



INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

BIURO PROGNOZ HYDROLOGICZNYCH W KRAKOWIE
ul. Piotra Borowego 14
30-215 Kraków

Obliczenie wybranych charakterystyk hydrologicznych rzeki Narew w km 95+710 (kilometraż według Zleceniodawcy)

Wykonawcy:

mgr Agata Skorek

mgr inż. Marzena Warchoł

mgr Andrzej Kadłubowski

mgr inż. Magdalena Pachocka

Zastępca Dyrektora
Centrum Hydrologicznej Osłony Kraju

mgr inż. Małgorzata Maczuga

Czerwiec 2020



Spis treści:

1. Podstawa opracowania	4
2. Materiały wejściowe	4
3. Zakres opracowania	4
4. Położenie profilu obliczeniowego na tle sieci stacji wodowskazowych IMGW – PIB	5
4.1. Charakterystyka stacji wodowskazowej Ostrołęka	5
4.2. Charakterystyka stacji wodowskazowej Zambski Kościelne	6
5. Obliczenie przepływów maksymalnych o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia w profilu niekontrolowanym	6
5.1. Obliczenie przepływów maksymalnych o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia w profilach wodowskazowych	8
6. Wyznaczenie rzędnych zwierciadła wody	9
7. Wyniki	10
8. Literatura	11
9. Rysunki	12



- *Zamawiający po otrzymaniu danych nie ma prawa do dalszej ich redystrybucji, powielania, odstępowania i odsprzedaży,*
- *rozpowszechnianie i wykorzystanie danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej możliwe jest wyłącznie do celów określonych w zleceniu otrzymanym przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego,*
- *w przypadku, kiedy Zamawiający zamierza wykorzystać otrzymane dane do realizacji kolejnej pracy, musi ponownie złożyć zlecenie do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego,*
- *wykorzystujący udostępnione dane zobowiązany jest do zamieszczenia we własnym opracowaniu klauzuli: „Dane pochodzą ze zbiorów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego”.*

1. Podstawa opracowania

Opracowanie „Obliczenie wybranych charakterystyk hydrologicznych rzeki Narew w km 95+710 (kilometraż według Zleceniodawcy)” zostało wykonane na zlecenie Urzędu Gminy Rzewnie. Zgodnie z deklaracją Zamawiającego dane zawarte w opracowaniu zostaną wykorzystane do przygotowania dokumentacji projektowej w ramach zadania „Budowa mostu przez rzekę Narew z dojazdami w m. Nowe Łachy i Nowy Lubiel”.

2. Materiały wejściowe

Do realizacji pracy wykorzystano dane i materiały zgromadzone w bazach danych i zasobach archiwalnych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego oraz dostarczoną przez Zleceniodawcę mapę poglądową z lokalizacją profilu obliczeniowego.

3. Zakres opracowania

W ramach prac kameralnych obliczono maksymalne przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia 0,2%, 0,3%, 0,5% i 1% oraz odpowiadające tym przepływowi rzędne zwierciadła wody rzeki Narew w niekontrolowanym profilu w km 95+710 (kilometraż według Zleceniodawcy).

4. Położenie profilu obliczeniowego na tle sieci stacji wodowskazowych IMGW – PIB

Profil obliczeniowy wskazano w miejscu planowanego mostu na Narwi, który ma połączyć wieś Nowe Łachy gm. Rzewnie (powiat makowski, woj. mazowieckie) leżącą na prawym brzegu rzeki – z wsią Nowy Lubiel gm. Rząśnik (powiat wyszkowski, woj. mazowieckie) leżącą na brzegu lewym. Lokalizację projektowanego mostu oraz jego kilometr 95+710 przyjęto zgodnie z materiałami dostarczonymi przez Zleceniodawcę. Jest to obecnie wolny profil położony na dolnym odcinku Narwi, między ujściami jej niewielkich dopływów: Kanału z Pulw (około 2,3 km powyżej) i Dopływu z Napiórek Ciężkich (około 2,9 km poniżej). Zamyka zlewnię o powierzchni **25521 km²** (wartość wyznaczona na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski [1] oraz mapy topograficznej w skali 1:10000). Jest profilem niekontrolowanym, położonym na rzece kontrolowanej – na odcinku między czynnymi stacjami wodowskazowymi: Ostrołęka (wodowskaz górny w odległości około 49,7 km) oraz Zambski Kościelne (wodowskaz dolny w odległości około 16,5 km). Względny przyrost powierzchni zlewni od górnego wodowskazu do profilu obliczeniowego wynosi 16,4%, natomiast względna różnica powierzchni zlewni profilu obliczeniowego w odniesieniu do powierzchni zamkniętej profilem dolnego wodowskazu wynosi 8,2%. Odcinek Narwi między wodowskazami Ostrołęka i Zambski Kościelne zasila wiele dopływów, największe z nich: Omulew, Orz i Orzyc są objęte kontrolą hydrologiczną.

Położenie profilu obliczeniowego względem pobliskich stacji wodowskazowych IMGW – PIB przedstawiono na rysunku 1.

4.1. Charakterystyka stacji wodowskazowej Ostrołęka

Stacja wodowskazowa Ostrołęka zlokalizowana jest w 145+310 km biegu rzeki Narwi [1]. Znajduje się w wolnym profilu, 8 m poniżej betonowego nabrzeża basenu portowego na terenie miasta Ostrołęka w woj. mazowieckim, przy lewym brzegu rzeki. Zamyka zlewnię o powierzchni 21920,95 km² [1]. Rzędna zera wodowskazu wynosi 89,315 m n.p.m. w układzie

Kronstadt '86 (89,472 m n.p.m. w układzie EVRF2007). Obecnie Ostrołęka na Narwi jest stacją wodowskazową II rzędu ze stanowiskiem pomiarowym stanu wody składającym się z pięciu łat wodowskazowych o łącznym zakresie od 0 do 650 cm, wyposażoną od 2005 roku w automatyczny czujnik z funkcją telemetrycznego przesyłu danych. Przebieg stanów wody w profilu pozostaje od 1956 roku pod wpływem gospodarki wodnej prowadzonej w zespole elektrowni w Ostrołęce – przy czym wpływ ten wiąże się głównie ze zrzutami wód podgrzanych i uwidacznia się w okresach zimowych w warunkach sprzyjających rozwojowi zjawisk lodowych.

4.2. Charakterystyka stacji wodowskazowej Zambski Kościelne

Stacja wodowskazowa Zambski Kościelne zlokalizowana jest w 79+230 km biegu rzeki Narwi [1]. Znajduje się w wolnym profilu, na zachodnim krańcu wsi Zambski Kościelne w gminie Obryte (powiat pułtuski, woj. mazowieckie) – na wysokości posesji nr 77. Wodowskaz jest ustawiony przy lewym brzegu rzeki. Zamyka zlewnię o powierzchni 27807,15 km² [1]. Rzędna zera wodowskazu wynosi 78,945 m n.p.m. w układzie Kronstadt '86 (oraz 79,114 m n.p.m. w układzie EVRF2007). Obecnie Zambski Kościelne na Narwi są stacją wodowskazową I rzędu ze stanowiskiem pomiarowym stanu wody składającym się z pięciu łat wodowskazowych o łącznym zakresie od 100 do 650 cm, wyposażoną od 2005 roku w automatyczny czujnik z funkcją telemetrycznego przesyłu danych.

5. Obliczenie przepływów maksymalnych o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia w profilu niekontrolowanym

Do obliczania charakterystyk przepływu rzecznoego w profilu niekontrolowanym położonym na rzece kontrolowanej wykorzystuje się założenie, że charakterystyki te zmieniają swoją wartość w funkcji przyrostu powierzchni zlewni [2, 3, 4]. W zależności od usytuowania profilu obliczeniowego względem stacji wodowskazowych z długimi ciągami pomiarów ustala się odpowiedni sposób transponowania informacji hydrologicznej: poprzez interpolację bądź ekstrapolację. Pierwszą z metod stosuje się na odcinkach między wodowskazami, o ile nie stwierdza się między nimi obiektów hydrotechnicznych lub innych czynników istotnie

zmieniających warunki przepływu, drugą – gdy dostępny jest tylko jeden posterunek pomiarowy na danej rzece lub jej wydzielonym jednorodnym odcinku, a przyrost powierzchni zlewni od wodowskazu po lokalizację obliczeniową nie przekracza 50% [4].

Przepływy maksymalne o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia rzeki Narew we wskazanym profilu obliczeniowym w km 95+710 określono przy zastosowaniu metody interpolacji. Odpowiednie wartości przepływów transponowano między sąsiednimi wodowskazami Ostrołęka i Zambski Kościelne, uwzględniając kontrolowane dopływy tego odcinka: Omulew, Orz i Orzyc. W obliczeniach wykorzystano dane z dolnych wodowskazów na tych dopływach, odpowiednio: Białobrzeg Bliższy, Czarnowo i Maków Mazowiecki. Stosowano formułę [4, 5]:

$$Q = Q_G + k \sum_1^m Q_d + q (A - A_G - \sum_1^m A_d)$$

w której:

$$k = \frac{Q_D - Q_G - q (A_D - A_G - \sum_1^r A_d)}{\sum_1^r Q_d}$$

natomiast q jest obliczane według wzoru:

$$q = \frac{Q_D - Q_G}{A_D - A_G}$$

Oznaczenia:

Q – określona charakterystyka przepływu w profilu obliczeniowym [m^3/s],

Q_G i Q_D – określone charakterystyki przepływów w profilach wodowskazowych położonych powyżej (G) i poniżej (D) profilu obliczeniowego [m^3/s],

d – indeks oznaczający, że dana wielkość odnosi się do wodowskazów na dopływach,

A – powierzchnia zlewni zamkniętej profilem obliczeniowym [km^2],

A_G i A_D – powierzchnie zlewni zamkniętych profilami wodowskazowymi położonymi powyżej (G) i poniżej (D) profilu obliczeniowego [km^2],

A_d – powierzchnia zlewni kontrolowanego dopływu po ostatni wodowskaz [km^2],

m – liczba kontrolowanych dopływów uchodzących do rzeki głównej między profilem obliczeniowym i położonym powyżej niego wodowskazem (G)

- k – współczynnik asynchroniczności,
r – liczba dopływów kontrolowanych uchodzących do rzeki głównej między górnym i dolnym profilem wodowskazowym,
q – odpływ jednostkowy.

5.1. Obliczenie przepływów maksymalnych o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia w profilach wodowskazowych

Obliczenia przepływów maksymalnych o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia (Q_{maxp}) w profilu stacji wodowskazowej wykonuje się metodą statystyczną w oparciu o ciągi przepływów maksymalnych rocznych (WQ), o ile spełnione są wymagania dotyczące liczebności próby losowej oraz jednorodności genetycznej i statystycznej jej elementów [4, 5, 6]. W obliczeniach wykorzystuje się założenie, że ciągi te podlegają określone rozkładowi prawdopodobieństwa, którego parametry szacuje się na podstawie próby losowej wartości zaobserwowanych w przeszłości. Na podstawie przyjętego najbardziej wiarygodnego rozkładu prawdopodobieństwa spośród rozkładów niesprzecznych [4, 5, 6] wyznacza się wartości przepływów maksymalnych o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia.

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy dysponuje jednorodnymi ciągami rozdzielczymi maksymalnych przepływów rocznych WQ z okresów:

- 1969 – 2016 dla wodowskazu Ostrołęka,
- 1968 – 2016 dla wodowskazu Zambski Kościelne,

a dla wodowskazów na dopływach Narwi:

- 1973 – 2016: Białobrzeg Bliższy na Omulwi,
- 1961 – 2016: Czarnowo na Orzu,
- 1958 – 2016: Maków Mazowiecki na Orzycu.

Na podstawie tych ciągów obliczono wielkości przepływów maksymalnych prawdopodobnych. Wartości poszczególnych Q_{maxp} wyznaczano w oparciu o rozkład Pearsona III typu (Ostrołęka, Białobrzeg Bliższy, Czarnowo) lub rozkład logarytmiczno-normalny (Maków Mazowiecki i Zambski Kościelne). Dobrane rozkłady uznano za najbardziej wiarygodne spośród innych

rozkładów niesprzecznych, a parametry tych rozkładów estymowano metodą największej wiarygodności.

6. Wyznaczenie rzędnych zwierciadła wody

Do obliczenia rzędnych zwierciadła wody odpowiadających maksymalnym przepływowom o prawdopodobieństwie przewyższenia 0,2%, 0,3%, 0,5% i 1% w km 95+710 Narwi (kilometraż według Zleceniodawcy) wykorzystano model IMGW HD dla Narwi na odcinku pomiędzy stacjami Ostrołęka i Zambski Kościelne. Model IMGW HD jest jednowymiarowym modelem ruchu nieustalonego w korytach otwartych opartym na równaniach Saint Venanta. Geometria i hydraulika koryta rzeki jest opisana przekrojami poprzecznymi i zróżnicowanymi w przekrojach współczynnikami szorstkości Manninga. Współczynniki szorstkości zadawane są wstępnie na podstawie rodzaju pokrycia terenu, a następnie precyzowane na etapie kalibracji modelu.

Górnym warunkiem brzegowym w modelu były natężenia przepływu w przekrojach wodowskazowych Ostrołęka na Narwi, Białobrzeg Bliższy na Omulwi, Czarnowo na Orzu i Maków Mazowiecki na Orzycu, które zostały dobrane tak, aby w profilu obliczeniowym było ono równe obliczonemu przepływowi maksymalnemu o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia. Dolnym warunkiem brzegowym była aktualna krzywa natężenia przepływu dla wodowskazu Zambski Kościelne. Model został skalibrowany na podstawie wezbrań historycznych z lat 2018, 2017 i 2013.

Wprowadzając do skalibrowanego modelu kolejne wartości maksymalnych przepływów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia uzyskano rzędne zwierciadła wody w przekroju w km 95+710 Narwi (kilometraż według Zleceniodawcy). Wyniki podano w układach odniesienia Kronsztadt '86 i EVRF2007.

7. Wyniki

Wartości maksymalnych przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia 0,2%, 0,3%, 0,5% i 1% wraz z odpowiadającymi tym przepływowi rzędnymi zwierciadła wody rzeki Narew w profilu obliczeniowym w km 95+710 zestawiono w tabeli 1.

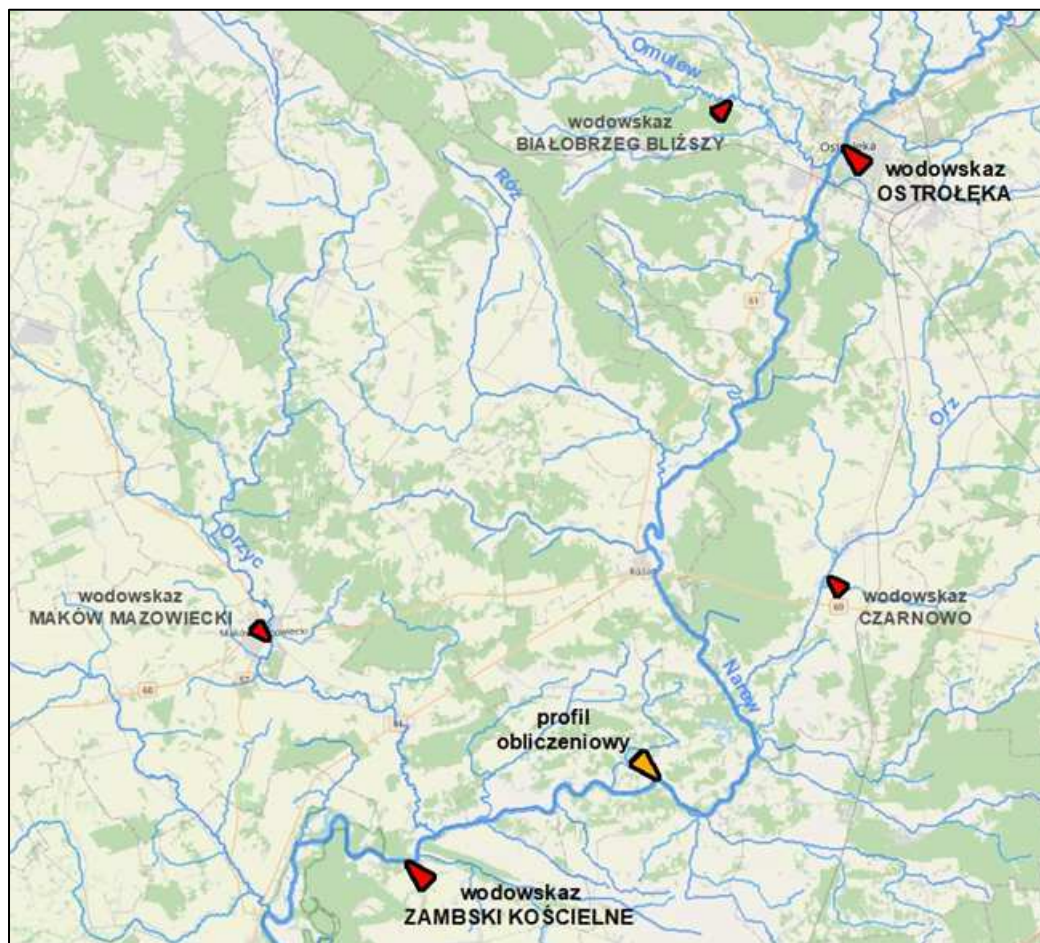
Tabela 1. Maksymalne przepływy o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia i odpowiadające im rzędne zwierciadła wody Narwi w km 95+710 (kilometraż według Zlecniodawcy)

Prawdopodobieństwo przewyższenia p [%]	Przepływ maksymalny o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia Q_{\max} [m ³ /s]	Rzędna zwierciadła wody odpowiadająca danemu przepływowi podana w układzie Kronsztadt '86 [m n.p.m. Kr '86]	Rzędna zwierciadła wody odpowiadająca danemu przepływowi podana w układzie EVRF2007 [m n.p.m. EVRF2007]
0,2	1440	87,55	87,72
0,3	1340	87,43	87,60
0,5	1210	87,27	87,44
1	1040	87,02	87,19

8. Literatura

1. *Mapa Podziału Hydrograficznego Polski* w skali 1:50 000, wersja z 2010 r.
2. Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., 1994. *Hydrologia stosowana*. PWN, Warszawa.
3. Byczkowski A., 1999: *Hydrologia Tom II. Wydanie II poprawione i uzupełnione*. Wydawnictwo SGGW Warszawa.
4. Praca zbiorowa pod red. Stachy J., 1991. *Zasady obliczania maksymalnych rocznych przepływów rzek polskich o określonym prawdopodobieństwie pojawiania się*, IMGW, Warszawa, seria Instrukcje i podręczniki.
5. Stachy J., Fal B., 1986, *Zasady obliczania maksymalnych przepływów prawdopodobnych*, Prace Instytutu Badawczego Dróg i Mostów Nr 3-4.
6. Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., Ozga-Zieliński B., 1999. *Zasady obliczania największych przepływów rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia przy projektowaniu obiektów budownictwa hydrotechnicznego. Długie ciągi pomiarowe przepływów*, IMGW, Warszawa, Materiały Badawcze seria: Hydrologia i Oceanologia – 27.

9. Rysunki



Rysunek 1. Fragment zlewni Narwi z lokalizacją profilu obliczeniowego oraz sąsiednich stacji wodowskazowych
(źródło podkładu mapowego: www.openstreetmap.org)