

**Sprawozdanie merytoryczne  
z realizacji przedsięwzięcia**

**"Ocena potencjału naturalnych form retencji  
wodnej na rzekach Kujaw Wschodnich –  
deficytowego w zasoby wodne regionu województwa  
kujawsko-pomorskiego"**

**umowa dotacji WFOŚiGW w Toruniu nr DT17043/Gw-in**

**Autorzy opracowania:**

**dr Arkadiusz Bartczak, dr Dariusz Brykała, dr Piotr Gierszewski,  
dr Piotr Lamparski, dr Sebastian Tyszkowski, dr Mateusz Kramkowski,  
prof. dr hab. Mirosław Błaszkiwicz**

**Toruń 10.12.2017 r.**



## **Wstęp**

Problem deficytu wody jest jednym z ważniejszych czynników mających wpływ na dynamiczny rozwój Województwa Kujawsko-Pomorskiego. Szczególnie południowa część województwa została zdiagnozowana w „Strategii rozwoju województwa kujawsko-pomorskiego do roku 2020 – Plan modernizacji 2020+” jako „Obszar Strategicznej Interwencji: Kujawy – wyspecjalizowana strefa gospodarcza dla rolnictwa”. W opracowaniu tym podkreślono, że głównym czynnikiem ograniczającym wielkość produkcji rolniczej na tym obszarze jest „problem środowiskowy – trwały deficyt wody na potrzeby rolnictwa w okresie wegetacyjnym”. Również w „Regionalnym Programie Operacyjnym Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2014-2020” zwraca się uwagę na konieczność wzmocnienia odporności na zagrożenia związane ze zmianami klimatu. W opracowaniu tym wskazano, że „jedną z zasad, której należy przestrzegać realizując podstawowe cele polityki ochrony środowiska w województwie związane z utrzymaniem i wzbogacaniem zasobów przyrodniczych jest regulowanie stosunków wodnych preferującą małą retencję”.

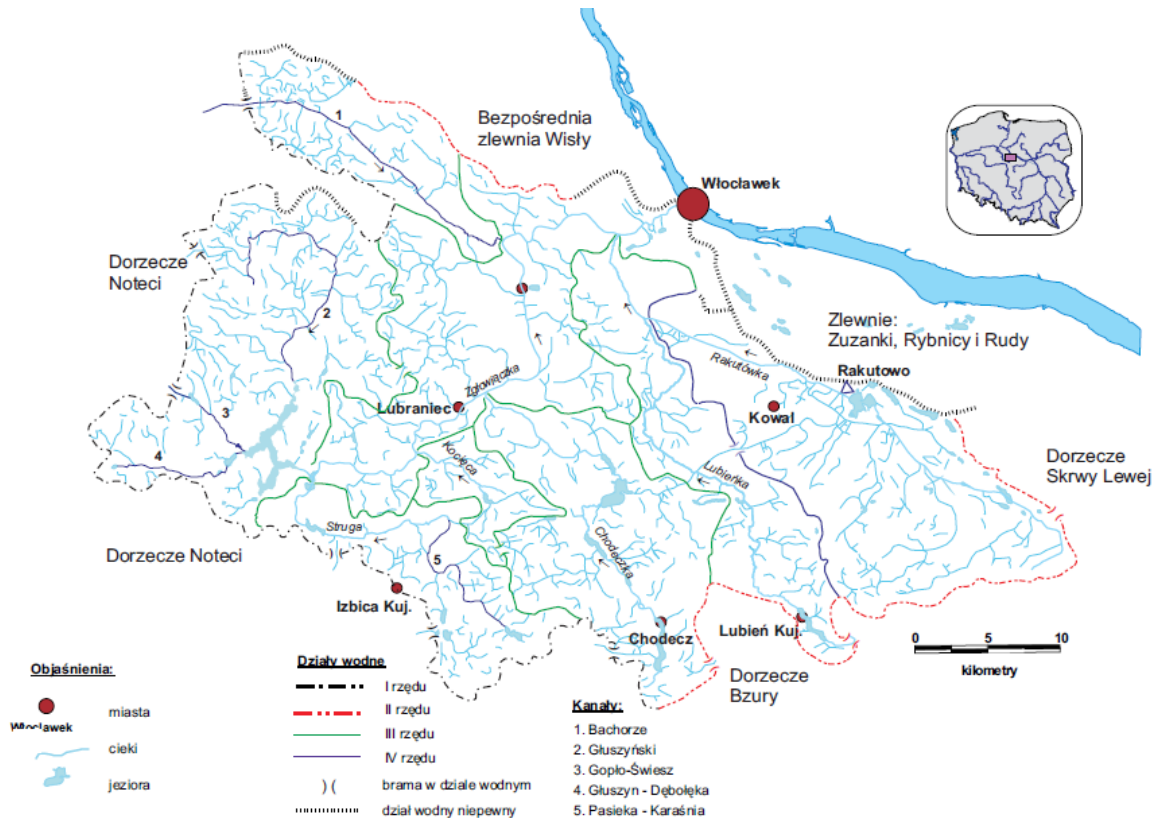
Jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu jest realizowany z różnym skutkiem od końca lat 60-tych XX w. program małej retencji. Obejmuje on różne działania o charakterze technicznym i nietechnicznym, których celem jest poprawa stosunków wodnych w zlewniach i zwiększenie dostępności wody w okresie największego zapotrzebowania dla produkcji rolniczej. Najczęściej stosowanymi formami małej retencji jest retencja zbiornikowa i retencja korytowa spowodowana funkcjonowaniem urządzeń piętrzących na rzekach i sieciach rowów melioracyjnych.

Celem projektu było podniesienie świadomości pracowników administracji samorządowej, lasów państwowych, naukowców, pracowników zarządów melioracji i urzędów wodnych oraz innych organów mających wpływ na podejmowanie decyzji o kierunku i formie poprawy zasobów wodnych na obszarze ich deficytu.

## **Charakterystyka obszaru badań**

Obszar badań - Kujawy Wschodnie został zamknięty powierzchniowym działem wodnym dorzecza Zgłowiączki oraz małych cieków uchodzących bezpośrednio do Wisły: Rudy, Rybnicy i Rudy. Całkowita powierzchnia obszaru badań wynosi 1763,2 km<sup>2</sup>. Hydrograficznie dorzecze

Zgłowiączki ograniczone jest działami wodnymi I, II i IV rzędu (Atlas podziału..., 2005). Od wschodu graniczy z dorzeczem Skrwy Lewej, od południowego zachodu i zachodu z dorzeczem Noteci, od południa z dorzeczem Bzury, a od północnego wschodu z ze zlewniami niewielkich cieków – Rybnicy, Zuzanki i Rudy (ryc. 1).



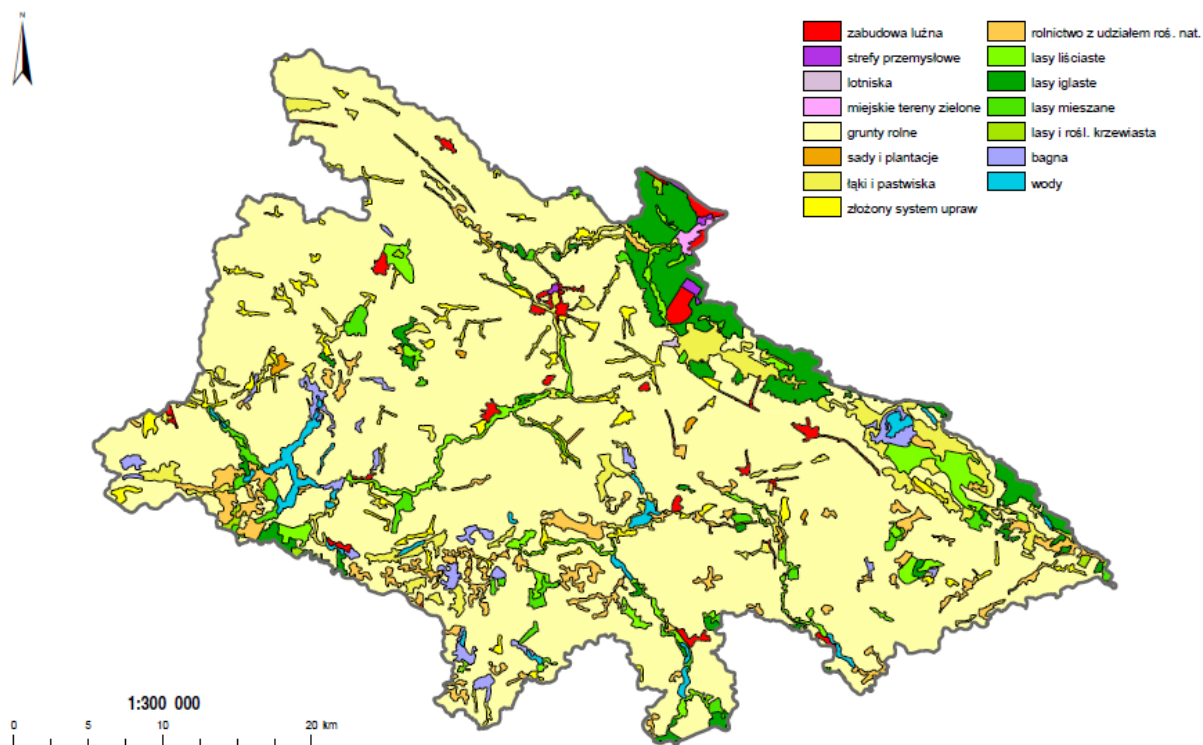
Ryc. 1: Położenie dorzecza Zgłowiączki.

Źródło: Bartczak A., 2007.

Głównym ciekim odwadniającym ten obszar jest rzeka Zgłowiączka. Całkowita długość rzeki wynosi 79,0 km. Za początek Zgłowiączki uważany jest Kanał Głuszyński, którego źródło znajduje się na południe od miejscowości Płowce, na wysokości 92,5 m n.p.m. Zgłowiączka kończy swój bieg uchodząc do Wisły we Włocławku na wysokości 44,4 m n.p.m. Rozkład sieci rzecznej w dorzeczu Zgłowiączki jest niesymetryczny (Bartczak, 2007). Widoczna jest dysproporcja pomiędzy prawobrzeżną i lewobrzeżną częścią dorzecza.

Zgodnie z podziałem regionalnym Polski w układzie dziesiętnym Kondrackiego (2002) dorzecze Zgłowiączki wchodzi w skład dwóch makroregionów: Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej - 315.3 (mezo-region Kotlina Płocka – 315.36) i Pojezierza Wielkopolskiego – 315.5 (mezo-regiony: Równina Inowrocławska – 315.55 i Pojezierze Kujawskie – 315.57).

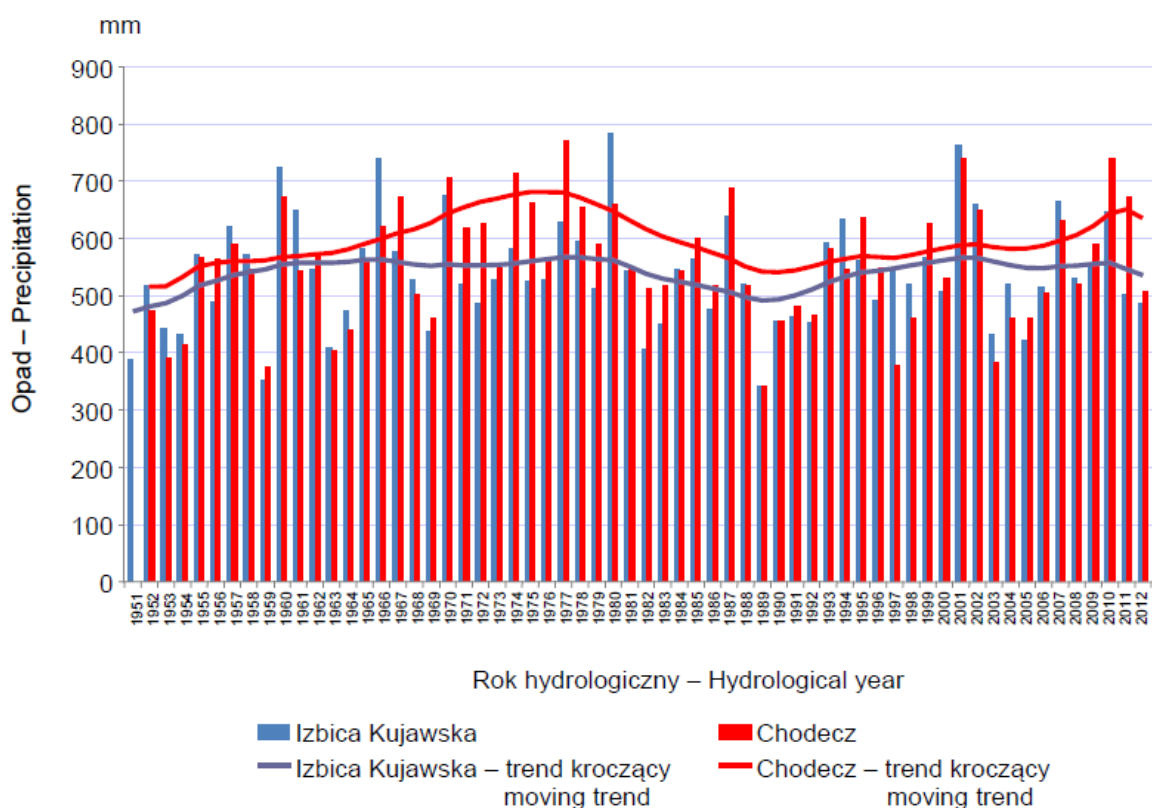
W strukturze użytkowania gruntów na obszarze badań dominują użytki rolne (ryc. 2). Z analiz przeprowadzonych przez Bartczaka (2007) wynika, że użytki rolne zajmują powierzchnię 1197,98 km<sup>2</sup>, co stanowi 80,1 % powierzchni dorzecza. W strukturze użytków rolnych dominują grunty rolne, które w ogólnej powierzchni dorzecza stanowią 73,4% (1097,31 km<sup>2</sup>), natomiast udział użytków zielonych wynosi 6,7% (100,67 km<sup>2</sup>).



Ryc. 2: Struktura użytkowania gruntów (Corine Land Cover).

Na obszarze tym notowane są najniższe sumy opadów atmosferycznych w Polsce (Wójcik, Marciniak, 1993; Łabędzki i in., 2008). Szczególnie w centralnej części dorzecza Zgłowiączki w okolicach Brześcia Kujawskiego średnia suma roczna opadów z okresu 1961-1991 wynosi 455 mm. Na pozostałych posterunkach opadowych średnie sumy roczne wynoszą: 561 mm w Chodczu (1961-2000) i 528 mm w Baruchowie (1961-2000) (ryc. 3). W cyklu półrocznym dominują opady półrocza letniego (od maja do października). Stanowią one ponad 60% średniej rocznej sumy opadów. Z kolei opady półrocza zimowego (od listopada do kwietnia) stanowiły od 35% do 37% średniej rocznej sumy opadów. Wielkość opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym (od kwietnia do września) była bardzo zbliżona do wielkości

opadów z półrocza letniego. Jak podaje Łabędzki (2006) Kujawy to obszar szczególnie niekorzystny dla produkcji rolniczej pod kątem rozkładu opadów atmosferycznych w czasie.

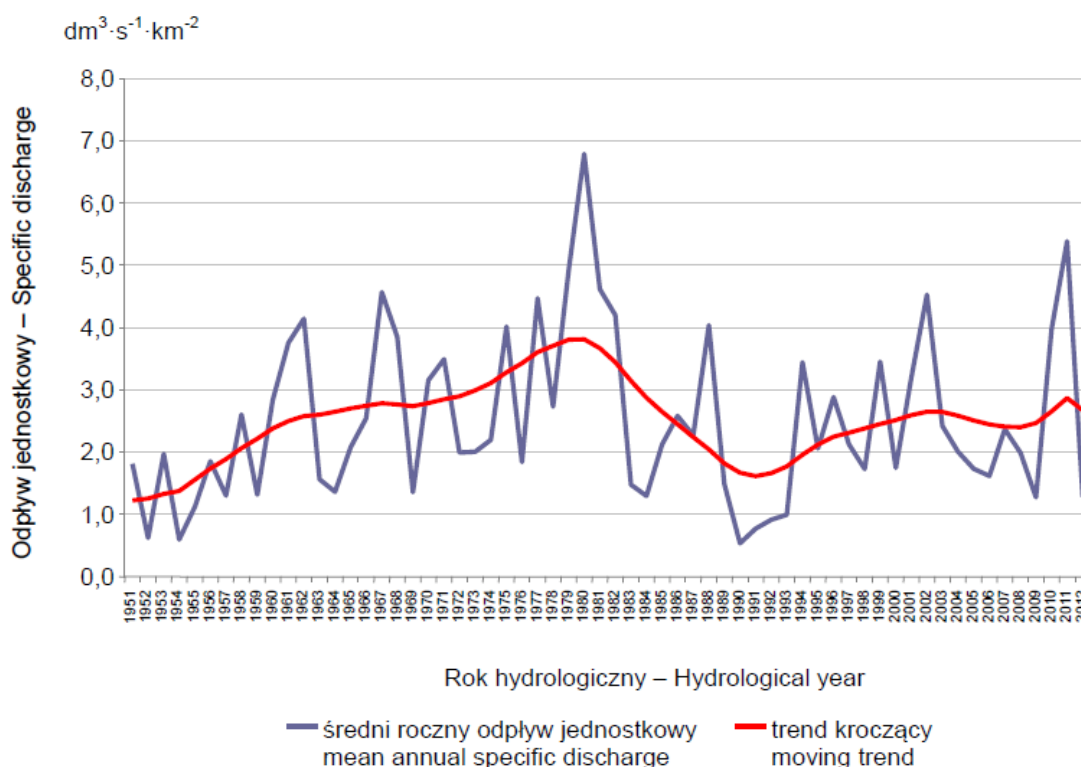


Ryc. 3: Wielkość i tendencje rocznych sum opadów atmosferycznych na wybranych posterunkach w zlewni Zgłowiączki w wieloleciu 1951-2012.

Źródło: Bartczak A., 2014.

Jednym ze wskaźników charakteryzujących wielkość zasobów wodnych na określonym obszarze jest średni odpływ jednostkowy, tzn. ilość wody odpływającej z określonej powierzchni [ $\text{dm}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ ]. Średni odpływ jednostkowy z obszaru Polski w latach 1901-2000 wynosił  $5,56 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$  (Fal, 2002; Fal i Bogdanowicz, 2002). W regionie wielkopolsko-kujawskim średni odpływ jednostkowy jest najniższy w Polsce. Obliczony przez Bartczaka (2014) z okresu 1951-2012 średni roczny (XI-X) odpływ jednostkowy wynosił  $2,51 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ . Średni odpływ jednostkowy z tego samego okresu z półrocza zimowego (XI-IV) wynosił  $3,35 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ , a z półrocza letniego (V-X) jedynie  $1,66 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ .

Charakterystyczną cechą jest występowanie okresowych niedoborów wody w przekroju wieloletnim. Na rycinie 4 przedstawiono zmienność średniego rocznego odpływu jednostkowego z dorzecza Zgłowiączki w okresie 1951-2012.



Ryc. 4: Wielkość i tendencje średniego rocznego odpływu jednostkowego ze zlewni Zgłowiączki w wieloleciu 1951-2012.

Źródło: Bartczak A., 2014.

Na obszarze tym zmniejszona została naturalna zdolność retencyjna zlewni. Główne przyczyny tego procesu należy wiązać z antropogenicznymi zmianami krajobrazu i obiegu wody. Zostały one spowodowane głównie przez: wylesienia, melioracje odwadniające oraz intensyfikację produkcji roślinnej. Na te zmiany nakładają się również współczesne efekty wynikające ze zmian klimatycznych.

#### Dawne piętrzenia młyńskie na obszarze Kujaw Wschodnich

Zadaniem realizowanego w Polsce w latach 1997-2015 - Programu Rozwoju Małej Retencji (PRMR), była regulacja i kontrola obiegu wody w środowisku przyrodniczym. Miała ona na celu doprowadzenie do zwiększenia zasobów wodnych przez wykorzystanie wód okresowo występujących w nadmiarze oraz wstrzymanie odpływu w okresie wegetacyjnym. Planowano to osiągnąć m.in. poprzez **przywrócenie dawnych stosunków wodnych** w miejscach osuszonych - przede wszystkim ponowne uwodnienie przesuszonych torfowisk, a także przez **odtworzenie dawnych stawów i piętrzeń młyńskich**. Oprócz magazynowania wody celem

PRMR było również oczyszczanie wód przy wykorzystaniu właściwości zlewni oraz regulacja transportu rumowiska (Kowalczak i in., 1997; Mioduszewski, 2002).

Pod pojęciem młyn wodny rozumiemy odpowiednik łacińskiego *molendinum aquaticum*, które oznacza wszystkie zakłady wykorzystujące do swojej pracy energię płynącej wody: młyny zbożowe, papiernie, olejarnie, kaszarnie, tartaki i in.

Celem badań tej części projektu była rekonstrukcja zagospodarowania hydrotechnicznego rzek na obszarze Kujaw Wschodnich i określenie parametrów dawnych zbiorników wodnych wykorzystywanych przez młyny.

Podczas badań wykorzystano trzy metody badawcze:

Pierwsza polegała na stworzeniu bazy danych geoprzestrzennych o dawnych młynach wodnych w środowisku GIS. Głównym materiałem badawczym dla rekonstrukcji stopnia dawnego wykorzystania energii wody były dawne wielkoskalowe opracowania kartograficzne i materiały archiwalne. Druga z metod polegała na inwentaryzacji w terenie zachowanych elementów dawnych młynów i ich urządzeń hydrotechnicznych. Trzecia z metod dotyczyła określenia wielkości retencji zbiornikowej dawnych stawów młyńskich.

#### Stworzenie bazy danych geoprzestrzennych o dawnych młynach wodnych

Podstawowym źródłem informacji o dawnym wykorzystaniu energii płynącej wody na potrzeby młynów wodnych są źródła archiwalne i kartograficzne. Pierwsze z nich jest dostępne w Archiwum Państwowym w Toruniu Oddział we Włocławku. Kwerenda archiwalna wykazała, że duże ilości interesujących informacji znajdowało się w dwóch zespołach archiwalnych: *Naczelnik Powiatu Włocławskiego 1808-1866* oraz *Starostwo Powiatowe Włocławskie 1918-1939*.

Do najważniejszych przeanalizowanych źródeł kartograficznych należały:

1. Mapa „szczegulna” województwa brzesko-kujawskiego i inowrocławskiego Karola Pertheesa, 1785, skala 1:225 000;
2. Special Karte von Suedpreussen (...) D. Gillego, 1803, skala 1:150 000;
3. Topograficzna karta Królestwa Polskiego, 1839 (1843), Kwatermistrzostwo Generalne Wojska Polskiego, skala 1:126 000;
4. Nowaja Topografičeskaja Karta Zapadnoj Rossii, 1914, skala 1:84 000;
5. Messtischblätter Karte des Deutschen Reiches, wydania z początku XX w., skala 1:25 000;

6. Mapy Topograficzne Wojskowego Instytutu Geograficznego, 1929-1939, skala 1:25 000;
7. Mapy topograficzne, 1:25 000, 1930, Wojskowy Instytut Geograficzny;
8. Rybczyński M., 1935, Rozmieszczenie siłowni wodnych w latach 1925-1935, skala 1:500 000.

Pierwsze wzmianki o młynach wodnych na badanym obszarze pochodzą z XIII w. Już w 1207 roku powstał młyn wodny w sąsiadującej z badanym obszarem Brzeźnicy koło Płocka. Na zachodzie z kolei - w 1239 r. zarezerwowano miejsce na budowę młyna w Grabowie, na obszarze dzisiejszego powiatu świeckiego (Kubicki, 2012). Na Kujawach Wschodnich pierwsza udokumentowana informacja o młynie wodnym dotyczy również średniowiecznych obiektów w Mogilnie i Inowrocławiu (Łuczak, 1954).

Przed rewolucją przemysłową, w pierwszej połowie XIX w., sieć młynów wodnych w regionie kujawsko-pomorskim osiągnęła swoje maksymalne zagęszczenie. Istniały wówczas 853 młyny wodne. Największe skupiska tego typu obiektów można było zaobserwować w pobliżu ważnych ośrodków miejskich: Torunia i Włocławka. Największym zagospodarowaniem hydroenergetycznym wyróżniały się dorzecza: Zgłowiączki, Drwęcy, Brdy i Mieni. Dwa obszary: Kujawy Zachodnie i centralna część Ziemi Chełmińskiej były niemal w zupełności pozbawione młynów wodnych.

Wynalezienie turbiny wodnej, a następnie silników parowych i spalinowych doprowadziło do znacznego zmniejszenia liczby młynów wodnych na badanym obszarze. Już na początku XX w. funkcjonowało tylko 35% zakładów zinwentaryzowanych 100 lat wcześniej. Zlikwidowane zostały młyny na ciekach o mniej korzystnych warunkach hydrologicznych (mniejsze cieki i górne odcinki większych rzek). W okresie międzywojennym młyny wodne były jeszcze dość liczne na obszarze Ziemi Dobrzyńskiej (rzeka Mień i dorzecze Drwęcy) oraz Kujawach Wschodnich (dorzecze Zgłowiączki).

Po II wojnie światowej nastąpił całkowity upadek młynarstwa wodnego na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego. Pojedyncze małe objekty funkcjonowały do lat 60. XX w. Od końca lat 80. XX w. prywatni właściciele dawnych młynów zaczęli odtwarzać MEW. Na początku XXI w. na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego funkcjonowały 63 małe elektrownie wodne. W 85% ich lokalizacje nawiązują do wcześniej istniejących tam młynów wodnych.



## Inwentaryzacja w terenie stopnia zachowania urządzeń hydrotechnicznych

Najwięcej młynów wodnych funkcjonowało na Zgłowiączce (20), a następnie na Chodeczce (13), Lubieńce (12) i Rakutowce (11). Często piętrzenia młyńskie tworzyły kaskady zbiorników, w których jeden obiekt oddziaływał na sąsiadujący. Spośród 97 istniejących w przeszłości młynów wodnych, urządzenia piętrzące zachowały się (w różnym stanie technicznym) w 19 lokalizacjach.

Na 36 czynnych obiektów młyńskich w I połowie XX wieku Małe Elektrownie Wodne funkcjonują w 3 lokalizacjach: Nowym Młynie (na Zgłowiączce), Kuźnicach (na Lubieńce) oraz Ossowie (na Chodeczce). Z tego faktycznie funkcjonującym zakładem hydroenergetycznym w 2017 r. był jedynie obiekt w Nowym Młynie. Pozostałe nie funkcjonowały z uwagi na brak odpowiedniej ilości wody w ciekach.

Stawy młyńskie są niewielkich rozmiarów i ich wielkość wahała się od 0,7 ha (Pomarzany) do 12 ha (Skoki). Średnia wielkość istniejących obiektów wynosi 3,81 ha. Jest to więc wartość zbliżona do przeciętnej wielkości zbiorników retencyjnych jakie powstawały w ramach realizacji Programu Małej Retencji. Wysokość piętrzenia wody w rzece na podstawie danych uzyskanych z pomiarów terenowych i archiwalnych wahała się od 6,0 m (przy obiekcie w Śmiłowicach) do około 1,0 m (przy obiektach w Żelaznym czy Kłobi).

## Określenie potencjalnej retencji zbiornikowej dawnych stawów młyńskich

Podstawową trudnością przy określeniu pojemności dawnych stawów młyńskich było oszacowanie ich średniej głębokości. Właściciele stawów młyńskich zazwyczaj nie posiadają ich planów batymetrycznych. Jedynie dla kilku obiektów udało się wykonać pomiary czasz zbiorników. W kilku kolejnych przypadkach możliwe było wykorzystanie NMT o wysokiej rozdzielczości do oszacowania pojemności zbiornika.

Wyniki pomiarów terenowych i analiz GIS parametrów czasz dawnych zbiorników młyńskich wskazują, że średnia głębokość takich obiektów wahała się od 0,6 do 1,3 m. Są to wartości zbliżone do wyników uzyskanych dla małych obiektów retencyjnych przez inne zespoły badawcze (np. Wood i Barker, 2000 – 0,8 m).

Dla 43 obiektów udało się uzyskać szacunkową pojemność zbiornika. Wahała się ona od 134 tys. m<sup>3</sup> wody (Skoki) do 7 tys. m<sup>3</sup> wody (Osiny, Nowy Młyn II). Średnia uzyskana wartość pojemności wyniosła 51 tys. m<sup>3</sup> wody. Jeśli przełożyć tę wartość na obiekty, dla których nie

udało się określić pojemności, to całkowita szacunkowa retencja zbiornikowa na obszarze Kujaw Wschodnich wynosiła około 5,2 mln m<sup>3</sup> wody. Wartość tą należy uznać za znaczącą, jeśli wziąć pod uwagę, że jest to obszar o permanentnych niedoborach wody dla gospodarki. Należy również pamiętać, że wzrost poziomu wody w dolinie rzecznej powoduje podniesienie zwierciadła wód podziemnych w obszarach otaczających zbiorniki małej retencji. Zasięg oddziaływania wynosi zazwyczaj kilkadziesiąt metrów (por. Szablowski, 2002).

### **Rola bobra w retencji wodnej**

Aktywność bobrów (*Castor fiber*) po latach ich nieobecności w środowisku powoduje istotne zmiany w przebiegu procesów hydrologicznych i geomorfologicznych w zlewniach rzecznych. Zwierzęta te są obecnie najważniejszym czynnikiem kształtującym odpływ oraz morfologię koryt, a w wielu przypadkach również dolin niewielkich cieków. Podkreśla się nawet, że oddziaływanie bobrów na strukturę i funkcjonowanie środowisk wodnych i związanych z wodą jest porównywalne z oddziaływaniem na te ekosystemy człowieka (Butler, 1995; Gurnell, 1998).

Szczególnie duże znaczenie bobrów z punktu widzenia funkcjonowania ekosystemów wodnych przypisywane jest ich roli w zwiększaniu retencji wody w zlewniach. Skalę działalności bobrów w zakresie retencji wody można porównać z działaniami prowadzonymi w ramach wszystkich programów małej retencji realizowanych w kraju. W rozlewiskach bobrowych retencjonowane jest, co najmniej kilkanaście milionów m<sup>3</sup> wody (Czech, 2005). Znaczenie tej formy retencji rośnie szczególnie latem, kiedy w rozlewiskach bobrowych może być zmagazynowane nawet 30% dyspozycyjnych zasobów wody w zlewniach. Zaobserwowano, że zanik stawów bobrowych, czy to wskutek wycofania się bobrów, czy też likwidacji tam bobrowych przez człowieka, ogranicza w dużym stopniu retencję powierzchniową w zlewni (Green i Westbrook, 2009). W zlewniach zasiedlonych przez bobry stwierdza się zmniejszenie wielkości odpływu i jego wyrównanie (Gurnell, 1998). Wielkość wpływu tam bobrowych na odpływ rzeczny jest oczywiście funkcją pojemności retencyjnej stawów bobrowych, wielkości tamy oraz jej wieku i stopnia zachowania (Meentemeyer i Butler, 1999). Retencja stawów bobrowych wpływa również na zmniejszenie zagrożenia powodziowego. W przypadku uszkodzenia tam bobrowych (naturalnego lub przez człowieka) może jednak dochodzić do znaczącego wzrostu

przepływu wody poniżej tamy, często o charakterze katastrofalnym (Butler i Malanson, 2005).

Skutkiem działalności bobrów jest nie tylko wzrost retencji wód powierzchniowych, ale również retencji wód gruntowych i retencji przejściowej. W pierwszym przypadku jest on związany z podniesieniem i stabilizacją poziomu wód gruntowych w strefie oddziaływania rozlewisk bobrowych, a w przypadku zwiększenia retencji przejściowej z tworzeniem się zabagnień terenu.

Celem przeprowadzonych badań na ciekach I rzędu położonych w Kotlinie Płockiej (struga Ruda) oraz w Borach Tucholskich (struga Czechowska) była identyfikacja i analiza skutków bezpośredniej i pośredniej aktywności bobra w korytach i dolinach małych cieków nizinnych, a w szczególności:

- ocena sposobu kolonizowania systemów fluwialnych,
- charakterystyka przekształceń koryta rzecznego i dna doliny,
- ocena potencjalnych możliwości retencji wody w korytach rzek zasiedlonych przez bobry.

Wielkość populacji bobrów w Polsce nie jest dokładnie oszacowana. Przyjmuje się, że jest to liczba wynosząca około 35.000 sztuk (Czech, 2007). Bobry preferują cieki małej i średniej wielkości o nachyleniach koryta mniejszych od 2%. Ilość osobników tworzących jedną kolonię wynosi od 4 do 8, a ich zagęszczenie od 2-4 do 8-16 sztuk na jeden kilometr cieku. Wysokości tam budowanych przez bobry wynoszą od 0,3 do 5 m, przy czym dominują obiekty o wysokościach mniejszych od 1,5 m. Długości tam nie przekraczają zazwyczaj 10 m (Naiman i in., 1988).

Zarówno liczebność jak i wielkość tam bobrowych na badanych ciekach nie odbiega od danych literaturowych. W przypadku strugi Czechowskiej stwierdzono 31 tam (5 aktywnych i 26 nieaktywnych), co daje zagęszczenie 5 tam na kilometr cieku. Na strudze Ruda funkcjonowały 23 tamy (17 aktywnych i 6 nieaktywnych), czyli 7 tam na kilometr cieku. Tamy funkcjonujące na badanych ciekach nie osiągają dużych rozmiarów (tab. 1). Duża liczba tych obiektów powoduje, że ich skumulowane oddziaływanie na funkcjonowanie ekosystemu jest znaczące. Należy podkreślić, że nieaktywne - porzucone tamy bobrowe nadal piętzą wodę i spełniają swoją funkcję w zakresie oddziaływania na odpływ rzeczny.

Tab. 1. Parametry morfometryczne tam bobrowych

	Struga Czechowska	Struga Ruda
Średnia odległość między tamami [m]	50	75
Długość średnia [m]; długość maksymalna [m]	3,5; 13	5,7 ; 12
Szerokość [m]	3	2
Wysokość [m]	0,8	0,65
Średnia/maksymalna wysokość piętrzenia [m]	0,2/0,6	0,15/0,7

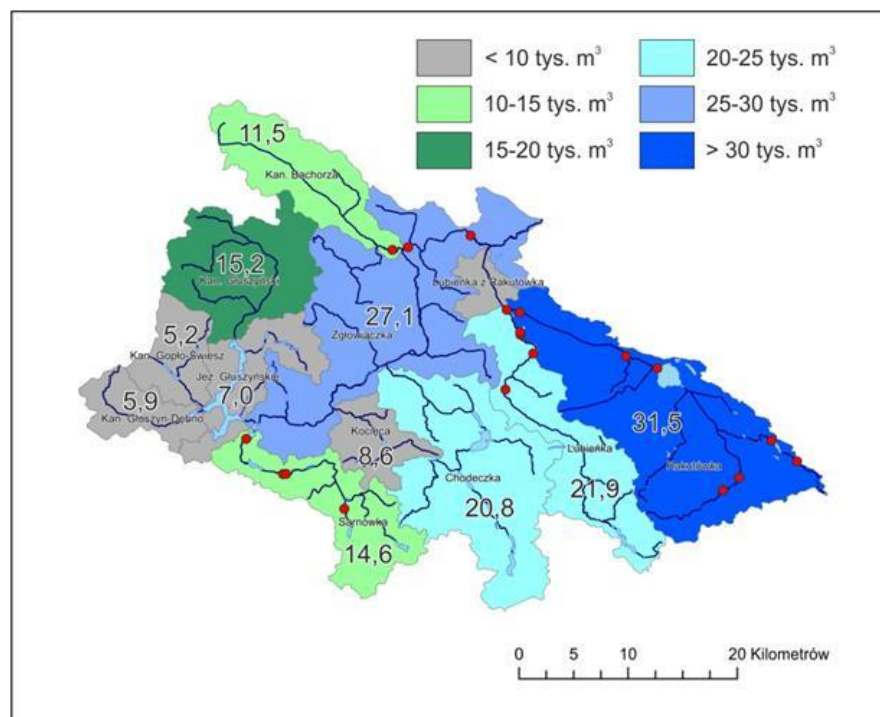
Źródło: Opracowanie własne.

Efekty aktywności bobrów w dolinie cieką można podzielić na formy aktywności bezpośredniej i pośredniej. Na podstawie przeprowadzonego kartowania do pierwszej grupy zaliczono: tamy bobrowe, zgryzy, żeremia, jamy bobrowe, ścieżki transportowe, kanały transportowe. W grupie drugiej wyróżniono: nisze zboczowe, podcięcia erozyjne, układy bystrze – plosy w korycie, osady akumulacji zbiornikowej, osady akumulacji powodziowej (odsypy korytowe, odsypy pozakorytowe).

Spośród tych licznych przejawów obecności bobrów w środowisku badanych dolin największe przekształcenia związane są z funkcjonowaniem samych tam bobrowych. Ich obecność zmienia nie tylko warunki przepływu wody i transportu rumowiska rzeczno, ale wpływa również na przekształcanie koryta i stoków doliny. Oprócz stawów bobrowych, gdzie zachodzi sedimentacja materiału dostarczanego ze zlewni na odcinkach pomiędzy tamami zaobserwowano liczne formy modyfikujące przebieg i morfologię koryta oraz zboczy doliny w postaci: nisz erozyjnych, nor, zapadlisk, kanałów i ścieżek transportowych. Formy te stymulują rozwój procesów erozji bocznej, a przez to wpływają na zwiększenie dostawy materiału do koryta cieką i rozwój procesów agradacyjnych. Poniżej tam w związku ze wzrostem energii przepływu formują się erozyjne odcinki koryta. Kaskadowy charakter funkcjonowania tam bobrowych ma swoje konsekwencje w na przemian występujących odcinkach erozyjnych i akumulacyjnych cieką. Najbardziej spektakularne przekształcenia koryt związane są ze sptywami stawów bobrowych. Skutki takich zdarzeń obserwowano między innymi na strudze Czechowskiej. Duża energia wody uwalniana podczas tych sptywów zaznaczyła się erozją dna i brzegów koryta oraz powstaniem osuwiska na zboczu doliny w jej przełomowym odcinku.

Z przedstawionego powyżej przeglądu form, których powstanie jest związane z obecnością bobrów w dolinie cieków wynika, że nie wszystkie z nich są oczekiwane. Wiele z nich

(zgrzyzy, podtopienia, kopanie jam) jest również przyczyną znacznych strat materialnych. Z punktu widzenia retencji wody istotne znaczenie ma trwałość zapór bobrowych, których większość funkcjonuje krócej niż dekadę (Gurnell, 1998). Straty materialne oraz nie zawsze korzystne zmiany w środowisku naturalnym, a także nietrwałość i niekontrolowalność odpływu rzecznej ogranicza możliwości wykorzystania tam i stawów bobrowych, jako form zwiększających retencję wody w zlewni. Przedstawione wyżej ograniczenia mogą zostać zminimalizowane poprzez budowę na ciekach tzw. Beaver Dam Analogues (BDAs) (Pollock i in., 2015). Szczególnie korzystne z punktu widzenia powiększania retencji korytowej (tj. w granicach koryta wielkiej wody) jest funkcjonowanie BDAs w systemach kaskadowych, w których cofka jednego zbiornika/stawu sięga tamy wyższego zbiornika/stawu w kaskadzie. Uwzględniając stwierdzone w terenie parametry tam bobrowych tj. ich wymiary planarne i wysokości piętrzenia, a także fakt ich optymalnego funkcjonowania w układach kaskadowych oszacowano potencjalne możliwości retencji wody w spiętrzeniach bobrowych lub BDAs powstałych w obrębie naturalnej sieci rzecznej oraz sieci rowów i kanałów melioracyjnych w zlewni Zgłowiączki (ryc. 5).



Ryc. 5. Potencjalne możliwości retencji wody w ramach retencji korytowej w sieci hydrograficznej zlewni Zgłowiączki i jej zlewniach cząstkowych. Czerwone punkty – ważniejsze tamy bobrowe stwierdzone w trakcie badań w roku 2017.

Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki obliczeń wykazały, że możliwa retencja wody w ramach naturalnej sieci hydrograficznej wyróżnionej na mapie cyfrowej MPHP może osiągnąć 170. tys. m<sup>3</sup>. Uwzględniając drobniejsze cieki wyróżnione na mapie topograficznej w skali 1:10000 retencja ta może zostać powiększona o dodatkowe 38,7 tys. m<sup>3</sup>. Jeżeli weźmiemy pod uwagę również retencję w sieci rowów melioracyjnych uzyskamy możliwość retencjonowania jeszcze 71,3 tys. m<sup>3</sup>. Łącznie w systemie zbiorników funkcjonujących w korytach cieków naturalnych i sztucznych zlewni Zgłowiączki utworzonych w wyniku spiętrzenia ich wód tamami typu BDAs może zostać zrretencjonowane około 280 tys. m<sup>3</sup>. Przeprowadzone badania terenowe i analizy geoinformatyczne wykazały, że tamy bobrowe (lub ich analogi - BDAs) może być wykorzystywane, jako efektywne „narzędzie” w zarówno w zakresie zwiększenia możliwości retencyjnych zlewni jak i działaniach renaturyzacyjnych ponieważ:

- powodują wzrost lokalnej retencji wody, zarówno wód powierzchniowych jak i gruntowych,
- spowalniają spływ wód powierzchniowych w czasie gwałtownych opadów deszczu lub roztopów śniegu, co ma istotne znaczenie dla ochrony przed powodzią oraz dla retencji wody w celu jej późniejszego wykorzystania,
- inicjują zmiany siedliskowe oraz wpływają na bioróżnorodność flory i fauny.

## **Podsumowanie**

Wszystkie wyniki badań i analiz prowadzonych w ramach dofinansowania projektu przez WFOŚiGW w Toruniu zostały zaprezentowane podczas Sesji Naukowej „Ocena potencjału form małej retencji wodnej na rzekach Kujaw Wschodnich – deficytowego w zasoby wodne regionu województwa kujawsko-pomorskiego”, która odbyła się w dniu 22 listopada 2017 r. w auli im. prof. Rajmunda Galona w siedzibie Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Toruniu przy ulicy Fredry 8. Wzięto w niej udział 50 przedstawicieli reprezentujących: Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego w Toruniu, Regionalną Dyрекcję Ochrony Środowiska w Bydgoszczy, Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych we Włocławku, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy i Włocławku, Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Toruniu, Regionalną Dyрекcję Lasów Państwowych w Toruniu, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Instytutu

Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Warszawie, Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia w Kruszwicy, Kujawsko-Pomorskiego Biura Planowania Przestrzennego i Regionalnego we Włocławku. Sprawozdanie z realizacji projektu zostało zamieszczone na stronie internetowej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Warszawie.

### **Literatura:**

Atlas podziału hydrograficznego Polski. Cz. II. Zestawienia zlewni, 2005. Kier. H. Czarnecka. IMGW, Warszawa.

Bartczak A., 2007, Wieloletnia zmienność odpływu z dorzecza Zgłowiączki, Prace Geograficzne IGiPZ PAN, Nr. 209

Bartczak A., Glazik R., Tyszkowski S., 2014, Czasowe i przestrzenne zróżnicowanie odpływu jednostkowego w zlewni rzeki Zgłowiączki (wschodnia część Kujaw), Nauka Przyroda Technologie 8, 3, #28.

Butler D.R., 1995. Zoogeomorphology-Animals as Geomorphic Agents. Cambridge University Press, Cambridge.

Butler D.R., Malanson G.P., 2005. The geomorphic influences of beaver dams and failures of beaver dams. *Geomorphology*, 71, 48–60.

Czech A., 2005. Analiza dotychczasowych rodzajów i rozmiaru szkód wyrządzanych przez bobry oraz stosowanie metod rozwiązywania sytuacji konfliktowych. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków, ss. 47.

Czech A., 2007. Krajowy Plan Ochrony Gatunku. Bóbr europejski. Transition Facility 2004, Kraków.

Fal B., 2002, Przepływy rzek w Polsce w drugiej połowie XX w, *Gazeta Obserwatora IMGW*, Nr 5, s. 14-16.

Fal B., Bogdanowicz E., 2002, Zasoby wód powierzchniowych Polski, *Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej*, 25, 2, s. 3-38.

Green K.C., Westbrook C.J., 2009. Changes in riparian area structure, channel hydraulics, and sediment yield following loss of beaver dams. *British Columbia Journal of Ecosystems and Management*, 10, 68-79.

Gurnell A.M., 1998. The hydrogeomorphological effects of beaver dam-building activity. *Progress in Physical Geography*, 22, 167-189.

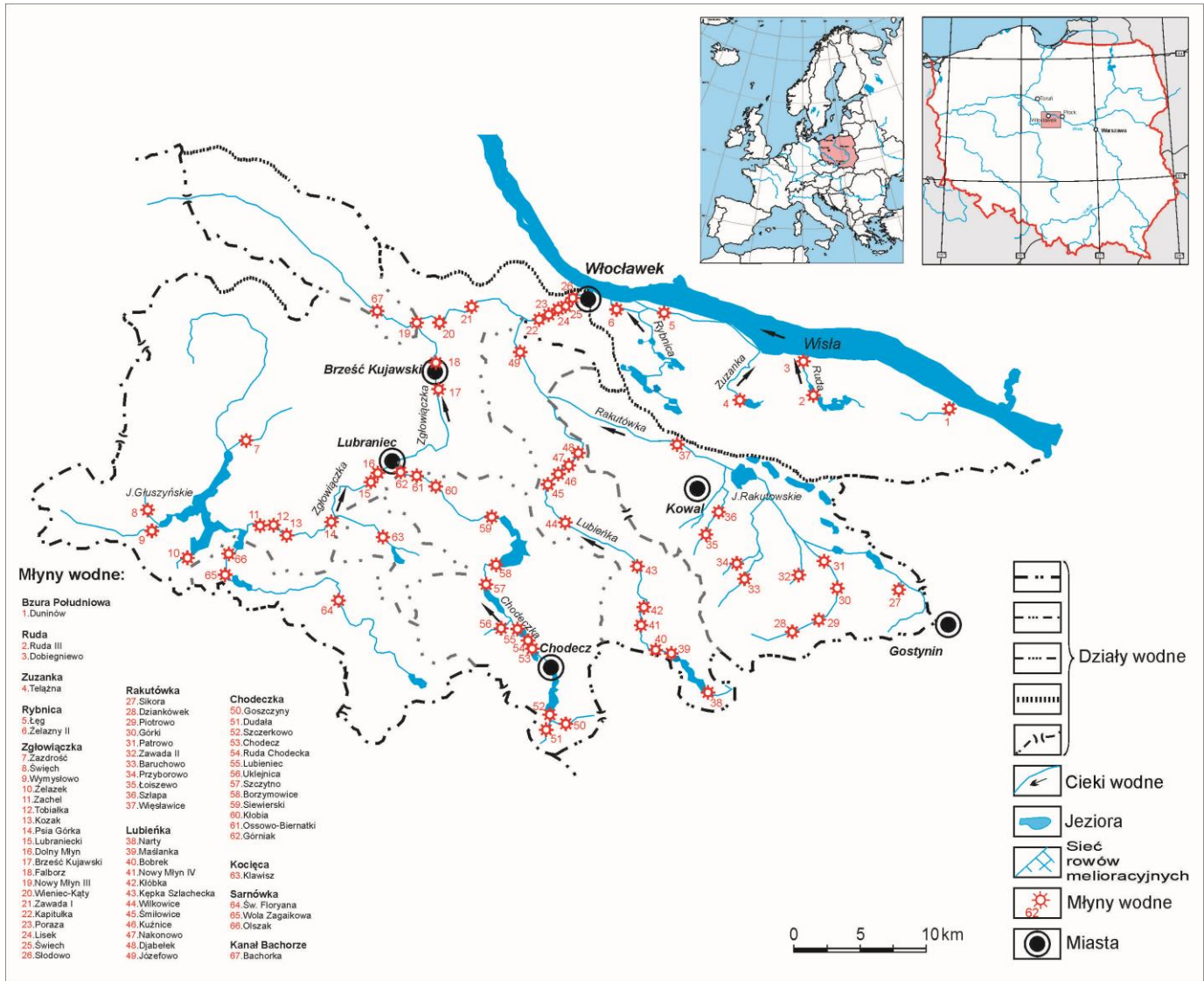
Kondracki J., 2002, *Geografia regionalna Polski*, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.

- Kowalczak P., Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Kuźnicka M., Mager P., 1997, Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji, *Materiały Badawcze, Seria: Gospodarka Wodna i Ochrona Wód*, 19, IMGW, Warszawa.
- Kubicki R., 2012, Młynarstwo w państwie zakonu krzyżackiego w Prusach w XIII-XV wieku (do 1454 r.), Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Łabędzki L., 2006, Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji, *Woda Środowisko Obszary Wiejskie, Rozprawy Naukowe i Monografie*, Nr. 17.
- Łabędzki L., Bąk B., Kazanecka-Geszke E., Kasperska-Wołowicz W., Smarzyńska K., 2008, Związek między suszą meteorologiczną i rolniczą w różnych regionach Polski, *Woda Środowisko Obszary Wiejskie, Rozprawy Naukowe i Monografie*, Nr. 25.
- Łuczak C., 1954, Młynarstwo wiejskie na Kujawach Zachodnich od XVI w. do chwili obecnej, *Lud*, 41, s. 583-610.
- Meentemeyer R., Butler D., 1999. Hydrogeomorphic effects of beaver dams in Glacier National Park, Montana. *Physical Geography*, 20, 436-446.
- Mioduszewski W., 2002, Odbudowa retencji małych zlewni rzecznych elementem ochrony przed powodzią i suszą, *Gospodarka Wodna*, 62 (11), s. 459-464.
- Naiman R.J., Johnston C.A., Kelley J.C., 1988. Alteration of North American streams by beaver. *BioScience* 38, 753–762.
- Pollock, M.M., Lewallen G., Woodruff K., Jordan C.E., Castro J.M., (Editors) 2015. *The Beaver Restoration Guidebook: Working with Beaver to Restore Streams, Wetlands, and Floodplains*. Version 1.0. United States Fish and Wildlife Service, Portland, Oregon. 189 pp. Online at: <http://www.fws.gov/oregonfwo/ToolsForLandowners/RiverScience/Beaver.asp>
- Szablowski J., 2002, Wpływ małej retencji wodnej na warunki siedliskowe kształtujące produkcję rolniczą w regionie wrocławskim na Kujawach, *Maszynopis rozprawy doktorskiej*, Akademia Rolnicza w Szczecinie.
- Wood P.J., Barker S., 2000, Old industrial mill ponds: a neglected ecological resource, *Applied Geography*, 20 (1), s. 65-81.
- Wójcik G., Marciniak K., 1993, Opady atmosferyczne w regionie dolnej Wisły w okresie 1951—1980, (w:) *Uwarunkowania przyrodnicze i społeczno-ekonomiczne zagospodarowania dolnej Wisły*, (red. Z. Churski), Instytut Geografii UMK, Toruń, s. 107-121.



# Załącznik nr 1

## Rozmieszczenie dawnych młynów wodnych na obszarze Kujaw Wschodnich



Źródło: Opracowanie własne.