



PL

RAPORT  
2012

# Ocena wpływu zbiornika Włocławek oraz planowanego stopnia i zbiornika w Siarzewie na warunki przepuszczania wielkich wód na podstawie powodzi z maja 2010

Lipiec - Wrzesień 2012

© 2012 WWF Polska

Fundacja WWF Polska  
ul. Mahatmy Gandhiego 3  
02-645 Warszawa  
tel. +48 22 848 75 93  
email: [kontakt@wwf.pl](mailto:kontakt@wwf.pl)  
[www.wwf.pl](http://www.wwf.pl)

Zalecany sposób cytowania:

Fundacja WWF Polska. 2012. Ocena wpływu zbiornika Włocławek oraz planowanego stopnia i zbiornika w Siarzewie na warunki przepuszczania wielkich wód na podstawie powodzi z maja 2010. Maszynopis. Warszawa.

## Spis treści

1. Przygotowanie modelu transformacji fali powodziowej na Wiśle w rejonie wpływu zbiornika Włocławek .....	4
2. Kalibrowanie modelu na fali powodziowej maj czerwiec 2010 .....	4
3. Zmiana sposobu wykorzystania (pracy) stopnia we Włocławku .....	7
3.1. Wnioski .....	13
4. Budowa dodatkowego stopnia w Siarzewie około km 708.....	14
4.1. Założenia.....	14
4.2. Wnioski .....	17
5. Podsumowanie .....	17
6. Spis rysunków .....	18

## 1. Przygotowanie modelu transformacji fali powodziowej na Wiśle w rejonie wpływu zbiornika Włocławek

Ocena wpływu każdego przedsięwzięcia ingerującego w koryto Wisły wymaga stworzenia jego modelu na podstawie stanu rzeczywistego uwzględniając odpowiednie warunki hydrologiczne. Ponieważ w tym przypadku mamy do czynienia z wpływem istniejącego oraz projektowanego zbiornika na gospodarkę wodną w okresie powodzi przyjęto następujące założenia:

- 1.1. Odcinek Wisły będący w zakresie zainteresowania ograniczają dwa profile wodowskazowe IMGW (Kępa Polska – Tczew), co do których można mieć nadzieję, że nie podlegają wpływom innych czynników w zakresie transformacji przepływów ( a przynajmniej tak było w roku 2010 gdyż nie występowały zjawiska lodowe a Wisła na odcinku ujściowym nie była podpiętrzona cofką z zatoki gdańskiej)
- 1.2. Jako wystarczający przyjęto model oparty o równania Saint Venanta. Opisują one jednowymiarowy ruch nieustalony w korytach otwartych, z jakim mamy do czynienia w obwałowanym korycie dolnej Wisły.
- 1.3. Jako podstawę do oceny przyjęto zaobserwowaną falę powodziową w maju roku 2010 w zakresie dat, 7.05.2010 – 25.06.2010 która według monografii wydanej przez IMGW była jedną z największych powodzi opadowych (w profilu Tczew).
- 1.4. Do opisu geometrii koryta na odcinku modelowym wykorzystano ponad 100 przekrojów poprzecznych Wisły wykonanych w ramach projektu Banku Światowego w latach 1999-2001.

Do obliczeń wykorzystano aplikację HEC-RAS (wersja 4.1.0) stworzoną przez Hydrologic Engineering Center U.S Army Corps of Engineers (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>) z uwagi na:

- Szeroki zakres zastosowania
- Możliwość modelowania urządzeń wodnych
- Posiadanie własnej bazy danych z wieloma narzędziami do analizy wyników obliczeń
- Aplikacja jest darmowa.

Szczegółowy opis podstaw teoretycznych wykorzystanych w aplikacji HEC-RAS można znaleźć na stronie:

[http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/hecras\\_4.1\\_reference\\_manual.pdf](http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/hecras_4.1_reference_manual.pdf) a w języku polskim np. na stronie:

[www.is.pw.edu.pl/plik/501/USM\\_w3\\_hydraulika\\_stosowana.pdf](http://www.is.pw.edu.pl/plik/501/USM_w3_hydraulika_stosowana.pdf).

Z punktu widzenia obliczeniowego przy takich samych warunkach granicznych obliczenia aplikacją HEC-RAS nie powinny się różnić od wyników otrzymanych z oprogramowania MIKE-11

Dla właściwego modelowania odcinka rzeki niezbędne były odpowiednie zestawy danych obserwacyjnych w tym przypadku posłużono się danymi o stanach wody zbieranymi z portalu [www.pogodynka.pl/podest/](http://www.pogodynka.pl/podest/) na bieżąco w trakcie powodzi przez współpracowników autorów, danymi o rzędnej wody górnej oraz odpływie ze stopnia wodnego Włocławek oraz publikacji „**DORZECZE WISŁY – MONOGRAFIA POWODZI MAJ-CZERWIEC**”.

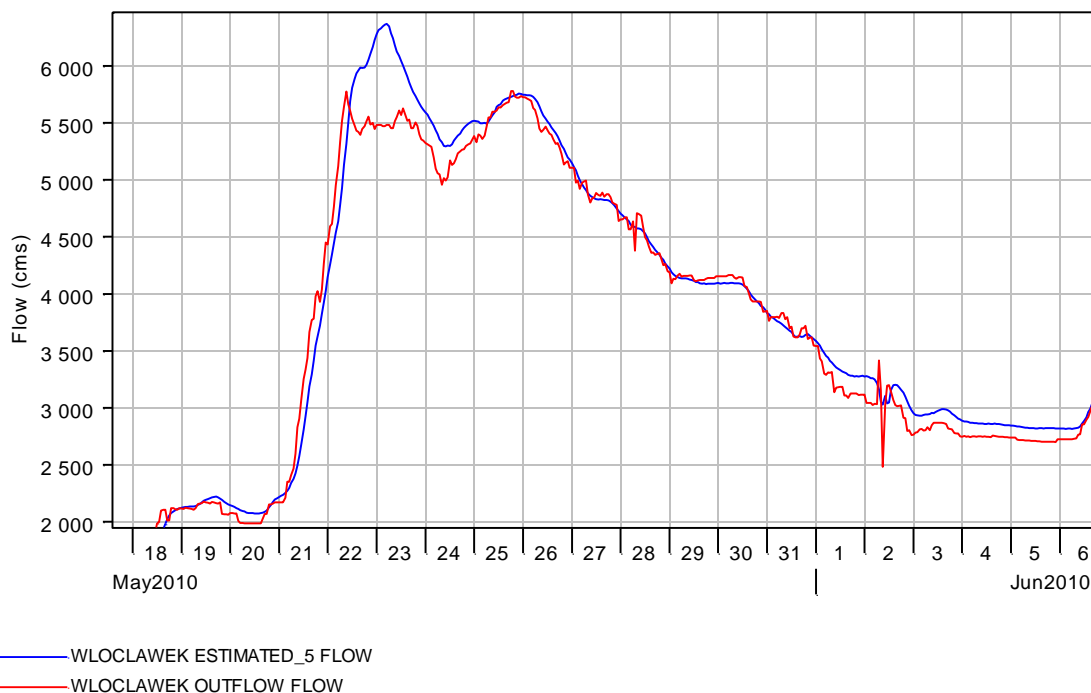
## 2. Kalibrowanie modelu na fali powodziowej maj czerwiec 2010

- Z uwagi na fakt znacznych niezgodności pomiędzy danymi z wodowskazu Włocławek a informacjami ze stopnia Włocławek oraz z uwagi na fakt zniszczenia wału w Świniarach (w obrębie cofki zbiornika) niemożliwa była pełna kalibracja modeli na odcinku Wisły między wodowskazami Kępa Polska i Włocławek. Dlatego w tym przypadku zastosowano kalibrację uproszczoną polegającą na otrzymaniu zgodności w przepływach w profilu początkowym (Kępa Polska  $Q_{max}=6960$  m<sup>3</sup>/s) w warunkach, kiedy górny warunek brzegowy stanowiły rzędne stanu wody. Otrzymane na tym odcinku współczynniki szorstkości wykorzystano do wszystkich

dalszych obliczeń. Przyjęto również założenie, że nie będzie uwzględniana awaria wału powyżej stopnia Włocławek a transformacja będzie wykonana biorąc pod uwagę kształt fali powodziowej (rzędne zwierciadła) zarejestrowanej w profilu Kępa Polska.

- Starano się wyeliminować korzystanie z wartości przepływów by obyło się bez dyskusji nad krzywymi przepływów dla wodowskazów IMGW. Przepływy w czasie rzeczywistym (na portalu Pogodynka) są obliczane w oparciu o zaobserwowane stany wody przeliczone za pomocą krzywej natężenia przepływów. Krzywe natężenia są aktualizowane co najmniej po przejściu fali wezbraniowej w oparciu o dokonane w jej trakcie pomiary hydrometryczne. Stąd też przepływy „historyczne” przeliczone według nowej krzywej natężenia przepływów mogą się różnić od tych podawanych w czasie rzeczywistym na Pogodynce.
- Poniższy rysunek obrazuje różnice pomiędzy przepływami ze stopnia Włocławek a oszacowanymi dla wodowskazu Włocławek (odległość między stopniem i wodowskazem około 4.5 km). W danych zbiornika są w majowej powodzi dwie kulminacje 22.05 i 25.05.2010 około 5780 m<sup>3</sup>/s a w danych oszacowanych dla wodowskazu pierwsza wyraźnie wyższa 23.05 około 6400 m<sup>3</sup>/s, co dziwne odpytyw ze zbiornika nie zwiększa się mimo wymuszonego obniżania rzędnej górnej zbiornika. Z niepotwierdzonych źródeł bezpośrednio pomiary przepływu poniżej zbiornika (w trakcie kulminacji) wynosiły ponad 6200 m<sup>3</sup>/s. Ponieważ jednak niniejsze opracowanie nie dotyczy analizy samej powodzi, obliczenia nie będą się odnosić do tych danych (można zaobserwować znaczne braki w tym zakresie w Monografii wydanej przez IMGW - dotyczące środkowej Wisły).
- Niestety nie udało się uzyskać wiarygodnych danych na temat rozkładu w czasie wypływu wody do „polderu” Świniary. Stąd dla wszystkich obliczeń porównawczych przyjęto hydrogramy rzędnych zwierciadła wody obliczone tak jakby przerwanie wału nie miało miejsca i fala powodziowa przeszła w niezmienionym kształcie przez zbiornik.

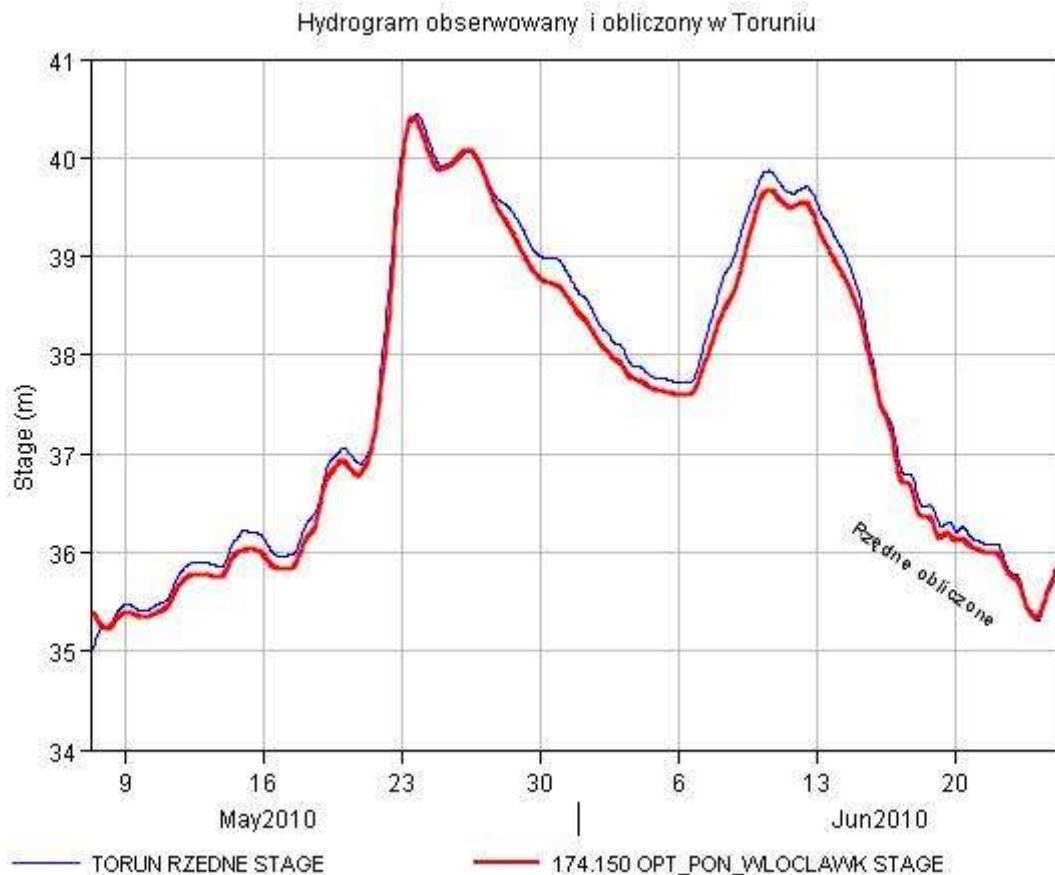
Porównanie odpływów ze zbiornika i oszacowanych przepływów w profilu Włocławek



Rys. 1. Porównanie oszacowanych przepływów w profilu wodowskazu Włocławek z zarejestrowanymi odpływami ze zbiornika Włocławek.

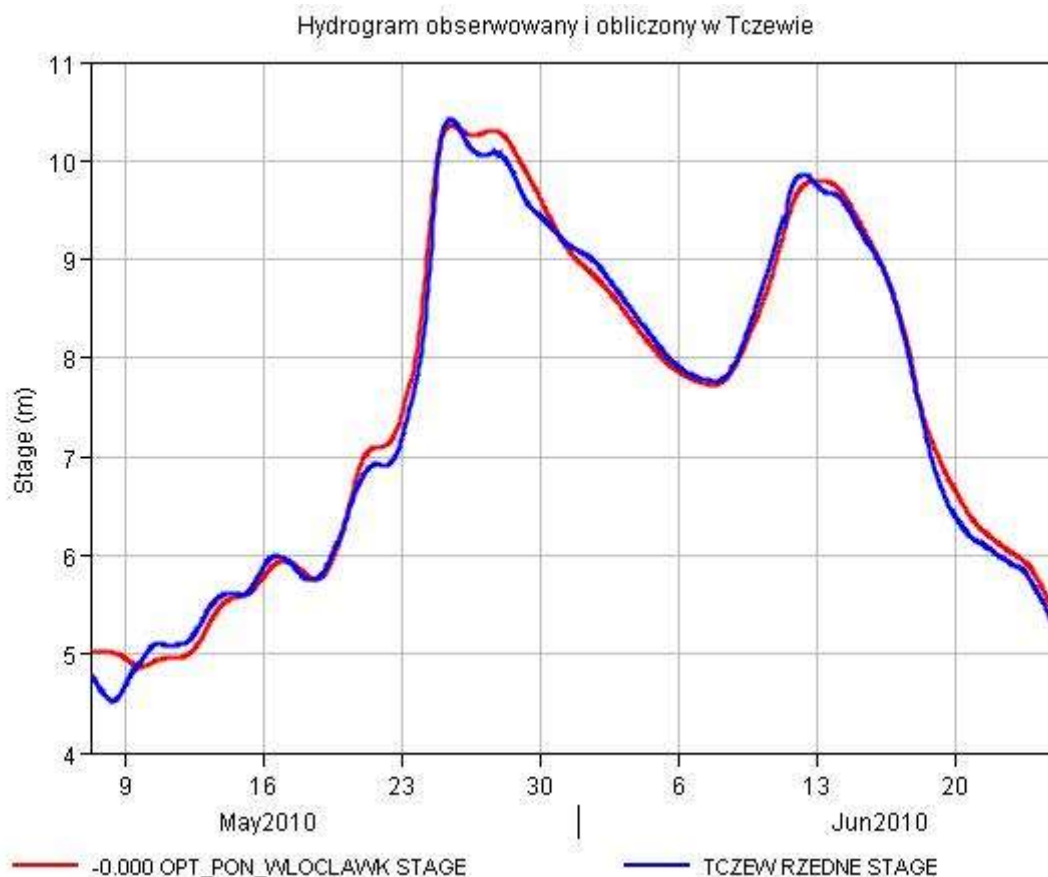
- Drugi odcinek transformacji stanowił odcinek ograniczony profilami wodowskazowymi Włocławek oraz Tczew. Dla odcinka tego analizowany będzie wpływ zmiany sposobu pracy

zbiornika i wpływ dodatkowego zbiornika w Siarzewie. W tym przypadku zastosowano standardową procedurę opartą o zgodność obliczonych rzędnych stanu wody w profilach Toruń i Tczew z obserwacjami. Po skalibrowaniu odcinka Włocławek – Toruń otrzymano z modelu kulminacje obliczona niższą o 2.5 cm, wcześniej o około 3 godziny, przedstawia to poniższy rysunek:



Rys. 2. Porównanie jakości modelowania w profilu Toruń na podstawie obserwacji rzędnych na wodowskazy Włocławek.

- Mniejsza zgodność hydrogramu obliczonego i obserwowanego (przy drugiej kulminacji – Rys. 2.) może być spowodowana zmianami w przekrojach poprzecznych spowodowanymi osadzeniem się materiału unoszonego przy maksymalnych przepływach. Na dalszych odcinkach nie obserwuje się takiego przypadku.
- Dla odcinka Włocławek – Tczew otrzymano kulminacje niższą o 5 cm w tym samym co obserwowana czasie- Rys. 3.



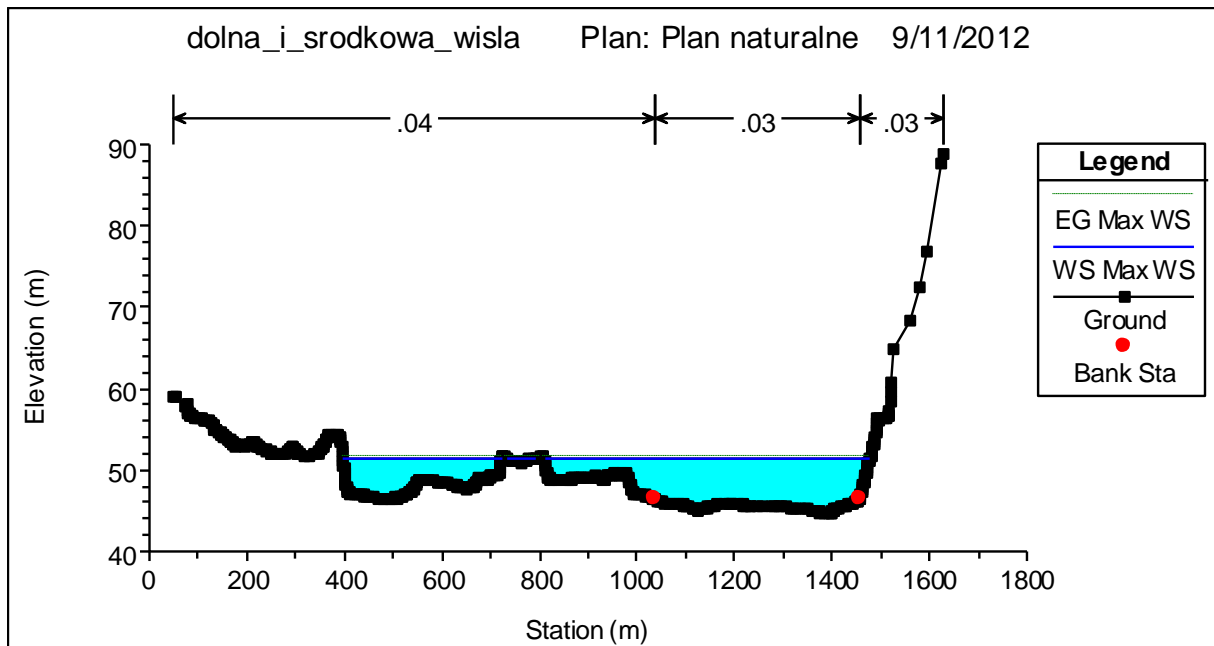
Rys. 3. Porównanie jakości modelowania w profilu Tczew na podstawie obserwacji rzędnych na wodowskaziu Włocławek.

- Różnica w drugiej części pierwszej kulminacji była spowodowana przyjęciem dolnego warunku brzegowego w postaci tzw. „normalnej głębokości” nie będzie to jednak miało większego znaczenia do obliczeń porównawczych.
- Powyższe hydrogramy obliczone (kolor czerwony) dla Torunia i Tczewa będą stanowiły podstawę do porównania wpływu zmian w korycie Wisły po zmianie sposobu użytkowania stopnia Włocławek oraz budowy nowego stopnia w Siarzewie.

### 3. Zmiana sposobu wykorzystania (pracy) stopnia we Włocławku

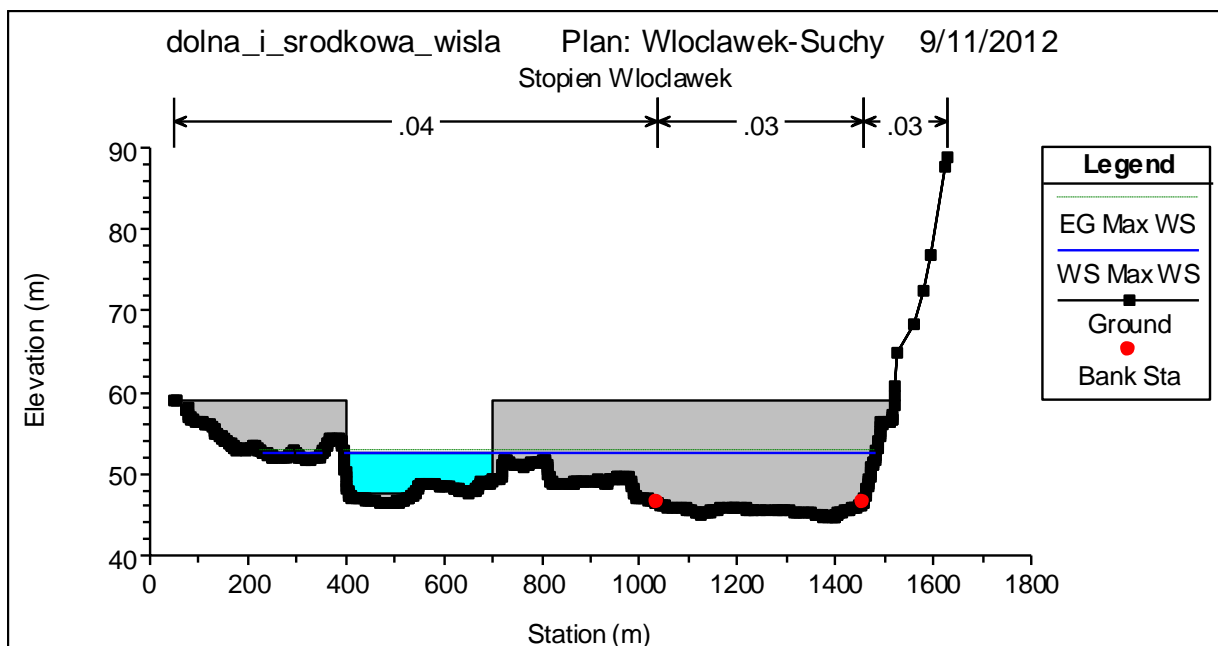
Dla przeprowadzenia analizy wykonano kilka przebiegów obliczeń przy skalibrowanych współczynnikach szorstkości koryta i międzywala przy następujących założeniach:

- ✓ Wariant 1 (NATURA) – w zestawie danych o przekrojach nie uwzględniono obecności jazu i urządzeń przelewowych (w tym również śluzy)



Rys. 4. Przekrój bezpośrednio powyżej jazu Włocławek.

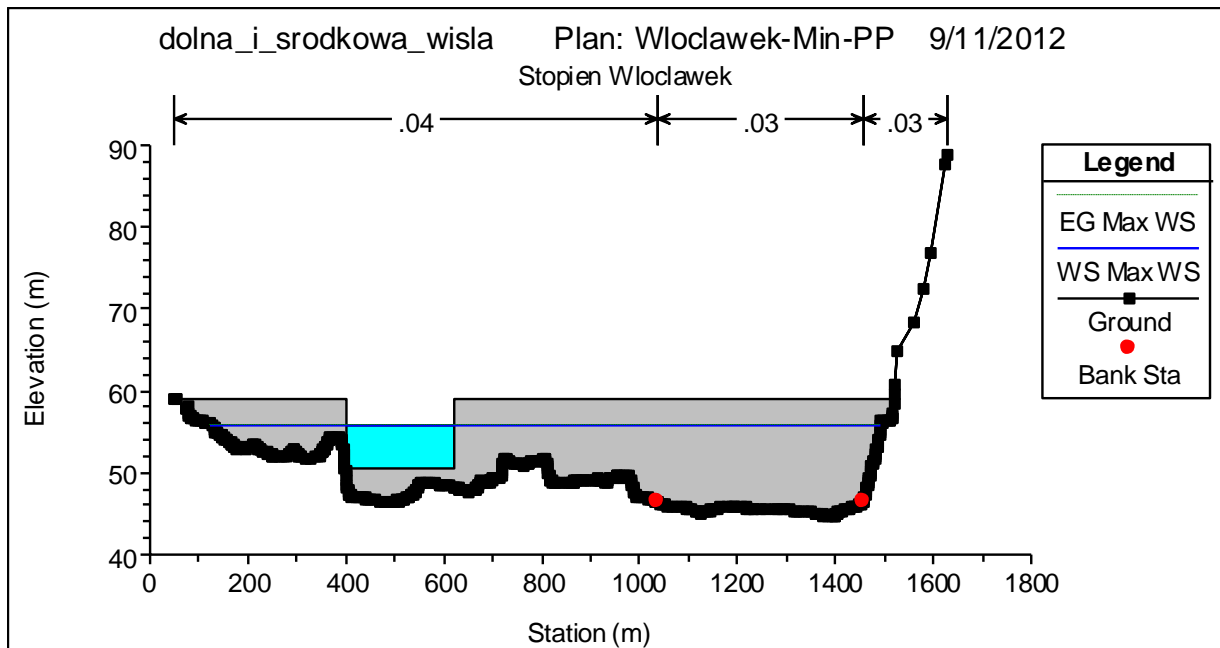
- ✓ Wariant 2 (SUCHY) – przyjęto, że w miejsce obecnego jazu jest jaz o szerokiej koronie o szerokości 300 m i rzędnej korony 47.5 m.n.p.m



Rys. 5. Jaz w wariantcie zbiornika suchego szer. 300m

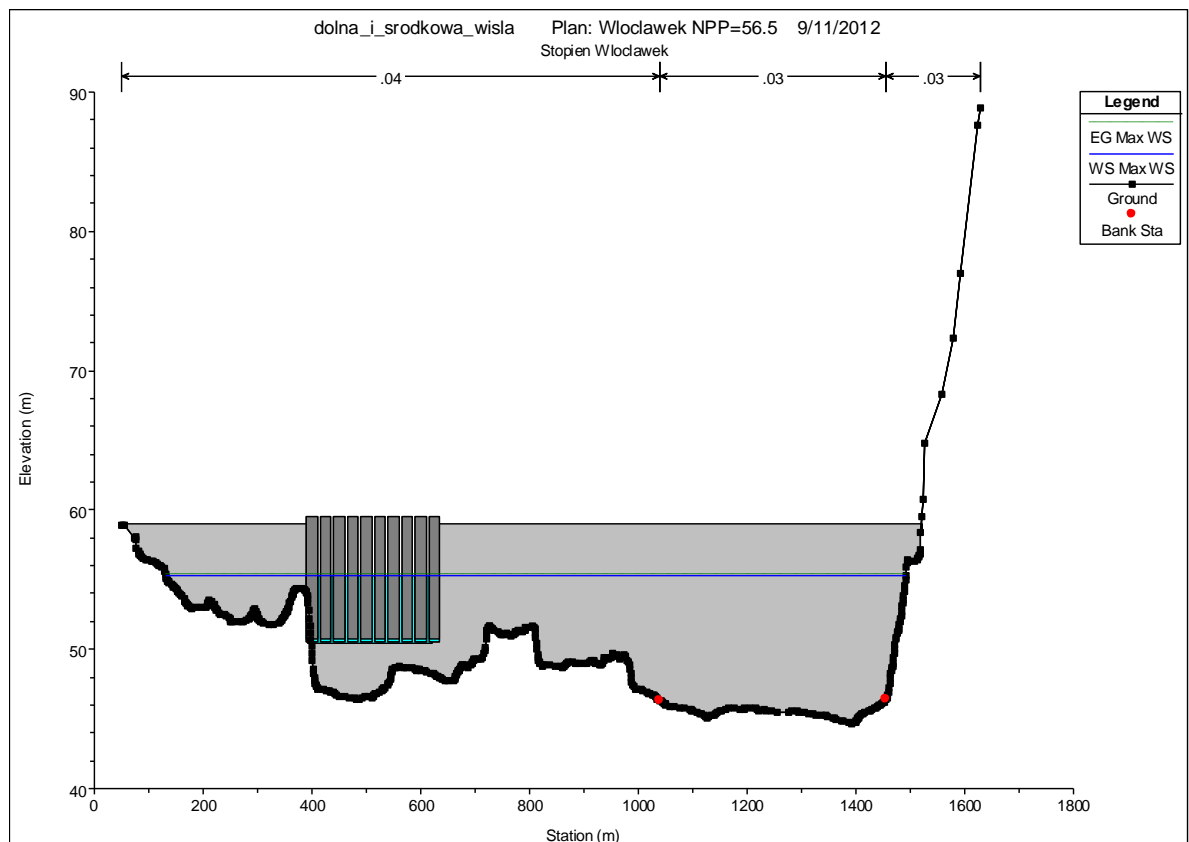
- ✓ Wariant 3 (WLOC\_NPP) – przyjęto, że likwidacji uległy zamknięcia i śluza i w ten sposób powstał jaz o szerokiej koronie o szerokości 220m i rzędnej korony 50.42 m.n.p.m (jak w rzeczywistości) bez jakichkolwiek możliwości sterowania





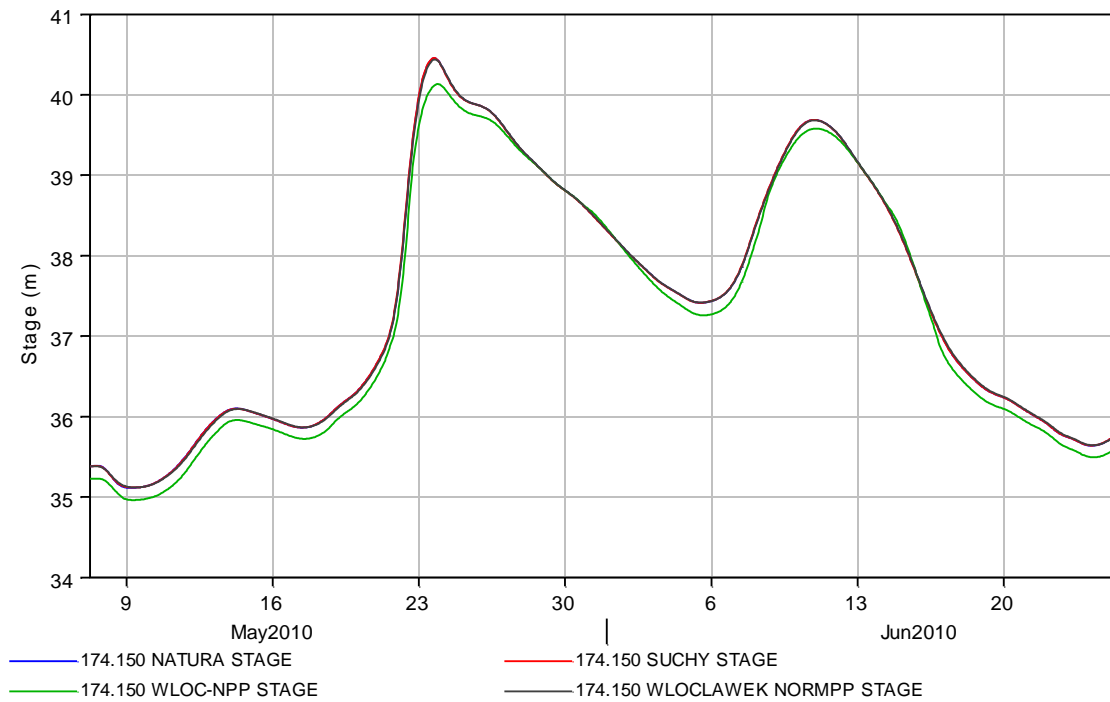
Rys. 6. Jaz dla wariantu demontażu zamknięć.

- ✓ Wariant 4 (WLOCLAWEK NORMPP) – w wariantcie tym zbiornik w aktualnym kształcie i funkcjonalności był sterowany tak by rzędna górna była zbliżona Normalnego Poziomu Piętrzenia 56.5 m.n.p.m nie mniejsza jednak od rzędnej 56.0 m.n.p.m.

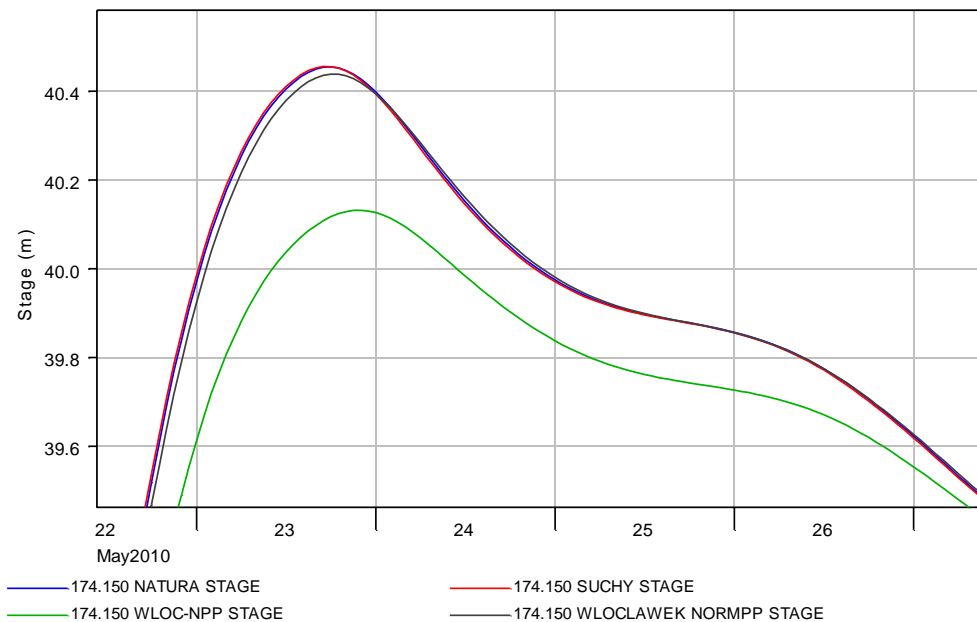


Rys. 7. Aktualny jaz z zamknięciami automatycznie sterowany dla utrzymania N.P.P

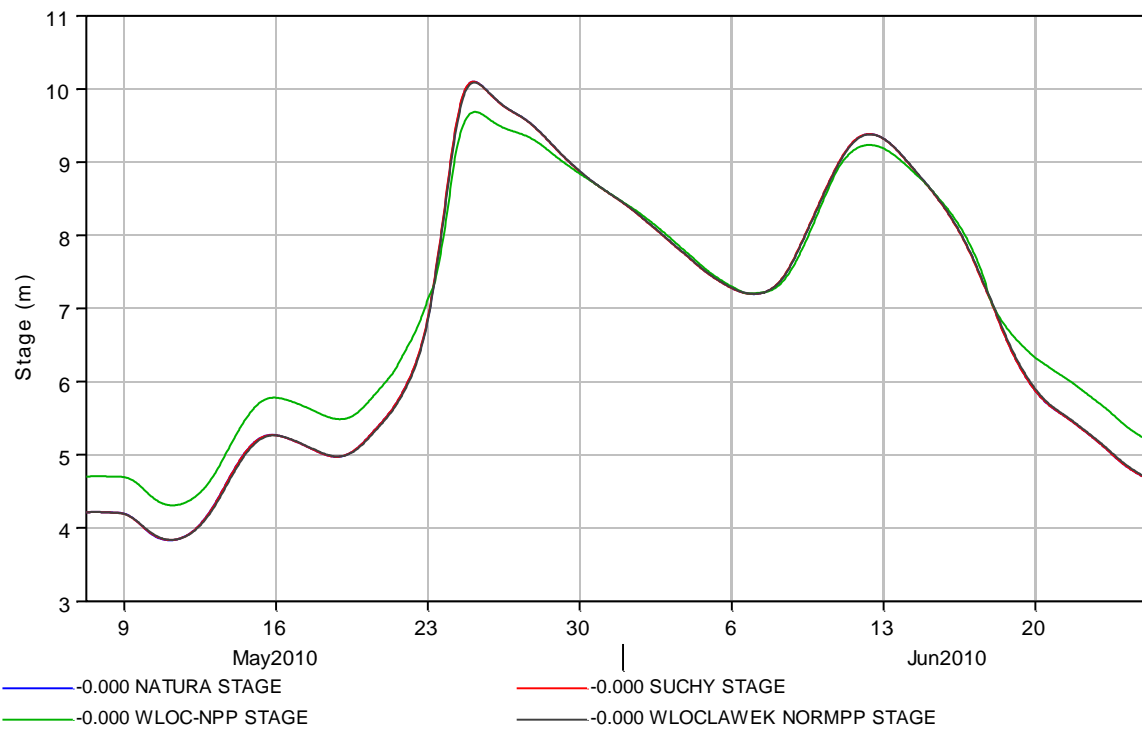
Dla wszystkich tych wariantów przeprowadzono obliczenia na odcinku od wodowskazu Kępa Polska do profilu Tczew bez uwzględnienia awarii wału w rejonie Świniar. Poniżej zestawiono wyniki:



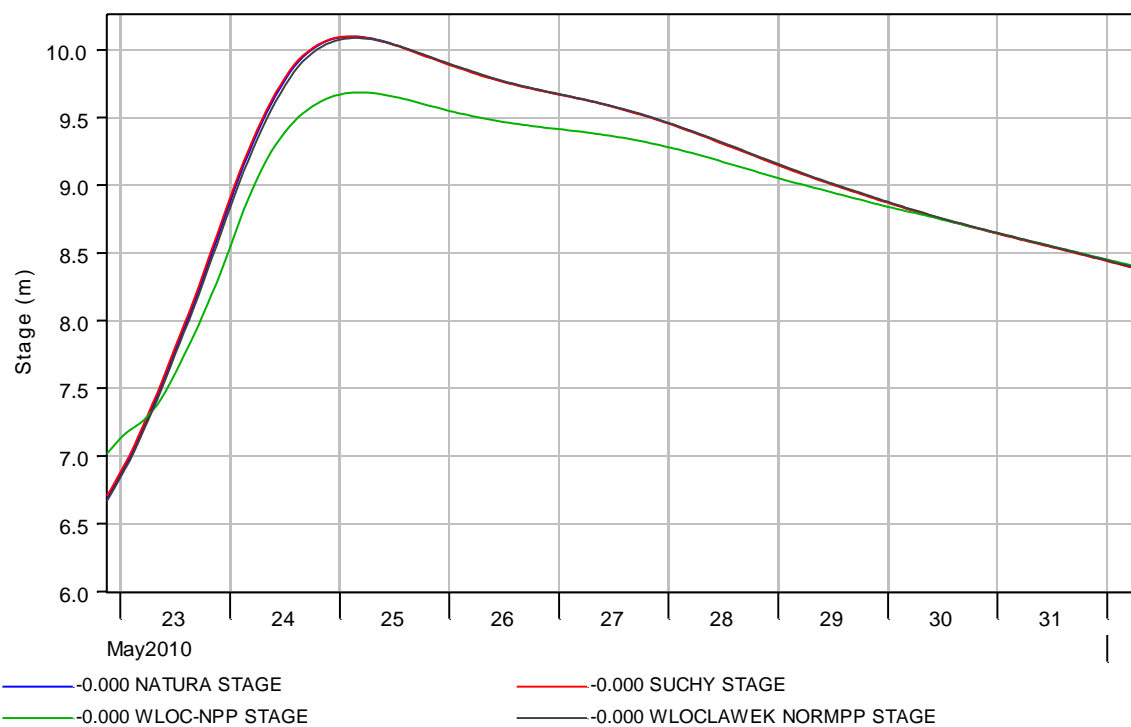
Rys. 8. Wyniki symulacji w rejonie Torunia.



Rys. 9. Szczegóły kulminacji majowej w Toruniu.

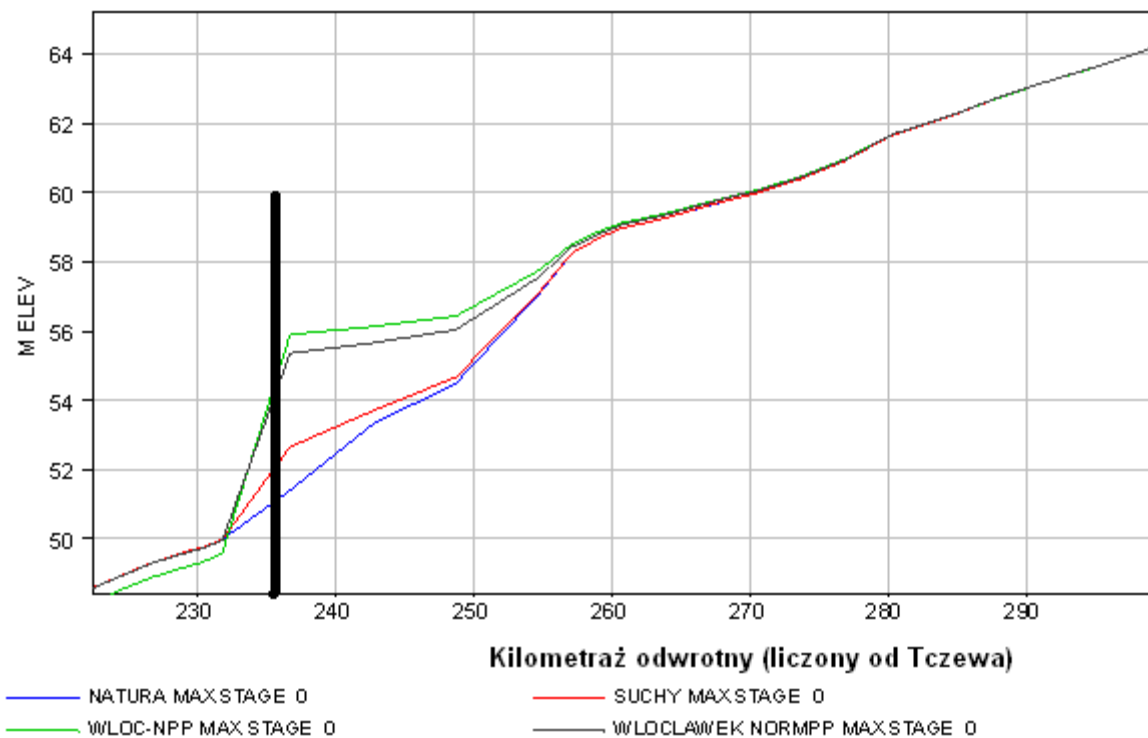


Rys. 10. Wyniki symulacji w rejonie Tczewa.

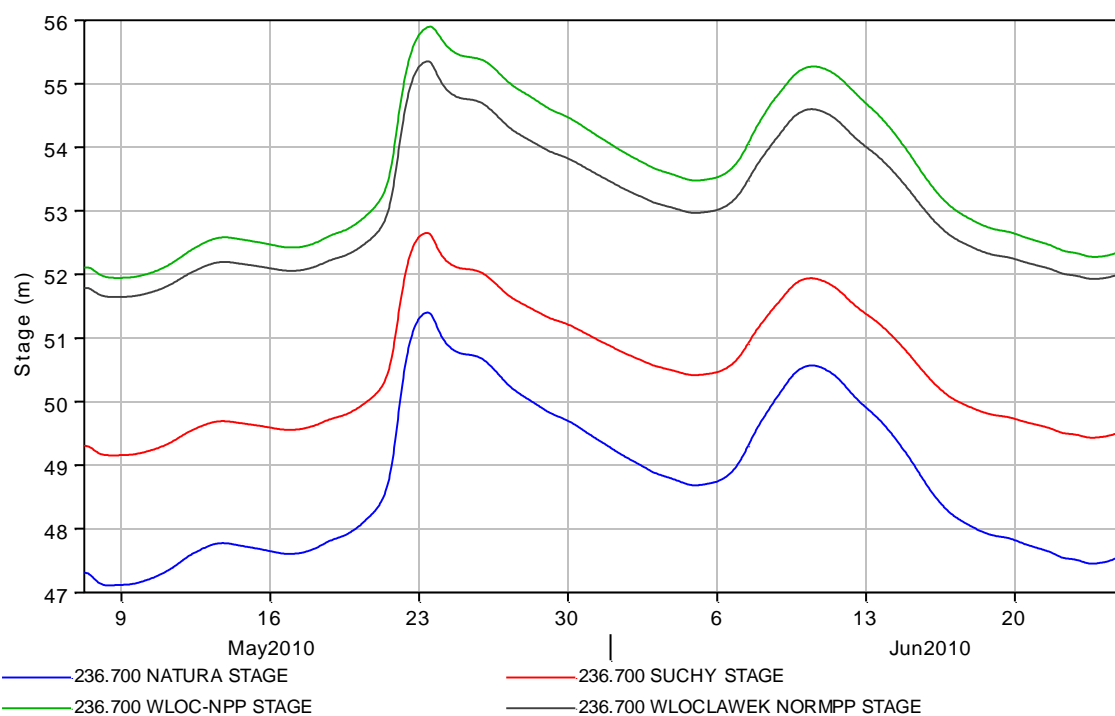


Rys. 11. Szczegóły kulminacji w rejonie Tczewa.

Aby właściwie przeanalizować powyższe wyniki należy zwrócić uwagę na układ zwierciadła wody w Wiśle przy maksymalnej rzędnej w rejonie zbiornika.



Rys. 12. Schemat zwierciadła wody powyżej zapory dla wszystkich wariantów.



Rys. 13. Układ zwierciadła w przekroju Wisły bezpośrednio powyżej zapory Włocławek.

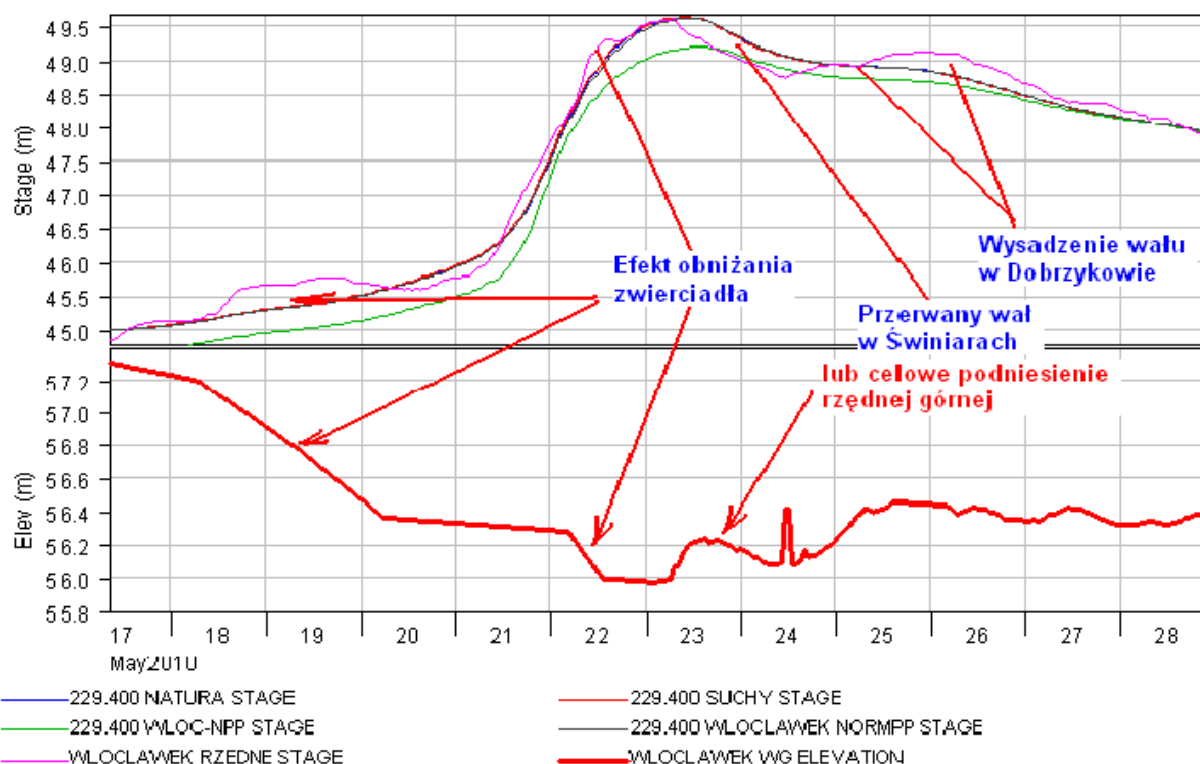
### 3.1. Wnioski

Porównując wariant przepływu w korycie naturalnym (NATURA) oraz w wariant „zbiornika suchego” (SUCHY) nie widać żadnego efektu w profilach poniżej zbiornika (Toruń i Tczew). Różnica powstaje tylko na samym zbiorniku gdzie maksymalna rzędna „zbiornika suchego” jest wyższa o 1.2 m od wariantu przejścia fali w „warunkach naturalnych”. Również wprowadzenie wariantu zbiornika Włocławek sterowanego na utrzymywanie rzędnej na poziomie normalnej rzędnej piętrzenia nie powoduje w korycie Wisły poniżej większego efektu na przejście kulminacji fali powodziowej. Różnica jest rzędu 2 cm z niewielkim opóźnieniem w stosunku do kulminacji w wariantcie NATURA i SUCHY. Tu jednak rzędna kulminacji na zbiorniku wynosiła blisko 4.0 m (ponad wariant NATURA), ale cały czas była poniżej normalnej rzędnej piętrzenia zbiornika.

Największy wpływ zmian w stosunku do naturalnych warunków przepływu wody w Wiśle w rejonie Włocławka miał wariant usunięcia wszystkich zamknięć i pozostawienie progu na rzędnej 50.42. Spowodowałoby to obniżenie kulminacji o około 30 cm w Toruniu i około 40 w Tczewie i opóźniłoby kulminacje o około 3 godziny. Niemniej jednak należy wspomnieć, że na zbiorniku Włocławek rzędna górna w trakcie przejścia kulminacji osiągnęłaby rzędna o ponad 4.5 m od warunków przepływu naturalnego (i praktycznie taka sama jaką zarejestrowano w czasie powodzi).

Takie wyniki nie są zaskoczeniem, ponieważ retencja zbiornikowa (a także retencja dolinowa) zwiększa się z napełnieniem (właściwie z przyrostem napełnienia). A większe napełnienie (retencja) i szybszy wzrost przepływów ma szczególny wpływ na złagodzenie części wzrastającej fali powodziowej i tym samym obniżenie jej kulminacji.

Patrząc w uproszczony sposób na pracę zbiornika Włocławek nie sposób oprzeć się wrażeniu, że przejście kulminacji majowej powodzi 2010 w niewielkim stopniu odbiega od przejścia fali przy wariantcie koryta naturalnego i wariantcie zbiornika „suchego” – Rys. 14.



Rys. 14. Rzędne zwierciadła w profilu poniżej zapory dla wszystkich wariantów obliczeniowych oraz hydrogram obserwowany (linia fioletowa). Teoretyczne przyczyny różnic w hydrogramie transformowanym i obserwowanym.

O ile przyczyny różnic w hydrogramach są prawdopodobne to twierdzenie RZGW w Warszawie o obniżeniu pierwszej kulminacji przez zbiornik jest mniej prawdopodobne.

#### 4. Budowa dodatkowego stopnia w Siarzewie około km 708.

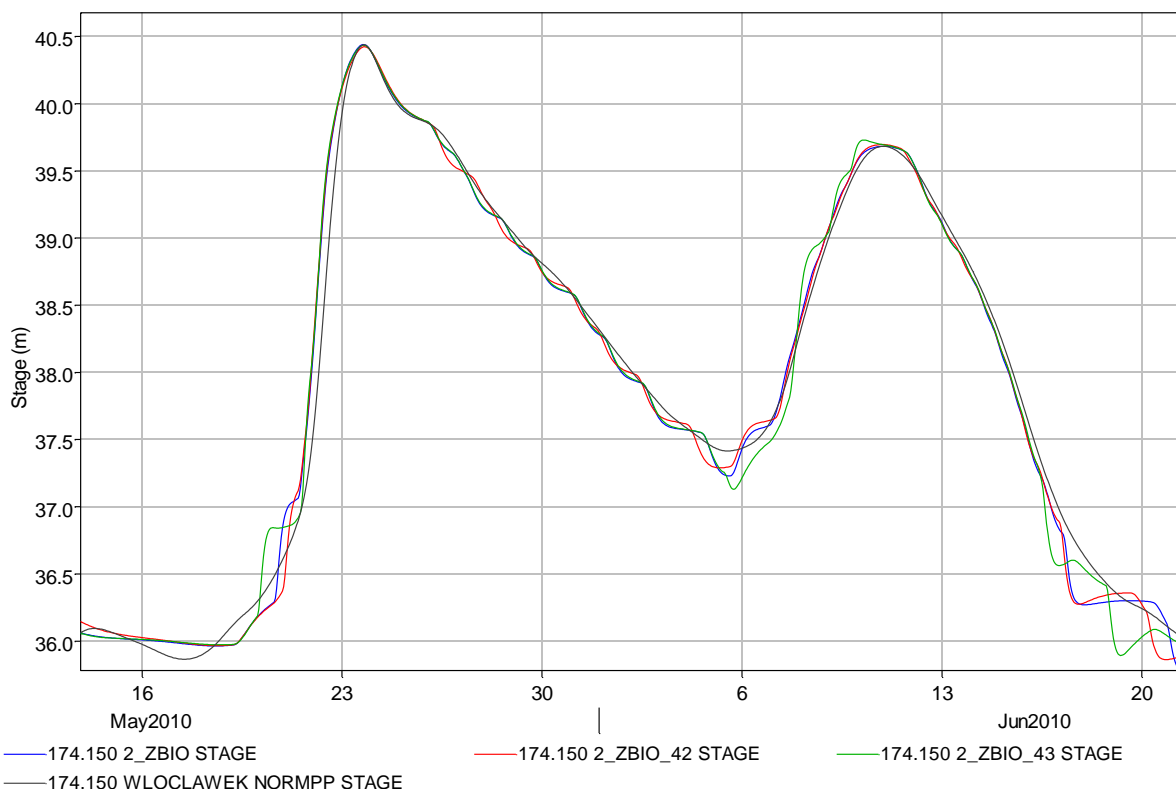
##### 4.1. Założenia

Ponieważ brak informacji o szczegółach planowanego przedsięwzięcia przyjęto, że z uwagi na jego podstawowy cel (energetyka) będzie to stopień funkcjonujący podobnie do stopnia Włocławek. A więc, że jaz będzie się składał z dziesięciu sekcji o wymiarach i rozwiązaniach technicznych takich jak w przypadku istniejącego jazu we Włocławku oraz taką samą służę.

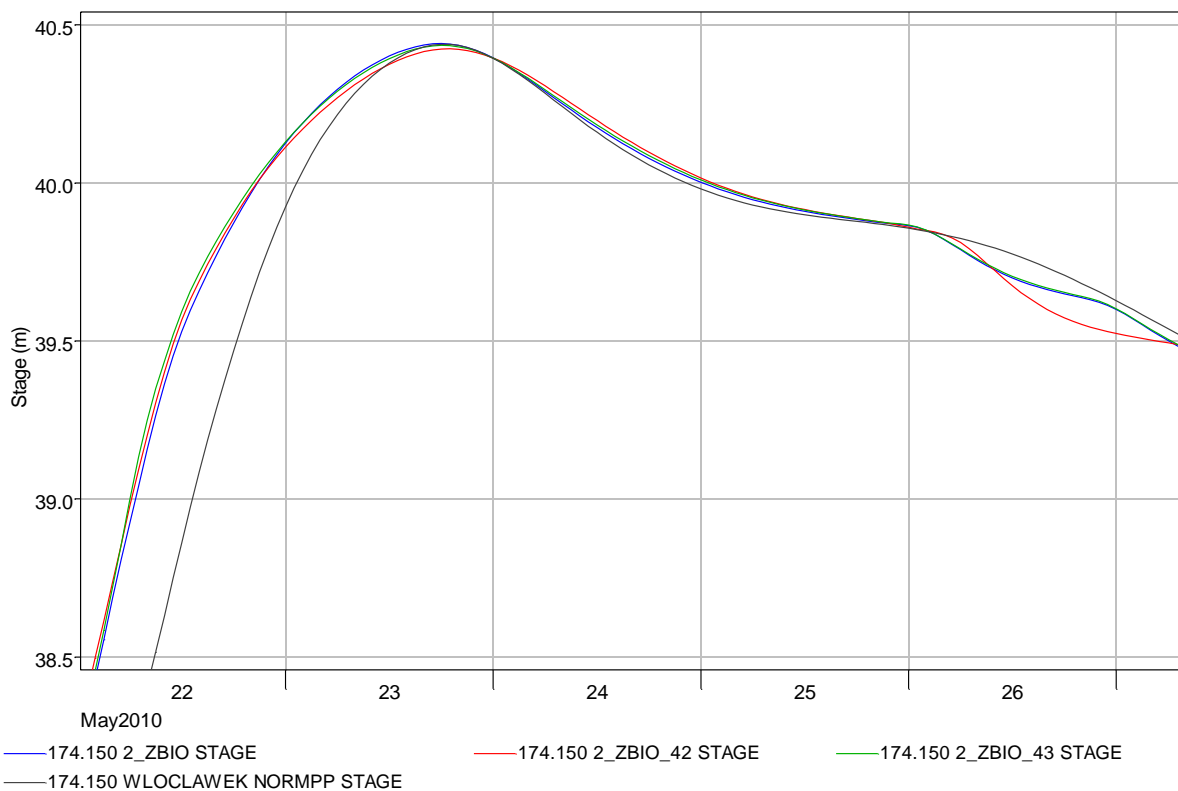
Przyjęto:

- rzędną korony przelewu, jako:
  - 41.00 m.n.p.m – zmienność piętrzenia 44.0 do 46.5 m.n.p.m wariant nazwany 2\_ZBIO
  - 42.00 m.n.p.m – zmienność piętrzenia 45.0 do 47.5 m.n.p.m wariant nazwany 2\_ZBIO\_42
  - 43.00 m.n.p.m – zmienność piętrzenia 46.0 do 46.5 m.n.p.m wariant nazwany 2\_ZBIO\_43
- maksymalne poniesienie zasuw 7.0 m
- korona zaporę została ustalona na wysokości 51.00 m.n.p.m
- w czasie obliczeń zbiornik Włocławek pracował według wariantu WLOCLAWEK\_ NORMPP (numer 4 na stronie 8).

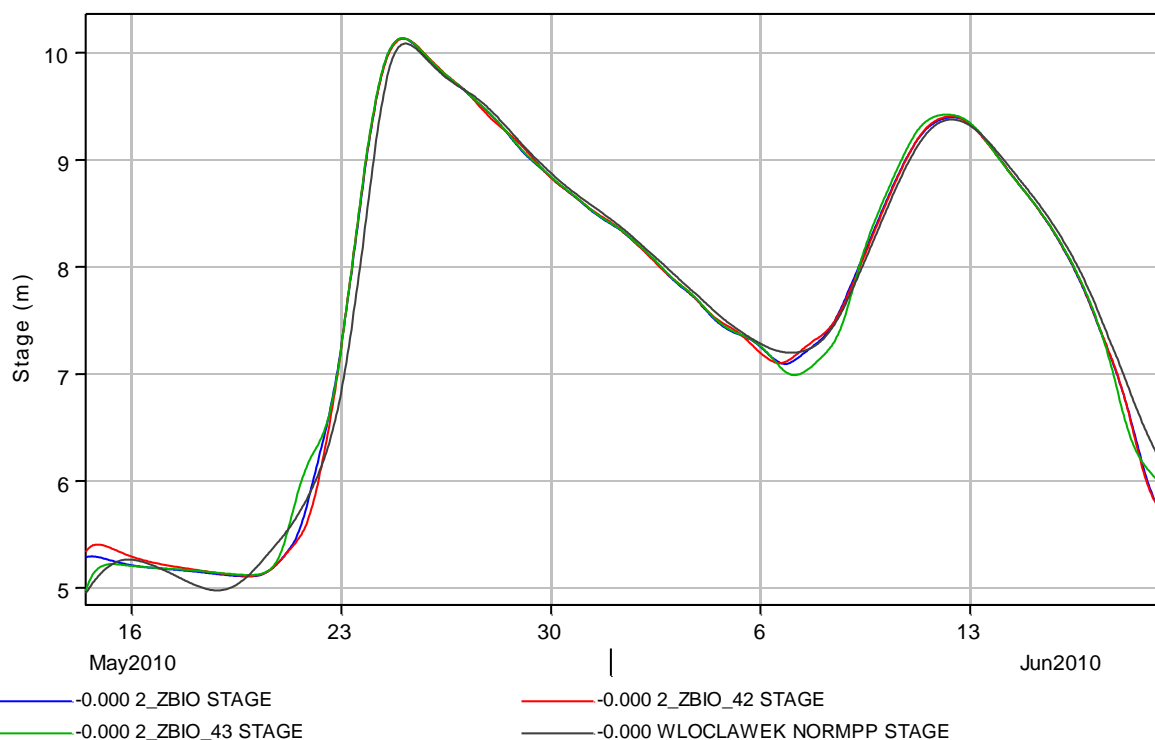
Porównanie wariantów przejścia kulminacji fali powodziowej 2010 w Toruniu pokazano na poniższych wykresach.



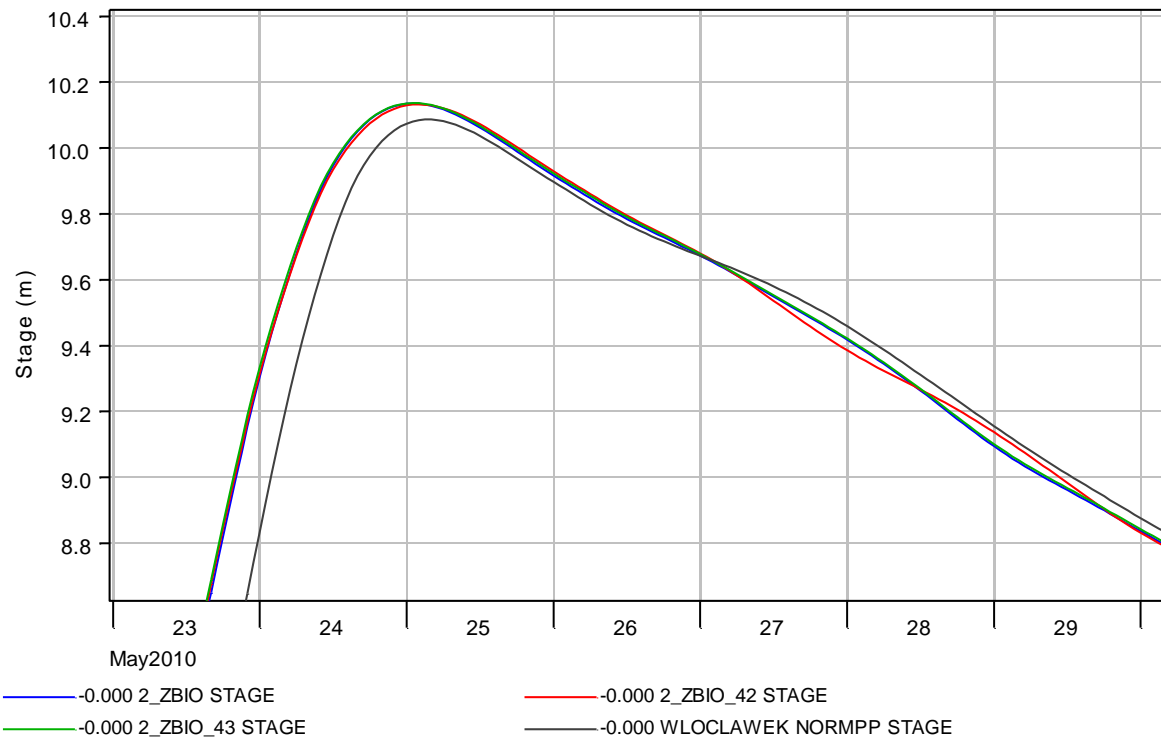
Rys. 15. Porównanie wpływu trzech wariantów ze zbiornikiem Siarzewo oraz przy zbiorniku Włocławek pracującym według wariantu (WLOCLAWEK\_ NORMPP) – profil Toruń.



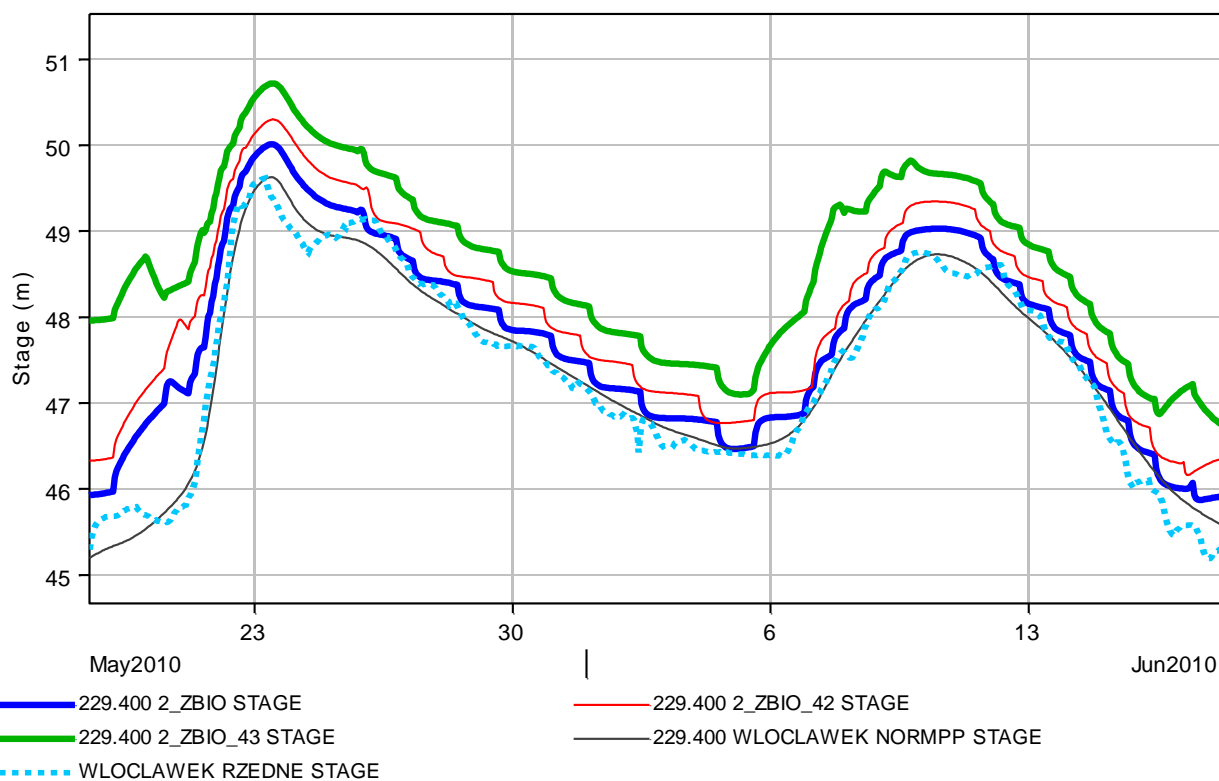
Rys. 16. Szczegóły kulminacji fali majowej w profilu Toruń.



Rys. 17. Porównanie wpływu trzech wariantów ze zbiornikiem Siarzewo oraz przy zbiorniku Włocławek pracującym według wariantu (WLOCLAWEK\_NORMPP) – profil Tczew.

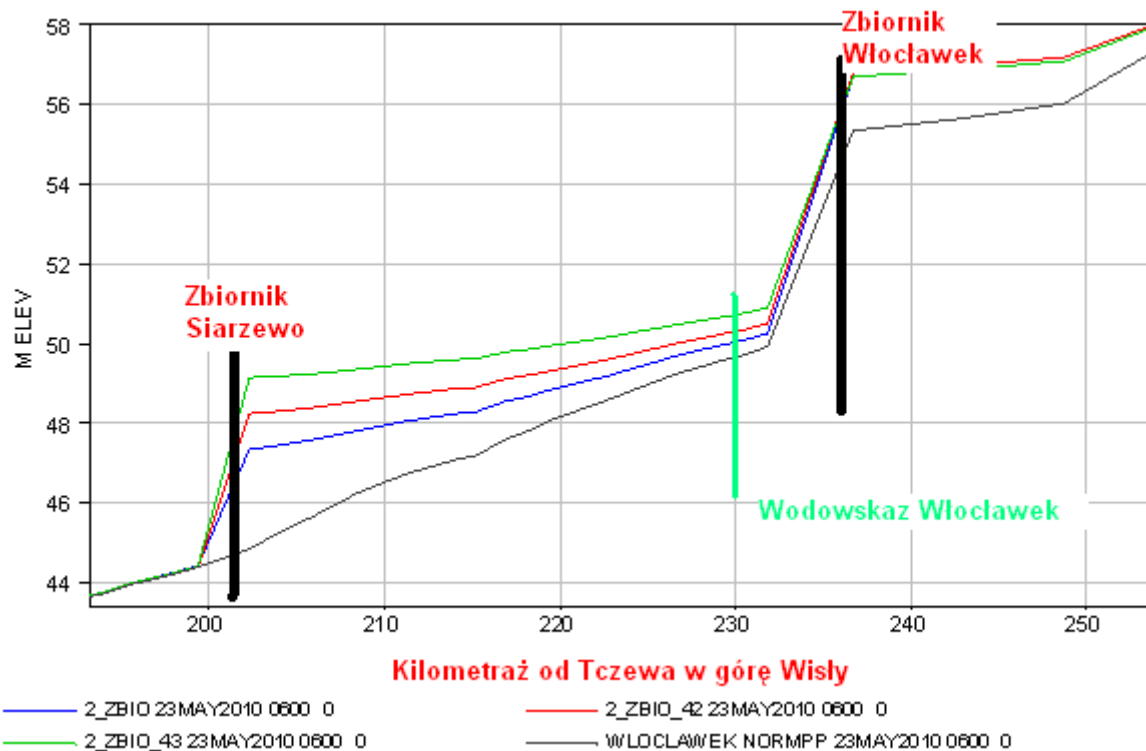


Rys. 18. Szczegóły kulminacji fali majowej w profilu Tczew.



Rys. 19. Rzędne hydrogramów dla trzech wariantów piętrzeń zbiornika w Siarzewie w porównaniu z brakiem nowego zbiornika (linia WLOCLAWEK NORMPP) oraz obserwowanymi rzędnymi w profilu Włocławek (linia kropkowana).





Rys. 20. Schemat układu zwierciadła wody dla czterech wariantów w momencie kulminacji na wodowskaziu Włocławek.

#### 4.2. Wnioski

Na podstawie analizy wykresów na rysunkach od 15 do 18 widać wyraźnie, że efekt żadnego z wariantów rzędnej progę nowego stopnia w Siarzewie przy automatycznym działaniu zamknięć na podstawie rzędnej górnej tego zbiornika, nie jest zauważalny na Wiśle poniżej (Toruń, Tczew a tym samym w przekrojach pośrednich).

Niewielka różnica w profilu Tczew to „zwiększenie” rzędnej kulminacji o około 5 cm w stosunku do wariantu bez stopnia Siarzewo przy automatycznej pracy zbiornika Włocławek utrzymującego rzędną normalnego piętrzenia.

Jednak dla właściwej oceny rozwiązania z nowym zbiornikiem należy zwrócić uwagę na rysunki 19 i 20 gdzie wyraźnie widać, że w zależności od wariantu rzędnej górnej stopnia w Siarzewie, w rejonie wodowskazu (miasta) Włocławek rzędne przy kulminacyjnych przepływach podobnych do roku 2010 mogą być nawet o 1.10 m wyższe niż obserwowane w tym roku.

#### 5. Podsumowanie

Przeprowadzone obliczenia pokazują, że zmiany w sposobie funkcjonowania stopnia Włocławek, budowa dodatkowego stopnia w rejonie Siarzewa nie będą miały jednoznacznie pozytywnego wpływu na „poprawę bezpieczeństwa powodziowego”. W najlepszym razie mogą być obojętne. Powódź roku 2010 w rejonie środkowej Wisły z uwagi na objętość pokazała, że stopnie wodne mogą również w pewnych warunkach stworzyć dodatkowe zagrożenie powodziowe.

## 6. Spis rysunków

Rys. 1. Porównanie oszacowanych przepływów w profilu wodowskazu Włocławek z zarejestrowanymi odpływami ze zbiornika Włocławek. ....	5
Rys. 2. Porównanie jakości modelowania w profilu Toruń na podstawie obserwacji rzędnych na wodowskazu Włocławek. ....	6
Rys. 3. Porównanie jakości modelowania w profilu Tczew na podstawie obserwacji rzędnych na wodowskazu Włocławek. ....	7
Rys. 4. Przekrój bezpośrednio powyżej jazu Włocławek. ....	8
Rys. 5. Jaz w wariantcie zbiornika suchego szer. 300m ....	8
Rys. 6. Jaz dla wariantu demontażu zamknięć. ....	9
Rys. 7. Aktualny jaz z zamknięciami automatycznie sterowany dla utrzymania N.P.P ....	9
Rys. 8. Wyniki symulacji w rejonie Torunia. ....	10
Rys. 9. Szczegóły kulminacji majowej w Toruniu. ....	10
Rys. 10. Wyniki symulacji w rejonie Tczewa. ....	11
Rys. 11. Szczegóły kulminacji w rejonie Tczewa. ....	11
Rys. 12. Schemat zwierciadła wody powyżej zapory dla wszystkich wariantów. ....	12
Rys. 13. Układ zwierciadła w przekroju Wisły bezpośrednio powyżej zapory Włocławek. ....	12
Rys. 14. Rzędne zwierciadła w profilu poniżej zapory dla wszystkich wariantów obliczeniowych oraz hydrogram obserwowany (linia fioletowa). Teoretyczne przyczyny różnic w hydrogramie transformowanym i obserwowanym. ....	13
Rys. 15. Porównanie wpływu trzech wariantów ze zbiornikiem Siarzewo oraz przy zbiorniku Włocławek pracującym według wariantu (WLOCLAWEK_NORMPP) – profil Toruń. ....	14
Rys. 16. Szczegóły kulminacji fali majowej w profilu Toruń. ....	15
Rys. 17. Porównanie wpływu trzech wariantów ze zbiornikiem Siarzewo oraz przy zbiorniku Włocławek pracującym według wariantu (WLOCLAWEK_NORMPP) – profil Tczew. ....	15
Rys. 18. Szczegóły kulminacji fali majowej w profilu Tczew. ....	16
Rys. 19. Rzędne hydrogramów dla trzech wariantów piętrzeń zbiornika w Siarzewie w porównaniu z brakiem nowego zbiornika (linia WLOCLAWEK NORMPP) oraz obserwowanymi rzędnymi w profilu Włocławek (linia kropkowana). ....	16
Rys. 20. Schemat układu zwierciadła wody dla czterech wariantów w momencie kulminacji na wodowskazu Włocławek. ....	17