

WYBÓR WARIANTU RENATURALIZACJI OBSZARÓW PODMOKŁYCH W KAMPINOSKIM PARKU NARODOWYM NA PODSTAWIE HYDRODYNAMICZNYCH BADAŃ MODELOWYCH

VARIANT SELECTION OF WETLAND AREAS RESTORATION IN THE KAMPINOS NATIONAL PARK BASED ON HYDRODYNAMIC MODELLING RESEARCH

TOMASZ GRUSZCZYŃSKI¹, EWA KROGULEC¹

Abstrakt. Badania modelowe przeprowadzono w hydrogeologicznej jednostce dolinnej, w której jest zlokalizowany Kampinoski Park Narodowy (KPN). Celem obliczeń było sporządzenie prognoz na potrzeby oceny proponowanych wariantów renaturalizacji obszarów podmokłych zlokalizowanych w KPN. Realizacja zadania badawczego sprowadzała się do symulacji zagrożeń związanych z przekształceniem aktualnego układu sieci hydrograficznej. Analiza poszczególnych wariantów przekształcenia sieci hydrograficznej w KPN wykazała, że najbardziej efektywna, z punktu widzenia podniesienia zwierciadła wód podziemnych, byłaby całkowita likwidacja sieci melioracyjnej, którego głównym elementem jest kanał Łasica. Rezultaty obliczeń wskazują, że zmiana stanu hydrodynamicznego w wyniku przemodelowania biegu Łasicy będzie mniej znacząca niż w przypadku całkowitej likwidacji cieku. W pierwszym okresie po odtworzeniu meandrowego charakteru koryta może dojść do niepożądanego obniżenia stanów wód w związku z obniżeniem oporności filtracyjnej koryta. Wraz z postępującą w czasie kolmatacją koryta oczekiwane należy odbudowania, a lokalnie nawet przekroczenia stanów aktualnych.

Słowa kluczowe: obszary podmokłe, renaturalizacja, model filtracji, Kampinoski Park Narodowy.

Abstract. Modelling research was conducted in the hydrogeological valley unit, where the Kampinos National Park (KNP) is situated. The aim of the calculations was to provide a prognosis for the evaluation of proposed restoration variants of the wetland areas located in the KNP. Implementation of the research task required simulation of threats connected with the present hydrographic net transformation. The analysis of particular variants of hydrographic net transformation revealed that the most effective, in terms of groundwater level increase, would be complete elimination of the melioration net, whose base element is the Lasica Canal. The calculation results indicate that the change of hydrodynamic state, as a result of change in the Lasica Canal course, will be less significant than its total elimination. In the first period, after restoration of the meander character of the riverbed, an undesirable groundwater level decrease can appear as a result of decrease in riverbed resistance. As the riverbed colmatage increases in time, the groundwater table levels will be rebuilt or even will locally exceed the present states.

Key words: wetland areas, restoration, filtration model, Kampinos National Park.

WSTĘP

Celem obliczeń modelowych było sporządzenie prognoz na potrzeby oceny różnych wariantów renaturalizacji obszarów podmokłych zlokalizowanych w Kampinoskim

Parku Narodowym (KPN). Programy renaturalizacji polegające na planowaniu działań w zakresie podniesienia stanów wód podziemnych w celu utrzymania istniejących oraz

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa;
e-mail: tgruszcz@uw.edu.pl, ewa.krogulec@uw.edu.pl

odtworzenia osuszonych obszarów bagiennych są ważnymi elementami strategii ekorozwoju, ochrony bioróżnorodności oraz kształtowania zasobów wodnych.

Pierwotne stosunki przyrodnicze panujące na obszarze KPN zostały zmienione poprzez osuszanie i zamianę mokradeł na łąki i pastwiska. Proces osuszania mokradeł skutkujący degeneracją roślinności siedlisk hydrogenicznych, obserwowany w Parku od końca XIX w. (m.in. Michalska-Hejduk, 2001; Solon, 2003), był związany przede wszystkim ze zmianą sieci rzecznej i melioracją obszaru Parku. W pierwszej połowie XX w. wybudowano w rejonie KPN wały przeciwpowodziowe o wysokości 4 m, oddzielające koryto Wisły od jej tarasów. Wały te nie spełniały w tym czasie właściwej roli, często ulegały rozmyciu i przerwaniu. Obecne obwałowania są skuteczniejsze, ostatnie „przepłukanie” części doliny Wisły na wysokości KPN przez wodę pochodzącą z wezbrania rzeki wystąpiło w 1934 r. (Gutry-Korycka, 2003). Pierwsze przeprowadzone roboty melioracyjne były związane z regulacją ujściowego i dolnego odcinka Łasicy (19,6 km). W latach międzywojennych wykonano między

innymi regulację kilku mniejszych kanałów melioracyjnych, w tym także Kanału Olszowieckiego na długości 7 km. W latach 1942–1961 wykonano Kanał Kromnowski, który spowodował nadmierne odwodnienie okolicznych terenów. W latach 50. front prac melioracyjnych był szczególnie intensywny, uregulowano wówczas dolny odcinek Kanału Zaborowskiego. W kolejnych trzech latach zmeliorowano koryto Łasicy, utworzono 18-kilometrowy Kanał Ł-9 oraz kilka budowli piętrzących na kanałach. Obserwowane w tym okresie zmiany siedlisk nie dawały odpowiedzi, czy są one odwracalne (Michalska-Hejduk, 2001; Solon, 2003). Ostatnie 15 lat to czas okresowych lokalnych podtopień w Parku, które spowodowały wtórne zabagnienia siedlisk, to zaś uruchomiło regenerację roślinności. Taka naturalna tendencja wskazuje na możliwość i zasadność podejmowania prób renaturyzacji najbardziej przekształconych obszarów podmokłych. Niezbędnym elementem planowanych działań jest analiza skutków różnych wariantów/scenariuszy renaturalizacji, możliwa do przeprowadzenia w hydrodynamicznych badaniach modelowych.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Kampinoski Park Narodowy jest zlokalizowany w rejonie Warszawy, w hydrogeologicznej jednostce dolinnej Wisły (fig. 1).

Osady czwartorzędowe występują na całym obszarze KPN i otuliny, stanowiąc kolektor wód podziemnych. Spąg czwartorzędowej warstwy wodonośnej, o łącznej miąższości do 50 m, występuje w przedziale rzędnych od 2 do 54 m n.p.m. Strefę aeracji i najpłycej położoną część warstwy wodonośnej budują piaski drobnoziarniste z domieszką piasków pylastych, niżej występuje warstwa piasków średnioziarnistych o niewielkiej miąższości. Warstwa wodonośna reprezentowana jest przez dwa miąższe kompleksy osadów: piaski gruboziarniste, piaski ze żwirem, żwiry i otoczaki w górnej części warstwy oraz piaski drobnoziarniste, pylaste, mułkowate, niekiedy gliny piaszczyste w części dolnej. Lokalnie kompleksy te mają większą miąższość i inne wykształcenie litologiczne (rejon ujęcia w Wólce Smolanej) lub są oddzielone przewarstwieniem glin piaszczystych i pylastych oraz glin zwałowych. Zróżnicowanie litologiczne warstwy wodonośnej w obrębie KPN dobrze ilustrują wartości parametrów hydrogeologicznych poszczególnych kompleksów. Górna część warstwy wodonośnej charakteryzuje się wartością współczynnika filtracji w zakresie od 30 do 71 m/d. W części dolnej warstwy współczynnik filtracji jest wyraźnie niższy i przyjmuje wartości poniżej 30 m/d (Krogulec, 2004, 2010; Krogulec i in., 2010).

W badanej jednostce dolinnej wydzielono obszary o podobnych warunkach hydrodynamiczno-środowiskowych, nazywane hydrostrefami (Krogulec, 2004). Kryteriami wydzielenia hydrostref były przede wszystkim różnice dotyczące: dynamiki i charakteru zmian stanów wód podziemnych, średniej głębokości do zwierciadła wód podziemnych, czynników wa-

runkujących proces zasilania i drenażu, warunków środowiskowych (typy gleb, zagospodarowanie terenu, zróżnicowanie morfologii itp.). Przestrzenny układ hydrostref nawiązuje do typowego dla obszaru KPN i otuliny pasowego układu form rzeźby terenu. W rejonie KPN wydzielono następujące hydrostrefy: taras zalewowy Wisły, pasy bagienne (północny i południowy), pasy wydymowe i piasków przewianych (północny i południowy), równinę akumulacji zastoiskowej nazywanej poziomem błońskim (wraz z fragmentem wysoczyzny) (Krogulec, 2004). Hydrostrefy bagienne były głównym przedmiotem analizy w zakresie możliwych zmian stanów wód podziemnych w prognostycznych badaniach modelowych. Powierzchnia hydrostref bagiennych wynosi w Kampinoskim Parku Narodowym około 244 tys. ha, czyli stanowią one prawie 30% powierzchni Parku wraz z otuliną.

Stany wód podziemnych na obszarze całego Parku i jego otuliny określono na podstawie badań w systemie monitoringu wód w KPN, opartym na regularnych (co dwa tygodnie) obserwacjach stanów wód podziemnych prowadzonych od 1999 r. w 56 piezometrach (fig. 1). Dla wielolecia 1999–2009 amplitudy zmian stanów w ciągu roku w hydrostrefach bagiennych 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 około 2 m p.p.t. Na obszarze południowego pasa bagiennego co roku występują zalewy terenu osiągające średnio wysokość około 0,30 m, a w skrajnych przypadkach nawet 0,50 m, w okresie jesiennym niskie stany wód kształtują się na głębokości nawet około 3 m. Średnie głębokości w obu pasach występują na poziomie około 1 m.

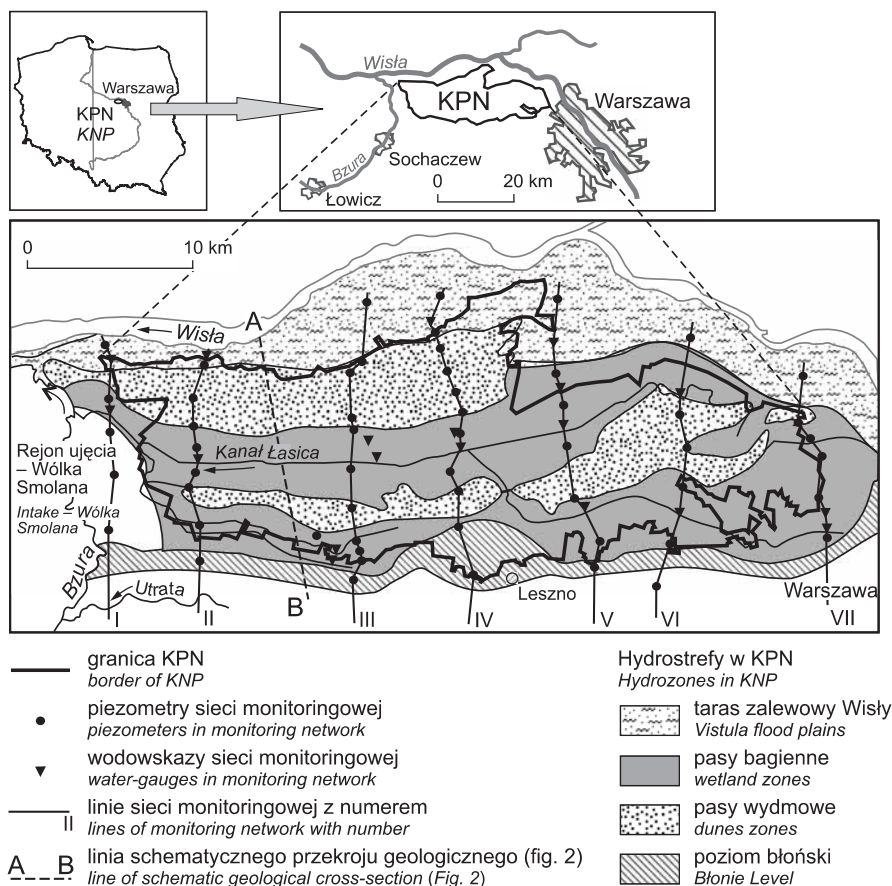


Fig. 1. Lokalizacja obszaru badań oraz system monitoringu wód podziemnych w Kampinoskim Parku Narodowym (Krogulec, 2010, zmieniony)

Location of the study area and groundwater monitoring system in the Kampinos National Park (Krogulec, 2010, modified)

BADANIA MODELOWE

TOPOLOGIA MODELU

Badania modelowe dotyczyły czwartorzędowej warstwy wodonośnej w dolinie Wisły wraz ze strukturą rynnową w rejonie Wólki Smolanej, zlokalizowaną w południowo-zachodniej części obszaru KPN. Wydzielając system wodonośny, dążono do sytuacji, w której powierzchnia brzegowa nawiązywałaby do stref hydrodynamicznych ułatwiających sformułowanie warunków brzegowych. Na północy granicę poprowadzono wzdłuż koryta Wisły. Granicę zachodnią wyznacza koryto Bzury. Na południu powierzchnię brzegową poprowadzono wzdłuż krawędzi poziomu błońskiego (fig. 1). Granica wschodnia ma przebieg południkowy i została poprowadzona prostopadłe do układu hydroizohips. Powierzchnię spągową poziomu wyznaczają słabo przepuszczalne osady plejstoceńskie lub plioceńskie występujące w podłożu aluwów.

Obliczenia pola filtracji wykonano metodą różnic skończonych w programie Visual Modflow. System wodonośny odwzorowano za pomocą ortogonalnej siatki dyskretyzacji o kroku $\Delta x = \Delta y = 100$ m. Dyskretyzacja po osi z polegała na

podzieleniu przestrzeni na trzy warstwy o zmiennej miąższości. Wielowarstwowa struktura modelu umożliwiła między innymi odwzorowanie wymiany wody między poziomami wydzielonymi w rejonie Wólki Smolanej w południowo-zachodniej części obszaru badań. Zmienną miąższość poszczególnych warstw określono na drodze przestrzennej interpretacji powierzchni stropu i spągu. Utworzono w tym celu numeryczny model powierzchni terenu, a do interpretacji powierzchni spągowych wykorzystano archiwalne profile wierceń oraz wyniki sondowań elektrooporowych.

Relację wydzielonego systemu z otoczeniem określono za pomocą warunków brzegowych II i III rodzaju. Warunki III rodzaju (typ *RIVER*) zadano dla cieków powierzchniowych w najwyższej warstwie modelu. Bloki na zewnątrz od linii cieków ograniczających traktowano jako nieaktywne we wszystkich warstwach modelu. Było to jednoznaczne z zadaniem na powierzchni rozgraniczającej bloki aktywne od nieaktywnych warunków brzegowego II rodzaju ($Q = 0$). W ten sposób zdeterminowano w pełni penetrujący charakter Wisły i Bzury w stosunku do pierwszego poziomu wodo-

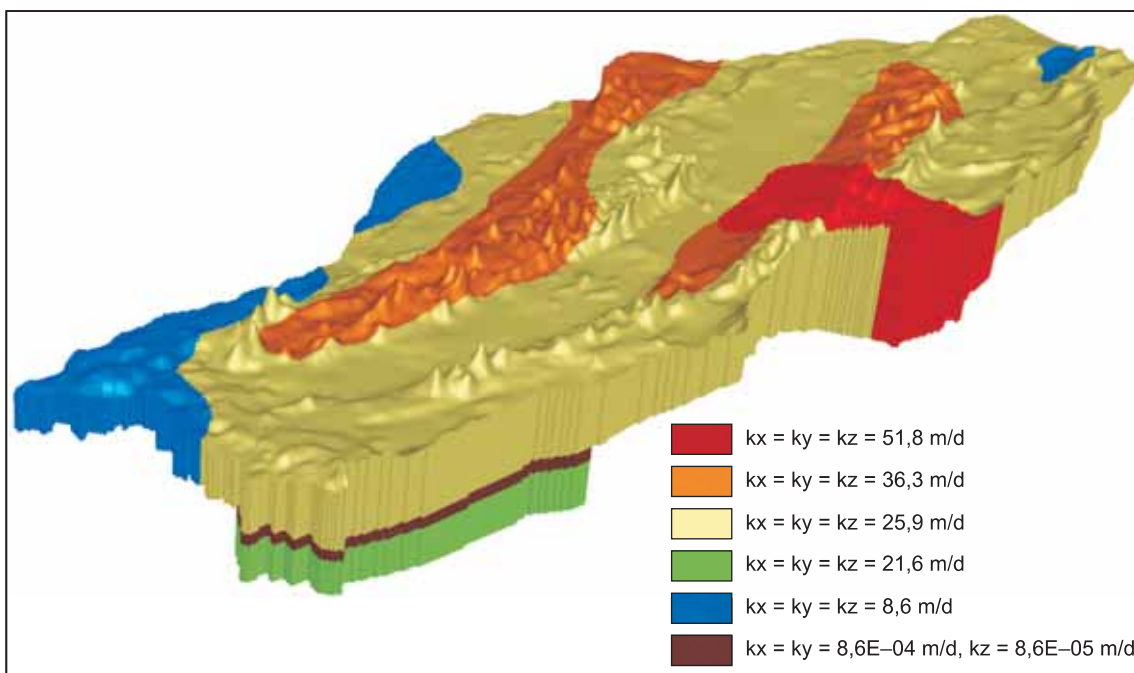


Fig. 2. Sposób odwzorowania niejednorodności ośrodka

The representation of heterogeneity of the rock medium

nośnego. Na brzegu południowym zadano warunek III rodzaju typu *GHB*. Pozwoliło to na uwzględnienie w obliczeniach przepływu podziemnego przez powierzchnię brzegową związaną z krawędzią poziomu błońskiego. Warunek *GHB* wykorzystano także do symulacji dopływu podziemnego w strukturze rynnowej Wólki Smolanej. Na pozostałych brzegach zadano warunek zerowego przepływu, co wynikało przede wszystkim ze stanu hydrodynamicznego strumienia wód podziemnych, określonego na podstawie pomiarów empirycznych. Warunek brzegowy III rodzaju wykorzystano także do odwzorowania głównych kanałów. Wymuszenia związane z górną powierzchnią brzegową systemu odwzorowano poprzez kombinację warunków II i III rodzaju. Warunek II rodzaju posłużył do odwzorowania wielkości zasilania. Warunek III rodzaju wykorzystano do obliczeń parowania podziemnego.

Wydzielony system wodonośny charakteryzuje się niejednorodnością wynikającą ze zróżnicowanej genezy oraz ze zmiennej energii środowiska sedymentacji warstw osadowych. Na potrzeby badań modelowych w obrębie systemu wodonośnego wydzielono strefy o różnej wodoprzepuszczalności, którym przypisano odmienne wartości współczynnika filtracji (fig. 2).

IDENTYFIKACJA MODELU

Podstawą identyfikacji modelu były serie pomiarów stanu wód podziemnych prowadzone w sieci monitoringowej Kampinoskiego Parku Narodowego. Wykorzystano w tym celu pomiary pochodzące z wielolecia 2000–2009. Uśrednione

wartości stanu z tego okresu posłużyły za punkt odniesienia dla obliczeń numerycznych w warunkach filtracji ustalonej. Przy ocenie zgodności obliczonych wartości wysokości hydraulicznej z wartościami pomierzonymi w terenie zastosowano

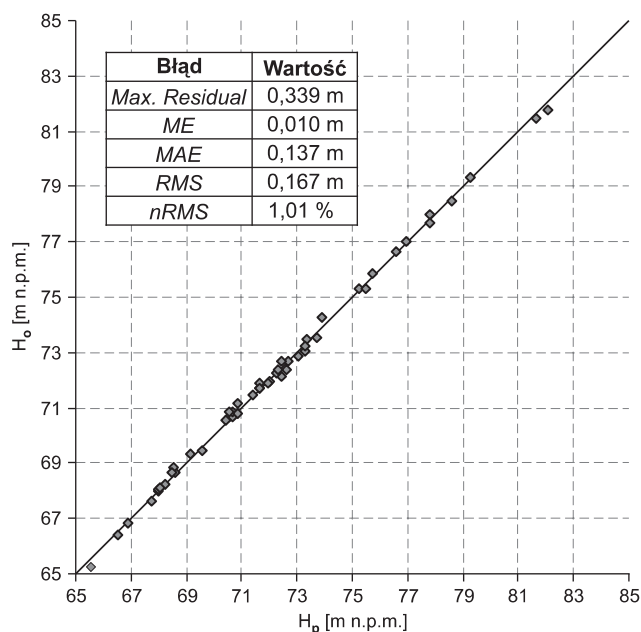


Fig. 3. Wykres dopasowania i obliczone wartości błędów

H_p – stan pomierzony, H_o – stan obliczony

Graph of matching and calculated values of errors

H_p – measured state, H_o – calculated state

wano analizę błędów, dążąc do ich minimalizacji. Wielkościami identyfikowanymi były parametry wodoprzepuszczalności ośrodka oraz przestrzenny rozkład zasilania. Szacowano także optymalne wartości parametrów, charakteryzujących wodoprzepuszczalność ośrodka w otoczeniu powierzchni

brzegowej symulowanej warunkiem III rodzaju. Otrzymano wysoki stopień zgodności modelu z oryginałem, co wyrażają niskie wartości błędów. Średnia absolutna różnica między stanem pomierzonym a obliczonym wynosi niespełna 14 cm, przy reszcie maksymalnej na poziomie 34 cm (fig. 3).

SYMULACJE

Wytarowany model pola filtracji posłużył autorom do przeprowadzania symulacji wymuszeń analizowanego systemu. Celem obliczeń była identyfikacja przekształceń układu hydrodynamicznego systemu wodonośnego wskutek przekształcenia aktualnego układu sieci hydrograficznej. Obliczona różnica między aktualnym stanem systemu a stanem uzyskanym w warunkach wymuszeń przypisanych różnym scenariuszom zmian stanowiła główne kryterium oceny skutków projektowanych działań. Dodatkowo dokonano ilościowej oceny składowych bilansu wodnego strefy bagiennej oraz zmian związanych z przekształceniem układu hydrograficznego badanego obszaru.

Renaturalizacja ekosystemów bagiennych na obszarze Kampinoskiego Parku Narodowego wymaga podjęcia działań przywracających naturalny układ stosunków wodnych. Jeden z wariantów renaturalizacji centralnego pasa bagiennego zakłada całkowitą likwidację funkcjonującej obecnie sieci melioracyjnej (zasypanie rowów i kanałów). Celem obliczeń symulacyjnych była ocena skutków realizacji tego scenariusza dla bilansu wodnego obszaru.

Do obliczeń wykorzystano opisany wcześniej model pola filtracji, wytarowany dla stanu aktualnego. Kanały i rowy melioracyjne zostały w nim pierwotnie odwzorowane za pomocą warunku III rodzaju. Na potrzeby symulacji wyłącznie z odwzorowania wszystkie wewnętrzne warunki brzegowe na obszarze centralnego pasa bagiennego. Odpowiedzią systemu na zmianę układu wymuszeń było przekształcenie jego stanu hydrodynamicznego (fig. 4). Ilościowo zmiany zostały opisane za pomocą bilansu wodnego strefy. Prognozowane zmiany są znaczne i kształtują się na poziomie blisko 10% aktualnych zasobów odnawialnych strefy bagiennego. Po stronie rozchodów w sposób oczywisty nastąpiło drastyczne ograniczenie roli drenażu rzeczno. Wzrost poziomu zwierciadła wód podziemnych spowodował natomiast intensyfikację parowania podziemnego (o ponad 23% w stosunku do stanu aktualnego). Największe zmiany po stronie przychodów dotyczą natomiast ograniczenia dopływu podziemnego z obszarów sąsiednich.

Maksymalne wartości wzrostu stanów wód podziemnych w wyniku likwidacji sieci melioracyjnej, nawet przy uwzględnieniu intensyfikacji strat związanych z ewapotranspiracją, przekraczają 100 cm (fig. 4). Tak duże podniesienie stanu wód sprzyja renaturalizacji pasa bagiennego, ale jednocześnie stanowi drastyczne przekształcenie stosunków wodnych obszaru. Dodatkowo, ponieważ symulacja była prowadzona

dla warunków filtracji ustalonej, to uzyskana zmiana wartości stanu musi być traktowana jako wielkość uśredniona. Należy zakładać, że w roku hydrologicznym obserwowane będą okresy, w których stan systemu może być wyższy od obliczonego, np. okres roztopów. Konsekwencją takiego stanu musi być przekształcenie układu hydrologicznego obszaru. Można zakładać, że po likwidacji sieci melioracyjnej na obszarze pasa bagiennego mogą powstawać cieki powierzchniowe, zapewne o charakterze efemerycznym. Cieki te będą odprowadzać nadmiar wody w kierunku zachodnim, zgodnie z nachyleniem powierzchni tarasu. Zatem potencjalnie, mimo likwidacji sieci melioracyjnej, na obszarze pasa bagiennego mogą powstać nowe strefy drenażu.

Kolejny wariant obliczeń miał na celu ocenę skutków działań polegających na zmianie biegu Łasicy. Obecny, prostoliniowy przebieg kanału stanowi sztuczny twór w krajobrazie pasa bagiennego i rozważa się możliwość zmiany charakteru koryta na meandrujący. Ocena skutków tego typu działań wymagała przeprowadzenia obliczeń w dwóch wariantach.

Wariant pierwszy odwzorowywał stan systemu bezpośrednio po wykonaniu nowego koryta. W tym przypadku wydłużenie osi drenażu w połączeniu z początkowo niską kolmatacją strefy przykorytowej musiałyby prowadzić do obniżenia oporności filtracyjnej koryta w stosunku do stanu aktualnego. Zastosowana siatka dyskretyzacji ($\Delta X = \Delta Y = 100$ m) nie pozwalała na dokładne odwzorowanie nowej geometrii koryta. Wydłużenie osi drenażu można było odwzorować jedynie poprzez zmianę parametru przewodności (T_3) w warunkach III rodzaju. Zmiana ta pozostaje wartością nieznaną i aby uzyskać przynajmniej obraz jakościowy stanu systemu podwyższono wartość T_3 o rząd wielkości w stosunku do stanu aktualnego.

Drugi wariant obliczeń opisywał zmianę charakterystyki nowego koryta po pewnym czasie od jego wykonania. Należy zakładać, że zmniejszenie dynamiki przepływu w korycie wraz z upływem czasu musi skutkować wzrostem kolmatacji strefy przykorytowej. W celu identyfikacji reakcji systemu wodonośnego na nowe wymuszenie zdecydowano się, aby w warunkach symulacji obniżyć wartość parametru T_3 o rząd wielkości w stosunku do stanu aktualnego. Dzięki temu spodziewano się otrzymać jakościową charakterystykę przekształceń pola filtracji po zakończeniu procesu renaturalizacji koryta Łasicy.

Rezultaty obliczeń wskazują, że zmiana stanu systemu w wyniku przemodelowania biegu Łasicy nie będzie tak

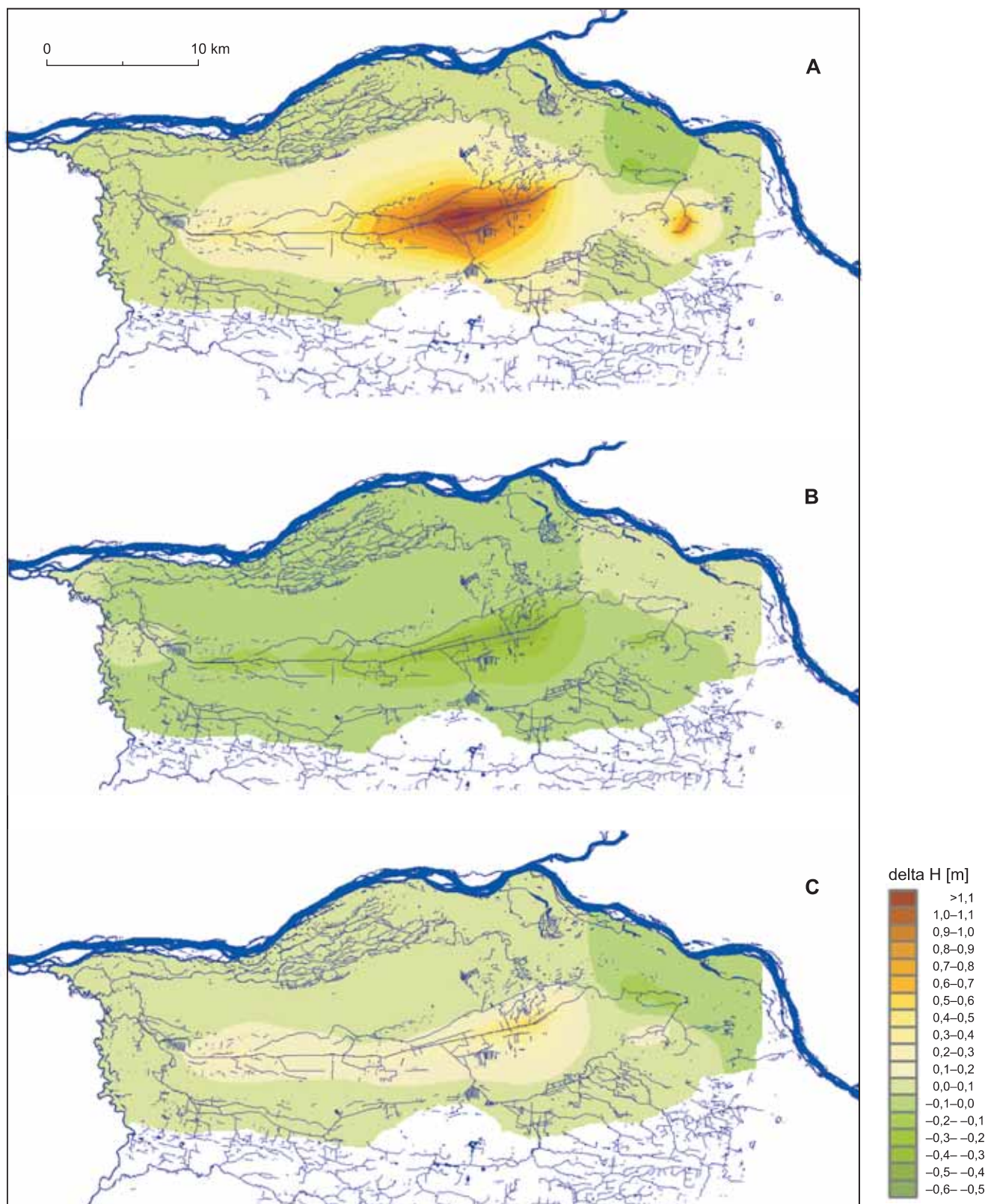


Fig. 4. Zmiana stanu wód podziemnych (H_1-H_0) w poszczególnych wariantach renaturalizacji: **A** – likwidacja sieci melioracyjnej, **B** – obniżenie oporności w wyniku przemodelowania koryta, **C** – wzrost oporności w wyniku kolmatacji strefy przykorytowej

H_0 – stan aktualny, H_1 – stan określony na podstawie symulacji

Change in groundwater state (H_1-H_0) in different variants of restoration: **A** – elimination of the drainage network,

B – lower resistance due to remodelling of the riverbed, **C** – increase of resistance due to clogging zone

H_0 – current state, H_1 – state determined from the simulation

znacząca, jak w przypadku całkowitej likwidacji kanału (fig. 4). Dodatkowo w pierwszym okresie po wykonaniu nowego koryta może dojść do niepożądanego obniżenia stanów wód. Maksymalna zmiana stanu (dla założeń przyjętych *a priori*) może w tym przypadku dochodzić do 53 cm. Obliczenia dla wariantu drugiego wskazują, że renaturalizacja nowego koryta z upływem czasu może doprowadzić do od-

budowania, a lokalnie przekroczenia stanów aktualnych. Niemniej wartości zmian mogą być niższe od oczekiwanych. Zarówno w warunkach wzrostu, jak i obniżenia oporności filtracyjnej koryta największe zmiany stanu koncentrują się w strefie przykorytowej i nie mają tak globalnego charakteru, jak w przypadku całkowitej likwidacji sieci melioracyjnej.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały użyteczność numerycznego modelu pola filtracji przy ocenie skutków przekształcenia stosunków wodnych na obszarach bagiennych. Mimo że w procesie obliczeniowym konieczne było przyjęcie szeregu założeń *a priori*, a uzyskany rezultat należy interpretować bardziej w ujęciu jakościowym niż ilościowym, dzięki zastosowaniu modelu możliwe stało się prognozowanie zarówno przekształceń stanu systemu, jak i poszczególnych składowych bilansu wodnego. Analiza poszczególnych wariantów renaturalizacji północnego pasa bagiennego wykazała, że najbardziej efektywna byłaby całkowita likwidacja sieci melioracyjnej na tym obszarze. Niemniej należy zaznaczyć, że tak drastyczna ingerencja w środowisko niesłaby ze sobą skutki, których zakres wykracza poza możliwości zastosowanej metody obliczeniowej.

Działania polegające na zmianie przebiegu koryta Łasicy nie spowodują tak znaczącego wzrostu stanów wód, jak w przypadku jego pełnej likwidacji. W pierwszym okresie po przeprowadzeniu działań należy spodziewać się niepożądanego obniżenia stanów wód. Odbudowanie stanu syste-

mu byłoby w tym przypadku rozciągnięte w czasie, a wymierne skutki działań byłyby zauważalne dopiero po pełnej renaturalizacji nowego koryta. Wariant ten jest problematyczny także z hydrologicznego punktu widzenia. Powstaje tu trudny do rozwiązania problem sztucznego dopasowania krętości koryta do zakładanej dynamiki przepływu wód powierzchniowych. Środowisko koryta rzeczno-ekologicznego charakteryzuje się zmienną energią, a poprawne opisanie procesów erozji i sedymentacji wymaga uwzględnienia w obliczeniach szeregu trudno mierzalnych zmiennych. Model pola filtracji umożliwił jednak analizę skutków projektowanych zmian dla środowiska płytkich wód podziemnych.

Badania zostały zrealizowane w ramach projektu „Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności” (rezultat 2) oraz projektu MNiSW nr 2539/B/T02/2011/40.

LITERATURA

- GUTRY-KORYCKA M., 2003 — Long-term tendencies of water circulation in the protected lowland Łasica river catchment. *Ecohydrology & Hydrobiology*, **3**, 3: 33–45.
- KROGULEC E., 2004 — Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia w dolinie rzecznej na podstawie przesłanek hydrodynamicznych. Wyd. UW, Warszawa.
- KROGULEC E., 2010 — Evaluation of infiltration rates within the Vistula River valley, central Poland. *Acta Geol. Pol.*, **60**, 4: 617–628.
- KROGULEC E., FURMANKOWSKA A., TRZECIAK J., ZABŁOCKI S., 2010 — Range determining factors and tendencies of groundwater level changes in wetland areas. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **441**: 73–82.
- MICHALSKA-HEJDUK D., 2001 — Stan obecny i kierunki zmian roślinności nieleśnej Kampinoskiego Parku Narodowego. *Monographiae Botanicae*, **89**.
- SOLON J., 2003 — Dynamika roślinności Kampinoskiego Parku Narodowego i jego otuliny. *W: Kampinoski Park Narodowy. Monografia* (red. R. Andrzejewski): 465–473. Warszawa.

SUMMARY

The paper presents results of model calculations aimed at forecasting the performance of different variants of restoration of wetlands located in the Kampinos National Park (KPN). Modeling researches were conducted in the hydrogeological valley unit, where the Kampinoski National Park is situated. The aim of the calculations was to provide a prognosis for the evaluation of proposed restoration variants of the wetland areas located in the KNP. Implementation of the research task required simulation of threats connected with the present hydrographic net transformation. The analysis of particular variants of hydrographic net transformation revealed that the most effective, in terms of groundwater level increase, would be complete elimination of the melioration net, whose base element is the Lasica Canal. It should,

however, be noted that such a drastic interference with the environment would have to involve consequences that extend beyond the capabilities of the method of calculation. The calculation results indicate that the change of hydrodynamic state, as a result of change in the Lasica Canal course, will be less significant than its total elimination. In the first period, after restoration of the meander character of the riverbed, an undesirable groundwater level decrease can appear as a result of decrease in riverbed resistance. As the riverbed colmatage increases in time, the groundwater table levels will be rebuilt or even will locally exceed the present states. The hydrodynamical model enabled analysis of the effects of the proposed changes on the environment of shallow groundwater.