

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 56, 2012: 20–32  
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 56, 2012)  
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 56, 2012: 20–32  
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 56, 2012)

**Dorota MIROŚLAW-ŚWIĄTEK, Marta UTRATNA**

Katedra Inżynierii Wodnej, SGGW w Warszawie  
Department of Hydraulic Engineering WULS-SGGW

## **Automatyczny system rejestracji położenia zwierciadła wody na terenach zalewowych w basenie dolnym rzeki Biebrzy** **Automatic system of registration of water level on floodplains in the lower basin of Biebrza River**

**Słowa kluczowe:** automatyczny rejestrator położenia zwierciadła wody – diver, GPS RTK, basen dolnej Biebrzy

**Key words:** automatic water level sensor – Diver, GPS RTK, the Lower Biebrza Basin

### **Wprowadzenie**

Stan ekosystemów fluwiogenicznych uzależniony jest głównie od warunków zasilania ich wodami wezbraniowymi. Możliwość występowania na tych terenach określonego typu roślinności bagiennej związana jest z występowaniem na danym obszarze corocznych wezbrań o określonym czasie trwania i głębokości. Istnieje zatem silny związek między skupiskami roślinności a warunkami hydrologicznymi sprzyjającymi ich rozwojowi. Najważniejsze charakterystyki warunkujące wzrost i rozwój roślinności (Oświt 1991, Zalewski i in. 1997) to przede wszystkim powierzchnia zalewu,

średnia głębokość zalewu i częstotliwość występowania oraz długość trwania zalewów. Modele hydrodynamiczne w połączeniu z technikami GIS (Świątek i Chormański 2007, Świątek i in. 2008) pozwalają na uzyskiwanie niezbędnych danych do wyznaczania powyższych charakterystyk hydrologicznych. Są także narzędziem pozwalającym poprawnie ocenić wpływ różnego sposobu zagospodarowania doliny rzecznej na hydrauliczne warunki przepływu. Mogą być stosowane w procesie wspomagania decyzji projektowych, inwestycyjnych i operacyjnych w zakresie ochrony przeciwpowodziowej oraz ocen oddziaływania na środowisko.

Dolina Biebrzy, a w szczególności jej basen dolny, jest niezwykle cennym obiektem przyrodniczym, a występujące tu coroczne zalewy są istotnym czynnikiem kształtującym specyficzne warunki siedliskowe wpływające na unikatowy

charakter tego terenu (Banuszuk 2004). Model hydrodynamiczny, umożliwiający poprawny opis przepływu wód wezbraniowych w tym obszarze, może być wykorzystywany jako narzędzie badawcze dla prowadzenia efektywnej polityki ochrony walorów przyrodniczych na terenie Biebrzańskiego Parku Narodowego. Aby model hydrodynamiczny mógł być wykorzystywany jako narzędzie badawcze, powinien być na etapie opracowywania prawidłowo zidentyfikowany i zweryfikowany. W tym celu niezbędne są dane pomiarowe w zakresie zmienności położenia zwierciadła wody zarówno w korycie rzeki, jak i na terenach zalewowych. Prawidłowo opracowany model hydrodynamiczny powinien odwzorowywać nie tylko profile podłużne, ale także hydrogramy położenia zwierciadła wody. Analiza zmienności hydrogramów położenia zwierciadła wody w korycie rzeki i na terenach zalewowych pozwala także na ocenę możliwości zastosowania modelu 1D w warunkach, kiedy woda przepływa na rozległych terenach zalewowych. W basenie dolnym Biebrzy obserwacje położenia zwierciadła wody w Biebrzy prowadzone są tylko w dwóch przekrojach wodowskazowych – w przekroju otwierającym Osowiec i wodowskazie Burzyn, zamykającym przeszło 40-kilometrowy odcinek rzeki (Byczkowski i Kiciński 1991). Z punktu widzenia kalibracji i weryfikacji modelu hydrodynamicznego dane te są niewystarczające. Dlatego też została opracowana i zainstalowana sieć automatycznych czujników pomiarowych, rejestrujących położenie zwierciadła wody zarówno w korycie rzeki, jak i na terenach zalewowych. W poniższym artykule zaprezentowano istniejącą sieć re-

jestratorów położenia zwierciadła wody w basenie dolnym Biebrzy, w której wykorzystano czujniki pomiarowe typu Mini-Diver®, model DI501 (Eujkelkamp 2007). Omówiono także weryfikację zgromadzonych danych pomiarowych. Przeanalizowano możliwość wykorzystania zarejestrowanych danych do określania zasięgu zalewów i zmienności wezbrań w korycie rzeki i na terenach zalewowych.


Prace opisane w niniejszym artykule zrealizowano częściowo w ramach grantu MNiSW nr 637/N-Rosja/09/2010.

## Czujniki pomiarowe

Na badanym terenie w ramach realizacji projektu zostało zainstalowanych 27 automatycznych czujników pomiarowych – Mini-Diver®, model DI501. Urządzenie tego typu służy do rejestracji temperatury (w zakresie od  $-20$  do  $+80^{\circ}\text{C}$  – z dokładnością do  $0,1^{\circ}\text{C}$ ) oraz ciśnienia wody gruntowej. Mini-Diver, model DI501, charakteryzuje się stosunkowo niewielkimi wymiarami (długość 90 mm), cylindrycznym kształtem (średnica 22 mm) oraz wagą nieprzekraczającą 70 g. Obudowa tego typu urządzenia jest wykonana ze stali nierdzewnej w celu zapewnienia odporności na korozję. Jedyne wyjątek stanowi niewielki zaczep umożliwiający podwieszenie urządzenia umieszczonego w piezometrze na stalowej linie). Dokładną specyfikację urządzenia przedstawia tabela 1.

Dzięki wbudowanemu czujnikowi półprzewodnikowemu urządzenie rejestruje temperaturę. Pomiar ciśnienia wody odbywa się dzięki wbudowanemu sensorowi wykonanemu z tlenku glinu  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

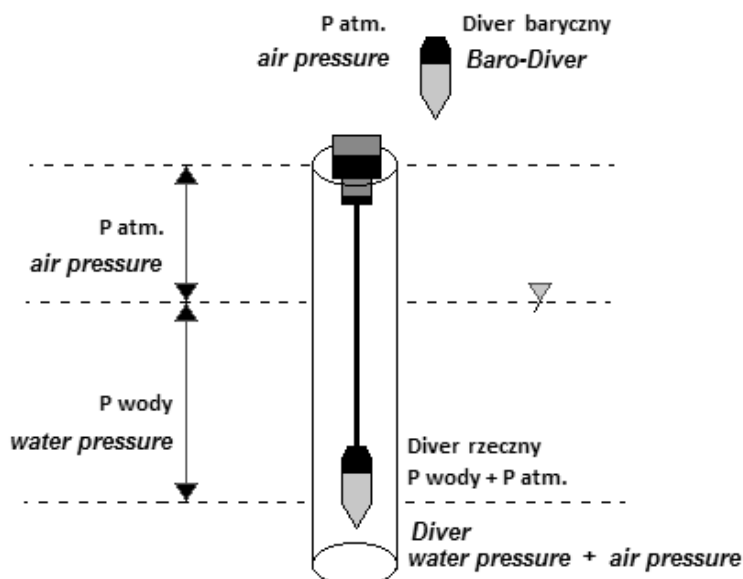
TABELA 1. Specyfikacja urządzenia typu Mini-Diver DI501  
 TABLE 1. Specification of Mini-Diver DI501 device

	Zasięg / Range	10 m H <sub>2</sub> O
	Typowa dokładność Typical accuracy	±0,05% FS
	Maksymalna dokładność Maximum accuracy	±0,25% FS
	Stabilność / Stability	±0,30% FS
	Rozdzielczość / Resolution	0,25 cm H <sub>2</sub> O
	Ciśnienie maksymalne Maximum pressure	15 m H <sub>2</sub> O

Jeśli część rejestrująca znajduje się pod wodą, to urządzenie mierzy ciśnienie wody, które charakteryzuje się zależnością: im wyższy słup wody ponad czujnikiem, tym wyższe ciśnienie. Dzięki znajomości ciśnienia i ciężaru wody można zatem określić wysokość słupa cieczy. W celu uzyskania informacji dotyczącej wysokości stanów wody niezbędne jest umieszczenie jednego z urządzeń typu Mini-Diver na powierzchni terenu, tak by rejestrowało

ono ciśnienie powietrza atmosferycznego. Zasada działania urządzenia została przedstawiona na rysunku 1.

Dzięki wbudowanej baterii (trwałość baterii deklarowana przez producenta wynosi 10 lat) oraz karty pamięci (24 000 pomiarów) możliwe jest prowadzenie pomiarów ciągłych przez długi czas, odbywających się w odstępie czasowym określonym przez użytkownika. Odczyty z urządzenia mogą odbywać się



RYSUNEK 1. Zasada działania urządzenia  
 FIGURE 1. Principle of operation

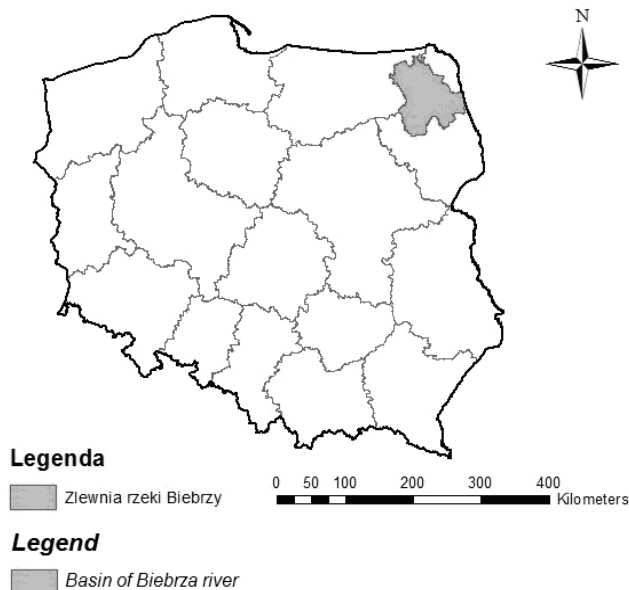
bezpośrednio w terenie za pomocą odpowiedniego oprogramowania zainstalowanego na komputerze przenośnym.

Położenie zwierciadła wody na odcinku Osowiec – Burzyn zostało zweryfikowane za pomocą pomiarów wykonanych przy zastosowaniu techniki różnicowego GPS w trybie RTK, bezpośrednio z łódki. Zastosowany odbiornik GRS-1, firmy Topcon, jest urządzeniem przystosowanym do odbioru 72 kanałów, przy śledzeniu sygnałów GPS L1, L2, L3, GLO-NAS oraz WAAS/EGNOS. Wbudowane gniazdo kart pamięci SD oraz moduły Bluetooth i Wi-Fi umożliwiają swobodną komunikację ze stacjami referencyjnymi i innymi urządzeniami zewnętrznymi. Dzięki wbudowanemu modemowi GSM/GPRS z wymiennymi kartami SIM urządzenie jest w stanie w sposób bezpośredni odbierać poprawki DGPS i RTK. Zastosowane urządzenie pozwala na uzyskanie dokładności zarówno statycznie –  $H$ :

$\pm 3 \text{ mm} + 0,8 \text{ ppm}$ ,  $V$ :  $\pm 4 \text{ mm} + 1,0 \text{ ppm}$ , jak i w trybie RTK –  $H$ :  $\pm 10 \text{ mm} + 1,0 \text{ ppm}$ ,  $V$ :  $\pm 15 \text{ mm} + 1,0 \text{ ppm}$ . Dane te dotyczą pomiarów wykonywanych przy co najmniej 6 satelitach, poruszających się nad horyzontem na wysokości minimum  $15^\circ$ , w dobrych warunkach terenowych (Topcon 2011).

## Obszar badań

Dolina Biebrzy położona jest w północno-wschodniej części Polski (rys. 2). Długość południowego basenu wynosi 30 km, a szerokość waha się od 12 do 15 km. Największą powierzchnię na tym terenie zajmuje taras zalewowy, który obejmuje płaskie, rozległe torfowiska oraz nieznacznie sfalowaną mułową strefę przykorytową szerokości 1–2 km (Żurek 1991). Koryto rzeki na tym odcinku ma kręty przebieg, tworzy liczne



RYSUNEK 2. Mapa poglądowa umiejscowienia obszaru badań  
FIGURE 2. Location of the research area

meandry, boczne odnogi i starorzecza, przez które woda przepływa podczas wezbrań. Szerokość koryta waha się od około 20 do 35 m. Koryto jest wyraźnie wyodrębnione, a w południowej części, w rejonie ujścia do Narwi, mocno wcięte w dno doliny (Okruszko i in. 2003). Najważniejsze dopływy Biebrzy w dolnym odcinku to prawobrzeżna Klimaszewnica i Wissa oraz lewobrzeżna Kosódka. Dolina dolnej Biebrzy ma charakterystyczny strefowy układ zbiorowisk roślinnych, który w pełni odzwierciedla warunki wodne panujące na analizowanym terenie. Zgodnie z wcześniejszym rozpoznaniem, Oświt (1991) wyróżnia pięć stref roślinnych: zbiorowiska szuwarowe *Phragmition*, zbiorowiska szuwarów turzycowych *Magnocaricion*, zbiorowiska turzycowo-mszyste *Scheuchzeria caricetea fuscae*, zakrzewienia wierzb i brzozy oraz zbiorowiska lasów olchowych i brzozowo-olchowych *Alnetea glutinosae*.

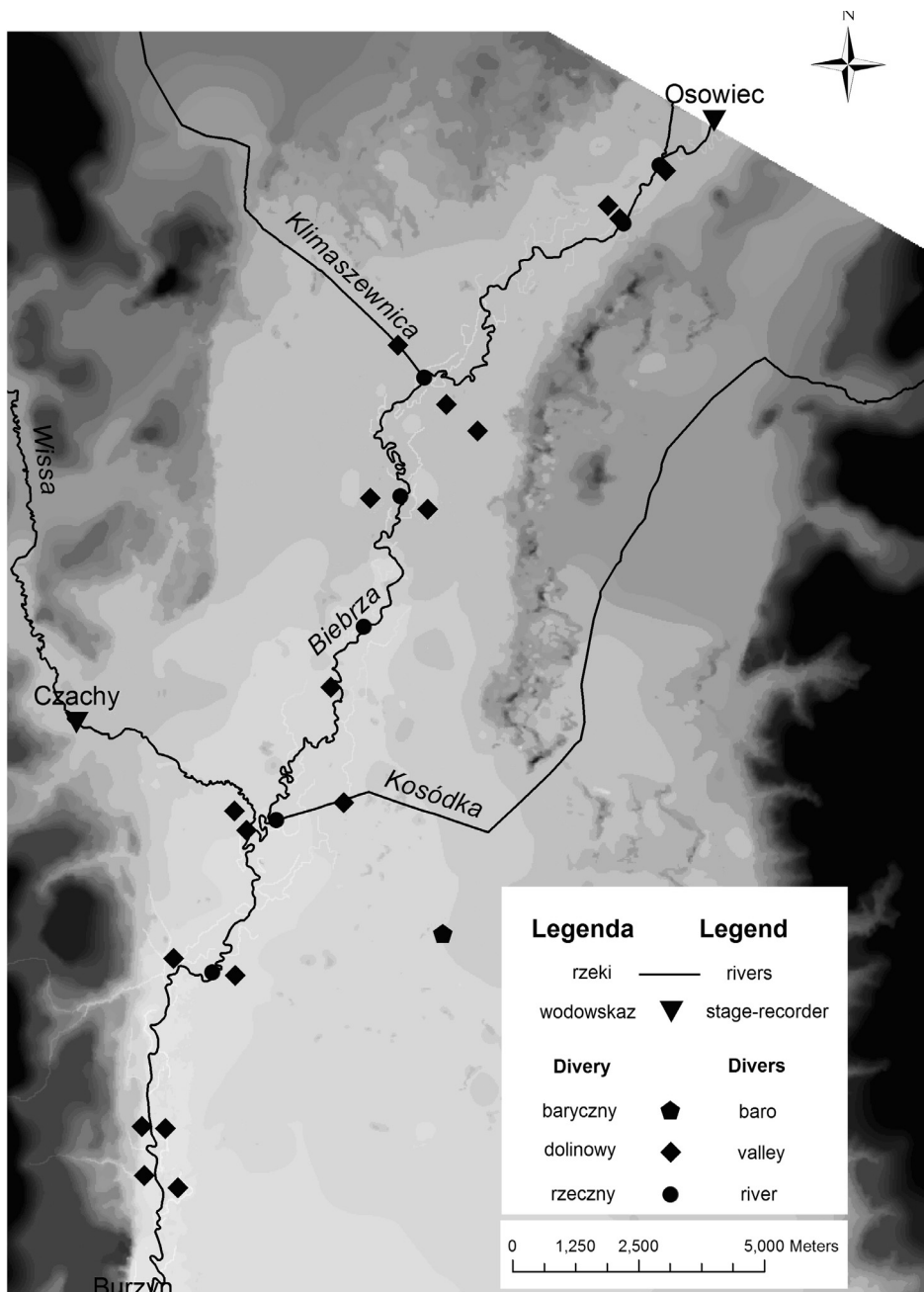
### **Lokalizacja i wskazania czujników pomiarowych**

Ze względu na różne źródła finansowania czujniki pomiarowe (minidivery), stanowiące sieć monitorującą położenie zwierciadła wody w korycie rzeki oraz na terenach zalewowych, instalowane były na przestrzeni lat 2005–2008. W wrześniu 2005 roku zostało zainstalowanych 5 minidiverów rzecznych w następujących lokalizacjach w korycie rzeki: DR100-Pale km 48+688, DR104-Klimaszewnica km 40+499, DR102-Okrasin km 31+644, DR103-Kosódka km 24+195, DR101-Chyliny km 18+280.

W 2008 roku rozszerzono istniejącą sieć pomiarową o 22 automatyczne rejestratory położenia zwierciadła wody, z których 3 (DR01, DR02, DR03) zostały zainstalowane w korycie rzeki w następujących lokalizacjach: km 50+192, km 35+691, km 8+334.

Minidivery rzeczne instalowano w rurach stalowych w korycie rzeki lub w plastikowych rurach piezometrycznych na brzegu. Pozostałe 19 czujników zostało umieszczonych na terenach zalewowych. Lokalizacja urządzeń została wybrana na podstawie analizy GIS wyników pomiarów zasięgu zalewów w latach 1999–2006 oraz Numerycznego Modelu Terenu (Chormański i Mirosław-Świątek 2007). Niestety problemy, jakie zaistniały przy instalowaniu czujników związane z brakiem zasięgu urządzeń GPS, spowodowanym wysokim i gęstym zadrzewieniem terenu, oraz przeszkody w dotarciu do odpowiedniego miejsca, wynikające z niedogodnych warunków terenowych (bagienne podłoże, duże zakrzaczenie), spowodowały, że ostateczna lokalizacja czujników jest kompromisem między założeniami a możliwością ich realizacji w bagiennej dolinie rzeki. Na terenach zalewowych czujniki zainstalowano w plastikowych rurach piezometrycznych. Położenie wszystkich 27 urządzeń pomiarowych zostało pokazane na rysunku 3. Minidiver baryczny zlokalizowany jest w wsi Gugny. Czujniki gromadzą dane w wewnętrznej pamięci z 3- lub 6-godzinnym krokiem czasowym.

Urządzenia sczytywane są w terenie raz do roku w okresie letnim lub wczesnojesiennym, kiedy woda ustępuje z zalewów. Minidivery rzeczne zainstalowane w 2005 roku sczytywane były



RYSUNEK 3. Lokalizacja minidiverów w korycie rzeki oraz na terenach zalewowych na obszarze basenu dolnego Biebrzy

FIGURE 3. Automatic sensors location in main channel and floodplain in the Lower Biebrza Basin

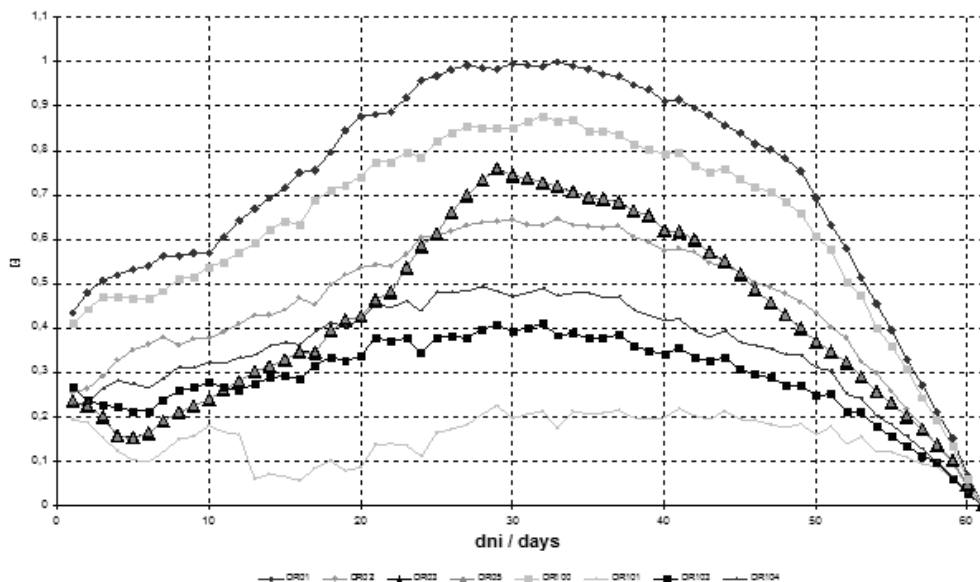
corocznie do 2009 roku. Pozostałe czujniki zainstalowane w korycie rzeki oraz na terenach zalewowych szczytane zostały w czerwcu 2009 roku. Niestety utrzymujące się wysokie stany wody zarówno w korycie rzeki i na terenach zalewowych uniemożliwiły zebranie danych w 2010 oraz 2011 roku. Zarówno w 2010, jak i 2011 roku możliwe było dotarcie jedynie do 10 urządzeń. W obu przypadkach stwierdzono uszkodzenie 3 czujników. Ogólnie w trakcie trwania pomiarów od 2005 roku 2 minidiverzy zostały ukradzione, 2 zniszczone przez dziką zwierzynę, 1 rura piezometryczna uległa uszkodzeniu w trakcie koszenia łąk, a w 6 urządzeniach wystąpiły niesprawności. Zatem w 11 przypadkach, co stanowi 40% z zainstalowanych urządzeń, miała miejsce utrata ciągłości gromadzonych danych lub ich brak.

Na rysunku 4 przedstawiono zbiorczy wykres położenia zwierciadła wody

zarejestrowany przez działające w trakcie zalewu w 2009 roku minidiverzy rzeczne. Widać z niego, że położenie zwierciadła wody zostało unormowane –  $H/(H_{\max} - H_{\min})$ , co pozwala na analizy zakresu zmienności i dynamiki przepływu fal wezbraniowych w korycie rzeki na obszarze basenu dolnego Biebrzy. Analizy te będą przedmiotem oddzielnego artykułu.

### Weryfikacja wskazań czujników pomiarowych

W celu sprawdzenia poprawności zarejestrowanych rzędnych położenia zwierciadła wody porównano wskazania minidiverów rzecznych z jednokrotnymi pomiarami położenia zwierciadła wody wykonanymi z łódki na odcinku Osowiec – Burzyn przy zastosowaniu techniki różnicowego GPS w trybie RTK.

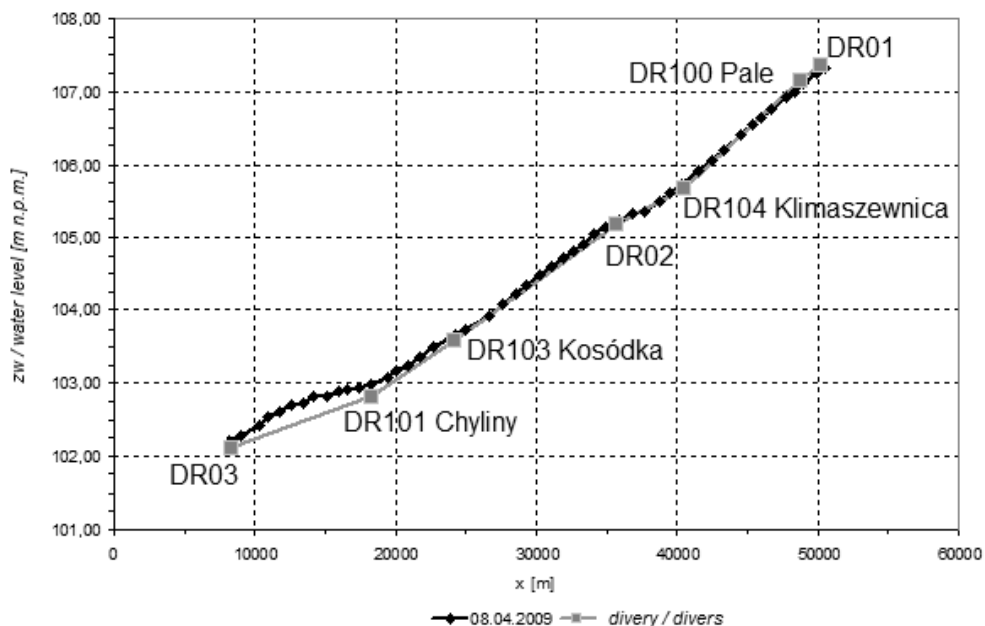


RYSUNEK 4. Wskazania minidiverów rzecznych (01.03–30.04.2009)  
 FIGURE 4. River Mini-Diver Indications (01.03–30.04.2009)

Pomiary wykonywano w trakcie trwania kulminacji wezbrań. Należy zaznaczyć, że wykonywanie pomiarów położenia rzędnej zwierciadła wody w warunkach trwania wezbrania jest zadaniem bardzo trudnym. Do porównań wskazań minidiverów i pomierzonej rzędnej zwierciadła wody wykorzystano także pomiary obejmujące zalewy z lat 2006–2008, gdy położenie zwierciadła wody rejestrowane było przez 5 czujników rzecznych (DR100-Pale, DR104-Klimaszewnica, DR102-Okrasin, DR103-Kosódka, DR101-Chyliny), oraz z lat 2009–2010, gdy działały 3 dodatkowe czujniki (DR01, DR02, DR03).

Na rysunku 5 przedstawiono położenie zwierciadła wody na odcinku rzeki pomiędzy km 50+192 a km 8+334, które zostało pomierzone za pomocą

GPS w dniu 08.04.2009 roku oraz zarejestrowane przez divery DR01-DR03. Z analizy obu pomiarów wynika, że w celu odtwarzania położenia zwierciadła wody w rzece za pomocą interpolacji liniowej wskazań minidiverów należałoby istniejącą sieć pomiarową rozszerzyć o dodatkowy czujnik zainstalowany 5 km powyżej czujnika DR03. Obliczone różnice między wskazaniami minidiverów a zmierzonym położeniem zwierciadła wody dla kulminacji wezbrań w okresie 2006–2010 zmieniają się od 0,01 do 0,14 m (tab. 2). Dokładność pomiaru położenia zwierciadła wody techniką różnicowego GPS w trybie RTK jest rzędu  $\pm 0,03$  m, przy czym należy zaznaczyć, że pomiar rzędnej zwierciadła wody jest wykonywany ręcznie z łódki i przy wysokich stanach wody trudno za-



RYSUNEK 5. Położenie zwierciadła pomierzone GPS RTK i zarejestrowane przez minidivery DR01-DR03 (08.04.2009)

FIGURE 5. Water level measured by GPS RTK and registered by Mini-Divers DR01-DR03 (08.04.2009)



TABELA 2. Różnice między wskazaniem minidiverów a pomierzonymi rzędnymi położenia zwierciadła wody

TABLE 2. Differences between indications from Mini-Divers and measured water level

Nazwa Name	Lokalizacja Location	km [m]	$\Delta z = (d - p)$ [m]					
			18 IV 2006	23 III 2007	8 III 2008	8 III 2009	7 IV 2010	8 VI 2010
DR01		50191				0,07		
DR100	Pale	48688	0,03	0,03	0,03	0,08	0,02	-0,07
DR104	Klimaszewnica	40498	0,01	-0,08	-0,14	-0,07		
DR102	Okrasin	31644	0,07	0,07	-0,13		-0,02	-0,03
DR02		35691				-0,03	-0,06	-0,04
DR103	Kosódka	24195	0,07	0,03	-0,10	-0,08		
DR101	Chyliny	18279	-0,02	-0,03	-0,15	-0,13		
DR03		8334				-0,12		-0,03

Objaśnienia:  $\Delta z$  – różnica,  $d$  – wskazanie divera,  $p$  – pomiar z łódki.

Explanations:  $\Delta z$  – difference,  $d$  – Diver indication,  $p$  – measurement from the boat.

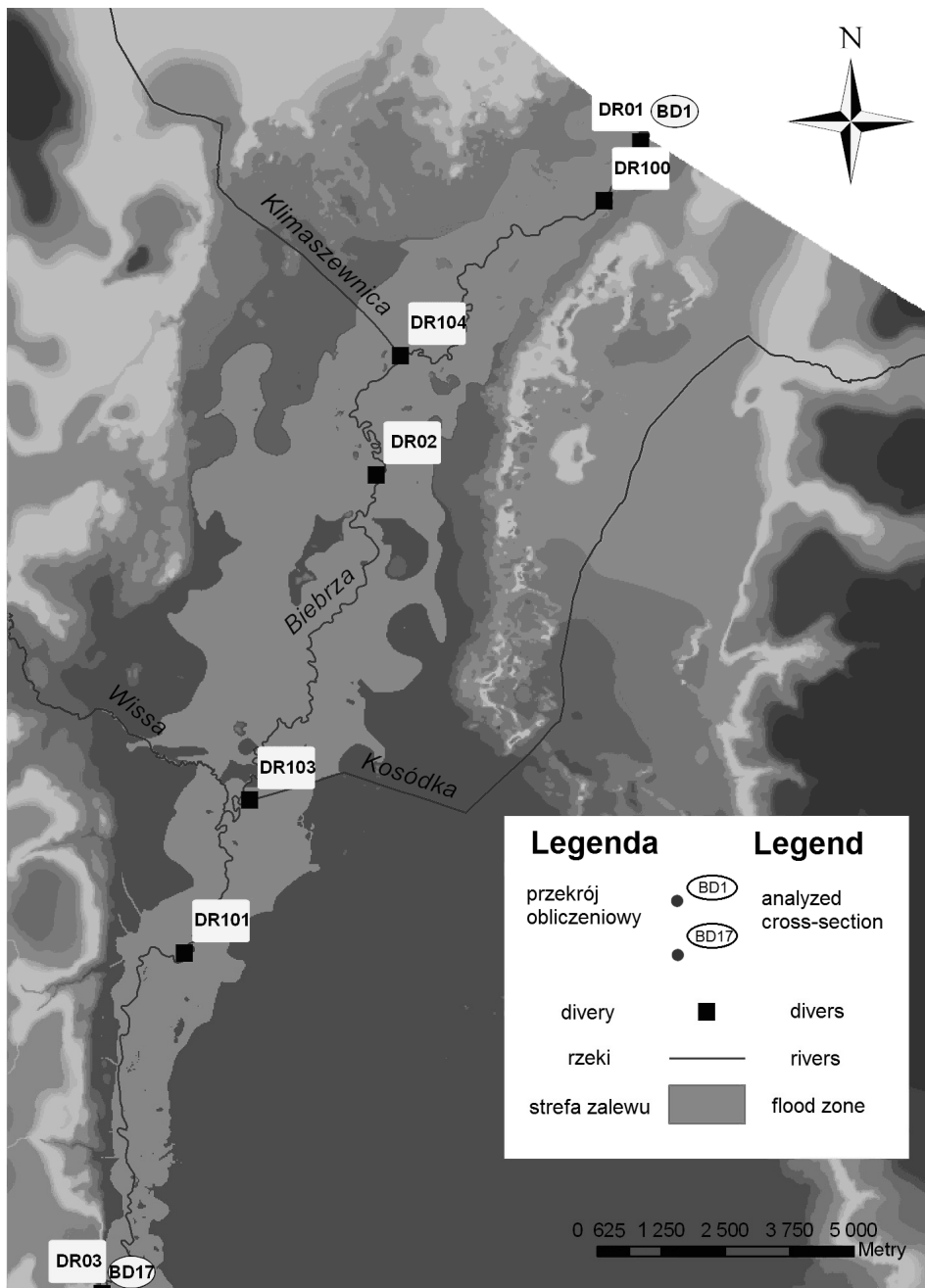
pewnie stabilność podczas wykonywania pomiaru, dlatego błąd pomiaru może sięgać w takich warunkach 0,10 m. Dane zawarte w tabeli 1 wskazują, że pomiary wykonane automatycznymi rejestratorami mieszczą się dla większości urządzeń w granicach tego błędu. Różnice powyżej tej wartości należy wiązać z błędem pomiaru profilu podłużnego rzeki, który jest wykonywany w trudnych warunkach terenowych. Średnia różnica w pomiarach wynosi 0,07 m, co mieści się w zakresie przyjętej dokładności.

### Wykorzystanie danych pomiarowych do generowania map zasięgu zalewów na obszarze basenu dolnego Biebrzy

Zarejestrowane przez automatyczne czujniki położenie zwierciadła wody może być także wykorzystywane do

analiz zasięgu zalewów. Na rysunku 6 przedstawiono wyinterpolowane położenia zwierciadła wody, które w połączeniu z Numerycznym Modelem Terenu posłużyły do wygenerowania za pomocą technik GIS mapy zasięgu zalewów. Opracowaną mapę porównano z zasięgiem zalewu oraz jego charakterystykami, takimi jak: średnia głębokość wody na zalewie, powierzchnia i objętość zalewu, oraz z mapą i charakterystykami zalewu wyznaczonymi na podstawie pomiarów wykonanych z łódki w dniu 08.04.2009 roku (tab. 3).

Wartości charakterystyk zalewów zestawionych w tabeli 3 pokazują, że obecna liczba minidiverów zainstalowanych w korycie rzeki pozwala na uzyskanie 10-procentowej różnicy między charakterystykami oszacowanymi dla położenia zwierciadła wody wyinterpolowanego ze wskazań minidiverów, a pomierzonego.



RYSUNEK 6. Strefa zalewu – interpolacja wskazań minidiverów (08.04.2009)  
 FIGURE 6. Flood zone – interpolation of Mini-Diver indications (04.08.2009)

TABELA 3. Charakterystyki zalewów obliczone dla danych do interpolacji zarejestrowanych przez divera (d) i pomiar z łódki (p) 08.04.2009 roku

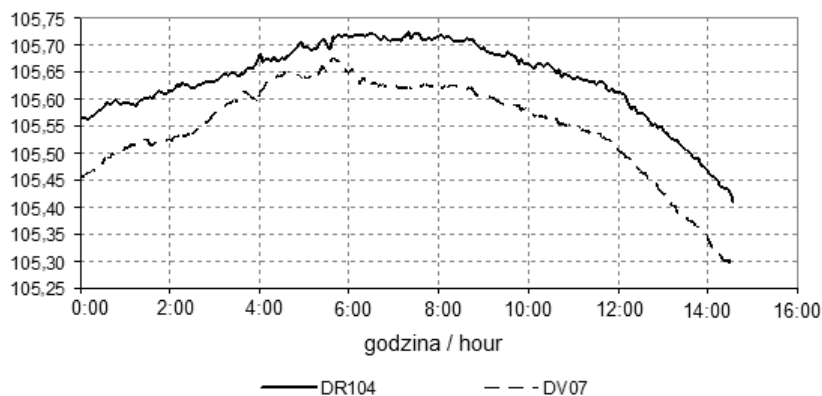
TABLE 3. Characteristics of floods calculated for interpolation of data recorded by Divers (d) and measurement from the boat (p) 04.08.2009 roku

Wyszczególnienie Specification	$A$ [ha]	$V$ [m <sup>3</sup> ]	$H_{sr}$ [m]	$A_d/A_p$	$V_d/V_p$	$H_d/H_p$
Pomiar Measurement	6153,0	$3,45 \cdot 10^7$	0,56			
Divery Divers	6637,4	$3,86 \cdot 10^7$	0,58	0,93	0,89	0,96

### Analiza wskazań czujników w wybranym przekroju przez koryto i tereny zalewowe

Dane gromadzone przez czujniki zlokalizowane w terenie zalewowym stanowią materiał źródłowy do analiz związanych ze zmiennością fal wezbraniowych na terenach zalewowych oraz mogą być wykorzystywane do analiz różnic między dynamiką wezbrań w korycie rzeki i na zalewie. Pozwalają ocenić, jak te dwa systemy ze sobą współdziałają w trakcie trwania zalewów. Mogą być przydatne w ocenie możliwości zastosowania 1D

modelu hydrodynamicznego do opisu transformacji fali wezbraniowej w dolinie rzeki. Jako przykład tego typu analiz na rysunku 7 przedstawiono porównanie dwóch hydrogramów położenia zwierciadła wody zarejestrowanego przez minidiver rzeczny DR104\_Klimaszewnica i minidiver DV07 zlokalizowany na lewej równinie zalewowej w odległości 650 m od koryta rzeki. Oba hydrogramy zarejestrowane zostały z sześciogodzinnym krokiem czasowym w okresie wezbrania wiosennego 03.01–04.30.2009 roku i są ze sobą bardzo dobrze skorelowane ( $R = 0,978$ ), a maksymalna różnica



RYSunEK 7. Hydrogramy położenia zwierciadła wody w rzece i na zalewie (minidiver DR104-Klimaszewnica i DV08, 03.01–04.30.2009)

FIGURE 7. Hydrographs of water level on the river and floodland (Mini-Diver DR104-Klimaszewnica and DV08, 03.01–04.30.2009)

między położeniem zwierciadła wody w rzece i na zlewie nie przekracza w tym przekroju 0,13 m. Błąd średni kwadratowy dla oszacowania położenia zwierciadła wody na zalewie za pomocą wskazań minidivera rzeczno DR104 wynosi 0,09 m. Zastosowanie w tym przypadku modelu 1D do opisu zmian położenia zwierciadła wody na zalewie nie powinno generować istotnych błędów.

## Wnioski końcowe

Zarejestrowane przez czujniki pomiarowe hydrogramy położenia zwierciadła wody zarówno w korycie rzeki, jak i na terenach zalewowych mogą być wykorzystywane do identyfikacji i weryfikacji modelu hydrodynamicznego transformacji fal wezbraniowych na obszarze basenu dolnego Biebrzy.

Aby umożliwić wykorzystanie zarejestrowanego położenia zwierciadła wody w korycie rzeki do tworzenia map zasięgu zalewów na tym obszarze, należałoby rozszerzyć istniejącą sieć o diver zlokalizowany w odległości około 5 km od wodowskazu Burzyn.

Weryfikacja wskazań czujników na podstawie jednokrotnego pomiaru położenia zwierciadła wody wykonanego z łódki techniką GPS RTK wskazuje na poprawność gromadzonych przez urządzenia danych.

Porównanie pomiarów ze wskazaniami wodowskazu Burzyn potwierdza, że urządzenia te rejestrują pomiar poprawnie.

Zarejestrowane przez czujniki położenie zwierciadła wody może być w połączeniu z Numerycznym Modelem Terenu i przy zastosowaniu technik GIS

wykorzystane do generowania zasięgu zalewów na obszarze basenu dolnego Biebrzy. Obecna liczba minidiverów zainstalowanych w korycie rzeki pozwala na uzyskanie 10-procentowej różnicy między charakterystykami zalewu (średnia głębokość, powierzchnia zalewu, objętość), oszacowanymi dla położenia zwierciadła wody wyinterpolowanego ze wskazań diverów a pomierzonego.

Niestety po upływie trzech lat zdecydowanie zmalała niezawodność tych urządzeń, z 10 szczytywanych czujników 3 były niesprawne. Problematyczne jest także odczytanie danych z niesprawnych urządzeń. Efektywność wynosi w tym przypadku 50%.

Zdarzają się także przypadki niszczenia rur piezometrycznych w trakcie koszenia łąk oraz przez dzikie zwierzęta, a także kradzieże urządzeń.

## Literatura

- BANASZUK H. 2004: Kotlina Biebrzańska i Biebrzański Park Narodowy. *Ekonomia i Środowisko*, Białystok.
- BYCZKOWSKI A., KICIŃSKI T. 1991: Hydrologia i hydrografia dorzecza Biebrzy. W: *Bagna Biebrzańskie. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 372: 75–118.
- CHORMAŃSKI J., KOWALEWSKI K., MAZIPUS M. 2003. Application of GPS techniques for water stage measurements and river slope calculation in wetland area of Upper Biebrza. In: *Measurements techniques and data assessment in wetlands hydrology*. Ed. S. Ignar, P. Nowakowski, T. Okruszko. Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 53–60.
- Eujkelkamp 2007. Operating instructions – M2.11.11.E MiniDiver, MicroDiver, CeraDiver, Baro-Diver.
- MIROSLAW-ŚWIĄTEK D., CHORMAŃSKI J., MICHAŁOWSKI R. 2007: Zastosowanie modelu hydrodynamicznego przepływu

wody i techniki GIS do wyznaczania charakterystyk zalewów na obszarze łęgowej doliny rzecznej. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 519: 211–220.

- OKRUSZKOT., WASILEWICZM., DEMBEKW., RYCHARSKI M., MATUSZKIEWICZ A. 2003: Analiza zmian warunków wodnych, szaty roślinnej i gleb bagna Ławki w dolinie Biebrzy. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejski* 3, 1 (7): 107–128.
- OŚWIT J. 1991: Roślinność i siedliska zabagnionych dolin rzecznych na tle warunków wodnych. *Rocz. Nauk Rol.* 221.
- ŚWIĄTEK D., CHORMAŃSKI J. 2007: Verification of the numerical river flow model by use of remote sensing. *Balkema – Proceedings and Monographs in Engineering, Water and Earth Sciences. Proceedings of the international conference W3M “Wetlands: Modelling, Monitoring, Management”*. 22–25 September 2005, Wierzbka, Poland: 173–180.
- ŚWIĄTEK D., SZPORAK S., CHORMAŃSKI J., OKRUSZKO T. 2008: Hydrodynamic model of the lower Biebrza River flow – a tool for assessing the hydrologic vulnerability of a floodplain to management practice. *Ecohydrology & Hydrobiology* 8, 2–4: 331–337.
- Topcon 2011. Ręczny odbiornik RTK GPS+ GLONASS Topcon GRS-1.
- ZALEWSKI M., JANAUER G.A., JOLANKA I.G. 1997: A new paradigm for the sustainable use of aquatic resources. UNESCO IHP Technical Document in Hydrology 7. IHP – V Projects 2.3/2.4, UNESCO Paris, Ecohydrology.
- ŻUREK S. 1991: Geomorfologia Pradoliny Biebrzy. W: *Bagna biebrzańskie. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 372: 29–62.

## Streszczenie

**Automatyczny system rejestracji położenia zwierciadła wody na terenach zalewowych w basenie dolnym Biebrzy.**

W artykule przedstawiono system monitorujący położenie zwierciadła wody na terenach zalewowych na obszarze basenu dolnego Biebrzy. System ten stanowią automatyczne czujniki typu Mini-Diver®, model DI501. Osiem takich czujników zainstalowano w korycie rzeki, a dziewiętnaście – na terenach zalewowych. W artykule omówiono weryfikację wskazań czujników, możliwość wykorzystania systemu do generowania map zasięgu zalewów, a także do analiz zmienności wezbrań na obszarze basenu dolnego Biebrzy.

## Summary

**Automatic system of registration of water level on floodplains in the lower basin of Biebrza River.** In this paper we present a system which monitors the elevation of water table on Lower Biebrza basin floodlands. It consists of automatic Mini-Diver® (model no. DI501) sensors. Eight of them are put in the channel of the river whereas nineteen are placed on floodlands. We discuss the verification of sensors' indications and elaborate on possible system's applications for creating maps of flooding areas reach and of the variability of flood waters on Lower Biebrza Basin.

### Authors' address:

Dorota Mirosław-Świątek, Marta Utratna  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
Katedra Inżynierii Wodnej  
ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa  
Poland  
e-mail: d.swiatek@levis.sggw.pl