

Geostatystyczna analiza stanów wód podziemnych w Kampinoskim Parku Narodowym

EWA KROGULEC, SEBASTIAN ZABŁOCKI

Zakład Hydrogeologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa,
ewa.krogulec@uw.edu.pl, s.zablocki@uw.edu.pl

Zarys treści: Analizie poddano wyniki obserwacji z piezometrów położonych w Kampinoskim Parku Narodowym i jego otulinie, działających w ramach sieci monitoringowej parku od 1998 r. Wartości charakterystyk głębokości zwierciadła wód podziemnych poddano analizie korelacji, na podstawie której porównano pomiędzy sobą wyróżnione wcześniej hydrostrefy. Pozwoliło to na wyciągnięcie wniosków o stopniu powiązania hydrostref między sobą oraz o ich jednorodności wewnętrznej. Zastosowanie testu niezależności oraz obliczenie odległości taksonomicznych pomiędzy danymi z piezometrów potwierdziło stopień powiązania. Analiza pozwoliła ponadto na wskazanie tendencji zmian głębokości zwierciadła wód podziemnych oraz ich przyczyn.

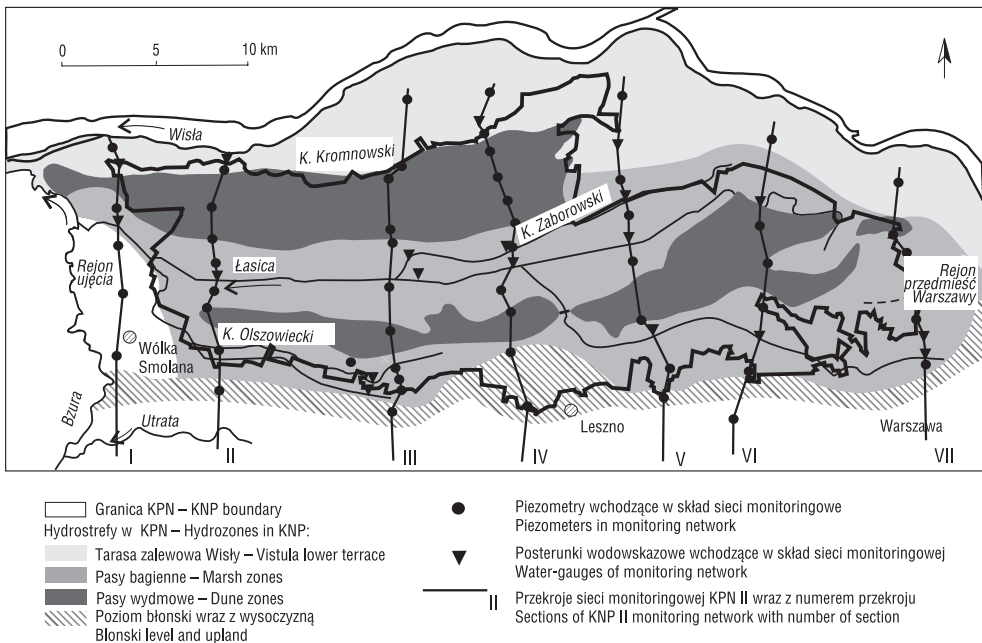
Słowa kluczowe: monitoring wód podziemnych, warunki hydrogeologiczne, analiza geostatystyczna, Kampinoski Park Narodowy

Key words: groundwater monitoring, hydrogeological conditions, geostatistical analysis, Kampinos National Park

Wstęp

Kampinoski Park Narodowy (385 km²) położony jest w centralnej Polsce, w dolinie środkowej Wisły. Wraz z otuliną zajmuje powierzchnię prawie 800 km² i obejmuje zasięgiem kilka jednostek geologiczno–geomorfologicznych, z czego przeważającą część stanowią terasy rzeczne posiadające szerokość do kilku kilometrów. Na obszarze parku i otuliny wyróżnia się cztery terasy (zalewową oraz nadzalewowe: praską, kampinoską, otwocką) oraz jednostkę wysoczyznową – poziom błoński, który zaznaczony jest stokiem erozyjnym o wysokości nawet do 17 m (Krogulec 2004). Zróżnicowana budowa geologiczna, rzeźba, stopień zagospodarowania terenu, a przede wszystkim warunki hydrogeologiczne były podstawą do wydzielenia na opisywanym terenie tzw. hydrostref, czyli obszarów o podobnych warunkach hydrodynamiczno – środowiskowych (ryc. 1; Krogulec 2003, 2004):

- terasa zalewowa Wisły,
- północny i południowy pas wydmowy,
- północny i południowy pas bagienny,
- poziom błoński,
- rejon ujęcia wód podziemnych w Wólce Smolanej,
- rejon przedmieść Warszawy.



Ryc. 1. Sieć monitoringowa wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie KPN na tle hydrostref (Krogulec 2004)

Fig. 1. Groundwater monitoring sites in the KNP and hydrozones (Krogulec 2004)

Wymienione hydrostrefy, oprócz ostatnich dwóch, w których zaznacza się wyraźna antropopresja, posiadają znaczną rozciągłość o kierunku równoleżnikowym, dochodzącą nawet do 40 km. Celem opracowania jest zbadanie stopnia wzajemnego powiązania hydrostref oraz ich jednorodności wewnętrznej, a także tendencji zmian położenia zwierciadła wód podziemnych z uwzględnieniem ich przyczyn.

Sieć monitoringu wód

Na obszarze Kampinoskiego Parku Narodowego (KPN) działa sieć monitoringu wód podziemnych i powierzchniowych zaprojektowana m.in. w celu analizy i diagnozy skomplikowanych stosunków wodnych oraz oceny wpływu antropopresji na dynamikę wód podziemnych (Krogulec, Sikorska-Maykowska 1997). W skład sieci monitoringowej Kampinoskiego Parku Narodowego (KPN II) wchodzi: 56 piezometrów, z których 7 wyposażonych jest w elektroniczne czujniki pomiaru oraz 25 punktów wodowskazowych. Punkty obserwacyjne wód powierzchniowych i podziemnych zgrupowano w siedmiu przekrojach obserwacyjnych, przebiegających prostopadle do linii Wisły (zgodnie z kierunkiem przepływu wód podziemnych). W nawiązaniu do wytycznych monitoringu lokalnego, w skład sieci KPN II wchodzi punkt obserwacyjny monitoringu regionalnego, tj. punkt I rzędu Kampinos (Krogulec 2004). Obserwacje prowadzone są w dwutygodniowych interwałach czasowych.

Dane i metody badań

W badaniach wykorzystano rachunek korelacyjny. Uwzględniono następujące charakterystyki odnoszące się głębokości zwierciadła wód podziemnych w sieci KPN II w latach 1999–2007 (tab. 1):

- średnia roczna głębokość,
- średnia głębokość w półroczach zimowym (XI–IV) i letnim (V–X),
- głębokość najczęściej występująca (dominanta),
- amplituda roczna i dwutygodniowa,
- głębokości maksymalna i minimalna,
- głębokości odpowiadające wartościom pierwszego i trzeciego kwartyla,
- mediana,
- odchylenie standardowe.

Dla każdej z wyżej wymienionych miar sporządzono macierz współczynników korelacji Pearsona wyznaczonych dla każdej pary punktów obserwacyjnych (StatSoft 2006). Macierze o wymiarach 56 na 56 uporządkowano dodatkowo wykorzystując informacje o wyznaczonych wcześniej hydrostrefach (Krogulec 2004). Uporządkowanie w macierzach danych według hydrostref pozwoliło na zestawienie tabel wyników współczynników korelacji Pearsona każdej hydrostrefy (tab. 2). W artykule przedstawiono wyniki korelacji średniej głębokości zwierciadła, jako miary najczęściej określanej w środowiskowych badaniach hydrogeologicznych, oraz korelacji amplitud dwutygodniowych oddających dynamikę badanego środowiska. Zależności wewnątrzgrupowe i pomiędzy grupami odnoszą się natomiast do pozostałych dziesięciu charakterystyk.

Wyniki

Dla średnich wartości rocznych głębokości do zwierciadła wód podziemnych obserwuje się następującą zależność: wysoką korelację wewnątrzgrupową (0,71; 0,79) posiadają oba pasy wydmore i jest ona znacznie silniejsza, niż w przypadku pasów bagiennych (0,53; 0,64; tab. 2). Wysoką korelację uzyskano również dla rejonu Wólki Smolanej. Jednocześnie wyraźnie zaznacza się związek pomiędzy hydrostrefami pasów wydmy, poziomu błońskiego oraz rejonu Wólki Smolanej. Te cztery strefy wykazują przeciętną korelację międzygrupową o 10–20% większą niż z pasami bagiennymi, a także większą, niż ze strefami terasy zalewowej Wisły i rejonu przedmieść Warszawy. Rycina 2 sporządzona na podstawie macierzy współczynników korelacji uwidacznia silną korelację danych z piezometrów występujących w obrębie pasów wydmy i bardzo słabą – na obszarze pasów bagiennych.

Korelacji poddano również zmiany głębokości do zwierciadła wód podziemnych we wszystkich punktach obserwacyjnych; macierz korelacji obejmowała amplitudę dwutygodniową głębokości zwierciadła wód. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 3. Korelacje wewnątrz hydrostref są wysokie i wynoszą od 0,47 w obrębie tarasu zalewowego do 0,63 w obrębie południowego pasa wydmy i bagiennego. Korelacje między rejonem Wólki Smolanej i pasami bagiennymi są bardzo niskie (od 0,18 do 0,21), podobnie jak z przedmieściami Warszawy i pozostałymi hydrostrefami. Jest to zgodne

Tab. 1. Podstawowe miary statystyczne głębokości zwierciadła wód podziemnych w KPN (1999–2007)

Table 1. Basic statistic parameters of groundwater depth in the KNP (1999–2007)

Hydrostrefa Hydrozone	Miary opisujące głębokość zwierciadła wód podziemnych Groundwater depth parameters										
	Średnia głębokość Mean depth	Średnia głębokość w półroczu zimowym Mean depth in winter halfyear	Średnia głębokość w półroczu letnim Mean depth in summer halfyear	Głębokość najczęściej występująca Dominant depth	Amplituda roczna Annual amplitude	Max. głębokość Maximal depth	Min. głębokość Minimal depth	1 kwartyl 1 st quartile	3 kwartyl 3 rd quartile	Mediana Median	Odczylenie standardowe Standard deviation
Terasa zalewowa Lower terrace	1,91	2,42	1,01	2,33	1,17	2,16	3,15	2,33	1,91	2,42	1,01
Północny pas wydmowy North dune zone	1,89	2,40	0,86	2,28	1,00	2,04	3,18	2,25	1,89	2,40	0,86
Północny pas bagienny North marsh zone	1,93	2,43	1,14	2,38	1,32	2,27	3,11	2,40	1,93	2,43	1,14
Południowy pas wydmowy South dune zone	1,87	2,42	0,96	2,38	1,12	2,31	3,34	2,41	1,87	2,42	0,96
Południowy pas bagienny South marsh zone	0,67	0,62	0,88	0,77	0,98	1,33	0,69	0,85	0,67	0,62	0,88
Poziom błotński Błotński level	2,43	2,88	1,63	2,87	1,97	2,99	3,62	2,96	2,43	2,88	1,63
Rejon Wólki Smolanej Smolana Wolka area	1,23	1,76	0,34	1,69	0,52	1,02	2,35	1,53	1,23	1,76	0,34
Rejon przedmieść Warszawy Warsaw suburb	1,75	2,26	0,78	2,15	0,91	1,85	2,97	2,11	1,75	2,26	0,78

Tab. 2. Korelacja średnich rocznych głębokości do zwierciadła wód podziemnych w hydrostrefach KPN w latach 1999–2007

Table 2. Correlation of mean annual groundwater depth in the KNP hydrozones in 1999–2007

Hydrostrefa Hydrozone	Terasa zalewowa Lower terrace	Północny pas wydmowy North dune zone	Północny pas bagienny North marsh zone	Południowy pas wydmowy South dune zone	Południowy pas bagienny South marsh zone	Poziom błotński Błotński level	Rejon Wólki Smolanej Smolana Wolka area	Rejon przedmieść Warszawy Warsaw suburb
Terasa zalewowa Lower terrace	0,58	0,69	0,64	0,74	0,57	0,65	0,71	0,62
Północny pas wydmowy North dune zone	0,69	0,71	0,64	0,78	0,54	0,69	0,75	0,63
Północny pas bagienny North marsh zone	0,64	0,64	0,64	0,74	0,58	0,61	0,58	0,49
Południowy pas wydmowy South dune zone	0,74	0,78	0,74	0,79	0,64	0,78	0,78	0,64
Południowy pas bagienny South marsh zone	0,57	0,54	0,58	0,64	0,53	0,62	0,58	0,54
Poziom błotński Błotński level	0,65	0,69	0,61	0,78	0,62	0,64	0,79	0,69
Rejon Wólki Smolanej Smolana Wolka area	0,71	0,75	0,58	0,78	0,58	0,79	0,78	0,79
Rejon przedmieść Warszawy Warsaw suburb	0,62	0,63	0,49	0,64	0,54	0,69	0,79	0,63

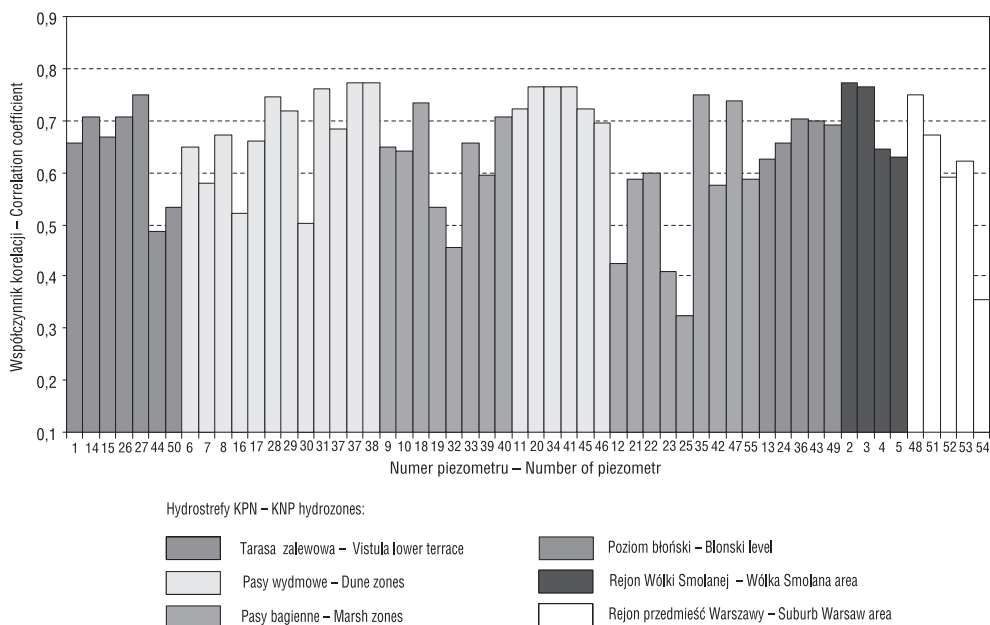
Tab. 3. Korelacja amplitudy dwutygodniowej stanów wód podziemnych w hydrostrefach KPN w latach 1999–2007

Table 3. Correlation of two weeks amplitude groundwater level in the KNP hydrozones in 1999–2007

Hydrostrefa Hydrozone	Tarasa zalewowa Vistula lower terrace	Północny pas wydmowy North dune zone	Północny pas bagienny North marsh zone	Południowy pas wydmowy South dune zone	Południowy pas bagienny South marsh zone	Poziom błokiński Błokiński level	Rejon Wólki Smolanej Wólka Smolana area	Rejon przedmieść Warszawy Warsaw suburb
Tarasa zalewowa Vistula lower terrace	0,47	0,30	0,31	0,34	0,30	0,32	0,28	0,25
Północny pas wydmowy North dune zone	0,30	0,47	0,33	0,40	0,31	0,37	0,35	0,25
Północny pas bagienny North marsh zone	0,31	0,33	0,62	0,48	0,53	0,45	0,21	0,29
Południowy pas wydmowy South dune zone	0,34	0,40	0,48	0,63	0,48	0,50	0,34	0,34
Południowy pas bagienny South marsh zone	0,30	0,31	0,53	0,48	0,63	0,44	0,18	0,31
Poziom błokiński Błokiński level	0,32	0,37	0,45	0,50	0,44	0,62	0,35	0,34
Rejon Wólki Smolanej Wólka Smolana area	0,28	0,35	0,21	0,34	0,18	0,35	0,49	0,05
Rejon przedmieść Warszawy Warsaw suburb	0,25	0,25	0,29	0,34	0,31	0,34	0,05	0,52

z definicją hydrostref, w definicji których uwzględnia się podobną dynamikę zmian głębokości zwierciadła wód podziemnych i działanie określonych czynników z określonym nasileniem (Krogulec 2003, 2004).

Prawidłowość wniosków wyciągniętych na podstawie analizy korelacyjnej poszczególnych charakterystyk została dodatkowo sprawdzona testem zgodności Chi–kwadrat. Wynik testu potwierdza na poziomie istotności równym 5%, że rozkłady parametrów



Ryc. 2. Korelacja wewnątrzgrupowa średnich rocznych głębokości wód podziemnych w piezometrach na tle hydrostref KPN w latach 1998–2007

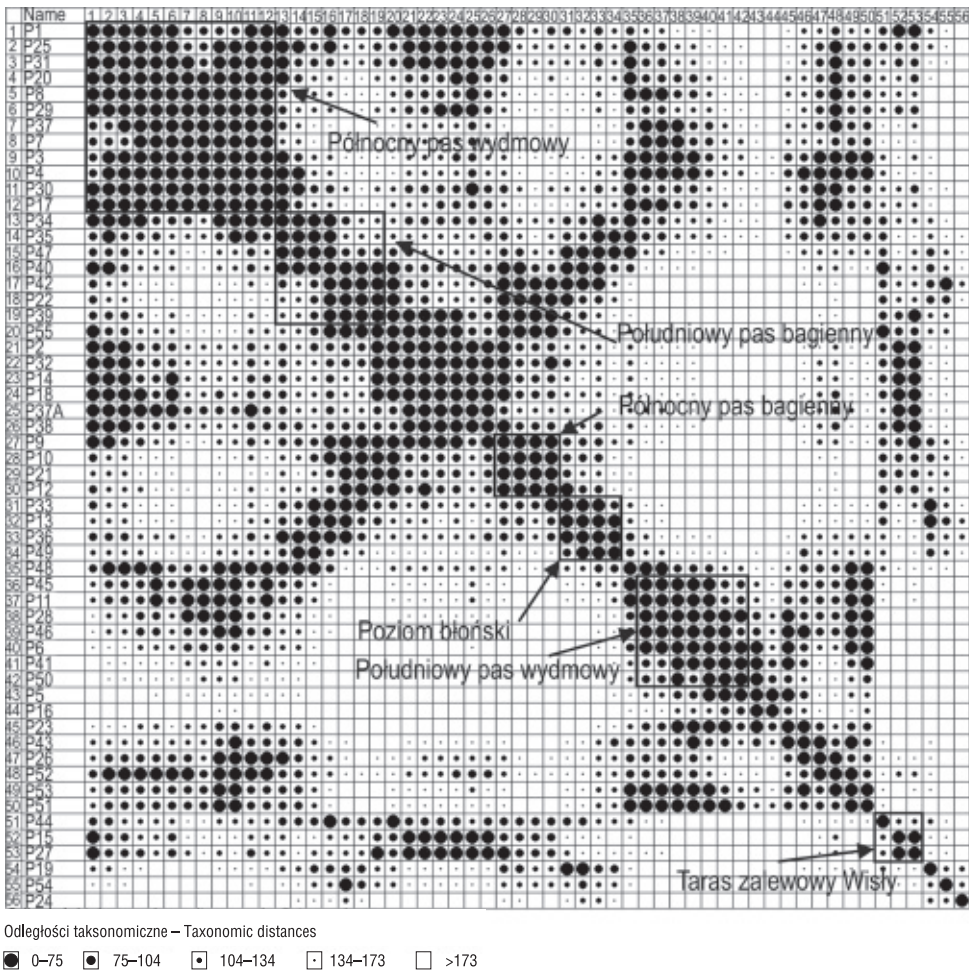
Fig. 2. Correlation of mean year groundwater depth in piezometers against background of the KNP hydrozones in years 1998–2007

charakteryzujących głębokość wód podziemnych zależne są od wyróżnionych wcześniej hydrostref. We wszystkich obliczeniach wartości statystyk testowych były większe, niż wartość krytyczna odczytana z tablic, co było podstawą do odrzucenia hipotezy niezależności.

Odległości taksonomiczne

W celu zobrazowania przestrzennej zależności pomiędzy obserwacjami wód podziemnych w piezometrach zastosowano program MaCzek 3.4.4, który służy do grupowania danych w taksony. Wynikiem grupowania danych jest diagram Czekanowskiego (Kostrubiec 1982, Sołtysiak 1997). Tworzona jest macierz o rozmiarach odpowiadających liczbie zmiennych (w kolumnach) i liczbie obiektów (w wierszach). Do obliczeń zastosowano macierz o wielkości 56 wierszy i 18 kolumn, w których znalazły się dwa parametry (średnia głębokość roczna, amplitudy dwutygodniowe), których korelacje opisano we wcześniejszym rozdziale. Po standaryzacji danych utworzono diagram, który został uporządkowany ze względu na nasilenie cech. Nasilenie szrafury w każdym kwadracie diagramu mówi o skali podobieństwa w stosunku do pozostałych danych. Program automatycznie dokonał podziału na 5 grup.

Z grup utworzonych po przekątnej wykresu wyróżnia się kolejno od góry: północny pas wydymowy, południowy pas bagienny podzielony na dwie części, północny pas



Ryc. 3. Uporządkowany diagram Czekanowskiego dla piezometrów KPN

Fig. 3. Czekanowski's ordered diagram for piezometers located in the KNP

bagienny, poziom błoński, południowy pas wydmy oraz niewielka grupa zaliczana do terasy zalewowej Wisły (ryc. 3). Część piezometrów nie zawiera się w tych grupach tworząc osobno rozrzucone pola. Zgodnie z wcześniejszym opisem wyników korelacji, odrębnej grupy nie tworzą zaś piezometry znajdujące się w rejonie przedmieść Warszawy (słaba korelacja w tej grupie i najmniejsza korelacja z pozostałymi grupami).

Tendencje zmian stanów wód podziemnych

Analiza korelacyjna pokazuje zależność zmian hydrodynamicznych środowiska KPN, nie pozwala jednak wskazać kierunków zmian stanów wód podziemnych na terenie Kampinosu, co jest szczególnie ważne dla bioróżnorodności parku. Dlatego postano-

wiono porównać ze sobą charakterystyki dwóch okresów: lat hydrologicznych 1999–2002 oraz 2003–2007 (tab. 4). Na podstawie obliczonych różnic stwierdza się, że we wszystkich hydrostrefach w latach 2003–2007 nastąpił wzrost głębokości zwierciadła wód podziemnych (głównie w półroczu zimowym), tzw. pogłębienie niżówek o około 0,14 m, co podkreśla również wzrost amplitud rocznych średnio od 0,02 do 0,16 m. Wzrósł tym samym rozrzut wyników, co odzwierciedla wzrost wartości odchylenia standardowego (nawet o 0,04 m). Średnia głębokość zwierciadła wód podziemnych wzrosła od 0,02 do 0,23 m. Największe różnice pomiędzy latami hydrologicznymi 2003–2007 i 1999–2002 wystąpiły w hydrostrefach o udokumentowanym wcześniej dużym wpływie antropopresji (Krogulec 2004).

Bardzo duże różnice wartości poszczególnych parametrów odnoszą się do pierwszego i ostatniego roku obserwacji. Na przykład średnia głębokość zwierciadła wód podziemnych w 2007 r. była większa niż w 1999 r. o około 0,3 m aż w trzech hydrostrefach (rejon Wólki Smolanej, strefa przedmieść Warszawy, poziom błoński). W przypadku pozostałych stref, różnice były znacznie mniejsze i wynosiły od 0 do 0,09 m w pasach bagiennych oraz od 0,09 do 0,12 m w pasach wydmych.

Zakończenie

Zastosowanie analizy geostatystycznej wymagało wcześniejszego szczegółowego rozpoznania warunków hydrogeologicznych i przeprowadzenia regionalizacji tych warunków. Można stwierdzić, iż spośród hydrostref położonych w KPN i jego otulinie wyróżniają się obszary bagienne, o czym świadczą wyniki analizy korelacji. Obszary bagienne są szczególnie cenne pod względem hydrogeologicznym, także dla środowiska biotycznego. Niska korelacja wewnątrzgrupowa w obrębie pasów bagiennych wskazuje na różnorodne przyczyny zmiany stanów wód, bardziej urozmaicone, niż w innych hydrostrefach.

Wyniki otrzymane na podstawie obserwacji w piezometrach położonych w rejonie ujęcia w Wólce Smolanej oraz pochodzących z przedmieść Warszawy wskazują, że obszary te lepiej korelują się z obserwacjami z poziomu błońskiego oraz pasów wydmych niż z pozostałymi, mimo że ich lokalizacja geologiczna i geomorfologiczna wskazywałyby raczej na podobieństwo do pasów bagiennych. Można zatem przypuszczać, iż istnieje przyczyna nie związana z rodzajem i cechami warstwy wodonośnej (litologia, stopień izolacji) i może nią być silna antropopresja w obu hydrostrefach. Znajduje to odzwierciedlenie nie tylko w charakterystykach rocznych, ale również w różnicach zmian dwutygodniowych głębokości wód podziemnych. Wysoka korelacja głębokości wód podziemnych w piezometrach rejonu ujęcia w Wólce Smolanej świadczy o działaniu na tym obszarze tego samego czynnika sprawczego. Jest nim znaczna eksploatacja wód podziemnych w rejonie Wólki Smolanej (Krogulec 2001, 2003, 2004). W przypadku rejonu przedmieść Warszawy korelacja ta jest natomiast niska. Zmienność głębokości wód podziemnych w sąsiednich piezometrach, mimo iż warunki hydrogeologiczne rejonu są jednorodne, należy wiązać z wpływem lokalnych odwodnień budowlanych, a także znaczącą wielkością poboru wody przez miejscowości podwarszawskie.

Zauważa się również znaczne różnice charakterystyk średnich rocznych głębokości do zwierciadła wód podziemnych w latach 1999–2002 oraz 2003–2007 wskazują-

Tab. 4. Różnice miar statystycznych głębokości zwierciadła wód podziemnych w poszczególnych hydrostrefach w latach 2003–2007 i 1999–2002

Table 4. Differences of statistical parameters of groundwater depth in particular hydroznes between 2003–2007 and 1999–2002

Hydrostrefa Hydrozone	Różnice charakterystyk pomiędzy latami 2003–2007 i 1999–2002 [m] Differences of properties between years 2003–2007 ana 1999–2002 [m]										
	Średnia głębokość Mean depth	Średnia głębokość z półroczia zimowego Mean depth from winter half/year	Średnia głębokość z półroczia letniego Mean depth from summer half/year	Głębokość najczęściej występująca Dominant depth	Amplituda roczna Year amplitude	Max. głębokość Maximal depth	Min. głębokość Minimal depth	1 kwartyl 1 st quartile	3 kwartyl 3 rd quartile	Mediana Median	Odchylenie standardowe Standard deviation
Tarasa zalewowa Vistula lower terrace	0,10	0,12	0,08	0,16	0,10	0,10	0,01	0,08	0,13	0,13	0,03
Północny pas wydmowy North dune zone	0,07	0,10	0,02	0,12	0,04	0,08	0,03	0,06	0,07	0,06	0,00
Północny pas bagienny North marsh zone	0,02	0,01	0,04	0,04	0,12	0,09	-0,03	-0,03	0,07	-0,02	0,03
Południowy pas wydmowy South dune zone	0,07	0,09	0,04	0,02	0,14	0,11	-0,03	0,04	0,10	0,05	0,02
Południowy pas bagienny South marsh zone	0,07	0,08	0,07	-0,03	0,16	0,16	0,00	0,01	0,12	0,04	0,04
Poziom błoński Błoński level	0,19	0,23	0,15	0,25	0,04	0,15	0,10	0,15	0,21	0,21	0,01
Rejon Wólki Smolanej Wólka Smolana area	0,22	0,21	0,22	0,26	0,05	0,21	0,16	0,19	0,23	0,24	0,02
Rejon przedmieść Warszawy Warsaw suburb	0,23	0,22	0,22	0,31	0,02	0,20	0,18	0,18	0,29	0,24	0,02

ce na tendencje wzrostu głębokości do zwierciadła wód we wszystkich hydrostrefach. Porównując początek (1999 r.) i koniec (2007 r.) okresu badawczego stwierdzono, że różnice głębokości wód podziemnych w hydrostrefach rejonu Wólki Smolnej, przedmieście Warszawy i poziomu błońskiego przekraczają 0,30 m. W stosunku lat ubiegłych rok hydrologiczny 2007 charakteryzuje się niewielkimi głębokościami zwierciadła wód podziemnych. Może to świadczyć o tym, iż po sekwencji lat suchych występujących od 2000 do 2006 r., cechujących się stopniowym wzrostem średniej głębokości rocznej we wszystkich punktach obserwacyjnych, trend negatywnych zmian może być odwrócony. Małe różnice głębokości zwierciadła wód podziemnych (nieistotne statystycznie) w hydrostrefach występujących na terenie ścisłej ochrony KPN (w szczególności w pasach bagiennych) świadczą o tym, że park spełnia swoją funkcję ochronną w stosunku do środowiska wód podziemnych nawet przy długotrwałej tendencji znacznych obniżeń zwierciadła w rejonach peryferyjnych badanego obszaru.

Literatura

- Kostrubiec B., 1982, *Taksonomia numeryczna w badaniach geograficznych*, Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, ss. 215.
- Krogulec E., Sikorska-Maykowska M., 1997, *Projekt systemu monitoringu wód podziemnych i powierzchniowych na obszarze Kampinoskiego Parku Narodowego i otuliny*, Archiwum Kampinoskiego Parku Narodowego, Izabelin, ss. 121.
- Krogulec E., 2001, *Ocena czynników hydrodynamicznych przeobrażeń antropogenicznych wód podziemnych na obszarze KPN*, [w:] *Współczesne problemy hydrogeologii*, 10, 95–101.
- Krogulec E., 2003, *Hydrogeological conditions of the Kampinos National Park (KNP) region*, *Ecology and Hydrobiology*, 3, 3, 257–266.
- Krogulec E., 2004, *Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia w dolinie rzecznej na podstawie przesłanek hydrodynamicznych*, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, ss. 178.
- Sołtysiak A., 1997, *UMCzek 1.00. Ewolucyjny algorytm porządkowania diagramu Czekanowskiego*, *Biuletyn Antropologiczny*, 1, 21–24.
- StatSoft, 2006, *Elektroniczny Podręcznik Statystyki PL*, Kraków, WEB: <http://www.statsoft.pl/textbook/stathome.html>.

Ewa Krogulec, Sebastian Zabłocki

Geostatistical analysis of groundwater depth in the Kampinos National Park

Summary

Groundwater monitoring of the Kampinos National Park has been working as the KNP II network continuously since 1998. The aim of the study was to analyse the results of observations from piezometers situated in the Park and its buffer zone. The correlation test of groundwater level description values formed a basis for comparison with earlier identified eight hydrozones (Krogu-

lec 2004). The correlation factor in the correlation matrix showed that connections in the whole analysed system are strong. The observed differences helped to determine the degree of hydrozone connections and their internal homogeneity. The degree of connections is shown in Table 2. The analysis also covered correlations between changes in the groundwater level observed during the two-week period since 1998, which is presented in Table 3. The use of the independent test and making the calculation of taxonomic distances confirmed the determined hydrozone connection degree (Fig. 3). The results of analysis allowed defining the trend in groundwater level changes and the reasons why they occur (Table 4). The most significant decrease in the groundwater level was found in the Błoński level and in the areas of Wólka Smolana and Warsaw, where groundwater intake is the most intense.