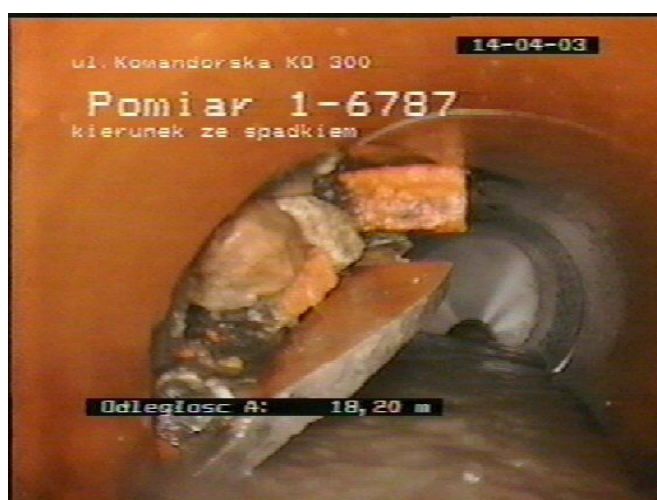
Wrocław, jak każde duże miasto, pokryty jest gęstą siecią rurociągów (Ryc. 39). Według danych MPWiK sp. z o.o. we Wrocławiu aktualnie funkcjonuje 1805,31 km infrastruktury wodociągowej i 1150,1 km sieci kanalizacyjnej. O ile sieć wodociągowa nie należy do bardzo przestarzałych, gdyż ponad 50% zostało zbudowane po 1945 roku, o tyle sieć kanalizacyjną w znacznej części można by zaliczyć do zabytków. Najstarsze jej odcinki pochodzą z 1850 roku, a większość kanałów była wybudowana pomiędzy 1900 a 1940 rokiem. Stanowi to przede wszystkim o wysokiej nieszczelności (Ryc. 40) i awaryjności sieci kanalizacyjnej, co z pewnością ma znaczenie dla położenia zwierciadła wód podziemnych. Bez szczegółowych badań dotyczących strat w obu sieciach, bez dokładnych danych z MPWiK na temat awarii wodociągowych i kanalizacyjnych oraz związanych z nimi wycieków nie można ilościowo określić wpływu, jaki wywiera funkcjonowanie tych sieci na stany pierwszego zwierciadła wód podziemnych. Przyjmując za badaniami Price'a i Reed'a (*Meyer, 2005*) 25-procentowe wycieki z sieci wodociągowej, to przy dobowej produkcji wody we Wrocławiu na poziomie 120 tys. m<sup>3</sup> do pierwszego poziomu wodonośnego mogłoby docierać nawet 30 tys. m<sup>3</sup>, co w skali roku daje ogromną ilość 10 950 tys. m<sup>3</sup>. Zakładając, że tylko połowa z wody uciekającej z sieci dotarłaby do warstwy wodonośnej, to jej ilość jest tak duża, że z pewnością znacząco wpływa na położenie i wahania pierwszego zwierciadła wód podziemnych. Do tego należy doliczyć dopływy z kanalizacji, które przy bardzo złym stanie wrocławskiej sieci, mogą również sięgać 20-30 %, dając ilości nieco



a)



b)



**Ryc. 40.** Stan sieci kanalizacyjnej – widok z kamery wizyjnej a) stan prawidłowy, b) kanały uszkodzone (źródło: [www.mpwik.wroc.pl](http://www.mpwik.wroc.pl))

mniejsze od strat wodociągowych, jednak wpływające niekorzystnie nie tylko na dynamikę wód podziemnych, lecz przede wszystkim na ich jakość. Świadczyć o tym może przewodnictwo elektryczne wód pierwszego poziomu, które według przeprowadzonych pomiarów, waha się w zależności od pory roku i lokalizacji punktu w granicach 700 – 1900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Wartości przewodnictwa dla czystych wód



podziemnych powinny zawierać się w przedziale 100 – 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Macioszczyk, Dobrzyński, 2002), tymczasem średnie wartości zaledwie w kilku punktach spadają poniżej 600, a w większości wynoszą około 1000, co wskazuje na ich zanieczyszczenie.

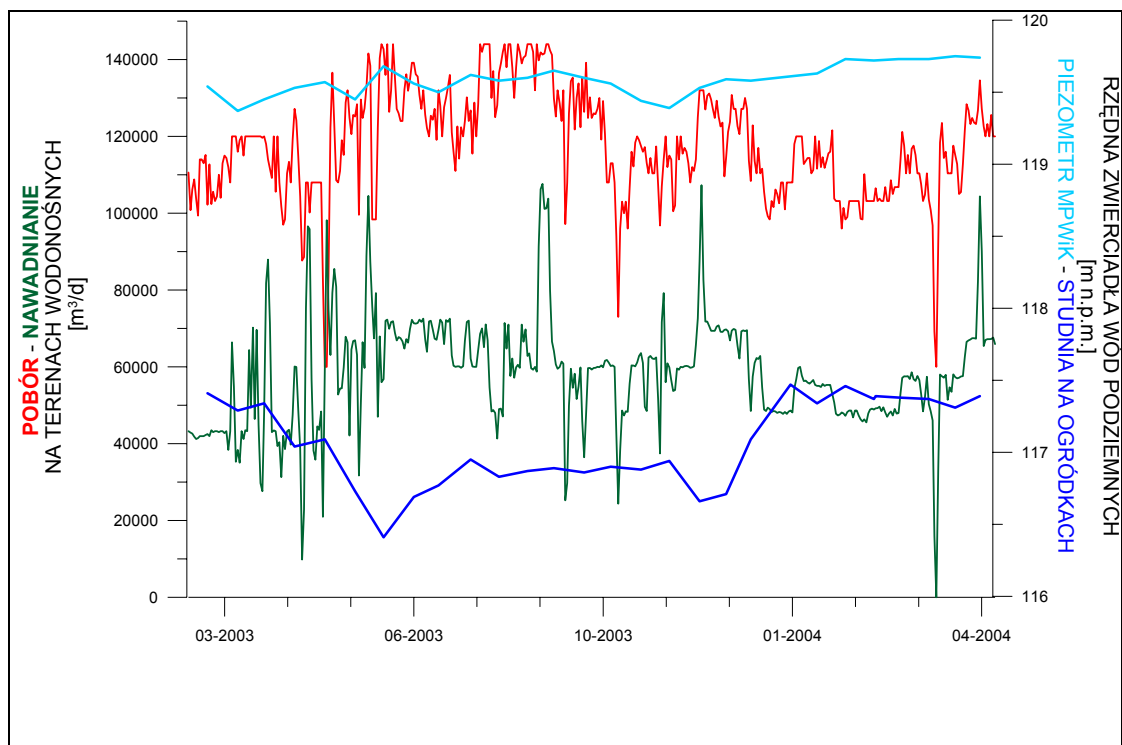
System wodno – kanalizacyjny może jednak być nie tylko źródłem obfitego zasilania wód podziemnych. W przypadkach niepełnego wykorzystania sieci, niskiego ciśnienia lub istnienia ślepych i pustych odcinków, nieszczelne rurociągi mogą stanowić lokalną bazę drenażu dla wód podziemnych tym samym wpływając na miejscowe obniżenie zwierciadła wód podziemnych.

Oddzielne zagadnienie, jednak ściśle powiązane z funkcjonowaniem sieci wodociągowej i kanalizacyjnej są irygacyjne Pola Osobowickie oraz Tereny Wodonośne MPWiK.

Pola Osobowickie to naturalna oczyszczalnia ścieków położona w północno – zachodniej części miasta (Ryc. 39) i utworzona w 1890 roku. Do 2001 roku była największą oczyszczalnią na terenie miasta i przejmowała na siebie niemal cały ładunek nieczystości (130-170 tys.  $\text{m}^3/\text{d}$ ). Zajmuje ona 1100 ha, a na jej obszarze znajdują się podziemne dreny i osadniki do przetrzymywania ścieków. Z powodu przeciążenia Pola Irygacyjne na Osobowicach miały niekorzystny wpływ na jakość środowiska, zwłaszcza na jakość wód Odry, która jest odbiornikiem wody z Pól (Stasiewicz, 2002). Od 2001 roku, po uruchomieniu WOŚ na Janówku i odciążeniu Pól Irygacyjnych (obecnie trafia na nią około 45 tys.  $\text{m}^3/\text{d}$  ścieków) jakość odprowadzanych wód uległa diametralnej poprawie. Najbliższe punkty, w których prowadzone były obserwacje wód podziemnych znajdowały się w odległości ok. 0,7 - 1 km od Pól Osobowickich. Nie zaobserwowano w tych punktach nietypowych zmian w położeniu zwierciadła (TYP III – powiązany z wodami Odry), co może wskazywać na ustabilizowane stosunki wodne w rejonie oczyszczalni w związku z jej funkcjonowaniem już od ponad 100 lat.

Tereny Wodonośne MPWiK są położone głównie na terenie Gminy Święta Katarzyna, a jedynie niewielka ich część wkracza w południowo – wschodni obszar administracyjny Wrocławia (Ryc. 39). Zarówno pompownia „Czechnica” jak i stacja uzdatniania wody „Mokry Dwór” oraz zdecydowana większość stawów infiltracyjnych znajduje się na terenie pozamiejskim. Według prowadzonych na Terenach Wodonośnych badań (Rejman, 1999) stanowią one obszar o dośrodkowym układzie hydroizohips, do którego wody podziemne dopływają głównie z kierunku południowo – zachodniego. Prześladowano zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych w 97 piezometrach położonych w 8 profilach na obszarze terenów wodonośnych od roku

2000 do 2004 (dane udostępniło MPWiK). Stany jak i wahania zwierciadła wód podziemnych są na tym terenie bardzo zmienne i zależą przede wszystkim od wielkości poboru, lokalizacji pompujących wodę studni oraz napełnienia stawów infiltracyjnych. Amplituda wahań w ciągu roku dochodzi tu do 3 – 4 m i zależy głównie od cyklu działania studni w danym profilu. Zmiany położenia zwierciadła bywają dosyć gwałtowne. Wrocławska część terenów wodonośnych wykazuje większą stabilność hydrodynamiczną od części pozamiejskiej, roczne amplitudy wahań dochodzą do 2 m, a zmiany przebiegają łagodnie. O stabilności tej może również świadczyć brak widocznego powiązania pomiędzy wzrostem wielkości nawadniania i poboru wód a położeniem zwierciadła wód podziemnych na ogródkach działkowych graniczących z wrocławskimi terenami wodonośnymi (Ryc. 41). W punkcie tym zwierciadło wód podziemnych wykazuje rytm wahań niezależny od sytuacji na polach wodonośnych często podnosząc się w okresach wzmożonego poboru, a opadając, gdy następuje wzrost nawadniania.



**Ryc. 41. Przebieg zmian położenia zwierciadła wód podziemnych w piezometrze na terenach wodonośnych i w pobliskiej studni na tle wielkości ogólnych wartości poboru wody i nawadniania w okresie 03.2003 – 04.2004**  
(wg danych udostępnionych przez MPWiK)

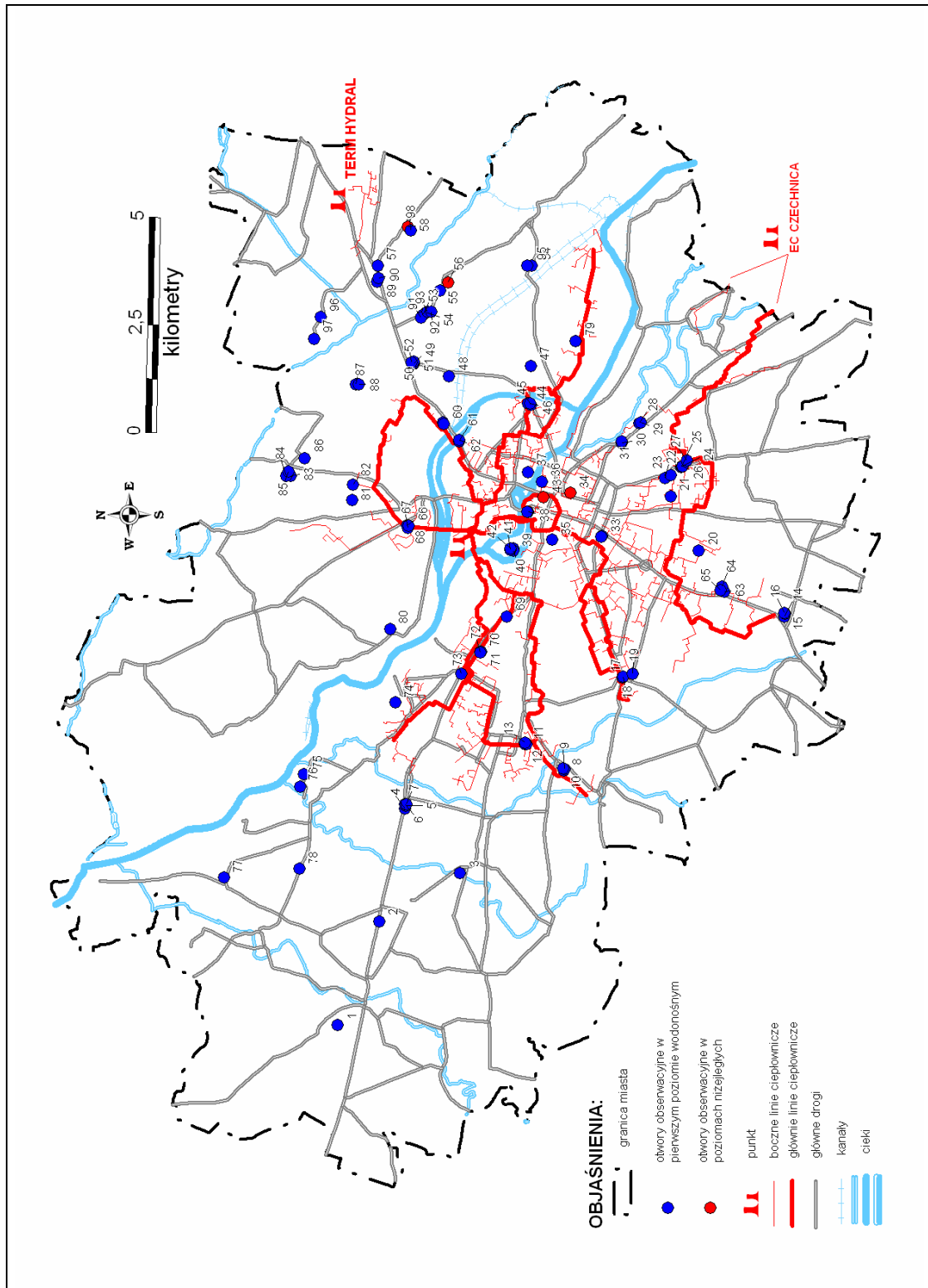
Powyższe rozważania i wyliczenia to wartości i sądy czysto szacunkowe, teoretyczne, w dużej mierze oparte na przypuszczeniach. Aby móc dokładnie ocenić

wpływ sieci wodno – kanalizacyjnej oraz terenów wodonośnych i irygacyjnych na dynamikę stanów zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego, należałoby przede wszystkim pozyskać z MPWiK dokładne dane o stanie sieci oraz stratach wody i ścieków podczas przesyłu czy procesu oczyszczania. Konieczne wydaje się tu również wspomoczenie nowoczesnymi technikami komputerowymi, jak choćby systemy GIS i modelowanie numeryczne (*Schrage et al., 2005; Wolf et al., 2005; Rapantowa et al., 2004; Mitchell, Diaper, 2004; Wolf, 2004; Menegasse et al., 1999*), które pozwoliłyby na ocenę wielkości zasilania antropogenicznego i symulowanie reakcji wód podziemnych na ewentualne awarie sieci, zmiany wielkości poboru czy wyłączenie pól irygacyjnych z eksploatacji.

### 8.5. System rur ciepłowniczych

Podziemna infrastruktura ciepłownicza zdaje się być pomijana przy rozważaniach na temat wpływu czynników antropogenicznych na wody podziemne. Nie spotkano się z badaniami określającymi możliwość interakcji wód podziemnych i sieci ciepłowniczej choćby w postaci przecieków, bądź wpływu na zmiany temperatury wód. Badania takie mogłyby być na przykład pomocne przy określaniu kierunków i prędkości przepływu w warstwie wodonośnej na podstawie gradientu temperatury (*Arriaga et al., 2006; Stonestorm, Constantz, 2003; Dim et al., 2002*).

We Wrocławiu, według stanu na koniec I kwartału 2006 roku, Spółka FORTUM S.A. eksploatowała sieć ciepłą o łącznej długości 466,9 km (Ryc. 42), która rozchodzi się z 3 działających elektrociepłowni. Prowadzone od kwietnia 2004 roku, równocześnie z monitoringiem położenia zwierciadła wód podziemnych, pomiary temperatury tych wód pozwoliły na zaobserwowanie zjawiska identyfikującego wpływ sieci ciepłowniczej na płytkie wody podziemne. Zauważono bowiem wyjątkowo wysoką i stałą temperaturę wody w punkcie nr 69 położonym przy zbiegu ulic Ślubickiej i Legnickiej, w odległości kilku metrów od biegnącego w pasie ulic rurociągu ciepłowniczego (Ryc. 42). W otworze tym zaobserwowano wysoką korelację położenia zwierciadła wody z temperaturą wody i temperaturą powietrza (Tabela 16). Hydrogram wód podziemnych w punkcie nr 69 oraz krzywe przebiegu temperatur mają zbliżony kształt i podobny charakter (Ryc. 43). Jednakże temperatura wody w tym otworze zdecydowanie odbiega od pozostałych punktów na terenie miasta. W okresie obserwacji amplituda temperatury powietrza wynosiła 35,9°C, natomiast amplituda temperatury wody na obszarze miasta średnio osiągała 4-10°C. W punkcie nr 69 w

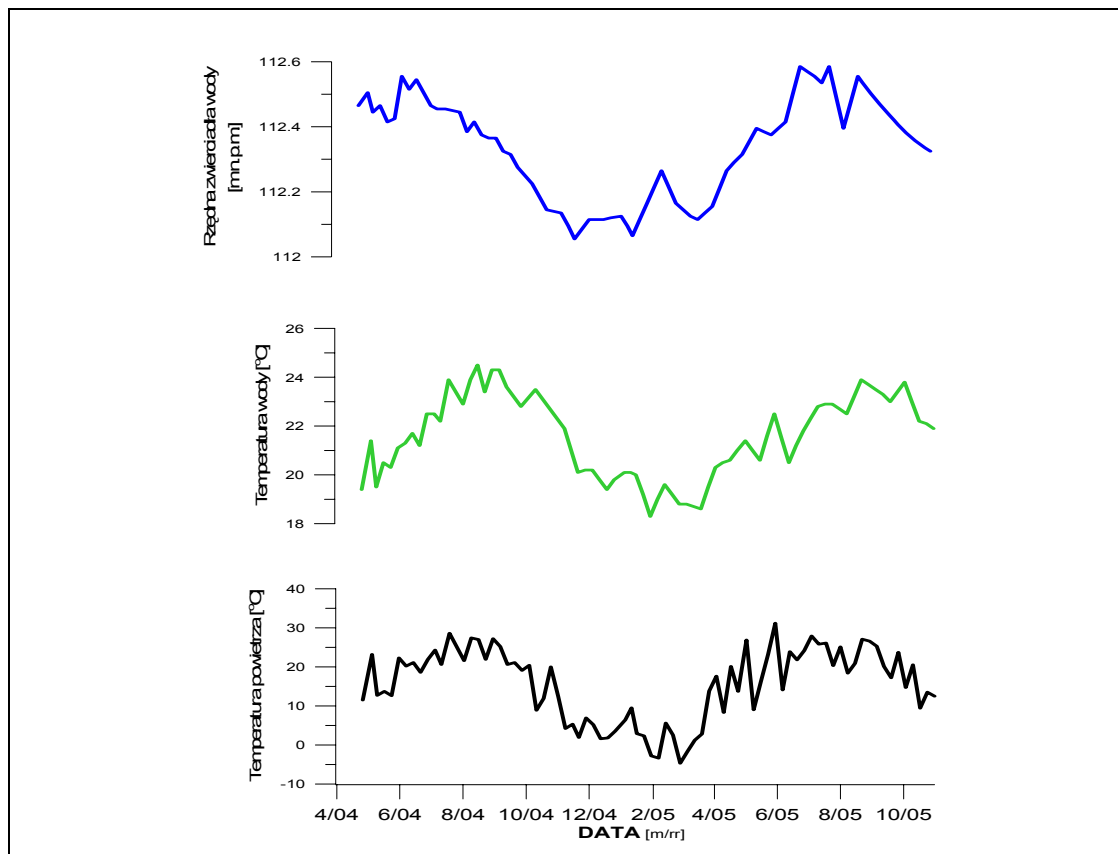


Ryc. 42. Schemat sieci ciepłowniczej na terenie miasta (wg: [www.mpec.wroc.pl](http://www.mpec.wroc.pl))

|                                      | H zwierciadła –<br>T powietrza | H zwierciadła<br>– T wody | T powietrza –<br>T wody |
|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Współczynnik korelacji R<br>Pearsona | 0,76                           | 0,61                      | 0,79                    |

Tabela 16. Współczynniki korelacji R Pearsona dla rzędnej zwierciadła wód podziemnych i temperatury wody oraz powietrza

ciągu całego okresu obserwacyjnego różnica temperatur wody wyniosła  $6,2^{\circ}\text{C}$ , co mieści się w średniej dla miasta. Na uwagę zasługują jednak temperatury maksymalna ( $24,5^{\circ}\text{C}$ ) i minimalna ( $18,3^{\circ}\text{C}$ ), które przewyższają średnią miejską o kilka do kilkunastu stopni (Tabela 17). Świadczy to o podwyższonej termicie wód podziemnych w tym rejonie, która najprawdopodobniej jest spowodowana bliskością nieszczelnego bądź źle zaizolowanego źródła ciepła o stałej temperaturze, jakim z dużą pewnością jest rurociąg ciepłowniczy. Porównując temperatury charakterystyczne dla punktu nr 69 i pobliskich otworów nr 72 i 73 łatwo zauważyć, że minimalne wartości w tym punkcie



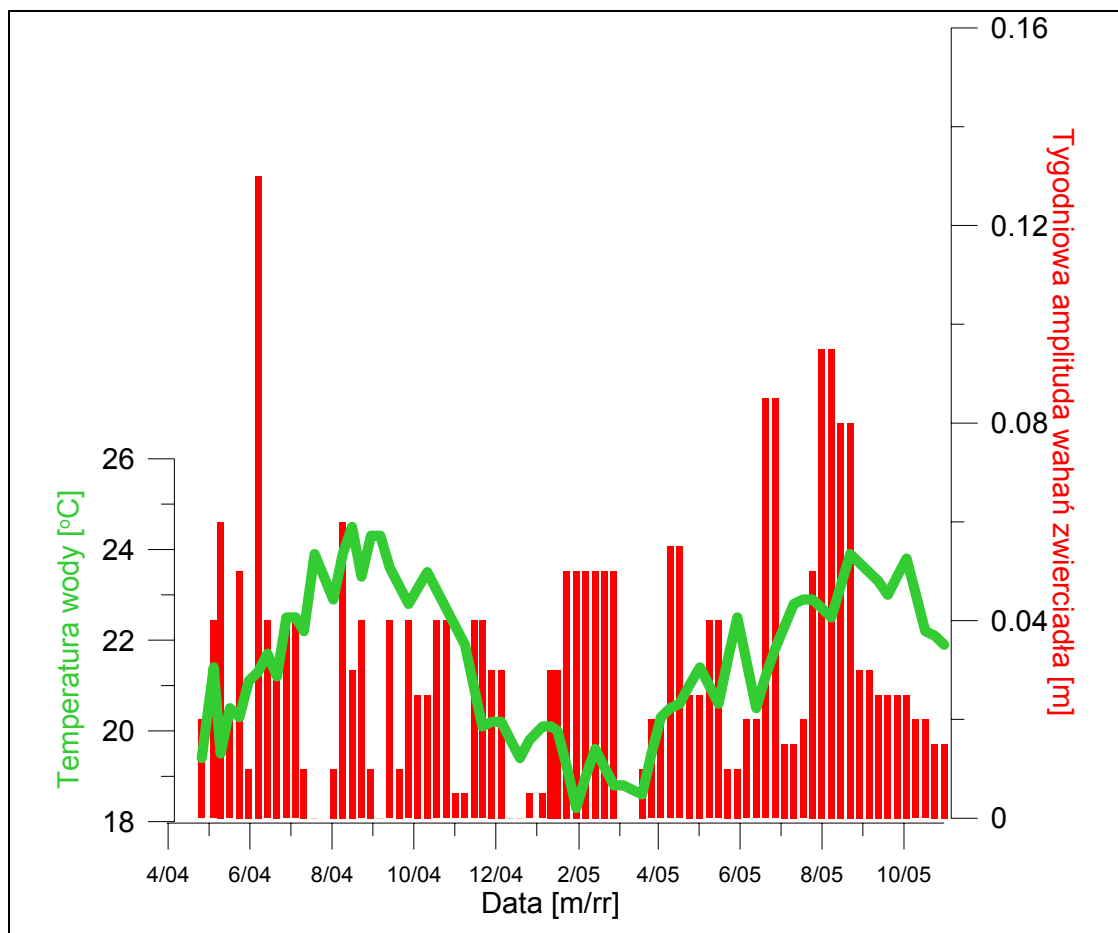
**Ryc. 43. Pierwsze zwierciadło wód podziemnych na tle temperatury wód oraz powietrza w punkcie nr 69**

są często o kilka stopni wyższe od maksymalnych w punktach sąsiednich (Tabela 17). Ponadto różnica między temperaturami charakterystycznymi dla punktu 69 a otworów pobliskich dochodzi nawet do  $10^{\circ}\text{C}$ . W warunkach naturalnych wody o takich własnościach termicznych, jak w punkcie nr 69 ( $t > 20^{\circ}\text{C}$ ), zostałyby uznane za wody termalne.

|                      | Numer Punktu            | Temperatura wody |       |       | Temperatura powietrza |
|----------------------|-------------------------|------------------|-------|-------|-----------------------|
|                      |                         | 69               | 72    | 73    |                       |
| 2004 - 2005          | Liczba danych           | <b>74,00</b>     | 74,00 | 73,00 | 81,00                 |
|                      | Średnia arytmetyczna    | <b>21,50</b>     | 13,45 | 13,41 | 15,48                 |
|                      | Mediana                 | <b>21,45</b>     | 13,45 | 13,40 | 17,60                 |
|                      | Standardowe odchylenie  | <b>1,67</b>      | 3,04  | 2,42  | 9,15                  |
|                      | Minimum                 | <b>18,30</b>     | 5,20  | 7,10  | -4,70                 |
|                      | Maksimum                | <b>24,50</b>     | 17,70 | 17,80 | 31,20                 |
|                      | Amplituda               | <b>6,20</b>      | 12,50 | 10,70 | 35,90                 |
|                      | Współczynnik zmienności | <b>7,77</b>      | 22,60 | 18,05 | 59,11                 |
| 2004                 | Liczba danych           | <b>23,00</b>     | 23,00 | 22,00 | 28,00                 |
|                      | Średnia arytmetyczna    | <b>22,26</b>     | 14,02 | 14,33 | 19,70                 |
|                      | Mediana                 | <b>22,50</b>     | 14,30 | 14,80 | 20,60                 |
|                      | Standardowe odchylenie  | <b>1,54</b>      | 2,56  | 2,33  | 5,45                  |
|                      | Minimum                 | <b>19,40</b>     | 9,40  | 10,30 | 8,90                  |
|                      | Maksimum                | <b>24,50</b>     | 17,70 | 17,80 | 28,60                 |
|                      | Amplituda               | <b>5,10</b>      | 8,30  | 7,50  | 19,70                 |
|                      | Współczynnik zmienności | <b>6,92</b>      | 18,26 | 16,26 | 27,66                 |
| 2005                 | Liczba danych           | <b>51,00</b>     | 51,00 | 51,00 | 53,00                 |
|                      | Średnia arytmetyczna    | <b>21,15</b>     | 13,19 | 13,02 | 13,25                 |
|                      | Mediana                 | <b>21,00</b>     | 13,10 | 13,00 | 13,70                 |
|                      | Standardowe odchylenie  | <b>1,62</b>      | 3,23  | 2,36  | 9,94                  |
|                      | Minimum                 | <b>18,30</b>     | 5,20  | 7,10  | -4,70                 |
|                      | Maksimum                | <b>23,90</b>     | 17,50 | 16,30 | 31,20                 |
|                      | Amplituda               | <b>5,60</b>      | 12,30 | 9,20  | 35,90                 |
|                      | Współczynnik zmienności | <b>7,66</b>      | 24,49 | 18,13 | 75,02                 |
| półrocze letnie 2004 | Liczba danych           | <b>21,00</b>     | 21,00 | 20,00 | 25,00                 |
|                      | Średnia arytmetyczna    | <b>22,44</b>     | 14,44 | 14,74 | 20,48                 |
|                      | Mediana                 | <b>22,50</b>     | 14,50 | 15,15 | 21,10                 |
|                      | Standardowe odchylenie  | <b>1,46</b>      | 2,26  | 2,03  | 5,15                  |
|                      | Minimum                 | <b>19,50</b>     | 10,70 | 11,10 | 8,90                  |
|                      | Maksimum                | <b>24,50</b>     | 17,70 | 17,80 | 28,60                 |
|                      | Amplituda               | <b>5,00</b>      | 7,00  | 6,70  | 19,70                 |
|                      | Współczynnik zmienności | <b>6,51</b>      | 15,65 | 13,77 | 25,15                 |
| półrocze zimowe 2005 | Liczba danych           | <b>24,00</b>     | 24,00 | 24,00 | 118,41                |
|                      | Średnia arytmetyczna    | <b>19,74</b>     | 10,74 | 11,06 | 27,00                 |
|                      | Mediana                 | <b>19,80</b>     | 10,65 | 11,20 | 20,95                 |
|                      | Standardowe odchylenie  | <b>0,84</b>      | 2,39  | 1,66  | 21,80                 |
|                      | Minimum                 | <b>18,30</b>     | 5,20  | 7,10  | 5,92                  |
|                      | Maksimum                | <b>21,90</b>     | 14,90 | 14,20 | 9,00                  |
|                      | Amplituda               | <b>3,60</b>      | 9,70  | 7,10  | 31,20                 |
|                      | Współczynnik zmienności | <b>4,26</b>      | 22,25 | 15,01 | 22,20                 |
| półrocze letnie 2005 | Liczba danych           | <b>27,00</b>     | 27,00 | 27,00 | 28,26                 |
|                      | Średnia arytmetyczna    | <b>22,41</b>     | 15,37 | 14,75 | 26,00                 |
|                      | Mediana                 | <b>22,50</b>     | 16,30 | 14,90 | 5,27                  |
|                      | Standardowe odchylenie  | <b>0,97</b>      | 2,12  | 1,28  | 3,85                  |
|                      | Minimum                 | <b>20,50</b>     | 11,40 | 12,00 | -4,70                 |
|                      | Maksimum                | <b>23,90</b>     | 17,50 | 16,30 | 6,24                  |
|                      | Amplituda               | <b>3,40</b>      | 6,10  | 4,30  | 20,10                 |
|                      | Współczynnik zmienności | <b>4,33</b>      | 13,79 | 8,68  | 24,80                 |

**Tabela 17. Wartości charakterystyczne temperatur w [°C] oraz parametry statystyczne dla poszczególnych okresów badawczych w wybranych punktach**

Dla położenia i wahań zwierciadła pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego fakt zasilania przez gorące wycieki z rurociągu bądź też podgrzewania wody przez nieizolowane rury może mieć również istotne znaczenie. Podwyższona temperatura wody wpływa bowiem na zwiększone parowanie, a co za tym idzie na straty wody, obniżenie zwierciadła i wzrost amplitudy jego wahań. Punkt nr 69 zalicza się do grupy reprezentującej typ III wahań – zależny od stanów rzeki Odry, która determinuje położenie zwierciadła na tym terenie. Można jednak zaobserwować (Ryc. 44), że podnoszącej się temperaturze wody towarzyszą wyższe amplitudy wahań zwierciadła.



**Ryc. 44. Temperatura wody na tle tygodniowych amplitud wahań zwierciadła wód podziemnych w punkcie nr 69**

\*\*\*

Podsumowując problematykę czynników antropogenicznych i ich powiązania ze stanami płytkich wód podziemnych należy podkreślić ogromną wagę procesów

urbanizacyjnych w kształtowaniu dynamiki stanów tych wód na terenie Wrocławia. Główną rolę odgrywa tutaj regulacja i piętrzenie rzeki Odry, warunkując nie tylko położenie zwierciadła i amplitudy jego wahań, lecz także kierunki przepływu wód podziemnych. Jednocześnie trzeba zaznaczyć, że ilościowa ocena związków pomiędzy wodami podziemnymi i większością czynników pochodzenia antropogenicznego jest niezwykle skomplikowana i bardzo trudna. Poza technikami modelowania numerycznego opartymi często na szacunkowych danych nie są w tej chwili praktycznie wykorzystywane inne narzędzia badawcze. Związane jest to głównie z ogromnymi kosztami, jakie trzeba ponosić np. przy inspekcji telewizyjnej kanałów oraz niezwykle dynamiką procesów budowlanych i postępującą urbanizacją obszarów przedmiejskich, które wciąż zaburzają stosunki wodne na terenie miasta.



## **9. Położenie pierwszego zwierciadła wód podziemnych we Wrocławiu w czasie obserwacji na tle danych archiwalnych**

Jak już wspomniano we wcześniejszych rozdziałach, historia badań położenia zwierciadła wód podziemnych we Wrocławiu jest bardzo długa a badania te są bardzo dobrze udokumentowane. Pomimo tego w trakcie prac kartograficznych wystąpiły ogromne trudności ze zlokalizowaniem punktów obserwacyjnych sprzed wojny, a także tych, w których swoje badania prowadzili pracownicy Akademii Rolniczej na początku lat 70. XX wieku. Zdecydowana większość terenów na których wcześniej były otwory obecnie znajduje się w miejscach, które diametralnie zmieniły swoje przeznaczenie – to znaczy zostały zabudowane, bądź zagospodarowane w inny sposób, co wiązało się z likwidacją punktu. Część z piezometrów uległa zniszczeniu podczas wojen oraz prac budowlanych lub remontowych prowadzonych na placach i w pasach ulic przez ubiegłe ponad sto lat.

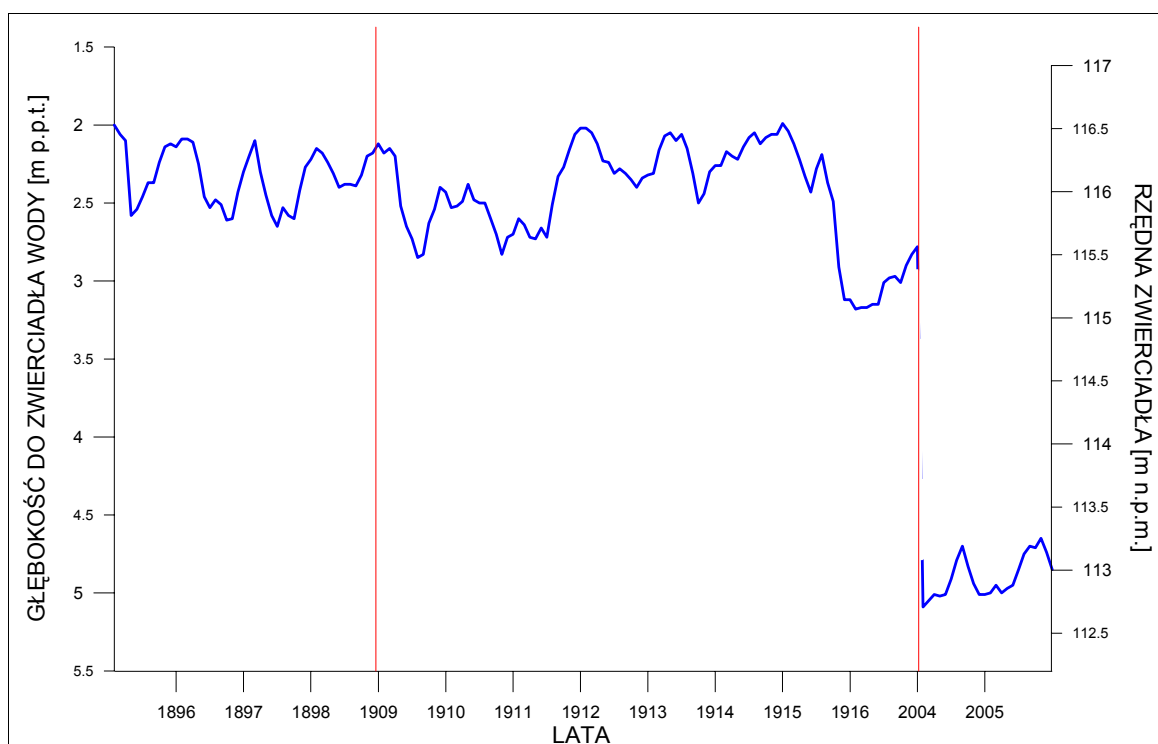
W trakcie prac kartograficznych udało się zlokalizować poniemiecką studnię, w której były prowadzone przedwojenne obserwacje – był to punkt nr 35 położony przy ul. Świętego Antoniego 26. Ciąg danych publikowanych w „Breslauer Statistik” nie obejmuje całego przedziału czasowego 1874 – 1916 dla danej studni, jednak pozwala na pogładową analizę położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych w tym punkcie.

W latach przedwojennych powierzchnia terenu przy ul. Św. Antoniego 26 znajdowała się na rzędnej 118,16 m n.p.m., a pomiary głębokości do zwierciadła odnoszono do „0” wodowskazu na Odrze o rzędnej 110,75 m n.p.m. Obecnie w tym miejscu teren jest podniesiony o 0,45 m. Po naniesieniu stosownych poprawek do średnich miesięcznych i rocznych głębokości oraz stanów zwierciadła porównano oba okresy obserwacyjne. Zauważono, że w badanym miejscu średnie stany zarówno roczne, jak i miesięczne pierwszego zwierciadła wód podziemnych uległy obniżeniu o mniej więcej 2 metry (Tabela 18; Ryc. 45). Przyczyny tego zjawiska należy upatrywać we wzmożonej urbanizacji obszaru Starego Miasta, zagęszczenia zabudowy, powstania w bezpośrednim sąsiedztwie punktu obserwacyjnego głębokich wykopów stanowiących lokalną bazę drenażu oraz kompleksu kinowego „Helios” którego najniższe poziomy garażowe są od kilku lat odwadniane. Archiwalne hydrogramy w cyklu rocznym, tak jak obecne krzywe, charakteryzowały się dwoma ekstremami (Ryc. 45). W niektórych

latach można było zaobserwować nieznaczne przesunięcie występowania stanów minimalnych i maksymalnych, co może być spowodowane modyfikacją w regulacji i wielkości piętrzenia wody na rzece Odrze.

| Lata | Średnia roczna głębokość do zwierciadła [m p.p.t.] | Średni roczny stan wód podziemnych [m n.p.m.] |
|------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1895 | 2,26                                               | 115,9                                         |
| 1896 | 2,37                                               | 115,79                                        |
| 1897 | 2,4                                                | 115,76                                        |
| 1898 | 2,27                                               | 115,89                                        |
| 1909 | 2,51                                               | 115,65                                        |
| 1910 | 2,58                                               | 115,58                                        |
| 1911 | 2,45                                               | 115,71                                        |
| 1912 | 2,25                                               | 115,91                                        |
| 1913 | 2,23                                               | 115,93                                        |
| 1914 | 2,12                                               | 116,04                                        |
| 1915 | 2,47                                               | 115,69                                        |
| 1916 | 3,02                                               | 115,14                                        |
| 2004 | 4,94                                               | 113,22                                        |
| 2005 | 4,84                                               | 113,32                                        |

**Tabela 18.** Średnie roczne głębokości do zwierciadła i stany wód podziemnych w punkcie nr 35 (ul. Św. Antoniego 26)



**Ryc. 45.** Średnie miesięczne stany zwierciadła wód podziemnych w latach 1895-1898, 1909-1916 i 2004-2005 w punkcie nr 35 (ul. Św. Antoniego 26)

Po ponad 30 latach od ostatnich pomiarów udało się odnaleźć zaledwie kilka studzienek obserwacyjnych Akademii Rolniczej, z czego 2 nadawały się do prowadzenia dalszych obserwacji. Na podstawie pomiarów w tych punktach oraz w oparciu o przybliżone porównania z własnymi otworami obserwacyjnymi położonymi w pobliżu dawnych piezometrów podjęto próbę przeanalizowania zmian w stanach charakterystycznych (Tabela 19). Najbardziej widoczną zmianą w stosunku do wartości archiwalnych był znaczny wzrost amplitudy wahań zwierciadła dla sezonu zimowego i całego roku w punkcie AR139 (62). Amplituda wahań sięgająca 2 m w okresie obserwacji była spowodowana okresowym napełnianiem i opróżnianiem kanału Odry w rejonie ul. Jaracza. W punkcie tym zmniejszyły się także głębokości średnie, maksymalne i minimalne, w przypadku sezonu letniego wielkości te dochodzą nawet do 1m. Trudno znaleźć przyczynę takiej zmiany, gdyż nie dotarto do informacji na temat funkcjonowania kanałów Odry w latach 1967-1971. Przypuszczalnie właśnie zmiany poziomu w kanale były główną przyczyną wzrostu stanów głównych wód podziemnych, jakie zaszły w tym miejscu na przestrzeni ostatnich blisko 40 lat.

W pozostałych analizowanych punktach zmiany nie były tak wyraźnie widoczne. Zwierciadło uległo jednak generalnemu obniżeniu od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów (Ryc. 46), lecz amplitudy wahań pozostały na zbliżonym do siebie poziomie. Należy zauważyć, że punkty AR 113 (87), AR 301 (79) oraz AR 230 (38) znajdują się pod silnym wpływem wód rzeki Odry i ich stany główne zależą od stanów rzeki. Ponadto należy tu uwzględnić czynnik związany z lokalnymi wpływami urbanizacyjnymi, jak na przykład kanalizację, nową zabudowę czy drenaż odwodnieniowy, które mogły nie istnieć i nie działać w latach 1960 - 1970.

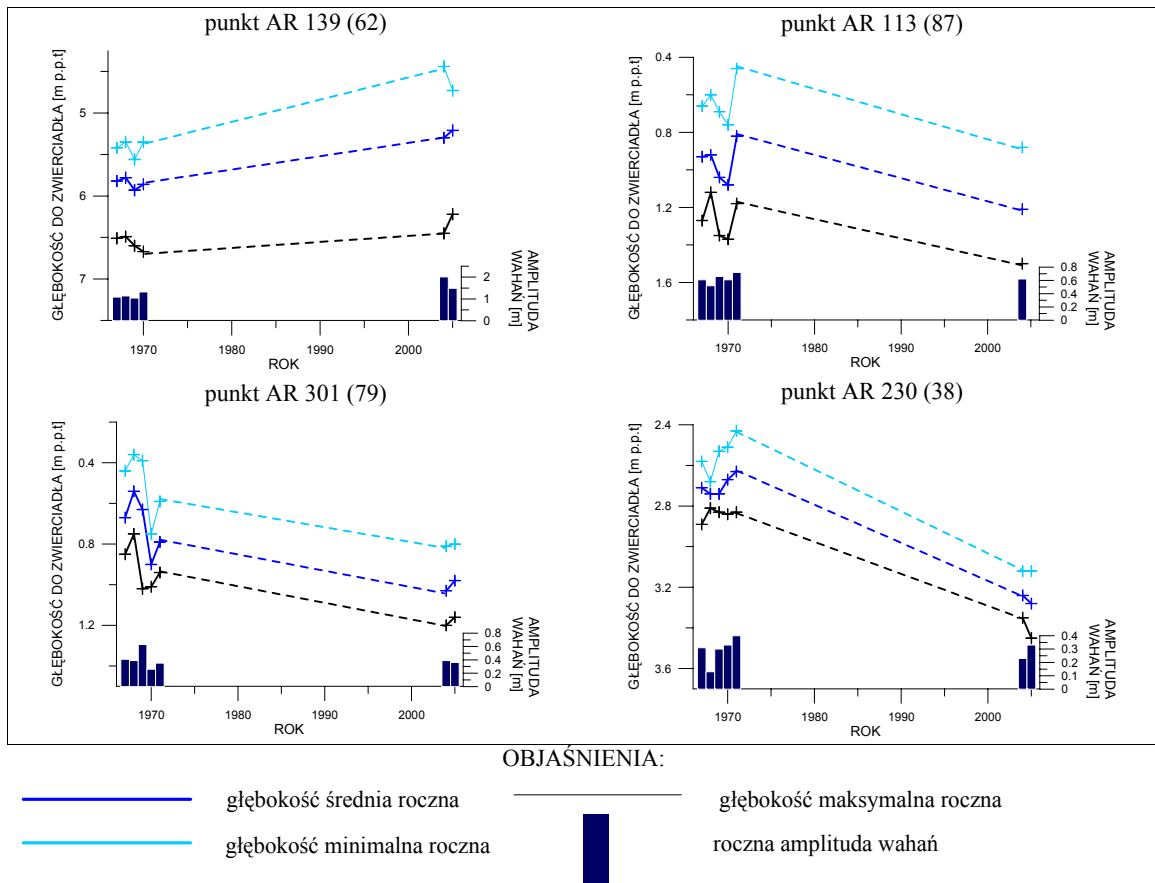
Analizując położenie zwierciadła naj płytszych wód podziemnych w przytoczonych punktach z perspektywy ponad 30 i 100 lat można zauważyć, że wraz z rozwojem miasta wody podziemne występują coraz głębiej. Taki stan rzeczy można wytłumaczyć właśnie postępującą urbanizacją i wiążącym się z tym rozwojem sieci kanalizacyjnej, podniesieniem powierzchni terenu w stosunku do powierzchni pierwotnej (nasypy), ograniczeniem zasilania z powierzchni poprzez ścisłą zabudowę oraz coraz to większą liczbą działających systemów odwadniających. Obniżanie się zwierciadła następowało prawdopodobnie systematycznie i stopniowo, o czym świadczą dużo mniejsze różnice pomiędzy wartościami z lat 2004-2005 i 1967-1971, niż z okresu przedwojennego. Spostrzeżenia na temat tendencji spadkowych zwierciadła nie można jednak ekstrapolować na cały obszar miasta, gdyż istnieje duże prawdopodobieństwo, że w

niektórych miejscach sytuacja hydrogeologiczna nie uległa zmianie, bądź też zwierciadło się podniosło. Bardzo dużo zależy w tym przypadku od zmian w zagospodarowaniu przestrzeni jakie zaszły na przestrzeni wieku oraz od działania lokalnych czynników związanych głównie z działalnością człowieka.

| Nr punktu | Rok     | Głębokość średnia |      |      | Głębokość maksymalna |      |      | Głębokość minimalna |      |      | Amplituda |      |      |
|-----------|---------|-------------------|------|------|----------------------|------|------|---------------------|------|------|-----------|------|------|
|           |         | XI-IV             | V-X  | Rok  | XI-IV                | V-X  | Rok  | XI-IV               | V-X  | Rok  | XI-IV     | V-X  | Rok  |
| AR 139    | 1967    | 6,08              | 5,57 | 5,82 | 6,51                 | 5,72 | 6,51 | 5,67                | 5,42 | 5,42 | 0,84      | 0,30 | 1,09 |
|           | 1968    | 5,91              | 5,63 | 5,78 | 6,49                 | 5,85 | 6,49 | 5,53                | 5,35 | 5,35 | 0,96      | 0,50 | 1,14 |
|           | 1969    | 6,06              | 5,80 | 5,93 | 6,60                 | 5,90 | 6,60 | 5,69                | 5,56 | 5,56 | 0,91      | 0,34 | 1,04 |
|           | 1970    | 6,20              | 5,58 | 5,86 | 6,67                 | 5,67 | 6,67 | 5,56                | 5,35 | 5,35 | 1,11      | 0,32 | 1,32 |
|           | 1967/70 | 6,06              | 5,65 | 5,85 | 6,67                 | 5,90 | 6,67 | 5,53                | 5,35 | 5,35 | 1,14      | 0,55 | 1,32 |
| 62*       | 2004    | 5,97              | 4,68 | 5,30 | 6,45                 | 4,79 | 6,45 | 4,80                | 4,44 | 4,44 | 1,65      | 0,35 | 2,01 |
|           | 2005    | 5,68              | 4,79 | 5,21 | 6,22                 | 4,84 | 6,22 | 4,83                | 4,73 | 4,73 | 1,39      | 0,11 | 1,49 |
|           | 2004/05 | 5,82              | 4,73 | 5,25 | 6,45                 | 4,84 | 6,45 | 4,80                | 4,44 | 4,44 | 1,65      | 0,40 | 2,01 |
| AR 113    | 1967    | 0,83              | 1,03 | 0,93 | 1,15                 | 1,27 | 1,27 | 0,66                | 0,79 | 0,66 | 0,49      | 0,48 | 0,61 |
|           | 1968    | 0,83              | 1,01 | 0,92 | 1,03                 | 1,12 | 1,12 | 0,60                | 0,87 | 0,60 | 0,43      | 0,25 | 0,52 |
|           | 1969    | 0,82              | 1,19 | 1,04 | 1,02                 | 1,35 | 1,35 | 0,69                | 0,89 | 0,69 | 0,33      | 0,46 | 0,66 |
|           | 1970    | 1,17              | 0,99 | 1,08 | 1,37                 | 1,23 | 1,37 | 0,76                | 0,83 | 0,76 | 0,61      | 0,40 | 0,61 |
|           | 1971    | 0,70              | 0,94 | 0,82 | 0,98                 | 1,18 | 1,18 | 0,46                | 0,68 | 0,46 | 0,52      | 0,50 | 0,72 |
|           | 1967/71 | 0,87              | 1,03 | 0,96 | 1,37                 | 1,35 | 1,37 | 0,46                | 0,68 | 0,46 | 0,91      | 0,67 | 0,91 |
| 87        | 2004    | 1,12              | 1,29 | 1,21 | 1,50                 | 1,47 | 1,50 | 0,88                | 0,97 | 0,88 | 0,62      | 0,50 | 0,62 |
|           | 2005    | brak danych       |      |      |                      |      |      |                     |      |      |           |      |      |
|           | 2004/05 |                   |      |      |                      |      |      |                     |      |      |           |      |      |
| AR 301    | 1967    | 0,55              | 0,78 | 0,67 | 0,63                 | 0,85 | 0,85 | 0,44                | 0,72 | 0,44 | 0,19      | 0,13 | 0,41 |
|           | 1968    | 0,52              | 0,56 | 0,54 | 0,75                 | 0,63 | 0,75 | 0,36                | 0,39 | 0,36 | 0,39      | 0,24 | 0,39 |
|           | 1969    | 0,48              | 0,78 | 0,63 | 0,61                 | 1,02 | 1,02 | 0,39                | 0,42 | 0,39 | 0,22      | 0,60 | 0,63 |
|           | 1970    | 0,89              | 0,91 | 0,90 | 1,01                 | 0,99 | 1,01 | 0,75                | 0,84 | 0,75 | 0,26      | 0,15 | 0,26 |
|           | 1971    | 0,76              | 0,81 | 0,79 | 0,93                 | 0,94 | 0,94 | 0,62                | 0,59 | 0,59 | 0,31      | 0,35 | 0,35 |
|           | 1967/71 | 0,64              | 0,77 | 0,71 | 1,01                 | 1,02 | 1,02 | 0,36                | 0,39 | 0,36 | 0,65      | 0,63 | 0,66 |
| 79        | 2004    | 0,99              | 1,07 | 1,03 | 1,13                 | 1,20 | 1,20 | 0,81                | 0,85 | 0,81 | 0,32      | 0,35 | 0,39 |
|           | 2005    | 0,80              | 0,94 | 0,98 | 1,16                 | 0,81 | 1,16 | 1,02                | 1,08 | 0,80 | 0,35      | 0,28 | 0,36 |
|           | 2004/05 | 1,00              | 1,00 | 1,00 | 1,16                 | 1,20 | 1,20 | 0,80                | 0,81 | 0,80 | 0,35      | 0,40 | 0,40 |
| AR 230    | 1967    | 2,65              | 2,73 | 2,71 | 2,89                 | 2,79 | 2,89 | 2,58                | 2,67 | 2,58 | 0,31      | 0,12 | 0,31 |
|           | 1968    | 2,74              | 2,74 | 2,74 | 2,80                 | 2,81 | 2,81 | 2,69                | 2,68 | 2,68 | 0,11      | 0,13 | 0,13 |
|           | 1969    | 2,77              | 2,71 | 2,74 | 2,83                 | 2,78 | 2,83 | 2,71                | 2,53 | 2,53 | 0,12      | 0,25 | 0,30 |
|           | 1970    | 2,65              | 2,69 | 2,67 | 2,77                 | 2,84 | 2,84 | 2,54                | 2,51 | 2,51 | 0,23      | 0,33 | 0,33 |
|           | 1971    | 2,64              | 2,62 | 2,63 | 2,83                 | 2,76 | 2,83 | 2,46                | 2,43 | 2,43 | 0,37      | 0,33 | 0,40 |
|           | 1967/71 | 2,69              | 2,70 | 2,70 | 2,89                 | 2,84 | 2,89 | 2,46                | 2,43 | 2,43 | 0,43      | 0,41 | 0,46 |
| 38        | 2004    | 3,24              | 3,24 | 3,24 | 3,34                 | 3,35 | 3,35 | 3,12                | 3,15 | 3,12 | 0,22      | 0,20 | 0,23 |
|           | 2005    | 3,27              | 3,28 | 3,28 | 3,44                 | 3,45 | 3,45 | 3,12                | 3,16 | 3,12 | 0,32      | 0,29 | 0,33 |
|           | 2004/05 | 3,26              | 3,26 | 3,26 | 3,44                 | 3,45 | 3,45 | 3,12                | 3,15 | 3,12 | 0,32      | 0,30 | 0,33 |

\* - +1,2m w związku z wyrównaniem do ówczesnej powierzchni terenu; AR – nr punktu obserwacyjnego Akademii Rolniczej

**Tabela 19. Charakterystyczne głębokości do zwierciadła w wybranych punktach w [m]**



**Ryc. 46. Roczne głębokości charakterystyczne oraz amplitudy wahań zwierciadła wód podziemnych w latach 1967-1971 i 2004-2005**

Reasumując, warto podkreślić znaczenie wnikliwej analizy danych archiwalnych, której zaledwie rys został opisany w niniejszym rozdziale. Bogaty zasób materiałów dotyczących warunków meteorologicznych, wód Odry oraz wód podziemnych, a także rozwoju urbanizacyjnego Wrocławia zawarty w przedwojennych rocznikach statystycznych miasta wraz z analizą stanu obecnego może być wykorzystany do oceny wpływu urbanizacji na środowisko wodne, a co za tym idzie na położenie zwierciadła wód podziemnych. Znajomość długofalowych skutków wywołanych procesami urbanizacyjnymi przy wspomżeniu technikami modelowymi może dać znakomite rezultaty przy przewidywaniu stanów wód podziemnych.

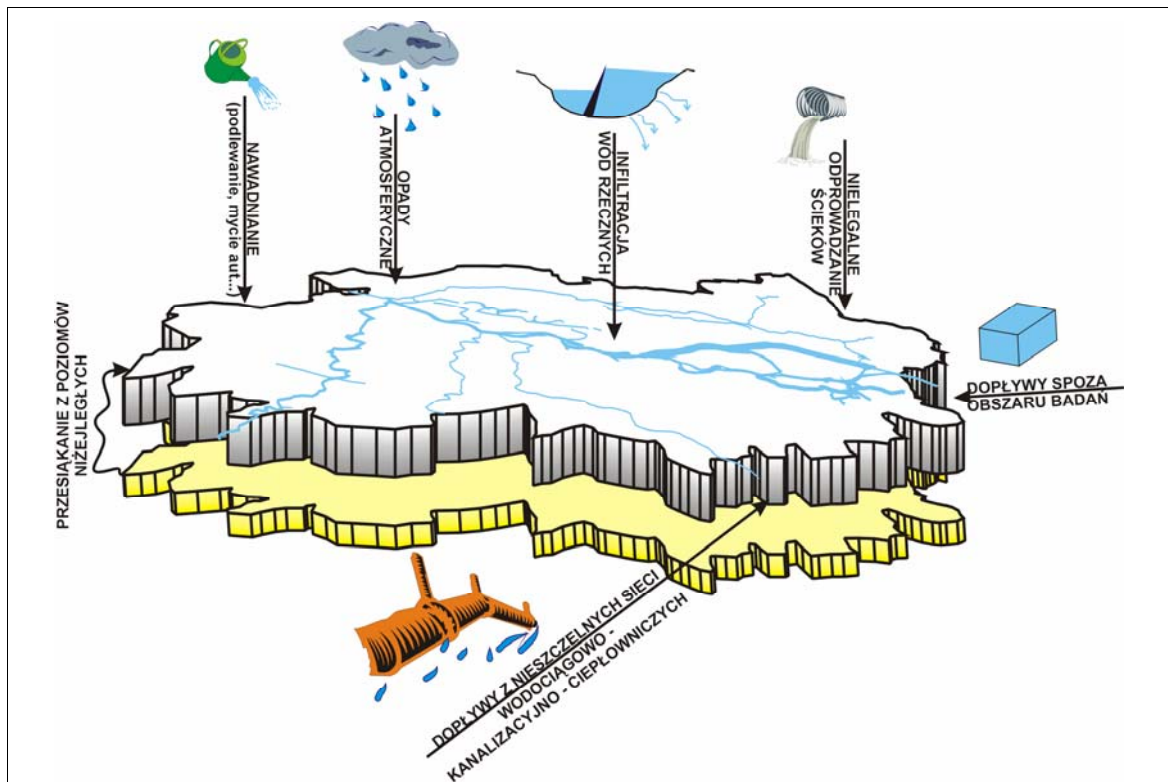
## 10. Cykl hydrologiczny w terenie zurbanizowanym na przykładzie miasta Wrocław

Badania nad czynnikami wpływającymi na obieg wody w środowisku miejskim, głównie pod kątem zanieczyszczenia wód podziemnych, były w ostatnich latach domeną międzynarodowego zespołu naukowców działających w ramach projektu AISUWRS (Assessing and Improving Sustainability of Urban Water Resources and Systems). Pracując nad modelem UVQ (Urban Volume and Quantity model), służącym między innymi do symulacji transportu zanieczyszczeń w wodach podziemnych, stworzyli oni jeden z najdokładniejszych schematów obrazujących miejski cykl hydrologiczny. Szkic ten znakomicie oddaje różnorodność i złożoność procesów warunkujących obieg wody w terenie zurbanizowanym, jednocześnie pozostając otwarty na modyfikacje związane ze specyfiką każdego miasta.

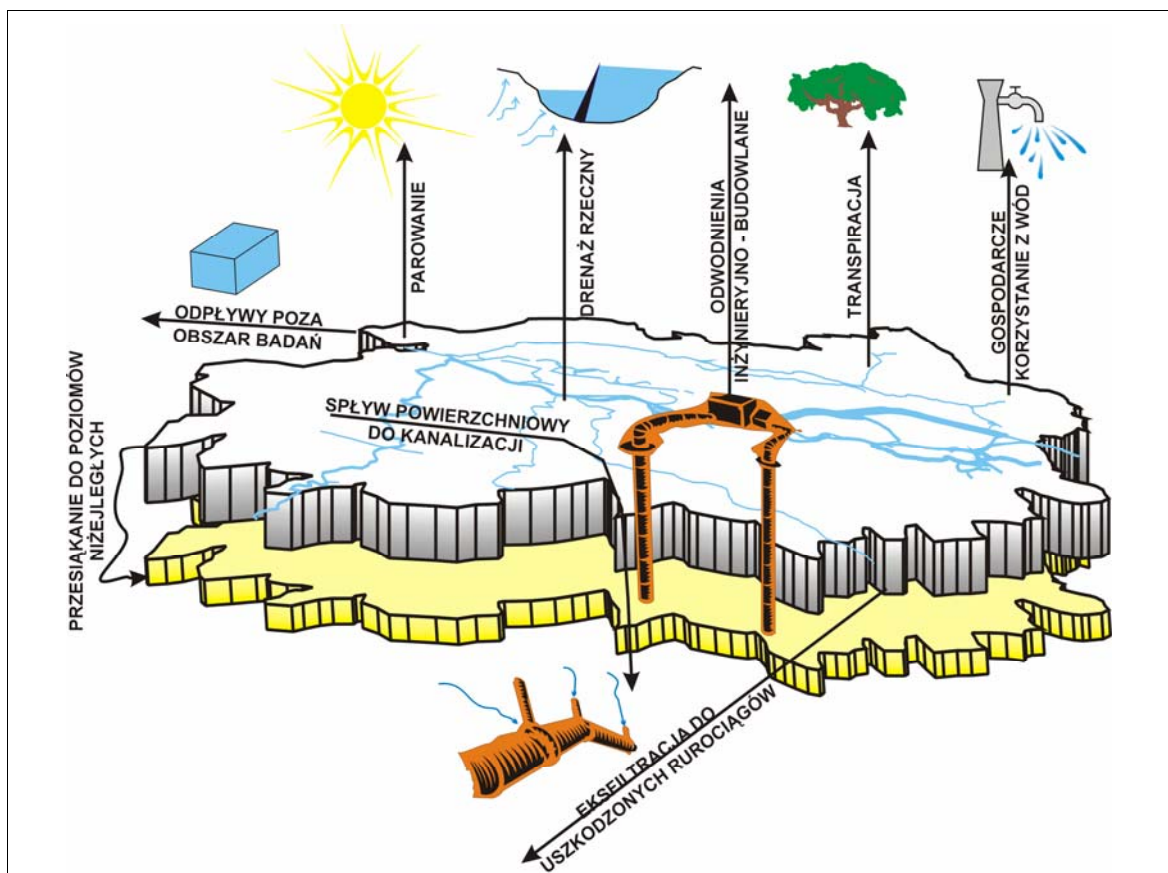
Wzorem schematu proponowanego w ramach UVQ usystematyzowano składowe biorące udział w cyklu hydrologicznym na terenie Wrocławia. Na podstawie przeprowadzonych w ramach realizacji niniejszej rozprawy badań zidentyfikowano czynniki i procesy wpływające na położenie zwierciadła płytkich wód podziemnych na obszarze miasta Wrocław. Pozwoliło to na wyznaczenie źródeł zasilania i drenażu miejskiego systemu wodonośnego. W oparciu o wyniki badań podjęto próbę schematyzacji krążenia wody w systemie miejskim z naciskiem na pierwszy poziom wodonośny i składowe cyklu determinujące wahania pierwszego zwierciadła wód podziemnych we Wrocławiu. Skonstruowano dwa schematy cząstkowe – jeden obrazujący część przychodową bilansu wodnego, której składniki powodują wzniosy zwierciadła (Ryc. 47) i drugi, który charakteryzuje rozchody w bilansie wodnym powodujące obniżanie zwierciadła (Ryc. 48)

Po stronie zasilającej wody pierwszego poziomu wodonośnego znalazły się takie naturalne czynniki jak: opady (deszcz/śnieg), dopływy spoza granic miasta czy przesiąkanie z poziomów niżejległych. Ze składników antropogenicznych zasilających wody podziemne należy wymienić przecieki z sieci wodno – kanalizacyjno – ciepłowniczej, nielegalne odprowadzanie wód deszczowych i ścieków do gruntu a także infiltrację wód z piętrowej Odry.

Ujemne składniki w bilansie ogólnym dla pierwszego poziomu wodonośnego wyrażone są tutaj między innymi przez ograniczoną infiltrację i wzmożony spływ



Ryc. 47. Schemat zasilania pierwszego poziomu wodonośnego na terenie Wrocławia



Ryc. 48. Schemat drenażu pierwszego poziomu wodonośnego na terenie Wrocławia





## 11. Wnioski i podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych na terenie miasta Wrocławia badań wykazały niezwykle różnicowanie skomplikowanych i powiązanych ze sobą procesów oraz mechanizmów determinujących wahania zwierciadła wód podziemnych w pierwszym od powierzchni terenu poziomie wodonośnym. Rezultaty zarówno prac terenowych, jak i kameralnych pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Pierwsze zwierciadło wód podziemnych na obszarze Wrocławia jest położone stosunkowo płytko. Średnie głębokości w przeważającej części miasta kształtują się na poziomie 1 – 8 m p.p.t. (Ryc. 9), co stanowi znaczne utrudnienie dla dziedzin związanych z budownictwem. Najgłębiej zwierciadło występuje w rejonie centralnej części Wrocławia, a nieco płycej na wysoczyznach. Główną bazę drenażu wymuszającą generalny kierunek odpływu podziemnego z terenu miasta stanowi północno – zachodni odcinek koryta Odry.

2. Roczne amplitudy wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych oscylują pomiędzy 0,2 a 2 m. W cyklu rocznym wahania przebiegają łagodnie, a rzadkie, nagłe zmiany w położeniu zwierciadła są zazwyczaj wywoływane przez działalność człowieka. Wielkości amplitud sezonowych są do siebie zbliżone, co świadczy o wyrównanym reżimie wodnym na badanym terenie. Najwyższe amplitudy wahań, zawierające się w przedziale 1 – 2 m, występują w południowo – zachodniej i północno – wschodniej części miasta (na wysoczyznach) (Ryc. 11). Najniższe amplitudy, świadczące o wyrównywaniu reżimu hydrogeologicznego przez wody Odry, występują w otworach zlokalizowanych na terenie doliny.

3. Miasto Wrocław charakteryzują w cyklu rocznym 4 typy wahań zwierciadła wyróżnione w oparciu o analizę hydrogramów w punktach obserwacyjnych. Typ I to wahania o cyklu zbliżonym do naturalnego, z wystąpieniem 2 stanów minimalnych i 2 maksymalnych. Typ II reprezentują studnie o hydrogramach z wyraźnym jednym minimum i jednym maksimum – należy do niego najliczniejsza grupa studni. III typ charakteryzuje rytm wahań ściśle związany z wodami rzeki Odry, gdzie odnotowuje się po jednym stanie minimalnym i maksymalnym w ciągu roku, które nie są wyraźne. Ostatni, IV typ wahań wiąże się z gwałtownymi zmianami stanów wywołanymi incydentalnymi wydarzeniami, najczęściej pochodzenia antropogenicznego.

4. Bardzo trudne jest wydzielenie wpływów na położenie i wahania pierwszego zwierciadła wód podziemnych pochodzących od poszczególnych czynników

o różnorodnej genezie. Rozgraniczenie składowych stricte naturalnych i stricte antropogenicznych jest bardzo skomplikowane, gdyż ich oddziaływania wzajemnie się nakładają tworząc specyficzny układ miejskiego obiegu wody (Ryc. 49).

5. Rola czynników naturalnych w kształtowaniu stanów wód podziemnych jest ograniczona działaniem infrastruktury miejskiej oraz zabiegami hydrotechnicznymi na ciekach powierzchniowych.

a) Największy wpływ na położenie pierwszego zwierciadła wód podziemnych ma rzeka Odra. Jej naturalnie drenujący charakter uwidacznia się głównie w dolnym odcinku. Powyżej Starego Miasta, w związku z wysokim piętrzeniem wód, rzeka zasila wody pierwszego poziomu wodonośnego. Na obszarze doliny Odra zdecydowanie warunkuje stany oraz wielkości amplitud zwierciadła wód podziemnych, a ze względu na silne rozczłonkowanie koryta i jego regulację zasięg oddziaływania rzeki nieznacznie wykracza poza granice doliny.

b) Opady atmosferyczne, które w naturalnym środowisku stanowią główne źródło zasilania płytkich wód podziemnych, na terenie Wrocławia (w środowisku silnie zurbanizowanym) mają podrzędne znaczenie. Istnieje słaby związek średnich stanów miesięcznych z sumą opadu w miesiącu poprzednim, co świadczy o dopływie naturalnie zasilanych wód podziemnych spoza granic miasta, bądź o dużym opóźnieniu w infiltracji bezpośredniej opadu. Dodatkowo na niskie zasilanie z powierzchni terenu w okresie obserwacyjnym wpływ miały niewielkie roczne sumy opadów, długotrwały niedosyt wilgotności w gruncie, wzmożone parowanie oraz nałożenie się czynników urbanizacyjnych związanych głównie z zabudową i pokryciem powierzchni terenu materiałami nieprzepuszczalnymi dla wody, a także wzrostem spływu powierzchniowego kierowanego do kanalizacji.

c) Znaczącą rolę w ograniczeniu infiltracji stanowi również gruba pokrywa nasypów tworząca przypowierzchniową warstwę na obszarze bardzo dużej części miasta. Niewysokie parametry filtracyjne utworów nasypowych w połączeniu z ich miąższością wydłużają drogę dla wsiąkających wód opadowych i utrudniają ich infiltrację na terenach odkrytych.

d) Na terenie Wrocławia nie stwierdzono zależności wielkości amplitudy wahań zwierciadła od głębokości jego występowania. Korelacje takie są stosunkowo wysokie w środowisku naturalnym, natomiast na obszarze zurbanizowanym komasuje się zbyt duża ilość składowych antropogenicznych zaburzających rodzime stosunki wodne badanego obszaru.

e) Związki wód pierwszego poziomu wodonośnego z niższym poziomem mioceńskim są zmienne i zależne od aktualnego układu ciśnień hydrostatycznych bądź istnienia lokalnych, uprzywilejowanych dróg przepływu.

6. Główną przyczyną determinującą rytm, dynamikę, cykliczność i wielkość wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych we Wrocławiu są zabiegi hydrotechniczne na rzece Odrze. Największy wpływ na warunki hydrogeologiczne centralnej, północnej i wschodniej części miasta mają jazy elektrowni wodnych, na których różnica poziomów wody sięga 5 metrów. Powoduje to również podpiętrzenie wód podziemnych, zwłaszcza w rejonie centrum, których odpływ do rzeki za jazami dodatkowo jest utrudniony przez liczne odwodnienia lokalnie zaburzające kierunki przepływu.

7. W okolicach Starego Miasta wyraźnie zaznacza się wpływ działających systemów odwadniających obiekty budowlane oraz przejścia i przejazdy podziemne. Duże zagęszczenie odwadnianych inwestycji powoduje zmiany w lokalnych kierunkach filtracji wód pierwszego poziomu wodonośnego, a zmieniając układ ciśnień hydrostatycznych może powodować przesiąkanie wód z niższych poziomów wodonośnych.

8. Istotne znaczenie dla zasilania pierwszego poziomu wód podziemnych, a co za tym idzie dla wielkości i charakteru wahań, ma sposób zagospodarowania przestrzeni. Postępująca urbanizacja bowiem wywiera skutki nie tylko miejscowo, lecz także ponad lokalnie. Zabudowa i pokrycie powierzchni terenu nawierzchniami nieprzepuszczalnymi drastycznie ogranicza infiltrację efektywną równocześnie zwiększając spływ powierzchniowy, który jest kierowany do kanalizacji i cieków.

9. Bardzo zły stan techniczny Wrocławskiej sieci kanalizacyjnej oraz niewiele lepszy stan infrastruktury wodociągowej sprawiają, że przecieki z rurociągów wodno – kanalizacyjnych są z kolei znaczącym źródłem zasilania wód podziemnych. Duże awarie oraz stałe ubytki wody wpływają lokalnie na położenie zwierciadła wód podziemnych. Nieszczelne systemy kanalizacyjne wprowadzają do gruntu nie tylko wyłapane wcześniej wody deszczowe, ale również część ścieków bytowych. Zakłóca to nie tylko dynamikę stanów wód podziemnych, ale także negatywnie wpływa na jakość tych wód.

10. Na podstawie badań termiki wód podziemnych zidentyfikowano interakcję wód pierwszego poziomu wodonośnego z systemem rur ciepłowniczych. Nieszczelna i źle izolowana infrastruktura ciepłownicza wpływa na wzrost temperatury wód

podziemnych, a co za tym idzie powoduje wzrost parowania z poziomu wodonośnego i obniżenie zwierciadła.

11. W oparciu o analizę materiałów archiwalnych i porównanie ich z wynikami prowadzonych badań zaobserwowano miejscowe obniżenie się zwierciadła wód podziemnych nawet o 2 metry w ciągu ostatnich 100 lat. Obserwacji tych jednak nie można ekstrapolować na cały obszar miasta ze względu na możliwość działania lokalnych czynników.

Podsumowując przeprowadzone badania należy podkreślić, iż zagadnienie dynamiki stanów wód podziemnych w terenach zurbanizowanych jest trudne do analizowania. Nakłada się tu na siebie działanie różnorodnych czynników, których ilościowe określenie i rozdzielenie jest bardzo skomplikowane. Niniejsza praca jest jedynie próbą zdiagnozowania i wydzielenia poszczególnych grup składników determinujących wahania pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie miasta. Temat ten wciąż pozostaje otwarty, zwłaszcza dla badań wykorzystujących techniki modelowania komputerowego.

## 12. Literatura, materiały archiwalne i inne źródła

1. Absalon D., 1998, Antropogeniczne zmiany odpływu rzecznoego w zlewni Rudy, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice
2. Alley W., Reilly T.E., Franke L.O., 1999, Sustainability of Ground-Water Resources, U.S. Geological Survey Circular 1186, Denver, Colorado
3. Appleyard S., 1995, The impact of urban development on recharge and groundwater quality in a coastal aquifer near Perth, western Australia, [w:] Hydrogeology Journal vol.3 No 2, Springer-Verlag
4. Arriaga M. A., Leap D. I., 2006, Using solver to determine vertical groundwater velocities by temperature variations, Purdue University, Indiana, USA, [w:] Hydrogeology Journal vol 14 No 2, Verlag-Springer
5. Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z., 2006, Hydrologia ogólna, PWN, Warszawa
6. Bartolino J.R., Cole J.C., 2002, Ground-water resources of the middle Rio Grande basin, U.S. Geological Survey Circular 1222, Reston, Virginia
7. Beyschlag F., Michael R., 1907, Über die Grundwasserverhältnisse der Stadt Breslau, Zeitschrift für praktische Geologie, Verlag von Julius Springer, Berlin
8. Biel Z., Dendewicz A., Młodzianowski S., 1983, Wodonośność utworów triasu w rejonie Wrocławia, [w:] Materiały II Ogólnopolskiego Sympozjum "Współczesne Problemy Hydrogeologii Regionalnej", Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego
9. Bocheńska T., 1988, Kształtowanie się warunków hydrodynamicznych w lubińsko – głogowskim obszarze miedzionośnym pod wpływem odwadniania kopalń, Acta Universitatis Wratislaviensis No 1044 – Hydrogeologia, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław
10. Bocheńska T., Limisiewicz P., Poprawski L., 1993, Analiza statystyczna zmian zwierciadła płytkich wód podziemnych w lubińsko-głogowskim obszarze miedzionośnym, [w:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, Wrocław
11. Bocheńska T., Wąsik M., Worsa-Kozak M., 2003, Krążenie wód podziemnych w centrum Wrocławia w świetle badań modelowych, [w:] Współczesne Problemy Hydrogeologii t.XI cz.1, Jastrzębia Góra-Gdańsk
12. Bouwer H., 2002, Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering, [w:] Hydrogeology Journal vol 10 No 2, Verlag-Springer
13. Bożek A., Dubicki A., Dziewanowski M., Kwiatkowska-Szygulska B., 2002, Wody powierzchniowe, [w:] Środowisko Wrocławia - Informator 2002, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław
14. Broś B., Kowalski J., 1993, Podtopienie Starego Miasta i Śródmieścia we Wrocławiu na skutek piętrzenia Odry Miejskiej, [w:] Konferencja Naukowo-Techniczna : Odra i jej dorzecze. Wrocław, 26-28 maja 1993 r. - Zesz. Nauk. AR Wroc. Nr 232 Inż. Środ. 3, Wrocław
15. Buczyński S., Staśko S., Tarka R., 2005, Dynamika stanów wód podziemnych na przedpolu Sudetów na przykładzie stacji w Zebrzydowie, [w:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, Toruń
16. Buksiński S., Walczak-Augustyniak M., Wroński J., 1974a, Atlas Geologiczny Wrocławia część I – Mapy i przekroje geologiczne, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
17. Buksiński S., Lewandowska-Krzywda B., Siciński W., Walczak-Augustyniak M., Wroński J., 1974b, Atlas geologiczny Wrocławia. Cz. II. Mapy geologiczno-inżynierskie, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
18. Burn S., DeSilva D., Tjandraatmadja G., Mitchell G., Diaper C., Correll R., Dillon P., Eiswirth M., 2003, The Role of Urban Infrastructure on Ground Water Contamination - the EU AISUWRS Project (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))

19. Chełmicki W., 1986, Wieloletnia tendencja zmian zwierciadła wód gruntowych w Polsce w latach 1951-1978, Prace Geograficzne zeszyt 67, Prace Instytutu Geograficznego Uniwersytetu Jagiellońskiego z. 89, PWN, Warszawa
20. Chełmicki W., 1991, Zmiany położenia zwierciadła wód gruntowych na tle zmian opadów atmosferycznych w latach 1961-1980, Prace Geograficzne zeszyt 83, Prace Instytutu Geograficznego Uniwersytetu Jagiellońskiego z. 105, PWN, Warszawa
21. Chełmicki W., Ciszewski S., Żelazny M., 2002, Model wahań zwierciadła wód podziemnych w Puszczy Niepołomickiej, Czas. Techn. Polit. Krakowskiej, Inż.. Środ. Zesz. 4-Ś/2002, Kraków
22. Chudy K., 2004, Zastosowanie systemów GIS do gromadzenia i unifikacji danych w obszarach działalności górniczej, [w:] Modelowanie przepływu wód podziemnych, Acta Univ. Wratis. Hydrogeologia, Wyd. UW r., Wrocław
23. Cronin A.A., Powell K.L., Barrett M.H., Taylor R.G., Trowsdale S.A., Lerner D.N., 2003, Temporal variations in the depth-specific hydrochemistry and sewage-related microbiology of an urban sandstone aquifer, Nottingham, United Kingdom, [w:] Hydrogeology Journal vol. 11 No 2, Springer-Verlag
24. Crowe A.S., Shikaze S.G., Schwartz F.W., 1999, A grid generating algorithm for simulating a fluctuating water table boundary in heterogeneous unconfined aquifers, [w:] Advances in Water Resources vol.22 No.6 pp 567 - 575, Elsevier Science Ltd
25. Cymerman Z., 2004, Mapa tektoniczna Sudetów i Bloku Przedśudeckiego, skala 1:200000, Państwowy Instytut Geologiczny, Ministerstwo Środowiska, Warszawa
26. Davis J.C., 1986, Statistics and Data Analysis in Geology, John Wiley & Sons, New York
27. Dąbrowski S., Górski J., Kapuściński J., Przybyłek J., Szczepański A.- kier. nauk., 2004, Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych - poradnik metodyczny, Ministerstwo Środowiska, 2004
28. Dąbrowski S., Przybyłek J., 1980, Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych, CUG Kombinat Geologiczny Północ, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
29. Dąbrowski S., Przybyłek J., 2005, Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych - poradnik metodyczny, NFOŚiGW - Ministerstwo Środowiska, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań -Warszawa
30. de Vries J.J., Simmers I., 2002, Groundwater recharge: an overview of processes and challenges, [w:] Hydrogeology Journal vol 10 No 1, Verlag-Springer
31. Dendewicz A., 1984, Warunki hydrogeologiczne poziomu wapienia muszlowego w rejonie Wrocławia, [w:] Metody badania wód podziemnych ich użytkowania i ochrony, I.G.CAG, Warszawa
32. Dendewicz A., Grzegorzczak K., Kłapciński J., Krawczyk J., Kryza J., 1995, Hydrogeologiczne uwarunkowania zaopatrzenia Wrocławia w wody podziemne, Rocznik PTG Przewodnik LXVI Zjazdu PTG, Wrocław
33. Dendewicz A., Krawczyk J., 1989, Perspektywiczne struktury wodonośne w niecce wrocławskiej, [w:] Materiały na konferencję naukowo-techniczną "Alternatywne źródła zaopatrzenia Wrocławia w wodę", Wrocław
34. Dim J.R., Sakura Y., Fukami H., Miyakoshi A., 2002, Spatial characteristics of groundwater temperature in the Ishikari Lowland, Hokkaido, northern Japan: analytical and numerical applications, [w:] Hydrogeology Journal vol 10 No 2, Verlag-Springer
35. Dowgiałło J., Kleczkowski A.S., Macioszczyk T., Rózkowski A. (red.), 2002, Słownik Hydrogeologiczny, wyd. 2 popr., Ministerstwo Środowiska, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
36. Drangert J.-O., Cronin A.A., 2004, Use and abuse of the urban groundwater resource: Implications for a new management strategy, [w:] Hydrogeology Journal vol 12 No 1, Verlag-Springer
37. Dubicka M., 1991, Opady atmosferyczne we Wrocławiu i ich związek z cyrkulacją atmosfery, Acta Univ. Wratisl. 1237, Wrocław

38. Dubicka M., 1996, Termiczne pory roku we Wrocławiu, *Acta Univ. Wratisl. 1794*, Prace Inst. Geogr., Wrocław
39. Dubicka M., Karal J., 1988, Warunki usłonecznienia we Wrocławiu z uwzględnieniem tendencji jego zmian, *Acta Univ. Wratisl. 738*, Biul. Meteorol., 29(4) A, Wrocław
40. Dubicka M., Pyka J.L., 2001, Wybrane zagadnienia klimatu Wrocławia w XX wieku, *Prace i Studia Geogr. UW.* 29
41. Dubicka M., Szymanowski M., 2003, Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu - struktura przestrzenna i czasowa, *Prace Geogr. IGiPZ PAN* 188
42. Dubicki A., Dubicka M., Szymanowski M., 2002, *Klimat Wrocławia*, [w:] Środowisko Wrocławia - Informator 2002, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław
43. Dubicki A., Słota H., Zieliński J. (red.), 1999, *Dorzecze Odry – monografia powodzi*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa
44. Dynowska I., Pietrygowa Z., 1978, Wieloletnie fluktuacje zwierciadła wód gruntowych w dorzeczu górnej Wisły, *Czasopismo Geograficzne t. XLIX, z. 2*, PWN, Warszawa-Wrocław
45. Eiswirth M., Hötzel H., Cronin A., Morris B., Veselic M., Bufler R., Burn S., Dillon P., 2002, Assessing and Improving the Sustainability of Urban Water Resources and Systems, [w:] *Proceedings of the Image-Train Cluster Meeting Cracow Oct.2002* (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
46. Eiswirth M., Wolf L., Hötzel H., 2002, Balancing the contaminant input into urban aquifers, [w:] *Proceedings of the XXXII. IAH Conference. Mar del Plata, Argentina* (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
47. Erdelyi M., Galfi J., 1988, *Surface and subsurface mapping in hydrogeology*, Akademiai Kiado, Budapest
48. Fisher K., 1915, *Niederschlag und Abfluss im Odergebiet*, Jr.f.d. Gewässerkunde Norddeutschland Bess. Mitteil, Ziegfred Mittler Ernst und Sohn, Berlin
49. Foster S., Morris B., Lawrence A., Chilton J., 1999, Groundwater impacts and issues in developing cities - An introductory review, [w:] *Groundwater in the Urban Environment: Selected City Profiles*, Chilton (red.), International Association of Hydrogeologists, Balkema, Rotterdam
50. Foster S.S.D., 1990, Impacts of urbanisation on groundwater, [w:] *Hydrological processes and water management in urban areas (IAHS Publ 198)*. International Association of Hydrological Sciences, Wallingford, Oxfordshire
51. Foster S.S.D., Chilton P. J., 2004, Downstream of downtown: urban wastewater as groundwater recharge, [w:] *Hydrogeology Journal vol.12 No 1*, Springer-Verlag
52. Franke O.L., Reilly T.E., Pollock D.W., LaBaugh J.W., 1998, Estimating areas contributing recharge to wells - lessons from previous studies, *U.S. Geological Survey Circular 1174*
53. Gizler H., 1985, Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50000, arkusz 726 – Oborniki Śląskie, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
54. Gizler H., 1986, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50000, 726 – Oborniki Śląskie*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
55. Goldsztejn P., Skrzypek G., 2004a, Morfologia powierzchni stropowej glin zwałowych złodowacenia południowopolskiego (sanu 2) w centrum Wrocławia, [w:] *Przegląd Geologiczny*, vol. 52, nr 2, Warszawa
56. Goldsztejn P., Skrzypek G., 2004b, Wykorzystanie metod interpolacji do numerycznego kreowania map powierzchni geologicznych na podstawie nieregularnie rozmieszczonych danych, [w:] *Przegląd Geologiczny*, vol. 52, nr 3, Warszawa
57. Grischek T., Nestler W., Piechniczek D., Fischer T., 1996, Urban groundwater in Dresden, Germany, [w:] *Hydrogeology Journal vol. 4 No 1*, Springer-Verlag
58. Grodzicki A. [red.], 2003, *Historia nauk geologicznych na Uniwersytecie Wrocławskim 1811-2003*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław
59. Gumiński R., 1948, *Próba wydzielenia dzielnic rolniczo – klimatycznych w Polsce*,

- Przegląd Meteorologiczno-Hydrologiczny
60. Gurwin J., 2000, Model hydrogeodynamiczny systemu wodonośnego pradoliny Odry w rejonie Głogowa, [w:] Prace geologiczne – mineralogiczne LXX, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław
  61. Guzik M., Liszka P., Pacholewski A., 1999, Interpretacja wieloletnich wyników pomiarów zwierciadła wód podziemnych wybranych poziomów wodonośnych regionu Śląsko-Krakowskiego, [w:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. IX, Kielce
  62. Held, I., Eiswirth, M., Wolf, Hoetzel, H., 2004, Leaky sewers as a source for groundwater recharge and quality changes, [w:] XXXIII. IAH & 7. ALHSUD Congress October 11-15, 2004, Zacatecas, Mexico, (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
  63. Helsel D.R., Hirsch R.M., 2002, Statistical Methods in Water Resources, Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation, Chapter A3
  64. Jacobi J., 1877, Das Grundwasser von Breslau, [w:] Breslauer Statistik im Auftr. des Magistrats der Kgl. Haupt- und Residenzstadt Breslau hrsg. vom städtischen statistischen Bureau Breslau 1877-1922
  65. Jacobs E., 1999, Groundwater management below sea level in the city of Amsterdam, [w:] Groundwater in the Urban Environment: Selected City Profiles, Chilton (red.), International Association of Hydrogeologists, Balkema, Rotterdam
  66. Juren A., Pregl L., Veselic M., 2003, Project of an urban lysimeter at the Union Brewery, Ljubljana, Slovenia, (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
  67. Kajetanowicz Z., 1948: Hydrologia Odry, [w:] Monografia Odry, praca zbiorowa, Poznań
  68. Kajewski I., Kowalski J., Molski T., 1992, Odwodnienia budowlane terenów w rejonie oddziaływania piętrzenia Odry Miejskiej na przykładzie Placu Społecznego we Wrocławiu, [w:] Problemy hydrogeologiczne południowo – zachodniej Polski, Wrocław
  69. Kala R., 2005, Statystyka dla przyrodników, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Poznań
  70. Kazimierski B. (red. nauk.), 2003, Rocznik hydrogeologiczny Państwowej Służby Hydrogeologicznej rok hydrogeologiczny 2003, PIG, Warszawa
  71. Kazimierski B. (red. nauk.), 2005, Rocznik hydrogeologiczny Państwowej Służby Hydrogeologicznej rok hydrogeologiczny 2004, PIG, Warszawa
  72. Kazimierski B. (red. nauk.), 2006, Rocznik hydrogeologiczny Państwowej Służby Hydrogeologicznej rok hydrogeologiczny 2005, PIG, Warszawa
  73. Kazimierski B., 1999, Dynamika stanów wód piętra trzeciorzędowego centralnej części Niziny Mazowieckiej, [w:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, s.431-434, tom IX, Kielce
  74. Kielczawa J., Michniewicz M., Wojtkowiak A., Sobol L., 2005, Wody podziemne, [w:] Opracowanie ekofizjograficzne dla województwa dolnośląskiego, Zarząd Województwa Dolnośląskiego i Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne, Wrocław
  75. Kielczawa J., Mroczkowska B., Kłonowski M., 1997, Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 + Opis, Arkusz 763 – Leśnica, PIG, Warszawa
  76. Kień D., 1997, Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 + Opis, Arkusz 727 – Trzebnica, PIG, Warszawa
  77. Kim Y.Y., Lee K.K., Sung I.H., 2001, Urbanization and the groundwater budget, metropolitan Seoul area, Korea, [w:] Hydrogeology Journal vol.9 No 4, Springer-Verlag
  78. Kistowski M., Iwańska M., 1997, Systemy informacji geograficznej, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań
  79. Kittu N., Varadaraj N., Chakkarapani R., 1999, Impact of urbanisation on groundwater in the Madras coastal area, Tamil Nadu, India, [w:] Groundwater in the Urban Environment: Selected City Profiles, Chilton (red.), International Association of



- Hydrogeologists, Balkema, Rotterdam
80. Kleczkowski A.S. (red.), 1990, Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000, AGH Kraków
  81. Kleczkowski A.S., 2003, Kształtowanie chemizmu czwartorzędowych wód podziemnych Krakowa 1870-2002; Tendencje dalszych zmian, Wydawnictwo JAK, Kraków
  82. Klinger, J., Wolf, L., 2004, Using the UVQ Model for the sustainability assessment of the urban water system, [w:] 19 EJSW Workshop on Process Data and Integrated Urban Water Modelling. Proceedings (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
  83. Kłapiński J., 1971, Litologia, fauna, stratygrafia i paleogeografia permu monokliny przedsudeckiej, Geol. Sudetica, vol. 5, Wrocław
  84. Kłapiński J., 1993a, Litostratygrafia profili głębokich otworów wiertniczych Wrocławia i obszarów przyległych, Prace Geol. Miner. XLI Acta Universitatis Wratislaviensis, Wrocław
  85. Kłapiński J., 1993b, Litostratygrafia profili głębokich otworów wiertniczych w regionie opolskim, Prace Geol. Miner. XXXVII Acta Universitatis Wratislaviensis, Wrocław
  86. Kohfahl C., Hamann E., Pekdeger A., 2004, Estimating the effect of water table oscillations on acidification using a hydraulic model, [w:] Applied Earth Science (Trans. Inst. Min. Metall. B) Vol. 113, IoM Communications Ltd.
  87. Kondracki J., 2001, Geografia regionalna Polski, PWN, Warszawa
  88. Konieczńska M., 1998, Atlas Geochemiczny Wrocławia i okolic 1:100 000 cz.II, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
  89. Konopłancew A.A., Siemionow S.M., 1979, Prognozowanie i kartograficzne odwzorowanie reżimu wód gruntowych, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
  90. Koronacki J., Mielniczuk J., 2001, Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych, Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa
  91. Kowalczyk A., 2003, Formowanie się zasobów wód podziemnych w utworach węglanowych triasu śląsko – krakowskiego w warunkach antropopresji, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice
  92. Kowalczyk T., Chalfen M., Pływaczyk A., 2005, Modeling of groundwater table position in the subsurface irrigation on afforested (formerly arable) lands, [w:] Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Environmental Development, Volume 8, Issue 3
  93. Kowalski J., 1977, Dynamika stanów pierwszego poziomu wód podziemnych terenu m. Wrocławia, Zesz. Nauk. AR Wroc. 1977 Rozpr. Nr 8., Wrocław
  94. Kowalski J., 1978a, Niektóre problemy badań geologicznych dla prognozowania wpływu piętrzenia Odry na stosunki hydrogeologiczne w jej dolinie, [w:] Metody dokumentowania geologiczno – inżynierskiego obszarów dolin rzecznych dla potrzeb budownictwa hydrotechnicznego na przykładzie doliny rzeki Odry: konferencja naukowo-techniczna. Wrocław – Głogów – Krosno Odrzańskie – Słubice
  95. Kowalski J., 1978b, Wpływ budowy piętrzących wrocławskiego węzła wodnego na stany wód gruntowych pradoliny Odry, [w:] Zagadnienia hydrologiczne, hydrogeologiczne i ochrony wód rzeki Odry : sesja naukowa, 13-15 czerwca, 1977, Wrocław
  96. Kowalski J., 1979, Niektóre problemy związane z wpływem modernizacji kanalizacji Odry Górnej na stosunki wodne terenów przyległych, [w:] IV Szkoła Letnia Budownictwa Rolniczego i Melioracji Wodnych. Cz.1. Pokrzywna, 18-23 września 1979
  97. Kowalski J., 1984, Warunki wodno – gruntowe miasta Wrocławia, maszynopis, Akademia Rolnicza, Wrocław
  98. Kowalski J., 1987, Hydrogeologia z podstawami geologii, PWN, Warszawa
  99. Kowalski J., Kajewski I., 1990, Wpływ zmian piętrzenia Odry miejskiej na stosunki

- wodno-gruntowe na terenie miasta Wrocławia, [w:] 20 Seminarium Zastosowań Matematyki. Kobyla Góra 17-21 września 1990. Kat. Matem. Akad. Roln. we Wrocławiu, Wrocław
100. Kryza J., Mielniczyk M., Staśko S.; 1994, Budowa geologiczna i wody podziemne okolic Wrocławia, [w:] Środowisko Wrocławia, Informator '94, Wrocław
101. Kryza J., Poprawski L., Staśko S., 1989, Główne zbiorniki wód podziemnych w rejonie wrocławskim - koncepcja optymalnego zagospodarowania i aktywnej ochrony, [w:] Materiały na konferencję naukowo-techniczną "Alternatywne źródła zaopatrzenia Wrocławia w wodę", Wrocław
102. Kryza J., Poprawski L., Staśko S., 1998, Systemy zaopatrzenia w wodę pitną miasta Wrocławia, [w:] Górnictwo Odkrywkowe XL, Mat. Konf. Nauk.-Techn. „Źródła wody dla Wrocławia oraz współczesne tendencje w zakresie systemów ujęć i oczyszczania wody”, Wrocław 25 czerwca 1998
103. Kryza J., Staśko S., 1991, Wody podziemne. Informator o stanie środowiska naturalnego miasta Wrocławia. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław
104. Kwiatkowski J., 1975, Zasięg fenów sudeckich i ich wpływ na mezoklimat regionów południowo - zachodniej i środkowej Polski, Przegląd Geofizyczny 20 (28)
105. Leadbater S.G., Bentley L., Osborn G., Robinson N., 1999, Urban development and groundwater levels in downtown Calgary, [w:] Groundwater in the Urban Environment: Selected City Profiles, Chilton (red.), International Association of Hydrogeologists, Balkema, Rotterdam
106. Lerner D.N., 2002, Identifying and quantifying urban recharge: a review, [w:] Hydrogeology Journal vol.10 No 1, Springer-Verlag
107. Lerner D.N., Barrett M.H., 1996, Urban groundwater issues in the United Kingdom, [w:] Hydrogeology Journal vol. 4 No 1, Springer-Verlag
108. Lerner D.N., Burston M.W., Bishop P.K., 1993, Hydrogeology of the Coventry region (UK): an urbanized, multi-layer dual-porosity aquifer system, [w:] Journal of Hydrology 149:
109. Łabno A., 1988, Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50000, arkusz 763 – Leśnica, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
110. Łabno A., 1991, Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50000, 763 – Leśnica, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
111. Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002, Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
112. Malinowski J. (red.), 1991, Budowa geologiczna polski, T.VII – Hydrogeologia, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
113. Malinowski J., Przytuła E., 1991, Metodyczne Zasady interpretacji wahań zwierciadła wód podziemnych niecki lubelsko - radomskiej, [w:] Kwartalnik Geologiczny, t.35, nr 2, Warszawa
114. Mapa Głównych Zbiorników Wód Podziemnych - stan na 31.03.2004, 2004, Państwowy Instytut Geologiczny, Zakład Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Warszawa
115. Mądrala M., Poprawski L., Rejman, 2001, Zróżnicowanie środowiska hydrogeochemicznego utworów czwartorzędowych w wybranych obszarach zlewni wodociągowej miasta Wrocławia, [w:] Współczesne problemy hydrogeologii X, tom. 1, Wyd. Sudety, Wrocław
116. Menegasse L.N., Duarte U., Pereira P.R.B., 1999, Effects of urbanisation on aquifer recharge and superficial runoff in the Sumare and Pompeia basins, Sao Paulo Municipality, Brazil, [w:] Groundwater in the Urban Environment: Selected City Profiles, Chilton (red.), International Association of Hydrogeologists, Balkema, Rotterdam
117. Meriano M., Eyles N., 2003, Groundwater flow through Pleistocene glacial deposits in the rapidly urbanizing Rouge River-Highland Creek watershed, City of Scarborough, southern Ontario, Canada, [w:] Hydrogeology Journal vol. 11 No 2,

Springer Verlag

118. Meyer S.C., 2005, Analysis of base flow trends in urban streams, northeastern Illinois, USA, [w:] *Hydrogeology Journal* vol. 13 No 5-6, Springer-Verlag
119. Mikulski Z., 1963, *Zarys hydrografii Polski*, PWN, Warszawa
120. Mitchell V.G., Diaper C., Gray S.R., Rahilly M., 2003, UVQ: Modelling the Movement of Water and Contaminants through the Total Urban Water Cycle, The Institution of Engineers, Australia, 28th International Hydrology and Water Resources Symposium, 10 - 14 November 2003, Wollongong, NSW (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
121. Mitchell V.G., Diaper C., 2004, UVQ: A tool for assessing the water and contaminant balance impacts of urban water development scenarios. [w:] *Proceedings of the IWA World Water Forum*, (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
122. Mroczkowska B., 1995, Zmiany jakości wód kenozoiku w zachodniej części Wrocławia i okolicach, *Materiały LXVI Zjazdu PTG*, Wrocław
123. Mroczkowska B., Michniewicz M., 1976, *Atlas Geologiczny Wrocławia część III – Hydrogeologia*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
124. Nnadi F.N., Fulkerson M., 2002, Assessment of groundwater under direct influence of surface water, [w:] *Journal Of Environmental Science And Health Part A—Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering* Vol. A37, No. 7
125. Oberc J., 1972, *Budowa geologiczna Polski, t. IV, Tektonika cz. 2 - Sudety i obszary przyległe*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
126. Oberc-Dziedzic T., Żelaźniewicz A., Cwojdziański S., 1999, Granitoids of the Odra Fault Zone: late to post-orogenic Variscan intrusions in the Saxothuringian Zone, SW Poland. *Geologia Sudetica* 32/1
127. Okła K. (red) - Opracowanie zbiorowe, 2000, System informacji przestrzennej w lasach państwowych - podręcznik użytkownika leśnej mapy numerycznej, Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Warszawa
128. Olszewska B., Pływaczyk L., Łyczko W., 2004, Warunki wodne w dolinie Odry w rejonie Brzeg Dolny - Malczyce, [w:] *Geologiczne i środowiskowe problemy gospodarowania i ochrony doliny górnej i środkowej Odry*, Wrocław 18-19.11.2004, Państwowy Instytut Geologiczny
129. Paczyński B. (red.), 1995, *Atlas hydrogeologiczny Polski 1:500 000*, PIG, Warszawa
130. Paszczyk J., 1973, Analiza wahań zwierciadła wód podziemnych w obszarze wschodnim Polski, [w:] *Przegląd Geograficzny*, tom XLV, z.3
131. Pawlak W. (red.), 1997, *Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego*, Pracownia Atlasu Dolnego Śląska, Uniwersytet Wrocławski
132. Pazdro Z., Kozerski B. (red.), 1990, *Hydrogeologia ogólna*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
133. Peryt T.M., Piwocki M. (red.), 2004, *Budowa geologiczna Polski, t. I, Stratygrafia cz. 3a - Kenozoik, Paleogen, Neogen*, Państwowy Instytut Geologiczny i Ministerstwo Środowiska, Warszawa
134. Pleczyński J., 1981, *Odnawialność zasobów wód podziemnych*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
135. Pływaczyk A., 1999, Ocena stosunków wodnych na terenie Parku Szczytnickiego, [w:] *Kształtowanie, pielęgnacja i ochrona zieleni miejskiej : Konferencja Naukowa : VIII Targi Zieleni Miejskiej i Ogrodnictwa TARAGRA'99. Wrocław, 28-29 maja 1999 r. Akad. Roln. we Wrocławiu - Kat. Łąk. i Kształt. Ter. Ziel.; INTERART Sp. z o.o./ Red. Gospodarczyk F., Weber J., Siewniak M., Wrocław*
136. Pływaczyk A., Kowalczyk T., 2000, Kształtowanie się stosunków wodnych we wrocławskim Parku Szczytnickim, [w:] *Zesz. Nauk. AR Wroc. 2000 Nr 385 Inż.Środ.11*, Wrocław
137. Pływaczyk A., Orzepowski W., Kowalczyk T., 2001, Kształtowanie się stosunków wodnych we wrocławskim Parku Południowym, [w:] *Konferencja naukowa na temat: Kształtowanie środowiska - uwarunkowania przyrodnicze, techniczne i społeczno-ekonomiczne. Olsztyn, 26-28 czerwca 2001 r. Wyd. Kształt. Środ. i*

- Roln. Uniw. Warm.-Mazur.; Komitet Melior. i Inż. Środ. Roln. PAN [i in.]. - Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 2001 Z.477
138. Pływaczyk L., Olszewska B., 1990, Wahania stanów wody gruntowej w dolinie Odry w rejonie Malczyc, [w:] Zesz. Nauk. AR Wroc. Nr 195 Melior. 38:1990, Wrocław
139. Rapantowa N., Grmela A., Vojtek D., 2004, Groundwater Recharge Modeling in Urban and Industrial Areas, [w:] Modelowanie Przepływu Wód Podziemnych, Acta Universitatis Wratislaviensis No 2729 – Hydrogeologia, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław
140. Rejman W., 1997, Skład chemiczny wód podziemnych na obszarze lewobrzeżnej części Wrocławia, [w:] Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i geotermia, nr 5-6/97
141. Rejman W., 1999, Wpływ czynników antropogenicznych na skład chemiczny płytkich wód podziemnych na terenie ujęcia infiltracyjnego dla miasta Wrocławia, praca doktorska (maszynopis), Archiwum ZHS UWR
142. Rejman W., 1997, Skład chemiczny wód podziemnych na obszarze lewobrzeżnej części Wrocławia, [w:] Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i geotermia, nr 5-6/97
143. Rocznik Statystyczny Wrocławia 2004, 2004, Urząd Statystyczny we Wrocławiu
144. Roman G., Waszkiewicz J. Miłkowski M. (red.), 1999, Wrocław a Odra, Urząd Miejski Wrocławia, Biuro Rozwoju Wrocławia
145. Roszak W., 1991, Kształtowanie się składu chemicznego płytkich wód podziemnych w pradolinie Odry w rejonie Wrocławia. Acta Universitatis Wratislaviensis No 1981, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław
146. Roszak W., 1996, Opady atmosferyczne jako przekazywacz oddziaływań antropogenicznych na płytkie wody podziemne, [w:] Mat. IX Ogólnopol. Konf. Nauk. pt.: „Chemizm opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych”, Wyd. Uniw. Łódzkiego, Łódź
147. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 grudnia 2002 r. w sprawie przebiegu granic obszarów dorzeczy, przyporządkowania zbiorników wód podziemnych do właściwych obszarów dorzeczy, utworzenia regionalnych zarządów gospodarki wodnej oraz podziału obszarów dorzeczy na regiony wodne, Dz.U. 2002.232.1953
148. Różycki M., 1955, Warunki hydrogeologiczne Śląska. Przegląd Geologiczny nr 10, Warszawa
149. Różycki M., 1956a, Przeglądowa mapa hydrogeologiczna 1:300 000, arkusz Wrocław, Wyd. Geol. Warszawa
150. Różycki M., 1956b, Przeglądowa mapa hydrogeologiczna 1:300 000, arkusz Wrocław, wyd. B (Wody głębszych poziomów), Wyd. Geol. Warszawa
151. Różycki M., 1958a, Kilka uwag o podłożu trzeciorzędowym Wrocławia, [w:] Przegląd Geologiczny nr 10, Warszawa
152. Różycki M., 1958b, Wodociągi miasta Wrocławia na tle warunków hydrogeologicznych, Biuletyn PGIB nr 6
153. Różycki M., 1961, Kilka uwag o stratygrafii utworów trzeciorzędowych okolic Wrocławia, [w:] Przegląd Geologiczny nr 7, Warszawa
154. Różycki M., 1966, O związku wód podziemnych z wodami powierzchniowymi w dolinie górnej i środkowej Odry, [w:] Sesja naukowa dwudziestolecia polskich badań 1945-1965 - Z geologii Ziemi Zachodnich, Wrocław
155. Różycki M., 1968, Budowa geologiczna okolic Wrocławia [w:] Biuletyn Instytutu Geologicznego nr 214 Tom XIV Z badań geologicznych na Dolnym Śląsku
156. Różycki M., 1977, Zasoby wód podziemnych Dolnego Śląska, [w:] Perspektywy gospodarki wodnej w rolnictwie na Dolnym Śląsku, PAN o/Wrocław, Komisje Nauk o Ziemi i Nauk Rolniczych
157. Schrage, T., Wolf, L., Klinger, J., Hoetzel, H., 2005, Coupling Urban Drainage Models with numerical Groundwater Simulations for Integrated Water Management, [w:] Proceedings of the IAH Workshop "From Data Gathering and Groundwater Modelling to Integrated Management", 4-8 October 2005. Alicante, Spain,

- (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
158. Senthilkumar M., Elango L., 2004, Three-dimensional mathematical model to simulate groundwater flow in the lower Palar River basin, southern India , [w:] *Hydrogeology Journal* vol. 12 No 2, Springer Verlag
  159. Sophocleous M., 2002, Interactions between groundwater and surface water: the state of the science, [w:] *Hydrogeology Journal* vol.10 No 1, Springer-Verlag
  160. Stanley E.H., Jones J.B., 2000, Surface–subsurface interactions: past, present, and future, [w:] Jones JB, Mulholland PJ (eds) *Streams and ground waters*, Academic Press, San Diego,
  161. Stasiewicz J., 2002, Gospodarka wodno - ściekowa, [w:] *Środowisko Wrocławia - Informator 2002*, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław
  162. Staśko S., Tarka R., 2002, Zasilanie i drenaż wód podziemnych w obszarach górskich na podstawie badań w Masywie Śnieżnika, *Acta Universitatis Wratislaviensis* No 2528 – *Hydrogeologia*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław
  163. StatSoft , 2006, *Elektroniczny Podręcznik Statystyki PL*, Krakow, WEB: <http://www.statsoft.pl/textbook/stathome.html>.
  164. Stonestrom D.A., Constantz J. (red.), 2003 , *Heat as a Tool for Studying the Movement of Ground Water Near Streams*, U.S. Geological Survey Circular 1260, Reston, Virginia
  165. Suess E., 1886, *Über das Grundwasser der Donau*, Revue, Wiedeń
  166. Szczepankiewicz-Szmyrka A., Kłak D., 1975, Stany Wody Gruntowej we Wrocławiu w latach 1946-1972, *Acta Universitatis Wratislaviensis* No 287, *Biuletyn Meteorologiczny* 27(2) 1972, cz.A, Wrocław
  167. Tanco R., Kruse E., 2001, Prediction of seasonal water-table fluctuations in La Pampa and Buenos Aires, Argentina, [w:] *Hydrogeology Journal* vol.9 No 4, Springer-Verlag
  168. Tarka R., 1997, Zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych na wybranych przykładach z obszaru Sudetów i na ich przedpolu na tle warunków opadowych, [w:] *Współczesne Problemy Hydrogeologii*, tom VIII, Wrocław
  169. Taylor Ch.J., Alley W.M, 2001, Ground-water-level monitoring and the importance of long-term water-level data, Circular 1217 U.S. Geological Survey, Denver, Colorado
  170. Tomassi-Morawiec H., Lis J., Pasieczna A., 1998, *Atlas Geochemiczny Wrocławia i okolic 1:100 000 cz.I*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
  171. Tomaszewska B., 2005, *Dynamika wód gruntowych w północno-wschodnich dzielnicach Wrocławia - praca magisterska*, Archiwum Zakładu Hydrogeologii Stosowanej Uniwersytetu Wrocławskiego
  172. Tomaszewski J.T., 1990, Charakter wahań zwierciadła górnego poziomu wód podziemnych, *Studia Geograficzne XLIX*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław
  173. Vasquez-Sune E., Sanchez-Vila X., Carrera J., 2005, Introductory review of specific factors influencing urban groundwater, an emerging branch of hydrogeology, with reference to Barcelona, Spain, [w:] *Hydrogeology Journal* vol. 13 No 3, Springer-Verlag
  174. Wąsik M., 2003, Zdolność infiltracyjna utworów przypowierzchniowych a zasilanie wód podziemnych, *Acta Universitatis Wratislaviensis* No 2591 – *Hydrogeologia*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław
  175. Wieczysty A., 1982, *Hydrogeologia inżynierska*, PWN, Warszawa
  176. Winnicka G., 1987, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50000, arkusz 764-Wrocław*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
  177. Winnicka G., 1988, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50000, Arkusz 764 – Wrocław*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
  178. Winnicki J., 1986, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50000, arkusz 727 – Trzebnica*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
  179. Winnicki J., 1990, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50000*,

- 727 – Trzebnica, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
180. Winter T.C., 1999, Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems, [w:] *Hydrogeology Journal* vol.7 No 1, Springer-Verlag
  181. Winter T.C., Harvey J.W., Franke O.L., Alley W.M., 1998, Ground water and surface water – A single resource, U.S. Geological Survey Circular 1139, Reston, Virginia
  182. Wojciechowska R., 1997, Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 + Opis, Arkusz 726 – Oborniki Śląskie, PIG, Warszawa
  183. Wolf L., Eiswirth M., Hötzl H., 2003, Assessing sewer-groundwater interaction at the city scale based on individual marker species distributions, (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
  184. Wolf, L., 2004, Integrating leaky sewers into numerical groundwater models, 19 EJSW Workshop on Process Data and Integrated Urban Water Modelling. Proceedings, (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
  185. Wolf, L., Klinger, J., Hötzl, H., Schrage, C., J, Burn, S., DeSilva, Dh., Correll, R., Rueedi, J., Cronin, A.A., Morris, B., Vizintin, G., Voett, U., Hoering, K., Mohrlök, U., 2005, Connecting urban surface water systems and groundwater – Application of a new model chain to four case study cities, [w:] *Proceedings of the Consoil 2005 Conference*, Bordeaux, (dostępny on-line na [www.urbanwater.de](http://www.urbanwater.de))
  186. Worsa-Kozak M., 2003, Analiza wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych w centrum Wrocławia, [w:] *Współczesne Problemy Hydrogeologii t.XI cz.1*, Jastrzębia Góra-Gdańsk
  187. Worsa-Kozak M., 2004a, Hydrogeologiczny model numeryczny w terenie zurbanizowanym (miasto Wrocław), [w:] *Acta Universitatis Wratislaviensis No 2729, HYDROGEOLOGIA - „Modelowanie przepływu wód podziemnych”*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław
  188. Worsa-Kozak M., 2004b, Odra a pierwszy poziom wodonośny na terenie Starego Miasta we Wrocławiu, [w:] *Materiały Konferencyjne „Geologiczne i środowiskowe problemy gospodarowania i ochrony doliny górnej i środkowej Odry”*, PIG Wrocław
  189. Worsa-Kozak M., 2006, Wykorzystanie GIS w rekultywacji i zagospodarowaniu terenów po górnictwie odkrywkowym na przykładzie dawnej kopalni „Andrzej” w Żarowie, [w:] *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 116, Konferencja nr 47*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej
  190. Żuk U., 2000, Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 + Opis, Arkusz 764 – Wrocław, PIG, Warszawa

## Mapy pozostałe wykorzystane do opracowań kartograficznych:

1. Mapa Topograficzna Polski w skali 1:10000, PUWG-92 - 26 arkuszy (34-B-c-4, 34-B-d-3, 34-B-d-4, 35-A-c-3, 35-A-c-4, 35-A-d-3, 35-A-d-4, 34-D-a-2, 34-D-a-4, 34-D-b-1, 34-D-b-2, 34-D-b-3, 34-D-b-4, 34-D-d-2, 35-A-c-3, 35-A-c-4, 35-A-d-3, 35-C-a-1, 35-C-a-2, 35-C-a-3, 35-C-a-4, 35-C-b-1, 35-C-b-3, 35-C-c-1, 35-C-c-2, 35-C-c-4), 1994-1998, Główny Urząd Geodezji i Kartografii - Główny Geodeta Kraju, Warszawa
2. Mapa Hydrograficzna Polski w skali 1:50000, PUWG-1942, arkusz Wrocław – M-33-35-C, Główny Urząd Geodezji i Kartografii – Główny Geodeta Kraju, 1998, Poznań
3. Mapa Hydrograficzna Polski w skali 1:50000, PUWG-1942, arkusz Wrocław – M-33-34-D, Główny Urząd Geodezji i Kartografii – Główny Geodeta Kraju, 1998, Poznań
4. Mapa Hydrograficzna Polski w skali 1:50000, PUWG-1942, arkusz Wrocław – M-33-35-A, Główny Urząd Geodezji i Kartografii – Główny Geodeta Kraju, 1999, Poznań
5. Mapa Hydrograficzna Polski w skali 1:50000, PUWG-1942, arkusz Wrocław – M-33-34-B, Główny Urząd Geodezji i Kartografii – Główny Geodeta Kraju, 1999, Poznań
6. Mapa Sozologiczna Polski w skali 1:50000, PUWG-1942, arkusz Wrocław – M-33-35-C, Główny Urząd Geodezji i Kartografii – Główny Geodeta Kraju, 1998, Poznań
7. Mapa Sozologiczna Polski w skali 1:50000, PUWG-1942, arkusz Wrocław – M-33-34-B,

- Główny Urząd Geodezji i Kartografii – Główny Geodeta Kraju, 1998, Poznań
8. Mapa Sozologiczna Polski w skali 1:50000, PUWG-1942, arkusz Wrocław – M-33-35-A, Główny Urząd Geodezji i Kartografii – Główny Geodeta Kraju, 1998, Poznań
  9. Mapa Sozologiczna Polski w skali 1:50000, PUWG-1942, arkusz Wrocław – M-33-34-D, Główny Urząd Geodezji i Kartografii – Główny Geodeta Kraju, 1998, Poznań

### **E-źródła:**

1. Raport o stanie środowiska Wrocławia, 2002, <http://eko.org.pl/wroclaw/index.html>
2. Internetowy Podręcznik Statystyki, 2006, <http://www.StatSoft.pl/textbook/stathome.html>
3. Projekt AISUWRS (Assessing and Improving Sustainability of Urban Water Resources and Systems), 2006, <http://www.urbanwater.de>
4. Opracowanie Ekofizjograficzne dla Województwa Dolnośląskiego, 2005, <http://eko.wbu.wroc.pl/eko/>
5. Informacje dot. sieci ciepłowniczej: [www.mpec.wroc.pl](http://www.mpec.wroc.pl) oraz [www.fortum.pl](http://www.fortum.pl)
6. Regionalny Bank Danych Hydrogeologicznych HYDRO

## Summary

This PhD thesis shows how the processes and mechanisms which control groundwater level fluctuations within the shallowest water bearing horizons in Wrocław are both complex and mutually related. The results of the field and lab work are the following:

1. The first groundwater level in the area of Wrocław is relatively shallow. Average depths oscillate from 1 to 8 m and subsequently may cause significant problems with construction works. The groundwater level is lowest in the central part of Wrocław, whereas it occurs at shallower levels in more elevated parts of the city. The north-western part of the Odra river exercises the most control on the principal direction of underground runoff.
2. Annual amplitudes of groundwater level fluctuations range from 0,2 to 2 m. The fluctuations are usually only slight during any one year period with rare but abrupt peaks caused by human activity. The seasonal amplitudes are similar for a given season which suggests stable groundwater conditions in the studied area. The highest amplitudes of 1–2 meters were observed in south-western and north-eastern part of Wrocław (i.e. in the most elevated areas). The lowest amplitudes were observed within the Odra valley area, again supporting the contention that the Odra river controls and stabilizes groundwater conditions in this area.
3. Four types of groundwater fluctuations were distinguished in Wrocław on the basis of hydrogram analyses from various observation points. Type I describes fluctuations close to the normal annual cycle i.e. 2 minimal and 2 maximal peaks per year. Type II includes the largest group of wells and is characterized by one marked minimum and one maximum per year. Type III is characterized by fluctuations strictly connected to fluctuations in the Odra River i.e. one, poorly defined minimum and maximum per year. Type IV includes wells affected by abrupt and infrequent events related to human activity.
4. It is immensely difficult to distinguish between many factors affecting groundwater level and fluctuations. Especially it is very complex to distinguish between natural and anthropological factors since they are mutually related forming one hydrological cycle specific for each city.



5. The effect of natural factors on groundwater level and fluctuations is limited by the human activity in the city including hydro-technological control of surface waters. For example:

a) Odra's natural discharging character is perfectly observed in downstream regions. Owing to high water levels, the Odra supplies water for the first groundwater level upstream from the Old Town. The Odra naturally controls the size and occurrence of the amplitudes of groundwater levels in its valley area. However, due to division of the main river in numerous narrow flows, the influence of the river extends also outside its valley.

b) The highest proportion of water in groundwater in natural environments is usually supplied by precipitation. However, precipitation has a subordinate effect in the urbanized Wrocław area. There is a weak correlation between average monthly groundwater levels and the total precipitation of the month before. This suggests an inflow of naturally supplied water from outside the city or a delay in infiltration. Additional factors controlling low water supplies from the ground surface during this study period are: (1) low annual precipitation, (2) prolonged lack of humidity in the ground, (3) enhanced respiration, (4) as well as construction works connected with the use of impermeable materials on large areas in Wrocław and (5) an increase in the amount of ground flow directed towards canalization.

c) The principal factor limiting infiltration is the thick cover of artificially deposited sediments in most of the Wrocław area. Low infiltration parameters of these sediments together with their large thickness increase the distance of infiltration of precipitated waters and make it more difficult in open areas.

d) No correlation was observed between the amplitude of groundwater fluctuations and the depth where they occur. Similar correlations are strong in the natural environment, whereas in an urbanized area too many anthropogenic factors destroy the natural relationships.

e) The relationships between the first groundwater level and the lower Miocene level are highly variable and depend on present, hydrostatic pressure in the area or the presence of local groundwater flow.

6. Hydro-technical works on the Odra River are the main factors affecting the rhythm, dynamics, cyclicity and size of groundwater level fluctuations in Wrocław. The largest influence on hydrological conditions in central, northern and eastern parts of the city is due to the dams of water electricity plants, where the

variations in water level can be up to 5 meters. Such large variations in turn cause an increase in the groundwater level, especially in the central part of Wrocław.

7. The effect of drainage systems around building works, and underground tunnels and passages is especially large in the Old City area. Presently, a high density of these draining systems changes local infiltration directions and hydrostatic pressures in the first groundwater level, which in turn may cause percolation from lower groundwater levels.
8. Site planning have affects significantly the groundwater recharge, especially size and character of fluctuations. Extent of urbanization affects both local (an area around e.g. construction works) and regional (whole city) areas. Impermeability surfaces drastically limit effective infiltration, increasing surface flow towards sewage system at the same moment.
9. Leakage from pipes and overall very bad technical quality of Wrocław sewage system contribute to amount of water supplied to the groundwater system. Both accidental damages and constant loss of water from pipes may affect local level of groundwater. Leaking sewage systems introduce not only earlier precipitated water but also sewage that significantly decrease quality of groundwater and changes its dynamic.
10. The interaction of groundwater with pipes of the heating system was identified. It appears that insufficient insulation of these pipes causes increase in temperature of groundwater, that in turn leads to higher evaporation rates and lowering of the groundwater level.
11. Comparing my results with archival ones from 100 years period I can observe local lowering of the groundwater level by as much as 2 meters. However these observations cannot be generalized for the whole city area, since local factors might have played a role as well.

Summarizing, this study underlines the complexity of the analysis of groundwater dynamics in urbanized areas. Many factors influence each other and quantitative estimation of their influence is very difficult. This PhD thesis is only a first approach to diagnose and classify factors that determine groundwater level fluctuations in a city area. I acknowledge that the subject is vast and still open, especially for techniques using computer modeling.

## Spis rycin

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ryc. 1. Wrocław na tle mezoregionów fizycznogeograficznych wg Kondrackiego i Walczaka (źródło: Pawlak red. 1997).....                                                      | 12 |
| Ryc. 2. Hydrografia miasta Wrocławia .....                                                                                                                                 | 13 |
| Ryc. 3. Szkic geologiczno – strukturalny okolic Wrocławia (wg Buksiński et al. 1974a).....                                                                                 | 16 |
| Ryc. 4. Mapa geologiczna Wrocławia (wg Łabno 1988, Winnicka 1987, Winnicki 1986, Gizler 1985, Buksiński et al. 1974a).....                                                 | 19 |
| Ryc. 5. Podział regionalny zwykłych wód podziemnych (jednostki wg Malinowski (red.) 1991) .....                                                                            | 20 |
| Ryc. 6. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny w rejonie doliny Odry (wg Buksiński et al., 1976) .....                                                                     | 21 |
| Ryc. 7. Mapa dokumentacyjna terenu badań.....                                                                                                                              | 29 |
| Ryc. 8. Schemat badania przepuszczalności metodą Porscheta (wg Pleczyński, 1981-zmienione) .....                                                                           | 31 |
| Ryc. 9. Schematyczna mapa średniej głębokości do pierwszego zwierciadła wód podziemnych w okresie 2004-2005 .....                                                          | 40 |
| Ryc. 10. Przykładowe wykresy tygodniowych amplitud wahań zwierciadła wód podziemnych w okresie obserwacyjnym 2004-2005.....                                                | 44 |
| Ryc. 11. Schematyczna mapa maksymalnej amplitudy wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych w okresie 2004-2005 .....                                                    | 45 |
| Ryc. 12. TYP I wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia .....                                                                                     | 48 |
| Ryc. 13. TYP II wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia .....                                                                                    | 49 |
| Ryc. 14. TYP III wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia.....                                                                                    | 50 |
| Ryc. 15. TYP IV wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia .....                                                                                    | 51 |
| Ryc. 16. Przykładowe wykresy rozrzutu dla przedziału ufności 95% .....                                                                                                     | 55 |
| Ryc. 17. Przykładowe wykresy korelacji pomiędzy stanami wody w Odrze a położeniem zwierciadła wód podziemnych badanego poziomu w zależności od odległości od rzeki.. ..... | 56 |
| Ryc. 18. Strefa buforowa zasięgu bezpośredniego wpływu Odry na wody podziemne na tle budowy geologicznej .....                                                             | 58 |
| Ryc. 19. Wykresy dziennych stanów na rzece Odrze przy elektrowni wodnej i głębokości do zwierciadła wód podziemnych w punkcie nr 38 .....                                  | 59 |
| Ryc. 20. Schematyczna mapa średniej rzędnej zwierciadła wód podziemnych w latach 2004-2005 wraz z ogólnymi kierunkami odpływu.....                                         | 62 |

|                                                                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ryc. 21. Hydrogram (A) i wykres rozrzutu (B) w punkcie nr 35 na tle tygodniowych sum opadów atmosferycznych ( $r=0,27$ ) .....                                                                           | 65  |
| Ryc. 22. Hydrogram (A) i wykres rozrzutu (B) w punkcie nr 38 na tle tygodniowych sum opadów atmosferycznych ( $r=0,02$ ) .....                                                                           | 66  |
| Ryc. 23. Wykres średnich miesięcznych stanów zwierciadła wód podziemnych na tle miesięcznych sum opadów atmosferycznych (A) i wykres rozrzutu dla opadów miesiąca poprzedniego (B) w punkcie nr 21 ..... | 67  |
| Ryc. 24. Graficzne zestawienie stanów zwierciadła wód podziemnych oraz wybranych elementów klimatu w punkcie nr 79 .....                                                                                 | 70  |
| Ryc. 25. Mapa współczynników filtracji pionowej na tle budowy geologicznej .....                                                                                                                         | 75  |
| Ryc. 26. Zależność amplitudy wahań zwierciadła wód podziemnych obserwowanego poziomu od głębokości do zwierciadła .....                                                                                  | 77  |
| Ryc. 27. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny w rejonie centrum Wrocławia ( <i>źródło danych RBDH HYDRO</i> ) .....                                                                                    | 78  |
| Ryc. 28. Wykresy rozrzutu dla korelacji stanów wód podziemnych w punktach 38 i 43: a) dla dwulecia 2004-2005, b) dla roku 2005 .....                                                                     | 79  |
| Ryc. 29. Hydrogram wód poziomu mioceńskiego/plioceńskiego (punkt nr 34) w odniesieniu do wód poziomu holoceneńskiego/plejstoceneńskiego (punkt nr 35) .....                                              | 81  |
| Ryc. 30. Mapa zasięgu wpływów budowli piętrzących wody Odry na płytkie wody podziemne .....                                                                                                              | 84  |
| Ryc. 31. Przykład silnego związku wód podziemnych z regulowanymi stanami Odry a) w punkcie nr 61, b) w punkcie nr 62 .....                                                                               | 85  |
| Ryc. 32. Hydrogram na tle opadów atmosferycznych -punkt nr 4 – ogródki działkowe .....                                                                                                                   | 89  |
| Ryc. 33. Hydrogram na tle opadów atmosferycznych -punkt nr 63 – park miejski .....                                                                                                                       | 90  |
| Ryc. 34. Hydrogram na tle opadów atmosferycznych -punkt nr 53 – północno-wschodnie przedmieścia Wrocławia .....                                                                                          | 91  |
| Ryc. 35. Hydrogram na tle opadów atmosferycznych -punkt nr 33 – centrum miasta .....                                                                                                                     | 91  |
| Ryc. 36. Mapa sposobu wykorzystania przestrzeni miejskiej .....                                                                                                                                          | 94  |
| Ryc. 37. Lokalizacja obiektów związanych z prowadzeniem prac odwodnieniowych w centrum miasta .....                                                                                                      | 96  |
| Ryc. 38. Przykładowe hydrogramy z wyraźnym wpływem incydentalnych działań odwodnieniowych a) w punkcie nr 3, b) w punkcie nr 16 .....                                                                    | 97  |
| Ryc. 39. Schemat głównych linii sieci wodociągowej i kanalizacyjnej na terenie Wrocławia (wg danych MPWiK – <a href="http://www.mpwik.wroc.pl">www.mpwik.wroc.pl</a> ) .....                             | 99  |
| Ryc. 40. Stan sieci kanalizacyjnej – widok z kamery wizyjnej a) stan prawidłowy, b) kanały uszkodzone ( <i>źródło: www.mpwik.wroc.pl</i> ) .....                                                         | 100 |
| Ryc. 41. Przebieg zmian położenia zwierciadła wód podziemnych w piezometrze na terenach wodonośnych i w pobliskiej studni na tle wielkości ogólnych wartości poboru wody i                               |     |

|                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| nawadniania w okresie 03.2003 – 04.2004 (wg danych udostępnionych przez MPWiK).                                                                | 102 |
| Ryc. 42. Schemat sieci ciepłowniczej na terenie miasta (wg: <a href="http://www.mpec.wroc.pl">www.mpec.wroc.pl</a> )                           | 104 |
| Ryc. 43. Pierwsze zwierciadło wód podziemnych na tle temperatury wód oraz powietrza w punkcie nr 69                                            | 105 |
| Ryc. 44. Temperatura wody na tle tygodniowych amplitud wahań zwierciadła wód podziemnych w punkcie nr 69                                       | 107 |
| Ryc. 45. Średnie miesięczne stany zwierciadła wód podziemnych w latach 1895-1898, 1909-1916 i 2004-2005 w punkcie nr 35 (ul. Św. Antoniego 26) | 110 |
| Ryc. 46. Roczne głębokości charakterystyczne oraz amplitudy wahań zwierciadła wód podziemnych w latach 1967-1971 i 2004-2005                   | 113 |
| Ryc. 47. Schemat zasilania pierwszego poziomu wodonośnego na terenie Wrocławia                                                                 | 115 |
| Ryc. 48. Schemat drenażu pierwszego poziomu wodonośnego na terenie Wrocławia                                                                   | 115 |
| Ryc. 49. Schematyczny obieg wody w cyklu miejskim miasta Wrocławia                                                                             | 116 |

## Spis tabel

|                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Zestawienie punktów badawczych ze względu na położenie i typ otworu                                                                                                         | 27 |
| Tabela 2. Ogólne zestawienie stanów głównych dla okresu 2004-2005 i poszczególnych lat hydrologicznych na terenie miasta Wrocław                                                      | 36 |
| Tabela 3. Stany charakterystyczne w wybranych punktach w dwuleciu 2004-2005                                                                                                           | 37 |
| Tabela 4. Stany charakterystyczne w wybranych punktach w roku 2004                                                                                                                    | 38 |
| Tabela 5. Stany charakterystyczne w wybranych punktach w roku 2005                                                                                                                    | 39 |
| Tabela 6. Głębokości sezonowe w wybranych punktach w m.p.p.t.                                                                                                                         | 41 |
| Tabela 7. Amplitudy tygodniowe wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych w poszczególnych okresach obserwacyjnych                                                                  | 42 |
| Tabela 8. Maksymalne, minimalne i średnie miesięczne amplitudy wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych                                                                           | 43 |
| Tabela 9. Amplitudy wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych dla poszczególnych okresów obserwacyjnych                                                                            | 45 |
| Tabela 10. Średnie stany i amplitudy wahań w poszczególnych okresach obserwacyjnych dla wybranych punktów badawczych wód podziemnych i powierzchniowych                               | 60 |
| Tabela 11. Współczynniki korelacji r Pearsona dla średnich stanów miesięcznych zwierciadła wód podziemnych i: A) sumy opadów w miesiącu bieżącym, B) sumy opadu w miesiącu poprzednim | 68 |
| Tabela 12. Częstość występowania określonych stanów powierzchni gruntu                                                                                                                | 72 |

|                                                                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 13. Zestawienie badań przepuszczalności metodą Porscheta .....                                                                                                                      | 73  |
| Tabela 14. Struktura wykorzystania powierzchni miasta (wg Rocznik Statystyczny Wrocławia, 2004) .....                                                                                      | 88  |
| Tabela 15. Stopnie urbanizacji terenu wraz z przykładowymi wahaniami zwierciadła wód podziemnych na tle opadów atmosferycznych w poszczególnych obszarach w roku hydrologicznym 2004 ..... | 92  |
| Tabela 16. Współczynniki korelacji R Pearsona dla rzędnej zwierciadła wód podziemnych i temperatury wody oraz powietrza.....                                                               | 104 |
| Tabela 17. Wartości charakterystyczne temperatur w [°C] oraz parametry statystyczne dla poszczególnych okresów badawczych w wybranych punktach.....                                        | 106 |
| Tabela 18. Średnie roczne głębokości do zwierciadła i stany wód podziemnych w punkcie nr 35 (ul. Św. Antoniego 26).....                                                                    | 110 |
| Tabela 19. Charakterystyczne głębokości do zwierciadła w wybranych punktach w [m] .....                                                                                                    | 112 |

## Spis załączników

|                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Załącznik 1.Zestawienie otworów badawczych.....                                                                                                                   | 139 |
| Załącznik 2.Przykładowa karta katalogowo – badawcza otworu obserwacyjnego .....                                                                                   | 143 |
| Załącznik 3.Głębokości charakterystyczne wód podziemnych na terenie Wrocławia oraz parametry statystyczne w dwuleciu i poszczególnych latach hydrologicznych..... | 144 |
| Załącznik 4.Miesięczne amplitudy wahań zwierciadła wód podziemnych w poszczególnych punktach obserwacyjnych w [m] .....                                           | 146 |
| Załącznik 5.Amplitudy wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia dla poszczególnych okresów obserwacyjnych w [m] .....                     | 148 |
| Załącznik 6.Macierz korelacji położenia zwierciadła wód podziemnych ze stanami wód powierzchniowych .....                                                         | 150 |
| Załącznik 7.Współczynniki korelacji r Pearsona dla położenia zwierciadła wód podziemnych i opadów .....                                                           | 151 |
| Załącznik 8.Wyniki obserwacji terenowych położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych w roku hydrologicznym 2004.....                                         | 153 |
| Załącznik 9.Wyniki obserwacji terenowych położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych w roku hydrologicznym 2005.....                                         | 155 |

**Załącznik 1. Zestawienie otworów badawczych**

| 1            | 4                              | 5                        | 6                      | 7                | 8             | 9                         | 10             | 11                | 12               | 13            |
|--------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|---------------|---------------------------|----------------|-------------------|------------------|---------------|
| Numer punktu | Nazwa archiwalna               | Szerokość geograficzna N | Długość geograficzna E | Głębokość otworu | Rzędna otworu | Wiek warstwy wodonośnej * | Lokalizacja ** | Rodzaj otworu *** | Okres obserwacji | Liczba danych |
|              |                                | °,min,sek                |                        | m                | m n.p.m.      |                           |                |                   |                  |               |
| 1            | S13<br>Dolnobrzeska 25         | 51,08,58.5               | 16,51,58.1             | 5,3              | 120           | Tr                        | Tr             | S                 | XI.2003-V.2004   | 27            |
| 2            | S5<br>Kamiennogórska 3         | 51,08,30.9               | 16,53,59.6             | 6,2              | 118,84        | Q                         | WS             | S                 | XI.2003-X.2005   | 100           |
| 3            | S6 PKP Żerniki                 | 51,07,33.3               | 16,54,57.0             | 3,73             | 118,62        | Q                         | WS             | S                 | XI.2003-X.2005   | 100           |
| 4            | S4 POD<br>Glinianki (p.Dudka)  | 51,08,14.2               | 16,56,11.9             | 4,25             | 116,19        | Q                         | DD             | S                 | XI.2003-X.2005   | 98            |
| 5            | LEX.A<br>(Szczecińska 17)      | 51,08,14.2               | 51,56,16.1             | 4,23             | 117,26        | Q                         | DD             | P                 | XI.2003-X.2005   | 99            |
| 6            | LEX.B<br>(Szczecińska 17)      | 51,08,14.5               | 16,56,18.1             | 2,87             | 116,89        | Q                         | DD             | P                 | IV.2004-VI.2004  | 11            |
| 7            | LEX.C<br>(Szczecińska 17)      | 51,08,14.2               | 16,56,17.9             | 4,92             | 117,11        | Q                         | DD             | P                 | XI.2003-X.2005   | 99            |
| 8            | SH-8.C (Mińska)                | 51,06,21.1               | 16,57,00.4             | 4,9              | 118,98        | Q                         | DD             | P                 | XI.2003-X.2005   | 100           |
| 9            | SH-8.B (Mińska)                | 51,06,20.1               | 16,57,01.4             | 4,79             | 119,1         | Q                         | DD             | P                 | XI.2003-X.2005   | 100           |
| 10           | SH-8.A (Mińska)                | 51,06,21.1               | 16,57,02.6             | 4,67             | 119,03        | Q                         | DD             | P                 | XI.2003-X.2005   | 100           |
| 11           | SH-9.A<br>(Gubińska)           | 51,06,48.0               | 16,57,28.6             | 7,12             | 120,53        | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 100           |
| 12           | SH-9.B<br>(Gubińska)           | 51,06,47.7               | 16,57,28.6             | 5,5              | 120,45        | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 100           |
| 13           | SH-9.C<br>(Gubińska)           | 51,06,48.3               | 16,57,31.5             | 5                | 120,77        | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 100           |
| 14           | STAT1-P1<br>(Karkonoska)       | 51,03,43.8               | 17,00,01.0             | 4,84             | 123,2         | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 99            |
| 15           | STAT1-P2<br>(Karkonoska)       | 51,03,43.3               | 17,00,03.1             | 5,06             | 123,38        | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 99            |
| 16           | STAT1-P3<br>(Karkonoska)       | 51,03,44.3               | 17,00,05.1             | 5,27             | 123,08        | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 99            |
| 17           | BP 3.1<br>(Grabiszewska)       | 51,05,39.3               | 16,58,46.4             | 5,11             | 124,07        | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 93            |
| 18           | BP 3.2<br>(Grabiszewska)       | 51,05,37.4               | 16,58,48.6             | 3,65             | 123,94        | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 99            |
| 19           | BP (Hallera)<br>Aral           | 51,05,33.0               | 16,58,50.7             | 6,54             | 125,33        | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 96            |
| 20           | SH-5.A (Ślężna)                | 51,04,46.5               | 17,01,17.0             | 7,4              | 124,7         | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 98            |
| 21           | S1TOPL<br>(Wieczysta 103,Huby) | 51,05,08.1               | 17,02,19.6             | 43,5             | 125,05        | Q                         | WS             | SW                | XI.2003-X.2005   | 98            |
| 22           | S2TOPL<br>(Kamienna/Szkoła)    | 51,05,13.0               | 17,02,40.9             | 50,5             | 123,55        | Q                         | WS             | SW                | XI.2003-X.2005   | 98            |
| 23           | SH-6.A<br>(Kamienna)           | 51,05,06.1               | 17,02,45.5             | 8,4              | 124,4         | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 98            |
| 24           | BP 4.3 (Bardzka)               | 51,05,01.4               | 17,02,53.8             | 5,30             | 124,53        | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 98            |
| 25           | BP 4.2 (Bardzka)               | 51,05,00.9               | 17,02,54.9             | 6,21             | 124,67        | Q                         | WS             | P                 | XI.2003-X.2005   | 98            |

| 1  | 4                             | 5          | 6          | 7    | 8      | 9  | 10 | 11 | 12                                | 13  |
|----|-------------------------------|------------|------------|------|--------|----|----|----|-----------------------------------|-----|
| 26 | BP 4.1 (Bardzka)              | 51,05,00.5 | 17,02,54.6 | 5,99 | 124,76 | Q  | WS | P  | XI.2003-X.2005                    | 98  |
| 27 | BP 5.1 (Armii Krajowej)       | 51,04,56.6 | 17,03,01.5 | 6,36 | 124,76 | Q  | WS | P  | XI.2003-X.2005                    | 98  |
| 28 | SH-4.A (Krakowska)            | 51,05,32.4 | 17,03,46.3 | 4,67 | 120,67 | Q  | DD | P  | XI.2003-IX.2004<br>II.2005-X.2005 | 83  |
| 29 | SH-4.B (Krakowska)            | 51,05,31.7 | 17,03,47.6 | 7,28 | 120,86 | Q  | DD | P  | XI.2003-X.2005                    | 100 |
| 30 | BP 8.1 (Krakowska)            | 51,05,43.4 | 17,03,22.3 | 2,36 | 119,76 | Q  | DD | P  | XI.2003-X.2005                    | 99  |
| 31 | BP 8.2 (Krakowska)            | 51,05,43.7 | 17,03,24.7 | 2,98 | 119,51 | Q  | DD | P  | XI.2003-X.2005                    | 100 |
| 32 | BP 7.1 (Swobodna)             | 51,05,56.2 | 17,01,30.9 | 3,41 | 119,37 | Q  | WS | P  | XI.2003-X.2005                    | 99  |
| 33 | BP 7.2 (Swobodna)             | 51,05,54.6 | 17,01,31.0 | 3,28 | 119,44 | Q  | WS | P  | XI.2003-X.2005                    | 93  |
| 34 | S3TOPL (Nowa/Wzg.Partyzantów) | 51,06,53.6 | 17,04,51.5 | 113  | 121,14 | Tr | DO | SW | I.2004-X.2005                     | 89  |
| 35 | S1 (Św. Antoniego)            | 51,06,32.7 | 17,01,29.3 | 7,32 | 118,63 | Q  | DO | S  | XI.2003-X.2005                    | 99  |
| 36 | S2 (pl. Polski/ASP)           | 51,06,41.6 | 17,02,34.6 | 4,71 | 118,9  | Q  | DO | S  | IV.2004-X.2005                    | 78  |
| 37 | S3 (Katedralna)               | 51,06,51.3 | 17,02,47.5 | 6,05 | 120,26 | Q  | DO | S  | XI.2003-X.2005                    | 99  |
| 38 | P4 (Grodzka)                  | 51,06,51.3 | 17,02,00.3 | 5,48 | 118,65 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005                    | 100 |
| 39 | STAT2-4 (Dmowskiego)          | 51,07,00.7 | 17,01,32.7 | 7,54 | 116,31 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005                    | 99  |
| 40 | STAT2-3 (Dmowskiego)          | 51,07,00.7 | 17,01,29.3 | 7,71 | 116,33 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005                    | 79  |
| 41 | STAT2-2 (Dmowskiego)          | 51,07,03.8 | 17,01,30.5 | 7,68 | 116,42 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005                    | 100 |
| 42 | STAT2-1 (Dmowskiego)          | 51,07,03.7 | 17,01,33.0 | 8,14 | 116,15 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005                    | 99  |
| 43 | S4TOPL (pl.Nowy Targ)         | 51,06,40.3 | 17,02,18.4 | 110  | 119,57 | Tr | DO | SW | I.2004-X.2005                     | 91  |
| 44 | BP 9.1 (Grunwaldzki)          | 51,06,53.2 | 17,04,09.3 | 6,35 | 118,39 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005                    | 98  |
| 45 | BP 9.2 (Grunwaldzki)          | 51,06,51.1 | 17,04,07.6 | 6,60 | 118,52 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005                    | 98  |
| 46 | BP 9.3 (Grunwaldzki)          | 51,06,51.4 | 17,04,09.7 | 6,32 | 118,58 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005                    | 97  |
| 47 | P6 Park Szczytnicki           | 51,06,20.2 | 17,02,23.5 | 4,22 | 117,08 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005                    | 96  |
| 48 | JET (Toruńska)                | 51,07,43.8 | 17,04,26.2 | 4,05 | 115,56 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005                    | 97  |
| 49 | SH-3.A (Brucknera)            | 51,08,17.1 | 17,04,55.0 | 3,79 | 118,04 | Q  | WN | P  | XI.2003-X.2005                    | 98  |
| 50 | SH-3.B (Brucknera)            | 51,08,17.1 | 17,04,55.5 | 3,63 | 118,17 | Q  | WN | P  | XI.2003-X.2005                    | 98  |
| 51 | SH-3.C (Brucknera)            | 51,08,17.0 | 17,04,56.8 | 5,1  | 118,32 | Q  | WN | P  | XI.2003-X.2005                    | 98  |
| 52 | SH-3.D (Brucknera)            | 51,08,18.7 | 17,04,57.0 | 3,2  | 118,43 | Q  | WN | P  | XI.2003-X.2005                    | 98  |
| 53 | S7 Kowalska 56                | 51,08,11.5 | 17,05,11.5 | 5,2  | 117,7  | Q  | WN | S  | XI.2003-X.2005                    | 100 |
| 54 | S8 Kowalska 60                | 51,08,08.0 | 17,05,55.1 | 6,45 | 117,66 | Q  | WN | S  | XI.2003-X.2005                    | 98  |
| 55 | S9 Kowalska 91                | 51,07,59.2 | 17,06,19.9 | 3,16 | 118,83 | Q  | WN | S  | XI.2003-X.2005                    | 100 |



| 1  | 4                                    | 5          | 6          | 7    | 8      | 9  | 10 | 11 | 12               | 13  |
|----|--------------------------------------|------------|------------|------|--------|----|----|----|------------------|-----|
| 56 | S5TOPL<br>(Tczewska/Kowalska/Szkoła) | 51,07,53.8 | 17,06,30.2 | 105  | 119,86 | Tr | WN | SW | I.2004-VI.2004   | 24  |
| 57 | S10 S Psie Pole<br>(Gorlicka 5)      | 51,08,43.8 | 17,06,49.7 | 3,09 | 122,6  | Q  | WN | S  | XI.2003-X.2005   | 100 |
| 58 | S6TOPL<br>(Szewcenki/Franki)         | 51,08,24.1 | 17,07,36.3 | 113  | 121,61 | Tr | WN | SW | I.2004-X.2005    | 90  |
| 59 | BP 6.1<br>(pl.Kromera)               | 51,07,54.1 | 17,03,45.8 | 9,21 | 117,98 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005   | 99  |
| 60 | BP 6.2<br>(pl.Kromera)               | 51,07,54   | 17,03,45   | 8,78 | 117,65 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005   | 94  |
| 61 | SH-2.A (Jaracza)                     | 51,07,42.9 | 17,03,24.1 | 7,35 | 116,97 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005   | 100 |
| 62 | SH-2.B (Jaracza)                     | 51,07,42.2 | 17,03,25.8 | 7,32 | 116,86 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005   | 100 |
| 63 | P3 Park<br>Południowy                | 51,04,28.4 | 17,00,32.8 | 4,32 | 124,13 | Q  | WS | P  | XI.2003-X.2005   | 98  |
| 64 | P1 Park<br>Południowy                | 51,04,29.8 | 17,00,36.9 | 5,02 | 122,58 | Q  | WS | P  | XI.2003-VII.2005 | 84  |
| 65 | P2 Park<br>Południowy                | 51,04,31.1 | 17,00,35.4 | 3,85 | 123,55 | Q  | WS | P  | XI.2003-X.2005   | 98  |
| 66 | SH-7.A<br>(Obornicka)                | 51,08,19.6 | 17,01,43.1 | 5,68 | 115,76 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005   | 100 |
| 67 | SH-7.B<br>(Obornicka)                | 51,08,19.2 | 17,01,39.0 | 5,86 | 115,71 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005   | 99  |
| 68 | SH-7.C<br>(Obornicka)                | 51,08,17.9 | 17,01,40.4 | 6,02 | 115,72 | Q  | DO | P  | XI.2003-III.2004 | 17  |
| 69 | BP 1.1<br>(Ślubicka)                 | 51,07,04.5 | 16,59,58.7 | 7,46 | 116,57 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005   | 100 |
| 70 | SH-1.C<br>(Małopanewska)             | 51,07,22.3 | 16,59,18.8 | 4,3  | 116,55 | Q  | WS | P  | XI.2003-IX.2004  | 43  |
| 71 | SH-1.A<br>(Małopanewska)             | 51,07,20.7 | 16,59,16.8 | 4,49 | 116,57 | Q  | WS | P  | XI.2003-VI.2005  | 80  |
| 72 | SH-1.B<br>(Małopanewska)             | 51,07,22.9 | 16,59,16.3 | 5,45 | 116,61 | Q  | WS | P  | XI.2003-X.2005   | 99  |
| 73 | BP 2.1<br>(Legnicka)                 | 51,07,36.6 | 16,58,51.3 | 6    | 116,4  | Q  | WS | P  | XI.2003-X.2005   | 100 |
| 74 | S10 POD<br>(Ignuta)                  | 51,08,23.8 | 16,58,15.8 | 2,02 | 111,23 | Q  | DO | S  | XI.2003-X.2005   | 99  |
| 75 | S11 Ślęoujście 9-11                  | 51,09,28.8 | 16,56,50.9 | 8,06 | 114,65 | Q  | DO | S  | XI.2003-X.2005   | 100 |
| 76 | P5 Ślęoujście -<br>piezometr         | 51,09,31.0 | 16,56,37.6 | 2,94 | 110,99 | Q  | DO | P  | XI.2003-X.2005   | 99  |
| 77 | S12 Karczemna<br>5                   | 51,10,24.5 | 16,54,49.4 | 4,43 | 113,03 | Q  | DO | S  | XI.2003-X.2005   | 98  |
| 78 | S12 PKP-<br>przejazd<br>(Główna)     | 51,09,29.5 | 16,54,59.9 | 3,3  | 115,05 | Tr | Tr | S  | XI.2003-IV.2004  | 23  |
| 79 | P7 Kosiby<br>MeteoUWr                | 51,06,19.5 | 17,05,22.9 | 2,45 | 116,3  | Q  | DO | S  | XI.2003-X.2005   | 102 |
| 80 | S14<br>Krotoszyńska                  | 51,08,29.7 | 16,59,44.0 | 2,49 | 113,6  | Q  | DO | S  | XI.2003-XI.2004  | 53  |
| 81 | S15 Torowa-<br>zakład                | 51,09,00.6 | 17,02,18.8 | 5,75 | 115,3  | Q  | WN | S  | XI.2003-XI.2004  | 53  |
| 82 | S16 Torowa                           | 51,09,00.2 | 17,02,35.6 | 2,87 | 115,1  | Q  | WN | S  | XI.2003-XI.2004  | 53  |
| 83 | S17<br>Kamieńskiego                  | 51,10,15.3 | 17,02,44.7 | 5,5  | 115,9  | Q  | WN | S  | XI.2003-XI.2004  | 53  |
| 84 | S18<br>Kamieńskiego/St<br>arościńska | 51,09,48.0 | 17,02,44.4 | 6,23 | 116    | Q  | WN | S  | XI.2003-XI.2004  | 53  |
| 85 | S19                                  | 51,09,46.7 | 17,02,48.9 | 3,24 | 115,9  | Q  | WN | S  | XI.2003-         | 53  |

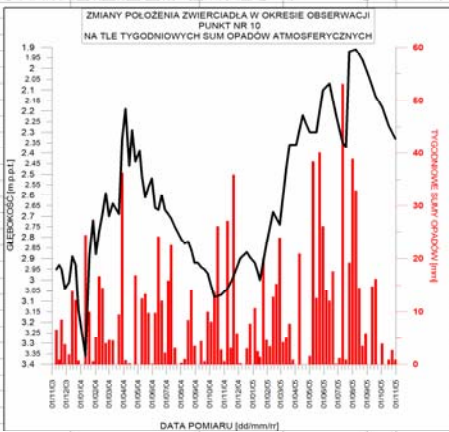
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4                             | 5          | 6          | 7    | 8     | 9 | 10 | 11 | 12                  | 13 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|------------|------|-------|---|----|----|---------------------|----|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Kamieńskiego<br>261           |            |            |      |       |   |    |    | XI.2004             |    |
| 86                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S20 Starościńska<br>ogr       | 51,09,34.6 | 17,03,08.0 | 2,52 | 114,9 | Q | WN | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 87                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S21 Redycka                   | 51,08,58.1 | 17,04,33.8 | 3,58 | 116,2 | Q | WN | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 88                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S22<br>Sołtysowicka           | 51,08,53.7 | 17,04,33.5 | 4,32 | 116,2 | Q | WN | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 89                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S23<br>Krzywoustego<br>274    | 51,08,42.0 | 17,04,27.1 | 7,64 | 119,6 | Q | WN | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 90                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S24<br>Krzywoustego<br>279    | 51,08,40.9 | 17,06,31.3 | 6,45 | 120   | Q | WN | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 91                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S25 Kowalska 49               | 51,08,13.8 | 17,05,08.5 | 5,84 | 118   | Q | WN | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 92                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S26 Czajcza                   | 51,08,06.5 | 17,05,17.5 | 2,84 | 117,6 | Q | WN | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 93                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S27 Kowalska 62               | 51,08,09.2 | 17,05,18.4 | 4,62 | 118,5 | Q | WN | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 94                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S28 Swojczycka<br>1           | 51,06,54.4 | 17,06,48.1 | 2,87 | 118,4 | Q | DO | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 95                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S29<br>Swojczycka/Myd<br>lana | 51,06,57.1 | 17,06,48.6 | 2,85 | 118   | Q | DO | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 96                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S30 Kłokoczycka<br>159        | 51,09,22.9 | 17,05,47.4 | 2,93 | 117,5 | Q | DD | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 97                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S31 Kłokoczycka<br>190        | 51,09,27.5 | 17,05,21.6 | 3,47 | 116,2 | Q | DD | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| 98                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S32 Franki                    | 51,08,21.5 | 17,07,32.4 | 3    | 120   | Q | WN | S  | XI.2003-<br>XI.2004 | 53 |
| OBJAŚNIENIA: * - Q – piętro holoceno-plejstoceno (czwartorzędowe), Tr – piętro mioceńskie (trzeciorzędowe), ** - DO – dolina Odry, DD – dolina dopływu Odry, WN – wysoczyzna plejstoceno północna, WS – wysoczyzna plejstoceno południowa, Tr – płytkie występowanie utworów miopliocenu, *** - P – piezometr, S – studnia kopana, SW – studnia wiercona |                               |            |            |      |       |   |    |    |                     |    |

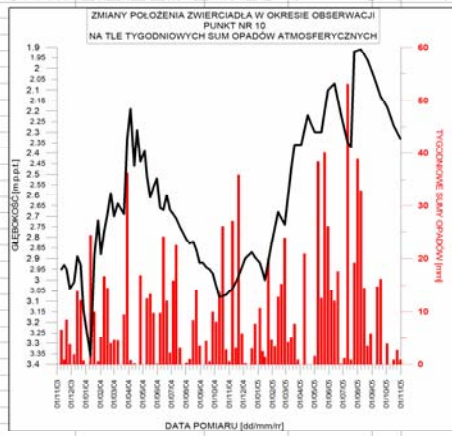
# Załącznik 2. Przykładowa karta katalogowo – badawcza otworu obserwacyjnego

| PUNKT NR | 10                 | H [m n.p.m.]                                 | 119,029 | X                | 51.06.21.1                       | ADRES:     | Mińska          | TYP:        | P | korelacje                        |                      |
|----------|--------------------|----------------------------------------------|---------|------------------|----------------------------------|------------|-----------------|-------------|---|----------------------------------|----------------------|
| NR ARCH  | SH-8.A<br>(Mińska) | Wysokość obudowy [m]<br>Głębokość otworu [m] | 4,67    | x [92]<br>Y [92] | 16,57,02.6<br>1884534<br>5682747 | WŁAŚCICIEL | Shell sp z o.o. | ZDJĘCIE NR: |   | data<br>Rz10                     |                      |
|          | POMIAR             | WIEK                                         | Q       |                  |                                  |            |                 |             |   | R w dniu<br>R1 PRZEI<br>R2 PRZEC | 0,12<br>0,08<br>0,05 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | R3 PRZEC                         | -0,09                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SUMA Tyg                         | 0,15                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | T w dniu 1                       | 0,39                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | T w dniu 7                       | 0,42                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | T w dniu 1                       | 0,46                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | T w dniu 1                       | 0,47                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | T w dniu 5                       | 0,45                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SR TYG. T                        | 0,42                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SR TYG. T                        | 0,44                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SR TYG. T                        | 0,47                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SR TYG. T                        | 0,49                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SR TYG. T                        | 0,46                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | P1 w dniu                        | -0,06                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | P7 w dniu                        | -0,05                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | P13 w dniu                       | -0,04                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | P19 w dniu                       | -0,03                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | Pi w dniu                        | -0,05                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SR tyg. P1                       | -0,06                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SR tyg. P7                       | 0,04                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SR tyg. P1                       | 0,03                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SR tyg. P1                       | -0,03                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SR tyg. P5                       | 0,02                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | BGd                              | 0,21                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | BDd                              | -0,25                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | ZGd                              | 0,04                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RGd                              | -0,09                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RDd                              | -0,03                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | Ogd                              | 0,12                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | Odd                              | 0,2                  |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SGd                              | 0,25                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SDd                              | 0,45                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | PPGd                             | 0,06                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | PPDd                             | 0,22                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | Mgd                              | 0,21                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | MDd                              | -0,16                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RnGd                             | -0,12                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RnDd                             | 0                    |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | EWGd                             | -0,1                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | EWd                              | 0,1                  |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | BGdp                             | 0,18                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | BDdp                             | -0,31                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | ZGdp                             | 0,04                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RGdp                             | -0,14                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RDdp                             | -0,06                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | Ogdp                             | -0,11                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | Oddp                             | 0,17                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SGdp                             | 0,25                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SDdp                             | 0,42                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | PPGdp                            | -0,21                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | PPDdp                            | 0,23                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | MGdp                             | 0,19                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | MDdp                             | -0,27                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RnGdp                            | -0,19                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RnDdp                            | 0,13                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | EWGdp                            | 0,14                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | EWdgp                            | 0                    |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | BGsr                             | 0,18                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | BDsr                             | -0,34                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | ZGsr                             | 0,03                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RGsr                             | -0,09                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RDsr                             | 0                    |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | Ogsr                             | -0,08                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | Odsr                             | 0,23                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SGsr                             | 0,31                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | SDsr                             | 0,45                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | PPGsr                            | -0,05                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | PPDsr                            | 0,3                  |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | MGsr                             | 0,36                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | MDsr                             | 0,03                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RnGsr                            | -0,17                |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RnDsr                            | 0,17                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | EWGsr                            | 0,12                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | EWdsr                            | 0,21                 |
|          |                    |                                              |         |                  |                                  |            |                 |             |   | RzW1                             | 0,22                 |



ZMIANY POŁOŻENIA ZWIERCIADŁA W OKRESIE OBSERWACJI  
PUNKT NR 10  
NA TŁE TYGODNIOWYCH SUM OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH





**Załącznik 3. Głębokości charakterystyczne wód podziemnych na terenie Wrocławia oraz parametry statystyczne w dwuleciu i poszczególnych latach hydrologicznych**  
głębokość do zwierciadła w [m]

|              | 2             | 3                 | 4       | 5                      | 6                   | 7                    | 8                       | 9             | 10                | 11      | 12                     | 13                  | 14                   | 15                      | 16            | 17                | 18      | 19                     | 20                  | 21                   | 22                      | 23            | 24                | 25      | 26                     | 27                  | 28                   | 29                      | 30            | 31                | 32      | 33                     | 34                  | 35                   | 36                      | 37            | 38                | 39      | 40                     | 41                  | 42                   | 43                      | 44            | 45                | 46      | 47                     | 48                  | 49                   | 50                      |  |
|--------------|---------------|-------------------|---------|------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------|-------------------|---------|------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------|-------------------|---------|------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------|-------------------|---------|------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------|-------------------|---------|------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------|-------------------|---------|------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------|-------------------|---------|------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|--|
| Numer punktu | 2004-2005     |                   |         |                        |                     |                      |                         | 2004          |                   |         |                        |                     |                      |                         | 2005          |                   |         |                        |                     |                      |                         | V-X 2004      |                   |         |                        |                     |                      |                         | XI-IV 2005    |                   |         |                        |                     |                      |                         | V-X 2005      |                   |         |                        |                     |                      |                         | XI-IV 2005    |                   |         |                        |                     |                      |                         |  |
|              | Liczba danych | Głębokość średnia | Mediana | Odchylenie standardowe | Głębokość minimalna | Głębokość maksymalna | Współczynnik zmienności | Liczba danych | Głębokość średnia | Mediana | Odchylenie standardowe | Głębokość minimalna | Głębokość maksymalna | Współczynnik zmienności | Liczba danych | Głębokość średnia | Mediana | Odchylenie standardowe | Głębokość minimalna | Głębokość maksymalna | Współczynnik zmienności | Liczba danych | Głębokość średnia | Mediana | Odchylenie standardowe | Głębokość minimalna | Głębokość maksymalna | Współczynnik zmienności | Liczba danych | Głębokość średnia | Mediana | Odchylenie standardowe | Głębokość minimalna | Głębokość maksymalna | Współczynnik zmienności | Liczba danych | Głębokość średnia | Mediana | Odchylenie standardowe | Głębokość minimalna | Głębokość maksymalna | Współczynnik zmienności | Liczba danych | Głębokość średnia | Mediana | Odchylenie standardowe | Głębokość minimalna | Głębokość maksymalna | Współczynnik zmienności |  |
| 1            | 27            | 4,7               | 4,7     | 0,2                    | 4,3                 | 4,96                 | 4,9                     | 27            | 4,7               | 4,68    | 0,23                   | 4,3                 | 4,96                 | 4,9                     |               |                   |         |                        |                     |                      |                         | 4             | 4,4               | 4,4     | 0,1                    | 4,4                 | 4,5                  | 1,13                    | 23            | 4,7               | 4,7     | 0,2                    | 4,3                 | 4,96                 | 4,7                     |               |                   |         |                        |                     |                      |                         |               |                   |         |                        |                     |                      |                         |  |
| 2            | 100           | 1,3               | 1,3     | 0,3                    | 0,7                 | 1,71                 | 22                      | 48            | 1,3               | 1,32    | 0,28                   | 0,71                | 1,71                 | 21                      | 52            | 1,22              | 1,3     | 0,27                   | 0,74                | 1,6                  | 22,1                    | 25            | 1,4               | 1,4     | 0,2                    | 1                   | 1,7                  | 16,3                    | 23            | 1,23              | 1,22    | 0,3                    | 0,7                 | 1,71                 | 25                      | 27            | 1                 | 1,4     | 0,27                   | 0,8                 | 2                    | 21                      | 25            | 1,2               | 1,2     | 0,24                   | 0,7                 | 1,6                  | 21                      |  |
| 3            | 100           | 2,1               | 2       | 0,3                    | 1,7                 | 3,45                 | 15                      | 48            | 2,1               | 2,09    | 0,22                   | 1,68                | 2,41                 | 11                      | 52            | 2,06              | 2       | 0,39                   | 1,71                | 3,5                  | 18,9                    | 25            | 2,1               | 2,2     | 0,2                    | 1,8                 | 2,4                  | 9,91                    | 23            | 2,01              | 1,99    | 0,2                    | 1,7                 | 2,3                  | 10                      | 27            | 2                 | 2       | 0,48                   | 1,7                 | 3                    | 22                      | 25            | 2                 | 1,9     | 0,21                   | 1,7                 | 2,4                  | 11                      |  |
| 4            | 98            | 2,8               | 2,8     | 0,1                    | 2,6                 | 3,01                 | 4,2                     | 47            | 2,8               | 2,84    | 0,12                   | 2,65                | 3,01                 | 4,2                     | 51            | 2,82              | 2,8     | 0,12                   | 2,63                | 3                    | 4,26                    | 24            | 2,8               | 2,8     | 0,1                    | 2,7                 | 3                    | 4,29                    | 23            | 2,87              | 2,91    | 0,1                    | 2,7                 | 2,99                 | 3,8                     | 27            | 3                 | 2,7     | 0,09                   | 2,6                 | 3                    | 3,3                     | 24            | 2,9               | 2,9     | 0,09                   | 2,7                 | 3                    | 3                       |  |
| 5            | 99            | 2,3               | 2,3     | 0,2                    | 1,9                 | 2,63                 | 8,3                     | 47            | 2,2               | 2,28    | 0,22                   | 1,85                | 2,62                 | 9,8                     | 52            | 2,32              | 2,3     | 0,14                   | 2,13                | 2,6                  | 6,03                    | 24            | 2,1               | 2,1     | 0,2                    | 1,9                 | 2,3                  | 8,02                    | 23            | 2,38              | 2,35    | 0,2                    | 2,1                 | 2,62                 | 7,6                     | 27            | 2                 | 2,4     | 0,14                   | 2,2                 | 3                    | 5,8                     | 25            | 2,2               | 2,2     | 0,05                   | 2,1                 | 2,3                  | 2                       |  |
| 6            | 11            | 2,1               | 2,1     | 0,1                    | 2                   | 2,19                 | 2,4                     | 11            | 2,1               | 2,12    | 0,05                   | 2,03                | 2,19                 | 2,4                     |               |                   |         |                        |                     |                      |                         | 7             | 2,1               | 2,1     | 0                      | 2,1                 | 2,2                  | 1,41                    | 4             | 2,05              | 2,05    | 0                      | 2                   | 2,07                 | 1                       |               |                   |         |                        |                     |                      |                         |               |                   |         |                        |                     |                      |                         |  |
| 7            | 99            | 2,3               | 2,3     | 0,1                    | 2,1                 | 2,59                 | 5,2                     | 47            | 2,3               | 2,25    | 0,13                   | 2,11                | 2,59                 | 5,7                     | 52            | 2,33              | 2,3     | 0,1                    | 2,14                | 2,5                  | 4,29                    | 24            | 2,3               | 2,2     | 0,1                    | 2,1                 | 2,4                  | 4,44                    | 23            | 2,35              | 2,3     | 0,2                    | 2,1                 | 2,59                 | 6,4                     | 27            | 2                 | 2,3     | 0,09                   | 2,2                 | 3                    | 3,9                     | 25            | 2,3               | 2,3     | 0,1                    | 2,1                 | 2,5                  | 4                       |  |
| 8            | 100           | 2,9               | 3       | 0,3                    | 2,4                 | 3,32                 | 8,5                     | 48            | 3,1               | 3,07    | 0,17                   | 2,67                | 3,32                 | 5,6                     | 52            | 2,83              | 2,8     | 0,26                   | 2,4                 | 3,3                  | 9,19                    | 25            | 3,1               | 3,1     | 0,2                    | 2,8                 | 3,3                  | 5,21                    | 23            | 3,04              | 3,07    | 0,2                    | 2,7                 | 3,32                 | 5,9                     | 27            | 3                 | 2,6     | 0,15                   | 2,4                 | 3                    | 5,7                     | 25            | 3                 | 3,1     | 0,21                   | 2,6                 | 3,3                  | 7                       |  |
| 9            | 100           | 2,6               | 2,6     | 0,3                    | 2                   | 3,05                 | 11                      | 48            | 2,7               | 2,72    | 0,22                   | 2,19                | 3,05                 | 8,2                     | 52            | 2,5               | 2,5     | 0,3                    | 2,02                | 3                    | 12                      | 25            | 2,7               | 2,7     | 0,2                    | 2,4                 | 3,1                  | 6,99                    | 23            | 2,68              | 2,71    | 0,3                    | 2,2                 | 3,02                 | 9,3                     | 27            | 2                 | 2,3     | 0,18                   | 2                   | 3                    | 7,8                     | 25            | 2,7               | 2,8     | 0,28                   | 2,1                 | 3                    | 10                      |  |
| 10           | 100           | 2,6               | 2,7     | 0,4                    | 1,9                 | 3,36                 | 13                      | 48            | 2,8               | 2,79    | 0,24                   | 2,19                | 3,36                 | 8,7                     | 52            | 2,43              | 2,3     | 0,37                   | 1,91                | 3,1                  | 15,2                    | 25            | 2,8               | 2,8     | 0,2                    | 2,4                 | 3,1                  | 7,19                    | 23            | 2,76              | 2,77    | 0,3                    | 2,2                 | 3,36                 | 11                      | 27            | 2                 | 2,2     | 0,15                   | 1,9                 | 2                    | 7                       | 25            | 2,7               | 2,9     | 0,28                   | 2,2                 | 3,1                  | 10                      |  |
| 11           | 100           | 2,8               | 2,8     | 0,1                    | 2,7                 | 3,06                 | 3,6                     | 48            | 2,9               | 2,85    | 0,09                   | 2,65                | 3,05                 | 3,2                     | 52            | 2,79              | 2,8     | 0,11                   | 2,65                | 3,1                  | 3,94                    | 25            | 2,9               | 2,9     | 0,1                    | 2,8                 | 3                    | 2,09                    | 23            | 2,86              | 2,84    | 0,1                    | 2,7                 | 3,05                 | 3,9                     | 27            | 3                 | 2,7     | 0,06                   | 2,7                 | 3                    | 2,2                     | 25            | 2,8               | 2,9     | 0,13                   | 2,7                 | 3,1                  | 5                       |  |
| 12           | 100           | 2,1               | 2,1     | 0,1                    | 1,8                 | 2,49                 | 5,7                     | 48            | 2,2               | 2,15    | 0,13                   | 1,94                | 2,49                 | 6                       | 52            | 2,05              | 2,1     | 0,08                   | 1,82                | 2,3                  | 3,9                     | 25            | 2,2               | 2,2     | 0,1                    | 2                   | 2,3                  | 4,17                    | 23            | 2,19              | 2,13    | 0,2                    | 1,9                 | 2,49                 | 7,3                     | 27            | 2                 | 2       | 0,07                   | 1,9                 | 2                    | 3,4                     | 25            | 2,1               | 2,1     | 0,1                    | 1,8                 | 2,3                  | 5                       |  |
| 13           | 100           | 1,6               | 1,6     | 0,1                    | 1,3                 | 1,83                 | 7,6                     | 48            | 1,6               | 1,59    | 0,14                   | 1,32                | 1,83                 | 8,8                     | 52            | 1,55              | 1,6     | 0,1                    | 1,39                | 1,8                  | 6,45                    | 25            | 1,7               | 1,7     | 0,1                    | 1,5                 | 1,8                  | 5,99                    | 23            | 1,53              | 1,51    | 0,1                    | 1,3                 | 1,76                 | 9,2                     | 27            | 2                 | 1,5     | 0,1                    | 1,4                 | 2                    | 6,5                     | 25            | 1,6               | 1,6     | 0,1                    | 1,4                 | 1,8                  | 6                       |  |
| 14           | 99            | 1,6               | 1,6     | 0,2                    | 1,1                 | 1,94                 | 13                      | 47            | 1,7               | 1,61    | 0,14                   | 1,45                | 1,93                 | 8,5                     | 52            | 1,49              | 1,5     | 0,23                   | 1,12                | 1,9                  | 15,4                    | 24            | 1,7               | 1,7     | 0,2                    | 1,5                 | 1,9                  | 9,94                    | 23            | 1,59              | 1,58    | 0,1                    | 1,5                 | 1,7                  | 3,1                     | 27            | 1                 | 1,4     | 0,18                   | 1,1                 | 2                    | 13                      | 25            | 1,6               | 1,7     | 0,21                   | 1,3                 | 1,9                  | 13                      |  |
| 15           | 99            | 1,7               | 1,7     | 0,2                    | 1,3                 | 2,1                  | 12                      | 47            | 1,8               | 1,76    | 0,13                   | 1,6                 | 2,1                  | 7,2                     | 52            | 1,63              | 1,6     | 0,23                   | 1,28                | 2,1                  | 14,1                    | 24            | 1,9               | 1,9     | 0,2                    | 1,6                 | 2,1                  | 9,14                    | 23            | 1,75              | 1,74    | 0,1                    | 1,7                 | 1,86                 | 2,9                     | 27            | 2                 | 1,5     | 0,18                   | 1,3                 | 2                    | 12                      | 25            | 1,8               | 1,9     | 0,21                   | 1,4                 | 2,1                  | 12                      |  |
| 16           | 99            | 1,4               | 1,4     | 0,2                    | 0,9                 | 1,96                 | 15                      | 47            | 1,5               | 1,41    | 0,16                   | 1,29                | 1,84                 | 11                      | 52            | 1,35              | 1,4     | 0,24                   | 0,92                | 2                    | 17,8                    | 24            | 1,6               | 1,6     | 0,2                    | 1,3                 | 1,8                  | 12,3                    | 23            | 1,39              | 1,38    | 0,1                    | 1,3                 | 1,5                  | 3,6                     | 27            | 1                 | 1,3     | 0,22                   | 0,9                 | 2                    | 17                      | 25            | 1,5               | 1,6     | 0,21                   | 1,1                 | 1,8                  | 14                      |  |
| 17           | 93            | 4,1               | 4,1     | 0,2                    | 3,7                 | 4,84                 | 5,8                     | 48            | 4,2               | 4,18    | 0,22                   | 3,76                | 4,84                 | 5,3                     | 45            | 4,09              | 4       | 0,25                   | 3,73                | 4,5                  | 6,11                    | 25            | 4,1               | 4,1     | 0,2                    | 3,8                 | 4,4                  | 3,89                    | 23            | 4,26              | 4,25    | 0,3                    | 3,8                 | 4,84                 | 6,1                     | 27            | 4                 | 3,9     | 0,12                   | 3,7                 | 4                    | 3,1                     | 18            | 4,4               | 4,4     | 0,14                   | 3,8                 | 4,5                  | 3                       |  |
| 18           | 99            | 2,1               | 2,1     | 0,2                    | 1,9                 | 2,77                 | 7,6                     | 48            | 2,2               | 2,17    | 0,16                   | 1,89                | 2,77                 | 7,3                     | 51            | 2,03              | 2       | 0,1                    | 1,87                | 2,2                  | 4,93                    | 25            | 2,2               | 2,2     | 0,1                    | 2                   | 2,4                  | 4,13                    | 23            | 2,22              | 2,18    | 0,2                    | 1,9                 | 2,77                 | 9,9                     | 27            | 2                 | 2       | 0,11                   | 1,9                 | 2                    | 5,4                     | 24            | 2                 | 2       | 0,09                   | 1,9                 | 2,2                  | 4                       |  |
| 19           | 96            | 4,6               | 4,5     | 0,3                    | 4,3                 | 5,68                 | 6,6                     | 48            | 4,7               | 4,56    | 0,37                   | 4,36                | 5,68                 | 7,9                     | 48            | 4,47              | 4,4     | 0,13                   | 4,28                | 4,7                  | 2,91                    | 25            | 4,5               | 4,5     | 0,1                    | 4,4                 | 4,6                  | 1,77                    | 23            | 4,87              | 4,59    | 0,5                    | 4,5                 | 5,68                 | 9,7                     | 27            | 4                 | 4,4     | 0,06                   | 4,3                 | 4                    | 1,4                     | 21            | 4,6               | 4,6     | 0,05                   | 4,5                 | 4,7                  | 1                       |  |
| 20           | 98            | 5                 | 5       | 0,1                    | 4,7                 | 5,18                 | 2,6                     | 47            | 4,9               | 4,84    | 0,11                   | 4,73                | 5,18                 | 2,3                     | 51            | 5,06              | 5,1     | 0,06                   | 4,95                | 5,2                  | 1,19                    | 24            | 4,9               | 4,9     | 0,1                    | 4,7                 | 5,2                  | 2,44                    | 23            | 4,82              | 4,82    | 0,1                    | 4,7                 | 4,96                 | 1,2                     | 27            | 5                 |         |                        |                     |                      |                         |               |                   |         |                        |                     |                      |                         |  |



## Załącznik 4. Miesięczne amplitudy wahań zwierciadła wód podziemnych w poszczególnych punktach obserwacyjnych w [m]

| numer punktu | XI-2003 | XII-2003 | I-2004 | II-2004 | III-2004 | IV-2004 | V-2004 | VI-2004 | VII-2004 | VIII-2004 | IX-2004 | X-2004 | XI-2004 | XII-2004 | I-2005 | II-2005 | III-2005 | IV-2005 | V-2005 | VI-2005 | VII-2005 | VIII-2005 | IX-2005 | X-2005 |
|--------------|---------|----------|--------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|-----------|---------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|-----------|---------|--------|
| 1            | 0,1     | 0,04     | 0,27   | 0,13    | 0,4      | 0,19    | 0,11   |         |          |           |         |        |         |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 2            | 0,13    | 0,09     | 0,33   | 0,29    | 0,35     | 0,11    | 0,16   | 0,11    | 0,06     | 0,19      | 0,04    | 0,06   | 0,29    | 0,05     | 0,18   | 0,14    | 0,15     | 0,13    | 0,25   | 0,31    | 0,15     | 0,14      | 0,06    | 0,04   |
| 3            | 0,04    | 0,08     | 0,17   | 0,13    | 0,2      | 0,08    | 0,1    | 0,2     | 0,05     | 0,06      | 0,09    | 0,05   | 0,28    | 0,09     | 0,06   | 0,04    | 0,06     | 0,03    | 0,03   | 0,11    | 0,14     | 0,11      | 0,68    | 1,21   |
| 4            | 0,04    | 0,05     | 0,1    | 0,09    | 0,06     | 0,04    | 0,05   | 0,04    | 0,02     | 0,09      | 0,11    | 0,03   | 0,03    | 0,03     | 0,03   | 0,04    | 0,06     | 0,02    | 0,07   | 0,04    | 0,05     | 0,03      | 0,06    | 0,03   |
| 5            | 0,04    | 0,09     | 0,18   | 0,06    | 0,26     | 0,14    | 0,05   | 0,17    | 0,02     | 0,22      | 0,1     | 0,03   | 0,06    | 0,04     | 0,12   | 0,04    | 0,03     | 0,06    | 0,1    | 0,07    | 0,04     | 0,08      | 0,03    | 0,06   |
| 6            |         |          |        |         |          | 0,04    | 0,07   | 0,07    |          |           |         |        |         |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 7            | 0,04    | 0,07     | 0,48   | 0,13    | 0,13     | 0,06    | 0,05   | 0,1     | 0,04     | 0,16      | 0,02    | 0,04   | 0,05    | 0,09     | 0,11   | 0,09    | 0,02     | 0,04    | 0,05   | 0,06    | 0,05     | 0,04      | 0,05    | 0,05   |
| 8            | 0,09    | 0,37     | 0,34   | 0,19    | 0,39     | 0,2     | 0,12   | 0,04    | 0,09     | 0,16      | 0,05    | 0,04   | 0,04    | 0,09     | 0,1    | 0,1     | 0,17     | 0,12    | 0,1    | 0,17    | 0,02     | 0,09      | 0,13    | 0,15   |
| 9            | 0,04    | 0,27     | 0,21   | 0,3     | 0,41     | 0,23    | 0,17   | 0,1     | 0,06     | 0,15      | 0,15    | 0,09   | 0,06    | 0,11     | 0,09   | 0,12    | 0,28     | 0,18    | 0,2    | 0,23    | 0,09     | 0,06      | 0,16    | 0,12   |
| 10           | 0,11    | 0,26     | 0,64   | 0,29    | 0,37     | 0,27    | 0,22   | 0,07    | 0,06     | 0,11      | 0,05    | 0,06   | 0,12    | 0,03     | 0,17   | 0,07    | 0,11     | 0,14    | 0,2    | 0,15    | 0,45     | 0,09      | 0,12    | 0,15   |
| 11           | 0,07    | 0,05     | 0,14   | 0,13    | 0,19     | 0,12    | 0,04   | 0,07    | 0,04     | 0,08      | 0,06    | 0,02   | 0,12    | 0,05     | 0,13   | 0,08    | 0,03     | 0,04    | 0,05   | 0,07    | 0,04     | 0,02      | 0,05    | 0,06   |
| 12           | 0,13    | 0,05     | 0,21   | 0,08    | 0,24     | 0,09    | 0,15   | 0,11    | 0,06     | 0,12      | 0,08    | 0,01   | 0,21    | 0,02     | 0,1    | 0,09    | 0,14     | 0,08    | 0,25   | 0,08    | 0,05     | 0,08      | 0,03    | 0,06   |
| 13           | 0,02    | 0,25     | 0,18   | 0,24    | 0,24     | 0,12    | 0,1    | 0,05    | 0,07     | 0,09      | 0,09    | 0,07   | 0,22    | 0,05     | 0,09   | 0,18    | 0,05     | 0,07    | 0,07   | 0,05    | 0,03     | 0,09      | 0,06    | 0,13   |
| 14           | 0,09    | 0,05     | 0,09   | 0,03    | 0,08     | 0,06    | 0,03   | 0,16    | 0,05     | 0,06      | 0,06    | 0,01   | 0,16    | 0,01     | 0,05   | 0,03    | 0,2      | 0,09    | 0,25   | 0,03    | 0,16     | 0,12      | 0,07    | 0,08   |
| 15           | 0,09    | 0,05     | 0,09   | 0,03    | 0,08     | 0,06    | 0,04   | 0,11    | 0,03     | 0,15      | 0,05    | 0,06   | 0,14    | 0,01     | 0,04   | 0,04    | 0,04     | 0,08    | 0,28   | 0,01    | 0,17     | 0,12      | 0,08    | 0,09   |
| 16           | 0,09    | 0,05     | 0,09   | 0,03    | 0,08     | 0,06    | 0,07   | 0,08    | 0,05     | 0,13      | 0,13    | 0,1    | 0,15    | 0,01     | 0,03   | 0,06    | 0,05     | 0,11    | 0,31   | 0,98    | 0,17     | 0,12      | 0,09    | 0,09   |
| 17           | 0,11    | 0,26     | 0,64   | 0,29    | 0,13     | 0,17    | 0,16   | 0,14    | 0,05     | 0,13      | 0,05    | 0,08   | 0,11    | 0,08     | 0,07   | 0,09    |          |         | 0,09   | 0,14    | 0,06     | 0,09      | 0,1     | 0,07   |
| 18           | 0,11    | 0,26     | 0,64   | 0,29    | 0,18     | 0,19    | 0,09   | 0,12    | 0,03     | 0,19      | 0,1     | 0,15   | 0,27    | 0,15     | 0,05   | 0,2     | 0,06     | 0,08    | 0,3    | 0,03    | 0,03     | 0,07      | 0,06    | 0,13   |
| 19           | 0,09    | 0,62     | 0,24   | 0,08    | 0,04     | 0,16    | 0,11   | 0,11    | 0,07     | 0,06      | 0,05    | 0,03   | 0,07    | 0,05     | 0,09   | 0,07    | 0,04     | 0,05    | 0,05   | 0,03    | 0,07     | 0,02      | 0,04    | 0,04   |
| 20           | 0,03    | 0,1      | 0,1    | 0,11    | 0,14     | 0,07    | 0,1    | 0,06    | 0,07     | 0,12      | 0,08    | 0,1    | 0,1     | 0,08     | 0,11   | 0,01    | 0,07     | 0,1     | 0,1    | 0,06    | 0,13     | 0,01      | 0,04    | 0,1    |
| 21           | 0,02    | 0,03     | 0,02   | 0,14    | 0,17     | 0,2     | 0,13   | 0,16    | 0,07     | 0,06      | 0,06    | 0,03   | 0,04    | 0,01     | 0,09   | 0,08    | 0,01     | 0,04    | 0,15   | 0,03    | 0,13     | 0,03      | 0,04    | 0,05   |
| 22           | 0,18    | 0,12     | 0,12   | 0,18    | 0,42     | 0,14    | 0,18   | 0,12    | 0,05     | 0,08      | 0,19    | 0,07   | 0,04    | 0,07     | 0,12   | 0,06    | 0,02     | 0,09    | 0,1    | 0,09    | 0,08     | 0,03      | 0,05    | 0,04   |
| 23           | 0,01    | 0,11     | 0,09   | 0,1     | 0,16     | 0,05    | 0,19   | 0,12    | 0,11     | 0,11      | 0,07    | 0,01   | 0,15    | 0,31     | 0,09   | 0,01    | 0,06     | 0,02    | 0,1    | 0,07    | 0,06     | 0,02      | 0,09    | 0,04   |
| 24           | 0,02    | 0,12     | 0,1    | 0,1     | 0,14     | 0,09    | 0,12   | 0,12    | 0,01     | 0,08      | 0,04    | 0,08   | 0,04    | 0,05     | 0,15   | 0,04    | 0,11     | 0,04    | 0,05   | 0,05    | 0,07     | 0,06      | 0,11    | 0,09   |
| 25           | 0,07    | 0,17     | 0,25   | 0,11    | 0,1      | 0,05    | 0,18   | 0,08    | 0,05     | 0,1       | 0,05    | 0,1    | 0,09    | 0,04     | 0,17   | 0,1     | 0,15     | 0,06    | 0,02   | 0,06    | 0,08     | 0,05      | 0,05    | 0,04   |
| 26           | 0,09    | 0,12     | 0,2    | 0,14    | 0,08     | 0,17    | 0,17   | 0,12    | 0,01     | 0,07      | 0,1     | 0,05   | 0,07    | 0,01     | 0,12   | 0,07    | 0,07     | 0,08    | 0,04   | 0,07    | 0,07     | 0,05      | 0,06    | 0,04   |
| 27           | 0,08    | 0,18     | 0,28   | 0,15    | 0,1      | 0,09    | 0,18   | 0,09    | 0,02     | 0,1       | 0,02    | 0,05   | 0,17    | 0,25     | 0,15   | 0,12    | 0,12     | 0,1     | 0,18   | 0,01    | 0,12     | 0,07      | 0,05    | 0,05   |
| 28           | 0,06    | 0,18     | 0,33   | 0,17    | 0,21     | 0,13    | 0,13   | 0,27    | 0,08     | 0,27      | 0,08    |        |         |          |        | 0,3     | 0,01     | 0       | 0,15   | 0,07    | 0,21     | 0,23      | 0,05    | 0,13   |
| 29           | 0,08    | 0,14     | 0,25   | 0,2     | 0,24     | 0,04    | 0,08   | 0,21    | 0,05     | 0,24      | 0,07    | 0,12   | 0,24    | 0,03     | 0,11   | 0,06    | 0,15     | 0,05    | 0,03   | 0,09    | 0,16     | 0,17      | 0,05    | 0,1    |
| 30           | 0,15    | 0,14     | 0,13   | 0,16    | 0,17     | 0,15    | 0,1    | 0,13    | 0,08     | 0,14      | 0,16    | 0,03   | 0,2     | 0,06     | 0,08   | 0,06    | 0,08     | 0,01    | 0,15   | 0       | 0,14     | 0,1       | 0,11    | 0,06   |
| 31           | 0,15    | 0,14     | 0,13   | 0,14    | 0,18     | 0,01    | 0,15   | 0,2     | 0,07     | 0,06      | 0,19    | 0,13   | 0,19    | 0,08     | 0,02   | 0,18    | 0,05     | 0,12    | 0,05   | 0,05    | 0,11     | 0,09      | 0,09    | 0,13   |
| 32           | 0,09    | 0,11     | 0,13   | 0,04    | 0,16     | 0,16    | 0,15   | 0,04    | 0,04     | 0,11      | 0,22    | 0,09   | 0,12    | 0,03     | 0,14   | 0,04    | 0,22     | 0,08    | 0,12   | 0,08    | 0,08     | 0,06      | 0,09    | 0,08   |
| 33           | 0,06    | 0,08     | 0,12   | 0,03    | 0,17     | 0,21    | 0,16   | 0,07    | 0,08     | 0,12      | 0,08    | 0,05   | 0,09    | 0,01     | 0,03   | 0,07    |          | 0,05    | 0,02   | 0,06    | 0,07     | 0,05      | 0,09    | 0,05   |
| 35           | 0,05    | 0,05     | 0,1    | 0,05    | 0,09     | 0,06    | 0,25   | 0,1     | 0,12     | 0,08      | 0,06    | 0,02   | 0,09    | 0,03     | 0,1    | 0,06    | 0,05     | 0,04    | 0,22   | 0,05    | 0,11     | 0,05      | 0,08    | 0,09   |
| 36           |         |          |        |         |          |         | 0,18   | 0,14    | 0,04     | 0,09      | 0,15    | 0,11   | 0,06    | 0,06     |        | 0,23    | 0,11     |         | 0,1    | 0,05    | 0,09     | 0,03      | 0,04    | 0,11   |
| 37           | 0,04    | 0,08     | 0,17   | 0,07    | 0,34     | 0,19    | 0,32   | 0,15    | 0,03     | 0,06      | 0,06    | 0,08   | 0,04    | 0,04     | 0,03   | 0,05    | 0,08     | 0,02    | 0,05   | 0,1     | 0,07     | 0,04      | 0,05    | 0,07   |
| 38           | 0,07    | 0,17     | 0,09   | 0,12    | 0,17     | 0,14    | 0,04   | 0,11    | 0,04     | 0,17      | 0,06    | 0,11   | 0,1     | 0,12     | 0,09   | 0,17    | 0,11     | 0,07    | 0,05   | 0,16    | 0,04     | 0,06      | 0,04    | 0,18   |
| 39           | 0,13    | 0,08     | 0,09   | 0,12    | 0,07     | 0,07    | 0,24   | 0,25    | 0,09     | 0,13      | 0,06    | 0,02   | 0,08    | 0,04     | 0,1    | 0,04    | 0,22     | 0,41    | 0,11   | 0       | 0,21     | 0,08      | 0,03    | 0,02   |
| 40           | 0,13    | 0,08     | 0,09   | 0,12    | 0,07     | 0,07    | 0,24   | 0,22    | 0,09     | 0,17      |         |        |         |          | 0,1    | 0,14    | 0,25     | 0,27    | 0,05   | 0,12    | 0,22     | 0,09      | 0,02    | 0,04   |
| 41           | 0,13    | 0,08     | 0,09   | 0,12    | 0,07     | 0,07    | 0,23   | 0,25    | 0,08     | 0,2       | 0,05    | 0,05   | 0,05    | 0,07     | 0,07   | 0,14    | 0,24     | 0,38    | 0,05   | 0,09    | 0,26     | 0,08      | 0,02    | 0,02   |
| 42           | 0,13    | 0,08     | 0,09   | 0,12    | 0,07     | 0,07    | 0,31   | 0,24    | 0,12     | 0,19      | 0,07    | 0,05   | 0,04    | 0,03     | 0,13   | 0,09    | 0,2      | 0,31    | 0,03   | 0,08    | 0,23     | 0,07      | 0,04    | 0,01   |
| 44           | 0,02    | 0,03     | 0,03   | 0,04    | 0,33     | 0,32    | 0,22   | 0,16    | 0,05     | 0,04      | 0,06    | 0,04   | 0,3     | 0,22     | 0,1    | 0,07    | 0,18     | 0,19    | 0,2    | 0,1     | 0,07     | 0,09      | 0,09    | 0,01   |
| 45           | 0,02    | 0,04     | 0,02   | 0,04    | 0,23     | 0,3     | 0,23   | 0,14    | 0,09     | 0,01      | 0,11    | 0,04   | 0,29    | 0,18     | 0,14   | 0,06    | 0,26     | 0,19    | 0,25   | 0,02    | 0,09     | 0,02      | 0,04    | 0      |
| 46           | 0,02    | 0,03     | 0,04   | 0,04    | 0,24     | 0,28    | 0,21   | 0,12    | 0,03     | 0,04      | 0,02    | 0,01   | 0,26    | 0,2      | 0,09   | 0,1     | 0,24     | 0,19    | 0,22   | 0,09    | 0,05     | 0,09      | 0,11    | 0,01   |
| 47           | 0,02    | 0,03     | 0,04   | 0,04    | 0,08     | 0,01    | 0,13   | 0,05    | 0,02     | 0,08      | 0,03    | 0,03   | 0,06    | 0,03     | 0,07   | 0,02    | 0,06     | 0,01    | 0,07   | 0,05    | 0,06     | 0,03      | 0,02    | 0,02   |
| 48           | 0,07    | 0,12     | 0,2    | 0,14    | 0,15     | 0,07    | 0,1    | 0,03    | 0,04     | 0,1       | 0,07    | 0,02   | 0,08    | 0,06     | 0,09   | 0,01    | 0,05     | 0,02    | 0,05   | 0,15    | 0,07     | 0,97      | 0,03    | 1,01   |
| 49           | 0,06    | 0,12     | 0,18   | 0,13    | 0,16     | 0,07    | 0,13   | 0,07    | 0,03     | 0,11      | 0,04    | 0,04   | 0,07    | 0,03     | 0,1    | 0,03    | 0,05     | 0,08    | 0,07   | 0,1     | 0,08     | 0,12      | 0,05    | 0,03   |

| numer punktu | XI-2003 | XII-2003 | I-2004 | II-2004 | III-2004 | IV-2004 | V-2004 | VI-2004 | VII-2004 | VIII-2004 | IX-2004 | X-2004 | XI-2004 | XII-2004 | I-2005 | II-2005 | III-2005 | IV-2005 | V-2005 | VI-2005 | VII-2005 | VIII-2005 | IX-2005 | X-2005 |
|--------------|---------|----------|--------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|-----------|---------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|-----------|---------|--------|
| 50           | 0,05    | 0,11     | 0,25   | 0,16    | 0,12     | 0,07    | 0,11   | 0,03    | 0,11     | 0,11      | 0,09    | 0,06   | 0,19    | 0,03     | 0,07   | 0,03    | 0,1      | 0,15    | 0,11   | 0,05    | 0,08     | 0,12      | 0,08    | 0,03   |
| 51           | 0,07    | 0,11     | 0,38   | 0,28    | 0,14     | 0,2     | 0,1    | 0,07    | 0,08     | 0,18      | 0,11    | 0,08   | 0,21    | 0,06     | 0,22   | 0,07    | 0,38     | 0,08    | 0,1    | 0,05    | 0,06     | 0,25      | 0,17    | 0,1    |
| 52           | 0,05    | 0,07     | 0,08   | 0,14    | 0,1      | 0,11    | 0,15   | 0,12    | 0,08     | 0,13      | 0,11    | 0,02   | 0,13    | 0,03     | 0,09   | 0,04    | 0,53     | 1,08    | 0,08   | 0,02    | 0,12     | 0,08      | 0,09    | 0,06   |
| 53           | 0,06    | 0,24     | 0,32   | 0,34    | 0,22     | 0,16    | 0,11   | 0,12    | 0,07     | 0,19      | 0,08    | 0,08   | 0,26    | 0,02     | 0,22   | 0,11    | 0,22     | 0,06    | 0,49   | 0,13    | 0,22     | 0,31      | 0,11    | 0,09   |
| 54           | 0,11    | 0,12     | 0,32   | 0,38    | 0,25     | 0,19    | 0,1    | 0,17    | 0,44     | 0,14      | 0,06    | 0,12   | 0,27    | 0,07     | 0,22   | 0,26    | 0,17     | 0,12    | 0,02   | 0,05    | 0,89     | 0,34      | 0,08    | 0,02   |
| 55           | 0,04    | 0,15     | 0,28   | 0,17    | 0,11     | 0,13    | 0,11   | 0,06    | 0,04     | 0,16      | 0,17    | 0,06   | 0,19    | 0,04     | 0,13   | 0,08    | 0,06     | 0,06    | 0,07   | 0,04    | 0,15     | 0,1       | 0,08    | 0,06   |
| 57           | 0,12    | 0,24     | 0,32   | 0,39    | 0,3      | 0,16    | 0,11   | 0,1     | 0,07     | 0,1       | 0,1     | 0,05   | 0,12    | 0,03     | 0,05   | 0,16    | 0,08     | 0,07    | 0,1    | 0,13    | 0,04     | 0,11      | 0,03    | 0      |
| 59           | 0,26    | 0,19     | 0,11   | 0,04    | 0,2      | 0,29    | 0,29   | 0,1     | 0,12     | 0,09      | 0,09    | 0,02   | 0,06    | 0,01     | 0,08   | 0,26    | 0,31     | 0,35    | 0,27   | 0,15    | 0,1      | 0,01      | 0,05    | 0      |
| 60           | 0,25    | 0,22     | 0,09   | 0,05    | 0,2      | 0,32    | 0,25   | 0,14    | 0,07     | 0,06      | 0,06    | 0,01   | 0,09    | 0,03     | 0,05   | 0,33    | 0        | 0,1     | 0,2    | 0,08    | 0,15     | 0,07      | 0,04    | 0,01   |
| 61           | 0,23    | 0,16     | 0,17   | 0,04    | 0,58     | 0,86    | 0,19   | 0,1     | 0,03     | 0,05      | 0,08    | 0,03   | 0,39    | 0,13     | 0,07   | 0,24    | 0,15     | 0,73    | 0,1    | 0,03    | 0,05     | 0,06      | 0,07    | 0,03   |
| 62           | 0,24    | 0,2      | 0,1    | 0,03    | 0,69     | 1,03    | 0,16   | 0,08    | 0,17     | 0,3       | 0,08    | 0,06   | 0,49    | 0,08     | 0,14   | 0,19    | 0,09     | 1,04    | 0,08   | 0,04    | 0,04     | 0,05      | 0,03    | 0,05   |
| 63           | 0,05    | 0,03     | 0,09   | 0,11    | 0,27     | 0,1     | 0,07   | 0,13    | 0,26     | 0,13      | 0,23    | 0,2    | 0,24    | 0,27     | 0,1    | 0,05    | 0,09     | 0,12    | 0,09   | 0,05    | 0,09     | 0,08      | 0,05    | 0,07   |
| 64           | 0,03    | 0,11     | 0,11   | 0,11    | 0,14     | 0,1     | 0,13   | 0,13    | 0,17     | 0,21      | 0,16    | 0,05   | 0,07    | 0,06     | 0,05   | 0,06    | 0,13     | 0,1     | 0,11   | 0,33    | 0,2      |           |         |        |
| 65           | 0,07    | 0,6      | 0,24   | 0,1     | 0,2      | 0,12    | 0,17   | 0,16    | 0,1      | 0,12      | 0,13    | 0,03   | 0,29    | 0,05     | 0,08   | 0,11    | 0,38     | 0,03    | 0,15   | 0,12    | 0,29     | 0,23      | 0,08    | 0,04   |
| 66           | 0,13    | 0,08     | 0,09   | 0,12    | 0,07     | 0,07    | 0,07   | 0,07    | 0,08     | 0,07      | 0,05    | 0,01   | 0,07    | 0,01     | 0,05   | 0,05    | 0,03     | 0,04    | 0,05   | 0,06    | 0,05     | 0,02      | 0,04    | 0,03   |
| 67           | 0,09    | 0,05     | 0,09   | 0,03    | 0,08     | 0,06    | 0,05   | 0,04    | 0,05     | 0,02      | 0,04    | 0,01   | 0,27    | 0,57     | 0,08   | 0,01    | 0,04     | 0,03    | 0,02   | 0,09    | 0,08     | 0,04      | 0,05    | 0,05   |
| 68           | 0,08    | 0,06     | 0,1    | 0,25    | 0,2      |         |        |         |          |           |         |        |         |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 69           | 0,08    | 0,14     | 0,36   | 0,14    | 0,15     | 0,03    | 0,09   | 0,05    | 0,01     | 0,08      | 0,09    | 0,11   | 0,09    | 0        | 0,1    | 0,1     | 0,02     | 0,14    | 0,08   | 0,19    | 0,05     | 0,16      | 0,07    | 0,07   |
| 70           | 0,08    | 0,04     | 0,01   | 0,15    | 0,14     | 0,03    | 0,06   | 0,07    | 0,05     | 0,02      | 0,04    |        |         |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 71           | 0,08    | 0,17     | 0,34   | 0,16    | 0,15     | 0,22    | 0,11   | 0,07    | 0,05     | 0,11      | 0,1     | 0,01   | 0,17    | 0,04     | 0,12   | 0,18    | 0,14     | 0,08    | 0,09   |         |          |           |         |        |
| 72           | 0,13    | 0,02     | 0,09   | 0,04    | 0,03     | 0,25    | 0,04   | 0,08    | 0,04     | 0,07      | 0,19    | 0,04   | 0,03    | 0,05     | 0,07   | 0,04    | 0,02     | 0,2     | 0,07   | 0,03    | 0,04     | 0,03      | 0,06    | 0,01   |
| 73           | 0,09    | 0,09     | 0,19   | 0,06    | 0,13     | 0,1     | 0,04   | 0,11    | 0,03     | 0,17      | 0,11    | 0,14   | 0,06    | 0,02     | 0,03   | 0,05    | 0,04     | 0,06    | 0,1    | 0,03    | 0,03     | 0,04      | 0,11    | 0,11   |
| 74           | 0,04    | 0,09     | 0,19   | 0,06    | 0,11     | 0,03    | 0,06   | 0,06    | 0,1      | 0,25      | 0,05    | 0,03   | 0,12    | 0,03     | 0,06   | 0,13    | 0,09     | 0,02    | 0,2    | 0,09    | 0,04     | 0,19      | 0,02    | 0,01   |
| 75           | 0,06    | 0,08     | 0,35   | 0,14    | 0,17     | 0,19    | 0,02   | 0,1     | 0,1      | 0,12      | 0,06    | 0,07   | 0,17    | 0,04     | 0,05   | 0,07    | 0,1      | 0,09    | 0,06   | 0,15    | 0,07     | 0,09      | 0,02    | 0,06   |
| 76           | 0,09    | 0,08     | 0,21   | 0,07    | 0,21     | 0,07    | 0,05   | 0,1     | 0,01     | 0,1       | 0,04    | 0,05   | 0,09    | 0,13     | 0,06   | 0,03    | 0,06     | 0,03    | 0,01   | 0,09    | 0,04     | 0,05      | 0,01    | 0,01   |
| 77           | 0,05    | 0,1      | 0,28   | 0,31    | 0,42     | 0,09    | 0,16   | 0,13    | 0,08     | 0,15      | 0,08    | 0,06   | 0,09    | 0,03     | 0,2    | 0,06    | 0,22     | 0,07    | 0,29   | 0,16    | 0,12     | 0,12      | 0,09    | 0,09   |
| 78           | 0,09    | 0,05     | 0,2    | 0,15    | 0,16     | 0,11    |        |         |          |           |         |        |         |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 79           | 0,02    | 0,06     | 0,11   | 0,09    | 0,12     | 0,08    | 0,15   | 0,01    | 0,03     | 0,07      | 0,03    | 0,05   | 0,09    | 0,01     | 0,01   | 0,05    | 0,16     | 0,04    | 0,04   | 0,08    | 0,03     | 0,09      | 0,04    | 0,02   |
| 80           | 0,01    | 0,04     | 0,02   | 0,04    | 0,09     | 0,11    | 0,05   | 0,05    | 0,02     | 0,02      | 0,05    | 0,07   | 0,04    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 81           | 0,03    | 0,07     | 0,24   | 0,15    | 0,13     | 0,21    | 0,1    | 0,03    | 0,21     | 0,08      | 0,09    | 0,05   | 0,01    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 82           | 0,03    | 0,05     | 0,18   | 0,15    | 0,15     | 0,13    | 0,08   | 0,01    | 0,15     | 0,26      | 0,07    | 0,05   | 0,21    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 83           | 0,04    | 0,11     | 0,56   | 0,25    | 0,13     | 0,36    | 0,11   | 0,3     | 0,25     | 0,14      | 0,08    | 0,1    | 0,04    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 84           | 0,05    | 0,1      | 0,49   | 0,24    | 0,11     | 0,38    | 0,05   | 0,47    | 0,06     | 0,09      | 0,06    | 0,08   | 0,05    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 85           | 0,03    | 0,1      | 0,36   | 0,23    | 0,08     | 0,26    | 0,1    | 0,33    | 0,17     | 0,04      | 0,05    | 0,05   | 0,1     |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 86           | 0,01    | 0,13     | 0,28   | 0,23    | 0,06     | 0,32    | 0,06   | 0,38    | 0,12     | 0,04      | 0,07    | 0,06   | 0,02    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 87           | 0,09    | 0,08     | 0,25   | 0,12    | 0,14     | 0,18    | 0,2    | 0,24    | 0,32     | 0,14      | 0,08    | 0,06   | 0,03    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 88           | 0,07    | 0,07     | 0,37   | 0,13    | 0,06     | 0,23    | 0,08   | 0,1     | 0,12     | 0,12      | 0,08    | 0,01   | 0,01    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 89           | 0,05    | 0,11     | 0,26   | 0,12    | 0,09     | 0,23    | 0,05   | 0,02    | 0,08     | 0,07      | 0,1     | 0,08   | 0,02    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 90           | 0,03    | 0,1      | 0,57   | 0,4     | 0,02     | 0,11    | 0,32   | 0,12    | 0,26     | 0,5       | 0,06    | 0,36   | 0,03    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 91           | 0,06    | 0,16     | 0,44   | 0,3     | 0,12     | 0,34    | 0,15   | 0,05    | 0,46     | 0,1       | 0,2     | 0,31   | 0,02    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 92           | 0,02    | 0,15     | 0,2    | 0,08    | 0,08     | 0,17    | 0,08   | 0,02    | 0,32     | 0,03      | 0,11    | 0,07   | 0,06    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 93           | 0,03    | 0,06     | 0,33   | 0,37    | 0,08     | 0,52    | 0,15   | 0,22    | 0,13     | 0,23      | 0,1     | 0,1    | 0,02    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 94           | 0,01    | 0,03     | 0,11   | 0,11    | 0,05     | 0,02    | 0,04   | 0,07    | 0,08     | 0,02      | 0,09    | 0,08   | 0,02    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 95           | 0,01    | 0,01     | 0,14   | 0,09    | 0,03     | 0,02    | 0,06   | 0,07    | 0,06     | 0,07      | 0,04    | 0,05   | 0,06    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 96           |         |          |        |         | 0,01     | 0,04    | 0,04   | 0,03    | 0,03     | 0,09      | 0,02    | 0,07   | 0,04    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 97           |         |          |        |         | 0,06     | 0,33    | 0,09   | 0,1     | 0,08     | 0,1       | 0,09    | 0,06   | 0,04    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| 98           |         |          |        |         | 0,16     | 0,13    | 0,05   | 0,01    | 0,09     | 0,1       | 0,15    | 0,18   | 0,03    |          |        |         |          |         |        |         |          |           |         |        |
| max          | 0,26    | 0,62     | 0,64   | 0,4     | 0,69     | 1,03    | 0,32   | 0,47    | 0,46     | 0,5       | 0,23    | 0,36   | 0,49    | 0,57     | 0,22   | 0,33    | 0,52     | 1,08    | 0,49   | 0,98    | 0,89     | 0,97      | 0,68    | 1,21   |
| min          | 0,01    | 0,01     | 0,01   | 0,03    | 0,01     | 0,01    | 0,02   | 0,01    | 0,01     | 0,01      | 0,02    | 0,01   | 0,01    | 0        | 0      | 0,01    | 0,01     | 0       | 0,01   | 0       | 0,02     | 0,01      | 0,01    | 0      |
| śr           | 0,08    | 0,12     | 0,21   | 0,14    | 0,17     | 0,16    | 0,13   | 0,12    | 0,09     | 0,12      | 0,08    | 0,07   | 0,12    | 0,07     | 0,09   | 0,1     | 0,12     | 0,13    | 0,12   | 0,1     | 0,11     | 0,1       | 0,07    | 0,09   |

**Załącznik 5. Amplitudy wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych na terenie Wrocławia dla poszczególnych okresów obserwacyjnych w [m]**

| <i>1</i>     | <i>2</i>  | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i>   | <i>7</i> | <i>8</i>   |
|--------------|-----------|----------|----------|----------|------------|----------|------------|
| numer punktu | 2004-2005 | 2004     | 2005     | V-X 2004 | XI-IV 2004 | V-X 2005 | XI-IV 2005 |
| 2            | 1         | 1        | 0,89     | 0,64     | 1          | 0,81     | 0,86       |
| 3            | 1,77      | 0,73     | 1,74     | 0,64     | 0,62       | 1,72     | 0,68       |
| 4            | 0,38      | 0,36     | 0,37     | 0,36     | 0,33       | 0,27     | 0,27       |
| 5            | 0,78      | 0,77     | 0,5      | 0,49     | 0,56       | 0,45     | 0,17       |
| 7            | 0,48      | 0,48     | 0,36     | 0,3      | 0,48       | 0,28     | 0,31       |
| 8            | 0,92      | 0,65     | 0,85     | 0,53     | 0,65       | 0,57     | 0,68       |
| 9            | 1,03      | 0,86     | 0,97     | 0,66     | 0,83       | 0,64     | 0,87       |
| 10           | 1,45      | 1,17     | 1,15     | 0,69     | 1,17       | 0,46     | 0,84       |
| 11           | 0,41      | 0,4      | 0,41     | 0,19     | 0,4        | 0,23     | 0,41       |
| 12           | 0,67      | 0,55     | 0,44     | 0,26     | 0,55       | 0,25     | 0,44       |
| 13           | 0,51      | 0,51     | 0,41     | 0,3      | 0,44       | 0,35     | 0,41       |
| 14           | 0,82      | 0,48     | 0,82     | 0,48     | 0,21       | 0,55     | 0,67       |
| 15           | 0,82      | 0,5      | 0,79     | 0,5      | 0,21       | 0,55     | 0,67       |
| 16           | 1,04      | 0,55     | 1,04     | 0,55     | 0,21       | 1,04     | 0,68       |
| 17           | 1,11      | 1,08     | 0,74     | 0,54     | 1,08       | 0,4      | 0,64       |
| 18           | 0,9       | 0,88     | 0,37     | 0,32     | 0,88       | 0,37     | 0,29       |
| 19           | 1,4       | 1,32     | 0,41     | 0,26     | 1,22       | 0,19     | 0,19       |
| 20           | 0,45      | 0,45     | 0,22     | 0,44     | 0,23       | 0,19     | 0,22       |
| 21           | 0,38      | 0,32     | 0,35     | 0,24     | 0,26       | 0,27     | 0,15       |
| 22           | 0,47      | 0,47     | 0,42     | 0,39     | 0,47       | 0,24     | 0,28       |
| 23           | 0,58      | 0,34     | 0,57     | 0,29     | 0,18       | 0,22     | 0,39       |
| 24           | 0,53      | 0,41     | 0,5      | 0,41     | 0,24       | 0,32     | 0,24       |
| 25           | 0,88      | 0,87     | 0,44     | 0,43     | 0,76       | 0,22     | 0,28       |
| 26           | 0,88      | 0,86     | 0,44     | 0,4      | 0,77       | 0,23     | 0,28       |
| 27           | 0,87      | 0,82     | 0,48     | 0,32     | 0,74       | 0,28     | 0,4        |
| 28           | 1,12      | 1,02     | 0,8      | 0,97     | 0,7        | 0,8      | 0,31       |
| 29           | 0,79      | 0,79     | 0,63     | 0,64     | 0,67       | 0,58     | 0,61       |
| 30           | 0,56      | 0,51     | 0,56     | 0,35     | 0,3        | 0,42     | 0,44       |
| 31           | 0,68      | 0,57     | 0,64     | 0,54     | 0,31       | 0,46     | 0,64       |
| 32           | 0,84      | 0,82     | 0,73     | 0,67     | 0,42       | 0,39     | 0,73       |
| 33           | 0,55      | 0,53     | 0,49     | 0,47     | 0,39       | 0,34     | 0,49       |
| 35           | 0,49      | 0,47     | 0,42     | 0,4      | 0,24       | 0,28     | 0,21       |
| 36           | 0,56      | 0,39     | 0,51     | 0,39     |            | 0,23     | 0,51       |
| 37           | 0,51      | 0,44     | 0,3      | 0,32     | 0,44       | 0,27     | 0,28       |
| 38           | 0,33      | 0,23     | 0,33     | 0,2      | 0,22       | 0,29     | 0,32       |
| 39           | 0,53      | 0,42     | 0,53     | 0,42     | 0,35       | 0,26     | 0,53       |
| 40           | 0,49      | 0,45     | 0,46     | 0,45     | 0,35       | 0,32     | 0,46       |
| 41           | 0,63      | 0,56     | 0,55     | 0,37     | 0,35       | 0,35     | 0,47       |
| 42           | 0,63      | 0,56     | 0,52     | 0,5      | 0,35       | 0,32     | 0,5        |
| 44           | 1,12      | 1,12     | 0,94     | 0,26     | 0,74       | 0,25     | 0,94       |
| 45           | 1,02      | 0,99     | 0,95     | 0,27     | 0,62       | 0,25     | 0,95       |
| 46           | 1,05      | 0,94     | 0,99     | 0,24     | 0,61       | 0,22     | 0,93       |
| 47           | 0,32      | 0,32     | 0,29     | 0,32     | 0,19       | 0,15     | 0,21       |
| 48           | 1,24      | 0,41     | 1,24     | 0,32     | 0,41       | 1,24     | 0,18       |
| 49           | 0,59      | 0,42     | 0,44     | 0,33     | 0,42       | 0,27     | 0,35       |
| 50           | 0,58      | 0,45     | 0,53     | 0,41     | 0,45       | 0,29     | 0,44       |
| 51           | 1,05      | 0,96     | 0,97     | 0,79     | 0,91       | 0,76     | 0,88       |



| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 52       | 1,24     | 0,44     | 1,24     | 0,36     | 0,44     | 0,33     | 1,08     |
| 53       | 1,08     | 1,01     | 0,94     | 0,76     | 0,98     | 0,72     | 0,94     |
| 54       | 1,64     | 1,16     | 1,41     | 0,84     | 1,11     | 1,33     | 1,08     |
| 55       | 0,76     | 0,74     | 0,55     | 0,6      | 0,62     | 0,42     | 0,55     |
| 57       | 1,08     | 1,08     | 0,43     | 0,41     | 1,08     | 0,26     | 0,42     |
| 59       | 1,26     | 1,18     | 1,02     | 0,41     | 0,74     | 0,54     | 0,95     |
| 60       | 1,26     | 1,18     | 0,72     | 0,33     | 0,73     | 0,49     | 0,68     |
| 61       | 1,71     | 1,71     | 1,4      | 0,2      | 1,5      | 0,11     | 1,28     |
| 62       | 2,01     | 2,01     | 1,49     | 0,35     | 1,65     | 0,11     | 1,39     |
| 63       | 1,38     | 1,16     | 0,94     | 1,12     | 0,77     | 0,26     | 0,94     |
| 64       | 1,31     | 0,97     | 1,13     | 0,96     | 0,23     | 0,48     | 0,6      |
| 65       | 1,37     | 1,3      | 1,36     | 1,05     | 1,3      | 0,85     | 1,2      |
| 66       | 0,57     | 0,47     | 0,35     | 0,21     | 0,35     | 0,14     | 0,2      |
| 67       | 0,77     | 0,26     | 0,77     | 0,14     | 0,21     | 0,17     | 0,6      |
| 69       | 0,92     | 0,89     | 0,53     | 0,41     | 0,8      | 0,27     | 0,23     |
| 70       | 0,27     | 0,27     |          | 0,14     | 0,2      |          |          |
| 71       | 0,76     | 0,76     | 0,68     | 0,49     | 0,76     | 0,09     | 0,68     |
| 72       | 0,48     | 0,46     | 0,33     | 0,3      | 0,41     | 0,14     | 0,2      |
| 73       | 0,66     | 0,66     | 0,49     | 0,66     | 0,36     | 0,34     | 0,24     |
| 74       | 0,45     | 0,4      | 0,35     | 0,39     | 0,23     | 0,23     | 0,3      |
| 75       | 0,56     | 0,48     | 0,53     | 0,35     | 0,41     | 0,31     | 0,44     |
| 76       | 0,63     | 0,63     | 0,34     | 0,29     | 0,63     | 0,16     | 0,34     |
| 77       | 1,18     | 0,86     | 1,03     | 0,65     | 0,86     | 0,83     | 0,84     |
| 79       | 0,4      | 0,39     | 0,36     | 0,35     | 0,32     | 0,28     | 0,35     |
| 80       | 0,53     | 0,46     |          | 0,36     | 0,11     |          |          |
| 81       | 0,75     | 0,75     |          | 0,51     | 0,75     |          |          |
| 82       | 0,87     | 0,67     |          | 0,53     | 0,65     |          |          |
| 83       | 1,46     | 1,46     |          | 1,06     | 1,32     |          |          |
| 84       | 1,25     | 1,25     |          | 0,81     | 1,14     |          |          |
| 85       | 1,16     | 1,16     |          | 0,86     | 0,98     |          |          |
| 86       | 1,14     | 1,14     |          | 0,77     | 0,96     |          |          |
| 87       | 0,62     | 0,62     |          | 0,5      | 0,62     |          |          |
| 88       | 0,81     | 0,81     |          | 0,56     | 0,81     |          |          |
| 89       | 0,69     | 0,69     |          | 0,41     | 0,61     |          |          |
| 90       | 1,8      | 1,8      |          | 1,66     | 1,35     |          |          |
| 91       | 1,49     | 1,49     |          | 1,1      | 1,24     |          |          |
| 92       | 0,84     | 0,84     |          | 0,63     | 0,64     |          |          |
| 93       | 1,3      | 1,3      |          | 0,88     | 1,03     |          |          |
| 94       | 0,59     | 0,54     |          | 0,53     | 0,47     |          |          |
| 95       | 0,47     | 0,47     |          | 0,44     | 0,42     |          |          |
| 96       | 0,28     | 0,28     |          | 0,23     | 0,04     |          |          |
| 97       | 1,13     | 1,13     |          | 0,58     | 0,51     |          |          |
| 98       | 0,68     | 0,68     |          | 0,48     | 0,19     |          |          |
| min      | 0,27     | 0,23     | 0,22     | 0,14     | 0,04     | 0,09     | 0,15     |
| max      | 2,01     | 2,01     | 1,74     | 1,66     | 1,65     | 1,72     | 1,39     |
| śr       | 0,86     | 0,76     | 0,68     | 0,5      | 0,61     | 0,41     | 0,55     |

Załącznik 6. Macierz korelacji położenia zwierciadła wód podziemnych ze stanami wód powierzchniowych

| Runknr | Macierz korelacji          |                           |                       |                       |                      |                       |                      |                          |                         |                         |                        |                      |                     |                      |                     |                                  |                                 |
|--------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|        | Wyróżnione współczynniki   |                           |                       |                       |                      |                       |                      |                          |                         |                         |                        |                      |                     |                      |                     |                                  |                                 |
|        | r są istotne z p < ,00100  |                           |                       |                       |                      |                       |                      |                          |                         |                         |                        |                      |                     |                      |                     |                                  |                                 |
|        | Bartoszewice<br>Śluza góra | Bartoszewice<br>Śluza dół | Zacisze<br>Śluza góra | Różanka<br>Śluza góra | Różanka<br>Śluza dół | Opatowice<br>Jaz góra | Opatowice<br>Jaz dół | Szczytniki<br>Śluza góra | Szczytniki<br>Śluza dół | Psie<br>Fde Jaz<br>góra | Psie<br>Fde Jaz<br>dół | Mejska<br>Śluza góra | Mejska<br>Śluza dół | Rędzin<br>Śluza góra | Rędzin<br>Śluza dół | Elektrownia<br>Wodna Jaz<br>góra | Elektrownia<br>Wodna Jaz<br>dół |
| 2      | -0,25                      | -0,25                     | 0,18                  | -0,17                 | 0,02                 | 0,42                  | 0,70                 | 0,72                     | 0,03                    | 0,22                    | 0,08                   | -0,26                | -0,13               | -0,49                | 0,52                | 0,21                             | 0,38                            |
| 3      | -0,21                      | -0,12                     | 0,12                  | -0,11                 | 0,02                 | 0,25                  | 0,53                 | 0,56                     | -0,05                   | 0,24                    | 0,01                   | -0,17                | -0,05               | -0,32                | 0,44                | 0,23                             | 0,28                            |
| 4      | 0,27                       | -0,04                     | -0,08                 | -0,03                 | -0,01                | 0,18                  | 0,26                 | 0,33                     | 0,59                    | 0,32                    | 0,29                   | 0,29                 | -0,07               | -0,10                | 0,11                | 0,10                             | 0,15                            |
| 5      | 0,05                       | 0,14                      | 0,09                  | -0,01                 | 0,10                 | 0,17                  | 0,23                 | 0,28                     | 0,33                    | 0,30                    | 0,15                   | 0,15                 | 0,23                | -0,07                | 0,22                | 0,10                             | 0,16                            |
| 7      | -0,07                      | 0,06                      | 0,08                  | -0,03                 | 0,06                 | 0,20                  | 0,43                 | 0,47                     | 0,37                    | 0,38                    | 0,16                   | 0,03                 | 0,07                | -0,26                | 0,32                | 0,14                             | 0,24                            |
| 8      | 0,17                       | -0,30                     | -0,01                 | -0,09                 | -0,09                | 0,14                  | 0,23                 | 0,28                     | 0,37                    | 0,06                    | 0,15                   | 0,28                 | -0,19               | -0,18                | 0,05                | 0,02                             | 0,09                            |
| 9      | 0,16                       | -0,26                     | 0,04                  | -0,12                 | -0,01                | 0,19                  | 0,37                 | 0,44                     | 0,43                    | 0,18                    | 0,24                   | 0,19                 | -0,17               | -0,23                | 0,16                | 0,07                             | 0,21                            |
| 10     | 0,21                       | -0,25                     | 0,04                  | -0,09                 | -0,03                | 0,12                  | 0,20                 | 0,25                     | 0,45                    | 0,06                    | 0,22                   | 0,21                 | -0,16               | -0,12                | 0,00                | -0,10                            | 0,10                            |
| 11     | -0,20                      | -0,31                     | 0,16                  | -0,09                 | -0,02                | 0,15                  | 0,49                 | 0,50                     | 0,26                    | 0,22                    | 0,03                   | -0,05                | -0,16               | -0,31                | 0,23                | 0,07                             | 0,23                            |
| 12     | -0,08                      | -0,30                     | 0,24                  | -0,09                 | 0,01                 | 0,28                  | 0,41                 | 0,46                     | 0,30                    | -0,05                   | 0,12                   | 0,04                 | -0,12               | -0,32                | 0,26                | -0,04                            | 0,20                            |
| 13     | -0,37                      | -0,22                     | 0,11                  | -0,15                 | -0,03                | 0,36                  | 0,56                 | 0,58                     | -0,08                   | 0,08                    | -0,08                  | -0,29                | -0,14               | -0,42                | 0,44                | 0,07                             | 0,29                            |
| 14     | 0,01                       | -0,23                     | 0,10                  | -0,01                 | -0,07                | 0,09                  | 0,40                 | 0,38                     | 0,19                    | 0,08                    | 0,12                   | 0,07                 | -0,22               | -0,24                | 0,14                | 0,09                             | 0,15                            |
| 15     | 0,00                       | -0,25                     | 0,09                  | -0,00                 | -0,09                | 0,08                  | 0,38                 | 0,37                     | 0,19                    | 0,06                    | 0,11                   | 0,09                 | -0,23               | -0,26                | 0,12                | 0,09                             | 0,13                            |
| 16     | -0,06                      | -0,16                     | 0,09                  | 0,02                  | 0,01                 | 0,11                  | 0,41                 | 0,39                     | 0,10                    | 0,04                    | 0,06                   | -0,02                | -0,05               | -0,19                | 0,21                | 0,18                             | 0,24                            |
| 17     | 0,35                       | -0,08                     | -0,06                 | -0,04                 | 0,02                 | 0,12                  | 0,19                 | 0,23                     | 0,67                    | 0,23                    | 0,31                   | 0,33                 | -0,08               | -0,02                | -0,02               | -0,04                            | 0,11                            |
| 18     | 0,18                       | -0,35                     | 0,09                  | -0,16                 | 0,03                 | 0,27                  | 0,24                 | 0,32                     | 0,33                    | -0,25                   | 0,28                   | 0,03                 | -0,08               | -0,22                | 0,12                | -0,18                            | 0,13                            |
| 19     | 0,09                       | -0,24                     | -0,00                 | 0,02                  | -0,11                | 0,10                  | 0,08                 | 0,12                     | 0,57                    | -0,10                   | 0,05                   | 0,36                 | -0,13               | -0,18                | -0,09               | -0,20                            | -0,09                           |
| 20     | 0,04                       | 0,39                      | -0,21                 | -0,13                 | 0,15                 | 0,24                  | 0,17                 | 0,23                     | 0,00                    | 0,35                    | 0,14                   | -0,35                | 0,21                | 0,04                 | 0,30                | 0,18                             | 0,23                            |
| 21     | 0,43                       | -0,16                     | -0,12                 | 0,00                  | 0,02                 | -0,06                 | -0,22                | -0,10                    | 0,58                    | -0,08                   | 0,29                   | 0,39                 | 0,07                | 0,21                 | -0,22               | -0,18                            | -0,07                           |
| 22     | 0,45                       | -0,04                     | -0,10                 | 0,10                  | 0,22                 | -0,02                 | -0,11                | 0,08                     | 0,66                    | 0,05                    | 0,39                   | 0,44                 | 0,28                | 0,25                 | -0,01               | -0,02                            | 0,17                            |
| 23     | 0,34                       | 0,04                      | -0,13                 | 0,08                  | 0,09                 | -0,06                 | -0,10                | 0,02                     | 0,62                    | 0,03                    | 0,26                   | 0,46                 | 0,13                | 0,26                 | -0,14               | -0,00                            | 0,03                            |
| 24     | 0,38                       | -0,08                     | -0,10                 | 0,04                  | 0,05                 | -0,01                 | -0,04                | 0,07                     | 0,51                    | 0,01                    | 0,30                   | 0,32                 | -0,01               | 0,13                 | -0,10               | -0,09                            | 0,02                            |
| 25     | 0,24                       | -0,18                     | -0,05                 | 0,01                  | -0,04                | 0,11                  | 0,07                 | 0,15                     | 0,67                    | 0,07                    | 0,21                   | 0,37                 | -0,04               | -0,11                | -0,05               | -0,17                            | -0,03                           |
| 26     | 0,20                       | -0,18                     | -0,07                 | -0,01                 | -0,06                | 0,07                  | 0,05                 | 0,12                     | 0,64                    | -0,03                   | 0,16                   | 0,35                 | -0,01               | -0,08                | -0,11               | -0,19                            | -0,06                           |
| 27     | 0,23                       | -0,18                     | -0,04                 | -0,03                 | -0,06                | 0,06                  | 0,05                 | 0,10                     | 0,62                    | 0,08                    | 0,18                   | 0,30                 | -0,06               | -0,10                | -0,09               | -0,24                            | -0,06                           |
| 28     | -0,19                      | -0,31                     | 0,07                  | -0,10                 | -0,04                | 0,32                  | 0,53                 | 0,54                     | 0,05                    | -0,08                   | 0,01                   | -0,20                | -0,13               | -0,35                | 0,38                | 0,09                             | 0,26                            |
| 29     | -0,13                      | -0,25                     | 0,12                  | -0,06                 | 0,03                 | 0,32                  | 0,57                 | 0,62                     | 0,17                    | 0,08                    | 0,12                   | -0,12                | -0,11               | -0,34                | 0,40                | 0,12                             | 0,32                            |
| 30     | -0,04                      | -0,13                     | 0,03                  | -0,09                 | 0,19                 | 0,23                  | 0,36                 | 0,42                     | 0,04                    | 0,05                    | 0,22                   | -0,10                | 0,02                | -0,14                | 0,34                | 0,12                             | 0,36                            |
| 31     | 0,01                       | -0,15                     | 0,09                  | -0,02                 | 0,09                 | 0,20                  | 0,41                 | 0,46                     | 0,18                    | 0,15                    | 0,20                   | 0,08                 | 0,01                | -0,18                | 0,31                | 0,21                             | 0,30                            |
| 32     | -0,12                      | -0,19                     | 0,13                  | -0,13                 | -0,09                | 0,28                  | 0,57                 | 0,60                     | 0,06                    | 0,17                    | 0,06                   | -0,03                | -0,20               | -0,36                | 0,37                | 0,22                             | 0,34                            |
| 33     | 0,11                       | -0,24                     | 0,01                  | -0,13                 | -0,17                | 0,25                  | 0,40                 | 0,47                     | 0,27                    | 0,18                    | 0,07                   | 0,15                 | -0,17               | -0,25                | 0,19                | 0,09                             | 0,20                            |
| 35     | 0,35                       | -0,11                     | -0,07                 | 0,06                  | -0,08                | 0,01                  | -0,06                | 0,00                     | 0,54                    | 0,09                    | 0,18                   | 0,47                 | -0,07               | 0,08                 | -0,17               | -0,15                            | -0,08                           |
| 36     | -0,14                      | -0,03                     | 0,33                  | 0,17                  | 0,17                 | 0,38                  | 0,78                 | 0,71                     | 0,14                    | 0,11                    | 0,29                   | 0,14                 | -0,12               | -0,31                | 0,60                | 0,36                             | 0,54                            |
| 37     | 0,24                       | -0,31                     | 0,18                  | -0,04                 | 0,10                 | 0,19                  | 0,25                 | 0,35                     | 0,49                    | 0,07                    | 0,33                   | 0,52                 | 0,02                | -0,15                | 0,16                | 0,08                             | 0,20                            |
| 38     | -0,07                      | 0,18                      | 0,20                  | 0,11                  | 0,25                 | 0,16                  | 0,46                 | 0,51                     | 0,22                    | 0,18                    | 0,19                   | 0,17                 | 0,21                | 0,01                 | 0,48                | 0,47                             | 0,43                            |
| 39     | -0,13                      | 0,30                      | -0,16                 | -0,09                 | 0,20                 | 0,25                  | 0,32                 | 0,30                     | 0,06                    | 0,27                    | 0,11                   | -0,26                | 0,31                | 0,06                 | 0,32                | 0,18                             | 0,33                            |
| 40     | -0,00                      | 0,30                      | -0,13                 | -0,09                 | 0,25                 | 0,30                  | 0,32                 | 0,31                     | 0,08                    | 0,36                    | 0,20                   | -0,28                | 0,37                | 0,10                 | 0,36                | 0,17                             | 0,34                            |
| 41     | 0,14                       | 0,17                      | -0,03                 | 0,08                  | 0,16                 | -0,04                 | 0,00                 | -0,05                    | 0,44                    | 0,15                    | 0,21                   | 0,29                 | 0,50                | 0,24                 | -0,07               | -0,14                            | 0,04                            |
| 42     | 0,12                       | 0,08                      | -0,05                 | 0,09                  | 0,12                 | -0,07                 | -0,01                | -0,07                    | 0,40                    | 0,10                    | 0,17                   | 0,28                 | 0,45                | 0,22                 | -0,07               | -0,16                            | 0,02                            |
| 44     | 0,57                       | 0,15                      | -0,19                 | 0,19                  | -0,06                | -0,30                 | -0,46                | -0,44                    | 0,74                    | -0,10                   | 0,26                   | 0,82                 | 0,05                | 0,33                 | -0,49               | -0,28                            | -0,31                           |
| 45     | 0,58                       | 0,17                      | -0,22                 | 0,18                  | -0,05                | -0,28                 | -0,44                | -0,41                    | 0,75                    | -0,09                   | 0,29                   | 0,83                 | 0,04                | 0,32                 | -0,46               | -0,27                            | -0,28                           |
| 46     | 0,57                       | 0,20                      | -0,24                 | 0,17                  | -0,04                | -0,26                 | -0,43                | -0,40                    | 0,77                    | 0,07                    | 0,29                   | 0,85                 | 0,05                | 0,32                 | -0,45               | -0,25                            | -0,27                           |
| 47     | 0,29                       | -0,16                     | -0,09                 | -0,03                 | -0,02                | 0,20                  | 0,19                 | 0,29                     | 0,50                    | 0,05                    | 0,29                   | 0,23                 | -0,11               | -0,10                | 0,06                | -0,02                            | 0,13                            |
| 48     | -0,09                      | -0,12                     | 0,03                  | -0,10                 | -0,03                | 0,18                  | 0,38                 | 0,45                     | 0,05                    | 0,11                    | 0,07                   | -0,12                | -0,10               | -0,28                | 0,37                | 0,35                             | 0,21                            |
| 49     | 0,06                       | -0,27                     | 0,10                  | -0,05                 | -0,04                | 0,14                  | 0,30                 | 0,33                     | 0,32                    | 0,00                    | 0,12                   | 0,14                 | -0,07               | -0,20                | 0,10                | -0,04                            | 0,15                            |
| 50     | 0,02                       | -0,29                     | 0,12                  | -0,06                 | 0,01                 | 0,24                  | 0,36                 | 0,43                     | 0,24                    | -0,02                   | 0,13                   | 0,01                 | -0,09               | -0,22                | 0,18                | -0,02                            | 0,22                            |
| 51     | -0,02                      | -0,23                     | 0,10                  | -0,10                 | -0,01                | 0,24                  | 0,48                 | 0,50                     | 0,25                    | 0,10                    | 0,13                   | -0,04                | -0,13               | -0,29                | 0,26                | 0,08                             | 0,26                            |
| 52     | 0,16                       | -0,12                     | 0,05                  | 0,01                  | -0,01                | 0,18                  | -0,00                | 0,10                     | 0,29                    | 0,05                    | 0,02                   | 0,10                 | -0,09               | 0,01                 | -0,03               | -0,12                            | 0,03                            |
| 53     | -0,26                      | -0,29                     | 0,18                  | -0,12                 | 0,03                 | 0,38                  | 0,62                 | 0,66                     | 0,08                    | 0,07                    | 0,04                   | -0,23                | -0,06               | -0,40                | 0,45                | 0,16                             | 0,34                            |
| 54     | -0,24                      | -0,37                     | 0,18                  | -0,14                 | -0,03                | 0,38                  | 0,62                 | 0,63                     | 0,05                    | 0,05                    | 0,02                   | -0,19                | -0,21               | -0,47                | 0,43                | 0,15                             | 0,31                            |
| 55     | -0,27                      | -0,35                     | 0,15                  | -0,13                 | -0,04                | 0,37                  | 0,60                 | 0,63                     | 0,05                    | 0,08                    | 0,00                   | -0,24                | -0,15               | -0,46                | 0,41                | 0,10                             | 0,28                            |
| 57     | -0,14                      | -0,35                     | 0,15                  | -0,13                 | 0,02                 | 0,34                  | 0,44                 | 0,51                     | 0,31                    | 0,11                    | 0,09                   | -0,17                | -0,06               | -0,39                | 0,32                | -0,01                            | 0,23                            |
| 59     | 0,55                       | -0,03                     | -0,08                 | 0,21                  | -0,11                | -0,46                 | -0,69                | -0,59                    | 0,41                    | -0,33                   | 0,11                   | 0,74                 | 0,09                | 0,40                 | -0,55               | -0,34                            | -0,42                           |
| 60     | 0,58                       | -0,03                     | 0,06                  | 0,21                  | -0,07                | -0,47                 | -0,68                | -0,55                    | 0,48                    | -0,30                   | 0,23                   | 0,76                 | 0,11                | 0,35                 | -0,53               | -0,31                            | -0,38                           |
| 61     | 0,70                       | 0,13                      | -0,15                 | 0,23                  | 0,04                 | -0,21                 | -0,42                | -0,31                    | 0,83                    | 0,29                    | 0,39                   | 0,98                 | 0,14                | 0,33                 | -0,34               | -0,18                            | -0,18                           |
| 62     | 0,69                       | 0,13                      | -0,15                 | 0,24                  | 0,04                 | -0,22                 | -0,42                | -0,30                    | 0,84                    | 0,33                    | 0,39                   | 0,97                 | 0,14                | 0,33                 | -0,34               | -0,17                            | -0,18                           |
| 63     | 0,01                       | -0,42                     | 0,18                  | -0,06                 | -0,13                | 0,25                  | 0,35                 | 0,38                     | 0,15                    | -0,04                   | 0,07                   | 0,17                 | -0,22               | -0,34                | 0,13                | 0,06                             | 0,11                            |
| 64     | -0,07                      | -0,08                     | -0,07                 | -0,09                 | -0,03                | 0,24                  | 0,37                 | 0,42                     | 0,00                    | 0,06                    | 0,04                   | -0,20                | -0,19               | -0,20                | 0,24                | 0,26                             | 0,23                            |

### Załącznik 7. Współczynniki korelacji *r* Pearsona dla położenia zwierciadła wód podziemnych i opadów

| Nr punktu | Współczynniki korelacji <i>r</i> Pearsona tygodniowych stanów zwierciadła wód podziemnych vs suma opadów: |                          |                        |                        |                    |                       | Współczynniki korelacji <i>r</i> Pearsona średnich miesięcznych stanów zwierciadła wód podziemnych vs suma opadów: |                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|           | w dniu obserwacji                                                                                         | 1 dzień przed obserwacją | 2 dni przed obserwacją | 3 dni przed obserwacją | tygodnia bieżącego | tygodnia poprzedniego | miesiąca bieżącego                                                                                                 | miesiąca poprzedniego |
| 2         | <b>0,22</b>                                                                                               | 0,05                     | 0,01                   | -0,08                  | 0,18               | 0,16                  | 0,17                                                                                                               | 0,00                  |
| 3         | 0,16                                                                                                      | 0,09                     | 0,06                   | -0,01                  | <b>0,20</b>        | 0,17                  | 0,29                                                                                                               | 0,05                  |
| 4         | <b>0,21</b>                                                                                               | 0,03                     | 0,10                   | -0,01                  | <b>0,20</b>        | <b>0,24</b>           | 0,33                                                                                                               | 0,24                  |
| 5         | -0,01                                                                                                     | -0,08                    | 0,10                   | 0,09                   | 0,05               | 0,06                  | 0,07                                                                                                               | -0,12                 |
| 7         | 0,04                                                                                                      | -0,04                    | 0,08                   | -0,01                  | 0,10               | 0,15                  | 0,12                                                                                                               | 0,03                  |
| 8         | <b>0,22</b>                                                                                               | 0,14                     | 0,08                   | -0,12                  | <b>0,22</b>        | <b>0,25</b>           | 0,32                                                                                                               | <b>0,42</b>           |
| 9         | <b>0,23</b>                                                                                               | 0,11                     | 0,05                   | -0,14                  | 0,19               | <b>0,24</b>           | 0,26                                                                                                               | 0,36                  |
| 10        | 0,12                                                                                                      | 0,08                     | 0,05                   | -0,09                  | 0,15               | <b>0,21</b>           | 0,17                                                                                                               | <b>0,44</b>           |
| 11        | 0,15                                                                                                      | 0,13                     | 0,02                   | -0,12                  | 0,18               | 0,18                  | 0,20                                                                                                               | 0,32                  |
| 12        | 0,11                                                                                                      | 0,11                     | 0,09                   | 0,03                   | <b>0,22</b>        | <b>0,26</b>           | 0,18                                                                                                               | 0,40                  |
| 13        | 0,14                                                                                                      | 0,07                     | 0,03                   | -0,07                  | <b>0,27</b>        | <b>0,30</b>           | 0,28                                                                                                               | 0,34                  |
| 14        | <b>0,23</b>                                                                                               | 0,14                     | 0,05                   | -0,14                  | <b>0,20</b>        | <b>0,25</b>           | 0,31                                                                                                               | 0,37                  |
| 15        | <b>0,24</b>                                                                                               | 0,15                     | 0,06                   | -0,13                  | <b>0,21</b>        | <b>0,25</b>           | 0,33                                                                                                               | 0,34                  |
| 16        | <b>0,25</b>                                                                                               | 0,15                     | 0,06                   | -0,14                  | 0,18               | <b>0,20</b>           | 0,35                                                                                                               | 0,06                  |
| 17        | 0,04                                                                                                      | 0,04                     | 0,10                   | -0,06                  | 0,13               | <b>0,21</b>           | 0,24                                                                                                               | 0,33                  |
| 18        | 0,05                                                                                                      | 0,02                     | 0,09                   | 0,04                   | 0,16               | <b>0,28</b>           | 0,21                                                                                                               | <b>0,42</b>           |
| 19        | 0,04                                                                                                      | 0,03                     | 0,10                   | 0,09                   | 0,14               | 0,18                  | 0,19                                                                                                               | 0,35                  |
| 20        | 0,00                                                                                                      | -0,12                    | -0,07                  | -0,04                  | -0,08              | 0,01                  | -0,12                                                                                                              | 0,00                  |
| 21        | 0,01                                                                                                      | 0,00                     | 0,09                   | 0,05                   | 0,12               | <b>0,21</b>           | 0,11                                                                                                               | <b>0,56</b>           |
| 22        | 0,05                                                                                                      | 0,08                     | 0,11                   | 0,06                   | <b>0,24</b>        | 0,19                  | 0,25                                                                                                               | <b>0,45</b>           |
| 23        | 0,05                                                                                                      | 0,12                     | 0,14                   | 0,06                   | <b>0,22</b>        | <b>0,20</b>           | 0,30                                                                                                               | 0,37                  |
| 24        | 0,11                                                                                                      | 0,12                     | 0,09                   | -0,04                  | 0,20               | <b>0,24</b>           | 0,31                                                                                                               | <b>0,55</b>           |
| 25        | 0,04                                                                                                      | 0,05                     | 0,12                   | 0,04                   | 0,14               | 0,19                  | 0,22                                                                                                               | <b>0,44</b>           |
| 26        | 0,03                                                                                                      | 0,07                     | 0,10                   | 0,06                   | 0,16               | <b>0,23</b>           | 0,24                                                                                                               | <b>0,45</b>           |
| 27        | 0,07                                                                                                      | 0,03                     | 0,10                   | 0,02                   | 0,12               | <b>0,24</b>           | 0,17                                                                                                               | <b>0,48</b>           |
| 28        | 0,19                                                                                                      | 0,07                     | 0,16                   | 0,05                   | <b>0,34</b>        | <b>0,35</b>           | 0,43                                                                                                               | 0,17                  |
| 29        | 0,14                                                                                                      | 0,12                     | 0,07                   | -0,04                  | <b>0,25</b>        | <b>0,26</b>           | 0,32                                                                                                               | 0,28                  |
| 30        | 0,09                                                                                                      | 0,13                     | 0,05                   | -0,12                  | <b>0,21</b>        | <b>0,23</b>           | 0,25                                                                                                               | 0,40                  |
| 31        | 0,04                                                                                                      | 0,10                     | 0,07                   | -0,13                  | 0,15               | 0,20                  | 0,19                                                                                                               | 0,31                  |
| 32        | 0,11                                                                                                      | 0,10                     | 0,02                   | -0,14                  | 0,09               | 0,13                  | 0,14                                                                                                               | 0,21                  |
| 33        | 0,18                                                                                                      | 0,10                     | 0,02                   | -0,11                  | 0,15               | <b>0,25</b>           | 0,28                                                                                                               | 0,28                  |
| 35        | <b>0,20</b>                                                                                               | 0,11                     | 0,12                   | 0,04                   | <b>0,27</b>        | <b>0,32</b>           | 0,37                                                                                                               | <b>0,42</b>           |
| 36        | 0,12                                                                                                      | 0,12                     | 0,06                   | 0,00                   | 0,03               | 0,06                  | -0,14                                                                                                              | 0,01                  |
| 37        | 0,16                                                                                                      | 0,08                     | 0,15                   | 0,02                   | <b>0,22</b>        | 0,16                  | 0,23                                                                                                               | 0,05                  |
| 38        | 0,02                                                                                                      | 0,14                     | 0,03                   | 0,10                   | 0,17               | 0,02                  | -0,03                                                                                                              | -0,05                 |
| 39        | -0,15                                                                                                     | -0,03                    | 0,08                   | -0,01                  | -0,01              | -0,03                 | -0,16                                                                                                              | -0,18                 |
| 40        | -0,10                                                                                                     | -0,01                    | 0,10                   | -0,03                  | -0,04              | -0,02                 | -0,17                                                                                                              | -0,12                 |
| 41        | -0,14                                                                                                     | 0,04                     | 0,18                   | 0,11                   | 0,06               | 0,06                  | -0,01                                                                                                              | -0,13                 |
| 42        | -0,07                                                                                                     | 0,05                     | 0,17                   | 0,11                   | 0,10               | 0,06                  | 0,06                                                                                                               | -0,08                 |
| 44        | 0,07                                                                                                      | -0,04                    | 0,14                   | 0,14                   | 0,10               | 0,18                  | 0,23                                                                                                               | 0,18                  |
| 45        | 0,09                                                                                                      | -0,05                    | 0,14                   | 0,13                   | 0,10               | 0,17                  | 0,23                                                                                                               | 0,19                  |
| 46        | 0,09                                                                                                      | -0,05                    | 0,14                   | 0,12                   | 0,11               | 0,17                  | 0,24                                                                                                               | 0,18                  |

|    |             |       |       |              |             |             |             |             |
|----|-------------|-------|-------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 47 | 0,19        | 0,05  | 0,07  | -0,02        | <b>0,22</b> | <b>0,26</b> | 0,31        | 0,33        |
| 48 | 0,11        | -0,01 | -0,14 | 0,00         | -0,03       | -0,02       | 0,29        | -0,09       |
| 49 | 0,06        | 0,12  | 0,09  | -0,02        | <b>0,23</b> | <b>0,26</b> | 0,25        | <b>0,42</b> |
| 50 | 0,10        | 0,11  | 0,06  | -0,05        | <b>0,22</b> | <b>0,28</b> | 0,29        | 0,41        |
| 51 | 0,14        | 0,10  | 0,08  | -0,07        | <b>0,22</b> | <b>0,27</b> | 0,32        | 0,37        |
| 52 | 0,08        | 0,05  | 0,02  | 0,02         | 0,19        | <b>0,27</b> | <b>0,44</b> | <b>0,52</b> |
| 53 | 0,02        | 0,10  | 0,09  | -0,04        | 0,18        | 0,19        | 0,19        | 0,20        |
| 54 | 0,16        | 0,02  | 0,02  | -0,08        | 0,18        | 0,19        | 0,32        | 0,14        |
| 55 | 0,11        | 0,10  | 0,04  | -0,06        | 0,19        | <b>0,22</b> | 0,24        | 0,20        |
| 57 | 0,08        | 0,00  | 0,07  | 0,02         | 0,17        | 0,19        | 0,13        | 0,12        |
| 59 | -0,03       | -0,03 | 0,06  | 0,16         | 0,05        | 0,11        | 0,13        | 0,22        |
| 60 | -0,05       | -0,04 | 0,12  | 0,15         | 0,03        | 0,08        | 0,04        | 0,21        |
| 61 | 0,07        | -0,07 | 0,15  | 0,15         | 0,12        | 0,13        | 0,22        | 0,16        |
| 62 | 0,06        | -0,06 | 0,16  | 0,14         | 0,12        | 0,12        | 0,22        | 0,14        |
| 63 | 0,15        | 0,08  | 0,01  | -0,04        | 0,11        | 0,09        | 0,09        | 0,16        |
| 64 | 0,18        | 0,08  | -0,11 | -0,12        | 0,12        | 0,12        | 0,28        | 0,23        |
| 65 | <b>0,25</b> | 0,08  | 0,02  | -0,08        | <b>0,21</b> | 0,18        | 0,28        | 0,18        |
| 66 | 0,07        | 0,09  | 0,12  | 0,03         | 0,18        | <b>0,21</b> | 0,28        | <b>0,47</b> |
| 67 | 0,02        | 0,09  | 0,14  | 0,06         | <b>0,21</b> | 0,14        | 0,29        | 0,35        |
| 69 | 0,00        | 0,04  | 0,08  | 0,07         | 0,12        | 0,14        | 0,25        | 0,32        |
| 70 | -0,30       | 0,01  | 0,22  | 0,21         | 0,13        | 0,12        | -0,02       | -0,09       |
| 71 | 0,11        | 0,03  | -0,02 | -0,16        | 0,08        | 0,14        | 0,02        | 0,22        |
| 72 | 0,11        | 0,07  | 0,14  | 0,08         | 0,18        | <b>0,20</b> | 0,33        | 0,33        |
| 73 | 0,08        | 0,05  | 0,05  | -0,03        | 0,15        | 0,17        | 0,26        | 0,24        |
| 74 | -0,19       | 0,03  | 0,10  | -0,04        | 0,09        | 0,10        | -0,05       | -0,05       |
| 75 | 0,04        | 0,03  | -0,02 | -0,07        | 0,05        | 0,09        | 0,03        | -0,02       |
| 76 | 0,03        | -0,03 | 0,09  | 0,06         | 0,13        | 0,11        | 0,08        | -0,10       |
| 77 | <b>0,23</b> | 0,05  | 0,09  | -0,06        | <b>0,20</b> | <b>0,21</b> | 0,29        | 0,20        |
| 79 | <b>0,23</b> | 0,07  | 0,07  | -0,13        | <b>0,20</b> | <b>0,24</b> | 0,28        | 0,23        |
| 80 | 0,04        | 0,13  | -0,26 | <b>-0,33</b> | -0,15       | -0,04       | -0,32       | 0,09        |
| 81 | -0,11       | -0,03 | -0,05 | -0,07        | 0,02        | 0,07        | -0,08       | 0,32        |
| 82 | -0,09       | -0,01 | -0,08 | -0,13        | -0,04       | 0,04        | -0,19       | 0,21        |
| 83 | 0,01        | 0,05  | -0,11 | -0,13        | 0,01        | 0,06        | -0,04       | 0,18        |
| 84 | 0,03        | 0,02  | -0,14 | -0,17        | -0,02       | 0,04        | -0,10       | 0,19        |
| 85 | 0,03        | 0,06  | -0,13 | -0,15        | 0,00        | 0,04        | -0,09       | 0,13        |
| 86 | 0,04        | 0,07  | -0,15 | -0,17        | -0,01       | 0,03        | -0,10       | 0,14        |
| 87 | 0,10        | 0,15  | -0,06 | -0,03        | 0,03        | 0,05        | 0,06        | 0,16        |
| 88 | -0,01       | 0,05  | -0,12 | -0,16        | -0,02       | 0,04        | -0,08       | 0,24        |
| 89 | 0,03        | 0,09  | -0,11 | -0,14        | 0,03        | 0,08        | 0,00        | 0,34        |
| 90 | 0,02        | 0,03  | -0,06 | -0,07        | 0,03        | 0,10        | 0,10        | 0,17        |
| 91 | 0,04        | 0,08  | -0,06 | -0,07        | 0,08        | 0,11        | 0,08        | 0,20        |
| 92 | 0,04        | 0,10  | -0,07 | -0,10        | 0,06        | 0,08        | 0,02        | 0,24        |
| 93 | 0,03        | 0,06  | -0,08 | -0,13        | 0,04        | 0,06        | 0,06        | 0,16        |
| 94 | -0,11       | 0,00  | -0,12 | -0,13        | -0,09       | 0,04        | -0,22       | 0,20        |
| 95 | -0,11       | -0,03 | -0,07 | -0,07        | -0,03       | 0,02        | -0,16       | 0,24        |
| 96 | 0,01        | -0,07 | -0,01 | -0,02        | 0,10        | 0,08        | 0,11        | 0,07        |
| 97 | -0,08       | -0,08 | -0,08 | -0,16        | -0,03       | -0,01       | -0,07       | 0,18        |
| 98 | -0,01       | -0,05 | 0,01  | -0,03        | 0,09        | 0,11        | 0,17        | 0,29        |

Załącznik 8. Wyniki obserwacji terenowych położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych w roku hydrologicznym 2004  
głębokość do zwierciadła w [m]

| rok                 | 2003  |       |       |       |      |       |       |       | 2004  |       |       |      |      |       |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |  |  |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--|--|
| DATA<br>/ nr<br>pkt | 10-11 | 16-11 | 21-11 | 28-11 | 7-12 | 14-12 | 21-12 | 27-12 | 11-01 | 19-01 | 27-01 | 2-02 | 9-02 | 16-02 | 23-02 | 1-03 | 9-03 | 17-03 | 22-03 | 29-03 | 5-04 | 13-04 | 19-04 | 26-04 | 5-05 | 10-05 | 17-05 | 24-05 | 31-05 | 7-06 | 14-06 | 21-06 | 28-06 | 5-07 | 11-07 | 19-07 | 2-08 | 9-08 | 16-08 | 23-08 | 30-08 | 6-09 | 13-09 | 20-09 | 27-09 | 4-10 | 11-10 | 18-10 | 25-10 |  |  |
| 1                   | 4,96  | 4,93  | 4,92  | 4,86  | 4,91 | 4,89  | 4,88  | 4,92  | 4,95  | 4,78  | 4,68  | 4,76 | 4,66 | 4,64  | 4,63  | 4,68 | 4,68 |       | 4,70  | 4,30  | 4,34 | 4,33  | 4,31  | 4,50  | 4,49 | 4,38  | 4,40  | 4,41  |       |      |       |       |       |      |       |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |  |  |
| 2                   | 1,71  | 1,68  | 1,67  | 1,58  | 1,53 | 1,50  | 1,44  | 1,50  | 1,55  | 1,25  | 1,22  | 1,22 | 1,14 | 1,03  | 0,93  | 0,99 | 1,06 |       | 0,97  | 0,71  | 0,84 | 0,92  | 0,95  | 0,94  | 1,03 | 1,07  | 1,19  | 1,14  | 1,15  | 1,14 | 1,15  | 1,23  | 1,25  | 1,32 | 1,31  | 1,37  | 1,44 | 1,53 | 1,56  | 1,54  | 1,63  | 1,63 | 1,63  | 1,67  | 1,66  | 1,67 | 1,67  | 1,64  | 1,61  |  |  |
| 3                   | 2,29  | 2,28  | 2,30  | 2,26  | 2,26 | 2,25  | 2,20  | 2,18  | 2,16  | 2,02  | 1,99  | 2,00 | 1,96 | 1,92  | 1,87  | 1,88 | 1,85 |       | 1,79  | 1,68  | 1,70 | 1,75  | 1,78  | 1,78  | 1,77 | 1,84  | 1,84  | 1,86  | 1,87  | 1,82 | 1,95  | 1,94  | 2,02  | 2,09 | 2,08  | 2,13  | 2,18 | 2,17 | 2,21  | 2,19  | 2,23  | 2,28 | 2,28  | 2,37  | 2,37  | 2,37 | 2,36  | 2,39  | 2,41  |  |  |
| 4                   | 2,98  | 2,98  | 2,96  | 2,94  | 2,92 | 2,92  | 2,95  | 2,97  | 2,99  | 2,96  | 2,89  | 2,91 | 2,92 | 2,87  | 2,83  | 2,84 | 2,81 |       | 2,81  | 2,78  | 2,69 | 2,70  | 2,66  | 2,67  | 2,66 | 2,65  | 2,67  | 2,68  | 2,70  | 2,71 | 2,67  | 2,69  | 2,69  | 2,76 | 2,75  | 2,74  | 2,78 | 2,83 | 2,83  |       | 2,87  | 2,90 | 2,90  | 2,90  | 3,01  | 2,98 | 2,95  | 2,96  | 2,96  |  |  |
| 5                   | 2,61  | 2,60  | 2,62  | 2,58  | 2,59 | 2,56  | 2,50  | 2,52  | 2,53  | 2,35  | 2,35  | 2,35 | 2,33 | 2,29  | 2,30  | 2,35 | 2,40 |       | 2,27  | 2,14  | 2,09 | 2,20  | 2,06  | 2,13  | 2,14 | 2,12  | 2,12  | 2,17  | 2,13  | 1,95 | 2,02  | 1,93  | 1,85  | 1,87 | 1,85  | 1,86  | 1,97 | 2,02 | 2,14  |       | 2,19  | 2,22 | 2,28  | 2,32  | 2,32  | 2,33 | 2,34  | 2,33  | 2,31  |  |  |
| 6                   |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |       |       |       | 2,03 | 2,06  | 2,04  | 2,07  | 2,09 | 2,12  | 2,12  | 2,14  | 2,16  | 2,19 |       | 2,12  |       |      |       |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |  |  |
| 7                   | 2,53  | 2,51  | 2,54  | 2,50  | 2,48 | 2,48  | 2,45  | 2,52  | 2,59  | 2,11  | 2,36  | 2,35 | 2,30 | 2,24  | 2,22  | 2,24 | 2,28 |       | 2,25  | 2,15  | 2,19 | 2,25  | 2,23  | 2,22  | 2,20 | 2,22  | 2,25  | 2,20  | 2,23  | 2,24 | 2,18  | 2,16  | 2,14  | 2,15 | 2,11  | 2,12  | 2,14 | 2,16 | 2,20  |       | 2,30  | 2,37 | 2,37  | 2,35  | 2,35  | 2,38 | 2,41  | 2,39  | 2,37  |  |  |
| 8                   | 3,17  | 3,16  | 3,23  | 3,25  | 3,32 | 3,07  | 3,07  | 2,96  | 2,84  | 3,18  | 3,05  | 3,18 | 3,13 | 3,12  | 2,99  | 3,20 | 3,05 |       | 2,99  | 2,81  | 2,67 | 2,75  | 2,76  | 2,87  | 2,78 | 2,88  | 2,90  | 2,90  | 2,79  | 2,97 | 2,93  | 2,93  | 2,94  | 2,99 | 3,04  | 3,08  | 3,04 | 3,09 | 3,14  | 3,20  | 3,10  | 3,23 | 3,21  | 3,20  | 3,25  | 3,28 | 3,31  | 3,29  | 3,27  |  |  |
| 9                   | 2,94  | 2,90  | 2,90  | 2,93  | 3,02 | 2,75  | 2,79  | 2,86  | 2,92  | 2,84  | 2,71  | 2,88 | 2,70 | 2,67  | 2,58  | 2,65 | 2,60 |       | 2,60  | 2,24  | 2,19 | 2,27  | 2,25  | 2,42  | 2,39 | 2,45  | 2,52  | 2,56  | 2,45  | 2,64 | 2,57  | 2,54  | 2,59  | 2,63 | 2,69  | 2,68  | 2,72 | 2,79 | 2,74  | 2,87  | 2,81  | 2,87 | 2,80  | 2,84  | 2,95  | 3,00 | 3,05  | 3,01  | 2,96  |  |  |
| 10                  | 2,95  | 2,93  | 2,95  | 3,04  | 3,01 | 2,89  | 2,93  | 3,15  | 3,36  | 2,89  | 2,72  | 2,88 | 2,77 | 2,69  | 2,59  | 2,70 | 2,64 |       | 2,69  | 2,33  | 2,19 | 2,46  | 2,29  | 2,44  | 2,39 | 2,51  | 2,61  | 2,56  | 2,52  | 2,66 | 2,67  | 2,60  | 2,67  | 2,69 | 2,71  | 2,75  | 2,81 | 2,83 | 2,82  | 2,86  | 2,92  | 2,92 | 2,94  | 2,95  | 2,97  | 3,03 | 3,08  | 3,08  | 3,07  |  |  |
| 11                  | 3,03  | 3,01  | 2,98  | 3,05  | 2,99 | 2,95  | 2,95  | 2,94  | 2,93  | 2,81  | 2,79  | 2,85 | 2,86 | 2,78  | 2,73  | 2,79 | 2,79 |       | 2,84  | 2,65  | 2,69 | 2,76  | 2,79  | 2,81  | 2,85 | 2,85  | 2,82  | 2,86  | 2,86  | 2,85 | 2,78  | 2,80  | 2,78  | 2,83 | 2,85  | 2,81  | 2,82 | 2,86 | 2,84  | 2,84  | 2,90  | 2,89 | 2,92  | 2,89  | 2,95  | 2,96 | 2,97  | 2,96  | 2,95  |  |  |
| 12                  | 2,37  | 2,37  | 2,49  | 2,36  | 2,38 | 2,36  | 2,33  | 2,33  | 2,32  | 2,14  | 2,11  | 2,08 | 2,13 | 2,06  | 2,05  | 2,18 | 2,08 |       | 2,09  | 1,94  | 1,99 | 2,02  | 2,04  | 2,08  | 2,06 | 2,07  | 2,10  | 2,17  | 2,21  | 2,14 | 2,03  | 2,04  | 2,08  | 2,10 | 2,04  | 2,10  | 2,11 | 2,15 | 2,15  | 2,16  | 2,23  | 2,21 | 2,25  | 2,23  | 2,29  | 2,28 | 2,27  | 2,27  | 2,27  |  |  |
| 13                  | 1,75  | 1,73  | 1,74  | 1,73  | 1,76 | 1,73  | 1,51  | 1,51  | 1,51  | 1,33  | 1,41  | 1,56 | 1,45 | 1,32  | 1,39  | 1,58 | 1,47 |       | 1,50  | 1,34  | 1,41 | 1,47  | 1,48  | 1,53  | 1,54 | 1,53  | 1,57  | 1,59  | 1,63  | 1,60 | 1,55  | 1,57  | 1,59  | 1,61 | 1,58  | 1,65  | 1,64 | 1,65 | 1,69  | 1,71  | 1,73  | 1,74 | 1,76  | 1,80  | 1,83  | 1,82 | 1,81  | 1,78  | 1,75  |  |  |
| 14                  | 1,70  | 1,62  | 1,61  | 1,62  | 1,64 | 1,59  | 1,60  | 1,62  | 1,66  | 1,57  | 1,58  | 1,58 | 1,58 | 1,58  | 1,55  | 1,58 | 1,58 |       | 1,64  | 1,56  | 1,53 | 1,55  | 1,51  | 1,49  | 1,51 | 1,50  | 1,53  | 1,50  | 1,51  | 1,45 | 1,61  | 1,54  | 1,58  | 1,63 | 1,65  | 1,68  | 1,75 | 1,78 | 1,81  | 1,80  | 1,81  | 1,85 | 1,90  |       | 1,91  | 1,92 | 1,93  | 1,93  | 1,92  |  |  |
| 15                  | 1,86  | 1,78  | 1,77  | 1,78  | 1,80 | 1,75  | 1,76  | 1,78  | 1,82  | 1,73  | 1,74  | 1,74 | 1,74 | 1,74  | 1,71  | 1,74 | 1,74 |       | 1,80  | 1,72  | 1,69 | 1,71  | 1,67  | 1,65  | 1,67 | 1,66  | 1,65  | 1,66  | 1,69  | 1,60 | 1,70  | 1,70  | 1,71  | 1,80 | 1,83  | 1,83  | 1,90 | 1,90 | 1,90  | 1,95  | 2,05  | 2,00 | 2,02  |       | 2,05  | 2,08 | 2,10  | 2,07  | 2,04  |  |  |
| 16                  | 1,50  | 1,42  | 1,41  | 1,42  | 1,44 | 1,39  | 1,40  | 1,42  | 1,46  | 1,37  | 1,38  | 1,38 | 1,38 | 1,38  | 1,35  | 1,38 | 1,38 |       | 1,44  | 1,36  | 1,33 | 1,35  | 1,31  | 1,29  | 1,31 | 1,30  | 1,29  | 1,33  | 1,36  | 1,33 | 1,36  | 1,41  | 1,40  | 1,52 | 1,48  | 1,53  | 1,65 | 1,59 | 1,62  | 1,65  | 1,72  | 1,73 | 1,71  |       | 1,84  | 1,82 | 1,79  | 1,76  | 1,72  |  |  |
| 17                  | 4,43  | 4,41  | 4,43  | 4,52  | 4,49 | 4,37  | 4,41  | 4,63  | 4,84  | 4,37  | 4,20  | 4,36 | 4,25 | 4,17  | 4,07  | 4,18 | 4,12 |       | 4,05  | 4,09  | 3,92 | 3,93  | 3,76  | 3,93  | 3,82 | 3,94  | 3,94  | 3,98  | 3,87  | 4,06 | 4,03  | 3,98  | 3,92  | 4,01 | 4,06  | 4,05  | 4,11 | 4,08 | 4,09  | 4,21  | 4,18  | 4,23 | 4,28  | 4,26  | 4,28  | 4,32 | 4,36  | 4,32  | 4,28  |  |  |
| 18                  | 2,36  | 2,34  | 2,36  | 2,45  | 2,42 | 2,30  | 2,34  | 2,56  | 2,77  | 2,30  | 2,13  | 2,29 | 2,18 | 2,10  | 2,00  | 2,11 | 2,04 |       | 2,05  | 1,93  | 1,89 | 2,08  | 2,02  | 2,05  | 2,07 | 2,12  | 2,12  | 2,10  | 2,03  | 2,17 | 2,05  | 2,06  | 2,10  | 2,12 | 2,14  | 2,15  | 2,16 | 2,16 | 2,21  | 2,22  | 2,25  | 2,32 | 2,27  | 2,25  | 2,32  | 2,31 | 2,24  | 2,17  |       |  |  |
| 19                  | 5,68  | 5,64  | 5,63  | 5,59  | 5,58 | 5,47  | 5,14  | 4,97  | 4,83  | 4,63  | 4,59  | 4,58 | 4,51 | 4,56  | 4,50  | 4,56 | 4,52 |       | 4,55  | 4,56  | 4,46 | 4,62  | 4,47  | 4,48  | 4,47 | 4,43  | 4,42  | 4,41  | 4,36  | 4,50 | 4,39  | 4,41  | 4,39  | 4,53 | 4,46  | 4,48  | 4,51 | 4,52 | 4,53  | 4,53  | 4,57  | 4,57 | 4,62  |       |       |      |       |       |       |  |  |

| rok                 | 2003  |       |       |       |       |       |       |       | 2004  |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |  |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--|
| DATA<br>/ nr<br>pkt | 10-11 | 16-11 | 21-11 | 28-11 | 7-12  | 14-12 | 21-12 | 27-12 | 11-01 | 19-01 | 27-01 | 2-02 | 9-02  | 16-02 | 23-02 | 1-03 | 9-03  | 17-03 | 22-03 | 29-03 | 5-04 | 13-04 | 19-04 | 26-04 | 5-05 | 10-05 | 17-05 | 24-05 | 31-05 | 7-06  | 14-06 | 21-06 | 28-06 | 5-07 | 11-07 | 19-07 | 2-08  | 9-08 | 16-08 | 23-08 | 30-08 | 6-09 | 13-09 | 20-09 | 27-09 | 4-10 | 11-10 | 18-10 | 25-10 |  |
| 61                  | 4,28  | 4,25  | 4,36  | 4,48  | 4,52  | 4,52  | 4,58  | 4,68  | 4,90  | 4,73  | 4,79  | 4,82 | 4,79  | 4,78  | 4,82  | 4,83 | 4,81  |       | 4,42  | 4,25  | 4,26 | 3,48  | 3,48  | 3,40  | 3,38 | 3,34  | 3,35  | 3,32  | 3,19  | 3,32  | 3,22  | 3,26  | 3,30  | 3,30 | 3,29  | 3,32  | 3,30  | 3,34 | 3,31  | 3,31  | 3,35  | 3,39 | 3,37  | 3,31  | 3,36  | 3,38 | 3,39  | 3,38  | 3,36  |  |
| 62                  | 4,35  | 4,30  | 4,46  | 4,54  | 4,54  | 4,55  | 4,63  | 4,74  | 4,87  | 4,85  | 4,95  | 4,86 | 4,83  | 4,85  | 4,86  | 4,87 | 4,86  |       | 4,34  | 4,18  | 4,33 | 3,50  | 3,32  | 3,30  | 3,22 | 3,26  | 3,24  | 3,22  | 3,10  | 3,20  | 3,19  | 3,14  | 3,22  | 2,95 | 3,11  | 2,94  | 3,22  | 2,94 | 2,98  | 3,24  | 3,23  | 3,22 | 3,22  | 3,21  | 3,29  | 3,29 | 3,29  | 3,26  | 3,23  |  |
| 63                  | 3,41  | 3,41  | 3,40  | 3,36  | 3,38  | 3,36  | 3,35  | 3,37  | 3,38  | 3,30  | 3,29  | 3,28 | 3,24  | 3,17  | 3,18  | 3,10 | 3,13  |       | 2,93  | 2,86  | 2,72 | 2,74  | 2,64  | 2,69  | 2,68 | 2,71  | 2,69  | 2,75  | 2,70  | 2,90  | 2,90  | 2,97  | 3,03  | 3,15 | 3,25  | 3,41  | 3,44  | 3,47 | 3,49  | 3,51  | 3,57  | 3,57 | 3,80  |       | 3,63  | 3,58 | 3,52  | 3,45  | 3,38  |  |
| 64                  | 2,69  | 2,71  | 2,71  | 2,72  | 2,75  | 2,86  | 2,75  | 2,75  | 2,76  | 2,69  | 2,80  | 2,75 | 2,67  | 2,65  | 2,64  | 2,67 | 2,74  |       | 2,81  | 2,72  | 2,63 | 2,73  | 2,69  | 2,73  | 2,64 | 2,77  | 2,70  | 2,72  | 2,66  | 2,83  | 2,80  | 2,88  | 2,93  | 3,03 | 3,08  | 3,20  | 3,22  | 3,27 | 3,33  | 3,34  | 3,43  | 3,44 | 3,60  |       | 3,56  | 3,56 | 3,56  | 3,54  | 3,51  |  |
| 65                  | 3,18  | 3,16  | 3,13  | 3,11  | 3,08  | 2,99  | 2,64  | 2,49  | 2,33  | 2,15  | 2,09  | 2,10 | 2,01  | 2,08  | 2,00  | 2,08 | 2,02  |       | 2,05  | 1,88  | 1,91 | 1,94  | 1,97  | 2,03  | 2,10 | 2,10  | 2,16  | 2,27  | 2,21  | 2,40  | 2,38  | 2,51  | 2,54  | 2,69 | 2,67  | 2,77  | 2,87  | 2,88 | 2,92  | 2,93  | 2,99  | 3,02 | 3,15  |       | 3,10  | 3,12 | 3,13  | 3,14  | 3,15  |  |
| 66                  | 4,65  | 4,57  | 4,54  | 4,52  | 4,51  | 4,43  | 4,45  | 4,47  | 4,49  | 4,42  | 4,40  | 4,41 | 4,50  | 4,40  | 4,38  | 4,47 | 4,41  |       | 4,40  | 4,41  | 4,37 | 4,34  | 4,30  | 4,31  | 4,28 | 4,35  | 4,32  | 4,35  | 4,34  | 4,18  | 4,24  | 4,25  | 4,24  | 4,28 | 4,27  | 4,35  | 4,29  | 4,36 | 4,30  | 4,30  | 4,32  | 4,35 | 4,39  | 4,39  | 4,34  | 4,35 | 4,36  | 4,36  | 4,35  |  |
| 67                  | 4,66  | 4,58  | 4,57  | 4,58  | 4,60  | 4,55  | 4,56  | 4,58  | 4,62  | 4,53  | 4,54  | 4,54 | 4,54  | 4,54  | 4,51  | 4,54 | 4,54  |       | 4,60  | 4,52  | 4,49 | 4,51  | 4,47  | 4,45  | 4,47 | 4,46  | 4,45  | 4,50  | 4,45  | 4,40  | 4,44  | 4,40  | 4,41  | 4,46 | 4,42  | 4,47  | 4,50  | 4,48 | 4,48  | 4,49  | 4,48  | 4,49 | 4,51  | 4,52  | 4,53  | 4,54 | 4,54  | 4,54  | 4,53  |  |
| 68                  | 4,66  | 4,58  | 4,58  | 4,60  | 4,60  | 4,55  | 4,59  | 4,61  | 4,62  | 4,55  | 4,52  | 4,50 | 4,51  | 4,51  | 4,26  | 4,37 | 4,17  |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |  |
| 69                  | 4,90  | 4,90  | 4,86  | 4,86  | 4,82  | 4,83  | 4,79  | 4,69  | 4,66  | 4,62  | 4,30  | 4,28 | 4,38  | 4,32  | 4,24  | 4,22 | 4,31  |       | 4,18  | 4,16  | 4,13 | 4,13  | 4,12  | 4,10  | 4,06 | 4,12  | 4,10  | 4,15  | 4,14  | 4,01  | 4,05  | 4,02  | 4,06  | 4,10 | 4,11  | 4,11  | 4,12  | 4,18 | 4,15  | 4,19  | 4,20  | 4,20 | 4,24  | 4,25  | 4,29  | 4,32 | 4,34  | 4,38  | 4,42  |  |
| 70                  | 3,97  | 3,95  | 3,92  | 3,89  | 3,90  | 3,92  | 3,92  | 3,94  | 3,96  | 3,96  | 3,97  | 4,09 | 3,94  | 3,98  | 3,97  | 4,00 | 4,09  |       | 3,97  | 3,95  | 3,94 | 3,95  | 3,96  | 3,93  | 3,91 | 3,95  | 3,91  | 3,89  | 3,91  | 3,82  | 3,86  | 3,85  | 3,89  | 3,89 | 3,89  | 3,94  | 3,89  | 3,90 | 3,90  | 3,89  | 3,88  | 3,92 | 3,92  | 3,96  |       |      |       |       |       |  |
| 71                  | 2,56  | 2,52  | 2,48  | 2,48  | 2,49  | 2,45  | 2,35  | 2,32  | 2,28  | 1,96  | 1,94  | 2,04 | 1,98  | 1,90  | 1,88  | 1,97 | 1,97  |       | 1,95  | 1,82  | 1,80 | 1,88  | 1,92  | 2,02  | 1,98 | 2,01  | 2,07  | 2,09  | 2,08  | 2,00  | 2,05  | 2,07  | 2,05  | 2,13 | 2,17  | 2,18  | 2,22  | 2,25 | 2,27  | 2,27  | 2,33  | 2,36 | 2,35  | 2,42  | 2,45  | 2,46 | 2,47  | 2,47  | 2,46  |  |
| 72                  | 4,14  | 4,13  | 4,10  | 4,01  | 4,02  | 4,01  | 4,00  | 4,00  | 4,01  | 4,07  | 4,10  | 4,04 | 4,04  | 4,02  | 4,00  | 4,02 | 4,04  |       | 4,01  | 4,04  | 3,98 | 3,84  | 3,73  | 3,80  | 3,78 | 3,74  | 3,75  | 3,74  | 3,76  | 3,68  | 3,72  | 3,70  | 3,76  | 3,79 | 3,82  | 3,78  | 3,76  | 3,83 | 3,78  | 3,80  | 3,80  | 3,79 | 3,82  | 3,84  | 3,98  | 3,96 | 3,93  | 3,93  | 3,92  |  |
| 73                  | 5,10  | 5,07  | 5,03  | 5,01  | 4,99  | 4,94  | 4,90  | 4,95  | 4,99  | 4,80  | 4,89  | 4,95 | 4,93  | 4,89  | 4,91  | 4,98 | 5,00  |       | 4,87  | 4,87  | 4,84 | 4,78  | 4,76  | 4,74  | 4,78 | 4,77  | 4,78  | 4,75  | 4,74  | 4,68  | 4,79  | 4,70  | 4,73  | 4,85 | 4,84  | 4,87  | 4,89  | 4,98 | 4,94  | 5,05  | 5,06  | 5,08 | 5,08  | 5,18  | 5,19  | 5,20 | 5,21  | 5,28  | 5,34  |  |
| 74                  | 1,22  | 1,21  | 1,25  | 1,23  | 1,21  | 1,16  | 1,12  | 1,17  | 1,21  | 1,02  | 1,11  | 1,17 | 1,15  | 1,11  | 1,13  | 1,20 | 1,19  |       | 1,19  | 1,09  | 1,08 | 1,11  | 1,11  | 1,11  | 1,11 | 1,10  | 1,16  | 1,13  | 1,14  | 1,03  | 1,08  | 1,06  | 1,09  | 1,12 | 1,10  | 1,20  | 1,17  | 1,27 | 1,42  | 1,42  | 1,22  | 1,22 | 1,25  | 1,27  | 1,25  | 1,24 | 1,22  | 1,22  | 1,21  |  |
| 75                  | 1,83  | 1,82  | 1,79  | 1,77  | 1,73  | 1,76  | 1,70  | 1,78  | 1,86  | 1,51  | 1,53  | 1,56 | 1,61  | 1,48  | 1,47  | 1,52 | 1,58  |       | 1,65  | 1,48  | 1,45 | 1,53  | 1,64  | 1,60  | 1,68 | 1,70  | 1,68  | 1,70  | 1,69  | 1,58  | 1,65  | 1,65  | 1,68  | 1,72 | 1,67  | 1,77  | 1,75  | 1,83 | 1,82  | 1,82  | 1,87  | 1,93 | 1,91  | 1,90  | 1,87  | 1,89 | 1,90  | 1,87  | 1,83  |  |
| 76                  | 2,10  | 2,08  | 2,05  | 2,01  | 1,98  | 2,00  | 2,00  | 1,92  | 1,89  | 1,68  | 1,70  | 1,67 | 1,71  | 1,64  | 1,65  | 1,68 | 1,68  |       | 1,66  | 1,47  | 1,47 | 1,53  | 1,54  | 1,53  | 1,56 | 1,57  | 1,58  | 1,60  | 1,61  | 1,54  | 1,56  | 1,59  | 1,64  | 1,68 | 1,67  | 1,67  | 1,72  | 1,77 | 1,76  | 1,74  | 1,82  | 1,79 | 1,79  | 1,83  | 1,79  | 1,79 | 1,78  | 1,76  | 1,73  |  |
| 77                  | 3,33  | 3,31  | 3,31  | 3,36  | 3,37  | 3,30  | 3,27  | 3,34  | 3,41  | 3,21  | 3,13  | 3,08 | 3,18  | 3,02  | 2,87  | 2,87 | 2,97  |       | 2,80  | 2,55  | 2,62 | 2,62  | 2,55  | 2,64  | 2,58 | 2,68  | 2,70  | 2,72  | 2,74  | 2,63  | 2,70  | 2,71  | 2,76  | 2,79 | 2,79  | 2,87  | 2,92  | 2,94 | 2,98  | 2,97  | 3,07  | 3,06 | 3,09  | 3,11  | 3,14  | 3,17 | 3,20  | 3,22  | 3,23  |  |
| 78                  | 2,61  | 2,59  | 2,56  | 2,52  | 2,49  | 2,51  | 2,51  | 2,46  | 2,41  | 2,28  | 2,21  | 2,20 | 2,15  | 2,09  | 2,05  | 2,05 | 2,07  |       | 2,04  | 1,91  | 1,89 | 1,99  | 2,00  | 1,99  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |  |
| 79                  | 1,12  | 1,10  | 1,10  | 1,10  | 1,13  | 1,08  | 1,07  | 1,07  | 1,11  | 1,01  | 0,99  | 1,01 | 0,98  | 0,95  | 0,92  | 0,95 | 0,94  | 0,95  | 0,92  | 0,83  | 0,81 | 0,85  | 0,84  | 0,89  | 0,85 | 0,91  | 0,95  | 0,97  | 1,00  | 1,03  | 1,03  | 1,02  | 1,02  | 1,02 | 1,01  | 1,04  | 1,07  | 1,10 | 1,11  | 1,13  | 1,14  | 1,16 | 1,17  | 1,18  | 1,19  | 1,19 | 1,20  | 1,15  | 1,15  |  |
| DATA                | 22-11 | 28-11 | 5-12  | 12-12 | 19-12 | 27-12 | 2-01  | 9-01  | 16-01 | 23-01 | 30-01 | 6-02 | 13-02 | 20-02 | 27-02 | 5-03 | 12-03 | 19-03 | 26-03 | 2-04  | 9-04 | 16-04 | 23-04 | 30-04 | 7-05 | 14-05 | 21-05 | 28-05 | 4-06  | 11-06 | 18-06 | 25-06 | 2-07  | 9-07 | 16-07 | 23-07 | 30-07 | 6-08 | 13-08 | 20-08 | 27-08 | 3-09 | 10-09 | 17-09 | 24-09 | 1-10 | 8-10  | 15-10 | 22-10 |  |
| 80                  | 1,84  | 1,85  | 1,87  | 1,85  | 1,83  | 1,83  | 1,84  | 1,84  | 1,85  | 1,85  | 1,86  | 1,85 | 1,86  | 1,86  | 1,82  | 1,87 | 1,86  | 1,85  | 1,78  | 1,77  | 1,8  | 1,84  | 1,88  | 1,88  | 1,87 | 1,87  | 1,89  | 1,92  | 1,94  | 1,94  | 1,95  | 1,99  | 2,02  | 2,04 | 2,04  | 2,04  | 2,04  | 2,06 | 2,06  | 2,08  | 2,08  | 2,1  | 2,13  | 2,13  | 2,15  | 2,17 |       |       |       |  |

Załącznik 9. Wyniki obserwacji terenowych położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych w roku hydrologicznym 2005  
głębokość do zwierciadła w [m]

| rok             | 2004 |      |       |       |       |      |       |       |       |      | 2005  |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |       |
|-----------------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| DATA/<br>nr pkt | 1-11 | 8-11 | 15-11 | 21-11 | 28-11 | 5-12 | 12-12 | 19-12 | 26-12 | 5-01 | 11-01 | 16-01 | 23-01 | 30-01 | 6-02 | 13-02 | 20-02 | 27-02 | 6-03 | 13-03 | 20-03 | 27-03 | 3-04 | 10-04 | 17-04 | 24-04 | 2-05 | 9-05 | 16-05 | 23-05 | 30-05 | 6-06 | 13-06 | 20-06 | 27-06 | 4-07 | 11-07 | 18-07 | 25-07 | 1-08 | 8-08 | 15-08 | 22-08 | 29-08 | 5-09 | 12-09 | 19-09 | 26-09 | 3-10 | 10-10 | 17-10 | 24-10 | 31-10 |
| 2               | 1,60 | 1,58 | 1,46  | 1,34  | 1,31  | 1,27 | 1,30  | 1,32  | 1,32  | 1,32 | 1,26  | 1,20  | 1,17  | 1,14  | 1,11 | 1,08  | 1,03  | 0,97  |      | 0,89  | 0,74  | 0,81  | 0,87 | 0,84  | 0,81  | 0,94  | 1,07 | 0,97 | 0,87  | 0,85  | 0,82  | 0,90 | 0,97  | 1,09  | 1,20  | 1,20 | 1,20  | 1,23  | 1,35  | 1,35 | 1,34 | 1,40  | 1,45  | 1,48  | 1,50 | 1,52  | 1,54  | 1,57  | 1,59 | 1,60  | 1,60  | 1,62  | 1,63  |
| 3               | 2,39 | 2,37 | 2,28  | 2,19  | 2,11  | 2,03 | 2,08  | 2,12  | 2,04  | 1,96 | 1,96  | 1,95  | 1,93  | 1,90  | 1,86 | 1,81  | 1,81  | 1,81  |      | 1,77  | 1,71  | 1,73  | 1,74 | 1,73  | 1,71  | 1,74  | 1,76 | 1,76 | 1,76  | 1,75  | 1,73  | 1,80 | 1,86  | 1,88  | 1,90  | 1,91 | 1,91  | 1,93  | 2,04  | 2,03 | 2,01 | 2,05  | 2,09  | 2,12  | 2,14 | 2,17  | 2,19  | 2,82  | 3,45 | 3,28  | 3,10  | 2,67  | 2,24  |
| 4               | 2,95 | 2,94 | 2,96  | 2,97  | 2,97  | 2,97 | 2,99  | 3,00  | 2,99  | 2,97 | 2,96  | 2,94  | 2,95  | 2,95  | 2,94 | 2,92  | 2,90  |       |      | 2,87  | 2,87  | 2,81  | 2,75 | 2,75  | 2,74  | 2,73  | 2,71 | 2,69 | 2,66  | 2,65  | 2,64  | 2,64 | 2,63  | 2,65  | 2,67  | 2,70 | 2,72  | 2,74  | 2,73  | 2,74 | 2,75 | 2,75  | 2,77  | 2,79  | 2,81 | 2,83  | 2,85  | 2,87  | 2,88 | 2,89  | 2,90  | 2,90  |       |
| 5               | 2,30 | 2,29 | 2,27  | 2,25  | 2,24  | 2,23 | 2,24  | 2,24  | 2,27  | 2,30 | 2,27  | 2,23  | 2,21  | 2,18  | 2,19 | 2,20  | 2,22  | 2,23  |      | 2,19  | 2,16  | 2,18  | 2,19 | 2,16  | 2,13  | 2,16  | 2,18 | 2,20 | 2,22  | 2,25  | 2,28  | 2,28 | 2,28  | 2,32  | 2,35  | 2,37 | 2,38  | 2,41  | 2,41  | 2,42 | 2,42 | 2,45  | 2,47  | 2,50  | 2,52 | 2,53  | 2,53  | 2,55  | 2,57 | 2,59  | 2,60  | 2,62  | 2,63  |
| 7               | 2,41 | 2,45 | 2,43  | 2,40  | 2,42  | 2,43 | 2,39  | 2,34  | 2,38  | 2,42 | 2,37  | 2,31  | 2,31  | 2,31  | 2,31 | 2,30  | 2,26  | 2,22  |      | 2,20  | 2,19  | 2,18  | 2,17 | 2,16  | 2,14  | 2,18  | 2,22 | 2,25 | 2,27  | 2,25  | 2,22  | 2,22 | 2,22  | 2,25  | 2,28  | 2,30 | 2,32  | 2,35  | 2,34  | 2,34 | 2,33 | 2,35  | 2,36  | 2,38  | 2,39 | 2,41  | 2,43  | 2,44  | 2,45 | 2,47  | 2,48  | 2,49  | 2,50  |
| 8               | 3,25 | 3,22 | 3,23  | 3,24  | 3,21  | 3,17 | 3,13  | 3,08  | 3,10  | 3,12 | 3,17  | 3,22  | 3,20  | 3,18  | 3,08 | 2,98  | 2,99  | 2,99  |      | 2,97  | 2,91  | 2,80  | 2,69 | 2,63  | 2,57  | 2,60  | 2,62 | 2,62 | 2,62  | 2,57  | 2,52  | 2,46 | 2,40  | 2,49  | 2,57  | 2,57 | 2,57  | 2,59  | 2,57  | 2,56 | 2,55 | 2,58  | 2,60  | 2,64  | 2,67 | 2,73  | 2,78  | 2,80  | 2,82 | 2,87  | 2,92  | 2,95  | 2,97  |
| 9               | 2,97 | 2,97 | 2,98  | 2,99  | 2,94  | 2,88 | 2,83  | 2,77  | 2,82  | 2,87 | 2,90  | 2,92  | 2,88  | 2,83  | 2,72 | 2,60  | 2,66  | 2,72  |      | 2,61  | 2,37  | 2,34  | 2,30 | 2,21  | 2,12  | 2,20  | 2,27 | 2,22 | 2,17  | 2,12  | 2,07  | 2,05 | 2,02  | 2,14  | 2,25  | 2,29 | 2,32  | 2,35  | 2,26  | 2,26 | 2,26 | 2,27  | 2,28  | 2,32  | 2,35 | 2,42  | 2,48  | 2,51  | 2,54 | 2,58  | 2,62  | 2,64  | 2,66  |
| 10              | 3,06 | 3,04 | 3,01  | 2,98  | 2,94  | 2,90 | 2,89  | 2,87  | 2,90  | 2,92 | 2,96  | 3,00  | 2,92  | 2,83  | 2,76 | 2,68  | 2,71  | 2,74  |      | 2,47  | 2,36  | 2,36  | 2,36 | 2,29  | 2,22  | 2,26  | 2,30 | 2,30 | 2,30  | 2,20  | 2,10  | 2,09 | 2,07  | 2,15  | 2,22  | 2,29 | 2,35  | 2,37  | 1,92  | 1,92 | 1,91 | 1,94  | 1,96  | 2,00  | 2,04 | 2,09  | 2,13  | 2,16  | 2,18 | 2,23  | 2,27  | 2,30  | 2,33  |
| 11              | 2,95 | 2,94 | 3,00  | 3,06  | 2,99  | 2,92 | 2,90  | 2,88  | 2,87  | 2,86 | 2,92  | 2,97  | 2,91  | 2,84  | 2,77 | 2,70  | 2,70  | 2,69  |      | 2,68  | 2,66  | 2,66  | 2,65 | 2,67  | 2,69  | 2,69  | 2,69 | 2,71 | 2,73  | 2,71  | 2,68  | 2,68 | 2,67  | 2,71  | 2,74  | 2,74 | 2,74  | 2,77  | 2,73  | 2,73 | 2,73 | 2,74  | 2,74  | 2,76  | 2,77 | 2,79  | 2,80  | 2,82  | 2,84 | 2,85  | 2,85  | 2,88  | 2,90  |
| 12              | 2,26 | 2,25 | 2,15  | 2,05  | 2,09  | 2,12 | 2,12  | 2,11  | 2,13  | 2,14 | 2,11  | 2,08  | 2,06  | 2,04  | 2,00 | 1,96  | 2,01  | 2,05  |      | 1,96  | 1,82  | 1,92  | 2,01 | 2,01  | 2,01  | 2,09  | 2,17 | 2,12 | 2,06  | 1,99  | 1,92  | 1,95 | 1,97  | 2,00  | 2,02  | 2,00 | 1,97  | 1,99  | 2,02  | 1,99 | 1,96 | 1,99  | 2,02  | 2,04  | 2,05 | 2,05  | 2,05  | 2,08  | 2,10 | 2,12  | 2,13  | 2,15  | 2,16  |
| 13              | 1,78 | 1,80 | 1,69  | 1,58  | 1,58  | 1,58 | 1,60  | 1,62  | 1,63  | 1,64 | 1,61  | 1,57  | 1,56  | 1,55  | 1,56 | 1,57  | 1,48  | 1,39  |      | 1,42  | 1,40  | 1,45  | 1,50 | 1,54  | 1,57  | 1,55  | 1,52 | 1,50 | 1,47  | 1,46  | 1,45  | 1,44 | 1,43  | 1,46  | 1,48  | 1,48 | 1,47  | 1,50  | 1,49  | 1,46 | 1,43 | 1,46  | 1,49  | 1,52  | 1,55 | 1,56  | 1,57  | 1,61  | 1,65 | 1,69  | 1,73  | 1,76  | 1,78  |
| 14              | 1,93 | 1,94 | 1,89  | 1,83  | 1,78  | 1,73 | 1,73  | 1,72  | 1,72  | 1,71 | 1,72  | 1,72  | 1,70  | 1,67  | 1,64 | 1,60  | 1,61  | 1,61  |      | 1,47  | 1,27  | 1,32  | 1,36 | 1,32  | 1,27  | 1,35  | 1,42 | 1,37 | 1,32  | 1,25  | 1,17  | 1,15 | 1,12  | 1,14  | 1,15  | 1,18 | 1,20  | 1,22  | 1,33  | 1,33 | 1,32 | 1,37  | 1,41  | 1,44  | 1,47 | 1,48  | 1,49  | 1,54  | 1,59 | 1,62  | 1,64  | 1,66  | 1,67  |
| 15              | 2,05 | 2,07 | 2,02  | 1,97  | 1,93  | 1,89 | 1,89  | 1,88  | 1,88  | 1,87 | 1,87  | 1,86  | 1,85  | 1,83  | 1,79 | 1,74  | 1,74  | 1,74  |      | 1,49  | 1,45  | 1,47  | 1,48 | 1,44  | 1,40  | 1,48  | 1,56 | 1,51 | 1,45  | 1,37  | 1,28  | 1,29 | 1,29  | 1,29  | 1,29  | 1,31 | 1,32  | 1,35  | 1,47  | 1,48 | 1,48 | 1,53  | 1,57  | 1,60  | 1,62 | 1,64  | 1,65  | 1,70  | 1,74 | 1,77  | 1,79  | 1,81  | 1,83  |
| 16              | 1,74 | 1,75 | 1,70  | 1,64  | 1,61  | 1,57 | 1,58  | 1,58  | 1,58  | 1,57 | 1,56  | 1,55  | 1,55  | 1,54  | 1,49 | 1,43  | 1,43  | 1,43  |      | 1,17  | 1,12  | 1,15  | 1,18 | 1,13  | 1,07  | 1,15  | 1,23 | 1,19 | 1,15  | 1,04  | 0,92  | 1,44 | 1,96  | 1,47  | 0,98  | 0,99 | 1,00  | 1,02  | 1,16  | 1,16 | 1,15 | 1,20  | 1,25  | 1,27  | 1,29 | 1,31  | 1,33  | 1,38  | 1,42 | 1,42  | 1,42  | 1,47  | 1,51  |
| 17              | 4,36 | 4,43 | 4,45  | 4,47  | 4,44  | 4,41 | 4,37  | 4,33  | 4,35  | 4,36 | 4,40  | 4,43  | 4,41  | 4,38  | 4,32 | 4,26  | 4,35  |       |      |       |       |       |      |       |       | 3,83  | 3,88 | 3,91 | 3,93  | 3,95  | 3,97  | 3,87 | 3,77  | 3,75  | 3,73  | 3,76 | 3,78  | 3,81  | 3,78  | 3,80 | 3,81 | 3,84  | 3,86  | 3,90  | 3,94 | 3,98  | 4,01  | 4,04  | 4,06 | 4,08  | 4,10  | 4,12  | 4,13  |
| 18              | 2,21 |      | 2,02  | 1,96  | 1,94  | 1,92 | 1,97  | 2,01  | 2,07  | 2,12 | 2,14  | 2,15  | 2,13  | 2,10  | 2,14 | 2,17  | 2,07  | 1,97  |      | 1,98  | 1,92  | 1,94  | 1,96 | 1,97  | 1,98  | 2,04  | 2,10 | 2,14 | 2,17  | 2,02  | 1,87  | 1,90 | 1,93  | 1,93  | 1,92  | 1,92 | 1,92  | 1,94  | 1,95  | 1,95 | 1,94 | 1,96  | 1,98  | 2,01  | 2,04 | 2,06  | 2,08  | 2,10  | 2,11 | 2,15  | 2,19  | 2,22  | 2,24  |
| 19              | 4,64 |      | 4,57  | 4,63  | 4,63  | 4,62 | 4,60  | 4,58  | 4,64  | 4,69 | 4,66  | 4,62  | 4,61  | 4,60  | 4,61 | 4,62  | 4,65  | 4,68  |      | 4,59  | 4,55  |       |      |       | 4,55  | 4,50  | 4,44 | 4,46 | 4,47  | 4,45  | 4,42  | 4,40 | 4,38  | 4,40  | 4,41  | 4,37 | 4,32  | 4,35  | 4,30  | 4,29 | 4,2  |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |       |



[illegible]