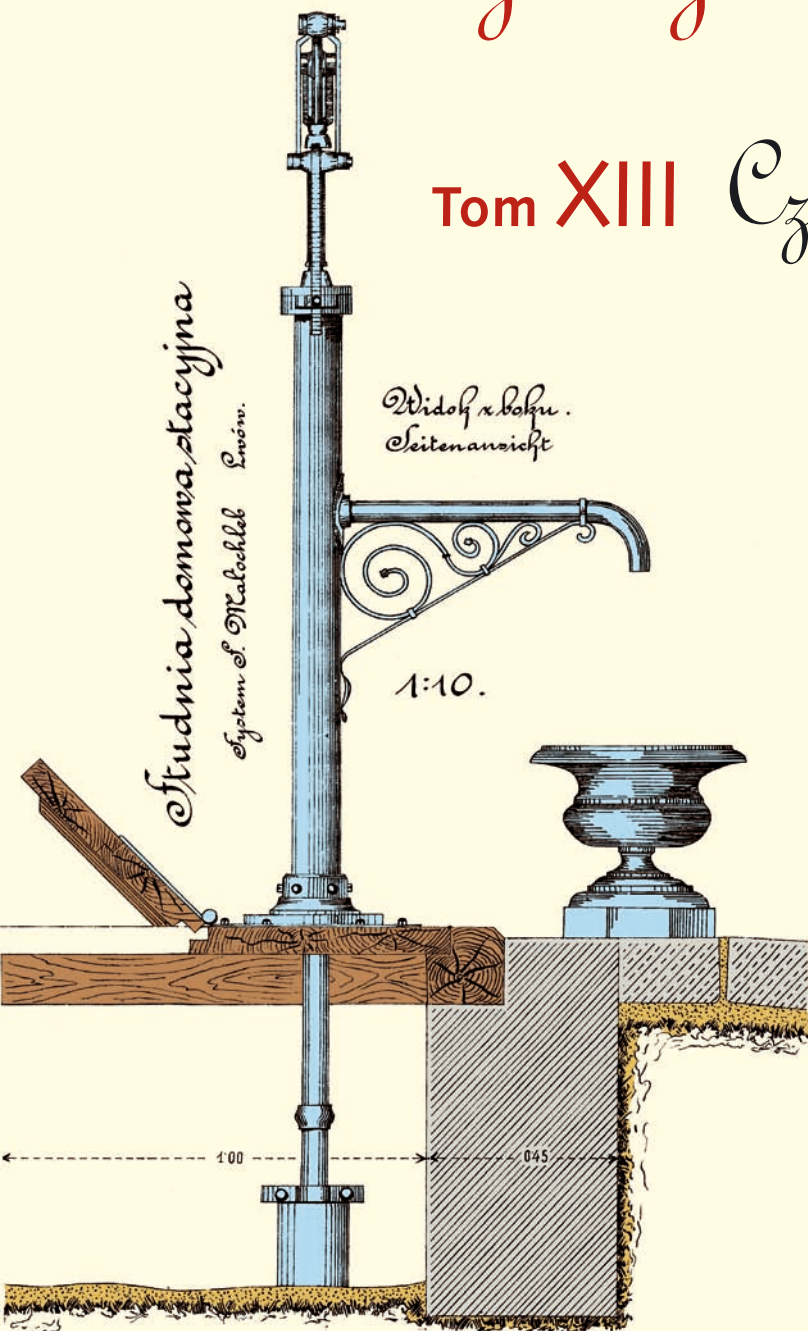


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 2.





Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska
Wojciech Ciężkowski
Józef Górski
Andrzej Kowalczyk
Ewa Krogulec
Grzegorz Malina
Jerzy Małecki
Marek Marciniak
Jacek Motyka
Marek Nawalany
Jan Przybyłek
Andrzej Rózkowski
Andrzej Sadurski
Andrzej Szczepański
Stanisław Staško
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Teksty artykułów w częściach 2. i 3. zostały wydrukowane z wersji elektronicznej dostarczonej przez Autorów, metodą bezpośredniej reprodukcji (*camera ready*)

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$: pre $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ t, www.pretext.com.pl

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

ISBN-13 978-83-88927-16-4

Ewa Krogulec

Rejonizacja hydrodynamiczno-środowiskowa na przykładzie rejonu Kampinoskiego Parku Narodowego

Examples of Hydrodynamical and Environmental Regions Base on the Kampinoski National Park

Słowa kluczowe rejonizacja hydrogeologiczna, hydrostrefa, podatność, Kampinoski Park Narodowy

Key words hydrogeological regions, hydrozone, vulnerability, Kampinoski National Park

Abstract Division of the research area into regions is an essential and necessary step of the hydrogeological research and analyses. The application of standard division pattern often proves insufficient, while proposing an own division involves detailed definition of its purpose, scope and division criteria. Kampinoski National Park (KPN), together with the buffer zone, has the area of around 700 sq. kilometres. As a result of detailed research carried out in KPN, a proposal for division of its area into 4 hydrozones was developed: flooded terraces of the Vistula river, swampy areas, dune belts and the upland area. The criteria for delineation of the hydrozones focused on the differences in the dynamics and nature of the changes in the groundwater levels, average depth to the groundwater table, drivers of the supply and drainage process and environmental conditions (types of soil, land development, morphologic differences, etc.). The delineation of hydrozones is particularly desirable and useful for regional hydrogeological and environmental analyses, for the tool enabling generalisation for numeric modelling and assessment of the groundwater susceptibility to contamination.

Regionalizacja, uwagi ogólne

Właściwe i jednoznaczne przedstawienie lokalizacji obszaru badań, na tle ogólnie przyjętej regionalizacji hydrogeologicznej ma bardzo ważne znaczenie, stanowi bowiem konieczny element badań hydrogeologicznych. Ułatwia komunikację specjalistów, porównanie wyników badań oraz ich wykorzystanie, np. poprzez analogię hydrogeologiczną lub adaptację w innych obszarach, zarówno w badaniach lokalnych, jak i regionalnych. W ostatnich latach regionalizacja hydrogeologiczna jest często rozszerzana i/lub modyfikowana w nawiązaniu do dyrektyw europejskich, prowadzonej analizy systemowej, potrzeb współpracy z hydrologami itp. Takie podejście jest całkowicie zrozumiałe, jednakże wprowadzenie nowej regionalizacji lub podział obszaru badań na rejony, strefy itp., dla różnych celów, wymaga szczegółowego wskazania zastosowanego kryterium i hierarchizacji obszaru.

Regionalizacja polega na wydzieleniu większych terytoriów złożonych z mniejszych obszarów o podobnych, badanych cechach lub skupionych wokół jakiegoś ośrodka. W regionalizacji stosuje się podziały pomocnicze, często utożsamiane z podziałem generalnym nazywane w nawiązaniu do podziałów stosowanych w naukach biologicznych, jednostkami taksonomicznymi.

Jednostka hydrogeologiczna to według „Słownika hydrogeologicznego” (2002) fragment litosfery stanowiący przestrzennie i dynamicznie zdefiniowany system hydrogeologiczny. Często w opracowaniach regionalnych i kartograficznych dotyczących dużych jednostek hydrogeologicznych, przyjmuje się tylko strukturalne pojęcie jednostki. Takie podejście, względnie jednoznaczne, wygodne dla celów rejonizacji hydrogeologicznej, ma charakter statyczny i w zasadzie niemożliwy do przyjęcia w analizach procesów dynamicznych. Przy delimitacji jednostek, niezależnie od wielkości czy rzędu, właśnie dla celów analizy dynamicznej jest istotne określenie, obok granic strukturalnych, także układu stref zasilania i drenażu (Macioszczyk, 1969), zależnych od ogólnoregionalnych cech strukturalnych oraz szeroko rozumianych cech meteorologiczno-hydrologicznych. Koncepcję takiego określenia jednostki można nazwać hydrodynamiczną (Szymanko, 1980). System hydrogeologiczny to każdy obiekt lub układ hydrogeologiczny zdefiniowany i opisany z pewnego punktu widzenia pod względem jego wewnętrznej struktury, zasad organizacji i/lub działania (Słownik, 2002), przykładem tak rozumianego systemu hydrogeologicznego jest system wodonośny lub system krążenia wód podziemnych.

System wodonośny można utożsamiać z pojęciem jednostki hydrogeologicznej, podobnie jak ma to miejsce w Słowniku hydrogeologicznym (2002), tylko wówczas, gdy w jej obrębie jest przeprowadzona analiza systemowa z określeniem celu (Szymanko, 1980).

Przykładem najczęściej stosowanej regionalizacji hydrogeologicznej Polski jest podział zastosowany w Atlasie Hydrogeologicznym Polski (1995), obejmujący regiony, subregiony oraz rejony utożsamiane z jednostkami wodno-gospodarczymi (bilansowymi) (Paczyński, red, 1993). Wydzielenie jednostek hydrogeologicznych na MhP ma także za zadanie regionalizację wód podziemnych (Instrukcja, 1999). Przy ich charakterystyce są podawane, oprócz innych informacji, stan rozpoznania, zasobność, typ, stopień zagospodarowania zasobów. Obszary GZWP są przedstawione na tle podziału hydrogeologicznego Polski (Kleczkowski, 1990), którego głównym kryterium przy regionalizacji był element strukturalny oraz czynniki: morfologiczne, hydrograficzne, zasobność oraz użytkowanie wód.

Innym rodzajem podziału/regionalizacji jest podział, stosowany w nawiązaniu do dyrektywy UE (WFD, 2000), na GWB – *groundwater bodies*. W języku polskim GWB zostały nazwane jednolitymi częściami wód podziemnych (JCWP) i są zdefiniowane w Prawie Wodnym jako określona objętość wód podziemnych występująca w obrębie warstwy wodonośnej lub zespołu warstw wodonośnych; szerszą definicję podaje Herbich i in. (2005).

W wielu analizach mniejsze znacznie ma regionalizacja, np. fizycznogeograficzna Kondrackiego (2000), „ekologiczna” typu CORINE (Dyduch-Falniowska i in., 1999) lub ECONET (Liro, 1998), chociaż stosowane podziały hydrogeologiczne, często w konkretnych przypadkach i dla szczególnych celów, mogą do nich nawiązywać.

Rejon Kampinoskiego Parku Narodowego

Na przykładzie rejonu KPN wraz z otuliną przedstawiono zróżnicowaną rejonizację hydrogeologiczną oraz potrzebę wprowadzania nowych podziałów przydatnych do różnych celów badawczych.

Biorąc pod uwagę charakter i funkcje Wisły, KPN jest położony w środkowym biegu rzeki (Kowalski, 1999; rys.1), czyli: odcinku warszawskim od ujścia Pilicy do ujścia Narwi (km 456,8 – 550,9) oraz odcinku od ujścia Narwi do Płocka (km 550,9 – 618, 0). Odcinki te nie pokrywają się z tzw. regionem wodnym, stanowiącym część obszaru dorzecza wyodrębnioną na podstawie kryterium hydrograficznego na potrzeby zarządzania zasobami wodnymi.

Zgodnie z powszechnie stosowaną w Polsce regionalizacją hydrogeologiczną Polski (Paczyński, 1993, 1995) opartą głównie o kryteria hydrostrukturalne, rejon KPN jest położony w obrębie następujących jednostek: makroregionu północnowschodniego (a), regionu mazowieckiego (I), którego całkowita powierzchnia wynosi 58 345 km², subregionu centralnego (I₁) zajmującego powierzchnię 15 250 km², rejonu kotliny warszawskiej i mazowiecko-podlaskiego o powierzchniach odpowiednio 1900 i 2100 km².

Zgodnie z podziałem zastosowanym na Mapie hydrogeologicznej Polski w skali 1:200 000 (arkusz Warszawa Zachód), opisywany obszar należy do regionu mazowieckiego (IX), podregionów: środkowomazowieckiego (centralnego) (IX 2) i zachodniomazowieckiego (IX C). Centralna i zachodnia część KPN wchodzi w skład rejonu tarasu kampinoskiego (IX 2C), natomiast zachodnia do rejonu Łaziska-Tułowice (taras Wisły) (X 3A) (Ciechanowska, 1983).

Autorzy MhP w skali 1:50 000 (6 arkuszy) wydzielili w obrębie KPN 15 jednostek hydrogeologicznych, których krótką charakterystykę obejmującą: miąższość, rodzaj zwierciadła wód podziemnych, ocenę izolacji poziomego wodonośnego oraz podstawowe parametry hydrogeologiczne podano w objaśnieniach do poszczególnych arkuszy map.

Regionalizacja obszaru KPN wraz z otuliną w obrębie jednostek hydrogeologicznych zgodnie z podziałem zastosowanym na mapach hydrogeologicznych umożliwia, między innymi, szacunkową ocenę wielu parametrów i danych hydrogeologicznych oraz porównanie wyników badań z badanymi obszarami położonymi w obrębie tej samej jednostki.

Dolina środkowej Wisły, w której obrębie jest położony KPN, wchodzi w skład czwartorzędowego głównego zbiornika wód podziemnych nr 222 – Dolina Środkowej Wisły (Kleczkowski, 1990). Zbiornik ten o powierzchni 2674 km² jest związany z utworami

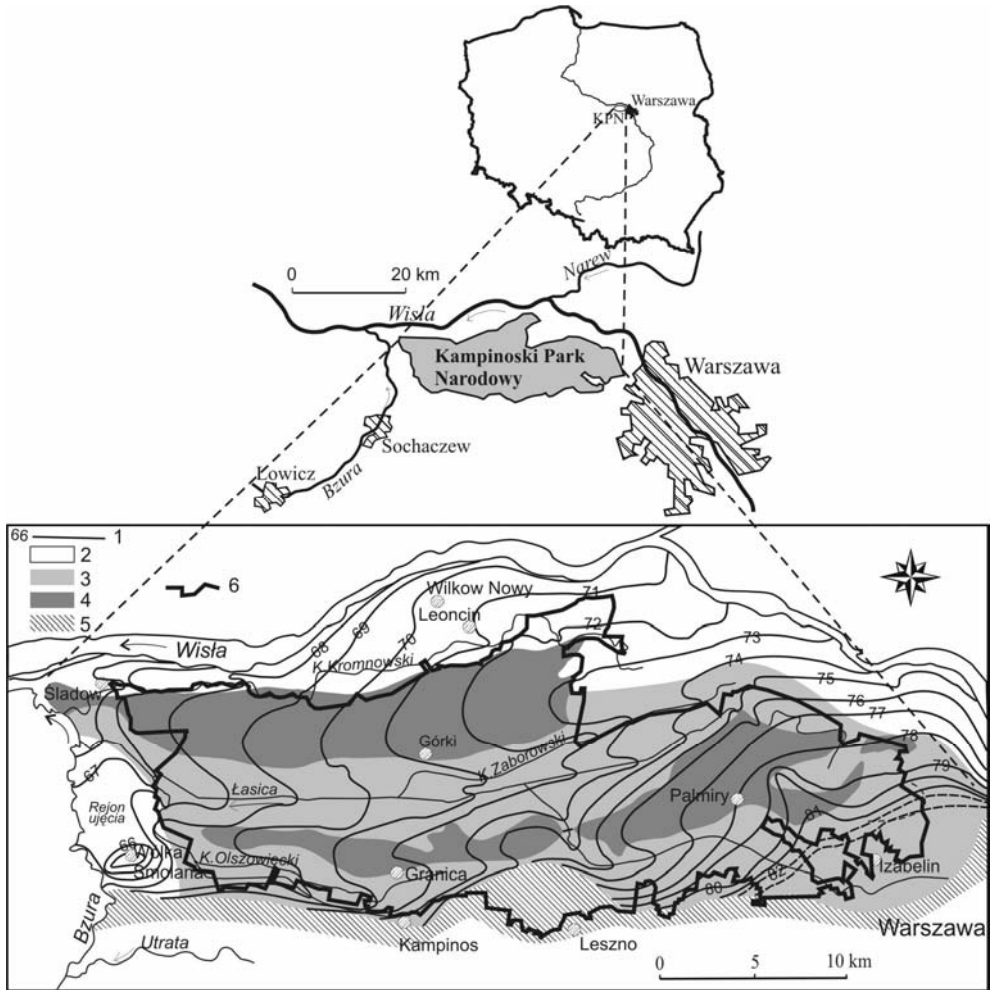
aluwialnymi i fluwioglacjalnymi: doliny Wisły między ujściem Pilicy i Sochaczewem (tzw. Przełom Mazowiecki), Kotliny Warszawskiej i Kozienickiej oraz fragmentem wysoczyzny Wareckiej. Obszar KPN stanowi także część paelogeńsko-neogeńskiego GZWP nr 215 – Subniecka warszawska, jednostki wyższego rzędu, pozostającej nadrzędną w stosunku do opisywanej jednostki dolinnej. Identyfikacja położenia w obrębie GZWP ma przede wszystkim na celu wskazanie obszarów o odpowiednich, ustalonych kryteriach ilościowych i jakościowych zasobów wód podziemnych.

Przedstawiona przez J. Szymankę (1980) klasyfikacja hydrogeologicznych jednostek zasobowych, w ujęciu systemowym, wydziela jako typ jednostki – system obszarów dolinnych i pradolinnych o genezie mniej lub bardziej złożonej, hydraulicznie powiązanej z korytem rzeczny. KPN jest położony w obrębie hydrogeologicznej jednostki dolinnej, stanowiąc typowy system o silnych związkach z wodami powierzchniowymi. Wydzielona jednostka dolinna wraz z oceną jej granic pod względem dynamicznym (od strony południowej i częściowo wschodniej – granice zależne; od strony północnej i zachodniej – granice niezależne, czyli tzw. szczelne) była podstawą hydrodynamicznych badań modelowych wymagających zdefiniowania systemów krążenia wód podziemnych.

W rozważaniach hydrodynamicznych jest przydatne wydzielenie stref hydrodynamicznych. Zgodnie z definicją zawartą w Słowniku hydrogeologicznym (2002), strefa hydrodynamiczna jest związana z przestrzenną zmiennością parametrów ruchu wód podziemnych i intensywnością ich odnawiania się w ośrodku skalnym. Dlatego strefy hydrodynamiczne powinny stanowić obszar o wyraźnie zdefiniowanej strukturze strumienia filtracji, zasadniczo odmiennej od wyznaczonych dla stref sąsiednich. W świetle przedstawionych wyżej definicji, obszar KPN stanowi w całości jedną jednostkę hydrodynamiczną, a wyróżnione hydrostrefy nie stanowią stref hydrodynamicznych, choć w literaturze spotyka się takie porównania (Krogulec, 2004).

Szczegółowa analiza dynamiki i zakresu zmian stanów oraz głębokości do zwierciadła wody podziemnej, intensywności drenażu, wykształcenia litologicznego osadów strefy aeracji i typów gleb stała się podstawą do zastosowania nowego podejścia do rejonizacji hydrogeologicznej, czyli wydzielenia w rejonie KPN hydrostref - obszarów o podobnych warunkach hydrodynamiczno-środowiskowych (Krogulec, 2004). Kryteriami wydzielenia hydrostref były przede wszystkim różnice dotyczące: dynamiki i charakteru zmian stanów wód podziemnych, średniej głębokości do zwierciadła wód podziemnych, czynników warunkujących proces zasilania i drenażu, jak również warunków środowiskowych (typy gleb, zagospodarowanie terenu, zróżnicowanie morfologii itp.). Podział na hydrostrefy ma charakter heterogeniczny, a poszczególne kryteria stanowią elementy homogeniczne. W rejonie KPN wydzielono następujące hydrostrefy, których delimitacja nawiązuje do układu geomorfologicznego rejonu badań: taras zalewowy Wisły, pasy bagienne, pasy wydymowe, poziom błoński (wraz z fragmentem wysoczyzny) – rysunek 1.

Delimitacja hydrostref w rejonie KPN stanowiła, między innymi, podstawę analizy podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia. W wydzielonych obszarach, charakteryzujących się podobnymi cechami hydrodynamiczno-środowiskowymi, uśredniono parametry oraz dane hydrogeologiczne, a następnie przeprowadzono proces schematyzacji częściowo niezależnie od obszarów sąsiednich.

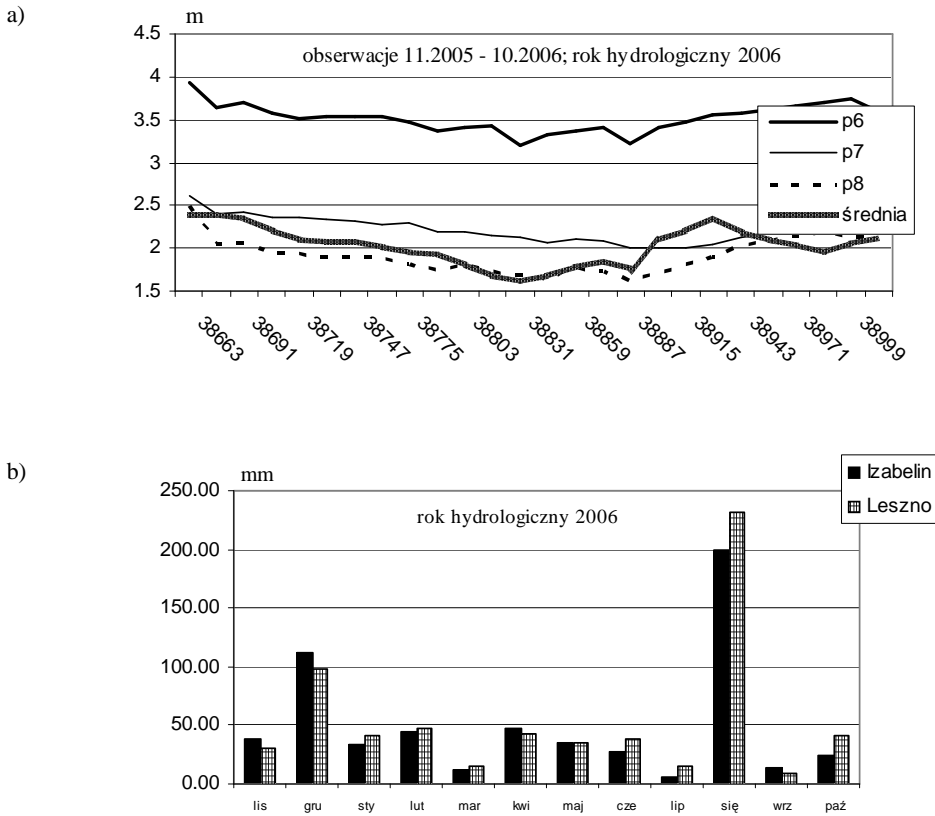


Rysunek 1. Lokalizacja hydrostref w Kampinoskim Parku Narodowym. Objasnienia: 1 – hydroizohipsa; hydrostrefy: 2 – taras zalewowy Wisły, 3 – pas bagienny, 4 – pas wydmy, 5 – poziom błoński, 6 – granica Kampinoskiego Parku Narodowego

Figure 1. Localization hydrozones zones within the Kampinoski National Park. Explanation: 1 – hydroisohypse; hydrozones: 2 – Vistula flood terrace, 3 – valley zone, 4 – dune zone, 5 – Blonie Level, 6 – border of the Kampinoski National Park

W rezultacie ocenę podatności można było odnieść do poszczególnych stref oraz do całości badanej jednostki (tab. 1). Warto zauważyć, że wartości niektórych parametrów, np. tych, które są najczęściej brane pod uwagę przy ocenie podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia, wykazują niewielką zmienność w obrębie hydrostrefy, a znaczne zróżnicowanie w całej jednostce. Przy szacunkowej ocenie można nawet, na podstawie wartości określonego parametru, ocenić wielkość lub wartość konkretnej charakterystyki hydrogeologicznej w obrębie hydrostrefy, natomiast zmienność danych w obrębie całej

jednostki wyklucza taki szacunek (tab. 1). Przykładem może być głębokość do zwierciadła wód podziemnych, wynosząca średnio w KPN w okresie 1999-2006 w pasach wydmych 2,62 m, w pasach bagiennych 1,10, a na tarasie zalewowym 0,81, przy średniej głębokości w obrębie całej jednostki 1,97 m. Zmienność głębokości położenia zwierciadła wody w obrębie wydzielonej hydrostrefy jest zbliżona, odmienna od charakteru wahań w obrębie całej jednostki. Cechą szczególną jest brak bezpośredniej korelacji charakteru wahań zwierciadła wód podziemnych z wysokością opadu atmosferycznego, co wynika ze zróżnicowana opadów rejestrowanych w 6 posterunkach opadowych w KPN (rys. 2a i 2b).



Rysunek 2. Głębokość do zwierciadła wód podziemnych w piezometrach położonych w pasach wydmych (P6, P7, P8) oraz średnia głębokość we wszystkich piezometrach sieci monitoringowej KPN II (a); wartość opadów atmosferycznych w posterunkach opadowych: Leszno i Izabelin (b)

Figure 2. Depth of groundwater table in the piezometers located in dune zones (p6, p7, p8) and average of groundwater depth in piezometers in monitoring network in the Kampinoski National Park (a); value of precipitation in station: Leszno and Izabelin (b)

Głębokość do zwierciadła wody można porównać ze stopniem podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia, który w pasach wydmych jest najczęściej średniowysoki (metoda DRASTIC) lub wysoki (czas przesączania), a w pasach bagiennych średni (DRASIC) lub wysoki i bardzo wysoki (czas przesączania). Zakres zmienności głębokości do zwierciadła wody wynoszący na tarasie zalewowym 0 do 3,16 m. wskazuje na zmienność podatności. Rzeczywiście wartość ta określona przy zastosowaniu wielu metod, zmienia się w zakresie od średniowysokiej do bardzo wysokiej. Przy mniejszej zmienności głębokości do zwierciadła wody w pasach bagiennych wynoszącej od 0 do 1,98 m. podatność zmienia się w zakresie 2 rzędów wielkości, natomiast dla całej jednostki podatność zmienia się w zakresie wszystkich wydzielonych rodzajów podatności (6 rodzajów). Podobne zależności można obserwować przy analizie innych danych hydrogeologicznych, np. wielkości zasilania infiltracyjnego.

Porównanie wyników dotyczących różnych danych hydrogeologicznych i parametrów w obrębie wyróżnionych hydrostref i dla całego badanego obszaru (tab. 1) uzasadnia potrzebę zastosowanej regionalizacji i możliwość jej stosowania, jako narzędzia umożliwiającego generalizację wyników, ale także pozwalającą na uszczegółowienie badań lokalnych.

Tabela 1. Charakterystyka hydrogeologiczna hydrostref wydzielonych w rejonie KPN
Table 1. Characteristic of hydrozones in the KNP region

Hydrostrefa	Zasilanie infiltracyjne (śr) [mm/rok]	Głębokość do zwierciadła wody [m]	Współczynnik filtracji (śr) [m/d]	Podatność	
				DRASTIC (IPZ _Σ , stopień podatności)	Czas przesączania
Taras zalewowy Wisły	70,9	0,81	7,78	131 średnia	0.083-5 lat bardzo wysoka, wysoka, średniowysoka
Pasy bagiennie	65,5	1,10	9,38	100-114 średnia	0.083-1 lat bardzo wysoka, wysoka
Pasy wydmy	152,6	2,62	60,35	165 średniowysoka	1-3 lat wysoka, bardzo wysoka
Poziom błoński wraz z wysoczyzną	95,5	2,32	11,04	140-151 średnia, średniowysoka	0,5-3,0 lat wysoka
KPN – cały obszar	84	1,97	24,5	<100 do >200 od bardzo niskiej do bardzo wysokiej	0,0083 – 5 lat średniowysoka, wysoka, bardzo wysoka

Wartości charakteryzujące hydrostrefy (tab. 1) i zakres ich zmienności wskazują, że zastosowany podział ma charakter prawie heterogeniczny, a poszczególne kryteria są elementami homogenicznymi. Wydzielenie hydrostref stanowi w pewnym stopniu, stosowaną w badaniach modelowych, schematyzację warunków hydrogeologicznych w związku ze stopniem ich komplikacji oraz stanem rozpoznania. Wydaje się, że najbardziej poprawnym sposobem schematyzacji parametrów może być właśnie ich uśrednianie w obrębie wydzielonych wcześniej hydrostref, chociaż jest to proces bardziej skomplikowany w stosunku do powszechnie stosowanego uśredniania parametrów w całym obszarze badań, a następnie jego podziału w oparciu o przyjęte zakresy zmienności wartości parametrów.

Wydzielenie hydrostref jest szczególnie wskazane i przydatne dla potrzeb regionalnych analiz hydrogeologiczno-środowiskowych oraz/lub generalizacji warunków hydrogeologicznych do modelowania numerycznego. Stopień trudności delimitacji hydrostref zależy przede wszystkim od przyjętych kryteriów, które z kolei uzależnione są od celu badań, rzeczywistej komplikacji warunków hydrogeologicznych oraz doświadczenia hydrogeologa prowadzącego badania.

Proponowane wprowadzenie podziału jednostki na hydrostrefy, powinno być poprzedzone szczegółowym rozpoznaniem hydrogeologicznym, zgodnym z wybranymi, zdefiniowanymi kryteriami, co zapewnia obiektywizm podziału i późniejsze jego zastosowanie oraz analizy porównawcze. Elementy rozpoznania hydrogeologicznego stanowiące podstawę wydzielenia hydrostref, w przypadku rozszerzenia kryteriów podziału i stosowania w bardziej uniwersalnym znaczeniu, mogą być wytypowane np. poprzez analityczny proces hierarchizacji poszczególnych kryteriów - teorię stosowaną np. w ocenach geosrodowiskowych (Dai i in., 2001).

Wnioski

Rejonizacja hydrogeologiczna stanowi ważny i konieczny element metodyki badań i analiz hydrogeologicznych. Standardowa regionalizacja jest często niewystarczająca, ale propozycja własnych podziałów i klasyfikacji wymaga szczegółowej charakterystyki ich celowości, zakresu oraz kryteriów zastosowanego podziału.

Przeprowadzone badania hydrogeologiczne w jednostce dolinnej, w której jest położony Kampinoski Park Narodowy, wymagały wnikliwej analizy warunków hydrodynamicznych i środowiskowych. Efektem szczegółowego rozpoznania hydrogeologicznych jest propozycja podziału obszaru na hydrostrefy, czyli zastosowanie dodatkowego, wcześniej nie stosowanego podziału obszaru badań. Delimitacja hydrostref w obrębie jednostki hydrogeologicznej, umożliwia przyjęcie określonego algorytmu postępowania przy schematyzacji lub generalizacji warunków hydrogeologicznych, dodatkowo uproszczonego w przypadku przygotowania danych w formie warstw informacyjnych w systemach GIS. Uzasadnieniem wydzielenia hydrostref, zastosowanych do ocen podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia, może być rozszerzenie ich przydatności, np. dla potrzeb modelowania, programów renaturalizacji środowiska i innych szeroko pojętych analiz hydrogeologiczno-środowiskowych. Wydzielenie hydrostref, a następnie ich wykorzystanie jest funkcją ilości informacji, czyli możliwych do określenia wiarygodnych danych hydrogeologicznych. Możliwe jest także, pod warunkiem przeprowadzenia odpowiednio szczegółowej charakterystyki hydrostref, zastosowanie proponowanego sposobu regionalizacji dla innych

jednostek dolinnych chociażby poprzez analogię hydrogeologiczną, czyli użycie wyników dla poszczególnych hydrostref, np. wydmych lub bagiennych. Na tle stosowanej regionalizacji hydrogeologicznej, przedstawienie nowej systematyki podziału, nawet w skali lokalnej, wymaga wyjaśnienia kryteriów i celu proponowanego podziału.

Literatura

- Ciechanowska E., 1983: *Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:200 000*, arkusz Warszawa Zachód. WG, Warszawa.
- Dai F.C., Lee C.F., Zhang X. H., 2001: *GIS-based geoenvironmental evaluation for urban land-use planning: a case study*. *Engineering Geology* 61, pp. 257-271.
- Dyduch-Falniowska A., Kaźmierczakowa, Makowska-Juchiewicz M., Perzanowska-Sucharska J., Zajac K., 1999: *Ostoje przyrody w Polsce*. Instytut Ochrony Przyrody, PAN, Kraków.
- Herbich, P., Hordejuk, T., Kazimierski, B., Nowicki, Z., Sadurski, A., Skrzypczyk, L., 2005: *Groundwater bodies in Poland* (in Polish). [W:] Sadurski, A., Krawiec, A. (red.) *Współczesne problemy hydrogeologii*, T. XII. Wyd. Uniw. M. Kopernika, Toruń, p. 269-274.
- Instrukcja opracowania i komputerowej edycji MhP w skali 1 : 50 000, 1999. Wyd. Państwowego Instytutu Geologicznego Warszawa.
- Kleczkowski A. S., 1990: *Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony, skala 1:500 000*. Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH, Kraków.
- Kondracki J., 2000: *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kowalski C., 1999: *Funkcje Wisły oraz związane z nimi problemy gospodarcze*. *Gospodarka Wodna*, t. 10, pp. 338-341.
- Krogulec E., 2004: *Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia w jednostce dolinnej w aspekcie warunków hydrodynamicznych*. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Liro A (red.), 1998: *ECONET - Polska - koncepcja krajowej sieci ekologicznej*, Wyd. Fundacja ICUN Poland, Warszawa.
- Macioszczyk T., 1969: *Obliczenia hydrogeologiczne ujęć wód podziemnych*. Wyd. Geol. Warszawa.
- Paczyński B. (red.) 1995: *Atlas hydrogeologiczny Polski, skala 1:500 000, część II*. Wyd. PIG, Warszawa.
- Paczyński B. (red.), 1993: *Atlas hydrogeologiczny Polski, skala 1:500 000. Część I. Systemy zwykłych wód podziemnych*. Wyd. PIG, Warszawa.
- Słownik hydrogeologiczny (red. J. Dowgiałło, A.S. Kleczkowski, T. Macioszczyk, A. Rózkowski), 2002. Państ. Inst. Geol. Warszawa.
- Szymanko J., 1980: *Koncepcje systemu wodonośnego*. Wyd. Geol. Warszawa.
- WFD, 2000: Water Framework Directive, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy from 23 of October of 2000. O.J. L 327.