



## **Planowanie małej retencji w lasach w oparciu o naturalne czynniki zwiększające zasoby wodne**

*Joanna Kocięcka, Daniel Liberacki*  
*Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań*

### **1. Wstęp**

Polska posiada stosunkowo niewielkie powierzchniowe zasoby wodne. Ich ilość zmienia się w zależności od roku hydrologicznego i średnio wynosi około  $61,5 \text{ km}^3$ . Wartość ta w odniesieniu do państw europejskich, klasyfikuje Polskę w grupie krajów o najgorszej dostępności do wody. Jej zasoby wodne w przeliczeniu na jednego mieszkańca wynoszą średnio około  $1580 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ . Jest to prawie trzykrotnie mniej od średniej europejskiej (Jokiel i in. 2017). Regionem wykazującym największy niedobór wody jest Wielkopolska (Jokiel i in. 2017, Miler 2009). Obecnie zachodzące zmiany klimatyczne przyczyniają się do pogłębiania niekorzystnego przestrzennego i czasowego rozkładu opadów atmosferycznych oraz wzrostu średniej temperatury powietrza w regionie. Powoduje to coraz częstsze występowanie niedoboru wody. W 2015 roku Wielkopolskę dotknęła najdłużej trwająca susza w Polsce. Analiza klimatycznego bilansu wodnego wykazała, że roczny deficyt wody na tym obszarze przekroczył 100 mm (Boczoń i in. 2016).

Aby zniwelować negatywny wpływ zmian klimatu na zasoby wodne kraju realizowane są programy małej retencji. Ich celem jest zwiększenie ilości wody dostępnej w ekosystemach, ograniczenie szybkiego spływu powierzchniowego oraz zahamowanie spadku poziomu wód gruntowych (Liberacki i in. 2016, Miler 2009). Niezwykle ważne jest kształtowanie retencji na terenach zlewni leśnych, które inicjują początek procesu formowania się zasobów wodnych dorzeczy oraz pozostałych regionów (Tyszka 1997). Celowość realizacji na tym obszarze tego

typu inwestycji podkreśla wielu naukowców (Frydel 2014, Miller 2013, Pierzgalski 2007, Stasik i in. 2011). Wdrażane w lasach programy małej retencji zapobiegają przesuszeniu siedlisk oraz przyczyniają się do zachowania cennych przyrodniczo obszarów o charakterze bagiennym, wilgotnym lub łągowym (Liberacki i in. 2016). Wpływają również pozytywnie na zdrowotność drzewostanów oraz dostępność wody dla zwierzyny leśnej (Miller 2015, Pierzgalski 2007, Stachowski i in. 2015).

Mimo licznych dowodów na potrzebę kształtowania zasobów wodnych w lasach oraz unijnych dofinansowań, z realizacją programów małej retencji wodnej związanych jest wiele problemów. Rozbudowana biurokracja oraz czasochłonny proces uzyskiwania pozwoleń należą do głównych czynników utrudniających przeprowadzenie inwestycji (Przybyła i in. 2015). Niekorzystny wpływ ma również brak dokładnej ewidencji urządzeń wodnych w nadleśnictwach (Przybyła i in. 2017). Nie istnieje też system monitorujący obszary zagrożone suszą w lasach, który mógłby przyczynić się do bardziej efektywnego zarządzania zasobami wodnymi (Boczoń i in. 2016). Ogromnym problemem w nadleśnictwach jest również brak specjalistów z zakresu hydrologii i gospodarki wodnej, którzy mogliby wykonywać ekspertyzy poprzedzające realizację inwestycji (Przybyła i in. 2017). W takich przypadkach przy doborze odpowiedniego miejsca do wykonania urządzeń małej retencji przydatna może być obserwacja i analiza procesów kształtujących w sposób naturalny retencję wodną. W szczególności warto zwrócić uwagę na czynnik zoogeniczny jakim jest działalność bobra europejskiego, którą można przyrównać do przedsięwzięć przeprowadzanych w ramach krajowych programów małej retencji (Czerepko i in. 2009, Tszedel i Tończyk 2012).

Bóbr europejski (*Castor fiber*) należy do nielicznych gatunków, które poza człowiekiem mogą znacząco zmieniać geomorfologię obszaru oraz jego hydrologiczne i biotyczne właściwości (Gorczyca i in. 2018, Rosell i in. 2005). Inżynierska działalność zwierząt polega głównie na piętrzeniu wody w rzekach, co przyczynia się do stabilizowania poziomu zwierciadła oraz spowolnienia odpływu. Bóbr europejski odgrywa znaczącą rolę w przekształcaniach środowiska. Powstałe tamy oraz rozlewiszka powodują mechaniczne oraz biologiczne oczyszczanie wód. Gatunek ten przyczynia się zarówno do poprawy stanu czystości wody w ciekach jaki i stosunków wodnych poprzez zwiększenie retencji, co jest szczególnie ważne przy narastającej antropopresji (Kusztal i in. 2017). Bóbr europejski pełni również znaczącą rolę w procesach renaturyzacyjnych.

Zwiększenie retencji wywołane piętrzeniem wody przyczynia się do poprawy warunków siedliskowych oraz wzrostu bioróżnorodności. Potwierdzają to badania przeprowadzone w dolinie górnego Sanu, które wykazały wyraźny wzrost liczby oraz zróżnicowania gatunków roślin i kręgowców po osiedleniu się bobra europejskiego w tym rejonie (Derwich i Mróz 2008). W literaturze poruszana jest też kwestia oddziaływania stawów bobrowych na liczebność płazów oraz wzrost możliwości ich ochrony. Tym samym zwraca się uwagę na fakt, iż w programach europejskich należy uznać bobra za kluczowy gatunek dla zachowania różnorodności biologicznej (Dalbeck i Weinberg 2009). Udowodniono również pozytywny wpływ bobra na środowisko olsów jesionowych oraz resuscytację zespołu *Circaeo-Alnetum ranunculetosum* (Czerepko i in. 2009). Rosnąca w Polsce liczba osobników tego gatunku wywiera coraz większy wpływ na kształtowanie zasobów wodnych. Główny Urząd Statystyczny szacuje, iż w 2016 r. populacja bobra europejskiego na terenie kraju wynosiła ponad 121 tys. osobników (GUS 2017). Jej gwałtowny wzrost może doprowadzić do sytuacji konfliktowych pomiędzy gatunkiem, a człowiekiem (Boczoń i in. 2009). Warto zaznaczyć, że działalność bobra europejskiego wywołuje również negatywne skutki, głównie w rolnictwie. Jest to m.in. podtapianie gruntów ornych, blokowanie przepustów, niszczenie grobli oraz drzew owocowych. Na obszarach leśnych bóbr jest powszechnie akceptowany i nie odnotowuje się wielu zgłoszeń szkód związanych z działalnością osobników (Czech 2005).

Bóbr europejski odgrywa ogromną rolę w kształtowaniu retencji kraju. Szacuje się, że jego działalność w Polsce przyczynia się do zamagazynowania kilkunastu milionów m<sup>3</sup> wody, co odpowiada skuteczności wszystkich zrealizowanych dotychczas programów małej retencji (Tszedel i Tończyk 2012). Piętrzenia cieków oraz stawy powstałe w wyniku jego działalności znacząco wpływają na zwiększanie retencji niewielkich zlewni. Gatunek *Castor fiber* instynktownie lokalizuje tamy w miejscach zwężenia koryt rzecznych, tak aby uzyskać możliwie jak największą powierzchnię zalewu (Grygoruk 2008). Należy zatem poddać pod dyskusję przydatność działalności bobra europejskiego w planowaniu małej retencji. Wymaga to przeprowadzenia dokładniejszych badań naturalnej retencji ukształtowanej przez ten gatunek. Możliwe, iż uzasadnionym byłoby wykorzystanie opuszczonych przez niego stanowisk do budowy regulowanych urządzeń piętrzących.

Celem pracy była ocena retencji wywołanej działalnością bobra europejskiego. W artykule zaproponowano wykorzystanie opuszczonych przez gatunek stanowisk do budowy urządzeń piętrzących zwiększających retencję obszaru.

## 2. Obiekt badań

Badania przeprowadzono na rzece Trojanka na odcinku od obszaru źródłiskowego – Stawów Huckich do przekroju zamykającego – Jeziora Zielonka. Teren ten zaliczany jest do Parku Krajobrazowego Puszcza Zielonka - jednego z największych kompleksów leśnych środkowej Wielkopolski. Charakteryzuje się on odśrodkowym układem sieci hydrograficznej (Anders 2004, Liberacki & Stachowski 2008). Głównym ciekim odprowadzającym wody powierzchniowe jest rzeka Trojanka. Położona jest ona na terenie Dorzecza Odry, regionu wodnego Warty. Jej źródlika zlokalizowane są na terenie Nadleśnictwa Doświadczalnego Zielonka w rejonie Stawów Huckich. Jest to kompleks trzech zbiorników, które w przeszłości były wykorzystywane gospodarczo. Obecnie nie pełnią już tej funkcji. W wyniku przeprowadzonych w przeszłości prac hydrotechnicznych Trojanka utraciła swój naturalny charakter i upodobniła się do rowu. Przekształcenia w rowy odwadniające objęły znaczną część cieków wstępujących na obszarze Puszczy Zielonki. Przyczyniły się one do zmniejszenia terenów podmokłych (Grajewski 2006). W parku obecnie coraz częściej zauważalne są okresowe niedobory wody, wysychają mniejsze cieki, a poziom lustra wody w stawach i jeziorach znacząco się obniża. Czynniki te przemawiają za potrzebą zwiększenia retencyjności tego terenu (Liberacki i Stachowski 2008). Obszar Puszczy Zielonki jest również miejscem liczego występowania bobra europejskiego. W jego granicach stwierdzono obecność 26 stanowisk gatunku (Bereszyński i in. 2011).

## 3. Materiał i metody

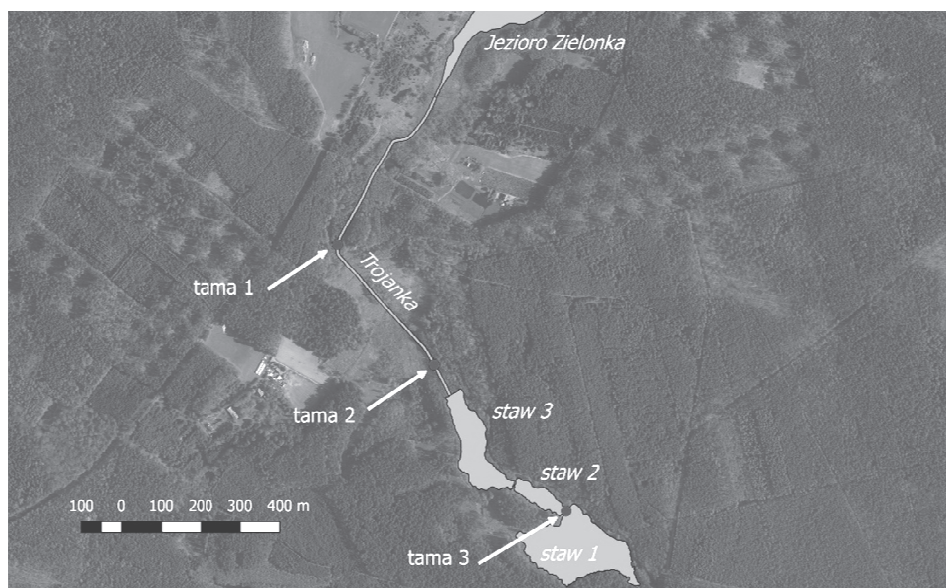
Prace terenowe obejmowały inwentaryzację zapór na cieku utworzonych przez bobra europejskiego. Szczegółowe pomiary wykonano na piętrzeniu zlokalizowanym na jednym ze Stawów Huckich, gdzie odnotowano największą aktywność gatunku. Ich zakres obejmował wykonanie zdjęć lotniczych zbiornika oraz dokładnych pomiarów geodezyjnych

celem precyzyjnego ustalenia powierzchni stawu. W badaniach użyto zestawu firmy SOKKIA składającego się z odbiornika GPS/GLN oraz kontrolera SHC250. Zdjęcia obiektu wykonano z wysokości 120 m za pomocą drona DJI Phantom 4. Na podstawie uzyskanych 550 fotografii opracowano ortofotomapę Stawów Huckich. W tym celu wykorzystano oprogramowanie Agisoft PhotoScan Professional oraz QGIS wersja 2.18. Na badanym zbiorniku przy pomocy łaty wodowskazowej zmierzono wysokość przetamowania wywołanego działalnością bobra europejskiego. Obliczono też objętość zretencjonowanej dzięki temu procesowi wody. W tym celu wykonano pomiary batymetryczne stawu przy zastosowaniu echosondy oraz wcześniej wymienionego sprzętu geodezyjnego. Uzyskane wyniki poddano testowi Shapiro-Wilka w programie Statistica wersja 13.1 celem zweryfikowania hipotezy o zgodności rozkładu przeprowadzonych sondowań głębokości zbiornika z rozkładem normalnym. Następnie przy pomocy programu QGIS opracowano mapę batymetryczną zbiornika oraz numeryczny model jego dna. Końcowym etapem prac było obliczenie objętości zgromadzonej w nim wody oraz określenie o ile zwiększa się retencja w badanym zbiorniku na skutek działalności bobra europejskiego. Poddano również dyskusji kwestię zagospodarowania tego miejsca w przyszłości po opuszczeniu stanowiska przez gatunek.

#### 4. Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone obserwacje terenowe wykazały istnienie przetamowań spowodowanych działalnością bobra europejskiego w trzech miejscach na badanym odcinku rzeki Trojanki (rys. 1). Tama 1 została usytuowana na lokalnym zwężeniu koryta wynoszącym 3,5 m. Bezpośrednio przed zaporą oraz za nią ciek osiągał szerokość od 4 m do nawet 5,5 m. Długość łukowato wygiętej tamy bobrowej wynosi 5,5 m zaś jej wysokość zaledwie 20 cm. Lokalizacja obiektu przyczyniła się jednakże do znaczącego zwiększenia udziału terenów podmokłych. Bobry doprowadzając do piętrzenia wody spowodowały podniesienie poziomu wody w Trojance, a co za tym idzie zalanie powstałej w przeszłości sieci rowów melioracyjnych zlokalizowanych powyżej zapory. Napełnienie ich wodą skutkowało powstaniem rozlewiska, którego powierzchnię oszacowano na około 5000 m<sup>2</sup>. Można zatem stwierdzić, że miejsce to jest przykładem skutecznej działalności gatunku *Castor fiber* dążącej do uzy-

skania możliwe małym piętrzeniem jak największej powierzchni zalewu. Tama 2 została zlokalizowana w odległości 90 m od mnicha wylotowego usytuowanego na ostatnim ze Stawów Huckich. Jej wysokość wynosiła 45 cm, a długość 3,5 m. Szerokość koryta Trojanka w tym miejscu osiągnęła wartość 3 m. Z uwagi na lokalizację na początkowym odcinku rzeki, można przypuszczać, iż działania bobra zmierzały doprowadzenia do powstania kolejnego, czwartego zbiornika w rejonie Stawów Huckich. Piętrzenie wody w tym miejscu przyczynia się do rozwoju zbiorowisk roślinności podmokłej oraz spowolnienia odpływu bezpośrednio za zbiornikami.

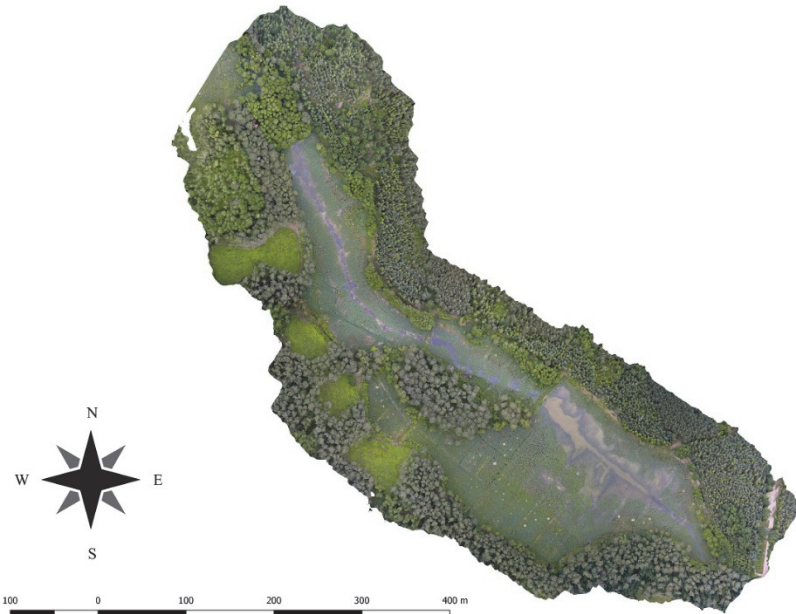


**Rys. 1.** Lokalizacja tam bobrowych na rzece Trojanka

**Fig. 1.** The location of beaver dams on Trojanka river

Trzecim, miejscem w którym zaobserwowano wzmożoną działalność gatunku bobra europejskiego był przelew między pierwszym, a drugim zbiornikiem w kompleksie Stawów Huckich. W przeszłości, gdy pełniły one funkcję gospodarczą – stawów rybnych, znajdował się tu mnich drewniany regulujący przepływ wody. Obecnie zlokalizowany przelew, notorycznie zapychany jest gałęziami, łodygami trzciny oraz namulem naniesionym przez bobry. Proces ten powoduje piętrzenie wody w pierwszym stawie. Wysokość piętrzenia wyniosła 20 cm.

W celu obliczenia aktualnej powierzchni zbiornika wykonano ortofotomapę obiektu badań na podstawie zdjęć uzyskanych z drona. Zasięg kompleksu Stawów Huckich prezentuje rysunek 2. Uzyskane wyniki powierzchni dla poszczególnych stawów zestawiono w tabeli 1 z danymi pochodzącymi z publikacji Bereszyńskiego i in. (2011). Otrzymane rezultaty nie odbiegają w dużym stopniu od wartości wcześniej opublikowanych. Pozwalają one jednakże na dokładniejsze określenie powierzchni stawu 1, która była istotna dla dalszych badań.



**Rys. 2.** Ortofotomapa Stawów Huckich

**Fig. 2.** Orthophotomap of the Huckie Ponds

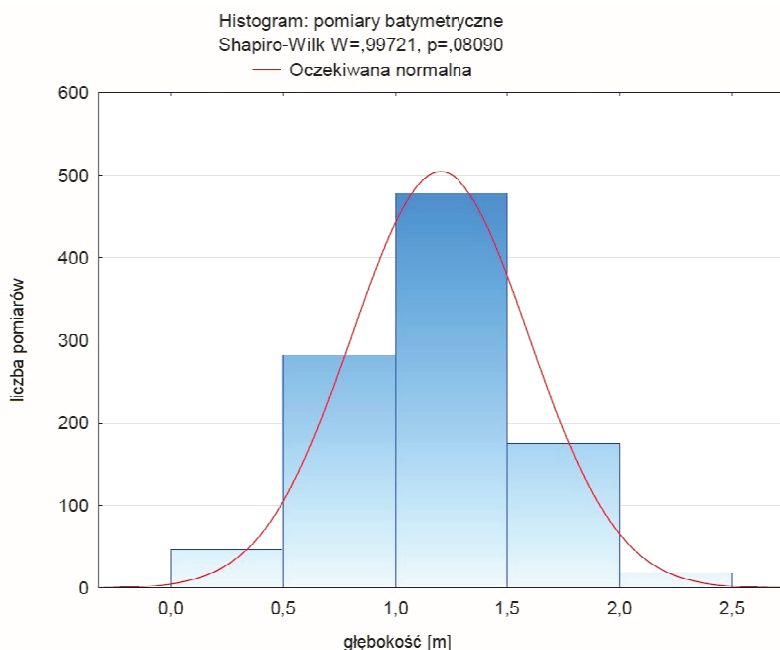
Na stawie 1 za pomocą echosondy i sprzętu geodezyjnego wykonano 1000 punktowych pomiarów głębokości. Dla uzyskanych wartości zastosowano test zgodności Shapiro-Wilka celem weryfikacji hipotezy o zgodności rozkładu empirycznego zmiennej obserwowanej (głębokości) z rozkładem normalnym. Wykorzystano do tego pakiet Statistica. Przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0,05$ . Histogram z wynikami testu zaprezentowano na rysunku 3. Stwierdzono, że ponieważ  $p = 0,08090 > \alpha = 0,05$ , to nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej orzekającej, że rozkład empiryczny jest zgodny z rozkładem normalnym. Przyjęto za-

tem, iż uzyskane pomiary są próbą reprezentatywną i mogą być wykorzystane do dalszej analizy.

**Tabela 1.** Powierzchnia poszczególnych Stawów Huckich

**Table 1.** Surface area of certain Huckie Ponds

Nazwa stawu	Powierzchnia stawu [m <sup>2</sup> ]		Różnica wielkości powierzchni [%]
	Berszyński i in. 2011	Pomiar własny	
staw 1	30 200	33 156	9
staw 2	6 600	5 160	28
staw 3	25 100	17 107	47

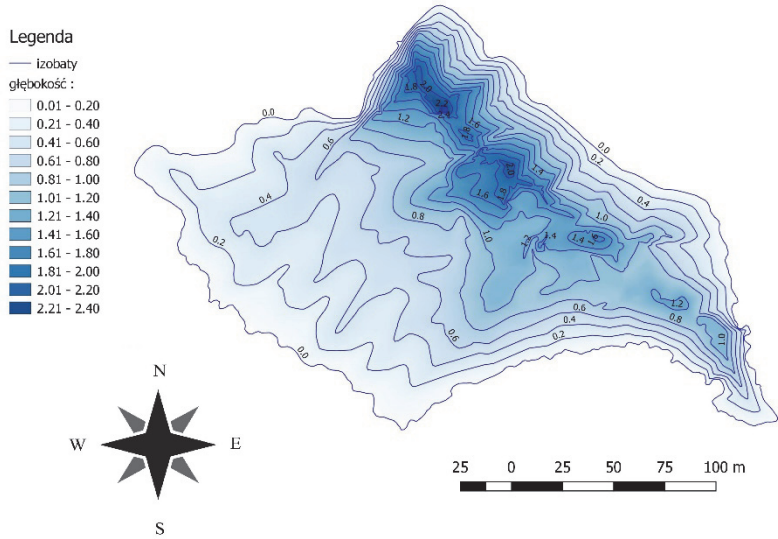


**Rys. 3.** Przebieg zmienności badanych głębokości stawu 1

**Fig. 3.** Variation of depth in Pond no 1

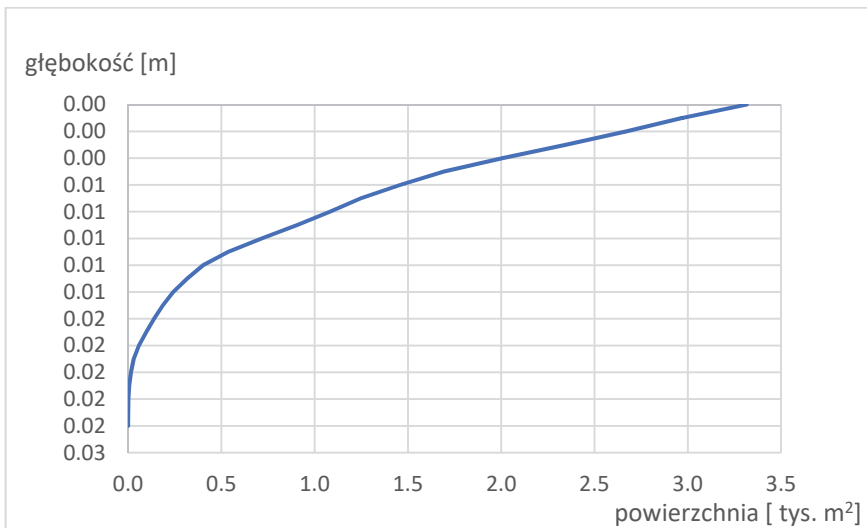
Pikiety ze współrzędnymi i głębokościami zaimportowano do programu QGIS. Następnie wykonano mapę batymetryczną stawu 1 (rys. 4). Wykreślono też krzywą batygraficzną dla badanego zbiornika (rys. 5).





**Rys. 4.** Mapa batymetryczna stawu 1

**Fig. 4.** Bathymetric map of Pond 1



**Rys. 5.** Krzywa batygraficzna stawu 1

**Fig. 5.** Bathymetric curve of Pond 1

Na podstawie danych pozyskanych podczas pomiarów terenowych opracowano numeryczny model dna (model TIN) stawu 1. W kolejnym etapie prac wykorzystano go do obliczenia ilości wody zretencjonowanej w zbiorniku przy 20 cm piętrzeniu wywołanym działalnością bobra europejskiego. Na jego podstawie za pomocą programu QGIS określono też ilość wody zgromadzonej w stawie 1 przy braku piętrzenia oraz zasięg powierzchni zalewu. Obliczona objętość zmagazynowanej wody w warunkach braku piętrzenia wyniosła 14 824 m<sup>3</sup>. Przy 20 cm piętrzeniu wywołanym działalnością bobra, wartość ta wzrosła do 20 806 m<sup>3</sup>. Gatunek *Castor fiber* przyczynił się również do zwiększenia powierzchni stawu 1 z 26 713 m<sup>2</sup> do 33 156 m<sup>2</sup>. Otrzymane wyniki (tab. 2) wskazują na znaczący wpływ działalności gatunku *Castor fiber* na zasoby wodne. Piętrzenie wody na stawie o wysokość zaledwie 20 cm spowodowało wzrost retencji o prawie 6 000 m<sup>3</sup>. Wartość ta stanowi aż 29% całkowitej objętości wody zgromadzonej w zbiorniku. Powierzchnia stawu dzięki piętrzeniu wzrosła o około 6 450 m<sup>2</sup>. Zmiany te pozytywnie wpływają na bilans wodny obszaru. Wzrost retencji zapewne poprawia warunki wilgotnościowe sąsiadujących drzewostanów oraz zwiększa ich produktywność.

**Tabela 2.** Objętość wody oraz powierzchnia stawu 1 przy różnych piętrzeniach  
**Table 2.** Water volume and surface area of Pond 1 with different water damming

Wysokość piętrzenia wody	Objętość wody w stawie 1 [m <sup>3</sup> ]	Powierzchnia stawu 1 [m <sup>2</sup> ]
brak piętrzenia	14 824	26 713
20 cm piętrzenie wywołane działalnością bobra europejskiego	20 806	33 156

Warto zaznaczyć, iż gatunek *Castor fiber* wybrał jako lokalizację piętrzenia wody przelew, na którym w przeszłości znajdował się mlich stawowy regulujący odpływ. Obecnie jest to najwęższe miejsce przepływu wody pomiędzy zbiornikami w całym kompleksie Stawów Huckich. Jego światło wynosi zaledwie 42 cm, zaś przelew pomiędzy stawem 2 i 3 jest od niego większy. Staw 1 jest też zbiornikiem o największej powierzchni.

Autorzy wielu publikacji sugerują iż należy dążyć do jak najdłuższego zachowania tam bobrowych oraz utrzymania siedlisk bobra europejskiego w obecnych lokalizacjach (Burchsted D. i in. 2010, Dalbeck i Weinberg 2009, Grygoruk i Nowak 2014). Jednakże zapewnienie stałej obecności gatunku na obszarze cieków leśnych nie zawsze jest możliwe. Warto więc zastanowić się nad zagospodarowaniem przetamowań po ich opuszczeniu przez bobry. Pozostawione przez osobniki tamy pełnią aktywną rolę w zwiększaniu retencji korytowej jedynie przez następne 5 lat. Po upływie tego czasu zdolności retencyjne tych budowli znacząco obniżają się. Tamy bobrowe wywierają za to długotrwały wpływ na wody gruntowe. Badania wykazały, iż stawy, które nie były utrzymywane przez bobry w okresie dłuższym niż 5 lat, nadal przyczyniały się do wzrostu poziomu wód gruntowych w sąsiednich siedliskach. Stwierdzono, że ekologiczne znaczenie działalności gatunku jest dużo trwalsze od wywoływanej przez niego retencji korytowej (Grygoruk i Nowak 2014).

Gdy przetamowanie zlokalizowane na Stawach Huckich w naturalny sposób ulegnie degradacji, należy rozważyć wybudowanie w tym miejscu zastawki piętrzącej oraz regulującej przepływ wody. Przelew pomiędzy zbiornikami wydaje się być idealną lokalizacją do realizacji inwestycji z zakresu małej retencji. Stosunkowo nieduży wkład finansowy może doprowadzić do znaczącego zwiększenia objętości wody zgromadzonej w stawie. Jest to niezwykle znaczące dla Puszczy Zielonki, która położona jest w rejonie deficytowym pod względem zasobów wodnych.

## 5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania potwierdziły, że bóbr wybiera optymalne miejsca do wykonania tam, w celu uzyskania jak największej powierzchni zalewu. Jego inżynierska działalność na terenie rzeki Trojanki przyczyniła się do powstania wielkopowierzchniowych terenów podmokłych, a także pozytywnie wpłynęła na kształtowanie małej retencji regionu. Na stawie 1 wywołała wzrost objętości wody o prawie 6 000 m<sup>3</sup> (29%).

Potrzeba zwiększania retencji powoduje, że działalność gatunku *Castor fiber* na obszarach leśnych i użytkach ekologicznych (terenach niekonfliktowych z rolnictwem i gospodarką człowieka) powinna być postrzegana jako pozytywna. W nadleśnictwach oraz parkach krajobrazowych często brakuje ekspertów oraz baz danych pozwalających na

wytypowanie odpowiedniego miejsca pod inwestycje z zakresu małej retencji. Pomocne w tym przypadku mogą być lokalizacje przetamowań wywołanych działalnością gatunku *Castor fiber*. Stanowią one optymalne miejsca do realizacji inwestycji zwiększających zasoby wodne. Przeprowadzone badania wykazały, iż bóbr europejski tworzy tamy w miejscach lokalnych wypłyceń i przewężeń cieku. Osiąga tym samym małym nakładem pracy możliwie największą objętość zretencjonowanej wody. Poprawność powyższej hipotezy została również potwierdzona pomiarami wykonanymi przez innych naukowców m.in. w zlewni rzeki Krzemianki (Grygoruk 2008). Otrzymane wyniki badań uzasadniają zatem celowość rozpatrzenia lokalizacji tam bobrowych jako optymalnych lokalizacji do budowy urządzeń piętrzących w lasach. Oczywiście miejsca te mogą być wykorzystane dopiero po opuszczeniu stanowisk przez osobniki. Sugeruje się zatem stworzenie w nadleśnictwach szczegółowej ewidencji istniejących tam bobrowych obejmujących ich wymiary, lokalizację oraz charakterystykę cieku czy też zbiornika na którym są usytuowane. Sporządzona przy wykorzystaniu oprogramowania GIS baza danych w przyszłości może stanowić podstawę do precyzyjnego wytypowania potencjalnych miejsc realizacji inwestycji z zakresu małej retencji wodnej w lasach.

## Literatura

- Anders, P. (2004). *Puszcza Zielonka*. Poznań: Wydawnictwo Wojewódzkiej Biblioteki Publicznej i Centrum Animacji Kultury.
- Bereszyński, A., Prange, K., Kasprzak, K. (2011). *Bóbr europejski (Castor fiber Linnaeus, 1758) w Puszczy Zielonka*. Poznań: Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski.
- Boczoń, A., Kowalska, A., Dudzińska, M., Wróbel, M. (2016). Drought in Polish Forests in 2015. *Pol. J. Environ. Stud.*, 25(5), 1857-1862.
- Boczoń, A., Wróbel, M., Syniaiev, V. (2009). Wpływ stawów bobrowych na zasoby wodne zlewni na przykładzie badań w Nadleśnictwie Browisk. *Leśne Prace Badawcze*, 70(4), 363-371.
- Burchsted, D., Daniels, M., Thorson, R., Vokoun J. (2010). The River Discontinuum: Applying Beaver Modifications to Baseline Conditions for Restoration of Forested Headwaters. *BioScience*, 11, 908-922.
- Czech, A. (2005). *Analiza dotychczasowych rodzajów i rozmiaru szkód wyrządzanych przez bobry oraz stosowanie metod rozwiązywania sytuacji konfliktowych*. Kraków: Instytut Ochrony Przyrody PAN.

- Czerepko, J., Wróbel, M., Boczoń, A., Sokołowski, K. (2009). The response of ash-alder swamp forest to increasing stream water level caused by damming by the European beaver (*Castor fiber* L.). *Journal of Water and Land Development*, 13a, 249-262.
- Dalbeck, L., Weinberg, K. (2009). Artificial ponds: a substitute for natural Beaver ponds in a Central European Highland (Eifel, Germany)? *Hydrobiologia*, 630, 49-62.
- Derwich, A., Mróz, I. (2008). Bóbr europejski *Castor fiber* L. 1758 jako czynnik wspomagający renaturyzację siedlisk nad górnym Sanem. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 10, 2, 173-183.
- Frydel, K. (2014). *Wpływ zmian hydrologicznych na ekosystemy leśne*. Biblioteczka leśniczego, zeszyt 366. Warszawa: Wydawnictwo Świat.
- Grajewski, S. (2006). *Stosunki wodne oraz zdolność retencyjna obszarów leśnych Parku Krajobrazowego Puszcza Zielonka*. Poznań: Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.
- Gorczyca, E., Krzemień, K., Sobucki, M., Jarzyna, K. (2018). Can beaver impact promote river renaturalization? The example of the Raba River, southern Poland. *Science of the Total Environment*, 615, 1048-1060.
- Grygoruk, M. (2008). Metodyka szacowania objętości retencyjnej stawów bobrowych oraz ich oddziaływania na stosunki wodne zlewni leśnych. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 10, 2(18), 162-172.
- Grygoruk, M., & Nowak, M. (2014). Spatial and Temporal Variability of Channel Retention in a Lowland Temperate Forest Stream Settled by European Beaver (*Castor fiber*). *Forests*, 5, 2276-2288.
- GUS, Departament Badań Regionalnych i Środowiska (2017). *Ochrona środowiska 2017. Informacje i opracowania statystyczne*. Warszawa: Zakład Wydawnictw Statystycznych.
- Jokiel, P., Marszelewski, W., Pociask-Karteczka, J. (red.) (2017). *Hydrologia Polski*. Warszawa: PWN.
- Kusztal, P., Żeber-Dzikowska, I., Chmielewski, J., Wójtowicz, B., Wszelaczyńska, E., Gworek, B. (2017). The significance of the European beaver (*Castor fibre*) activity for the process of renaturalization of river valleys in the era of increasing. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 28(1), 31-35.
- Liberacki, D., Stachowski, P. (2008). Ocena małej retencji wodnej w Puszczy Zielonka i jej otulinie. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 10, 657-678.
- Liberacki, D., Korytowski, M., Kozaczyk, P., Stachowski, P., Stasik, R. (2016). Efekty realizacji programu małej retencji w lasach na przykładzie dwóch nadleśnictw obszarów nizinnych. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 18, 428-438.
- Miler, A. T. (2009). Stan obecny małej retencji wodnej oraz perspektywy jej rozbudowy na przykładowych terenach leśnych w Wielkopolsce. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4, 231-237.

- Miler, A. T. (2013). *Kompleksowa metodyka oceny stosunków wodnych w lasach*. Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- Miler, A. T. (2015). Mała retencja wodna w polskich lasach nizinnych. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, 5, 979-992.
- Pierzgalski, E. (2007). Specyfika obiektów małej retencji w lasach. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie* 3, 120-124.
- Przybyła, C., Sojka, M., Mrozik, K., Wróżyński, R., Pyszny, K. (2015). *Metodyczne i praktyczne aspekty planowania małej retencji*. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Przybyła, C., Sojka, M., Wróżyński, R., Pyszny, K. (2017). *Planowanie małej retencji w lasach na przykładzie Puszczy Noteckiej*. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Rosell, F., Bozser, O., Collen, P., Parke, H. (2005). Ecological impact of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* and their ability to modify ecosystems. *Mammal Review*, 35, 3-4, 248-276.
- Stachowski, P., Liberacki, D., Fiedler, M. (2015). Ocena zwiększenia retencji siedlisk leśnych objętych programem Natura 2000. *Nauka Przyroda Technologia*, 9(2), 30.
- Stasik, R., Szafranski, Cz., Korytowski, M., Liberacki, D. (2011). Kształtowanie się zasobów wodnych w małych zlewniach leśnych na obszarze Wielkopolski. *Rocznik Ochrona Środowiska* 13, 1679-1696.
- Tszydel, M., Tończyk, G. (2012). Bóbr – przyjaciel czy wróg? Naturalna mała retencja odpowiedzią na niekorzystny bilans wodny Polski. *Kosmos. Problemy nauk biologicznych*, 61(2), 251-260.
- Tyszka, J. (1997). *Retencja wodna w lasach*. Biblioteczka leśniczego, zeszyt 87. Warszawa: Wydawnictwo Świat.

## **Planning of Small Retention in Forests Based on Natural Factors that Increase Water Resources**

### **Abstract**

Greater Poland Voivodeship is one of the regions that faces the highest water scarcity in the country. The current distribution of precipitation and higher temperatures are the cause of the increasing unfavorable water balance. It is extremely important to increase the water supplies of the area. To do so, several programs of small retention have been implemented. Despite much evidence for the need of the programs in the forest areas, as well as many donations from the European Union for that cause, there have been many issues involved. Forestry management lacks experts in the field of hydrology, as well as the database that would make it possible to identify areas for the investment. In those cases, the

observation and analysis of the processes of natural water retention are very useful for finding the location for the water raising installations. In particular, it is worth taking into account the zoological factor of the European beaver activity. In this analysis, the retention capability created by the *Castor fiber* species along with the possibility of transforming abandoned dams built by the beavers into water raising installations have been evaluated. Research has been conducted in the Puszcza Zielonka Landscape Park from the source of the Trojanka river (Huckie Ponds) to the mouth of the river at Lake Zielonka. Fieldwork included among the others dam inventories on the path created by European beavers. Detailed measurements have been made on water raising installations located on one of the Huckie Ponds, where beaver's highest activity has been observed. The drone pictures of the reservoir have been taken as a part of the research. The bathymetrical measurements have been made with the use of fathometer and geodesic equipment. The depth measurements were Shapiro-Wilk tested in the Statistica software to verify the hypothesis of the normality of the measurements of the bathometer. Next, an orthophoto of the Huckie Ponds and a bathymetric map of Pond 1 with its numeric model of the bottom have been developed using the QGIS program. The amount of water gathered in the reservoir, as well as the increase of retention levels caused by European beaver activity have been calculated. Research proved that the natural dam system causes water levels to increase up to 6000 m<sup>3</sup> (29%). It was also stated that the European beaver chooses narrow and shallow parts of the Trojanka river to build the dams. Thanks to that, with relatively less effort, beavers gain bigger surface area throughout the river. The locations chosen by beavers to build water raising installations are perfect for the small retention investments. I suggest creating a database in the forestry based on the geographic information systems of the existing beaver dams. The use of the location of the abandoned beaver dams should be taken into consideration in the investments that aim at increasing the retention levels.

### **Streszczenie**

Wielkopolska należy do jednych z najbardziej deficytowych pod względem zasobów wodnych obszarów w kraju. Obecny rozkład opadów atmosferycznych oraz występowanie coraz wyższych temperatur przyczynia się do pogłębiania niekorzystnego bilansu wodnego. Niezwykle ważne zatem jest zwiększanie zasobów wodnych obszaru. W tym celu realizowane są programy małej retencji. Pomimo licznych dowodów na potrzebę ich wdrażania na obszarach leśnych oraz unijnych dofinansowań, z realizacją programów zwiększających retencję związanych jest wiele problemów. W nadleśnictwach brakuje ekspertów z dziedziny hydrologii oraz odpowiednich baz danych umożliwiają-

cych wytypowanie potencjalnych miejsc do realizacji inwestycji. W takich przypadkach przy doborze odpowiedniej lokalizacji do wykonania urządzeń piętrzących przydatna może być obserwacja i analiza procesów kształtujących w sposób naturalny retencję wodną. W szczególności warto zwrócić uwagę na czynnik zoogeniczny jakim jest działalność bobra europejskiego. W pracy dokonano oceny wielkości retencji wywołanej przez gatunek *Castor fiber* oraz możliwości wykorzystania w przyszłości opuszczonych przez niego stanowisk do budowy urządzeń piętrzących. Badania przeprowadzono w Parku Krajobrazowym Puszcza Zielonka na odcinku rzeki Trojanka od obszaru źródłiskowego – Stawów Huckich do przekroju zamykającego – Jeziora Zielonka. Prace terenowe obejmowały m.in. inwentaryzację zapór na cieku utworzonych przez bobra europejskiego. Szczegółowe pomiary przeprowadzono na piętrze zlokalizowanym na jednym ze Stawów Huckich, gdzie odnotowano największą aktywność gatunku. W ramach badań wykonano za pomocą drona zdjęcia lotnicze zbiornika. Przy zastosowaniu echosondy i sprzętu geodezyjnego wykonano również pomiary batymetryczne. Uzyskane wyniki głębokości poddano testowi Shapiro-Wilka w programie Statistica celem zweryfikowania hipotezy o zgodności rozkładu wykonanych sondowań zbiornika z rozkładem normalnym. Następnie przy pomocy programu QGIS opracowano ortofomapę Stawów Huckich, mapę batymetryczną badanego stawu 1 oraz numeryczny model jego dna. Obliczono również ilość zgromadzonej w nim wody oraz określono o ile zwiększa się retencja w badanym zbiorniku na skutek działalności bobra europejskiego. Przeprowadzone badania wykazały, iż naturalne przetamowanie na stawie przyczynia się do zwiększenia zasobów wodnych nawet o 6 000 m<sup>3</sup> (29%). Stwierdzono również, że bóbr europejski instynktownie wybiera miejsca do budowy tam w lokalnych zwężeniach i wyłyceń cieków Trojanka. Uzyskuje tym samym jak największą powierzchnię zalewu stosunkowo małym nakładem pracy. Lokalizacje do budowy piętrzeń wybierane przez gatunek są idealnym miejscem do realizacji inwestycji z zakresu małej retencji wodnej. Proponuje się zatem stworzenie w nadleśnictwach w oparciu o system geoinformacji szczegółowej bazy danych istniejących tam bobrowych. Po opuszczeniu stanowisk przez bobra europejskiego należy zastanowić się nad wykorzystaniem ich lokalizacji do realizacji inwestycji zwiększających retencję.

**Słowa kluczowe:**

mała retencja, stawy, zasoby wodne, tamy bobrowe, Puszcza Zielonka

**Keywords:**

small retention, ponds, water resources, beaver dams, Puszcza Zielonka