

ZAKRES I TENDENCJE ZMIAN STANÓW WÓD PODZIEMNYCH W OBSZARACH PODMOKŁYCH W KAMPINOSKIM PARKU NARODOWYM

**Ewa KROGULEC, Anna FURMANKOWSKA,
Krzysztof JÓŹWIAK, Sebastian ZABŁOCKI**

Uniwersytet Warszawski, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej

Słowa kluczowe: hydrostrefy bagiennie, Kampinoski Park Narodowy, obserwacje monitoringowe, obszary podmokłe, zwierciadło wód podziemnych

Streszczenie

Powierzchnia hydrostref bagiennych stanowi około 30% obszaru Kampinoskiego Parku Narodowego i jego otuliny. Cechą specyficzną tych obszarów jest płytkie występowanie zwierciadła wód podziemnych, średnio od 0,16 do 2,30 m. Podstawą badań nad określeniem roli czynników geogenicznych i antropogenicznych, warunkujących zakres i tendencję zmian stanów wód były obserwacje monitoringowe z lat 1999–2009. Wśród czynników geogenicznych podstawowe znaczenie mają rozkład oraz sezonowość opadów atmosferycznych oraz drenaż płytkich systemów wód podziemnych przez cieką. Wyniki korelacji opad atmosferyczny – głębokość do zwierciadła wód podziemnych umożliwiają wyodrębnienie rejonów o wysokiej zależności oraz rejonów, gdzie dominujący jest wpływ innych czynników. Linie trendu wskazują na trzy okresy zmian stanów wód podziemnych. Od 1999 r. zaznacza się zniżający trend zwierciadła wód podziemnych, w latach 2003–2007 następuje jego odwrócenie, a kolejny trend malejący powinien zakończyć się w 2011, lecz bieżąca sytuacja meteorologiczna nie wskazuje, że założenie to, pomimo długiego okresu badawczego, będzie możliwe. Głównym czynnikiem, oprócz wielkości opadu atmosferycznego, działającym lokalnie i okresowo, są przetamowania cieków, naturalne – tworzone lub inicjowane przez bobry podczas mokrych lat lub sztuczne – tworzone przez Służbę Parku. Działanie takich tam kształtuje stany wód podziemnych i wpływa na ich amplitudy, które są niezależne od wielkości opadu.

WSTĘP

Badania dotyczące zakresu i wielkości zmian stanów wód podziemnych, aż do próby prognozowania ich kierunku, przeprowadzono w hydrostrefach bagiennych w Kampinoskim Parku Narodowym (KPN).

Zachowanie istniejących ekosystemów podmokłych oraz renaturalizacja wybranych zdegradowanych (osuszonych) obszarów są ważnymi elementami strategii ekorozwoju, ochrony bioróżnorodności oraz kształtowania zasobów wodnych. W Ramowej Dyrektywie Wodnej obszary podmokłe, wodno-błotne czy mokradła nie są definiowane w żaden sposób, choć są uznawane poprzez wyraźne wskazanie ich funkcji (art. 1) i celów środowiskowych (art. 4). Wymogi Dyrektywy, przedstawione w Załączniku V, pkt 2.1.1. i 2.1.2. [Dyrektywa... 2000] definiują dobry stan ilościowy wód, czyli taki, gdzie poziom wód podziemnych nie podlega zmianom antropogenicznym, które mogłyby spowodować wszelkie szkody w ekosystemach lądowych bezpośrednio uzależnionych od części wód podziemnych. Ekosystemy zależne od wód podziemnych najczęściej są definiowane jako naturalne ekosystemy, które wymagają dostępu do wód podziemnych niezbędnego do zachowania ich bioróżnorodności. Problematyka identyfikacji i ochrony ekosystemów zależnych od wód jest istotną częścią 7 Programu Ramowego (7PR), obejmującego lata 2007–2013, w ramach którego realizowany jest interdyscyplinarny projekt GENESIS. W związku z brakiem jednoznacznej, możliwej do stosowania w różnych dziedzinach definicji, identyfikacja obszarów podmokłych jest ściśle związana z rodzajem i zakresem szeroko pojętych badań środowiskowych. W badaniach hydrogeologicznych, najczęściej przyjmuje się, że są to ekosystemy, których geneza wiąże się z siedliskami uwodnionymi w takim stopniu, że decyduje to o występowaniu w nich hydrofilnej roślinności, hydrogenicznych utworów glebowych oraz płytko położonym zwierciadło wód podziemnych.

W wyniku badań prowadzonych w Kampinoskim Parku Narodowym, wydzielono ekosystemy podmokłe, zajmujące powierzchnię ok. 142 km². Obszary takie położone są w hydrostrefach bagiennych [KROGULEC 2004], ale również w zagłębieniach bezodpływowych mis deflacyjnych.

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Kampinoski Park Narodowy został utworzony w 1959 r. i zajmuje powierzchnię 385 km². Otacza go, ustanowiona w 1977 r., strefa ochronna (otulina) o powierzchni 378 km². Park jest obszarem sieci NATURA 2000 oraz Rezerwatem Biosfery (UNESCO MaB).

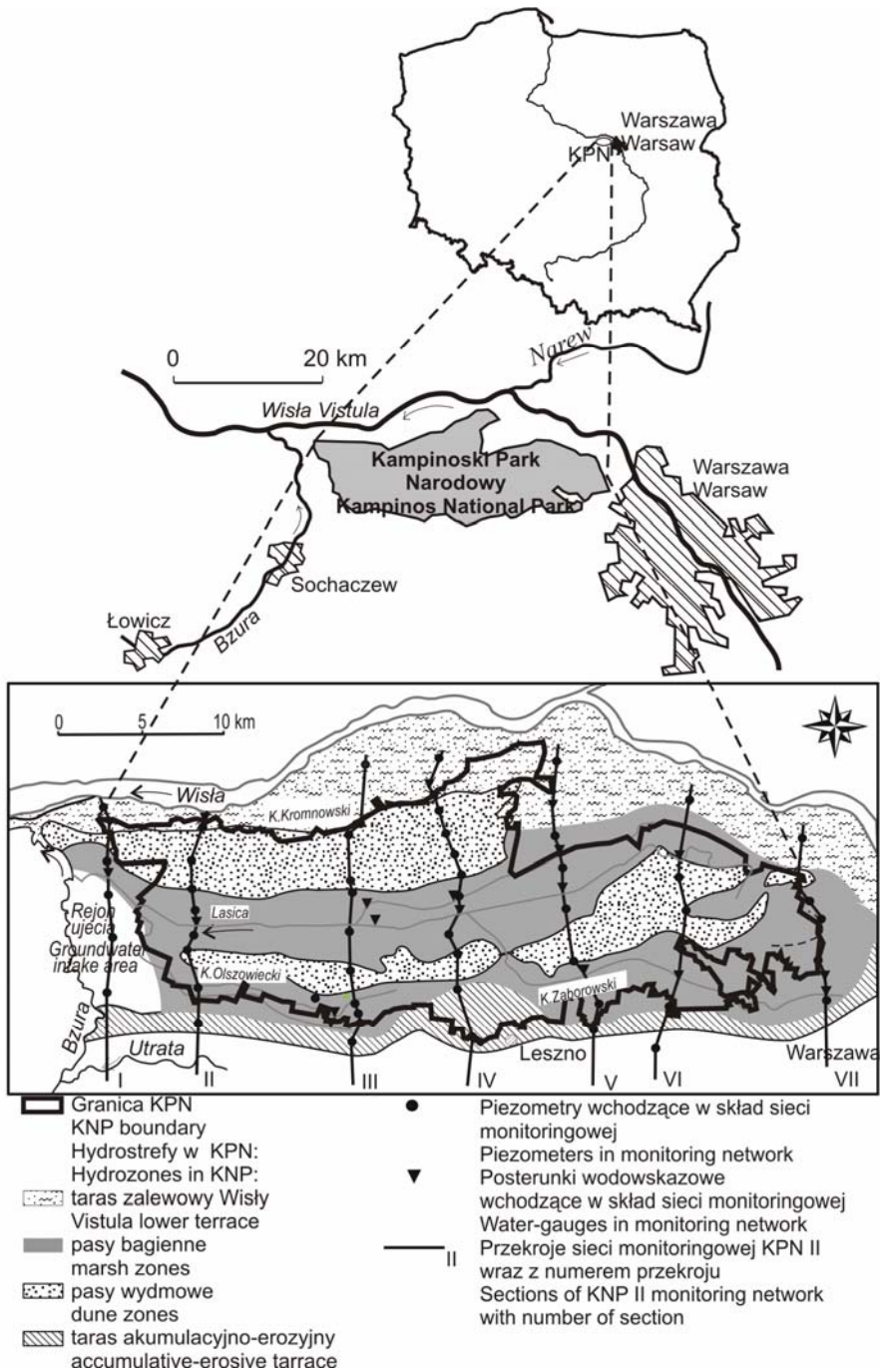
Kampinoski Park Narodowy wraz z otuliną jest zlokalizowany w hydrogeologicznej jednostce dolinnej, którą od północy i północnego wschodu ogranicza prawy brzeg Wisły, od wschodu granica przebiega przedmieściami Warszawy, od po-

łudnia biegnie rolniczymi obszarami Równiny Łowicko-Błońskiej, natomiast od zachodu granicę stanowi lewy brzeg Bzury (rys. 1). Osady czwartorzędowe występują na całym obszarze parku i otuliny stanowiąc kolektor wód podziemnych. Wyraźna dwudzielność warstwy wodonośnej o łącznej miąższości do 50 m, jest reprezentowana przez 2 kompleksy osadów gruboziarnistych, piasków ze żwirem, żwiru i otoczków w części górnej oraz piasków drobnoziarnistych, pylastych, mułkowatych, niekiedy glin piaszczystych w części dolnej. Spąg warstwy wodonośnej zalega w przedziale rzędnych od 2 do 54 m n.p.m.

Badania dotyczące zakresu, wielkości i tendencji zmian stanów wód podziemnych aż do próby prognozowania ich kierunku przeprowadzono w hydrostrefach bagiennych w Kampinoskim Parku Narodowym. Szeroki zakres dotychczasowego rozpoznania hydrogeologicznego w KPN pozwolił na wydzielenie w obrębie parku obszarów o podobnych warunkach hydrodynamiczno-środowiskowych, nazwanych hydrostrefami. Hydrostrefy bagienne wyznaczono na podstawie analizy warunków hydrodynamiczno-środowiskowych, a 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, warunków środowiskowych (typy gleb, zagospodarowanie terenu, zróżnicowanie morfologii itp.) [KROGULEC 2004]. Przestrzenny układ hydrostref nawiązuje do typowego dla obszaru KPN i otuliny pasowego układu form rzeźby powierzchni terenu. W rejonie KPN wydzielono następujące hydrostrefy (rys. 1):

- taras zalewowy Wisły,
- 2 pasy bagienne (północny i południowy),
- 2 pasy wydymowe i piasków przewianych (północny i południowy),
- taras akumulacyjno-erozyjny warszawsko-błoński nazywany poziomem błońskim (wraz z fragmentem wysoczyzny).

Zróżnicowanie litologiczne warstwy wodonośnej w obrębie KPN dobrze ilustrują wartości parametrów hydrogeologicznych. Górna część warstwy wodonośnej (do 17,5 m p.p.t.) charakteryzuje się wartością współczynnika filtracji w zakresie $30\text{--}71\text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$. W dolnej części warstwy, współczynnik filtracji jest wyraźnie niższy i przyjmuje wartości poniżej $30\text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$. Dotychczas przeprowadzone badania geofizyczne wskazują, że warstwa wodonośna jest jednorodna. W kwietniu 2010 r. przeprowadzono rozpoznanie terenowe w ramach realizacji projektu „Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności”. Wyniki rozpoznania dokonanego z zastosowaniem sprzętu Geoprobe nie potwierdzają stwierdzonej wcześniej jednorodności warstwy wodonośnej. Z wykonanego wiercenia pobrano próbki o naruszonej i nienaruszonej strukturze dla których, w wyniku badań laboratoryjnych, zmierzono prędkość filtracji wody w permeametrze kolumnowym UPK-99 oraz analizy sitowe w celu określenia współczynników filtracji. Przeanalizowano zmienność wartości współczynnika



Rys. 1. Lokalizacja terenu badań; źródło: KROGULEC [2004]

Fig. 1. Study area location; source: KROGULEC [2004]

filtracji. Dla profilu pobranego z północnego pasa bagiennego wykonano 10 oznaczeń, pobierając próbki od 0,3 m do 9,6 m p.p.t. Średnia wartość współczynnika filtracji wynosi $8,48 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$, w zakresie zmian od 0,59 do $24,46 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$.

Ilościową ocenę zasilania infiltracyjnego w rejonie KPN przeprowadzono z uwzględnieniem metod modelowania numerycznego. Obszar modelu obejmował fragment doliny Wisły w rejonie lokalizacji KPN wraz z otuliną. Uzyskana w wyniku modelowania siatka zasilania stanowiła tablicę liczb, która w sposób dyskretny reprezentowała przestrzenny rozkład zasilania wydzielonego systemu wodonośnego, przedstawiony następnie za pomocą metody krigingu w postaci mapy zasilania. Rozdzielczość obrazu zasilania wynika wprost ze schematu dyskretyzacji przestrzeni (na obszarze KPN przyjęto krok dyskretyzacji $100 \times 100 \text{ m}$). Wyniki modelowania numerycznego potwierdzają, że zasilanie infiltracyjne odbywa się w obszarach wyniesionych morfologicznie, podczas gdy w pasach bagiennych, z uwagi na płytkie występowanie zwierciadła, następuje intensyfikacja strat związanych z ewapotranspiracją. Wielkość zasilania w hydrostrefach bagiennych wynosi około $50 \text{ mm}\cdot\text{rok}^{-1}$, natomiast ewapotranspiracji (rozumiana jako parowanie z płytkich wód podziemnych) wynosi około $50 \text{ mm}\cdot\text{rok}^{-1}$ w północnej i nieco ponad $60 \text{ mm}\cdot\text{rok}^{-1}$ w południowej hydrostrefie bagiennej.

ZAKRES BADAŃ MONITORINGOWYCH

System monitoringu wód w Kampinoskim Parku Narodowym opiera się na manualnych (regularnych) i automatycznych (ciągłych) obserwacjach stanów wód podziemnych, prowadzonych od 1999 r. w 56 piezometrach, zlokalizowanych na całym obszarze KPN i otuliny. Punkty obserwacyjne wód powierzchniowych i podziemnych zgrupowano w 7 przekrojach obserwacyjnych, przebiegających prostopadle do linii Wisły. Pomiar manualne, będące podstawą analizy zakresu i tendencji zmian stanów wód podziemnych, obejmują obecnie bazę 11 lat, czyli ponad 16 tys. pomiarów. W hydrostrefach bagiennych – północnej i południowej jest zlokalizowanych odpowiednio: 11 i 9 punktów monitoringowych (rys. 1, 4).

Dotychczasowa analiza danych monitoringowych wskazuje, że środowisko wód podziemnych hydrostref bagiennych cechuje się dużą dynamiką stanów wód [KROGULEC i in. 2009; KROGULEC i in. 2010].

CHARAKTERYSTYKA FLUKTUACJI STANÓW WÓD PODZIEMNYCH W HYDROSTREFACH BAGEIENNYCH

Na podstawie danych monitoringowych przeprowadzono obliczenia statystyczne. Okres obserwacji w KPN jest długi, wieloetworowe systemy monitoringowe wód podziemnych funkcjonują bowiem w Polsce od kilku lat w ramach monitorin-

gu lokalnego lub osłonowego. Przykładowo, szeregi pomiarowe stanów zwierciadła wód podziemnych z sieci Państwowego Instytutu Geologicznego – Stacjonarne Obserwacje Hydrogeologiczne są znacznie krótsze i obejmują w większości lata 2000–2010; w rejonie KPN zlokalizowany jest tylko 1 punkt tej sieci. Dłuższe są okresy pomiarów w posterunkach wód gruntowych IMiGW i obejmują lata 1960–2005, ale badania prowadzone były w studniach kopanych, co znacznie ogranicza wiarygodność pomiarów. Szerszy opis liczby punktów obserwacyjnych IMGW i możliwości wykorzystania danych pomiarowych został przedstawiony w publikacji KROGULEC [2004].

Jednak z uwagi na obliczenia statystyczne, wnioski w zakresie predykcji zdarzeń, ze względu na 11-letni okres badań w sieci monitoringowej KPN, powinny być w dalszych badaniach sprawdzane i korygowane. W obszarze badań dokonano oceny tendencji zmian stanów wód podziemnych poprzez wyznaczenie linii trendów. Przeprowadzona analiza ciągu obserwacji z dziesięciolecia za pomocą linii trendu w postaci $y = ax + b$ [KROGULEC i in. 2010] nie określa jednoznacznie kierunku tendencji zmian. Oznacza to, że nie ma obecnie przesłanek wskazujących na trwałe osuszanie się hydrostref bagiennych. Zdecydowanie wiarygodniejsze dopasowanie uzyskuje się za pomocą linii trendu o równaniu wielomianu trzeciego stopnia (tab. 1).

Ciągi obserwacji stanów wód podziemnych w piezometrach, reprezentowanych przez istotne statystycznie linie trendu, wskazują na trzy charakterystyczne okresy zmian stanów. Linia trendu kształtem zbliżona do wykresu cosinusoidy, ma dwa maxima – w 1999 i 2007 r. (rys. 2). Lata te są początkiem sekwencji okresów suchych i końcem wilgotnych. Począwszy od 1999 r., będącego pierwszym rokiem obserwacji w piezometrach, uwidacznia się zniżkujący trend zwierciadła wód podziemnych, po 2003 r. następuje odwrócenie charakteru trendu. Kolejny trend malejący rozpoczyna się w 2007 r. i zakładając utrzymanie się dotychczasowych tendencji, jego odwrócenie nastąpi po 2011 r.

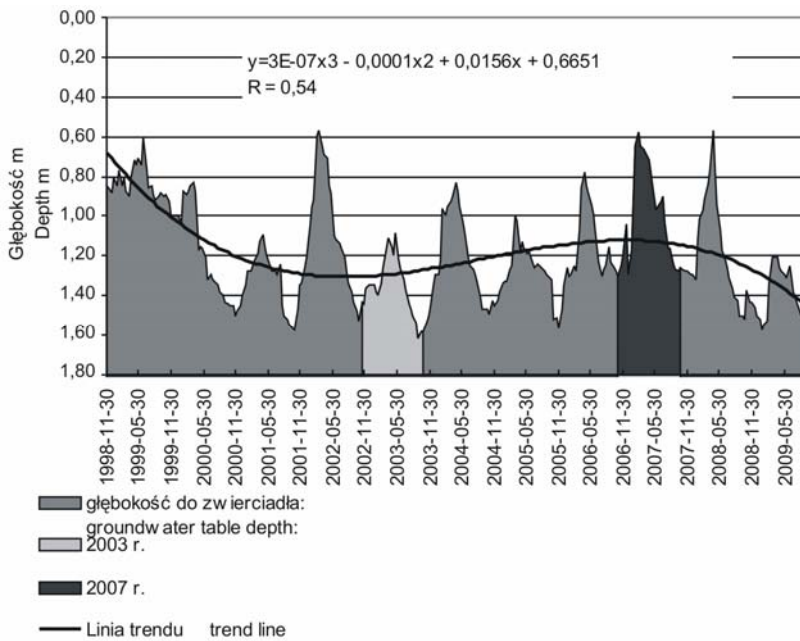
Stany wód podziemnych w hydrostrefach bagiennych cechują się dużą dynamiką zmian (rys. 3, 4). W północnym pasie bagiennym coroczne, wysokie stany w okresie wiosennym utrzymują się średnio na poziomie 0,05–0,20 m p.p.t., najniższe występują na jesieni i osiągają głębokość około 2 m p.p.t., podczas gdy średnie roczne utrzymują się na poziomie 1,00 m p.p.t. dla wielolecia 1999–2009. Na obszarze południowego pasa bagiennego corocznie występują zalewy terenu do ok. 30 cm, a w skrajnych przypadkach nawet do 50 cm. W okresie niskich stanów, zwierciadło lokalnie i okresowo występuje na głębokości ok. 3 m. Średnie głębokości, podobnie jak w północnym pasie, kształtują się na poziomie ok. 1 m (dla wielolecia 1999–2009 jest to wartość 1,19 m) (rys. 3).

Najważniejszym czynnikiem warunkującym głębokość położenia zwierciadła wód podziemnych na obszarach hydrostref bagiennych jest zasilanie infiltracyjne. Wielkość zasilania wód podziemnych w KPN była przedmiotem szczegółowych badań [KROGULEC 2010]. Przeprowadzone badania miały charakter ilościowej

Tabela 1. Zestawienie obserwacji stanów wód podziemnych w piezometrach hydrostref bagiennych wraz z liniami trendu zmian
Table 1. Summary of the groundwater level observations in piezometres located in marsh zones with a trend line of changes

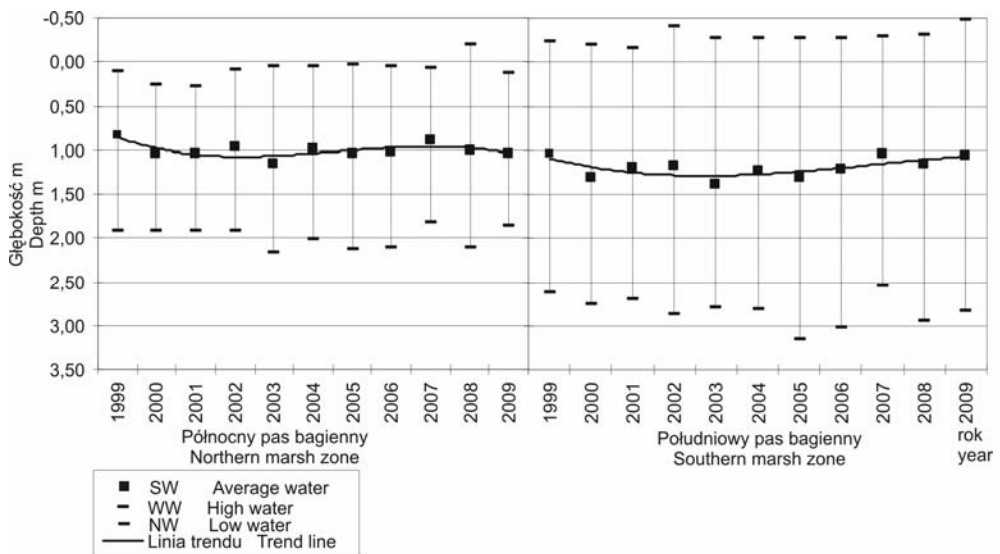
Hydrostrefy Hydrozones	Nr piezometru No. of piezometre	Głębokość do zwierciadła wody, m Groundwater table depth, m			Amplituda Amplitude m	Równanie linii trendu Trend line equation
		średnia roczna mean annual	max roczna annual maximum	min. roczna annual minimum		
Północny pas bagienny Marsh northern belt	P9	0,85	1,45	0,13	1,32	$y = 9E-08 x^3 - 5E-05 x^2 + 0,0059x + 0,7368$
	P10	0,62	1,11	-0,19	1,30	$y = 1E-07 x^3 - 5E-05 x^2 + 0,0062x + 0,5034$
	P18	0,91	1,52	0,30	1,22	$y = 1E-07 x^3 - 5E-05 x^2 + 0,0083x + 0,6153$
	P19	1,37	2,14	0,34	1,80	$y = -7E-08 x^3 + 2E-05 x^2 + 0,0006x + 1,1859$
	P32	0,85	1,35	0,27	1,08	$y = 1E-07 x^3 - 6E-05 x^2 + 0,0058x + 0,8334$
	P33	1,30	2,03	0,59	1,44	$y = 1E-07 x^3 - 7E-05 x^2 + 0,0094x + 0,9801$
	P37A	1,18	1,62	0,57	1,05	$y = 3E-07 x^3 - 0,0001 x^2 + 0,0156x + 0,6651$
	P38	1,15	1,76	0,10	1,66	$y = 3E-07 x^3 - 0,0001 x^2 + 0,0184x + 0,5453$
	P39	0,61	1,26	0,04	1,22	$y = 2E-07 x^3 - 7E-05 x^2 + 0,0081x + 0,3966$
	P40	1,47	2,16	0,87	1,29	$y = 2E-07 x^3 - 7E-05 x^2 + 0,0091x + 1,2162$
	P46	1,00	1,60	0,25	1,35	$y = 1E-07 x^3 - 6E-05 x^2 + 0,0085x + 0,661$
	P55	0,70	1,46	0,32	1,14	$y = 9E-09 x^3 - 1E-05 x^2 + 0,0029x + 0,5637$
	P12	0,51	1,15	-0,23	1,38	$y = 8E-08 x^3 - 3E-05 x^2 + 0,0032x + 0,485$
	P21	0,16	0,98	-0,48	1,46	$y = 4E-08 x^3 - 3E-05 x^2 + 0,0049x + 0,047$
	P22	0,68	1,60	-0,16	1,76	$y = -4E-08 x^3 - 8E-07 x^2 + 0,0032x + 0,4842$
P23	1,35	2,41	0,55	1,86	$y = 2E-07 x^3 - 0,0001 x^2 + 0,0142x + 1,1185$	
P25	1,67	2,25	1,10	1,15	$y = 9E-08 x^3 - 5E-05 x^2 + 0,0076x + 1,406$	
P35	2,30	3,16	1,54	1,62	$y = 2E-07 x^3 - 8E-05 x^2 + 0,0119x + 1,8312$	
P42	0,95	1,86	0,25	1,61	$y = -9E-09 x^3 - 3E-06 x^2 + 0,0022x + 0,784$	
P47	1,95	2,63	1,09	1,54	$y = 2E-07 x^3 - 9E-05 x^2 + 0,012x + 1,5817$	

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.



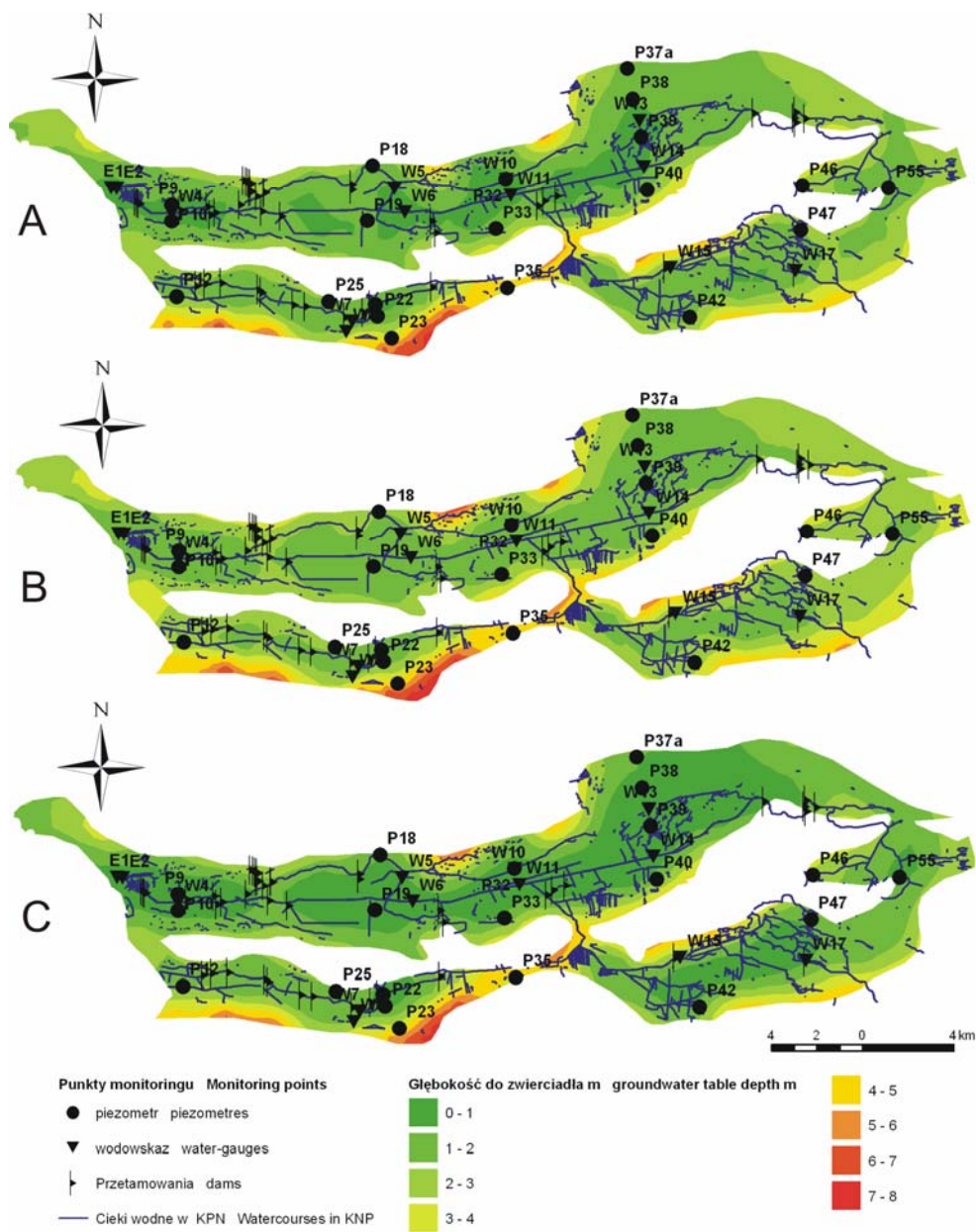
Rys. 2. Trend zmian stanów wód podziemnych na przykładzie obserwacji w piezometrze P37A; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Trend of groundwater level changes based on observations in P37A piezometre; source: own studies



Rys. 3. Zakres zmienności stanów wód podziemnych w pasach bagiennych; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Range of variability of groundwater levels in marsh belts; source: own studies

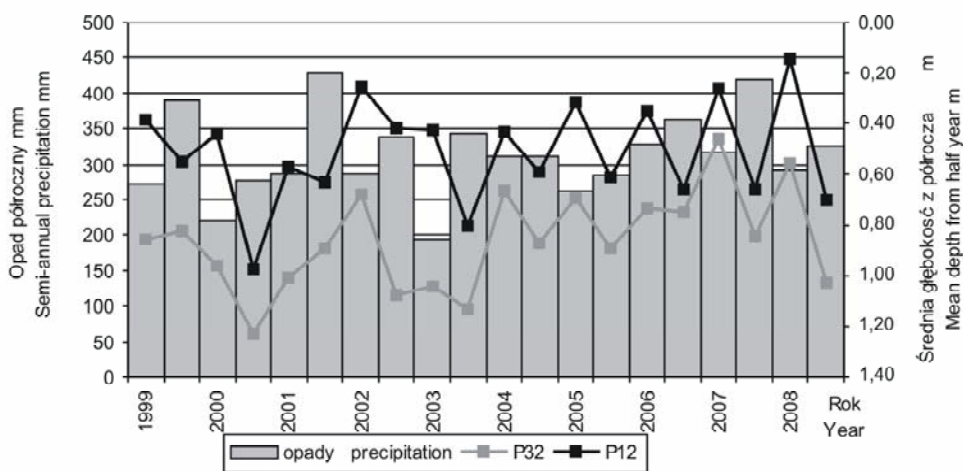


Rys. 4. Głębokość do wód podziemnych w pasach bagiennych: A – wartości średnie z wielolecia 1999–2009, B – wartości średnie w 2003 r. (rok suchy), C – wartości średnie w 2007 r. (rok mokry); źródło: wyniki własne

Fig. 4. Groundwater table depth in marsh zones: A – mean values from 1999–2009, B – mean values in 2003 (dry year), C – mean values in 2007 (wet year); source: own studies

oceny regionalnej. Stosowana metodyka oceny wielkości zasilania infiltracyjnego umożliwia określenie intensywności tego procesu dla całego, wydzielonego obszaru lub w wydzielonych podobszarach, nie dając podstaw do analizy lokalnej zmienności wielkości zasilania.

Z uwagi na fakt, że wielkość zasilania badanego obszaru zależy głównie od wysokości opadu atmosferycznego, przykładowo przeprowadzono obliczenia korelacji stanów wód podziemnych z opadem atmosferycznym każdego piezometru znajdującego się w hydrostrefach bagiennych. Obliczenia te wykonano dla półrocznych sum opadów (półrocza zimowe i letnie) i średnich półrocznych stanów wód podziemnych w piezometrach (rys. 5). Wyniki wskazują na znaczne zróżnicowanie zależności: opad atmosferyczny – głębokość do zwierciadła wód podziemnych, co obrazują różnorodne wartości współczynnika determinacji (tab. 2).



Rys. 5. Wykres zmian położenia zwierciadła wód podziemnych w wybranych piezometrach: P12 i P32 na tle opadu atmosferycznego; źródło: wyniki własne

Fig. 5. Changes of groundwater table depths in selected piezometres: P12 and P32 in relation to precipitation; source: own studies

Siła korelacji uwidacznia się w istotności linii trendu. Do analizy wybrano trzy poziomy istotności linii trendu: 0,05; 0,1 oraz 0,2. Określenie istotności trendu na poszczególnych poziomach skutkuje wyróżnieniem piezometrów, w których zależność stanów od opadów przyjmuje wartości ekstremalne. Dzięki temu można wyodrębnić obszar lokalizacji piezometrów, w których zależność stanów od opadu jest znaczna, dlatego można pominąć inne czynniki środowiskowe oddziałujące na wysokość stanów wód podziemnych (piezometry: P9, P32, P40 oraz P21, P23, P25) oraz obszar gdzie zlokalizowane są piezometry, dla których zależność ta jest bardzo mała, przez co należy szczególnie rozważyć wpływ innych czynników śro-

Tabela 2. Siła korelacji głębokości do wód podziemnych z wielkością opadu atmosferycznego oraz ich istotność**Table 2.** Correlations between groundwater depth and precipitation and their significance

Hydrostrefy Hydrozones	Nr piezometru No. of piezometre	Współczynnik determinacji, R^2 Determination coefficient, R^2	Poziom istotności Significance		
			0,05	0,1	0,2
Północny pas bagienny Northern marsh belt	P9	0,36	tak yes	tak yes	tak yes
	P10	0,28	nie no	tak yes	tak yes
	P18	0,25	nie no	nie no	tak yes
	P19	0,01	nie no	nie no	nie no
	P32	0,43	tak yes	tak yes	tak yes
	P33	0,21	nie no	nie no	tak yes
	P37A	0,08	nie no	nie no	nie no
	P38	0,11	nie no	nie no	nie no
	P39	0,29	nie no	tak yes	tak yes
	P40	0,41	tak yes	tak yes	tak yes
	P46	0,01	nie no	nie no	nie no
	P55	0,34	nie no	tak yes	tak yes
	Południowy pas bagienny Southern marsh belt	P12	0,13	nie no	nie no
P21		0,41	tak yes	tak yes	tak yes
P22		0,22	nie no	nie no	tak yes
P23		0,45	tak yes	tak yes	tak yes
P25		0,38	tak yes	tak yes	tak yes
P35		0,17	nie no	nie no	nie no
P42		0,18	nie no	nie no	tak yes
P47		0,13	nie no	nie no	nie no

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

dowiskowych na stany wód podziemnych (P19, P37A, P38, P46 oraz P12, P35). Wyniki obliczeń bezpośrednio wskazują rejony, w których zależność stanów wód podziemnych od wysokości opadów atmosferycznych jest znaczna oraz rejony, w których inne przyczyny niż wielkość zasilania infiltracyjnego mają decydujący wpływ na położenie zwierciadła wód podziemnych (rys. 5).

Podjęto również próbę korelacji wahań zwierciadła wody w hydrostrefach bagiennych z głównymi zbiorowiskami roślinności oraz siedliskami glebowymi [SZEWCZYK, DOMAŃSKA 2010; PIÓRKOWSKI i in. 2010]. Przeprowadzono statystyczne testy zgodności w celu sprawdzenia, czy istnieje zależność między np. konkretnym typem roślinności z głębokością do zwierciadła wody w skali lokalnej. We wszystkich obliczeniach wartość statystyki testowej była mniejsza niż wartość krytyczna odczytana z tablic, w związku z czym test nie potwierdził poszukiwanych zależności. W przypadku obszarów bagiennych brak zależności między poszukiwanymi charakterystykami, np. zbiorowiskami roślinnymi a stanami wody,

może wynikać z przeprowadzonej generalizacji danych dotyczących roślinności oraz zakresu i tempa ich zmienności. Dodatkowo, w przypadku zbiorowisk roślinnych, grupy charakterystyczne dla obszarów podmokłych (bagienne i wilgotne) są bardzo wrażliwe na warunki klimatyczne, stąd ich obecność w danym miejscu i czasie może wynikać z typu roku. W przypadku gleb, raz rozpoczęty proces murszenia na skutek melioracji obszaru KPN, jest trudno odwracalny nawet w przypadku wzrostu poziomu wód podziemnych.

WNIOSKI

Analiza statystyczna danych monitoringowych wód podziemnych w hydrostrefach bagiennych w KPN dotyczyła:

1. Charakterystyki parametrów statystycznych wraz z określeniem zakresu dynamiki zmian stanów wód podziemnych w okresie prowadzonych obserwacji monitoringowych.

Stany wód podziemnych w hydrostrefach bagiennych cechują się dużą dynamiką zmian. Dla wielolecia 1999–2009 określono, że amplitudy zmian stanów w ciągu roku osiągają wielkość do 1,86 m. W północnym pasie bagiennym coroczne, wysokie stany w okresie wiosennym utrzymują się średnio na poziomie 0,05–0,20 m p.p.t., najniższe występują na jesieni i osiągają głębokość ok. 2 m p.p.t. Na obszarze południowego pasa bagiennego corocznie występują zalewy terenu osiągające lokalnie wysokość ok. 30 cm, a w skrajnych przypadkach nawet 50 cm, w okresie niskich stanów, zwierciadło okresowo może występować na głębokości ok. 3 m. Średnie głębokości w obu pasach kształtują się na poziomie ok. 1 m.

2. Oceny tendencji zmian stanów wód podziemnych poprzez wykreślenie linii trendów wraz z wyznaczeniem charakterystycznych okresów zmian stanów wód podziemnych.

Wyniki korelacji wskazują na znaczne zróżnicowanie zależności: opad atmosferyczny – głębokość do zwierciadła wód podziemnych. Określenie istotności trendu pozwoliło na wydzielenie rejonów, w których zależność od opadu jest znaczna i inne czynniki środowiska oddziałujące na wysokość stanów wód podziemnych można pominąć (rejon lokalizacji piezometrów: P9, P21, P23, P25, P32, P40) oraz rejon, gdzie zależność ta jest bardzo mała. Znacznie zgeneralizowane dane roślinne i glebowe, ze względu na wielkość opracowanego obszaru, nie mogą być podstawą do wyznaczenia lokalnych warunków środowiskowych i ich wpływu na wahania zwierciadła wód podziemnych. Ważnymi czynnikami geogenicznymi zmian stanów wód podziemnych, wpływającymi lokalnie na wysokość położenia zwierciadła są okresowe przyhamowania wód na ciekach (rys. 4).

3. Prognozy zmian stanów.

Istotnie statystycznie linie trendu wielomianu trzeciego stopnia, opracowane na podstawie 11-letniego okresu obserwacji, wskazują na charakterystyczne okresy zmian stanów wód podziemnych. Malejący trend zwierciadła odpowiada począt-

kowi sekwencji lat suchych, natomiast trend wzrostowy, początkowi sekwencji lat wilgotnych. W okresie funkcjonowania monitoringu wyróżniają się szczególnie 3 lata: 1999 i 2007, w których odnotowano maksymalne stany wód podziemnych (lata mokre) oraz rok 2003 (skrajnie suchy), podczas którego na terenie pasów bagiennych pojawiła się niżówka hydrogeologiczna, czyli okres w którym nastąpiło istotne zubożenie zasobów wód podziemnych na podstawie zdefiniowanych i przyjętych dla danego regionu hydrogeologicznego kryteriów ilościowych i/lub jakościowych [KROGULEC 2009]. Pomimo dobrego dopasowania linii trendu do przebiegu stanów wód podziemnych, wynikająca z tego prognoza, że rok 2011 będzie skrajnie suchy, wydaje się jednak mało realna, co potwierdza potrzebę i konieczność dalszych badań oraz analizy statystycznej możliwie długiego okresu obserwacji.

Badania wykonane w ramach projektu pt. „Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności”, który uzyskał wsparcie udzielone przez Islandię, Liechtenstein oraz Norwegię poprzez dofinansowanie ze środków Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego.

LITERATURA

- Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. Dz.Urz. UE L327/1.
- KROGULEC E. 2004. Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia w dolinie rzecznej na podstawie przesłanek hydrodynamicznych. Warszawa. WUW s. 156.
- KROGULEC E. 2009. Ocena stopnia szcerpania zasobów wód podziemnych w oparciu o wyniki monitoringu w rejonie Kampinoskiego Parku Narodowego. Materiały niepublikowane. Warszawa. Archiwum PIG s. 25.
- KROGULEC E. 2010. Evaluation of infiltration rates within the Vistula River valley, central Poland. Acta Geologica Polonica. Vol. 60 no. 4 s. 617–628.
- KROGULEC E., ANDRZEJEWSKA A., FURMANKOWSKA A., ZABŁOCKI S. 2009. Analiza stanów wód podziemnych na obszarach podmokłych na przykładzie obserwacji w Kampinoskim Parku Narodowym. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego. Nr 436 s. 281–288.
- KROGULEC E., FURMANKOWSKA A., TRZECIAK J., ZABŁOCKI S. 2010. Factors determining range and tendencies of groundwater level changes in wetland areas. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego. Nr 441 s. 73–82.
- PIÓRKOWSKI H., DOMAŃSKA M., RYCHARSKI M., JAKUBOWSKI W., OSTRZYŻEK S., STEFANIAK P. 2010. Rezultat 17 – Aktualna mapa siedliskowo-glebowa przedstawiająca siedliska i gleby hydrogeniczne w standardzie GIS. W: Projekt pt. „Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności” [online]. [Dostęp 13.12.2010 r.]. Dostępny w Internecie: <http://kampinos.sggw.pl>
- SZEWczyk M., DOMAŃSKA M. 2010. Rezultat 30 – Zestaw wymogów i ograniczeń związanych z użytkowaniem siedlisk. W: Projekt pt.: „Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności” [online]. [Dostęp 13.12.2010 r.]. Dostępny w Internecie: <http://kampinos.sggw.pl>

Ewa KROGULEC, Anna FURMANKOWSKA, Krzysztof JÓŹWIAK, Sebastian ZABŁOCKI

**RANGE AND TRENDS OF CHANGES IN GROUNDWATER LEVEL
IN WETLANDS OF THE KAMPINOS NATIONAL PARK**

Key words: groundwater level, Kampinos National Park, monitoring observations, wetland areas, wetland hydrozones

S u m m a r y

Marshes cover about 2440 km² in the Kampinos National Park. The specific characteristic of KNP marsh zones is the presence of shallow ground water tables from 0.16 to 2.30 m. The range and trends of groundwater level changes there are related to the influence of geogenic and anthropogenic factors. From among geogenic factors, the most important are the distribution and seasonality of precipitation, which determine the infiltration recharge, evapotranspiration and drainage of shallow groundwater system by streams. Defining the role of factors affecting the range and trends of groundwater level changes in KNP was based on regular monitoring carried out in the park from 1999 to 2009. Obtained correlations indicated a high diversity of the relation: atmospheric precipitation – groundwater table depth in particular areas of the delineated marsh zones. In some, the relationship was so close that other environmental factors seem insignificant, in others, the relationship was weak indicating the effect of factors other than atmospheric precipitation. Groundwater level in marshes was characterised by dynamic changes – the amplitudes in the years 1999–2009 reached from 2 m in northern marsh zone to over 3 m in the southern zone and average annual amplitude was 1.86 m. Since the beginning of observations in 1999 groundwater table tended to decline, after 2003 the character of the trend reversed. Another decreasing trend started in 2007 and, considering previous tendencies, its reverse should be expected after 2011, although present meteorological conditions suggest that this regularity will not be followed. Anthropogenic factors, such as water withdrawal and improper draining system, have not changed in recent years, so their influence can be considered steady and negligible in elaborating programmes of wetland renaturalisation. Basic factors which caused local and temporary increase of groundwater table depth were beaver dams. These dams resulted in groundwater level changes which were mostly independent of precipitation.

Recenzenci:

prof. dr hab. Waldemar Mioduszewski
dr hab. Tomasz Okruszko, prof. SGGW

Praca wpłynęła do Redakcji 28.02.2011 r.