

**WŁODZIMIERZ CZAMARA, DOROTA OLEARCZYK,
RADOSŁAW STODOLAK*, ŁUKASZ PARDELA****

**MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA HISTORYCZNYCH
DANYCH TOPOGRAFICZNYCH, HYDROLOGICZNYCH
I HYDRAULICZNYCH W PROCESIE MODELOWANIA
PRZEPIYWU NA PRZYKŁADZIE RZEKI ŚLĘŻY I WIDAWY**

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z modelowaniem historycznym przepływów, dzięki któremu możliwe jest odtworzenie zasięgu zalewów na rzekach Ślęży i Widawie, na skutek piętrzenia na tzw. wojskowych zaporach wodnych. Problematyka ta dotyczy fortyfikacji lekkiej Wrocławia na przełomie XIX/XX, która związana była z kształtującą się w tym czasie siecią rzeczną Wrocławia.

Słowa kluczowe: historyczne modelowanie hydrologiczne i hydrauliczne, zasięg oddziaływania jazów fortecznych, nowożytnie fortyfikacje II Twierdzy Wrocław

WPROWADZENIE

W skomplikowanym i zmiennym układzie Wrocław – Odra, od najwcześniejszych czasów osadnictwa rzeka wraz ze swoimi licznymi ramionami oraz głównymi dopływami w obrębie miasta: Oławą, Ślężą, Bystrzycą i Widawą, a także mniejszymi potokami, spełniała ważną rolę. Obok funkcji bytowych, gospodarczych czy rekreacyjnych, należy podkreślić jej funkcje obronne i strategiczne. System sieci rzecznej przez stulecia stwarzał sprzyjające warunki do obronności miasta, a rozległe podmokłe tereny w dolinach rzek stanowiły przeszkodę trudną do przebycia dla nieprzyjaciela. W kolejnych epokach historycznych stosowano różnorodne rozwiązania fortyfikacyjne w powiązaniu z siecią

* Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej

** Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Architektury Krajobrazu, Zakład Inżynierii i Ochrony Krajobrazu

rzeczną. Jedną z ciekawszych koncepcji obrony Wrocławia była koncepcja opracowana na przełomie XIX i XX wieku, wykorzystująca rozwiązania hydrotechniczne w połączeniu z topograficznymi właściwościami terenu [Małachowicz 1993]. W rozwiązaniu tym specjalną rolę nadano jazom, które oprócz swoich podstawowych funkcji miały spełniać również funkcję militarną. Jazy te, nazywane umownie wojskowymi zaporami wodnymi lub jazami fortecznymi, w momencie zagrożenia ze strony wroga miały służyć do zalania terenów znajdujących się na przedpolu zewnętrznego pierścienia II Twierdzy Wrocław, istniejącej w latach 1890-1914. Podstawowym jej celem było stawienie oporu zgrupowaniom kawalerii i atakowi oddziałów wojsk uzbrojonych w środki polowe.

Ponieważ zagadnienia dotyczące historii powstania, kształtowania i funkcjonowania wrocławskich fortyfikacji nowożytnych w powiązaniu z rzeką Odrą i jej dopływami stanowią mało znaną część historii Wrocławia, o czym świadczy fakt, że historycy zajmujący się dziejami nowożytnymi również nie znają tego etapu w rozwoju miasta, powstało intrygujące pytanie o skuteczność tej koncepcji, na wypadek konieczności prowadzenia działań obronnych. Niestety, nie zachowała się żadna dokumentacja wskazująca na to, czy system wojskowych zapór wodnych kiedykolwiek zadziałał i tym samym potwierdzająca skuteczność ich działania.

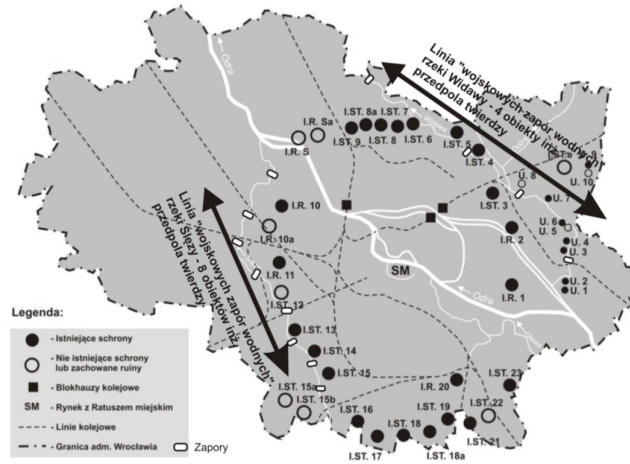
Badania nad efektywnością działania tzw. wojskowych zapór wodnych usytuowanych na rzekach Ślęzie i Widawie stały się niejako wyzwaniem dla interdyscyplinarnego zespołu badawczego, w skład którego wchodziłi specjaliści zajmujący się zagadnieniami modelowania hydrologicznego i hydraulicznego oraz architektury krajobrazu.

SYSTEM TZW. WOJSKOWYCH ZAPÓR WODNYCH

Budowa nowożytnych fortyfikacji we Wrocławiu, które z czasem miały niepostrzeżenie wpisać się w zastany krajobraz, następowała sukcesywnie od 1890 roku. Sztuczne przeszkody wodne wykorzystujące budowle hydrotechniczne weszły wraz z okołomiejскими fortyfikacjami oraz cywilną infrastrukturą miasta w skład wrocławskiej twierdzy. Jazy forteczne stanowiły, obok budynków militarnych takich jak schrony i forty piechoty, schrony mobilizacyjne i amunicyjne, blokhauzy artyleryjskie, stanowiska obserwacyjne i obiekty zaplecza, bardzo ważny element w systemie obronnym miasta.

Większość projektowanych jazów fortecznych usytuowana była na rzekach Lohe (Ślęza) i Weide (Widawa) i znalazła się w zasięgu wymienionych budynków militarnych, bądź na ich styku. System ten obejmował łącznie 13 jazów, w tym na Lohe (Ślęzie) znajdowało się 8 obiektów, natomiast na Weide (Widawie) – 5. Prawdopodobnie w koncepcji obrony miasta, jazy na jednej rzece

mogły pracować niezależnie od siebie, spiętrzając wodę na wskazanych odcinkach rzeki, w zależności od ewentualnych potrzeb obronności. Jazy na rzece Lohe miały skutecznie bronić dostępu do Wrocławia z kierunku południowo-zachodniego i zachodniego na odcinku ok. 12 km przy współpracy wszystkich obiektów, natomiast jazy na rzece Weide miały utrudnić dostęp do miasta od strony północno-wschodniej, na odcinku ok. 21 km. Pierwsze jazy na tych rzekach wybudowano w latach 1912-1915. Lokalizacje wojskowych zapór wodnych w systemie obronnym twierdzy Wrocław na przełomie XIX i XX wieku przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja wojskowych zapór wodnych w systemie obronnym twierdzy Wrocław powstałym na przełomie XIX i XX w. (sytuacja w 2008 roku)

Fig. 1. Location of military dams in Wrocław fortress defense system, created at the turn of nineteenth and twentieth century (state in 2008)

Na podstawie dokumentacji znajdującej się w archiwach krajowych i zagranicznych, głównie w Niemczech i Szwajcarii, wykazano istnienie trzech rodzajów jazów: Dammbalkenwehr (polska nazwa z tego okresu – jaz belkowy), Schützenwehr (jaz zasuwowy) oraz Nadelwehr (jaz iglicowy). Informacja dotycząca typu poszczególnych obiektów ma znaczenie w modelowaniu hydraulicznym zasięgu zalewu.

WYKORZYSTANIE DANYCH HISTORYCZNYCH

Problematyka związana z tzw. modelowaniem historycznym przepływów, dzięki któremu możliwe jest odtworzenie zasięgu zalewów na rzekach Ślęzy i Widawie, na skutek piętrzenia na wojskowych zaporach wodnych, wymaga odtworzenia warunków, które panowały na obszarze badań ponad 100 lat temu. Niezbędne, zatem było opracowanie bazy danych historycznych, zarówno hydrologicznych jak i hydraulicznych, a także topograficznych. Ilość tych danych oraz ich jakość i wiarygodność rzutować będzie na wyniki obliczeń symulacyjnych zasięgu zalewów przedpola twierdzy Wrocław, w tym na rzędne zwierciadła wody i głębokości wody na zalanych terenach.

Dane topograficzne

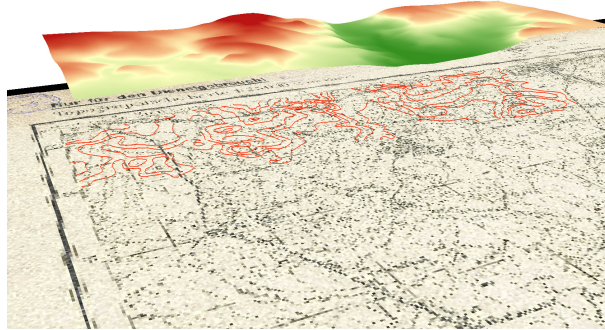
Pierwszy etap prac obejmował odtworzenie układu sieci hydrograficznej w obrębie węzła wodnego Wrocławia na przełomie XIX i XX wieku oraz odtworzenie układu wysokościowego. Rozpoznanie sieci rzecznej Ślęzy i Widawy tego okresu w obrębie Wrocławia przeprowadzono na podstawie historycznych map topograficznych (tzw. Mastischblatt w skali 1:25000) i wojskowych oraz archiwalnych zdjęć lotniczych, na których widoczne są analizowane elementy sieci rzecznej. Następnie przeprowadzono wektoryzację map topograficznych i opracowano numeryczny model terenu 3D w programie ArcGIS. Ten etap prac polegał na edycji danych wektorowych i stworzenie geobazy opartej na regułach topologicznych i domenach wartości. Sposób tworzenia NMT na podstawie map Mastischblatt przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Sposób tworzenia NMT na podstawie map Mastischblatt
Fig. 2. Method of creating DTM based on the Mastischblatt maps

Przy opracowywaniu NMT wykorzystano proces tzw. digitalizacji ekranowej, który poprzedza skanowanie map, a następnie dokonano digitalizacji warstwicy na ekranie komputera przy użyciu narzędzi GIS. Linia warstwicy definiowana jest jako ciąg punktów o zadanej wysokości równej wysokości warstwicy. Uzyskane w ten sposób dane wysokościowe przekształca się wykorzystując narzędzia komputerowe do docelowej postaci NMT. Należy w tym miej-

scu podkreślić, że jakość uzyskanego zobrazowania zależy w znacznej mierze od jakości przedstawienia rzeźby terenu na mapach źródłowych. Na pewno sposób opracowywania map topograficznych na przełomie XIX/XX wieku odbiegał znacznie od dzisiejszego, to jednak należy przyznać, że dokładność map Mastischblatt w skali 1:25000 jest stosunkowo zadowalająca. Widok produktu powstałego w wyniku digitalizacji i wektoryzacji fragmentu arkusza mapy historycznej w skali 1:25000 przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Widok produktu powstałego w wyniku digitalizacji i wektoryzacji fragmentu arkusza mapy historycznej w skali 1:25000

Fig. 3. View of product resulting from digitization and vectorization of fragment of the historical map sheet of scale 1:25000

Dane hydrauliczne

Rozpoznanie sieci rzecznej obejmowało również poszukiwanie informacji o przekrojach poprzecznych i profilach podłużnych rzek Ślęzy i Widawy, które mają decydujące znaczenie w modelowaniu hydraulicznym przepływów. Analiza zasobów Komisji Regulacji Rzeki Odry z przełomu XIX/XX wieku oraz Archiwum RZGW we Wrocławiu i DZMiUW wykazała, że dokumentacja dotycząca tych rzek jest bardzo uboga. Uzyskano pojedyncze przekroje poprzeczne oraz profile podłużne na krótkich odcinkach rzek. Na ich podstawie wnioskowano o parametrach koryt tych rzek na obszarze Wrocławskiego Węzła Wodnego. Niewystarczająca informacja zmusza do przyjęcia pewnych uogólnień i uproszczeń. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że przeszkody wodne nigdy nie sprawdziły się w rzeczywistości, więc nie ma żadnej dokumentacji dotyczącej zasięgu zalewu na tych obiektach. W celu uzupełnienia bazy danych hydraulicznych, zebrano dodatkowe informacje o przekrojach poprzecznych rzek Ślęzy i Widawy z okresu bezpośrednio po II Wojnie Światowej, które znajdują się we wspomnianych archiwach. Założono na tym etapie pozyskiwania danych, że koryta rzeczne nie uległy znacznej zmianie od przeprowadzonej na początku XX wieku ich regulacji i można będzie w pewnym stopniu dokonać

porównania parametrów koryt i dolin tych rzek z okresem przedwojennym a także ewentualnie uzupełnić parametry koryt rzecznych na podstawie informacji z początku XX wieku.

Do przeprowadzenia obliczeń hydraulicznych przepływu wody w korycie i dolinie rzeki niezbędna jest także informacja o współczynniku szorstkości. Z uwagi na skąpe materiały źródłowe został on opracowany na podstawie zdjęć lotniczych Luftwaffe z okresu przedwojennego oraz planów i map.

Baza danych hydraulicznych powinna zawierać informację o obiektach hydrotechnicznych znajdujących się na modelowanym odcinku rzeki. W tym celu dokonano przeglądu typowych konstrukcji obiektów hydrotechnicznych, głównie jazów, z przełomu XIX i XX wieku, bazując przy tym na rozwiązaniach stosowanych w Niemczech oraz opracowaniach przeglądowych [Matakiewicz 1920]. Materiały archiwalne, takie jak mapy, plany, litografie i fotografie lotnicze, pozyskano z archiwów w Berlinie i Genewie oraz Archiwum Państwowego we Wrocławiu, DZMiUW i RZGW we Wrocławiu. Równocześnie przeprowadzono inwentaryzację zachowanych relikwów 13 jazów, opisując ich konstrukcję i stan techniczny. Charakterystyka jazów fortecznych obejmowała: rodzaj jazu, stan obiektu (użytkowany, nieużytkowany), wysokość piętrzenia, wysokość progu przelewowego, elementy jazu, takie jak filary i przyczółki, fundamenty, progi i płyty, ubezpieczenia dna powyżej i poniżej budowli, ubezpieczenie skarpu i fakt istnienia wałów przeciwpowodziowych.

Dane hydrologiczne

Zebrane dane hydrologiczne stanowiły podstawę do przeprowadzenia szczegółowej analizy hydrologicznej, polegającej na określeniu charakterystyk hydrologicznych na posterunkach wodowskazowych na rzekach Ślęży i Widawie oraz opracowaniu historycznych krzywych natężenia przepływu.

Na rzece Odrze oraz jej głównych dopływach obserwacje stanów wody i pomiary hydrometryczne prowadzone są od ponad stu lat. Sieć pomiarowa na rzekach Wrocławskiego Węzła Wodnego została założona przez Państwową Sieć Pruską pod koniec XIX wieku. Dane o stanach wody i przepływach pozyskano z dwóch kluczowych dla projektu badawczego posterunków wodowskazowych, założonych w 1892 roku [Jahrbuch... 1901-1940, Wodowskazy... 1969]:

- na rzece Lohe (Ślęza) w przekroju Neukirch (Żerniki) w km 6+000, przeniesiony w 1904 roku do km 5+000 (zachowując ciągłość obserwacji); wodowskaz zamykał zlewnię o powierzchni 971 km²,
- na Weide (Widawa) w przekroju Krichener Mühle (Krzyków Młyn k. Wieściszowa) w km 30+000; wodowskaz zamykał zlewnię o powierzchni 1070 km².

Na wodowskazach tych prowadzono obserwacje stanów wody, sporadycznie dokonywano również pomiarów natężenia przepływu. Wyniki pomiarów hy-

drometrycznych, obejmujące: stan wody, przepływ, pole przekroju poprzecznego oraz prędkość, zostały opublikowane w rocznikach hydrologicznych [Jahrbuch... 1901-1940]. Dla wodowskazu Neukirch na rzece Lohe (Ślęza) w rocznikach opublikowano codzienne stany wody dla lat 1901-1913 oraz 1931-1940, natomiast w latach 1915-1930 opublikowano charakterystyczne stany wody. Ponadto w roczniku z 1910 roku znajduje się informacja o wykonanym pojedynczym pomiarze hydrometrycznym stanu wody i odpowiadającym mu przepływie, zaś w roczniku z 1903 roku podano wyniki 2 pomiarów na odcinku rzeki powyżej obecnych granic Wrocławia. Dla wodowskazu Krichener Mühle na rzece Weide (Widawa) w rocznikach z lat 1901-1909 zamieszczona jest informacja o codziennych stanach wody. W latach 1910-1913, 1918, 1922-1930 opublikowano tylko charakterystyczne stany wody. W pozostałych latach brak jest jakiegokolwiek informacji hydrologicznej; wynika to najprawdopodobniej z zaprzestania obserwacji na skutek prowadzonych prac regulacyjnych na tym odcinku rzeki. W rocznikach opublikowano również wyniki pomiarów hydrometrycznych: w 1925 roku – 15 pomiarów przepływów i 1 pomiar w 1927 roku. Ponadto, w ujściowym odcinku Widawy (km 4+320), podano wielkości pomierzonych 3 przepływów w roku 1905, natomiast w 1909 roku 3 pomiary przepływów maksymalnych.

Z uwagi na niewystarczającą liczbę pomiarów przepływów w okresie przedwojennym posłużono się dodatkową informacją dotyczącą wyników pomiarów przepływu z lat powojennych, tj. z wielolecia 1957-1965 dla posterunków wodowskazowych: Żerniki na rz. Ślęzy (km 6+500, powierzchni zlewni 971 km²) i Psie Pole na rz. Widawie (km 17+000, powierzchnia zlewni 1375 km²). Na tym etapie należało dokonać następującego założenia, tj. że w zlewniach rzek Ślęzy i Widawy oraz ich korytach i dolinach w obrębie Wrocławskiego Węzła Wodnego, we wczesnym okresie powojennym nie zaszły, bądź nastąpiły w niewielkim stopniu zmiany warunków kształtowania się przepływów.

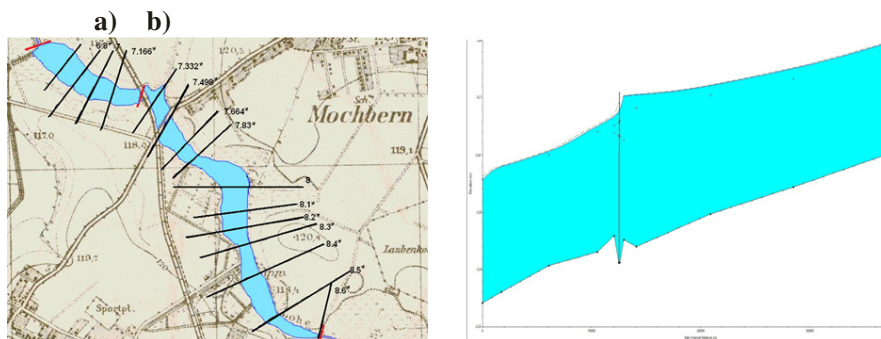
Obliczenia charakterystyk hydrologicznych, tj. stanów i przepływów charakterystycznych odnoszą się do wartości średnich, zwyczajnych i najdłuższej trwających, wychodząc z założenia, iż w wieloleciu najczęściej panują warunki zbliżone do przeciętnych. Oszacowanie warunków ekstremalnych mogłoby być obciążone większym błędem.

Pozyskane dane hydrologiczne pozwoliły na odtworzenie warunków hydrologicznych, jakie przypuszczalnie mogły panować na przełomie XIX i XX wieku i które mogły zaważyć na przyjętych założeniach projektowych.

Na podstawie zebranych materiałów opracowane zostały bazy danych topograficznych, hydrologicznych i hydraulicznych, które posłużyły do wyznaczenia zasięgów zalewów na wojskowych zaporach wodnych. Na podstawie znajomości warunków terenowych oraz sytuacji hydrologicznej możliwe stało się rozpoznanie warunków pracy wojskowych zapór wodnych, w szczególności zaś

możliwości takiego piętrzenia wody, w wyniku którego utworzony zalew utrudniłby przemarsz wojska nieprzyjaciela.

Na rys. 4a przedstawiono wygenerowaną strefę zalewu wodami spiętrzonymi przez jazach fortecznych na odcinku rzeki Ślęzy, natomiast na rys. 4b przedstawiono model jazu Muchobór Mały (km 7+180).



Rys. 4a. Zasięg zalewu między jazami Stauwehr VIII - Stauwehr IX - Stauwehr X (Jaz Nowy Dwór - Jaz Muchobór Mały - Jaz Muchobór Wielki); b). Hydrauliczny model piętrzenia na jazu Stauwehr IX (Jaz Muchobór Mały)

Fig. 4a. Flood extent between weirs Stauwehr VIII - Stauwehr IX - Stauwehr X (weir Nowy Dwór - weir Muchobór Mały - weir Muchobór Wielki); b). Hydraulic model of damming on weir Stauwehr IX (Muchobór Mały weir)

PODSUMOWANIE

Pomimo licznych trudności wynikających, m.in. z niedostatecznej ilości materiału źródłowego, udowodniono dużą przydatność danych archiwalnych. Po ich przetworzeniu, przy zastosowaniu nowoczesnych technik komputerowych uzyskano cenny zasób informacji, który z powodzeniem może być stosowany we współczesnym procesie modelowania hydraulicznego.

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2013,
jako projekt badawczy nr NN 305 363738*

LITERATURA

1. CZAMARA W., OLEARCZYK D., STODOLAK R., PARDELA Ł.; 2014. Wpływ sieci rzecznej Wrocławia na kształtowanie fortyfikacji miejskich na przełomie XIX/XX w. ze szczególnym uwzględnieniem wojskowych zapór wodnych. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu; maszynopis
2. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. 1901-1940. Berlin
3. MAŁACHOWICZ M.; 1993. Twierdza Wrocław przełomu XIX/XX w. Problemy rozplanowania i architektury obiektu. Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, Wrocław
4. MATAKIEWICZ M.; 1920. Budowa jazów. Biblioteka Politechniczna, Tom XXXVII. Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich, Lwów
5. Wodowskazy na rzekach Polski. Cz. I. Wodowskazy w dorzeczu Odry i na rzekach Przymorza między Odrą i Wisłą. 1969. Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa
6. ŻBIKOWSKI A.; 1961. Małe budowle wodne. Część I Jazy i zapory. PWN, Warszawa

**POSSIBILITIES OF HISTORICAL TOPOGRAPHICAL,
HYDROLOGICAL AND HYDRAULIC DATA USE IN FLOW
MODELLING ON EXAMPLE OF ŚLĘZA I WIDAWA RIVERS***S u m m a r y*

The paper presents the problems related to historical modeling of discharges, through which it is possible to recreate the range of flooding on the Ślęza River and the Widawa River, as a result of damming on fortress weirs. This issue relates to the Wrocław fortifications at the turn of the nineteenth and twentieth, which was associated with the river network forming at this time in Wrocław.

Key words: historical hydrological and hydraulic modelling, range of influence of fortress weirs, modern fortifications of II Fortress Wrocław