

**Projekt**

z dnia 9 czerwca 2021 r.

Zatwierdzony przez .....

**UCHWAŁA NR .....  
RADY GMINY ZIELONKI**

z dnia ..... 2021 r.

**w sprawie przyjęcia Rezolucji dotyczącej planów budowy suchych  
zbiorników przeciwpowodziowych na terenie gminy Zielonki  
przewidywanych w ramach aktualizacji Planów Zarządzania Ryzykiem  
Powodziowym oraz przyjęcia alternatywnych rozwiązań inwestycyjnych  
w tym zakresie.**

Na podstawie art. 18 ust. 1 ustawy z dnia 8 marca 1990 roku o samorządzie gminnym (tekst jednolity Dz. U. z 2020 r. poz. 713 z późn. zm.) Rada Gminy Zielonki stanowi, co następuje:

**§ 1.** 1. W związku z trwającymi konsultacjami społecznymi aktualizacji Planów Zarządzania Ryzykiem Powodziowym (aPZRP), Rada Gminy Zielonki wyraża swój sprzeciw w zakresie zaplanowanej budowy suchych zbiorników przeciwpowodziowych na cieku Prądnik nr W\_GZW\_955 Pękowice, na cieku Garliczka nr W\_GZW\_950 Garlica Murowana i na cieku Sudół Dominikański nr W\_GZW\_954 Węgrzce o zasięgu i skali przewidywanej w aPZRP. Zaplanowane inwestycje są społecznie i ekonomicznie nie do przyjęcia. Rada Gminy Zielonki przyjmuje rezolucję, która stanowi załącznik nr 1 do niniejszej uchwały.

2. Przyjmuje alternatywne rozwiązania w zakresie budowy suchych zbiorników przeciwpowodziowych na terenie gminy Zielonki, które stanowią załącznik nr 2 i 3 do niniejszej uchwały.

**§ 2.** 1. Wykonanie uchwały powierza się Wójtowi Gminy Zielonki.

2. Zobowiązuje się Wójta Gminy Zielonki do przekazania uchwały:

- 1) Ministrowi Infrastruktury,
- 2) Prezesowi Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie,
- 3) Dyrektorowi Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie,
- 4) Dyrektorowi Zarządu Zlewni w Krakowie.

**§ 3.** Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia i podlega publikacji w Biuletynie Informacji Publicznej Gminy Zielonki.

Przewodniczący Rady  
Gminy Zielonki

**Mirosław Golanko**

**Rezolucja Rady Gminy Zielonki w sprawie wyrażenia sprzeciwu wobec planów budowy suchych zbiorników przeciwpowodziowych przewidzianych w ramach aktualizacji Planów Zarządzania Ryzykiem Powodziowym.**

W związku z trwającymi konsultacjami społecznymi aktualizacji Planów Zarządzania Ryzykiem Powodziowym (aPZRP), Rada Gminy Zielonki wyraża swój sprzeciw w zakresie zaplanowanej budowy suchych zbiorników przeciwpowodziowych na cieku Prądnik nr W\_GZW\_955 Pękowice, na cieku Garliczka nr W\_GZW\_950 Garlica Murowana i na cieku Sudół Dominikański nr W\_GZW\_954 Węgrzce o zasięgu i skali przewidywanej w aPZRP. Zaplanowane inwestycje są społecznie i ekonomicznie nie do przyjęcia, w obecnie proponowanej formie. Po zapoznaniu się z dokumentacją aktualizacji Planów Zarządzania Ryzykiem Powodziowym Rada Gminy Zielonki wnosi o zmianę założeń programowych w zakresie suchych zbiorników na terenie gminy, gdyż przyjęte parametry i ich lokalizacje są nie do przyjęcia. Zaplanowane zbiorniki są ekonomicznie i społecznie niezasadnionymi inwestycjami, należy zwrócić uwagę między innymi na:

1. Konieczność wyburzeń zabudowań mieszkalnych i usługowych (licząc ponad 100 obiektów), co wiąże się z bardzo wysokimi kosztami wykupu terenu. Ponadto pod zbiorniki zostaną zajęte tereny budowlane co również podnosi koszty wykupu tych terenów.
2. Kolizję zbiornika na cieku Prądnik z planowaną zachodnią obwodnicą Zielonek tzw. trasą Wolbromską, która ma znaczenie strategiczne nie tylko dla gminy Zielonki oraz z istniejącą drogą wojewódzką 794, a także linią wysokiego napięcia.
3. Nie ujęto w planach konieczności konserwacji cieków rzek polegających na bieżącej konserwacji, poszerzenia i pogłębienia obecnych koryt rzek oraz usunięcia przetamowań i wycinki drzew i krzewów zagrażających.
4. Kolizję zbiorników ze studniami wody pitnej na terenie gminy Zielonki i Wielka Wieś.
5. Kolizję z infrastrukturą techniczną tj. kanalizacją, wodociągami, sieciami gazowymi i sieciami teletechnicznymi.

Mając na uwadze interes społeczny mieszkańców gminy Zielonki, a także aspekt ekonomiczny Rada Gminy Zielonki wnioskuje o zmianę zaplanowanych inwestycji w aPZRP i przyjęcie alternatywnych rozwiązań przedłożonych przez gminę Zielonki tj. mniejszych zbiorników na cieku Prądnik połączonych kaskadowo, zlokalizowanych na terenach rolnych, natomiast na cieku Garliczka ograniczenie zbiornika tylko do terenów rolnych niezabudowanych, a na cieku Sudół Dominikański nieznaczne zmniejszenie terenu przeznaczanego pod zbiornik, celem umożliwienia gminie budowę Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych obszar ok. 35 arów. Przedstawione przez Gminę rozwiązania wskazują na liczne atuty przyjęcia zaproponowanych rozwiązań m. in. brak konieczności wykupu terenów budowlanych, brak obiektów kubaturowych do

wyburzeń, co pozwoli na uniknięcie konieczności wysiedleń ponad 300 osób oraz utraty miejsc pracy dla ponad 200 osób, ominięcie drogi wojewódzkiej oraz planowanej zachodniej obwodnicy Zielonek, brak kolizji z ujęciami wody oraz z sieciami. Stosunkowo niewielkie, suche zbiorniki będą wymagały znacznie mniejszej pod względem rozmiarów infrastruktury hydrotechnicznej, które można wykonać w formie np. wałów ziemnych porośniętych roślinnością, które tylko odcinkami będą elementami betonowymi, jednak znacznie niższymi niż te zaplanowane w aPZRP. Mniejsze wymiary poszczególnych obiektów ograniczą stopień trudności ich wykonania i niezbędnych nakładów finansowych oraz możliwość realizacji prac etapowo. Mniejsze gabaryty poszczególnych obiektów przeciwpowodziowych to mniejsze koszty ich realizacji. Związane z nimi prace i wydatki można rozplanować na wiele lat, jednocześnie każda ukończona inwestycja poprawi łączną efektywność systemu przeciwpowodziowego. Ponadto wg danych, które gmina pozyskała z IMGW przepływy wód w cieku Prądnik są znacznie mniejsze niż te przyjęte w aPZRP.

Należy podkreślić, że w aPZRP nie ujęto żadnych suchych zbiorników w górnych ciekach rzek za wyjątkiem jednego zbiornika zlokalizowanego w miejscowości Prądnik Korzkiewki takie rozwiązanie nie zapewnia ochrony przeciwpowodziowej w gminach Sułszowa, Skała i Wielka Wieś. Koniecznym jest budowa szeregu mniejszych rozproszonych zbiorników i obiektów retencyjnych na terenach powyżej gminy Zielonki. Zagrożenie powodziowe na terenie gminy Zielonki występuje najczęściej w wyniku intensywnych opadów deszczu na terenach gminy Sułszowa i Skała, wówczas po 3-4 godzinach woda z koryta występuje w Zielonkach. Obecnie coraz częściej zalewane są nieruchomości na terenie gminy, co niesie za sobą coraz większe zniszczenia, które są dotkliwe dla mieszkańców. Zabudowa wzdłuż koryta rzeki Garliczka i Prądnik to nie jest zabudowa nowa, są to zabudowania historyczne i wieloletnie występujące już za czasów zaboru austriackiego, co zostało podkreślone w wielu historycznych opracowaniach. Problem powodziowy pojawia się nie tylko w miejscowości Zielonki, ale również wzdłuż biegu rzeki w miejscowościach: Korzkiew, Januszowice, Pękowice, Trojanowice oraz w gminach Skała i Sułszowa. Skuteczne odprowadzenie nadmiaru wody wymaga już jej przechwycenia na całej długości rzeki, a nie tylko w jej dolnym biegu. Zlokalizowanie aż trzech zbiorników tylko w bezpośrednim sąsiedztwie miejscowości Zielonki nie rozwiąże problemu powodziowego wynikającego z kumulacji wód z całej długości cieku. Również poniżej gminy Zielonki przy granicy, na terenie miasta Kraków został utworzony użytek ekologiczny Dolina Prądnika, który obecnie jest mocno porośnięty, koryto rzeki od wielu lat pozostaje bez jakichkolwiek prac, nawet wiatrołomy są nieusuwane co powoduje systematyczne cofanie nadmiaru wód do centrum miejscowości Zielonki i poważne przetamowania. Ponadto zaproponowane rozwiązania w aPZRP oparte w swoich założeniach na obecnie istniejących parametrach cieków Prądnik, Garliczka, Korzkiewka, Sudół Dominikański tj. ich szerokości głębokości jest błędne i nieperspektywiczne. Kompleksowe konserwacje koryt są konieczne i pilne do wykonania celem zapobiegania notorycznym powodziom na terenie gminy Zielonki. Wobec powyższego Rada Gminy Zielonki wnioskuje do organów odpowiedzialnych za opracowanie i wdrożenie aktualizacji Planów Zarządzania Ryzykiem Powodziowym o zaniechanie procedowania zaplanowanych suchych zbiorników na terenie gminy Zielonki w zaplanowanych rozmiarach i parametrach, zastąpienie ich mniejszymi zbiornikami zaproponowanymi w

opracowaniu przedłożonym przez gminę i stanowiących załączniki do uchwały w sprawie niniejszej Rezolucji.

**Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania  
ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły”  
zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku  
w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce  
w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki**

Opracowali: mgr inż. Michał Malik  
Upewnienia do projektowania  
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej  
nr 466/2001

mgr inż. Mikołaj Olbrych  
Kwalifikacje do wykonywania  
dokumentacji hydrologicznych  
Świadectwo nr 41/2004

mgr inż. Dagmara Buniowska

mgr inż. Dominika Turska

Kraków, listopad 2020

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękwice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

*Strona 2*

## SPIS ZAWARTOŚCI

<b>1. WSTĘP .....</b>	<b>5</b>
1.1. Przedmiot i zakres opracowania .....	5
1.2. Materiały wyjściowe do analizy zlewni Prądnika i Garliczki .....	6
<b>2. OBLICZENIA HYDROLOGICZNE .....</b>	<b>8</b>
2.1. Charakterystyka hydrograficzna.....	9
2.2. Model transformacji opadu.....	11
2.2.1. Przygotowanie danych wejściowych do modelu opad – odpływ. ....	12
2.2.2. Obliczenia – model zintegrowany opad-odpływ oraz model hydrauliczny HEC-HMS .....	32
2.2.3. Obliczenie przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla rzeki Prądnik w miejscowości Pękowice – IMGW .....	41
<b>3. KONCEPCJA ROZWIĄZAŃ ORAZ LOKALIZACJI ZBIORNIKA/KASKADY     ZBIORNIKÓW .....</b>	<b>42</b>
3.1. Warianty budowy zbiorników .....	43
3.1.1. WARIANT 1 - 2 zbiorniki retencyjno – przeciwpowodziowe w układzie kaskadowym na Prądniku.....	46
3.1.2. WARIANT 2 - 2 zbiorniki retencyjno – przeciwpowodziowe w układzie kaskadowym na Prądniku.....	47
3.1.3. WARIANT 3 - 2 zbiorniki retencyjno – przeciwpowodziowe w układzie kaskadowym na Prądniku.....	48
3.1.4. Garliczka – 1 zbiornik retencyjno - przeciwpowodziowy .....	49
3.1.5. Widoki 3D.....	50
3.2. Parametry zbiorników i zapór.....	64
3.2.1. Prądnik – ZBIORNIK 1.....	64
3.2.2. Prądnik – ZBIORNIK 2.....	65
3.2.3. Garliczka – ZBIORNIK 3.....	66
3.3. Krzywe pojemności oraz parametry zbiorników .....	67
3.3.1. Prądnik – krzywa pojemności - ZBIORNIK 1 .....	67
3.3.2. Prądnik – krzywa pojemności - ZBIORNIK 2 .....	73
3.3.3. Garliczka – krzywa pojemności - ZBIORNIK 3 .....	75
<b>4. OBLICZENIA HYDRAULICZNE – SYMULACJE PRACY ZBIORNIKÓW .....</b>	<b>77</b>
4.1. Redukcja kulminacji fal .....	77
4.2. Podsumowanie redukcji przepływu dla wszystkich scenariuszy .....	80
4.3. Redukcja zagrożenia powodziowego .....	81
<b>5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....</b>	<b>86</b>

## ZAŁĄCZNIKI

Zał. 1. Obliczenie przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla rzeki Prądnik w miejscowości Pękowice. IMGW 11.2020.

Zał. 2. Szacunkowe koszty realizacji obiektów.

## SPIS RYSUNKÓW

Rys. 1. Plan orientacyjny.

Rys. 2.1. Plan sytuacyjny. Zbiornik 1 i 2. Prądnik. Wariant 1.

Rys. 2.2. Plan sytuacyjny. Zbiornik 1 i 2. Prądnik. Wariant 2.

Rys. 2.3. Plan sytuacyjny. Zbiornik 1 i 2. Prądnik. Wariant 3.

Rys. 2.4. Plan sytuacyjny. Zbiornik 3. Garliczka.

Rys. 3.1. Profil podłużny. Zbiornik 1 i 2. Prądnik.

Rys. 3.2. Profil podłużny. Zbiornik 3. Garliczka.

Rys. 4.1. Profil. Zapora 1. Prądnik.

Rys. 4.2. Profil. Zapora 2. Prądnik.

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*



Rys. 4.3. Profil. Mur oporowy. Prądnik. Wariant 2.

Rys. 4.4. Profil. Zapora 3. Garliczka.

Rys. 5.1. Przekroje poprzeczne. Zbiornik 1. Prądnik. Arkusz I. Wariant 1.

Rys. 5.2. Przekroje poprzeczne. Zbiornik 1. Prądnik. Arkusz II. Wariant 1.

Rys. 5.3. Przekroje poprzeczne. Zbiornik 2. Prądnik.

Rys. 5.4. Przekroje poprzeczne. Zbiornik 3. Garliczka. Arkusz I.

Rys. 5.5. Przekroje poprzeczne. Zbiornik 3. Garliczka. Arkusz II.

## 1. WSTĘP

Niniejsze opracowanie pn.: *Wariantowa analiza wskazanych w „Planie Zarządzania Ryzykiem Powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki* powstało z uwagi na zgłoszoną przez Zamawiającego konieczność przeprowadzenia analiz wariantowych przedstawionych w PZRP rozwiązań technicznych, służących zwiększeniu retencji wody oraz zabezpieczeniu przeciwpowodziowemu w dolinie Prądnika i Garliczki. Niniejsze opracowanie zawiera szczegółowe analizy hydrologiczną i hydrauliczną.

### 1.1. Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem zamówienia, zgodnie z Umową jest wykonanie zadania pn.: *Wariantowa analiza wskazanych w „Planie Zarządzania Ryzykiem Powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki w zakresie:*

- opracowanie alternatywnych wariantów ukształtowania czaszy zbiorników (modelowanie Numerycznego Modelu Terenu 3D),
- określenie pracy zbiorników w analizowanych wariantach z wykorzystaniem modeli hydraulicznych 2D, bazujących na przygotowanych wariantach NMT,
- analiza stopnia ochrony przeciwpowodziowej w analizowanych wariantach,
- opracowanie wniosków i zaleceń.

Dodatkowo, w trakcie wykonywania ww. prac wspólnie z Zamawiającym zdecydowano poszerzyć zakres opracowania o rozszerzoną analizę hydrologiczną, obejmującą zarówno zamówienie Obliczeń przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla rzeki Prądnik w miejscowości Pękowice w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej, jak i opracowanie modeli hydrologicznych, uwzględniających opady o różnym czasie trwania. Konieczność ta wynika z jednej strony faktu przyjęcia w PZRP wielkości przepływów o wartościach znacznie przewyższających te, które wynikają z analiz IMGW dla Prądnika, a z drugiej z przyjęcia w ramach PZRP jako miarodajnego opadu o tylko jednym czasie trwania 1 doby, co dla zlewni Prądnika i Garliczki wymaga weryfikacji (z uwagi na obserwowane szybkie powodzie, powodowane opadami o czasie trwania kilkugodzinnym i krótszym).

Opracowanie obejmuje koncepcję lokalizacji 2 zbiorników (kaskady zbiorników) na Prądniku oraz 1 zbiornika na Garliczce z uwzględnieniem kształtowania czaszy zbiorników w obu przypadkach.

Opracowanie zawiera:

- Pozyskanie danych wyjściowych niezbędnych do analizy zlewni Prądnika i Garliczki:
  - o dane IMGW - *Obliczenie przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla rzeki Prądnik w miejscowości Pękowice,*
  - o rozpoznanie budowy geologicznej, pokrycia zlewni rodzajami gleb,
  - o dane geodezyjne (numeryczny model terenu, ortofotomapa),
  - o dane o zagospodarowaniu zlewni,
- Wykonanie modelowych obliczeń hydrologiczno-hydraulicznych oraz wyznaczenie stref zagrożenia powodziowego dla określonego prawdopodobieństwa: 1% i 10% dla terenów położonych bezpośrednio poniżej zapory,
- Koncepcję rozwiązań oraz lokalizacji zbiornika/kaskady zbiorników na Prądniku i Garliczce, w odniesieniu do rozwiązań zaproponowanych w PZRP
- Wnioski.
- Część rysunkową:
  - o Plan orientacyjny,
  - o Plany sytuacyjne rozwiązań optymalnych,
  - o Profile podłużne i poprzeczne wzdłuż wykopów,
  - o Profile wzdłuż zapór i muru oporowego.

## 1.2. Materiały wyjściowe do analizy zlewni Prądnika i Garliczki

- Obliczenie przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla rzeki Prądnik w miejscowości Pękowice. IMGW 11.2020.
- Numeryczny Model Terenu.
- Plan Zarządzania Ryzykiem Powodziowym w dorzeczu Wisły, KZGW,
- Wielowariantowy program inwestycyjny wraz z opracowaniem strategicznej oceny oddziaływania na środowisko dla cieków Aglomeracji Krakowskiej z wyłączeniem rzeki Wisły, Arcadis,
- Materiały własne.
- Ustawa Prawo Wodne
- Mapa topograficzna Polski w skali 1:25000, 1:10 000,
- Mapa hydrograficzna w skali 1:50000,

---

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

- Atlas podziału Hydrograficznego Polski,
- BDOT (Baza Danych o Terenie)
- HEC-HMS User's Manual,
- HEC-RAS User's Manual,

---

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

## 2. OBLICZENIA HYDROLOGICZNE

W związku z faktem, że zlewnia Prądnika jest zlewnią obecnie niekontrolowaną, o nietypowym, krasowym charakterze, odbiegającym charakterem od sąsiednich zlewni, przeprowadzanie obliczeń przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia metodami empirycznymi jest obarczone dużą niepewnością. Do roku 1999 w Krakowie funkcjonował wodowskaz, z którego dane, jako cenny materiał informacyjny powinny być brane pod uwagę przy ocenie wielkości przepływów kulminacyjnych.

Wartości przepływów kulminacyjnych, przyjęte do analiz prowadzonych w ramach opracowania *Wielowariantowego programu inwestycyjnego wraz z opracowaniem strategicznej oceny oddziaływania na środowisko dla cieków Aglomeracji Krakowskiej z wyłączeniem rzeki Wisły* określono na podstawie opracowanego modelu hydrologicznego typu „opad-odpływ”, w którym określono falę o kulminacji na poziomie przepływu „wody stuletniej”. Wejściem do modelu był opad dobowy o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p=1\%$ . Z uwagi na fakt, że obserwowane, historyczne powodzie w Zielonkach są zwykle efektem deszczów o krótszym czasie trwania, w ramach niniejszego opracowania, a również w celu określenia przepływów maksymalnych o innych poziomach prawdopodobieństwa zachodzi konieczność wykonania rozszerzonych analiz hydrologicznych.

Przedmiotem tych obliczeń hydrologicznych i hydraulicznych jest analiza warunków, panujących w zlewniach i korytach Prądnika i Garliczki.

W ramach obliczeń hydrologicznych i hydraulicznych wykonano zatem szereg odpowiednich analiz.

- wykonanie modelu całości hydrologicznego zlewni w celach modelowania opadu w odpływ i określenia przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w dowolnym przekroju, dla kilku scenariuszy opadowych,
- wykonanie modelu hydraulicznego koryta i doliny zlewni (stan aktualny) w celach modelowania hydraulicznego przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia i określenia zagrożenia powodziowego,
- optymalizacja lokalizacji ewentualnych lokalizacji zbiorników retencyjnych (określenie możliwej i wymaganej pojemności retencyjnej, określenie stopnia redukcji przepływów powodziowych),
- optymalizacja pracy zaproponowanych zbiorników retencyjnych,
- analizy skuteczności działania zaproponowanych rozwiązań,

---

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękówice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

- odniesienie się do planowanych inwestycji w obszarze zbiorników,
- - odniesienie się do wartości przepływów, obliczonych w ramach wcześniejszych opracowań oraz opracowania IMGW.

## 2.1. Charakterystyka hydrograficzna

### PRĄDNIK

Prądnik (w dolnym biegu na obszarze Krakowa pod nazwą Białucha) – rzeka w województwie małopolskim, na Wyżynie Krakowsko - Częstochowskiej, lewy dopływ Wisły. Źródła znajdują się we wsi Sułoszowa na Wyżynie Olkuskiej. W górnym biegu płynie głębokim wąwozem (Dolina Prądnika na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego). Rzeka uchodzi do Wisły w Krakowie w okolicach Dąbia. Największymi dopływami rzeki Prądnik są: Dopływ ze Skały, Sąspówka, Korzkiewka i Garliczka.

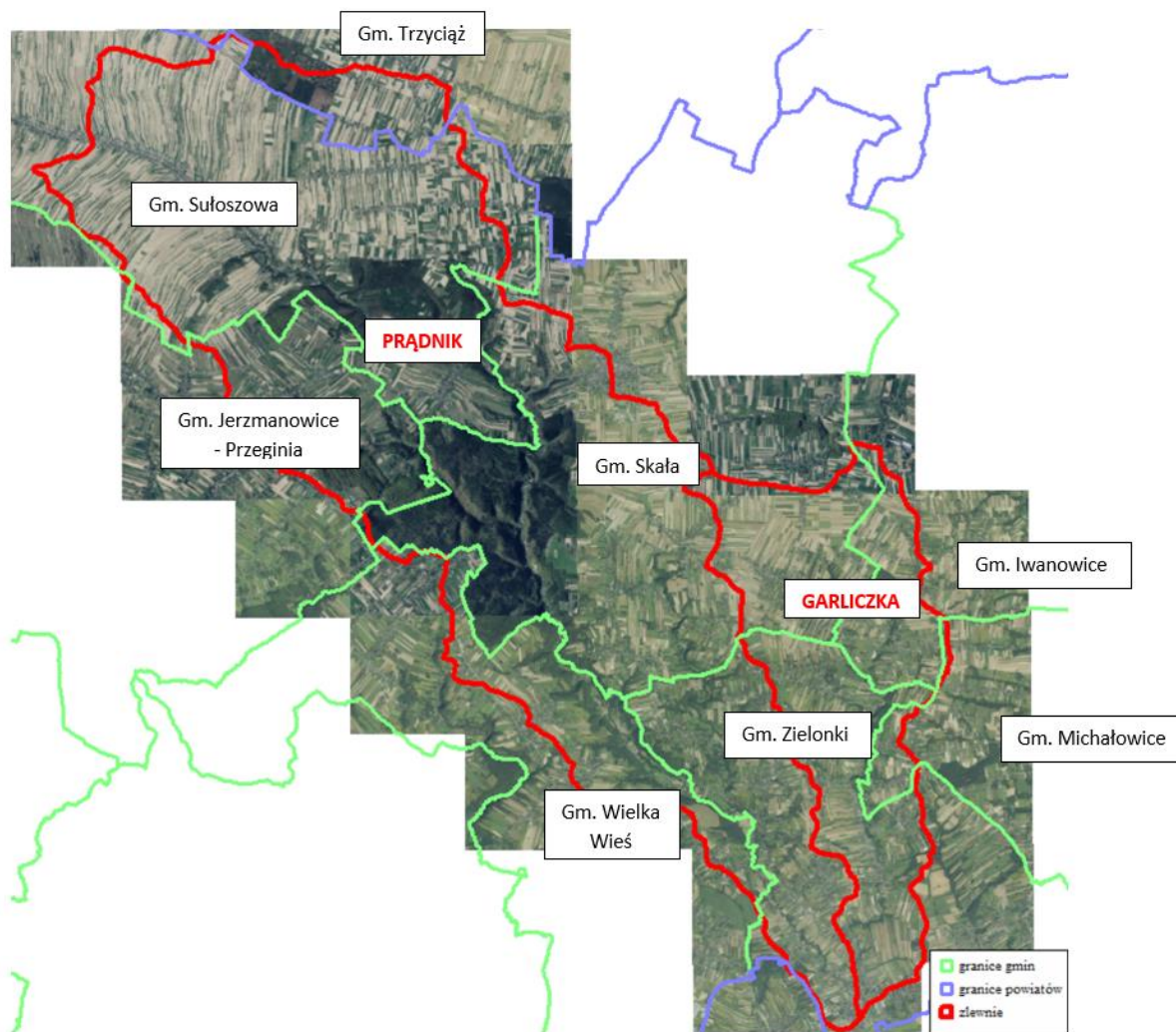
Nad Prądnikiem usytuowane są miejscowości: Sułoszowa, Pieskowa Skała, Ojców, Prądnik, Korzkiewski, Giebułtów, Januszowice, Pękowice i Zielonki oraz dzielnice Krakowa: Prądnik Biały, Prądnik Czerwony, Stare Miasto i Grzegórzki.

Zlewnia Prądnika do analizowanego przekroju (ok 10+439 km rzeki, zgodnie z Mapą Podziału Hydrograficznego Polski) ma powierzchnię 135.65 km<sup>2</sup>.

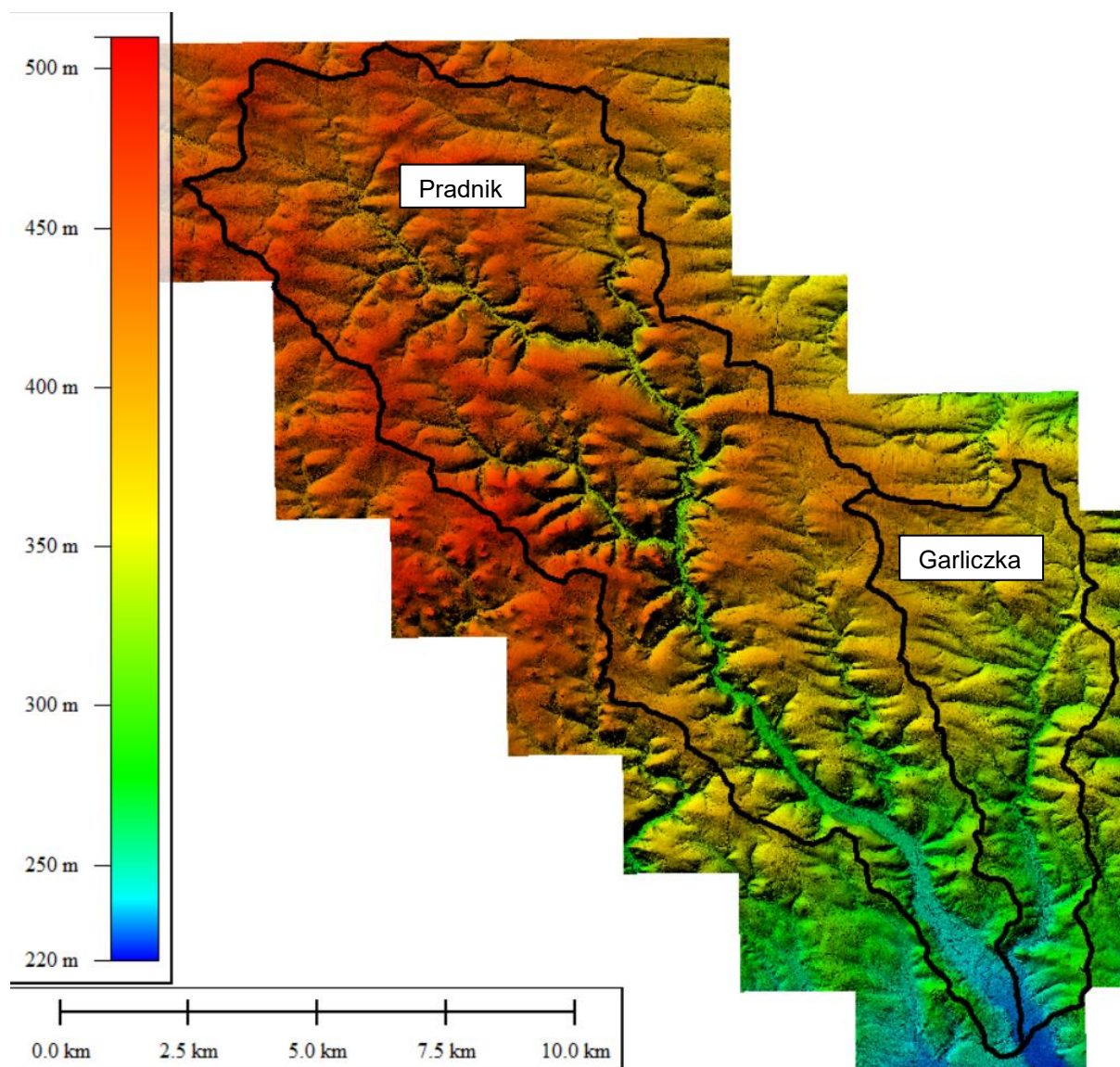
### GARLICZKA

Garliczka to lewy dopływ Prądnika o długości około 7.85 km i powierzchni zlewni 27.823 km<sup>2</sup>. Potok uchodzi do Prądnika w centrum Zielonek.

Na Rys. 1 przedstawiono zlewnię Garliczki i Prądnika na tle granic podziału administracyjnego (powiat krakowski - gmina: Sułoszowa, Jerzmanowice – Przegonia, Skała, Iwanowice, Zielonki, Michałowice, Wielka Wieś; powiat olkuski – gmina: Trzyciąż).



Rys.1 Zlewnia Garliczki i Prądnika do analizowanych przekrojów na tle ortofotomapy. Podział administracyjny (powiat krakowski - gmina: Sułoszowa, Jerzmanowice – Przegonia, Skąła, Iwanowice, Zielonki, Michałowice, Wielka Wieś; powiat olkuski – gmina: Trzyciąż).



Rys.2 Zlewnia Garliczki i Prądnika do analizowanych przekrojów na tle numerycznego modelu terenu.

## 2.2. Model transformacji opadu

Obliczenia w analizowanych zlewniach niekontrolowanych dokonano z wykorzystaniem modeli matematycznych typu opad-odpływ. Problem symulacji hydrogramu odpływu powierzchniowego (stworzenie hydrogramu hipotetycznego) rozwiązano metodą hydrogramu jednostkowego.

W tym celu skorzystano z oprogramowania HEC-HMS opracowanego przez Korpus Inżynierów Armii Amerykańskiej.

Przy opracowaniu danych wejściowych do modelu kierowano się następującymi zasadami:



- w obliczeniach przyjęto założenie o równości prawdopodobieństwa wystąpienia opadu i wywołanego nim wezbrania (w ramach przyjętego przedziału czasowego),
- do obliczeń przyjęto opad o prawdopodobieństwie wystąpienia 1% i 10% o czasie trwania 3h, 6h, 12h i 24h,
- rozkład wysokości opadu 24 godzinnego w czasie (hietogramy hipotetyczne) dokonano wykorzystując metodę zaproponowaną przez DVWK. Zgodnie z podanymi tam zasadami przez pierwsze 30% czasu trwania opadu wystąpi 20% jego wysokości. Po czasie równym połowie trwania opadu pojawi się 70%, a pozostałe 30% całkowitego opadu wystąpi w drugiej połowie czasu trwania zjawiska [DVWK 1985]. Dla deszczy o krótszym czasie trwania przyjęto stały rozkład w czasie.

Dla celów modelowania transformacji opadu całkowitego w opad efektywny wybrano szeroko stosowaną na świecie metodę SCS. Opadem efektywnym nazywamy tę część średniego opadu całkowitego, która poprzez spływ powierzchniowy kształtuje hydrogram odpływu powierzchniowego. Wysokość opadu efektywnego obliczono na podstawie pokrycia gleb i zagospodarowania terenu w zlewni modelem o parametrach rozłożonych, odejmując od opadu całkowitego wysokość intercepcji, infiltracji i lokalną retencję powierzchniową.

### 2.2.1. Przygotowanie danych wejściowych do modelu opad – odpływ.

#### **GLEBY**

– Dane wejściowe do modelu tj. opad efektywny określono metodą SCS-CN, z uwzględnieniem wpływu zagospodarowania terenu, rodzaju gleb, charakteru pokrywy roślinnej oraz stanu uwilgotnienia zlewni - do obliczeń przyjęto I i II stopnia uwilgotnienia gruntu (AMC I i AMC II). W przypadku długiego opadu dobowego jako odpowiedni przyjęto stopień uwilgotnienia gruntu jako stopień I, w przypadku opadów kilkugodzinnych przyjęto stopień II:

- AMC I – najmniejsza możliwość wystąpienia odpływu powierzchniowego. Brak opadów w dobach poprzednich,
- AMC II – warunki przeciętne, stan zalecany do określania przepływów miarodajnych do projektowania obiektów hydrotechnicznych i projektowania stref zagrożenia powodziowego,

- AMC III – największa możliwość wystąpienia odpływu powierzchniowego, ziemia nasycona wodą z poprzednich opadów.
- Identyfikację rodzaju gleb przeprowadzono w oparciu o mapę glebowo - rolniczą w skali referencyjnej 1:50 000 opracowaną w Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Bazując na typach gleb zawartych w przedmiotowej mapie dokonano ich agregacji, a następnie przypisano je do jednej z 4 grup (A, B, C, D) wymaganych przez metodę SCS-CN:
- A - Gleby charakteryzujące się dobrą przepuszczalnością i dużymi współczynnikami filtracji; do których zaliczamy głębokie piaski, piaski z niewielką domieszką gliny, żwiry, głębokie lessy.
  - B - Gleby o przepuszczalności powyżej średniej i średnim współczynniku filtracji. Należą do nich gleby piaszczyste średnio głębokie, płytkie lessy oraz ropy piaszczyste
  - C - Gleby o przepuszczalności poniżej średniej jak gleby uwarstwione z wkładkami słabo przepuszczalnymi, ropy gliniaste, płytkie ropy piaszczyste, gleby o niskiej zawartości części organicznych, gliny o dużej zawartości części ilastych
  - D - Gleby o bardzo niskiej przepuszczalności i małym współczynniku filtracji. Są to gleby gliniaste, gliny pylaste, gliny zasolone, gliny uwarstwione z wkładkami nieprzepuszczalnymi.

Tab. 1 Przyporządkowanie rodzaju gleb do grupy glebowej

Symbol gleby	Rodzaj/gatunek gleby lub typ gleby	Grupa gleb (NRCS)
żp <sup>1)</sup>	żwiry piaszczyste	A
żg <sup>1)</sup>	żwiry gliniaste	A
pl <sup>1)</sup>	piaski luźne	A
ps <sup>1)</sup>	piaski słabo gliniaste	B
pgl <sup>1)</sup>	piaski gliniaste lekkie	B
pgm <sup>1)</sup>	piaski gliniaste mocne	B
pgmp <sup>1)</sup>	piaski gliniaste mocne pylaste	B
gl <sup>1)</sup>	gliny lekkie	C
glp <sup>1)</sup>	gliny lekkie pylaste	C
gs <sup>1)</sup>	gliny średnie	D

Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pętkowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki

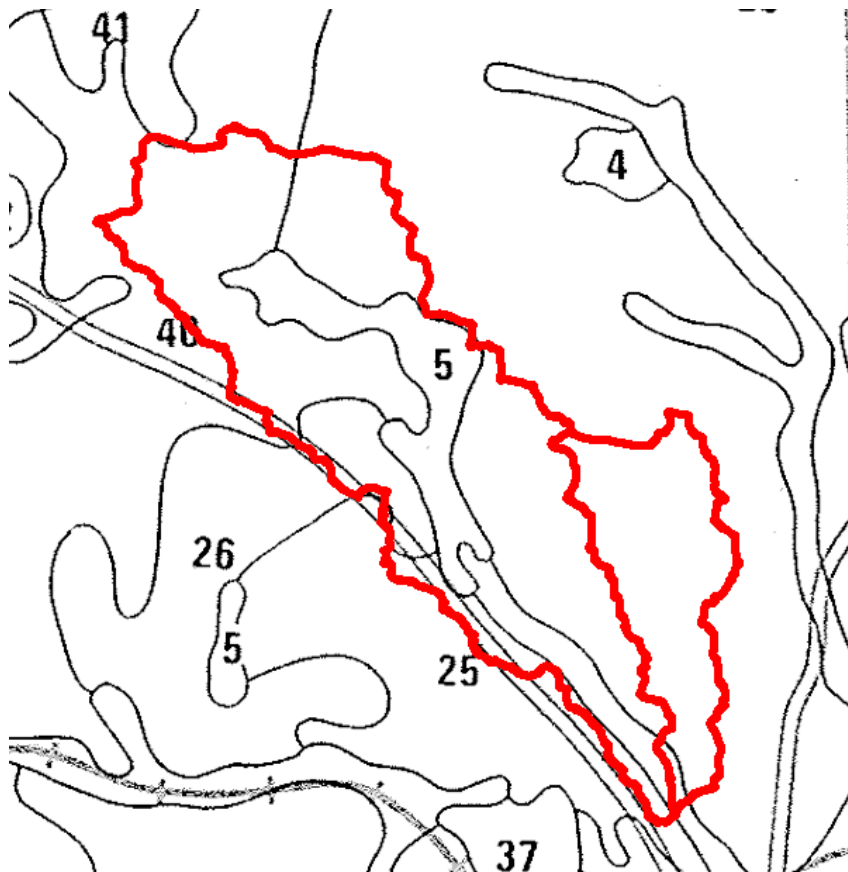
gsp <sup>1)</sup>	gliny średnie pylaste	D
gc <sup>1)</sup>	gliny ciężkie	D
gcp <sup>1)</sup>	gliny ciężkie pylaste	D
i <sup>1)</sup>	iłły zwykłe	D
ip <sup>1)</sup>	iłły pylaste	C
płz <sup>1)</sup>	pyły zwykłe	B
płi <sup>1)</sup>	pyły ilaste	C
ls <sup>2)</sup>	lessy zwykłe	B
li <sup>2)</sup>	lessy ilaste	C
bl <sup>2)</sup>	Rędziny bardzo lekkie/mady bardzo lekkie	A
l <sup>2)</sup>	rędziny lekkie/mady lekkie	B
s <sup>2)</sup>	rędziny średnie/mady średnie	B
c <sup>2)</sup>	rędziny ciężkie/mady ciężkie	C

<sup>1)</sup> Oznaczenia pochodzące z mapy glebowo - rolniczej w skali referencyjnej 1:100 000 oraz 1:500 000 opracowane w Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

<sup>2)</sup> Oznaczenia pochodzące z Polskiej Mapy Gleb w skali 1:500 000 opracowanej pod redakcją B. Dobrzański (przewodniczący) i in (1972 r.).

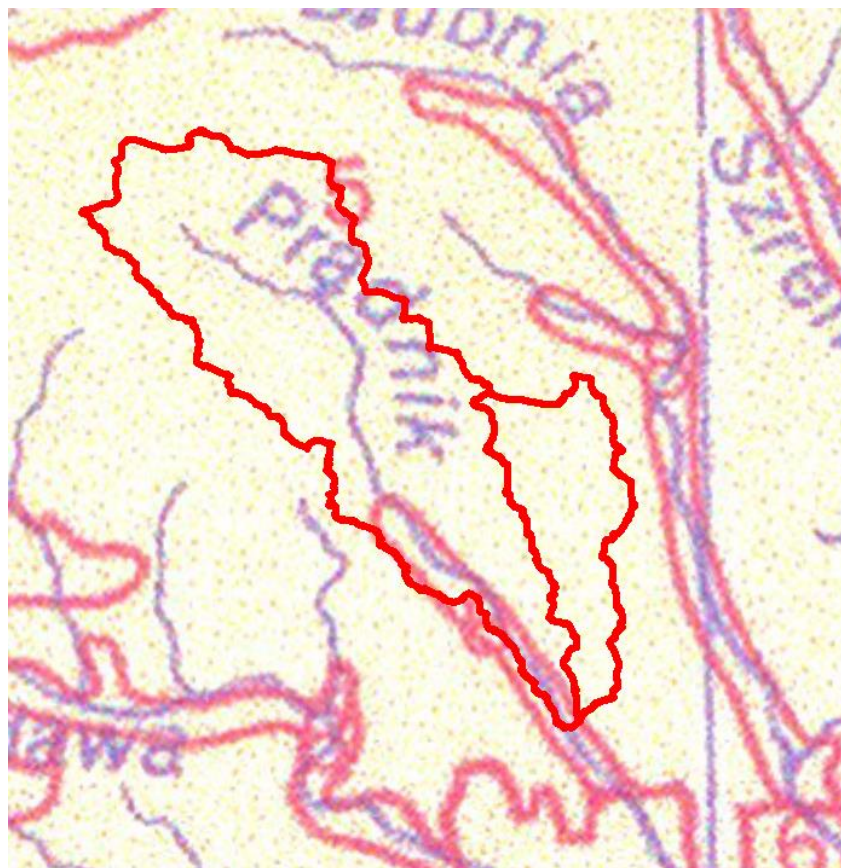
Przy identyfikacji klasy glebowej skorzystano dodatkowo z podziału gleb opracowanego przez Ignara [1988], który umożliwia bezpośrednie stosowanie metody SCS w warunkach polskich.

Na analizowanym terenie występują gleby gliniaste, ilaste oraz rędziny. Poniżej na rysunku przedstawiono podział na rodzaje gleb w zlewni oraz przyjęty uproszczony schemat z podziałem na gleby **B i C**.



Rys.3 Zlewnia Garliczki i Prądnika do analizowanych przekrojów  
na tle mapy glebowej 1:50 000

5	Rędziny z utworów jurajskich i triasowych
9	Mady pyłowe, gliniaste i ilaste
25	<b>GLEBY WYTWORZONE Z LESSÓW</b>
26	<b>GLEBY WYTWORZONE Z UTWORÓW LESSOWATYCH</b>
40	<b>GLEBY WYTWORZONE Z LESSÓW</b>



Rys.4 Zlewnia Garliczki i Prądnika do analizowanych przekrojów na tle mapy glebowej 1:100 000

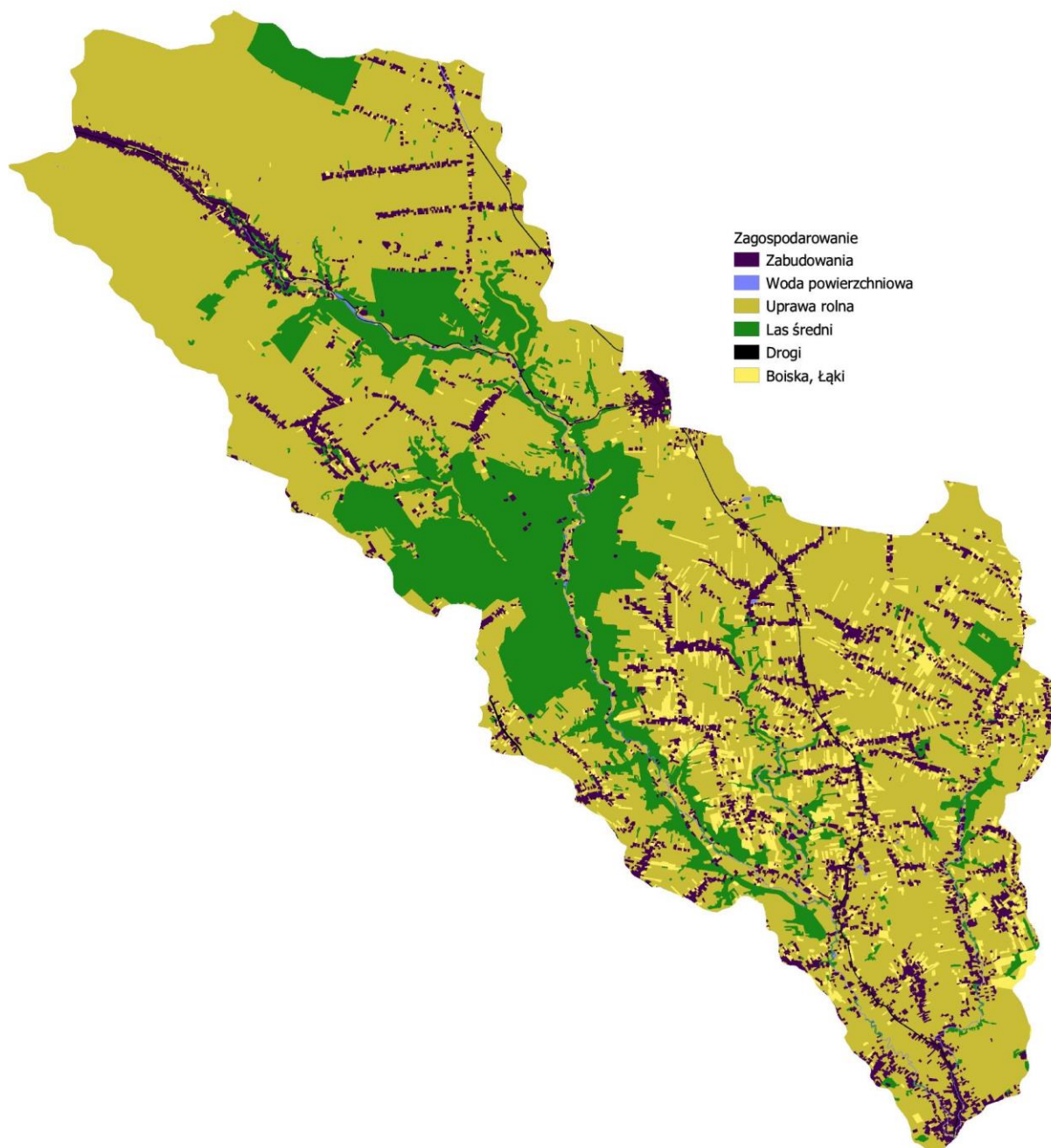
5	$\varphi = 0,55$ Lessy i pyły
6	$\varphi = 0,88$ Gliny i ily



Rys.5 Rodzaj gleb w zlewni Prądnika i Garliczki

### **Szacowanie parametru CN**

Klasy zagospodarowania terenu, użyte dla celów modelowania hydraulicznego opracowano w oparciu o bazę danych BDOT (wykonanej na bazie danych wektorowych), o bardzo dużym stopniu szczegółowości, zweryfikowaną dodatkowo przez wykonaną analizę aktualnej ortofotomapy.



Rys.6 Zagospodarowanie terenu w zlewni Prądnika i Garliczki

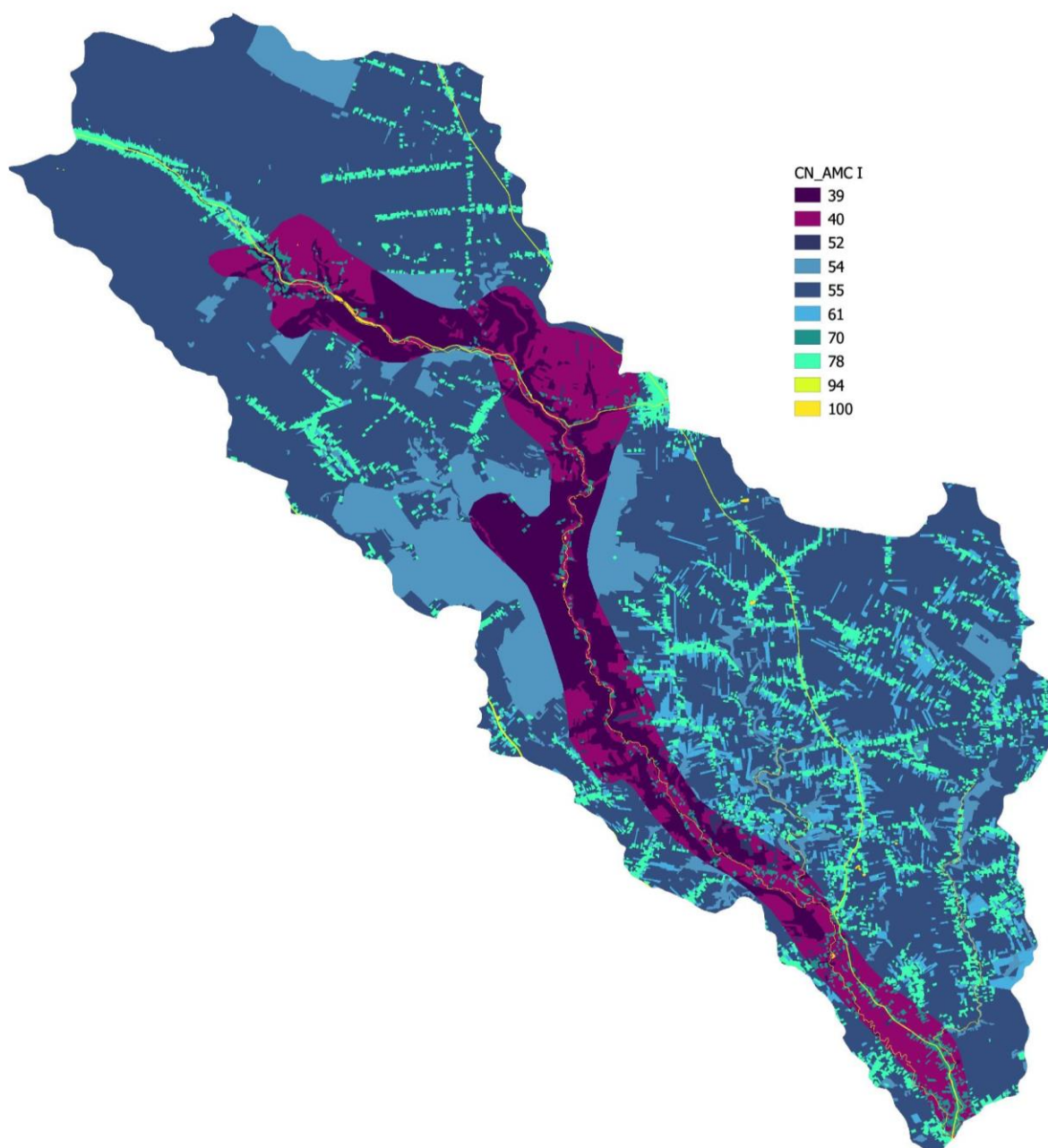
Na podstawie grupy glebowej oraz klasy zagospodarowania terenu wyznaczono parametr CN. Parametr ten przyjmuje wartości od 0 do 100, przy czym CN = 100 oznacza stan pełnego uwilgotnienia zlewni, a zatem w takim przypadku opad efektywny jest równy opadowi całkowitemu.

Tab. 2. Wartości parametru CN w zależności od klasy użytkowania terenu i grupy glebowej

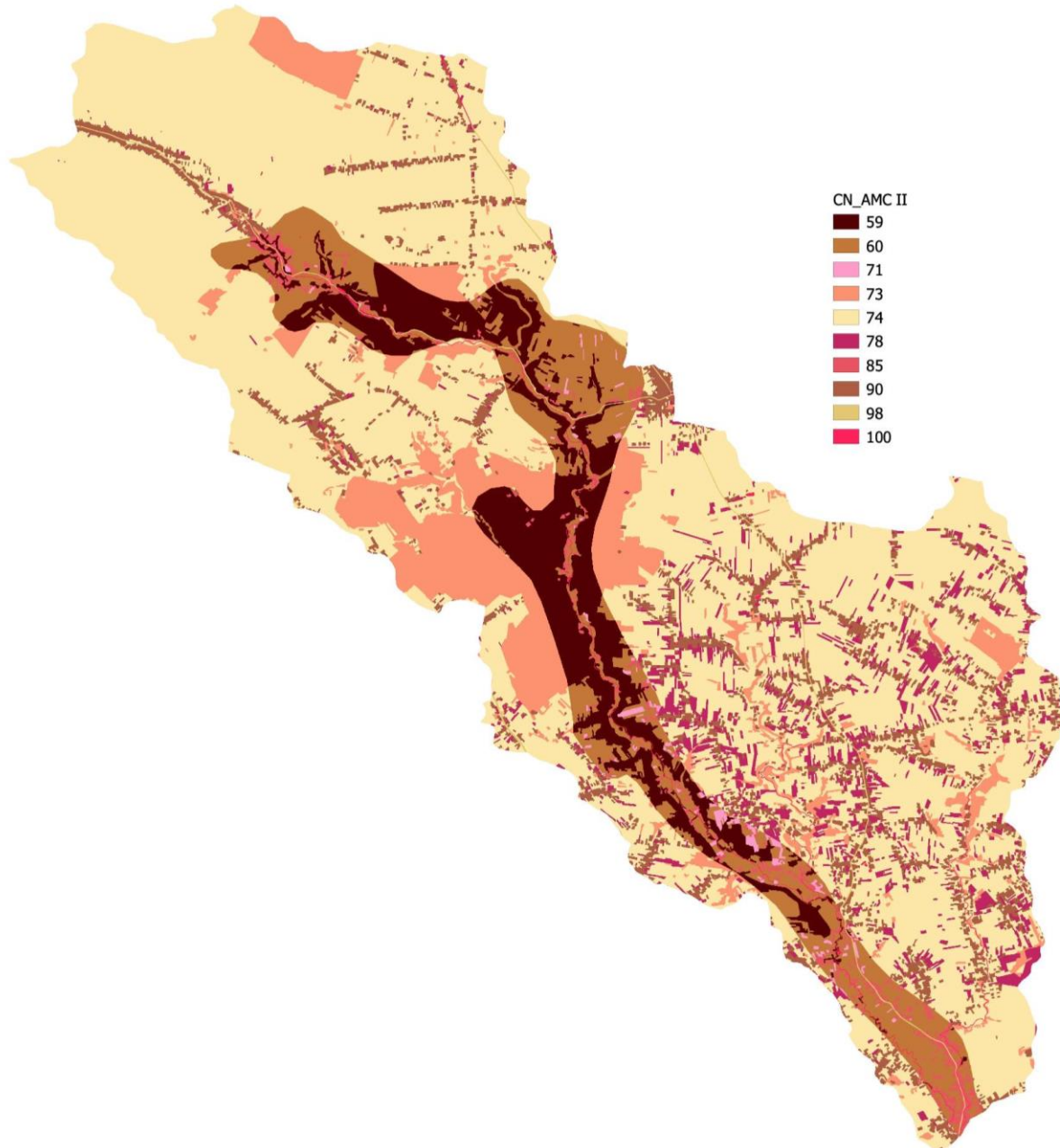
Rodzaj zagospodarowania	AMC I		AMC II	
	Gleba B	Gleba C	Gleba B	Gleba C
Zabudowania	70	78	85	90
Woda powierzchniowa	100	100	100	100
Grunty rolne	40	55	60	74
Las średni	39	54	59	73
Drogi	94	94	98	98
Boiska, łąki	52	61	71	78

Każdemu rodzajowi określonego pokrycia-zagospodarowania powierzchni zlewni, w zależności od rodzaju gleby przypisano wartość SCS-CN. Do celów modelowania hydrologicznego wartość CN przyjmowano jako średnią arytmetyczną. Obliczenia wykonano przy pomocy narzędzi GIS, wykonując analizy strefowe średniej wartości współczynnika CN dla każdego obszaru zlewni.





Rys.7 Wartość CN w zlewni Prądnika i Garliczki (wskaźnik uwilgotnienia - AMC I)



Rys.8 Wartość CN w zlewni Prądnika i Garliczki (wskaźnik uwilgotnienia - AMC II)

Dla każdej podzlewni określono średnią wartość parametru CN.

$$CN = CN_{sr} = \frac{CN_r \cdot A_r}{A}$$

gdzie:

$CN_{sr}$  - średnia wartość parametru CN,

$CN_r$  - wartość parametru CN,

$A_r$  - powierzchnia jednostki zadaniowej w  $km^2$ ,

$A$  - całkowita powierzchnia zlewni w  $km^2$ .

Obliczenia wykonano przy pomocy narzędzi GIS, wykonując analizy strefowe średniej wartości współczynnika CN dla każdego obszaru analizy.

W kolejnym kroku wyznaczono potencjalną retencję zlewni oraz wysokość strat początkowych, a następnie natężenie opadu efektywnego, według wzorów zamieszczonych poniżej:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

gdzie:

S - maksymalna retencja zlewni [mm]

CN – parametr modelu

Opad efektywny  $H_t$  po czasie  $t = i \Delta t$  (gdzie  $\Delta t$  jest przyjętym przedziałem czasowym, a  $i$  jest liczbą przedziałów) obliczamy ze wzoru:

$$\begin{cases} H_t = \sum_{j=1}^i \Delta H_j = 0 & \text{gdyn } (P_t - 0.2S) \leq 0 \\ H_t = \sum_{j=1}^i \Delta H_j = \frac{(P_t - 0.2S)^2}{P_t + 0.8S} & \text{gdyn } (P_t - 0.2S) > 0 \end{cases}$$

gdzie:

$H_t$  - wysokość średniego w zlewni opadu efektywnego w przedziale czasu (0, t) w mm,

$P_t$  - wysokość opadu średniego w zlewni w przedziale czasu (0, t), w mm,

$\Delta H_j$  - wysokość opadu efektywnego w przedziale  $\Delta t$  w mm,

Z podanych zależności obliczono wartość parametru CN zależną od rodzaju gleb i użytkowania powierzchni z tablic opracowanych przez SCS.

Określenie retencji S odbywa się automatycznie w ramach modelu HMS.

Dla określenia czasu opóźnienia dla każdej podzlewni posłużono się formułą SCS:

$$T_{lag} = \frac{(L * 3,28 * 10^3)^{0,8} * \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}}{1900 * \sqrt{I}}$$

gdzie:

$T_{lag}$  - czas opóźnienia [h]

L – maksymalna długość drogi spływu [km]

I - średni spadek zlewni [%]

CN - parametr zależny od klasy glebowej, pokrycia terenu i warunków hydrologicznych [-]

3,28 - przelicznik [1 metr = 3,28083989501 stopy]

Długości zlewni określono przy pomocy narzędzi GIS, wykonując analizy najdłuższej drogi spływu w każdym obszarze (oczko siatki analizowanego modelu terenu – 1 m).

Dla określenia hydrogramów odpływu z poszczególnych zlewni wykorzystano oprogramowanie opracowane przez Ośrodek Inżynierii Hydrologicznej Korpusu Inżynierskiego Armii Stanów Zjednoczonych - HEC-HMS 4.6.1

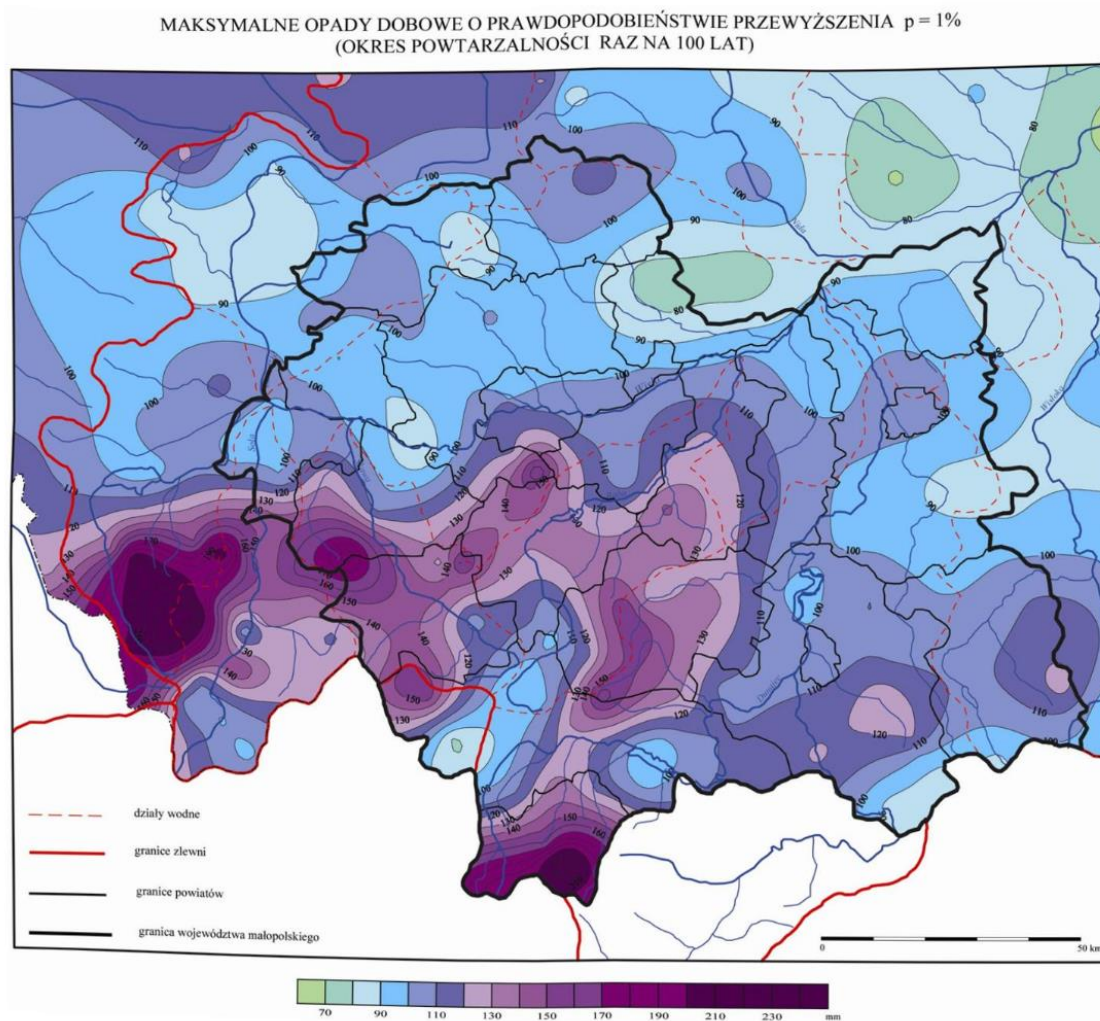
Poszczególne parametry niezbędne do wykonania obliczeń przedstawiają poniższe tabele:

Tabela 3. Parametry podzlewni

Nazwa zlewni MPHP	Powierzchnia zlewni [km <sup>2</sup> ]	średni spadek zlewni [%]	Max długość drogi pływu [km]	AMC I			AMC II		
				Średni CN [-] AMC I	Tłag [min]	Prędkość [m/s]	Średni CN [-] AMC II	Tłag [min]	Prędkość [m/s]
Prądnik do dopływu ze Skały	44.661	10.80	12.071	53.79	222.9	0.90	72.46	137.3	1.47
Dopływ ze Skały	2.622	12.57	2.498	48.59	66.9	0.62	67.02	41.8	1.00
Prądnik od dopływu ze Skały do Saspówki	5.975	19.10	3.327	48.87	67.7	0.82	68.03	41.5	1.34
Saspówka	13.374	16.63	7.252	55.17	115.4	1.05	73.74	71.0	1.70
Prądnik od Saspówki do Korzkiewki	16.671	17.85	8.899	51.03	145.7	1.02	69.66	90.3	1.64
Korzkiewka	16.198	10.55	11.73	58.46	195.9	1.00	76.29	121.7	1.61
Białucha od Korzkiewki do Garliczki	8.325	11.20	6.486	55.05	129.0	0.84	72.86	81.1	1.33
Garliczka	27.823	10.31	14.602	58.17	237.9	1.02	76.11	147.5	1.65

## **OPADY**

Maksymalny opad dobowy wyznaczono na podstawie publikowanej mapy opadów maksymalnych o prawdopodobieństwie przewyższenia p=1% (Rys. 9).



*Rys.9 Mapa maksymalnych opadów dobowych o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p=1\%$   
(województwo małopolskie)*

Z uwagi na konieczność oszacowania wysokości opadów prawdopodobnych o innych czasach trwania niż 24 godziny zdecydowano się wykorzystać szeroko stosowany model Bogdanowicz i Stachy.

#### Model Bogdanowicz i Stachy

Bogdanowicz i Stachy, na podstawie ogólnopolskich pomiarów deszczy w latach 1960 – 1990 na 20 stacjach meteorologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, opublikowali w 1998 roku tzw. „charakterystyki projektowe” opadów, w postaci modelu probabilistycznego maksymalnych wysokości, będących kwantylem przyjętego rozkładu prawdopodobieństwa Weibulla:

$$h_{max} = 1.42t^{0.33} + \alpha(R, t) * (-\ln p)^{0.584}$$

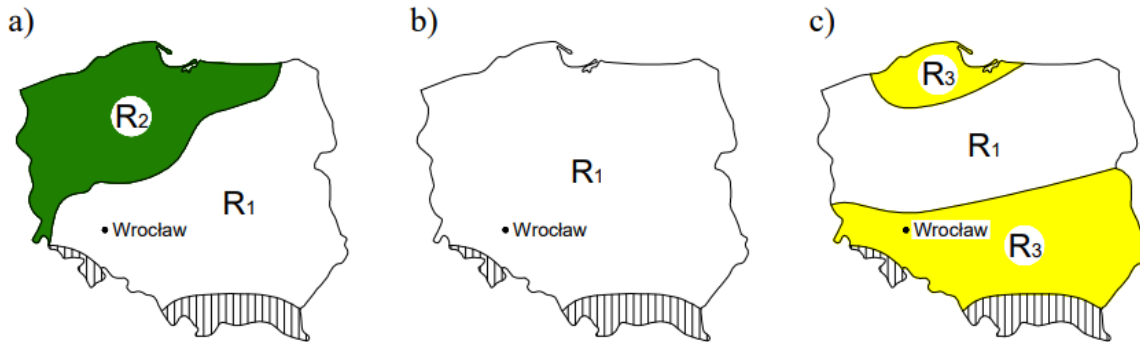
Gdzie:

$h_{max}$  – maksymalna wysokość opadu, mm,

$t$  – czas trwania deszczu, min,

$p$  – prawdopodobieństwo przewyższenia opadu:  $p \in (0;1)$

$\alpha$  – parametr (skali) zależny od regionu Polski (wg rys. 10) i czasu  $t$



Rys. 10 Regiony opadów maksymalnych: a) dla czasów trwania deszczu  $t \in [5; 60]$  min; b) dla  $t \in [60; 720]$  min; c) dla  $t \in [720; 4320]$  min ( $R_1$  – region centralny;  $R_2$  – region północno – zachodni;  $R_3$  – regiony południowy i nadmorski)

Do opracowania modelu przyjęto za podstawę 31 opadów maksymalnych, po jednym największym, z każdego roku obserwacji (1960-1990), dla każdej z 20 stacji meteorologicznych IMGW. Po szeregowaniu malejąco przedziałowych wartości wysokości opadów w 14 interwałach czasowych (od 5 minut do 72 godzin), deszcz syntetyczny na 31 pozycji otrzymał prawdopodobieństwa przewyższenia  $p=1$  (czyli częstość występowania  $C = 1$  rok). Tak więc dla  $p=1$  model upraszcza się do funkcji, będącej dolnym ograniczeniem rozkładu prawdopodobieństwa Weibulla, postaci:

$$h_{max} = 1.42t^{0.33}$$

Dla prawdopodobieństw przewyższenia  $p < 1$  (czyli dla  $C > 1$ ) w regionie centralnym Polski ( $R_1$ ) parametr  $\alpha$  obliczany jest ze wzorów (rys. 2.1):

$$\alpha(R, t) = 4.693 \ln(t + 1) - 1.249, \text{ dla } t \in [5; 120] \text{ min}$$

$$\alpha(R, t) = 2.223 \ln(t + 1) - 10.639, \text{ dla } t \in [120; 1080] \text{ min}$$

$$\alpha(R, t) = 3.01 \ln(t + 1) - 5.173, \text{ dla } t \in [1080; 4320] \text{ min}$$

Analogicznie, dla regionu północno – zachodniego ( $R_2$ ) parametr  $\alpha$  obliczany jest ze wzoru:

$$\alpha(R, t) = 3.92 \ln(t + 1) - 1.662, \text{ dla } t \in [5; 30] \text{ min}$$

Przy czym „region północno – zachodni” zanika po 30 minutach trwania opadów, a po czasie jednej godziny „przechodzi do regionu centralnego” ( $R_1$ ). Implikuje to powstanie nie-  
Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękówice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki

ciągłości w przebiegu parametru  $\alpha$  w tym przedziale czasu, a co za tym idzie również  $h_{max}$ . Problem rozwiązano dokonując interpolacji  $\alpha$  funkcją o równaniu:

$$\alpha(R, t) = 9.160 \ln(t + 1) - 19.6, \text{ dla } t \in [30; 60] \text{ min}$$

co jest rozwiązaniem bezpiecznym, przynoszącym wartości wyższe w stosunku do zamierzonych.

Dla regionów południowych i nadmorskich ( $R_3$ ) parametr  $\alpha$  obliczany jest ze wzoru:

$$\alpha(R, t) = 9.472 \ln(t + 1) - 37.032, \text{ dla } t \in [720; 4320] \text{ min}$$

Model nie obejmuje jednak obszarów górskich, zakreskowanych na rysunku powyżej.

Poniżej w tabelach przedstawiono zestawienie sum opadów dla poszczególnych prawdopodobieństw i czasów trwania.

Tab. 4 Zestawienie sum opadów dla Prądnika i Garliczki – prawdopodobieństwo p1%

p=1%				
Czas trwania	Suma opadu	Miarodajne natężenie deszczu	mm/min.	mm/h
t	P [mm]	q [l/ha*s]		
15 min	32.2	357.4	2.145	
30 min	40.6	225.7	1.354	
60 min	49.5	137.5	0.825	
3 h	62.0	57.4		20.677
6 h	67.8	31.4		11.300
12 h	74.2	17.2		6.181
24 h	93.4	10.8		3.891

Tab. 3 Zestawienie sum opadów dla Prądnika i Garliczki – prawdopodobieństwo p10%

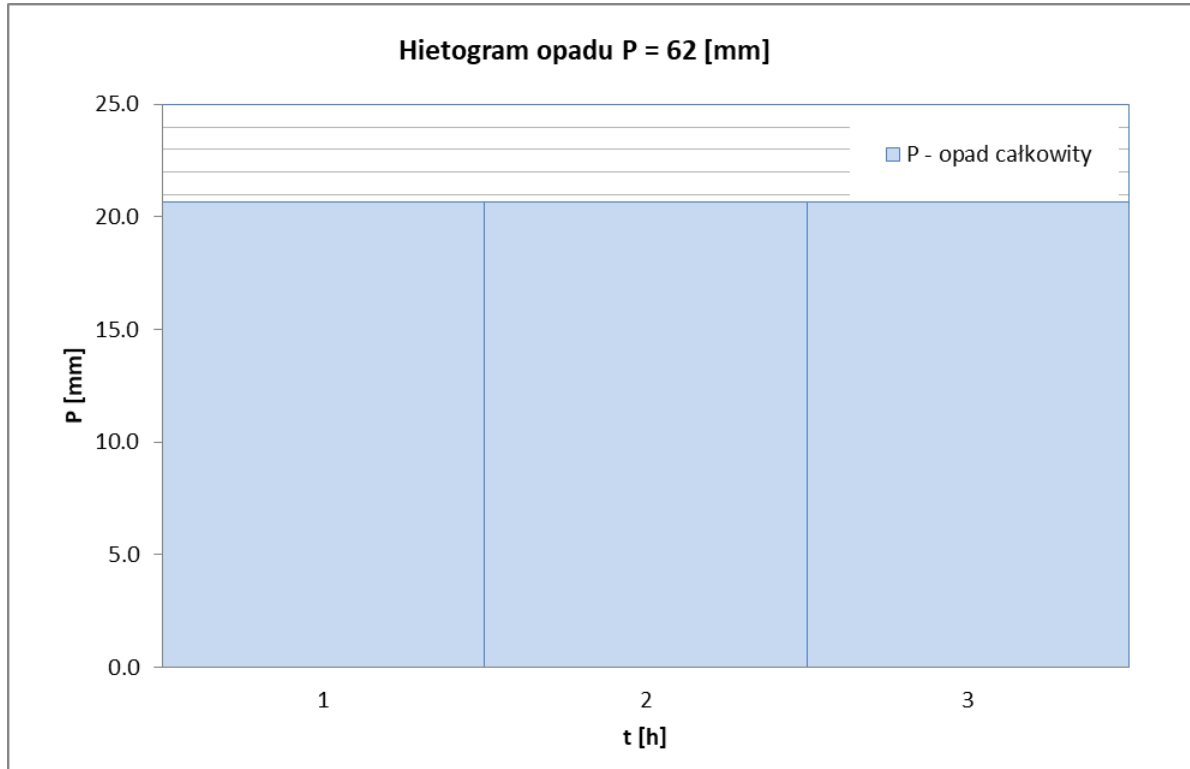
p=10%				
Czas trwania	Suma opadu	Miarodajne natężenie deszczu	mm/min.	mm/h
t	P [mm]	q [l/ha*s]		
15 min	22.6	251.3	1.508	
30 min	28.6	158.7	0.952	
60 min	34.9	96.8	0.581	
3 h	44.0	40.7		14.668
6 h	48.5	22.5		8.088
12 h	53.6	12.4		4.469
24 h	67.5	7.8		2.813

Obliczenia przeprowadzono dla 4 scenariuszy opadowych dla deszczu o prawdopodobieństwie p1% i p10%, tj. dla czasu trwania opadu 24 h, 12 h, 6 h oraz 3h.

#### Hietogramy opadu dla podzlewni Prądnika i Garliczki

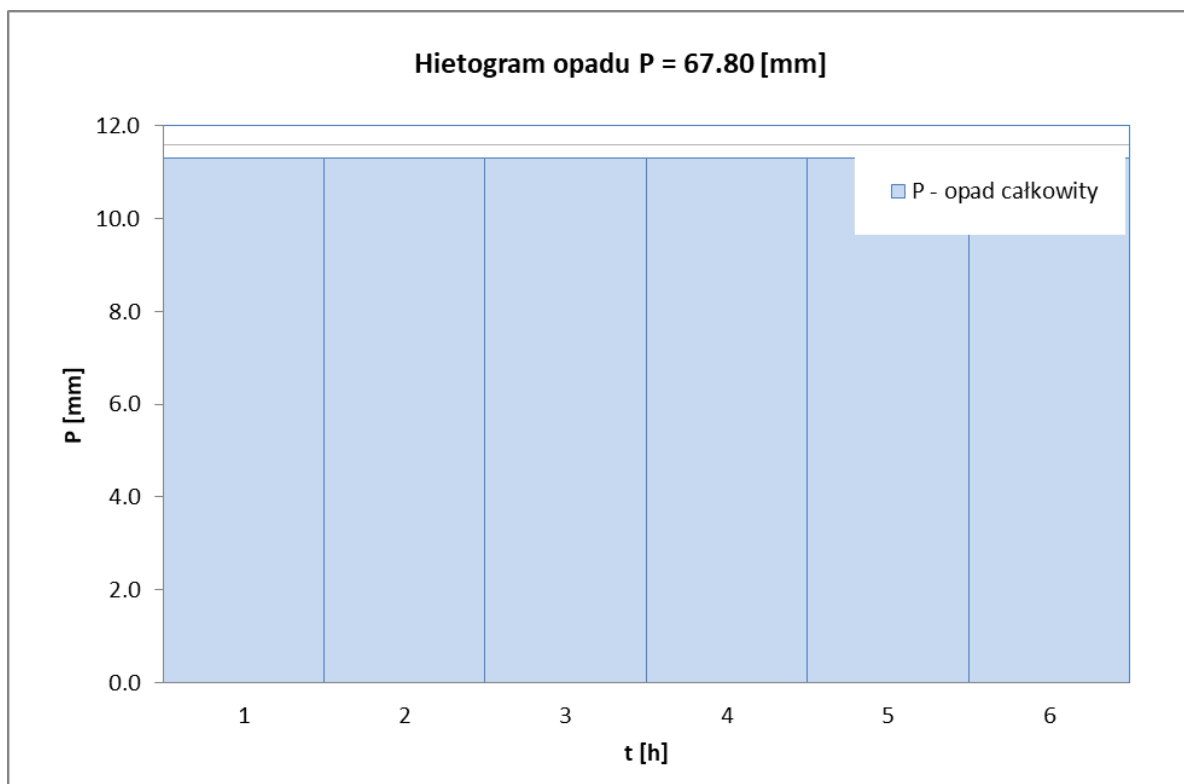
Wejściem do obliczeń hydrologicznych w modelu HEC-HMS były hietogramy opadu, wyznaczone na podstawie sumy opadu.

Poniżej na wykresach przedstawiono te hietogramy.

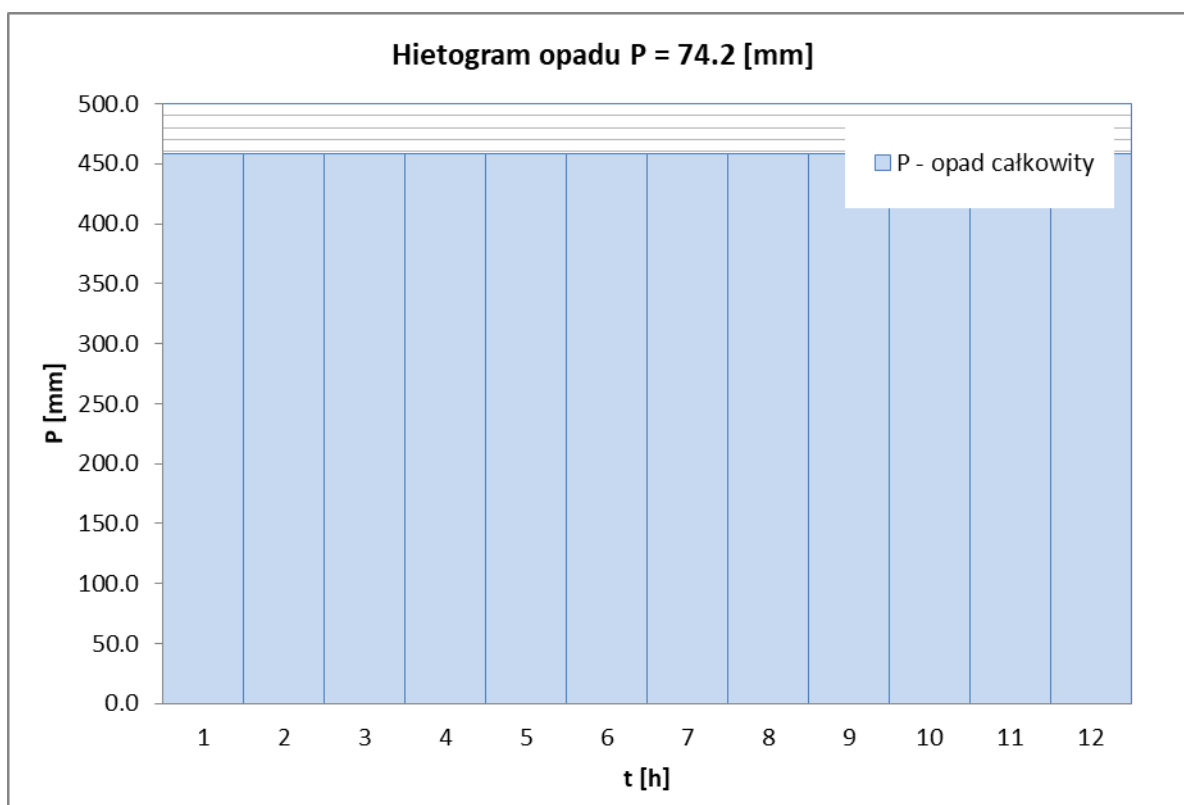


Rys.11 Hietogram opadu p10%3h P=62 [mm]

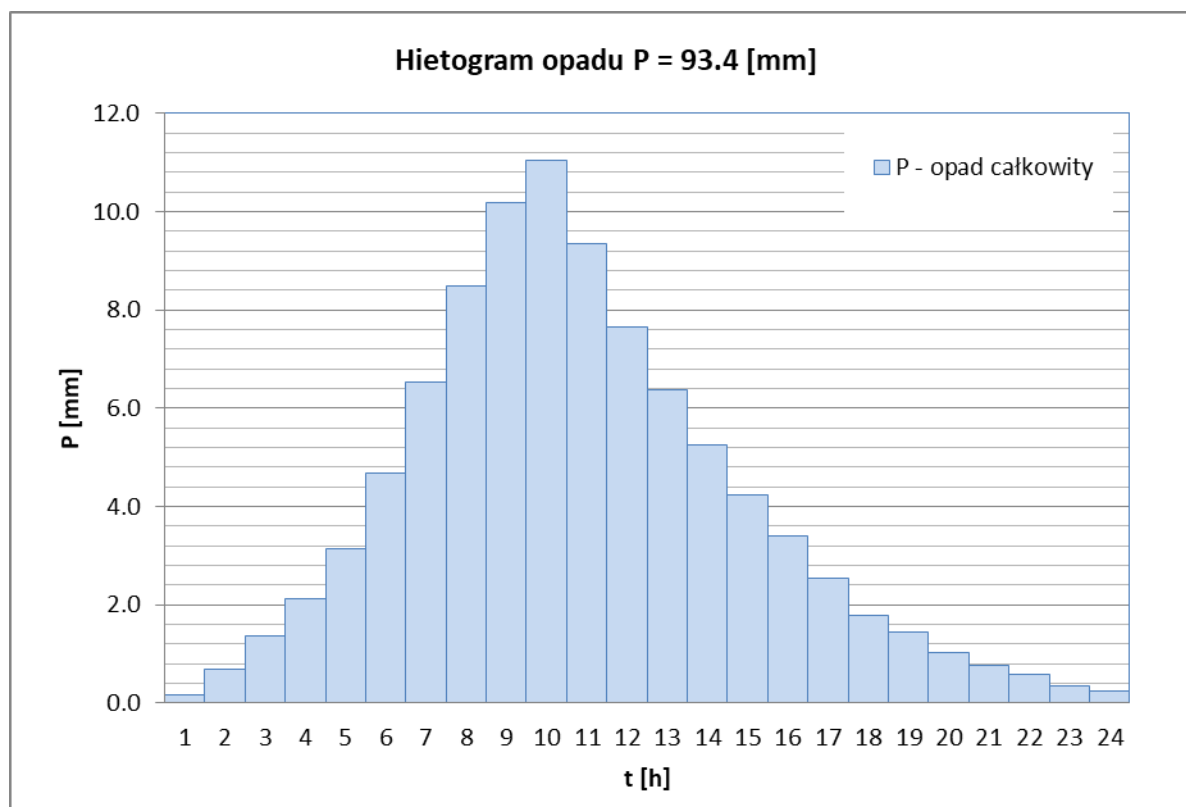




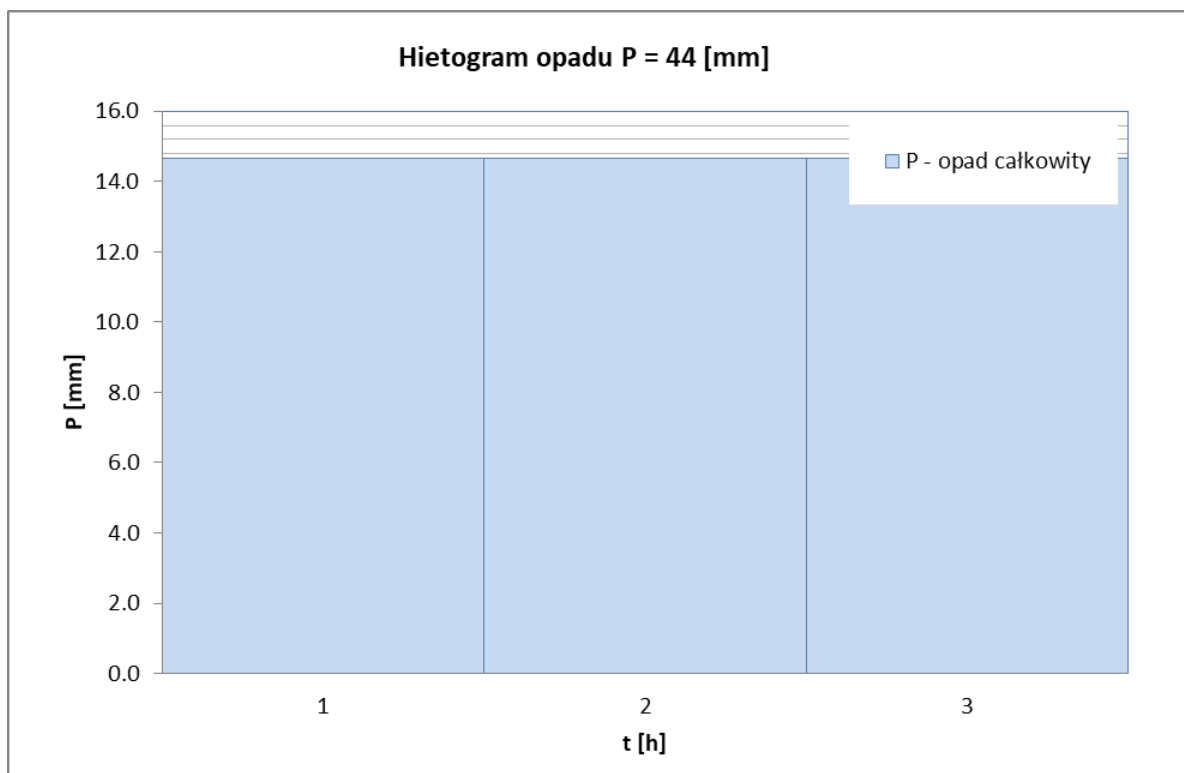
Rys. 12 Hietogram opadu p10%6h P=67.8 [mm]



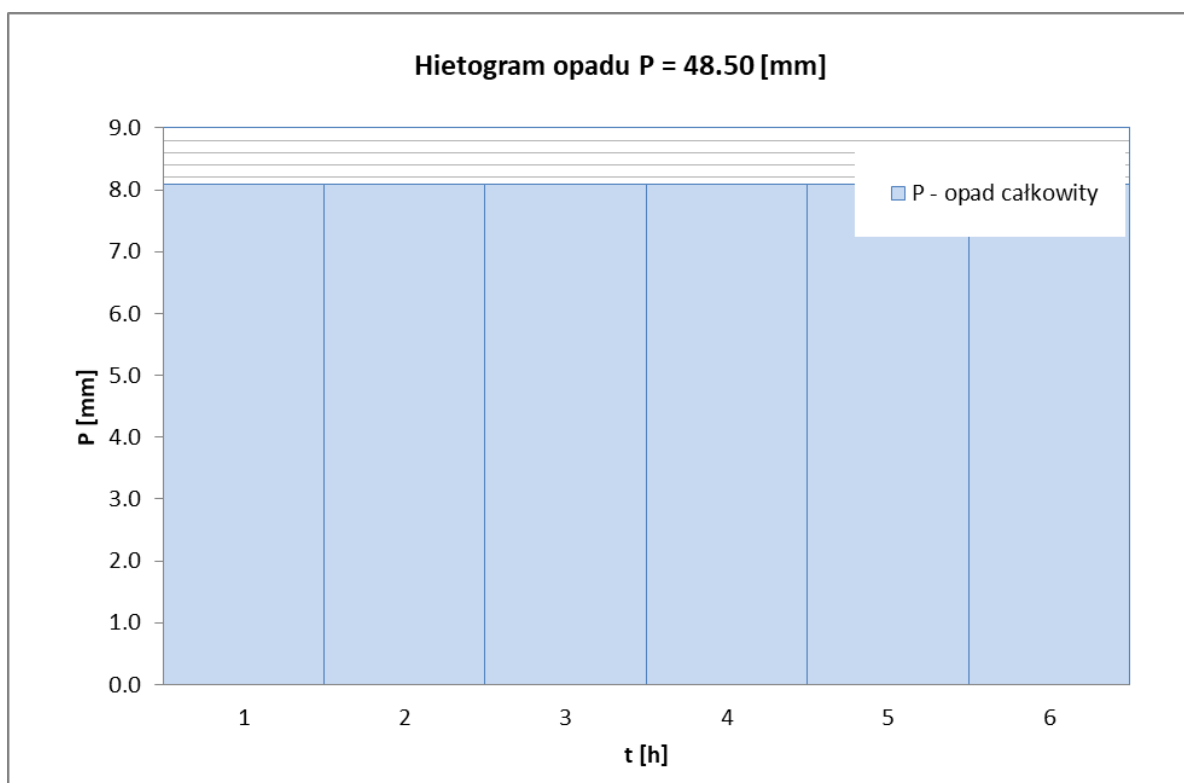
Rys. 13 Hietogram opadu p10%12h P=74.2 [mm]



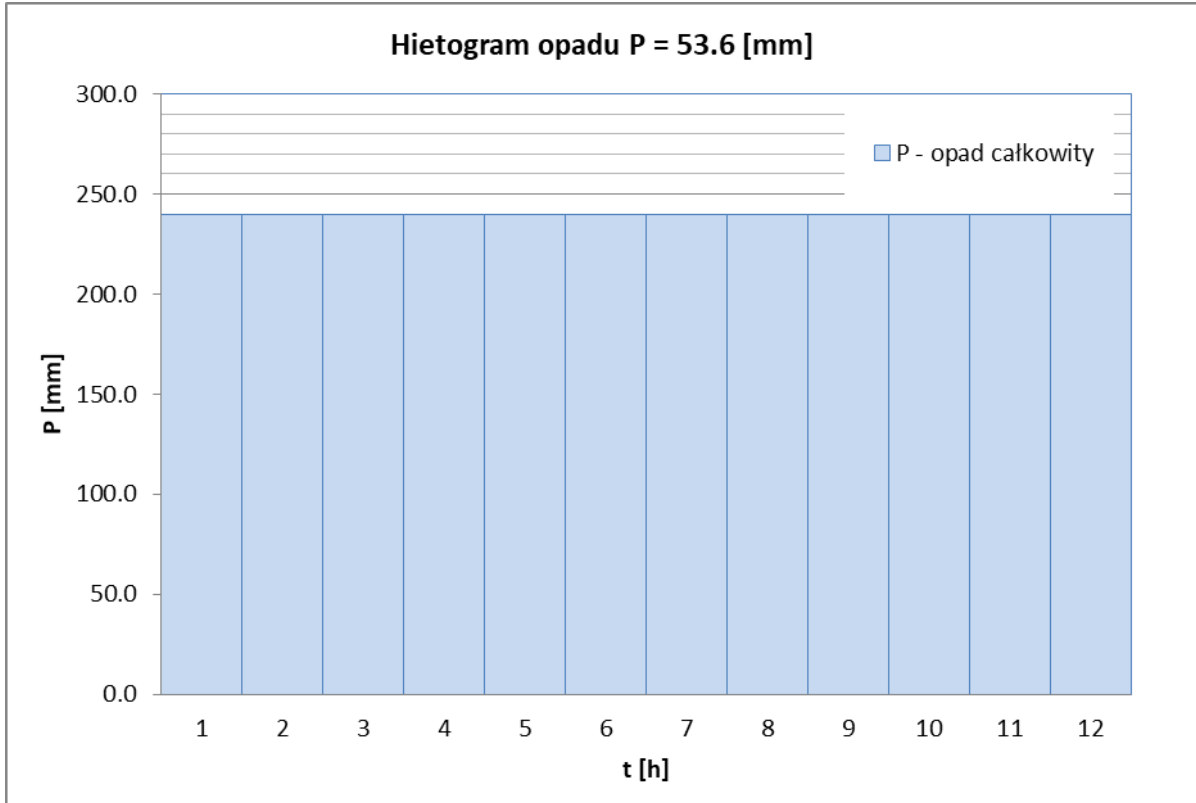
Rys. 14 Hietogram opadu p1%24h P=93.4 [mm]



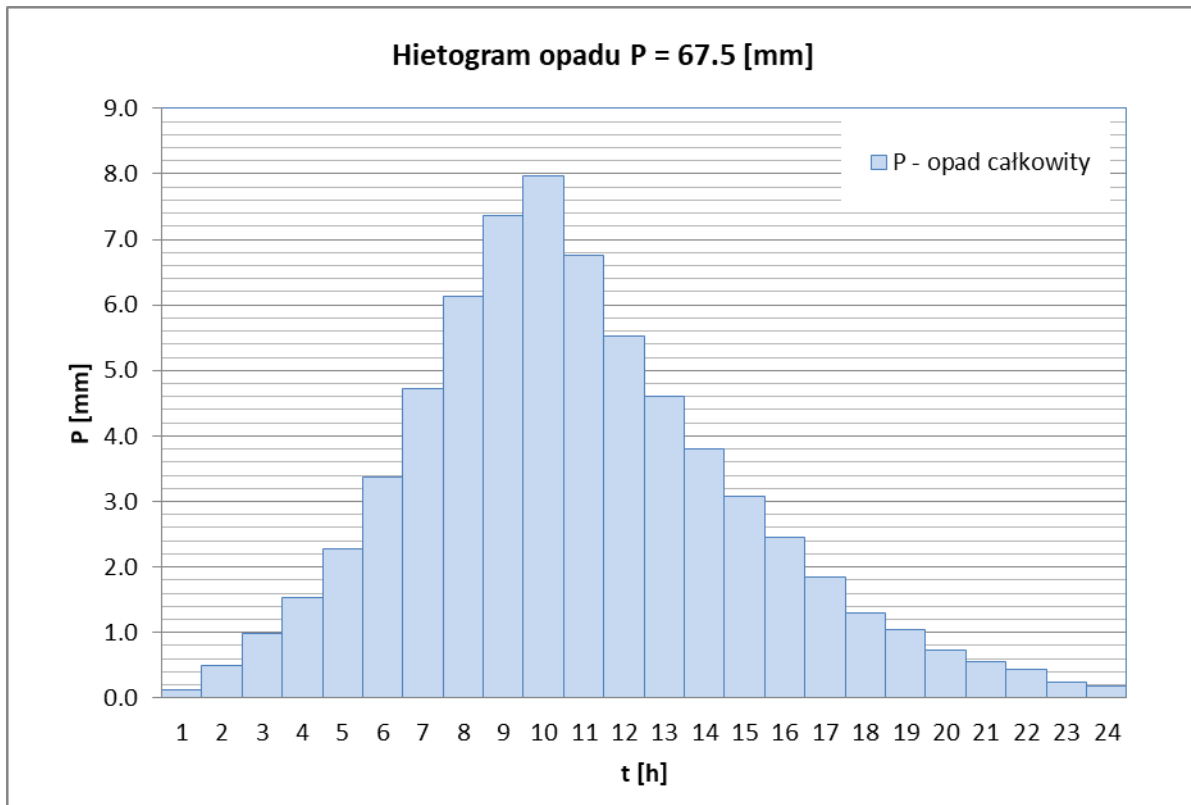
Rys.15 Hietogram opadu p10%3h P=44 [mm]



Rys.16 Hietogram opadu p10%6h P=48.5 [mm]



Rys.17 Hietogram opadu p10%12h P=53.6 [mm]



Rys.18 Hietogram opadu p10%24h P=67.5 [mm]

Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki

## 2.2.2. Obliczenia – model zintegrowany opad-odpływ oraz model hydrauliczny HEC-HMS

Obliczenia w zlewniach niekontrolowanych dokonano z wykorzystaniem modelu matematycznego typu opad-odpływ. W tym celu skorzystano z oprogramowania HEC-HMS opracowanego przez Korpus Inżynierów Armii Amerykańskiej.

Zlewnia Prądnika do analizowanego przekroju została podzielona na zlewnie cząstkowe (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski 1:10 000). W przypadku stworzonego modelu szczegółowego wydzielono 8 podzlewni.



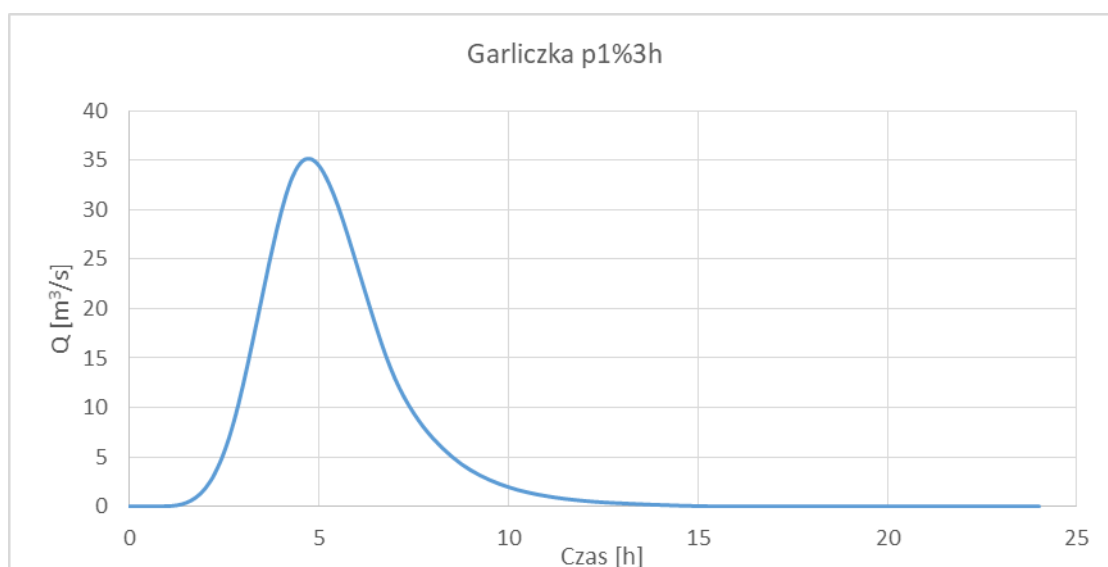
Rys. 19 Jednostki zadaniowe w zlewni Prądnika i Garliczki – schemat modelu HecHMS

W wyniku przeprowadzonych symulacji otrzymano wartości kulminacji dla różnych scenariuszy opadowych w każdej podzlewni. Poniżej w tabeli zestawiono wartości kulminacji fal powodziowych, a na wykresach przedstawiono hydrogramy wynikowe dla przekrojów obliczeniowych (lokalizacja zapór) na Garliczce oraz na Prądniku.

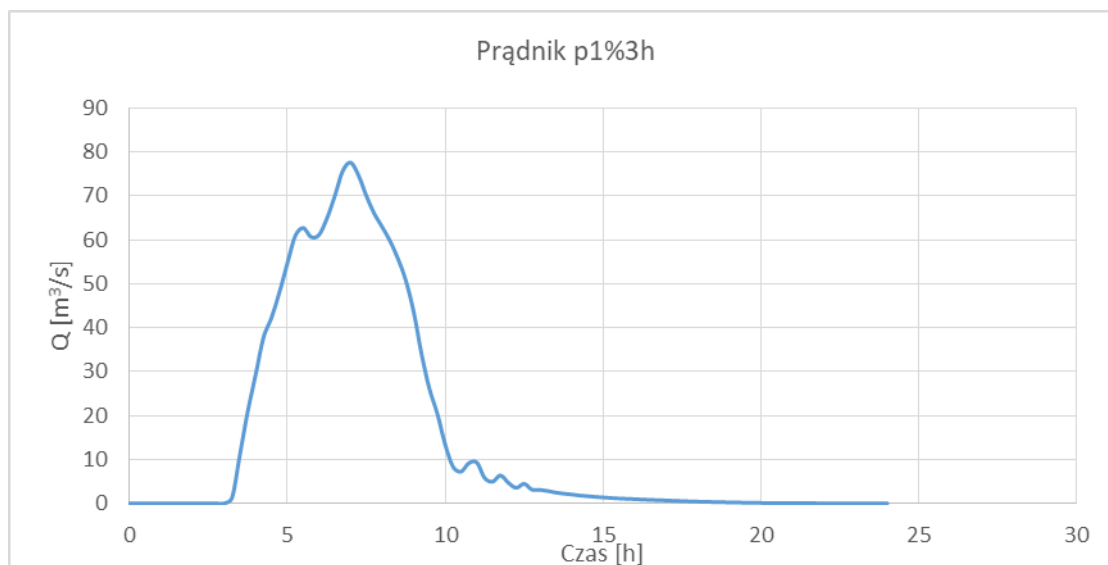
Tab. 4 Zestawienie wartości kulminacji dla wszystkich analizowanych wariantów

Prawdopodobieństwo p%	Czas trwania opadu [h]	Garliczka [m <sup>3</sup> /s]	Prądnik [m <sup>3</sup> /s]
1	3	35.19	77.60
	6	34.41	86.87
	12	26.38	74.53
	24*	10.42	26.45
10	3	15.54	34.74
	6	16.93	35.97
	12	14.42	36.84
	24*	3.59	7.10

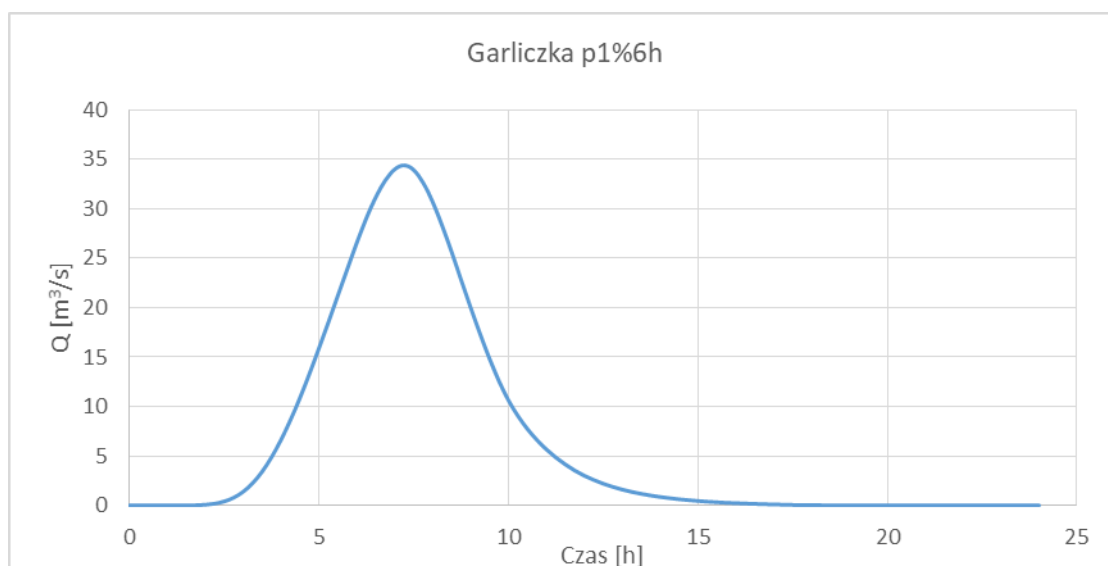
\* dla opadu dobowego przyjęto stopień uwilgotnienia gleby AMC I, dla pozostałych opadów AMC II



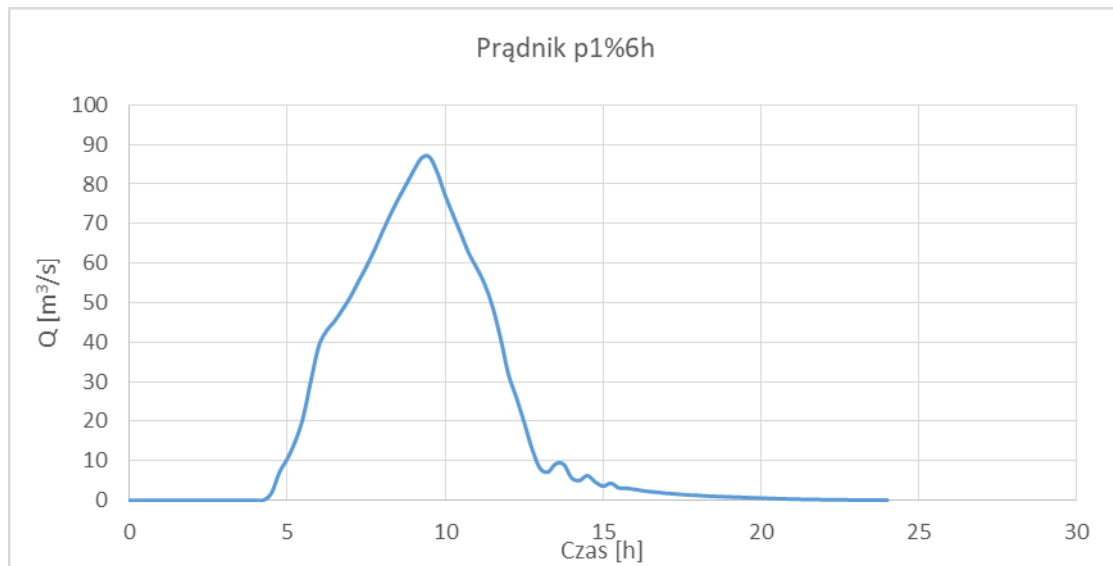
Rys.20 Hydrogram przepływu dla Garliczki – p1% 3h



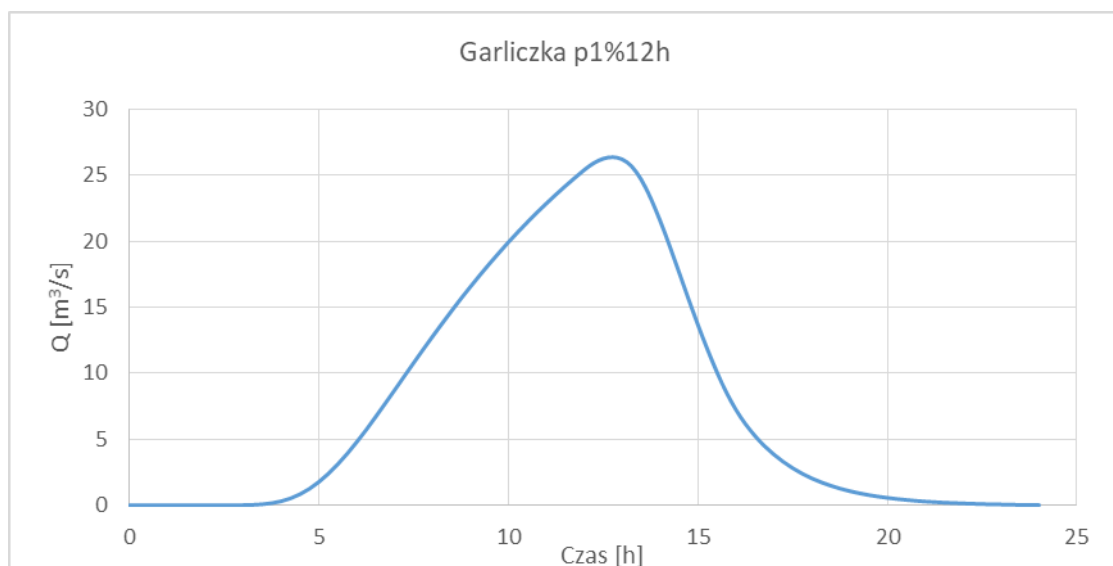
Rys.21 Hydrogram przepływu dla Prądnika – p1% 3h



Rys.22 Hydrogram przepływu dla Garliczki – p1% 6h

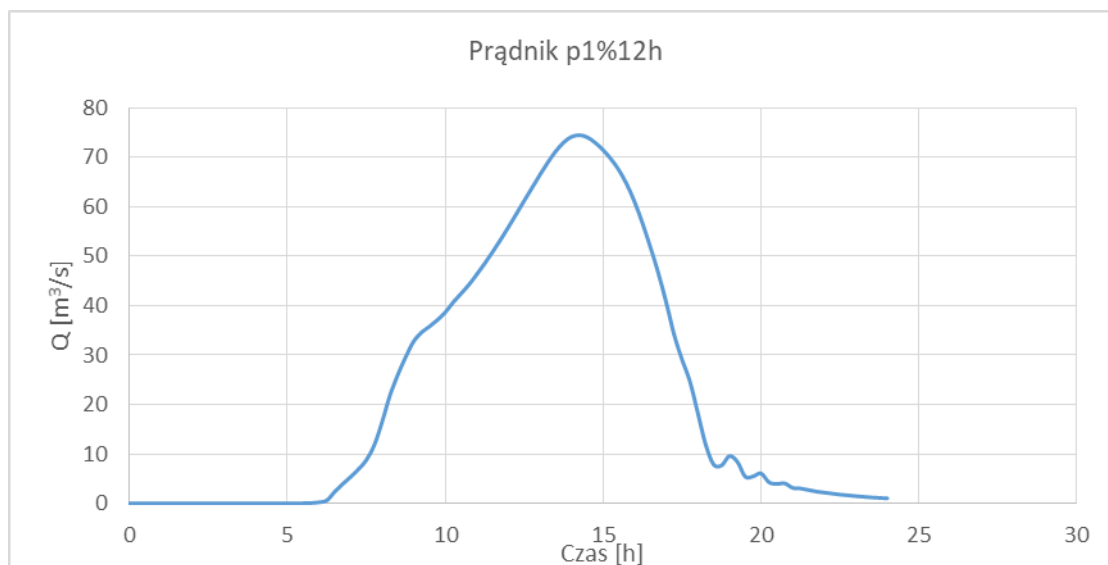


Rys.23 Hydrogram przepływu dla Prądnika – p1% 6h

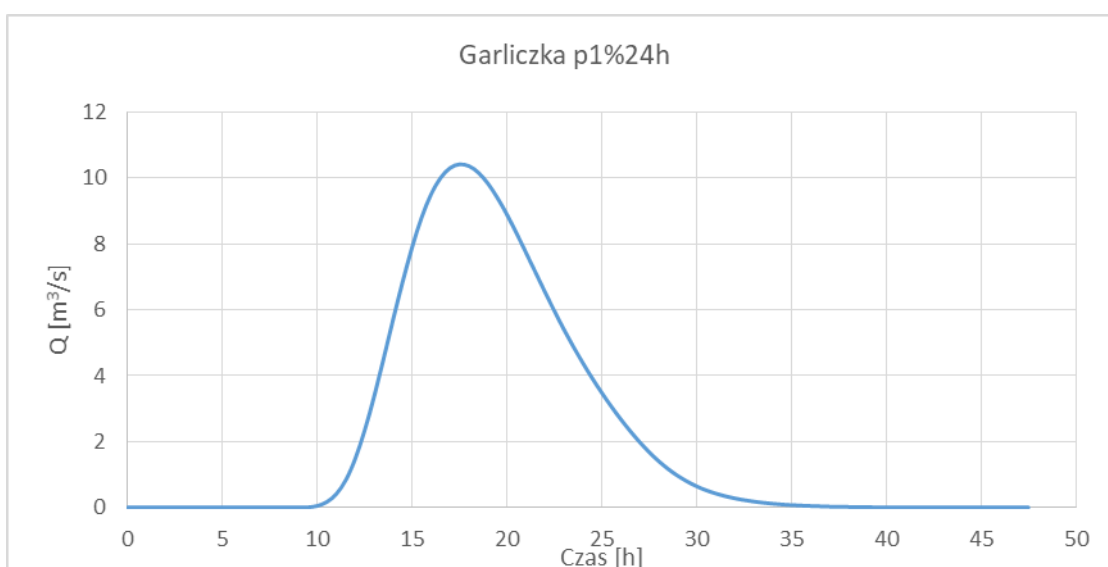


Rys.24 Hydrogram przepływu dla Garliczki – p1% 12h

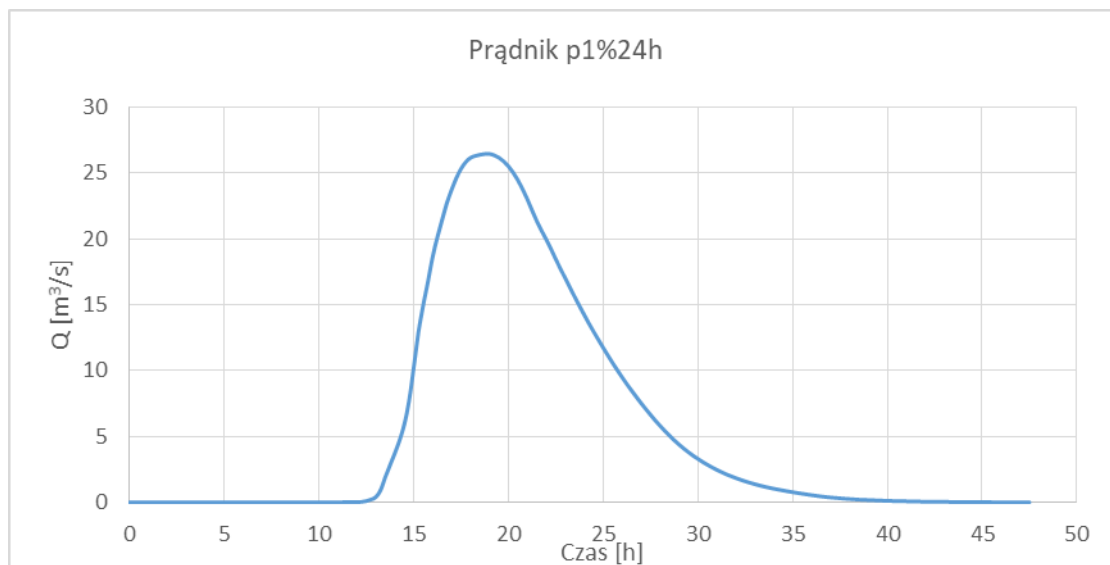




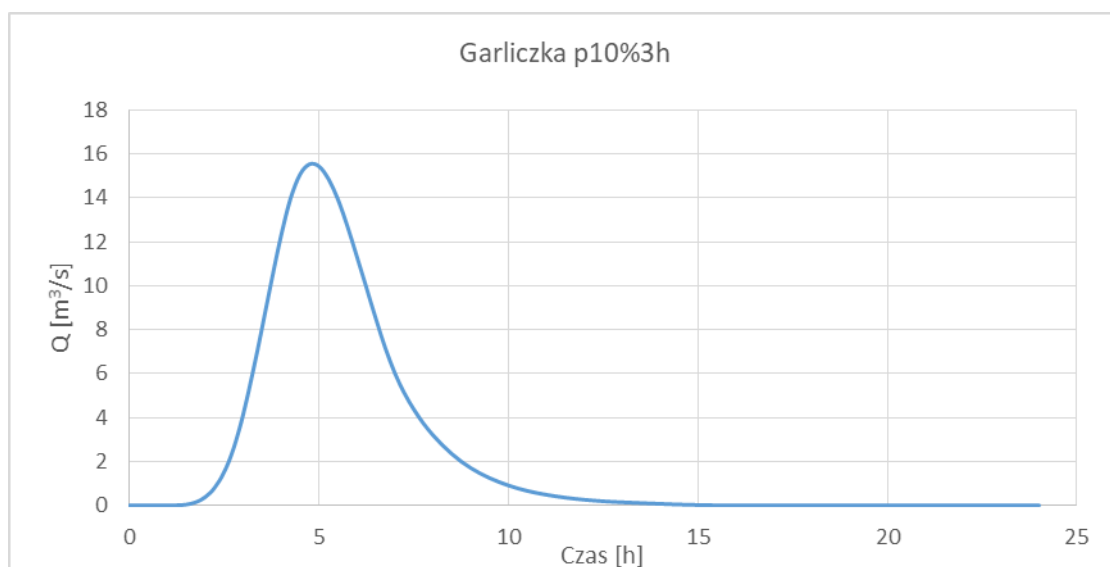
Rys.25 Hydrogram przepływu dla Prądnika – p1% 12h



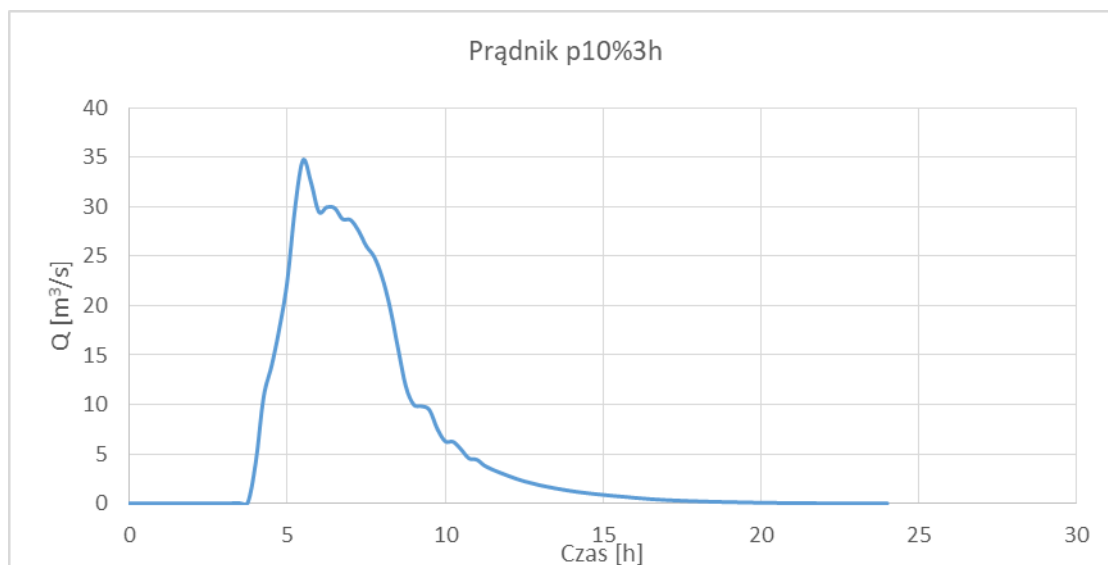
Rys.26 Hydrogram przepływu dla Garliczki – p1% 24h



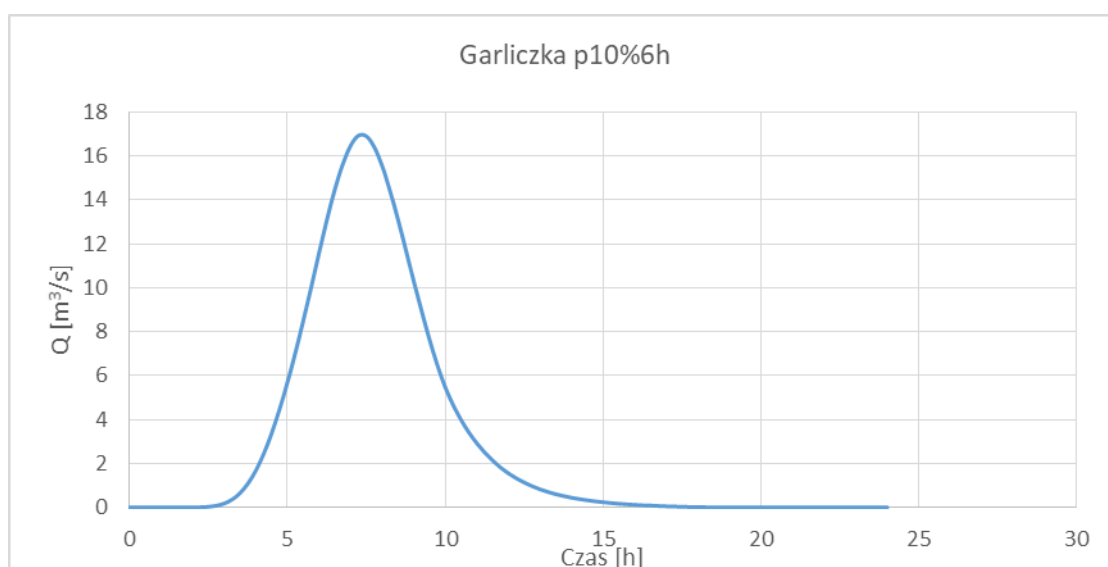
Rys.27 Hydrogram przepływu dla Prądnika – p1% 24h



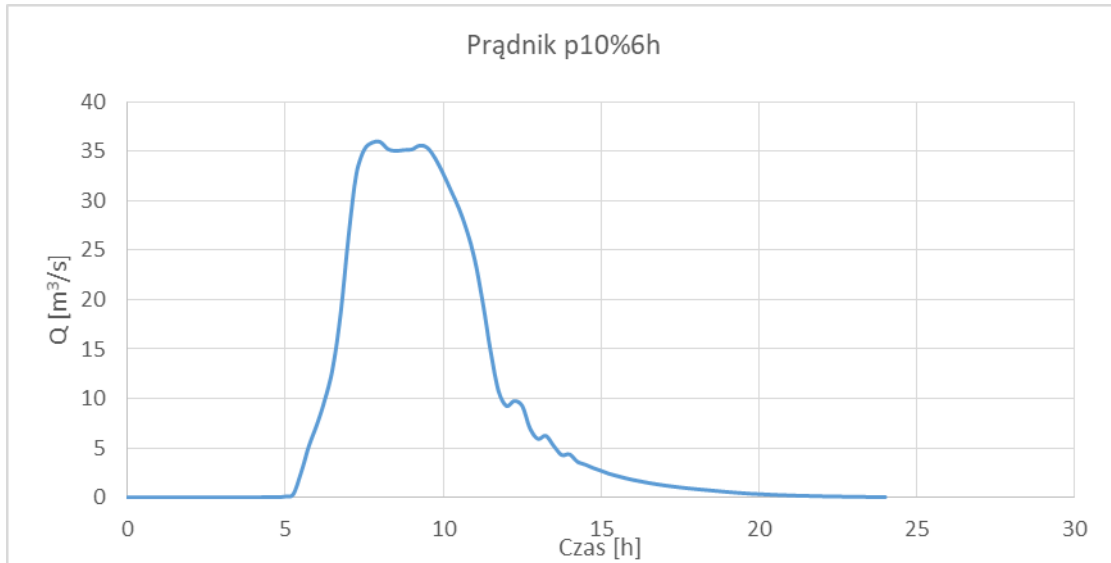
Rys.28 Hydrogram przepływu dla Garliczki – p10% 3h



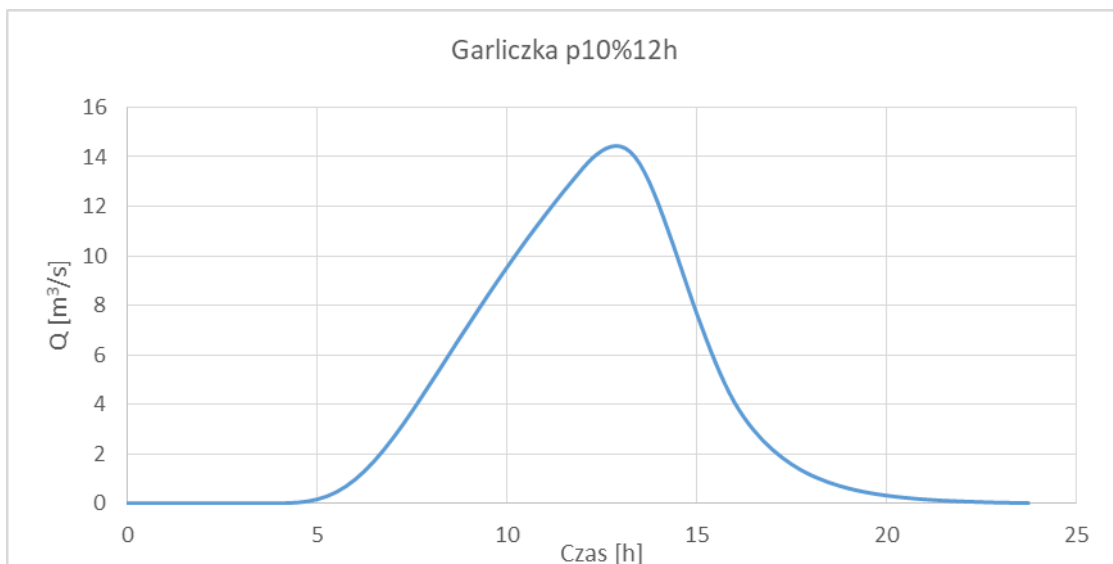
Rys.29 Hydrogram przepływu dla Prądnika – p10% 3h



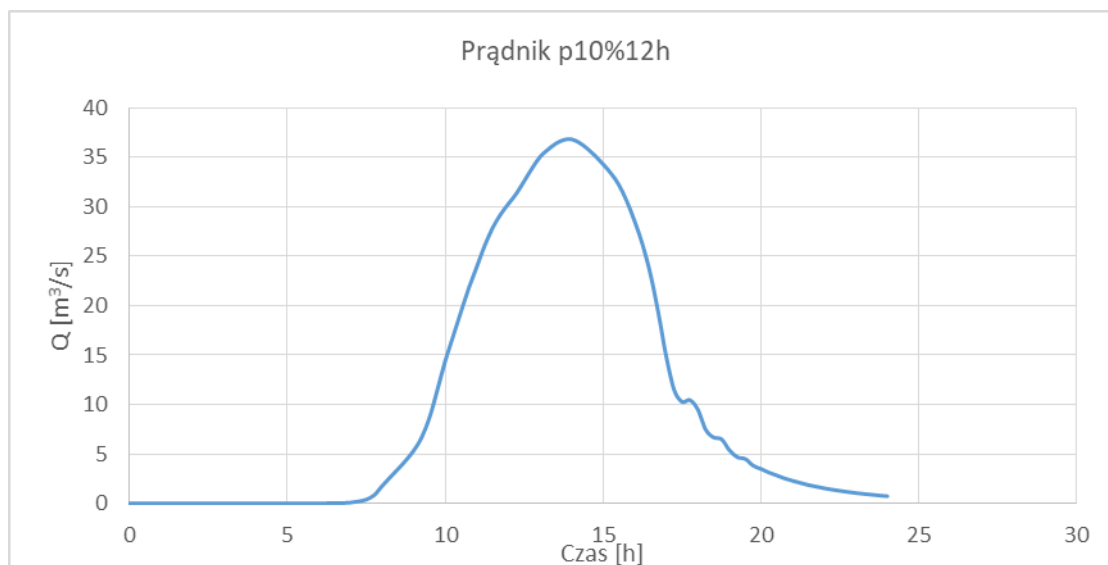
Rys.30 Hydrogram przepływu dla Garliczki – p10% 6h



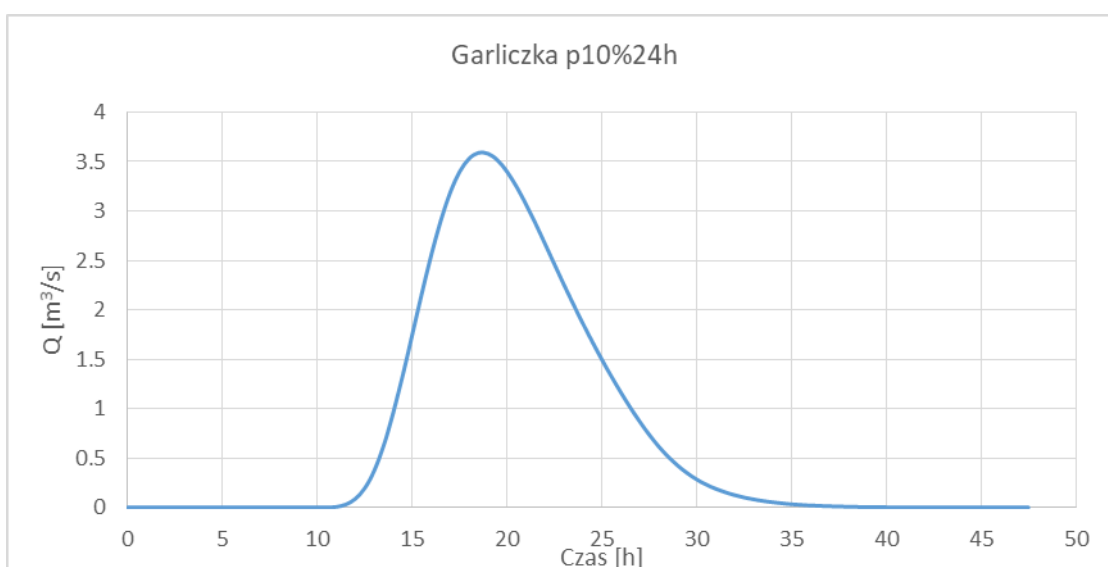
Rys.31 Hydrogram przepływu dla Prądnika – p10% 6h



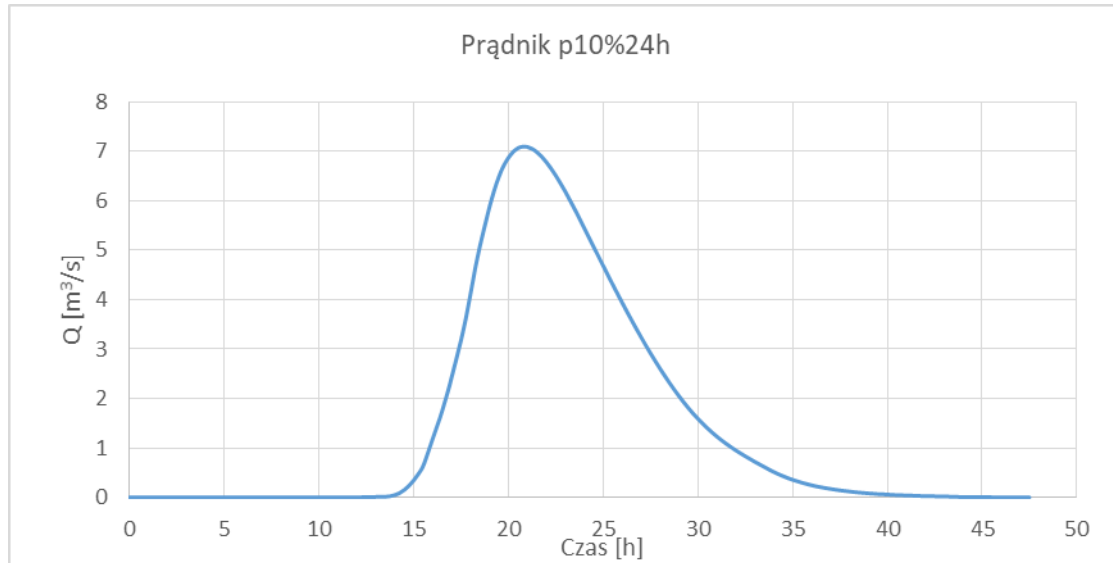
Rys.32 Hydrogram przepływu dla Garliczki – p10% 12h



Rys.33 Hydrogram przepływu dla Prądnika – p10% 12h



Rys.34 Hydrogram przepływu dla Garliczki – p10% 24h



Rys.35 Hydrogram przepływu dla Prądnika – p10% 24h

### 2.2.3. Obliczenie przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla rzeki Prądnik w miejscowości Pękowice – IMGW

Na potrzeby niniejszego opracowania Wójt gminy Zielonek zamówił w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej *Obliczenie przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla rzeki Prądnik w miejscowości Pękowice*. Z uwagi na fakt, że zlewnia niegdyś była kontrolowana, obliczenia wykonano, bazując na zlikwidowanym w 1999 roku wodowskazie w Krakowie. Otrzymane wartości z jednej strony różnią się (są mniejsze) od otrzymanych wielkości, uzyskanych przy pomocy stworzonego modelu opad-odpływ dla wejściowych warunków uwilgotnienia przyjętych jako AMC II (wilgotny teren na początku opadu), z drugiej jednak, przy przyjęciu wejściowych warunków uwilgotnienia jako AMC I (suchy teren na początku opadu) pozostają na zbliżonym poziomie. Wartości, zgodne z opracowaniem IMGW są również mniejsze od wartości uzyskanych w opracowaniu *Wielowariantowy program inwestycyjny wraz z opracowaniem strategicznej oceny oddziaływania na środowisko dla cieków Aglomeracji Krakowskiej z wyłączeniem rzeki Wisły*.

Sytuacja taka może wynikać z faktu, że zlewnia Prądnika dzieli się wyraźnie na dwie części – górną, wyżynną, o dużych spadkach zboczy i cieków oraz dolną, zlokalizowaną w szerokiej pradolinie Wisły, gdzie spadki terenu są minimalne. Nawalne opady burzowe, będące, jak wynika z obserwacji najczęstszym źródłem wezbrań w Zielonkach swoim zasięgiem obejmują właśnie górną część zlewni. Pola opadów o dużej intensywności opadów nie

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

pokrywają całej zlewni Prądnika (ok. 200 km<sup>2</sup>). Prawdopodobną przyczyną mniejszych przepływów kulminacyjnych przy ujściu do Wisły może być właśnie spłaszczenie wysokich, ale krótkich fal wezbraniowych, obserwowanych na wyjściu Prądnika z terenu wyżynnego.

Wartości przepływów kulminacyjnych, przyjęte do analiz prowadzonych w ramach *opracowania Wielowariantowego programu inwestycyjnego wraz z opracowaniem strategicznej oceny oddziaływania na środowisko dla cieków Aglomeracji Krakowskiej z wyłączeniem rzeki Wisły* określone na podstawie opracowanego modelu hydrologicznego typu „opad-odpływ”, w którym określono falę o kulminacji na poziomie przepływu „wody stuletniej” (wejściem do modelu był opad dobowy o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p=1\%$ ) są znacznie wyższe zarówno od obliczeń IMGW, jak i obliczeń, wykonanych w ramach niniejszego opracowania.

Z uwagi na fakt, że obliczenia, wykonane w ramach niniejszego opracowania są dokładniejsze (wiele wariantów opadów) oraz na zbieżność wyników z obliczeniami IMGW (deszcz dobowy, stopień uwilgotnienia AMC I) i mogą być podstawą wykonania szeregu symulacji (a nie tylko jednej), dla różnych czasów trwania opadu i różnych prawdopodobieństw, dają pełniejszy obraz możliwości redukcji fal wezbraniowych przy przyjętych rozwiązaniach technicznych.

W celu dokładniejszego określenia charakterystyk hydrologicznych w zlewni Prądnika konieczne jest stworzenie posterunków obserwacyjnych i prowadzenie ciągłych pomiarów stanów i przepływów. Tylko dane, pochodzące z takiej sieci obserwacyjnej mogą rozwiązać ostatecznie wszelkie wątpliwości.

### **3. KONCEPCJA ROZWIĄZAŃ ORAZ LOKALIZACJI ZBIORNIKA/KASKADY ZBIORNIKÓW**

Zaproponowano lokalizację kaskady 2 zbiorników na Prądniku oraz 1 zbiornika na Garliczce wraz z kształtowaniem czaszy zbiorników w obu przypadkach. Szczegółowa lokalizacja została przedstawiona w części rysunkowej.

Podstawową funkcją tych zbiorników będzie retencja wód oraz ochrona przed powodzią.

Lokalizacja i rozwiązania techniczne zapór wynikają z analizy warunków terenowych oraz możliwych do uzyskania pojemności retencyjnych przy uwzględnieniu minimalizacji oddziaływania na środowisko oraz tereny zurbanizowane ze szczególnym uwzględnieniem propozycji Zamawiającego, na bieżąco konsultowanych w trakcie opracowania. Każdorazowo przyjęto w obrębie zbiorników, że dno zbiornika będzie dodatkowo kształtowane w celu maksymalizacji możliwej do uzyskania pojemności retencyjnej.

---

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękówice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

### 3.1. Warianty budowy zbiorników

W trakcie opracowania, z uzgodnienia z Zamawiającym analizowano na roboczo różne rozwiązania techniczne, możliwości zwiększenia pojemności retencyjnych, warianty z różną ilością zapór w obrębie wskazanych w PZRP lokalizacji. Z uwagi na fakt, że kluczowe jest uzyskanie jak największej pojemności retencyjnej, właśnie rozwiązania, zapewniające największe pojemności przyjęto do dalszych analiz.

W przypadku zbiorników na Prądniku przyjęto trzy warianty rozwiązań technicznych dla Zbiornika 1:

- WARIANT 1 zakłada, że koryto cieku (oprócz miejsca lokalizacji zapór) zostanie nienaruszone, natomiast od górnych skarp lewego brzegu, z zachowaniem odpowiedniego pasa buforowego (z uwagi na liczne meandry rzeki z wyrównaniem jego przebiegu w planie) w kierunku od koryta na zewnątrz przeprowadzona zostanie korekta terenu, tak aby zachować minimalne spadki. Z uwagi na ukształtowanie terenu oraz istniejącą infrastrukturę prawa terasa nie została zmodyfikowana,

- WARIANT 2 zakłada dodatkowo minimalizację wpływu inwestycji na zabudowania poprzez budowę muru oporowego na prawym brzegu (w miejsce zapory ziemnej), co znacznie ogranicza zajętość terenu i daje możliwości jego elastycznego poprowadzenia. Rozwiązanie to jednak zmniejsza możliwości retencyjne w stosunku do wariantu 1,

- WARIANT 3 zakłada odcinkowe przebudowy koryta Prądnika, likwidację meandrów, co pozwala na zbliżenie zapory bocznej na prawym brzegu.

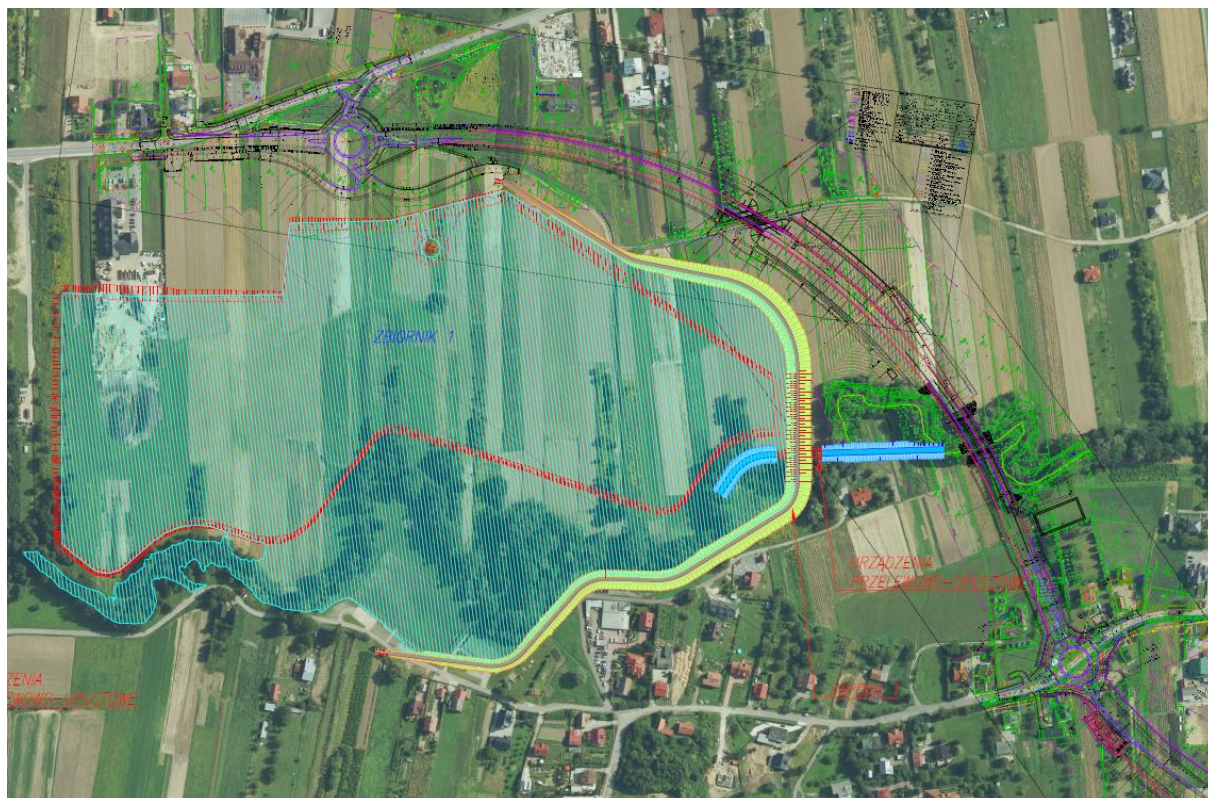
Dla każdego z wariantów oraz zbiorników będzie konieczna lokalna przebudowa koryta w miejscach zbliżeń zapór bocznych/muru do koryta.

Zbiornik 2 (z uwagi na mniejszą gęstość infrastruktury) bez wariantowania.

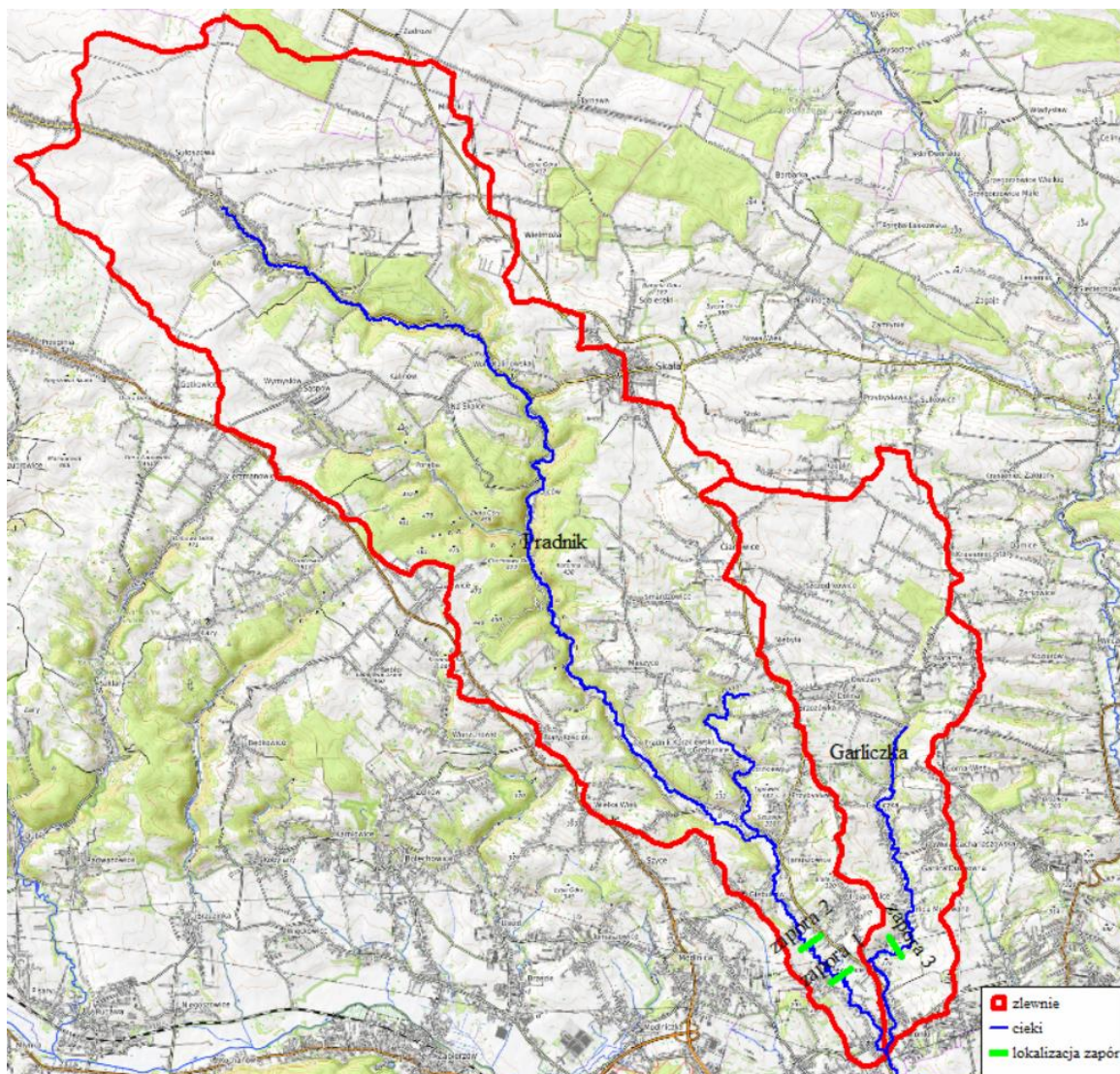
W przypadku zbiornika na Garliczce (bez wariantowania) podobne działania przyjęto na prawej terasie zalewowej.

Przy określeniu zasięgu Zbiornika 1 wzięto pod uwagę projektowaną obecnie „Trasę wolbromską, zgodnie z rysunkiem poniżej.



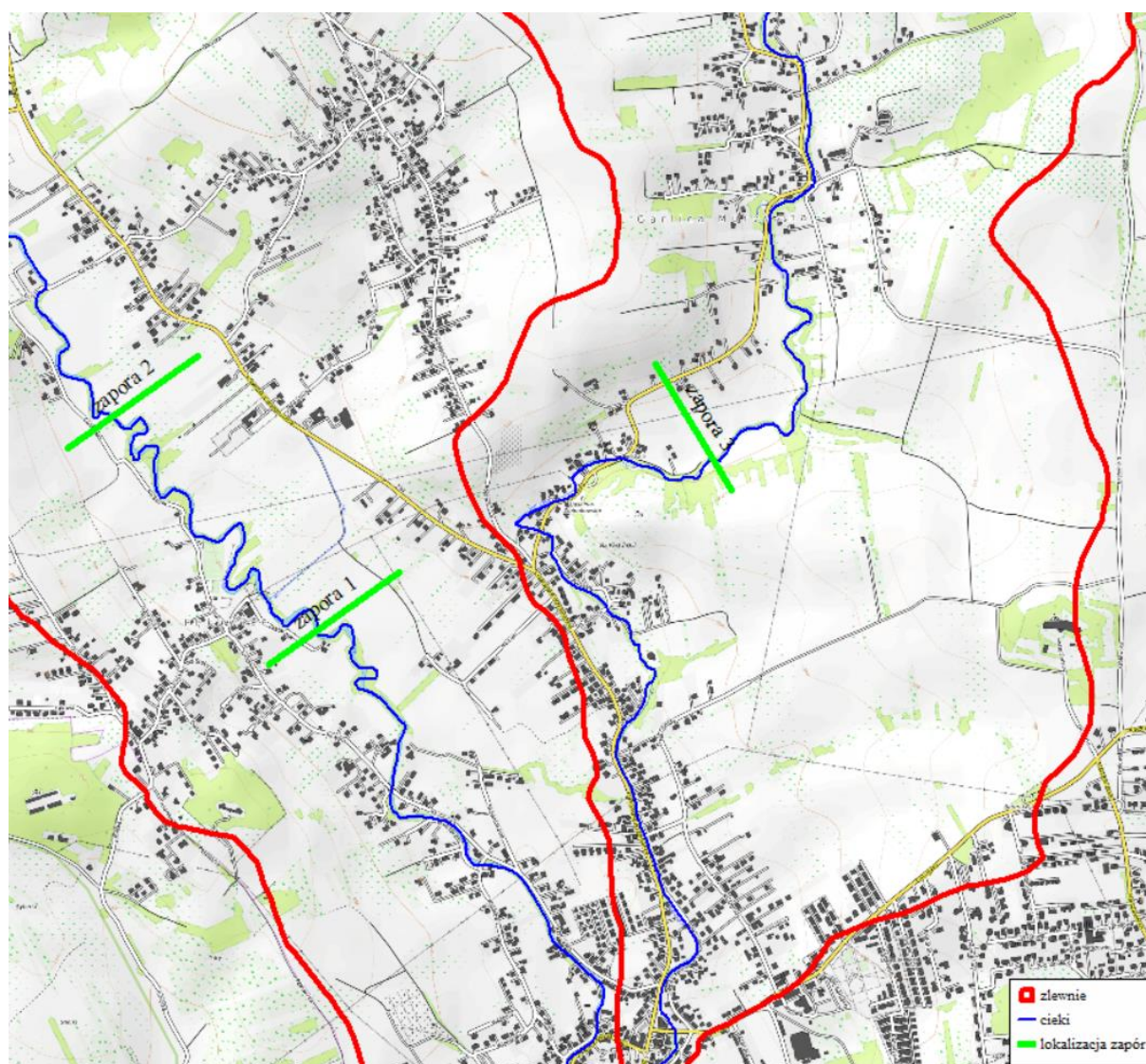


Rys.36 Przebieg „Trasy wolbromskiej”



Rys.37 Plan orientacyjny projektowanych zbiorników

Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki



Rys.38 Plan orientacyjny projektowanych zapór – zbliżenie w rejonie inwestycji

### 3.1.1. WARIANT 1 - 2 zbiorniki retencyjno–przeciwpowodziowe w układzie kaskadowym na Prądniku

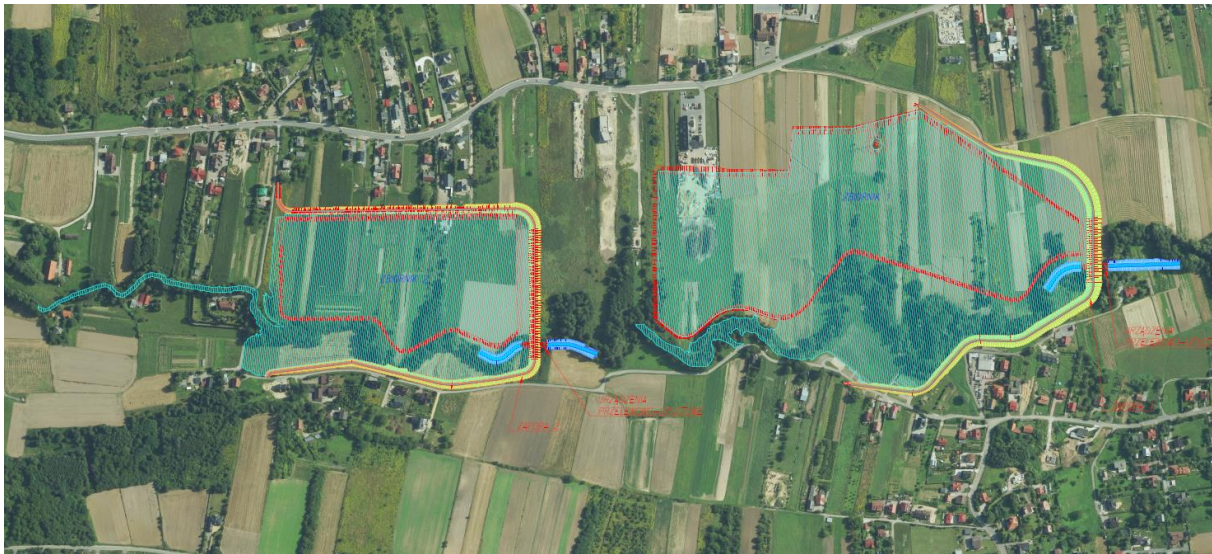
W wariantcie 1 na Prądniku zaprojektowano budowę dwóch zapór ziemnych (zapora 1 i zapora 2) oraz zbiorników „suchych” w układzie kaskadowym pełniących funkcje retencyjne i przeciwpowodziowe.

Zapora 1 ma wysokość 6 m. W ramach budowy zapory 1 konieczne jest wykonanie zapory czołowej o długości 183 m, zapory bocznej lewej o długości 215 m i zapory bocznej prawej o długości 412 m. Łączna długość obwałowania wyniesie ok. 810 m.

Zapora 2 ma wysokość 5 m. W ramach budowy zapory 2 konieczne jest wykonanie zapory czołowej o długości 227 m, zapory bocznej lewej o długości 407 m i zapory bocznej prawej o długości 397 m. Łączna długość obwałowania wyniesie ok. 1031 m.

Zaprojektowano również przebudowę koryta Prądnika w rejonie zapory 1 na długości ok. 235 m oraz w rejonie zapory 2 na długości ok. 184 m.

W projekcie przewidziano kształtowanie czaszy obu zbiorników polegające na pogłębieniu terenu powyżej zapór, zgodnie z metodyką opisaną powyżej, co pozwoli na zwiększenie możliwości retencyjnych zbiorników.



Rys.39 Plan sytuacyjny – Zapory i zbiorniki na Prądniku – WARIANT 1

### 3.1.2. WARIANT 2 - 2 zbiorniki retencyjno–przeciwpowodziowe w układzie kaskadowym na Prądniku

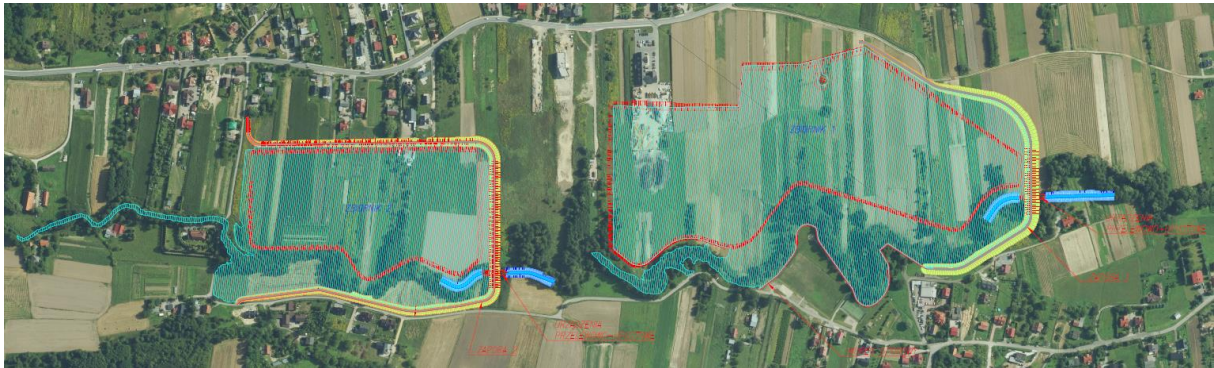
W wariantcie 2 na Prądniku zaprojektowano budowę dwóch zapór ziemnych (zapora 1 i zapora 2) oraz zbiorników „suchych” w układzie kaskadowym pełniących funkcje retencyjne i przeciwpowodziowe.

Zapora 1 ma wysokość 6 m. W ramach budowy zapory 1 konieczne jest wykonanie zapory czołowej o długości 183 m, zapory bocznej lewej o długości 215 m i zapory bocznej prawej o długości 175 m. Łączna długość obwałowania wyniesie ok. 573 m. Dodatkowo zaprojektowano mur oporowy o długości 492 m jako przedłużenie zapory bocznej prawej wzdłuż Prądnika.

Przebudowa koryta Prądnika w rejonie zapory 1 i 2 według Wariantu 1.

Zapora 2 zaprojektowana według Wariantu 1.

W projekcie przewidziano kształtowanie czaszy obu zbiorników polegające na pogłębieniu terenu powyżej zapór, zgodnie z metodyką opisaną powyżej, co pozwoli na zwiększenie możliwości retencyjnych zbiorników.



Rys.40 Plan sytuacyjny – Zapory i zbiorniki na Prądniku – WARIANT 2

### 3.1.3. WARIANT 3 - 2 zbiorniki retencyjno–przeciwpowodziowe w układzie kaskadowym na Prądniku

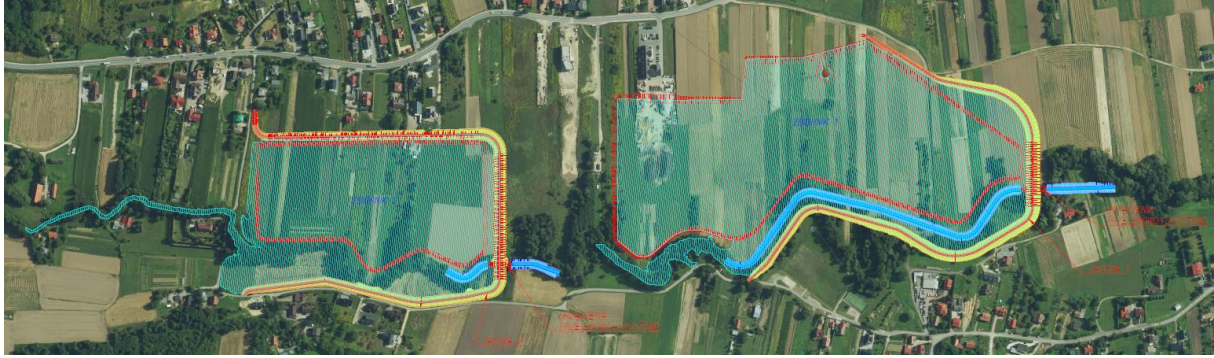
W wariantcie 3 na Prądniku zaprojektowano budowę dwóch zapór ziemnych (zapora 1 i zapora 2) oraz zbiorników „suchych” w układzie kaskadowym pełniących funkcje retencyjne i przeciwpowodziowe.

Zapora 1 ma wysokość 6 m. W ramach budowy zapory 1 konieczne jest wykonanie zapory czołowej o długości 183 m, zapory bocznej lewej o długości 242 m i zapory bocznej prawej o długości 517 m. Łączna długość obwałowania wyniesie ok. 942 m.

Zaprojektowano również przebudowę koryta Prądnika w rejonie zapory 1 na długości ok. 699 m oraz w rejonie zapory 2 na długości ok. 184 m.

Zapora 2 zaprojektowana według Wariantu 1.

W projekcie przewidziano kształtowanie czaszy obu zbiorników polegające na pogłębieniu terenu powyżej zapór, zgodnie z metodyką opisaną powyżej, co pozwoli na zwiększenie możliwości retencyjnych zbiorników.



Rys.41 Plan sytuacyjny – Zapory i zbiorniki na Prądniku – WARIANT 3

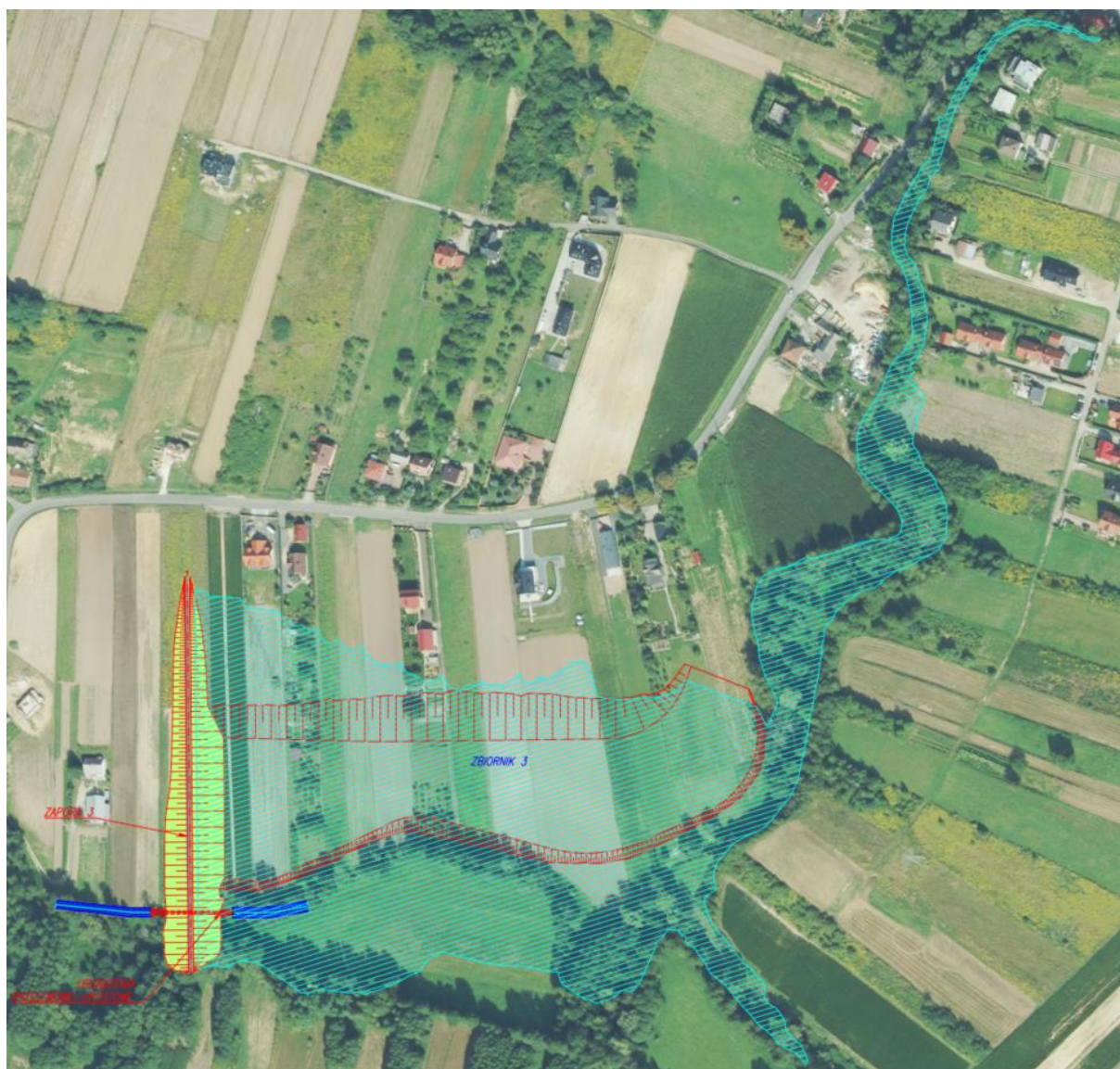
### 3.1.4. Garliczka – 1 zbiornik retencyjno-przeciwpowodziowy

Na Garliczce zaproponowano budowę zapory ziemnej (zapora 3) oraz zbiornika retencyjnego z funkcją przeciwpowodziową.

Zaprojektowano zaporę o długości 248 m i wysokości 8 m. Poniżej przedstawiono lokalizację zapory wraz ze zbiornikiem.

Zaprojektowano również przebudowę koryta Garliczki w rejonie zapory na długości ok. 158 m.

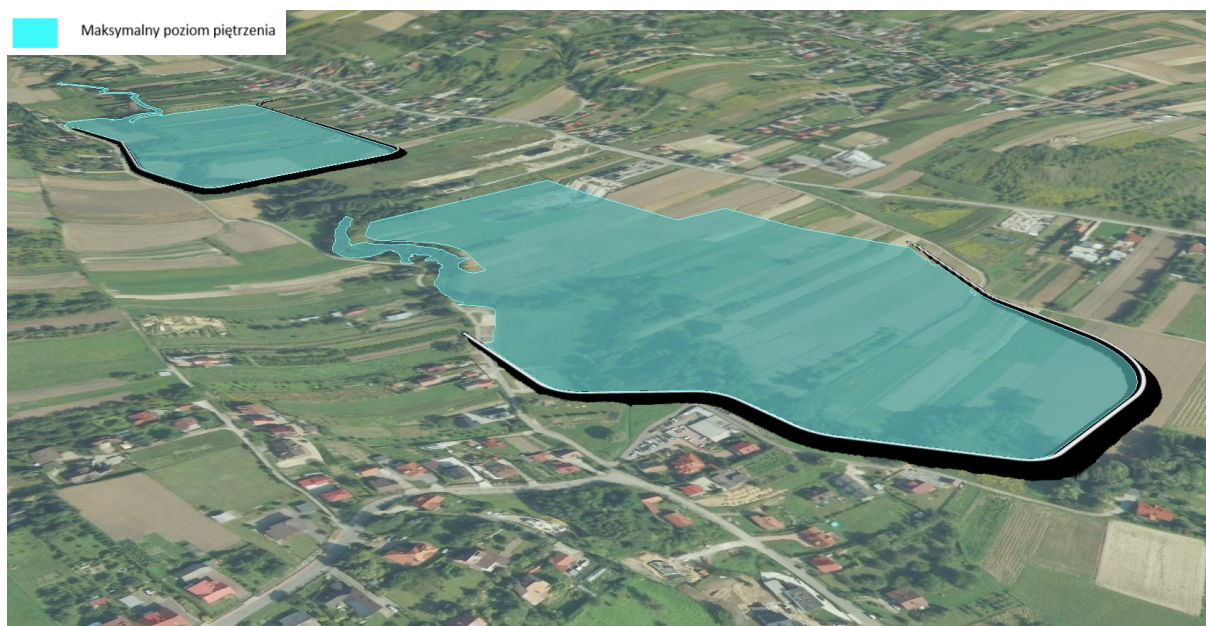
W projekcie przewidziano kształtowanie czaszy zbiornika polegające na pogłębieniu terenu powyżej zapory, zgodnie z metodyką opisaną powyżej, co pozwoli na zwiększenie możliwości retencyjnych zbiornika.



Rys.42 Plan sytuacyjny – Zapora i zbiornik na Garliczce

### 3.1.5. Widoki 3D

#### WARIANT 1 - Prądnik – 2 zbiorniki w układzie kaskadowym

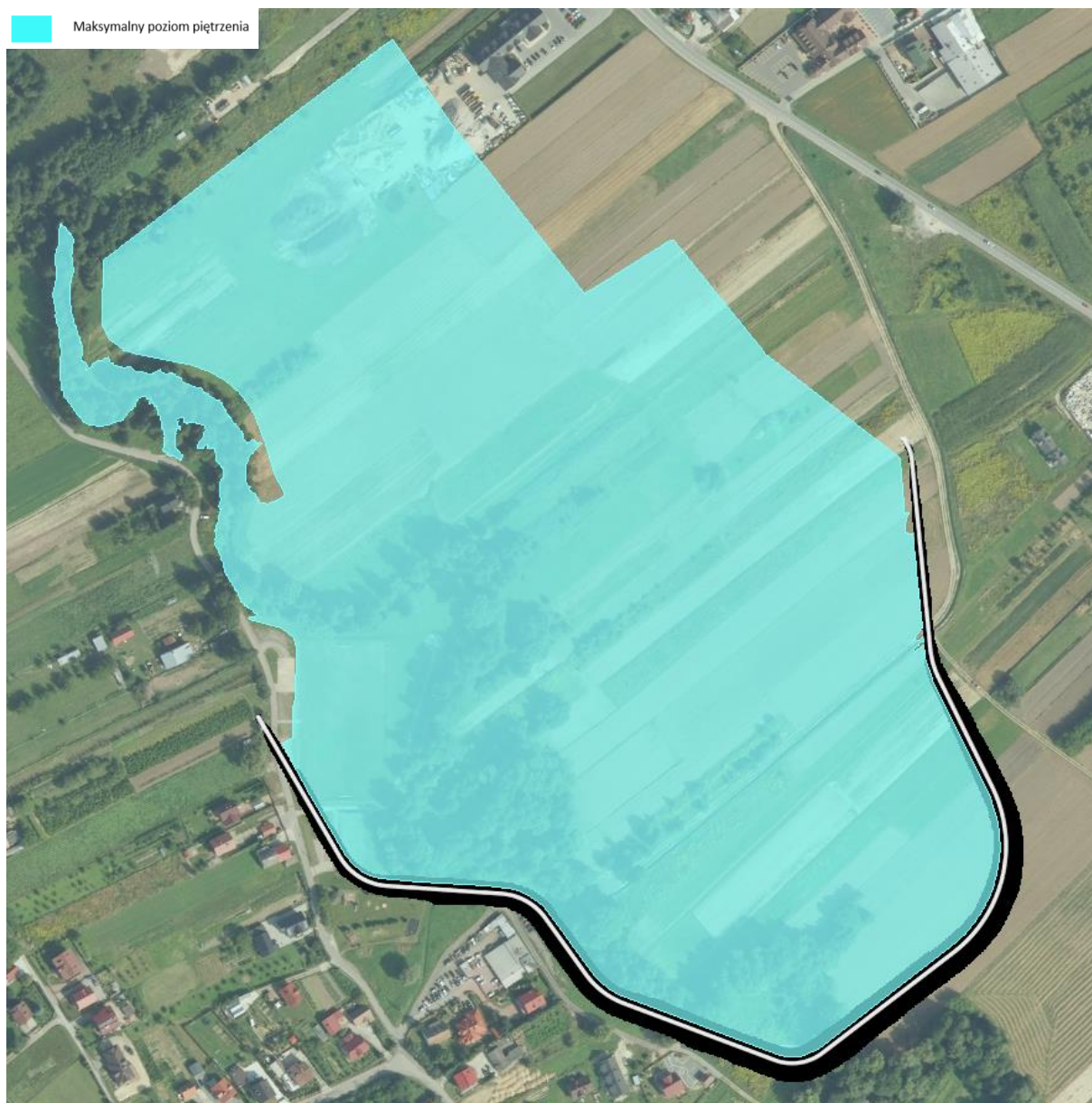


Rys.43 Zbiornik 1 z widokiem na zbiornik 2 – Prądnik WARIANT 1

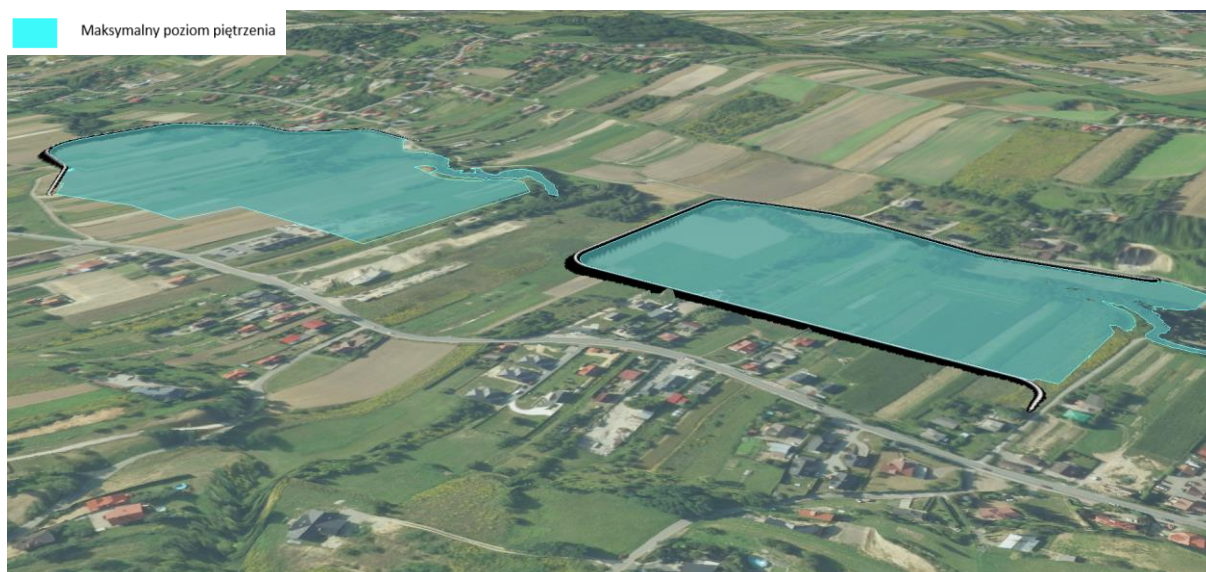


Rys.44 Zbiornik 1 – Prądnik WARIANT 1





Rys.45 Zbiornik 1 – Prądnik WARIANT 1



Rys.46 Zbiornik 2 z widokiem na zbiornik 1 – Prądnik WARIANT 1

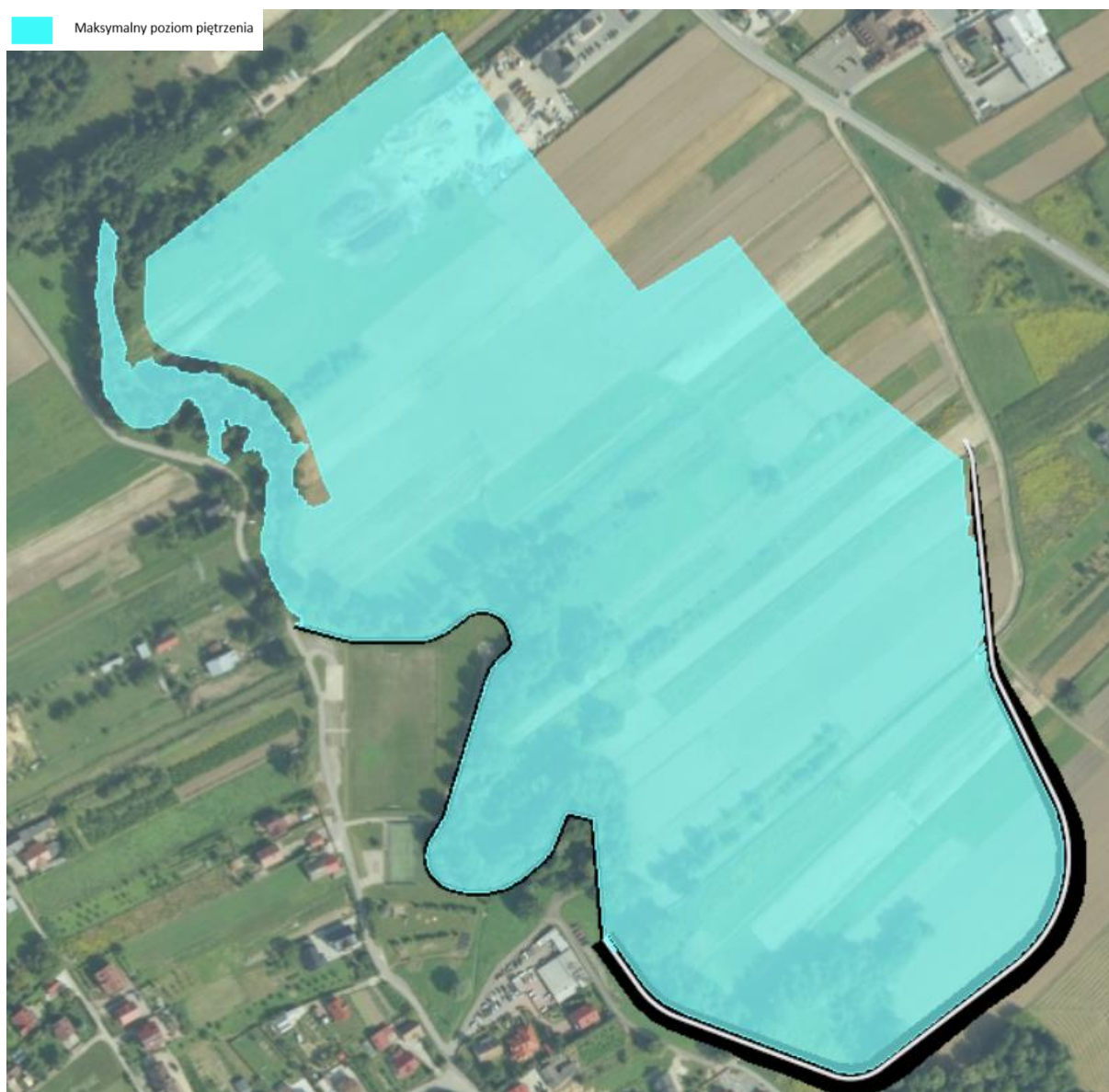
WARIANT 2 - Prądnik – 2 zbiorniki w układzie kaskadowym



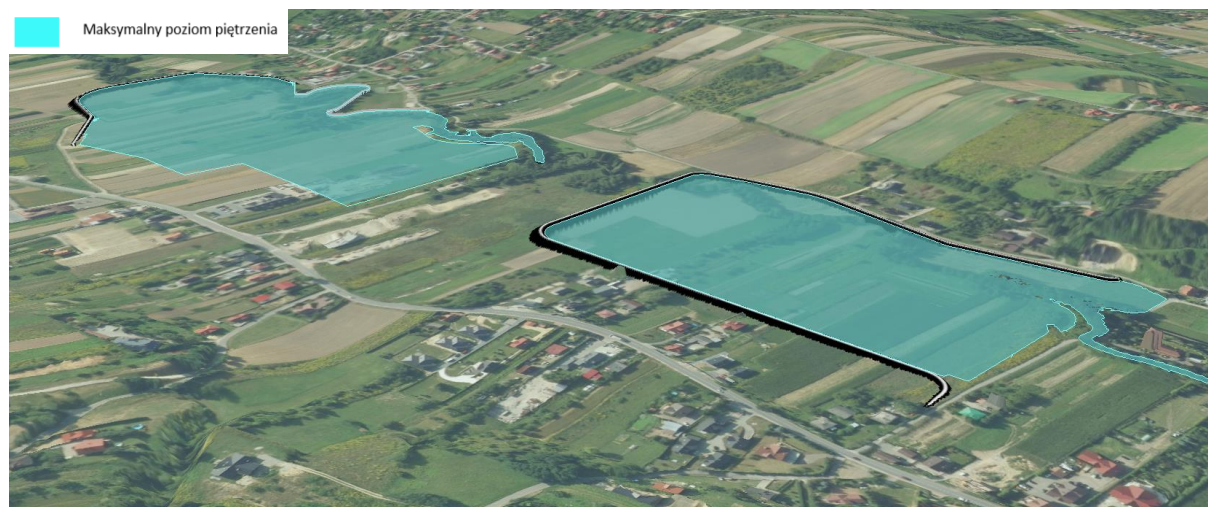
Rys.47 Zbiornik 1 z widokiem na zbiornik 2 – Prądnik WARIANT 2



Rys.48 Zbiornik 1 – Prądnik WARIANT 2



Rys.49 Zbiornik 1 – Prądnik WARIANT 2



Rys.50 Zbiornik 2 z widokiem na zbiornik 1 – Prądnik WARIANT 2

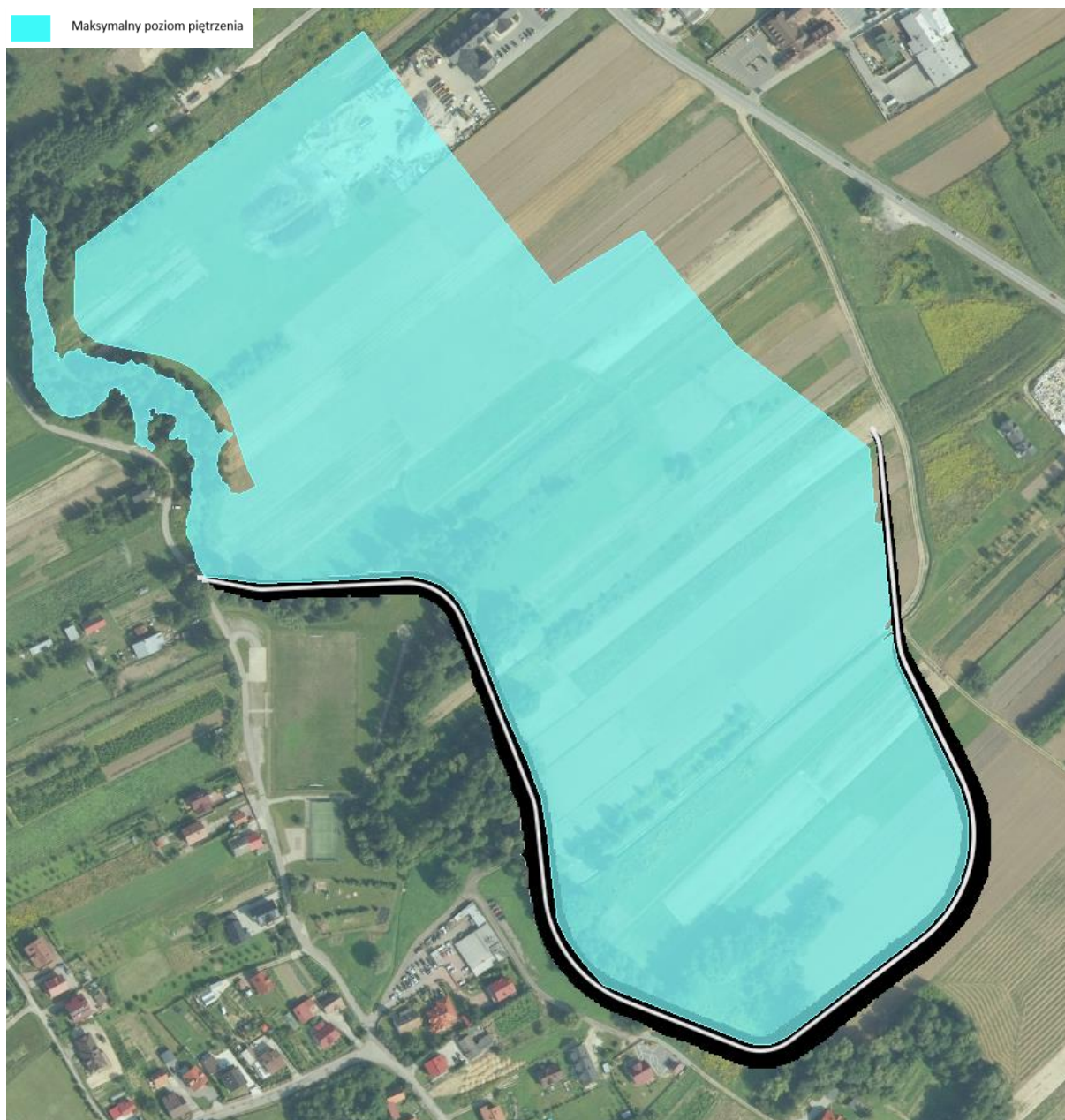
### WARIANT 3 - Prądnik – 2 zbiorniki w układzie kaskadowym



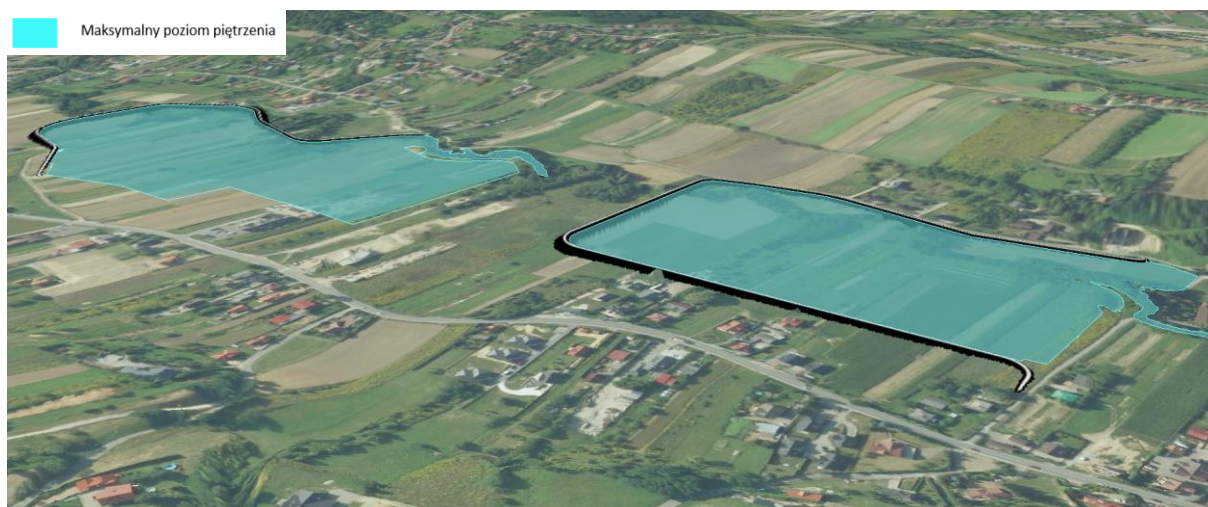
Rys.51 Zbiornik 1 z widokiem na zbiornik 2 – Prądnik WARIANT 3



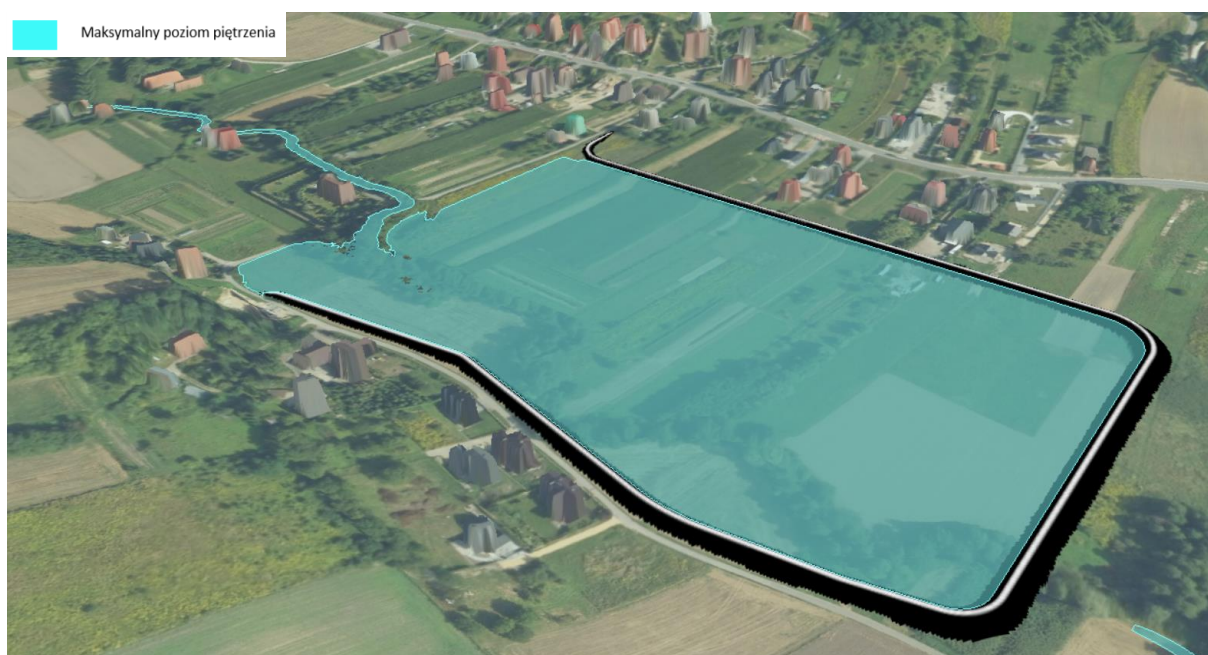
Rys.52 Zbiornik 1 – Prądnik WARIANT 3



Rys.53 Zbiornik 1 – Prądnik WARIANT 3



Rys.54 Zbiornik 2 z widokiem na zbiornik 1 – Prądnik WARIANT 3



Rys.55 Zbiornik 2 – Prądnik





Rys.56 Zbiornik 2 – Prądnik

Garliczka – Zbiornik 3



Rys.57 Zbiornik 3 - Garliczka



Rys.58 Zbiornik 3 - Garliczka



Rys.59 Zbiornik 3 - Garliczka

Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękwowie i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki

### 3.2. Parametry zbiorników i zapór

Poniżej przedstawiono parametry zbiorników i zapór. Zbiornik 1 i zapora 1 na Prądniku została zaprojektowana w 3 wariantach.

#### 3.2.1. Prądnik – ZBIORNIK 1

##### W WARIANCIE 1

Zaporę 1 o wysokości ok. 6 m zaproponowano w km 12+713 Prądnika.

##### **Parametry zapory 1**

Klasa budowli	III
Wysokość zapory	6 m
Długość zapory czołowej	183 m
Długość zapory bocznej lewej	215 m
Długość zapory bocznej prawej	412 m
Rzędna korony zapory	244 m n.p.m.
Nachylenie skarpy odwodnej	1:2.5
Nachylenie skarpy odpowietrznej	1:2
Kubatura nasypu zapory	25500 m <sup>3</sup>

##### **Parametry zbiornika**

Rzędna MaxPP	243.00 m n.p.m.
Powierzchnia zalewu przy MaxPP	19.23 ha
Pojemność powodziowa	0.45675 mln m <sup>3</sup>

##### W WARIANCIE 2

Zaporę 1 o wysokości ok. 6 m zaproponowano w km 12+713 Prądnika.

##### **Parametry zapory 1**

Klasa budowli	III
Wysokość zapory	6 m
Długość zapory czołowej	183 m
Długość zapory bocznej lewej	215 m
Długość zapory bocznej prawej	175 m
Rzędna korony zapory	244 m n.p.m.
Nachylenie skarpy odwodnej	1:2.5

Nachylenie skarpy odpowietrznej	1:2
Kubatura nasypu zapory	21600 m <sup>3</sup>
Kubatura muru	3700 m <sup>3</sup>
Długość muru	492 m

#### **Parametry zbiornika**

Rzędna MaxPP	243.00 m n.p.m.
Powierzchnia zalewu przy MaxPP	18.12 ha
Pojemność powodziowa	0.44369 mln m <sup>3</sup>

### **W WARIANCIE 3**

Zaporę 1 o wysokości ok. 6 m zaproponowano w km 12+713 Prądnika.

#### **Parametry zapory 1**

Klasa budowli	III
Wysokość zapory	6 m
Długość zapory czołowej	183 m
Długość zapory bocznej lewej	242 m
Długość zapory bocznej prawej	517 m
Rzędna korony zapory	244 m n.p.m.
Nachylenie skarpy odwodnej	1:2.5
Nachylenie skarpy odpowietrznej	1:2
Kubatura nasypu zapory	31400 m <sup>3</sup>

#### **Parametry zbiornika**

Rzędna MaxPP	243.00 m n.p.m.
Powierzchnia zalewu przy MaxPP	16.65 ha
Pojemność powodziowa	0.41871 mln m <sup>3</sup>

### 3.2.2. Prądnik – ZBIORNIK 2

Zapora 2 o wysokości ok. 5 m zaproponowano w km 14+215 Prądnika.

#### **Parametry zapory 2**

Klasa budowli	III
Wysokość zapory	5 m

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękwowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

Długość zapory czołowej	227 m
Długość zapory bocznej lewej	407 m
Długość zapory bocznej prawej	397 m
Rzędna korony zapory	248.5 m n.p.m.
Nachylenie skarpy odwodnej	1:2.5
Nachylenie skarpy odpowietrznej	1:2
Kubatura nasypu zapory	34300 m <sup>3</sup>

### **Parametry zbiornika**

Rzędna MaxPP	247.50 m n.p.m.
Powierzchnia zalewu przy MaxPP	9.31 ha
Pojemność powodziowa	0.22358 mln m <sup>3</sup>

### 3.2.3. Garliczka – ZBIORNIK 3

Zapora 3 o wysokości ok. 8 m zaproponowano w km 2+802 Garliczki.

### **Parametry zapory 3**

Klasa budowli	III
Wysokość zapory	8 m
Długość zapory	248 m
Rzędna korony zapory	252 m n.p.m.
Nachylenie skarpy odwodnej	1:2.5
Nachylenie skarpy odpowietrznej	1:2
Kubatura nasypu zapory	18700 m <sup>3</sup>

### **Parametry zbiornika 3**

Rzędna MaxPP	251.00 m n.p.m.
Powierzchnia zalewu przy MaxPP	7.92 ha
Pojemność powodziowa	0.29346 mln m <sup>3</sup>

### 3.3. Krzywe pojemności oraz parametry zbiorników

W oparciu o Numeryczny Model Terenu (NMT) ustalono zależności pomiędzy rozpatrywanymi poziomami piętrzenia, a wartością powierzchni zalewu i pojemnością zbiornika.

Analizując pojemność zbiornika wzięto pod uwagę uwarunkowania zarówno hydrologiczne, topograficzne, geologiczne jak i planowane inwestycje. Zaproponowano lokalizację kaskady 2 zbiorników na Prądniku oraz 1 zbiornika na Garliczce wraz z ukształtowaniem czaszy zbiorników w obu przypadkach.

Z uwzględnieniem krzywej pojemności zbiornika i powierzchni zalewu określono rzędną maksymalnego poziomu piętrzenia (MaxPP) oraz maksymalną pojemność zbiornika.

#### 3.3.1. Prądnik – krzywa pojemności - ZBIORNIK 1

##### W WARIANCIE 1

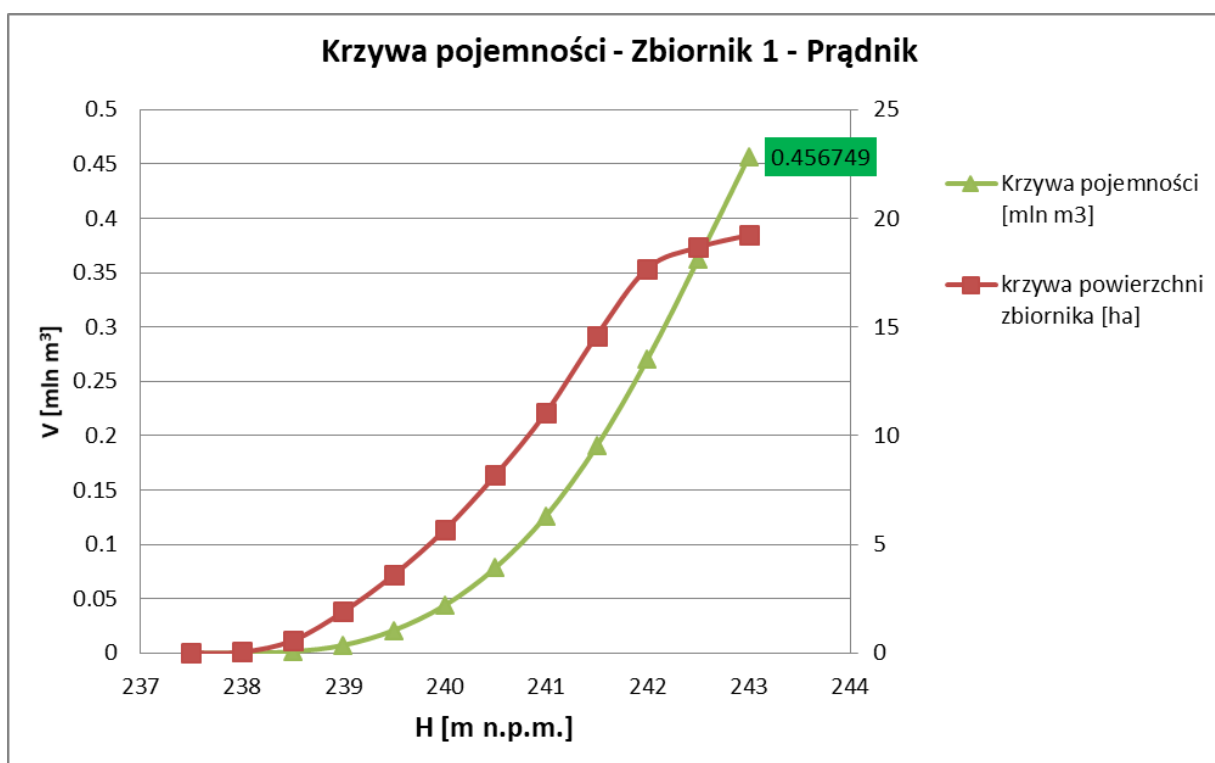
Przy założonym maksymalnym poziomie piętrzenia na rzędnej **243.00 m n.p.m.** objętość powodziowa wynosi  **$V_p=0.45675$  mln m<sup>3</sup>**.

Przy tak przyjętej rzędnej MaxPP w celu ograniczenia zasięgu zwierciadła wody konieczna będzie budowa wału w celu zabezpieczenia posesji zlokalizowanych w sąsiedztwie cofki oraz kształtowanie czaszy zbiornika. Przyjęcie odpowiedniego rozwiązania powinno odbyć się w fazie projektu budowlanego.



Tab. 5 Krzywa pojemności zbiornika 1 w wariancie 1

Krzywa pojemności - zbiornik 1 - Prądnik		
[m n.p.m.]	[ha]	[mln m <sup>3</sup> ]
237.5	0.00398	0
238	0.051	0.00013
238.5	0.575	0.00139
239	1.907	0.00731
239.5	3.61	0.02103
240	5.67	0.04392
240.5	8.19	0.07848
241	11.07	0.12622
241.5	14.61	0.19047
242	17.7	0.27039
242.5	18.67	0.36200
MaxPP	243	19.23
		0.45675



Rys.60 Krzywa pojemności zbiornika 1 w wariancie 1

- Klasa budowli

Klasę budowli na projektowanym zbiorniku określono według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie Dz. U. 2007 r. Nr 86 poz. 579. Ze względu na wysokość piętrzenia projektowaną budowlę zaliczono do **budowli klasy III.**

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękwowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

Ostatecznie przyjęto min. rzędną korony zapory **244.00 m n.p.m.**

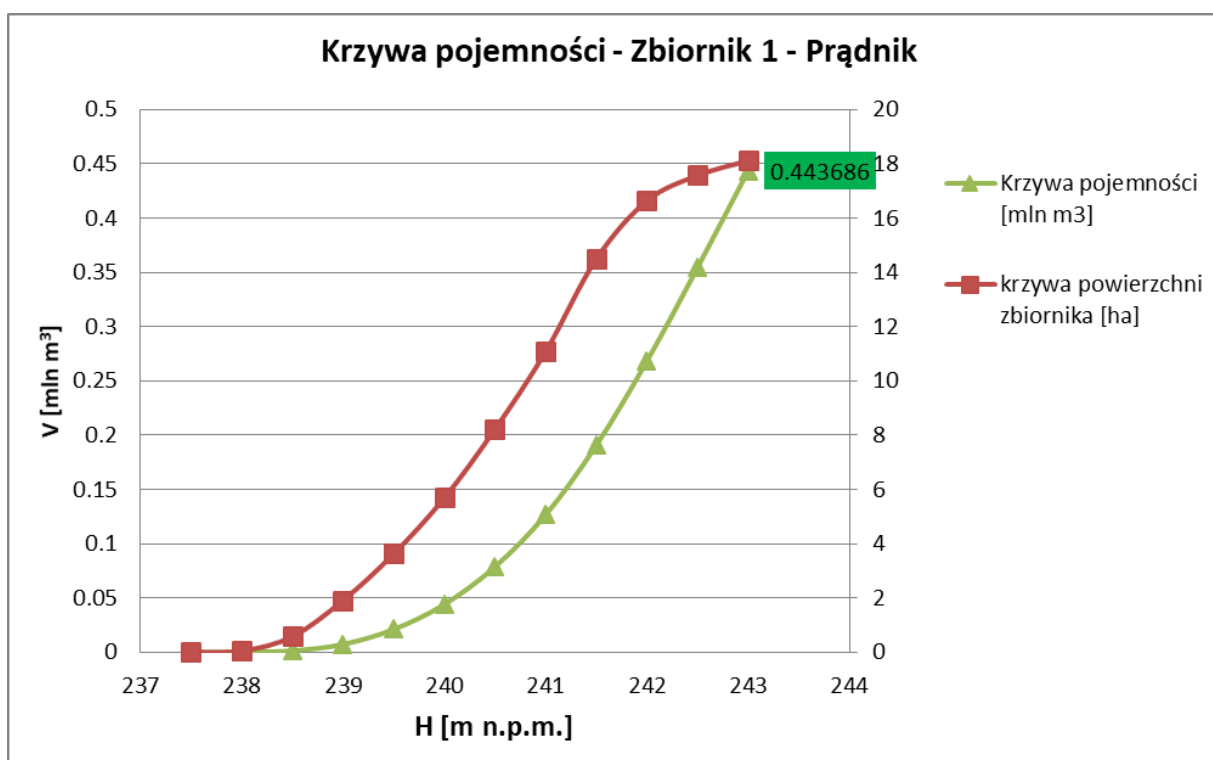
### W WARIANCIE 2

Przy założonym maksymalnym poziomie piętrzenia na rzędnej **243.00 m n.p.m.** objętość powodziowa wynosi  **$V_p=0.44369$  mln m<sup>3</sup>.**

Przy tak przyjętej rzędnej MaxPP w celu ograniczenia zasięgu zwierciadła wody konieczna będzie budowa wału oraz muru oporowego w celu zabezpieczenia posesji zlokalizowanych w sąsiedztwie cofki oraz kształtowanie czaszy zbiornika. Przyjęcie odpowiedniego rozwiązania powinno odbyć się w fazie projektu budowlanego.

Tab. 6 Krzywa pojemności zbiornika 1 w wariacie 2

Krzywa pojemności - zbiornik 1 - Prądnik		
[m n.p.m.]	[ha]	[mln m <sup>3</sup> ]
237.5	0.00474	0
238	0.0519	0.00014
238.5	0.578	0.00142
239	1.914	0.00736
239.5	3.626	0.02113
240	5.69	0.04413
240.5	8.22	0.07880
241	11.08	0.12665
241.5	14.49	0.19063
242	16.64	0.26827
242.5	17.57	0.35447
MaxPP	243	18.12
		0.44369



Rys.61 Krzywa pojemności zbiornika 1 w wariacie 2

- Klasa budowli

Klasę budowli na projektowanym zbiorniku określono według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie Dz. U. 2007 r. Nr 86 poz. 579. Ze względu na wysokość piętrzenia projektowaną budowlę zaliczono do **budowli klasy III.**

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękwowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

Ostatecznie przyjęto min. rzędną korony zapory **244.00 m n.p.m.**

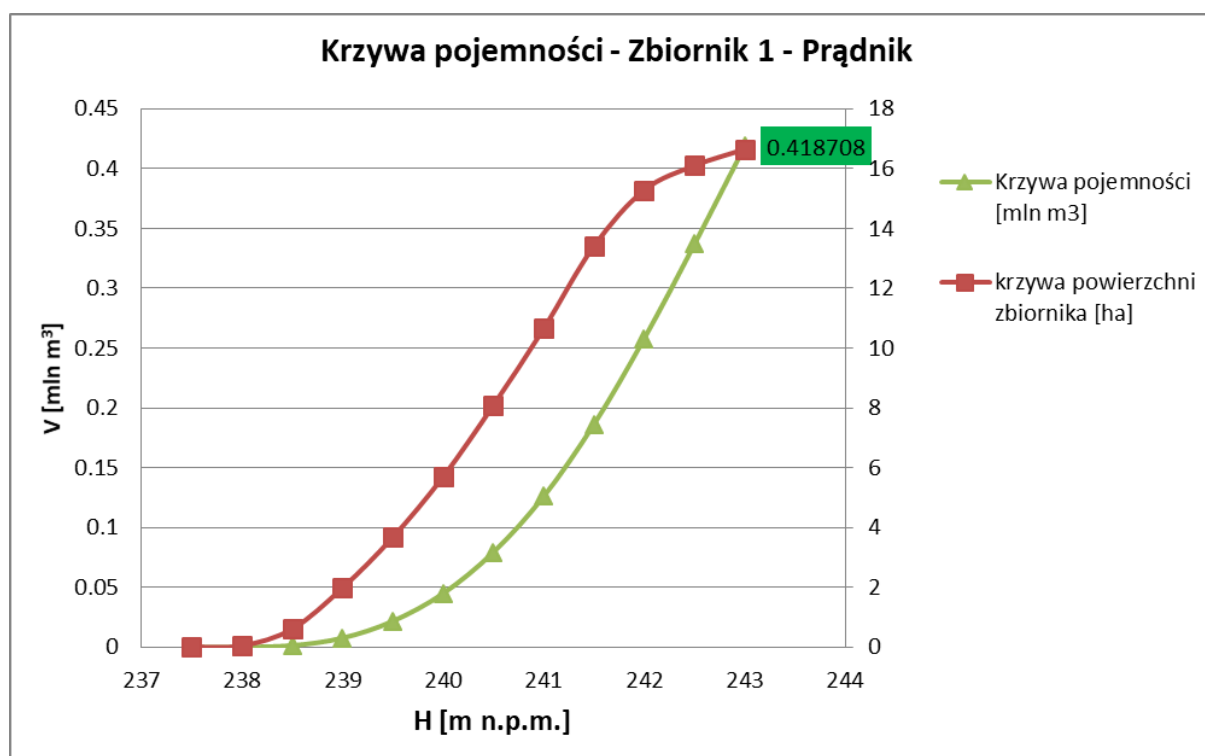
### W WARIANCIE 3

Przy założonym maksymalnym poziomie piętrzenia na rzędnej **243.00 m n.p.m.** objętość powodziowa wynosi  **$V_p=0.41871$  mln m<sup>3</sup>.**

Przy tak przyjętej rzędnej MaxPP w celu ograniczenia zasięgu zwierciadła wody konieczna będzie budowa wału w celu zabezpieczenia posesji zlokalizowanych w sąsiedztwie cofki oraz kształtowanie czaszy zbiornika. Przyjęcie odpowiedniego rozwiązania powinno odbyć się w fazie projektu budowlanego.

Tab. 7 Krzywa pojemności zbiornika 1 w wariancie 3

Krzywa pojemności - zbiornik 1 - Prądnik			
[m n.p.m.]	[ha]	[mln m <sup>3</sup> ]	
237.5	0.0043	0	
238	0.0526	0.00014	
238.5	0.611	0.00149	
239	1.988	0.00770	
239.5	3.679	0.02180	
240	5.7	0.04496	
240.5	8.09	0.07941	
241	10.65	0.12601	
241.5	13.41	0.18628	
242	15.28	0.25790	
242.5	16.1	0.33681	
MaxPP	243	16.65	0.41871



Rys.62 Krzywa pojemności zbiornika 1 w wariancie 3

- Klasa budowli

Klasę budowli na projektowanym zbiorniku określono według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie Dz. U. 2007 r. Nr 86 poz. 579. Ze względu na wysokość piętrzenia projektowaną budowlę zaliczono do **budowli klasy III.**

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękwowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

Ostatecznie przyjęto min. rzędną korony zapory **244.00 m n.p.m.**

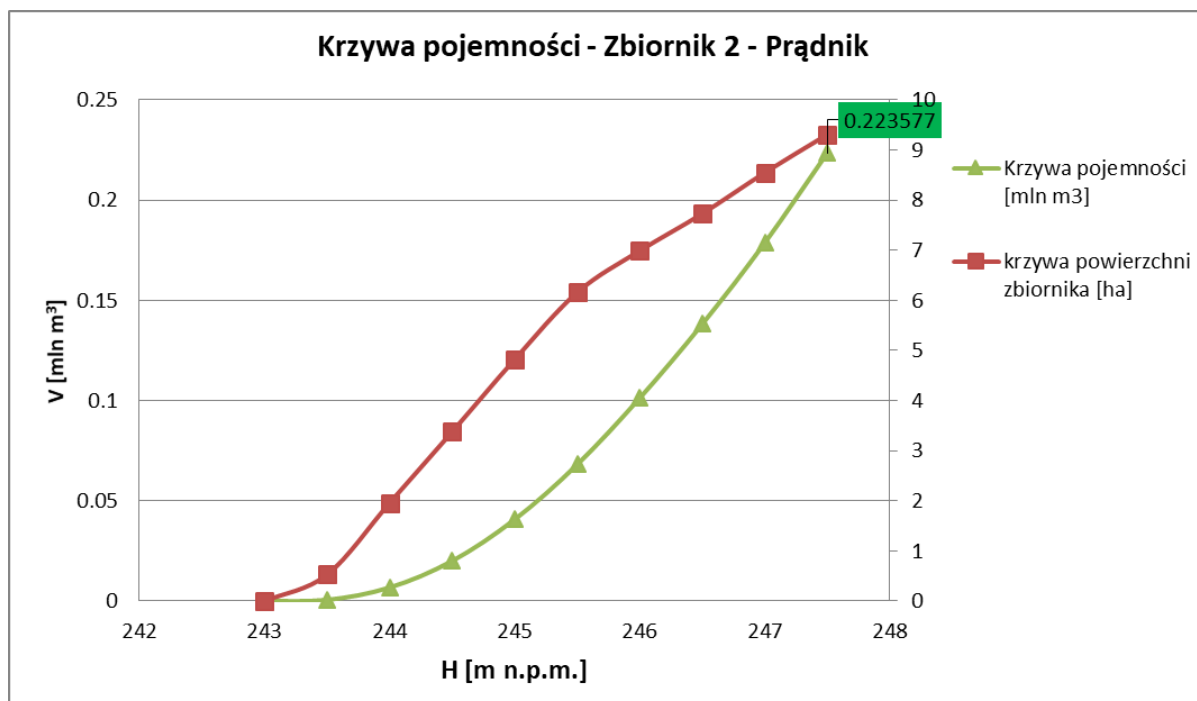
### 3.3.2. Prądnik – krzywa pojemności - ZBIORNIK 2

Zbiornik 2 zlokalizowany jest bezpośrednio powyżej zbiornika 1 również w rejonie lokalizacji wskazanej w PZRP. Przy założonym maksymalnym poziomie piętrzenia na rzędnej **247.50 m n.p.m.** objętość powodziowa wynosi  $V_p=0.22358 \text{ mln m}^3$ . Budowa drugiej zapory z korycie wynika z dążenia do maksymalizacji pojemności retencyjnej na wskazanym obszarze.

Przy tak przyjętej rzędnej MaxPP w celu ograniczenia zasięgu zwierciadła wody konieczna będzie budowa wału w celu zabezpieczenia posesji zlokalizowanych w sąsiedztwie cofki oraz kształtowanie czaszy zbiornika. Przyjęcie odpowiedniego rozwiązania powinno odbyć się w fazie projektu budowlanego.

Tab. 8 Krzywa pojemności zbiornika 2

Krzywa pojemności - zbiornik 2 - Prądnik		
[m n.p.m.]	[ha]	[mln m <sup>3</sup> ]
243	0	0
243.5	0.528	0.00062
244	1.96	0.00679
244.5	3.379	0.02005
245	4.822	0.04073
245.5	6.16	0.06812
246	6.99	0.10132
246.5	7.73	0.13814
247	8.55	0.17871
MaxPP	247.5	9.31
		0.22358



Rys.63 Krzywa pojemności zbiornika 2

- Klasa budowli

Klasę budowli na projektowanym zbiorniku określono według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie Dz. U. 2007 r. Nr 86 poz. 579. Ze względu na wysokość piętrzenia projektowaną budowlę zaliczono do **budowli klasy III.**

Ostatecznie przyjęto min. rzędną korony zapory **248.50 m n.p.m.**

### 3.3.3. Garliczka – krzywa pojemności - ZBIORNIK 3

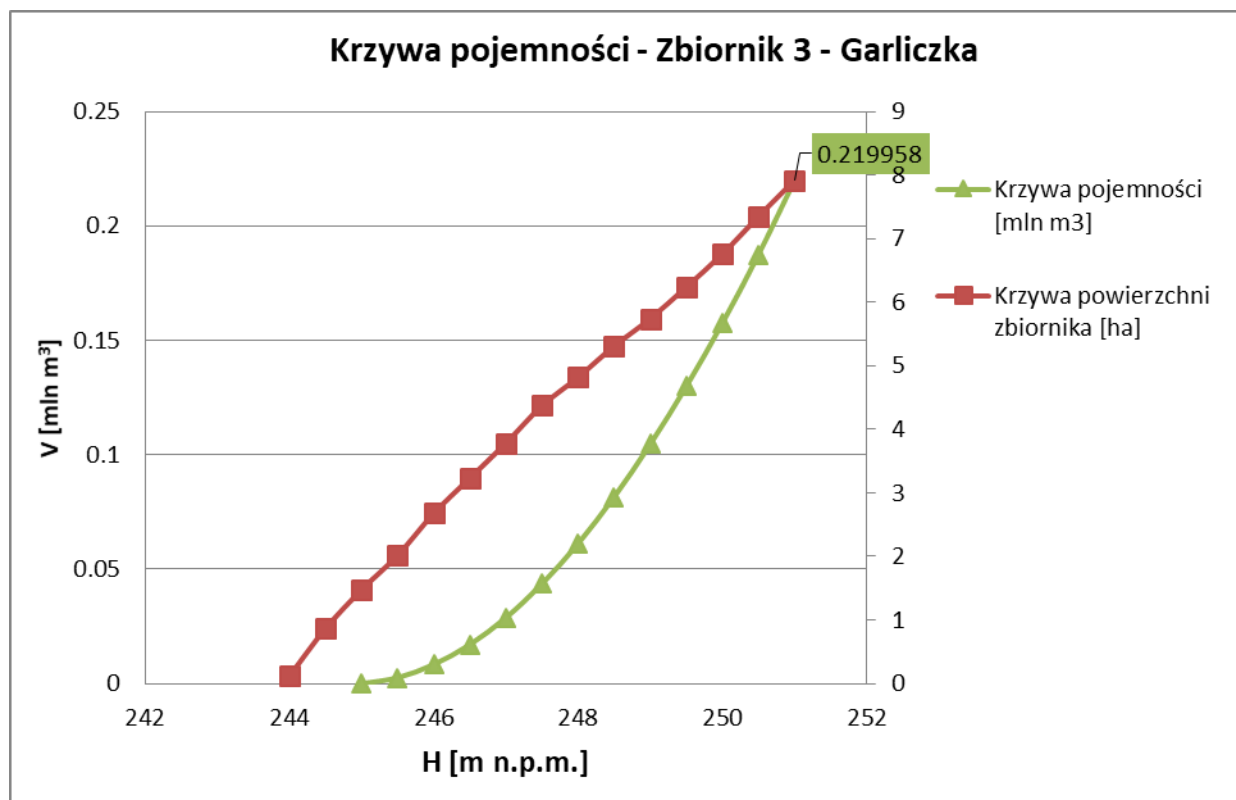
Przy założonym maksymalnym poziomie piętrzenia na rzędnej **251,00 m n.p.m.** objętość powodziowa wynosi  **$V_p=0,29346$  mln m<sup>3</sup>**.

Przy tak przyjętej rzędnej MaxPP w celu ograniczenia zasięgu zwierciadła wody konieczne będzie kształtowanie czaszy zbiornika. Przyjęcie odpowiedniego rozwiązania powinno odbyć się w fazie projektu budowlanego.

Tab. 9 Krzywa pojemności zbiornika 3

Krzywa pojemności - zbiornik 3 - Garliczka		
[m n.p.m.]	[ha]	[mln m <sup>3</sup> ]
244	0.1177	0
244.5	0.864	0.00256
245	1.476	0.00832
245.5	2.018	0.01701
246	2.677	0.02877
246.5	3.231	0.04361
247	3.783	0.06114
247.5	4.371	0.08155
248	4.819	0.10459
248.5	5.31	0.12992
249	5.74	0.15755
249.5	6.24	0.18752
250	6.76	0.21996
250.5	7.35	0.25531
MaxPP	251	0.29346





Rys.64 Krzywa pojemności zbiornika 3

- Klasa budowli

Klasę budowli na projektowanym zbiorniku określono według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie Dz. U. 2007 r. Nr 86 poz. 579. Ze względu na wysokość piętrzenia projektowaną budowlę zaliczono do **budowli klasy III.**

Ostatecznie przyjęto min. rzędną korony zapory **252.00 m n.p.m.**

## 4. OBLICZENIA HYDRAULICZNE – SYMULACJE PRACY ZBIORNIKÓW

Symulacje pracy zbiorników przy przejściu fal powodziowych (prezentowane poniżej wykresy dotyczące fal o kulminacji  $p=1\%$  - woda stuletnia, (najbardziej niekorzystne objętościowo fale, o najwyższych kulminacjach, wynikające z opadu o czasie trwania odpowiadającym czasowi koncentracji w zlewni), odpowiednich do oszacowania redukcji zagrożenia powodziowego prowadzono przy pomocy oprogramowania, umożliwiającego dynamiczne w czasie modelowanie zbiornika retencyjnego i pracy urządzeń spustowo-przelewowych (o geometrii, wynikającej z optymalizacji). Symulację na Prądniku przeprowadzono dla zbiorników w wariantcie 1.

### 4.1. Redukcja kulminacji fal

#### PRĄDNIK

##### Zbiornik 1

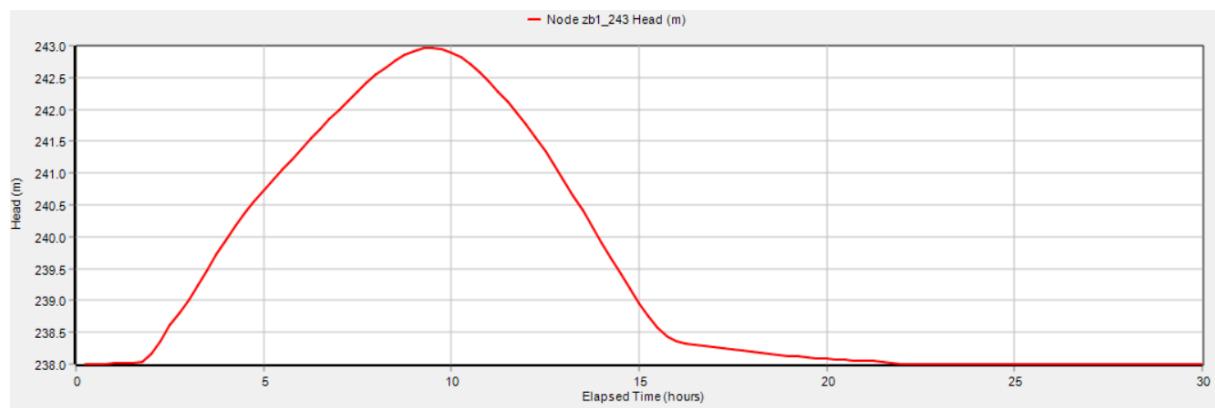
Rzędna dna zbiornika – 238 m n.p.m.

MaxPP – 243 m n.p.m.

Rzędna przelewu – 242.8 m n.p.m.

Szerokość przelewu – 2 m

Upust 3.95 m x 3 m [b x h]



Rys.65 Napętnienie w zbiorniku 1 na Prądniku -  $p1\%6h$

##### Zbiornik 2

Rzędna dna zbiornika – 243.5 m n.p.m.

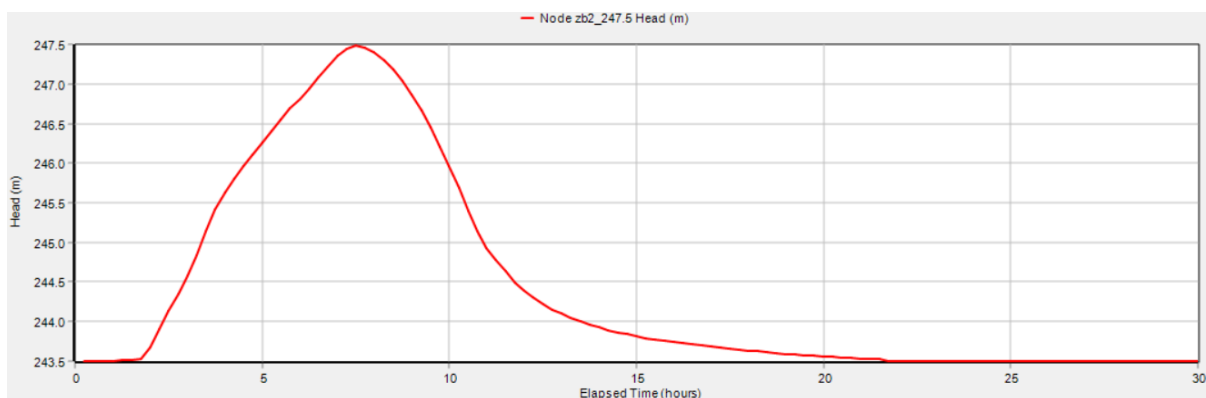
MaxPP – 247.5 m n.p.m.

Rzędna przelewu – 247.3 m n.p.m.

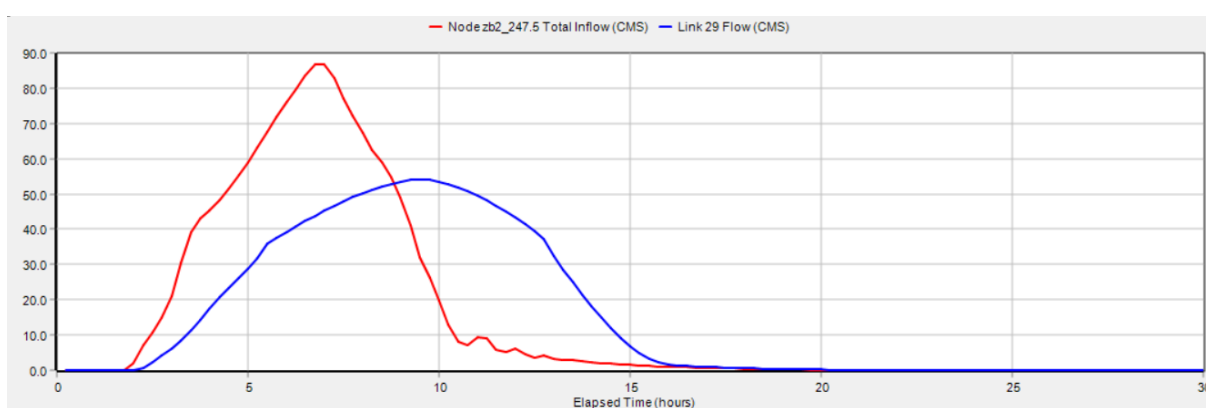
Szerokość przelewu – 2 m

Upust 5 m x 3.2 m [b x h]

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękwowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*



Rys.66 Napełnienie w zbiorniku 2 na Prądniku - p1%6h



Rys.67 Redukcja fali – Prądnik - p1%6h

## GARLICZKA

### Zbiornik 3

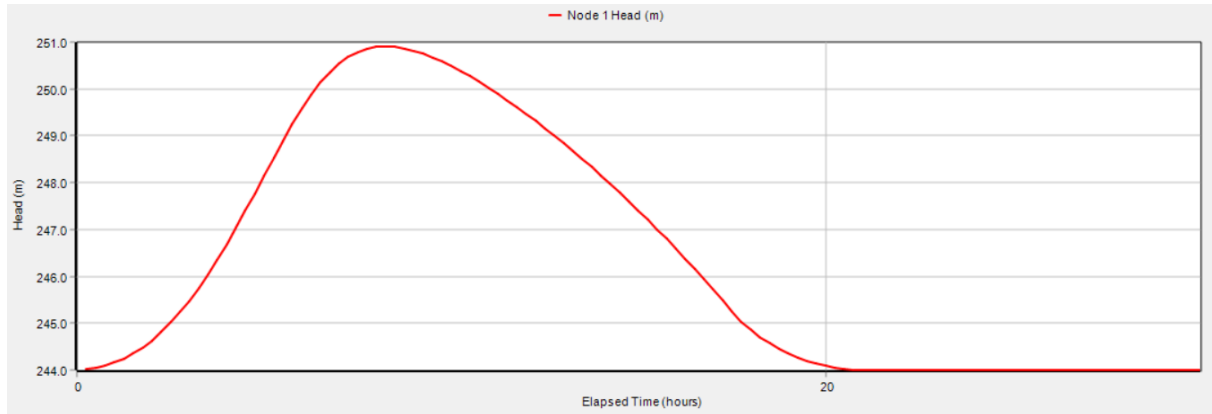
Rzędna dna zbiornika – 244 m n.p.m.

MaxPP – 251 m n.p.m.

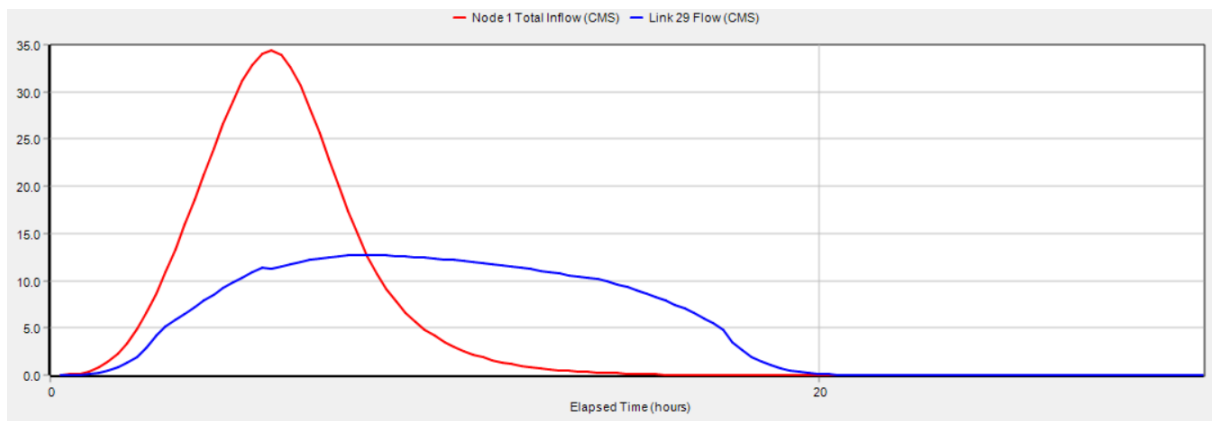
Rzędna przelewu – 250.8 m n.p.m.

Szerokość przelewu – 1 m

Upust 1.6 m x 1.2 m [b x h]



Rys.68 Napętnienie w zbiorniku 3 na Garliczce - p1%6h



Rys.69 Redukcja fali – Garliczka - p1%6h

#### 4.2. Podsumowanie redukcji przepływu dla wszystkich scenariuszy

W tabeli poniżej zestawiono stopień redukcji przepływów maksymalnych oraz napełnienie z zbiornikach dla kilku analizowanych scenariuszy opadowych.

Z uwagi na fakt, że zbiorniki powinny pracować bezobsługowo wymiarowanie urządzeń przelewowo-spustowych przyjęto, mając na celu maksymalizację stopnia redukcji dla przepływu  $Q_{\max 1\%}$ . Przy takim podejściu (z uwagi na dużą przepustowość upustów), stopień redukcji dla fal o kulminacjach mniejszych niż  $Q_{\max 1\%}$  jest mniejszy.

Tab. 10 Stopień redukcji przepływów maksymalnych oraz napełnienia w zbiornikach – Prądnik - zbiorniki zwymiarowane na wodę o prawdopodobieństwie p1%

prawdopodobieństwo p%	Czas trwania opadu	Objętość hydrogramu	Prądnik - przepływ	redukcja przepływu - Prądnik	Redukcja przepływu	Napełnienie zbiornika 1	Napełnienie zbiornika 2
	[h]	[mln m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[%]	[ m n.p.m.]	[ m n.p.m.]
1	3	1.309	77.60	49.42	36	242.45	247.05
	<b>6</b>	<b>1.616</b>	<b>86.87</b>	<b>54.11</b>	<b>38</b>	<b>242.97</b>	<b>247.48</b>
	12	1.971	74.53	54.07	27	242.97	247.12
	24*	0.937	26.45	24.81	6	240.43	245.36
10	3	0.508	34.74	25.57	26	240.48	245.48
	6	0.681	35.97	30.82	14	240.83	245.74
	12	0.895	36.84	32.62	11	240.94	245.79
	24*	0.249	7.10	3.54	50	238.66	244.00

\* w przypadku opadu dobowego przyjęto stopień uwilgotnienia gleby na poziomie AMC I

Tab. 11 Stopień redukcji przepływów maksymalnych oraz napełnienia w zbiorniku- Garliczka - zbiornik zwymiarowany na wodę o prawdopodobieństwie p1%

Prawdopodobieństwo p%	Czas trwania opadu	Objętość hydrogramu	Garliczka - przepływ	redukcja przepływu - Garliczka	Redukcja przepływu	Napełnienie zbiornika 3
	[h]	[mln m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[%]	[ m n.p.m.]
1	3	0.470	35.19	12.18	65	250.29
	6	0.569	34.41	12.76	63	250.91
	<b>12</b>	<b>0.684</b>	<b>26.38</b>	<b>12.97</b>	<b>51</b>	<b>250.96</b>
	24*	0.376	10.42	8.5	18	246.96
10	3	0.203	15.54	8.92	43	247.19
	6	0.263	16.93	9.73	43	247.68
	12	0.336	14.42	9.82	32	247.73
	24*	0.125	3.59	3.49	3	245.10

\* w przypadku opadu dobowego przyjęto stopień uwilgotnienia gleby na poziomie AMC I

W przypadku, gdyby założyć, że zbiornik powinien chronić tereny położone poniżej niego przed powodzią mniejszymi niż woda stuletnia oraz odpowiednio zwymiarować urządzenia upustowe.

Tab. 12 Stopień redukcji przepływów maksymalnych oraz napełnienia w zbiornikach – Prądnik – zbiorniki zwy-  
miarowane na wodę o prawdopodobieństwie p10%

prawdopodobieństwo p%	Czas trwania opadu	Objętość hydrogramu	Prądnik - przepływ	redukcja przepływu - Prądnik	Redukcja przepływu	Napełnienie zbiornika 1	Napełnienie zbiornika 2
	[h]	[mln m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[%]	[ m n.p.m.]	[ m n.p.m.]
10	3	0.508	34.74	10.64	69	241.84	246.44
	6	0.681	35.97	12.19	66	242.43	247.16
	<b>12</b>	<b>0.895</b>	<b>36.84</b>	<b>13.25</b>	<b>64</b>	<b>243.00</b>	<b>247.50</b>
	24*	0.249	7.10	3.23	55	239.22	244.11

\* w przypadku opadu dobowego przyjęto stopień uwilgotnienia gleby na poziomie AMC I

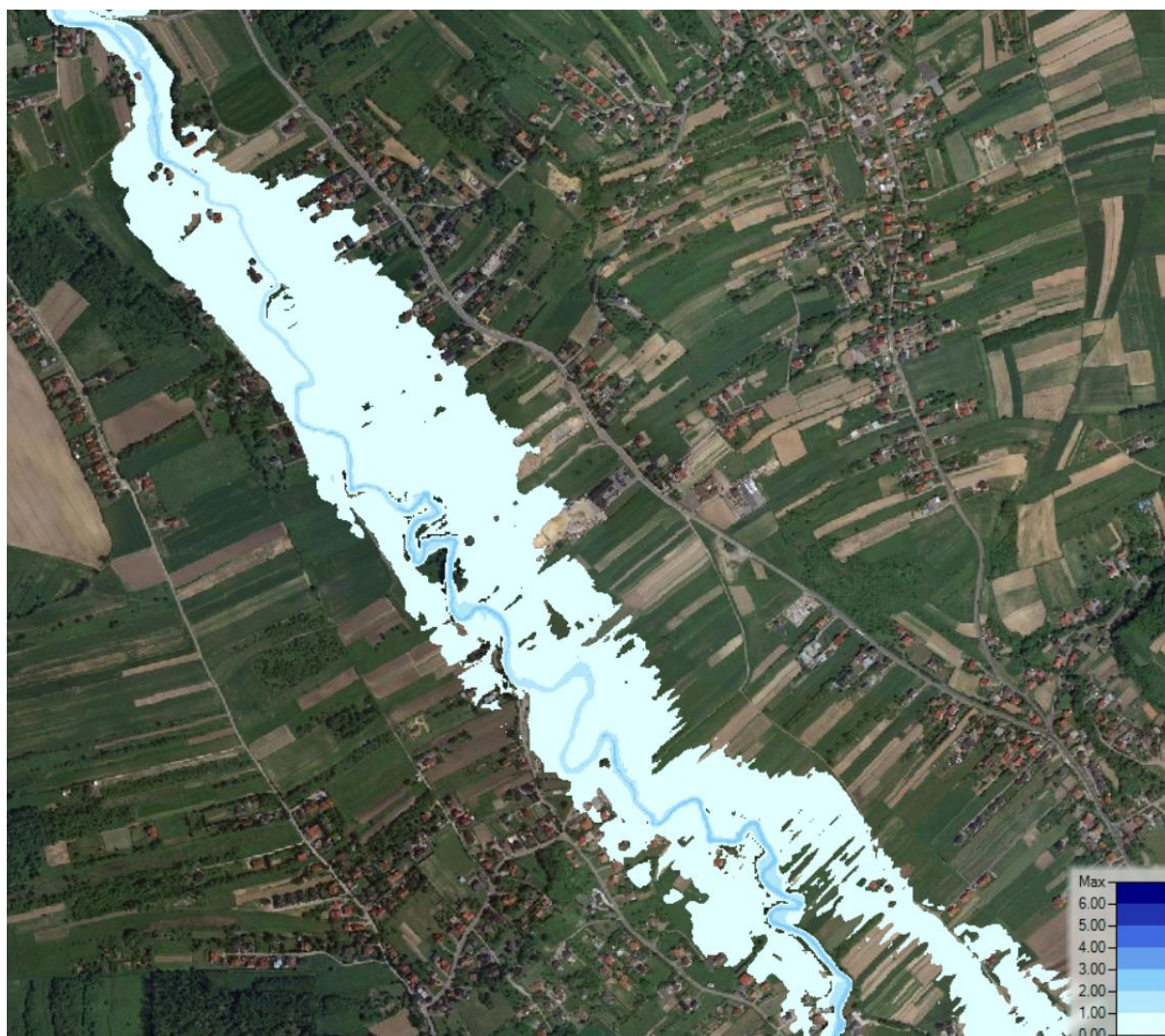
Tab. 13 Stopień redukcji przepływów maksymalnych oraz napełnienia w zbiornikach – Garliczka – zbiornik zwy-  
miarowany na wodę o prawdopodobieństwie p10%

prawdopodobieństwo p%	Czas trwania opadu	Objętość hydrogramu	Garliczka - przepływ	redukcja przepływu - Garlicz- ka	Redukcja przepływu	Napełnienie zbiornika 3
	[h]	[mln m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[%]	[ m n.p.m.]
10	3	0.203	15.54	0.99	94	249.30
	6	0.263	16.93	1.06	94	250.14
	<b>12</b>	<b>0.336</b>	<b>14.42</b>	<b>1.25</b>	<b>91</b>	<b>250.97</b>
	24*	0.125	3.59	0.84	77	247.51

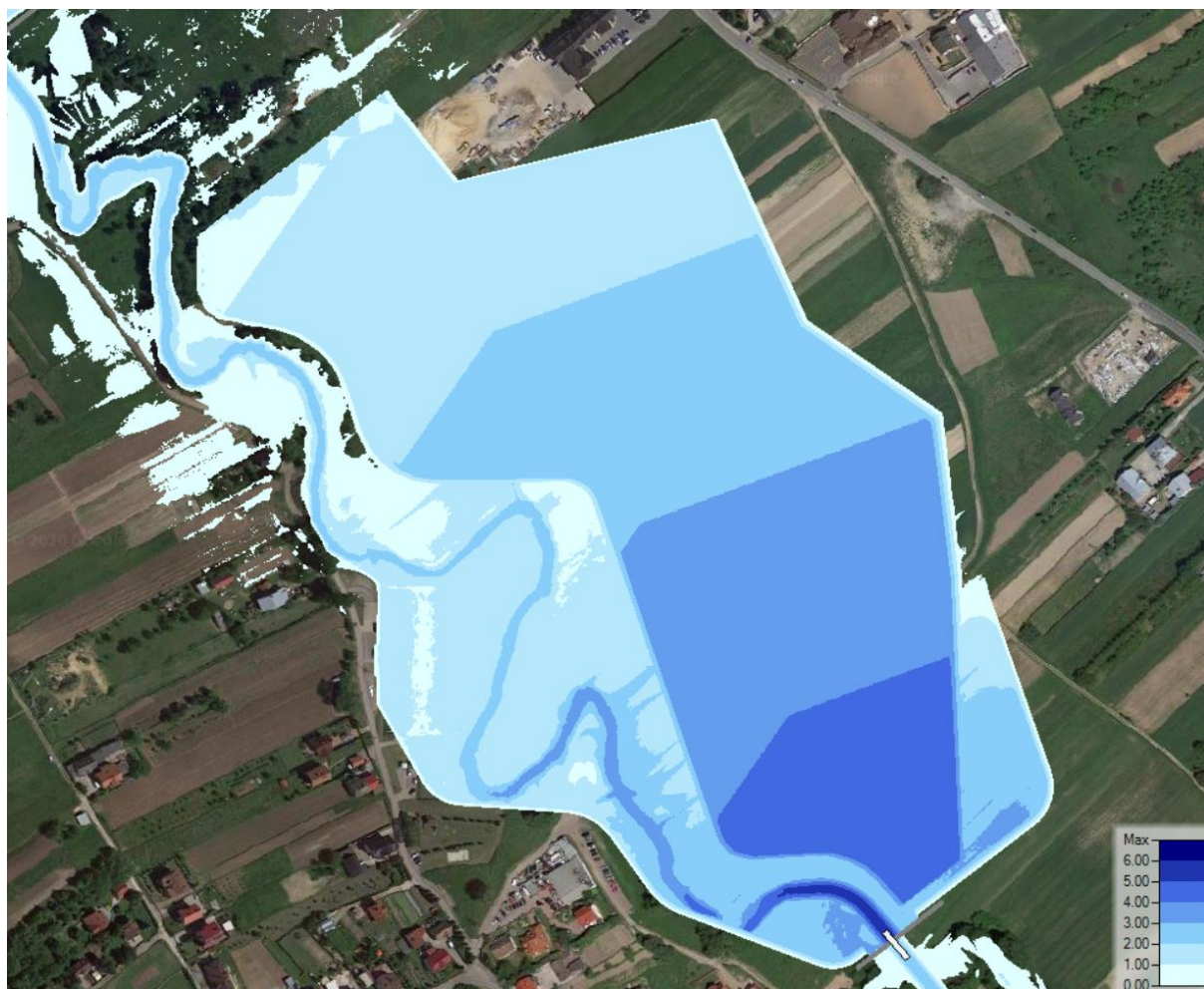
\* w przypadku opadu dobowego przyjęto stopień uwilgotnienia gleby na poziomie AMC I

### 4.3. Redukcja zagrożenia powodziowego

Na rysunkach poniżej przedstawiono zasięg zwierciadła wody  $Q_{\max p1\%}$  (rozkład głębokości) na analizowanym odcinku doliny bezpośrednio poniżej zapór w stanie istniejącym oraz w stanie z projektowanymi zbiornikami na Prądniku (Wariant 1) oraz Garliczce dla deszczu o czasie trwania 6h (w analizie hydraulicznej przyjęto uproszczone kształty zbiorników zachowując kluczowe parametry na przyjętym w dalszych analizach poziomie).



*Rys.70 Rozkład głębokości na Prądniku – p1% 6h – stan istniejący*



Rys.71 Rozkład głębokości na Prądniku – p1% 6h – stan projektowany W1 – zbiornik 1

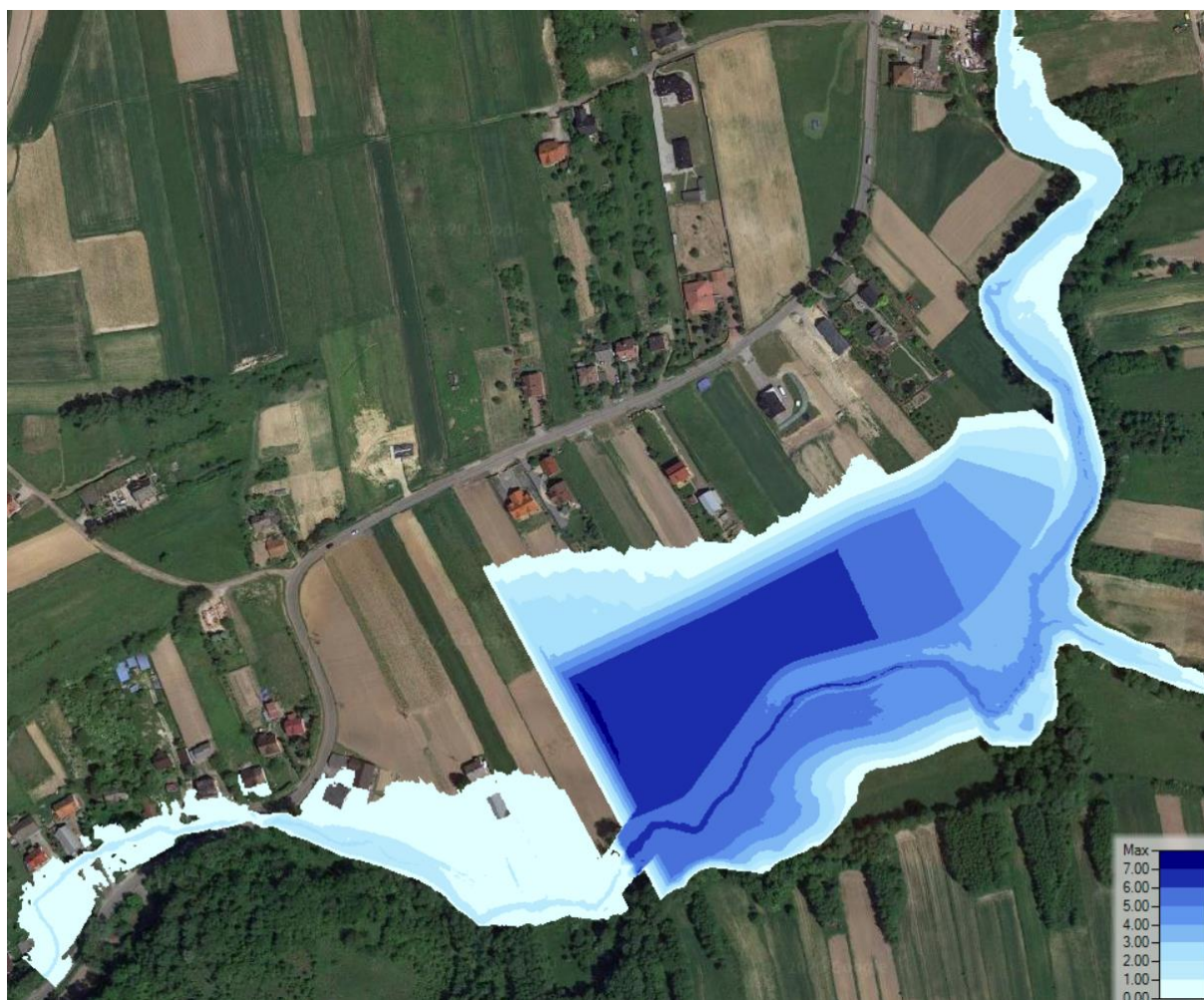




Rys.72 Rozkład głębokości na Prądniku – p1% 6h – stan projektowany W1 – zbiornik 2



Rys.73 Rozkład głębokości na Garliczce – p1% 6h – stan istniejący



Rys.74 Rozkład głębokości na Garliczce – p1% 6h – stan projektowany

## 5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Po dokonaniu odpowiednich obliczeń i analiz nasuwają się następujące wnioski.

- Prądnik jest potokiem o charakterze górskim i podgórskim, charakteryzującym się dużą zmiennością przepływów. To sprawia, że powoduje zagrożenie powodziowe dla terenów zlokalizowanych w sąsiedztwie koryta (w szczególności w obszarze Zielonek).

- W dolinie Prądnika i Garliczki w rejonie wskazanym w Planach Zarządzania Ryzykiem Powodziowym brak jest możliwości lokalizacji zapór, mogących bez ogromnych kosztów oraz bez dużej ingerencji w istniejącą zabudowę i infrastrukturę zapewnić pełne bezpieczeństwo przeciwpowodziowe dla terenów położonych poniżej, w tym na obszarze miasta Krakowa.

- Należało przeprowadzić analizę dotychczasowych proponowanych lokalizacji zbiorników w alternatywnych miejscach: na terenach rolniczych i mniej zurbanizowanych, co zmniejszy koszty wykupu terenów oraz realizacji inwestycji.

---

*Temat: Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana gm. Zielonki*

- Proponowane rozwiązania, ograniczające obszar zajęty pod zbiorniki w stosunku do rozwiązań wskazanych w Planach Zarządzania Ryzykiem Powodziowym, przy odpowiednim kształtowaniu dna zbiornika są w stanie znacząco zmniejszyć zagrożenie powodziowe na terenach położonych poniżej nich, w szczególności w przypadku krótkich opadów nawalnych oraz dla opadów o prawdopodobieństwach niższych niż  $p=1\%$  (ale nadal stanowiących zagrożenie dla nisko położonych terenów zalewowych Prądnika), co stanowić może zauważalną zmianę dla mieszkańców gminy Zielonki.

- Zbiorniki na terenie tylko gminy Zielonek, nie zapewnią pełnej ochrony przeciwpowodziowej, i aby zapewnić pełną ochronę przeciwpowodziową powinny być elementem większej sieci zbiorników, zlokalizowanych również poza Gminą, w górze rzeki, tj. zlokalizowane w gminach sąsiednich m. in. Skała, Sułszowa.

- W związku z faktem, że zbiorniki powinny pracować jako „suche”, wypełniając się czasowo wodą tylko podczas większych wezbrań możliwe jest prowadzenie gospodarki rolniczej w ich obrębie, a także w ograniczonym zakresie zagospodarowanie terenu infrastrukturą rekreacyjną.

- Wartości przepływów maksymalnych rocznych zgodnie z opracowaniem IMGW są znacznie mniejsze niż wartości użyte w opracowaniu, na podstawie którego zaplanowano zbiorniki, przedstawione w Planach Zarządzania Ryzykiem Powodziowym.

- W celu dokładniejszego określenia charakterystyk hydrologicznych w zlewni Prądnika oraz jednoznacznego rozstrzygnięcia w sprawie wysokości przepływów powodziowych Prądnika konieczne jest stworzenie posterunku obserwacyjnego i prowadzenie ciągłych pomiarów stanów i przepływów. Tylko na podstawie takich, wiarygodnych danych można zaproponować odpowiednie rozwiązania techniczne. Dane te powinny zostać uwzględnione przy kolejnych aktualizacjach Planów Zarządzania Ryzykiem Powodziowym.

- Proponowane alternatywne rozwiązania zapewniają redukcję kulminacji powodziowej Prądnika ( $Q_{\max p1\%}$ ) o od ok 6% do ok. 40% (w zależności od długości trwania opadu) oraz redukcję kulminacji powodziowej Prądnika ( $Q_{\max p10\%}$ ) o od ok 55% do ok. 70% (w zależności od długości trwania opadu).

- Przy założeniu lokalizacji zbiorników w przekrojach, wskazanych w Planach Zarządzania Ryzykiem Powodziowym ze względu na aspekt ekonomiczny, społeczny i przyrodniczy najbardziej właściwy i rekomendowany jest Wariant 2.

Załącznik nr 1 - Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania

ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku

Szacunek kosztów dotyczy zapory nr 1 z wariantu drugiego. Rzeka Prądnik km 12+713

lp	Budowla obiekt	Arortyment robót	jednostka	obmiar	cena jednostkowa	wartość	uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8
	Zapora nr 1 wariantu II						
1	<i>Dokumentacja techniczna</i>	Dokumentacja geologiczno inżynierska, raport oddziaływania na środowisko , pozwolenie wodno-prawne, projekt budowlany , projekt wykonawczy, dokumentacja przetargowa .	[kmp]	1	1 400 000	1 400 000	
2		Wykup gruntów wraz z odrolnieniem	[ha]	19	500 000	9 500 000	
3		Przygotowanie czasy zbiornika przez zalaniem	[ha]	18,12	50 000	906 000	
4		Usunięcie ziemi urodzajnej pod korpusem zapory	[m <sup>2</sup> ]	12 900	50	645 000	
5		Załadunek i wywiezienie na 10 km oraz składowanie gruntu z wykopu w czasy zbiornika	[m <sup>3</sup> ]	304 200	150	45 630 000	kwota warunkowa jeżeli jest miejsce na hałdowanie ziemi na terenie gruntów gminnych do 10 km
6		Nasyp statyczny zapory ziemnej ( lokalizacja złóż , ukopanie, dowiezienie, formowanie i zagęszczenie nasypu statycznego )	[m <sup>3</sup> ]	21 600	200	4 320 000	
7		Drenaż rurowy w nasypie statycznym w obsypce pod zaporą czołową	[mb]	183	250	45 750	
8		warstwa drenażowa w stopie skarpy odpowietrznej	[m <sup>3</sup> ]	1 719	400	687 600	
9		Rów u podnóża skarpy odpowietrznej wraz z ubezpieczeniami z płyt ażurowych	[mb]	183	200	36 600	
10		Ubezpieczenie skarpy odpowietrznej nasypu statycznego zapory obsiewem mieszkanką traw na humusie	[m <sup>2</sup> ]	3 585	20	71 700	

11	<i>Roboty budowlane</i>	Ubezpieczenie skarpy odwodnej płytami betonowymi dylatowanymi na szczelno,	[m <sup>2</sup> ]	3 585	800	2 868 000
12		Przesłona przeciwiłtracyjna pod korpusem nasypu statycznego ( cementacja uszczelniająca jednorzędowa )	[m <sup>2</sup> ]	3 700	1 000	3 700 000
13		Żelbetowa budowla przelewowo-spustowa do przepuszczenia wód miarodajnych i kontrolnych, wraz z niecką wypadową	[m <sup>3</sup> ]	600	2 500	1 500 000
15		Droga serwisowa po koronie zapory szerokości 3,5 m	[km]	0,57	1 000 000	573 000
16		Żelbetowy parapet na koronie zapory od strony Wody Górnej	[mb]	573	1 000	573 000
17		Wyposażenie technologiczne budowli przelewowo-spustowej ( zamknięcia spustu dennego i przelewu)	[kmp]	1	1 200 000	1 200 000
18		Aparatura kontrolno pomiarowa klasyczna ( piezometry , szczelinomierze, repery kontrolne , repery odniesienia )	[kmp]	1	600 000	600 000
19		Regulacja rzeki poniżej zapory na odcinku 200 mb	[m <sup>2</sup> ]	600	300	180 000
20		Linia energetyczna stacja trafo, agregat prądowłrczy	[kmp]	1	1 500 000	1 500 000
21		Mur oporowy	[m <sup>3</sup> ]	3 700	2 500	9 250 000
22		Linia energetyczna stacja trafo, agregat prądowłrczy	[kmp]	1	1 500 000	1 500 000
23		Budynek i zaplecze obsługi , magazyn przeciwpowodziowy	[kmp]	1	2 000 000	2 000 000

**Razem szacunek ( kwoty netto bez VAT)**

**88 686 650**

Załącznik nr 2 - Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania

ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądniku

Szacunek kosztów dotyczy zapory nr 2 z wariantu drugiego. Rzeka Prądnik km 14+215

lp	Budowla obiekt	Arortyment robót	jednostka	obmiar	cena jednostkowa	wartość	uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8
	Zapora nr 1 wariantu II						
1	<i>Dokumentacja techniczna</i>	Dokumentacja geologiczno inżynierska, raport oddziaływania na środowisko , pozwolenie wodnoprawne, projekt budowlany , projekt wykonawczy, dokumentacja przetargowa .	[kmp]	1	1 400 000	1 400 000	
2		Wykup gruntów wraz z odrolnieniem	[ha]	10	500 000	5 000 000	
3	<i>Roboty budowlane</i>	Przygotowanie czaszy zbiornika przez zalaniem	[ha]	9,31	50 000	465 500	
4		Usunięcie ziemi urodzajnej pod korpusem zapory	[m <sup>2</sup> ]	15 700	50	785 000	
5		Załadunek i wywiezienie na 10 km oraz składowanie gruntu z wykopu w czaszy zbiornika	[m <sup>3</sup> ]	202 800	150	30 420 000	kwota warunkowa jeżeli jest miejsce na hałdowanie ziemi na terenie gruntów gminnych do 10 km
6		Nasyp statyczny zapory ziemnej ( lokalizacja złóż , ukopanie, dowiezienie, formowanie i zagęszczenie nasypu statycznego )	[m <sup>3</sup> ]	34 300	200	6 860 000	
7		Drenaż rurowy w nasypie statycznym w obsypce pod zaporą czołową	[mb]	227	250	56 750	
8		warstwa drenażowa w stopie skarpy odpowietrznej	[m <sup>3</sup> ]	3 093	400	1 237 200	
9		Rów u podnóża skarpy odpowietrznej wraz z ubezpieczeniami z płyt ażurowych	[mb]	227	200	45 400	
10		Ubezpieczenie skarpy odpowietrznej nasypu statycznego zapory obsiewem mieszkanką traw na humusie	[m <sup>2</sup> ]	2 695	20	53 900	
11		Ubezpieczenie skarpy odwodnej płytami betonowymi dylatowanymi na szczelno,	[m <sup>2</sup> ]	2 695	800	2 156 000	
12		Przesłona przeciwnieckiwna pod korpusem nasypu statycznego ( cementacja uszczelniająca jednorzędowa )	[m <sup>2</sup> ]	4 800	1 000	4 800 000	

13	Żelbetowa budowla przelewowo spustowa do przepuszczenia wód miarodajnych i kontrolnych, wraz z niecką wypadową	[m <sup>3</sup> ]	600	2 500	1 500 000	
15	Droga serwisowa po koronie zapory szerokości 3,5 m	[km]	1,00	1 000 000	1 000 000	
16	Żelbetowy parapet na koronie zapory od strony Wody Górnej	[mb]	1 031	1 000	1 031 000	
17	Wyposażenie technologiczne budowli przelewowo spustowej ( zamknięcia spustu dennego i przelewu)	[kmp]	1	1 200 000	1 200 000	
18	Aparatura kontrolno pomiarowa klasyczna ( piezometry , szczelinomierze, repery kontrolne , repery odniesienia )	[kmp]	1	600 000	600 000	
19	Regulacja rzeki poniżej zapory na odcinku 200 mb	[m <sup>2</sup> ]	600	300	180 000	

**Razem szacunek ( kwoty netto bez VAT)**

**58 790 750**

#### Załącznik nr 3 - Wariantowa analiza wskazanych w „Planie zarządzania

ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiorników przeciwpowodziowych w zlewni Prądnika

Szacunek kosztów dotyczy zapory nr 3 . Rzeka Garliczka km 2+802

lp	Budowla obiekt	Arortyment robót	jednostka	obmiar	cena jednostkowa	wartość	uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8
	Zapora nr 1 wariantu II						
1	<i>Dokumentacja techniczna</i>	Dokumentacja geologiczno inżynierska, raport oddziaływania na środowisko , pozwolenie wodnoprawne, projekt budowlany , projekt wykonawczy, dokumentacja przetargowa .	[kmp]	1	1 400 000	1 400 000	
2		Wykup gruntów wraz z odrolnieniem	[ha]	8	500 000	4 000 000	
3		Przygotowanie czasy zbiornika przez zalaniem	[ha]	7,92	50 000	396 000	
4		Usunięcie ziemi urodzajnej pod korpusem zapory	[m <sup>2</sup> ]	0	50	0	



5	Roboty budowlane	Załadunek i wywiezienie na 10 km oraz składowanie gruntu z wykopu w czaszy zbiornika	[m <sup>3</sup> ]	99 800	150	14 970 000	kwota warunkowa jeżeli jest miejsce na hałdowanie ziemi na terenie gruntów gminnych do 10 km
6		Nasyp statyczny zapory ziemnej ( lokalizacja złóż , ukopanie, dowiezienie, formowanie i zagęszczenie nasypu statycznego )	[m <sup>3</sup> ]	18 700	200	3 740 000	
7		Drenaż rurowy w nasypie statycznym w obsypce pod zaporą czołową	[mb]	248	250	62 000	
8		warstwa drenażowa w stopie skarpy odpowietrznej	[m <sup>3</sup> ]	744	400	297 600	
9		Rów u podnóża skarpy odpowietrznej wraz z ubezpieczeniami z płyt ażurowych	[mb]	248	200	49 600	
10		Ubezpieczenie skarpy odpowietrznej nasypu statycznego zapory obsiewem mieszką traw na humusie	[m <sup>2</sup> ]	2 510	20	50 200	
11		Ubezpieczenie skarpy odwodnej płytami betonowymi dylatowanymi na szczelno,	[m <sup>2</sup> ]	2 510	800	2 008 000	
12		Przesłona przeciwiłtracyjna pod korpusem nasypu statycznego ( cementacja uszczelniająca jednorzędowa )	[m <sup>2</sup> ]	2 400	1 000	2 400 000	
13		Żelbetowa budowla przelewowo spustowa do przepuszczenia wód miarodajnych i kontrolnych, wraz z niecką wypadową	[m <sup>3</sup> ]	800	2 500	2 000 000	
15		Droga serwisowa po koronie zapory szerokości 3,5 m	[km]	0,25	1 000 000	248 000	
16		Żelbetowy parapet na koronie zapory od strony Wody Górnej	[mb]	248	1 000	248 000	
17		Wyposażenie technologiczne budowli przelewowo spustowej ( zamknięcia spustu dennego i przelewu)	[kmp]	1	1 200 000	1 200 000	
18		Aparatura kontrolno pomiarowa klasyczna ( piezometry , szczelinomierze , repery kontrolne , repery odniesienia )	[kmp]	1	600 000	600 000	
19		Regulacja rzeki poniżej zapory na odcinku 200 mb	[m <sup>2</sup> ]	600	300	180 000	

**Razem szacunek ( kwoty netto  
bez VAT)**

**33 849 400**



INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

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

# Obliczenie przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla rzeki Prądnik w miejscowości Pękowice

Wykonawca:  
mgr inż. Paweł Tworzewski

Zastępca Dyrektora  
Centrum Hydrologicznej Osłony Kraju

mgr inż. Małgorzata Maczuga

LISTOPAD 2020

## Spis treści:

<b>1. Podstawa opracowania</b>	<b>3</b>
<b>2. Materiały wejściowe</b>	<b>3</b>
<b>3. Zakres prac kameralnych</b>	<b>3</b>
<b>4. Charakterystyka stacji wodowskazowej</b>	<b>4</b>
<b>5. Obliczenie przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia</b>	<b>5</b>
<b>6. Wyniki obliczeń</b>	<b>5</b>
<b>7. Literatura</b>	<b>7</b>

- 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

Podstawą opracowania „Obliczenie przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla rzeki Prądnik w miejscowości Pękwice” było zlecenie Wójta Gminy Zielonki. Zgodnie z deklaracją Zamawiającego, dane zawarte w opracowaniu mają zostać wykorzystane do opracowania koncepcji zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik.

## 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 szkic z naniesioną lokalizacją przekroju obliczeniowego, dostarczony przez Zleceniodawcę.

## 3. Zakres prac kameralnych

Przekrój obliczeniowy wskazany przez Zleceniodawcę znajduje się na rzece Prądnik (w dolnym biegu: Białucha) pomiędzy ujściem rzeki Korzkiewki (powyżej) i Garliczki (poniżej). W obliczeniach posłużono się danymi ze zlikwidowanej stacji wodowskazowej Kraków-Olsza.

Zakres prac kameralnych obejmował obliczenie przepływów maksymalnych o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p=0,1\%$ ,  $0,2\%$ ,  $0,3\%$ ,  $0,5\%$ ,  $1\%$ ,  $2\%$ ,  $3\%$ ,  $5\%$ ,  $10\%$ ,  $20\%$ ,  $50\%$  dla rzeki Prądnik w przekroju stacji wodowskazowej Kraków-Olsza oraz przeliczenie ww. wartości na niekontrolowany przekrój w miejscowości Pękwice. Lokalizację przekroju obliczeniowego na Prądniku w m. Pękwice przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Fragment zlewni rzeki Prądnik z zaznaczoną lokalizacją przekroju obliczeniowego w miejscowości Pękowice (źródło mapy: [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org))

#### 4. Charakterystyka stacji wodowskazowej

Stacja wodowskazowa Kraków-Olsza na rzece Prądnik (w dolnej części zwanej Białuchą) zlokalizowana była w 2+110 kilometrze rzeki i zamykała zlewnię o powierzchni 191,21 km<sup>2</sup>. Wodowskaz znajdował się na prawym brzegu rzeki przy moście drogowym. Składał się z ośmiu lat wodowskazowych o zakresie stanów od 170 do 370 cm. Rzędna zera wodowskazu wynosiła 199,134 m n.p.m. w układzie odniesienia Kronsztadt 86. W dniu 1 listopada 1999 roku wodowskaz został zlikwidowany.

## 5. Obliczenie przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia

Metodę statystyczną do obliczenia przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla danego wodowskazu stosuje się w przypadku dysponowania dla niego przynajmniej 30-elementowym, jednorodnym ciągiem historycznych przepływów maksymalnych rocznych (WQ). Metoda ta opiera się na założeniu, że przepływy te podlegają określonemu rozkładowi prawdopodobieństwa, którego parametry szacuje się na podstawie ich próby losowej [1, 2, 3].

Na podstawie analizy danych stwierdzono, że ciąg maksymalnych przepływów rocznych dla Prądnika (Białuchy) w przekroju stacji wodowskazowej Kraków-Olsza uformowany na podstawie istniejących materiałów hydrologicznych jest jednorodny statystycznie dla lat hydrologicznych 1961 – 1999. Do obliczeń przepływów maksymalnych o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia, wykorzystano rozkład Pearsona III typu, który uznano za najbardziej wiarygodny spośród rozkładów niesprzecznych, estymując parametry rozkładu metodą największej wiarygodności.

Wartości przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla Prądnika w m. Pękwice, obliczono metodą ekstrapolacji w funkcji zmiany wielkości powierzchni zlewni [1, 2] na podstawie danych ze stacji wodowskazowej Kraków-Olsza. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 1.

## 6. Wyniki obliczeń

Wartości przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia wraz z górnym ograniczeniem przedziału ufności na poziomie  $P_{\alpha} = 0,84$  dla wskazanego przez Zleceniodawcę przekroju obliczeniowego na rzece Prądnik w m. Pękwice przedstawiono w tabeli 1.

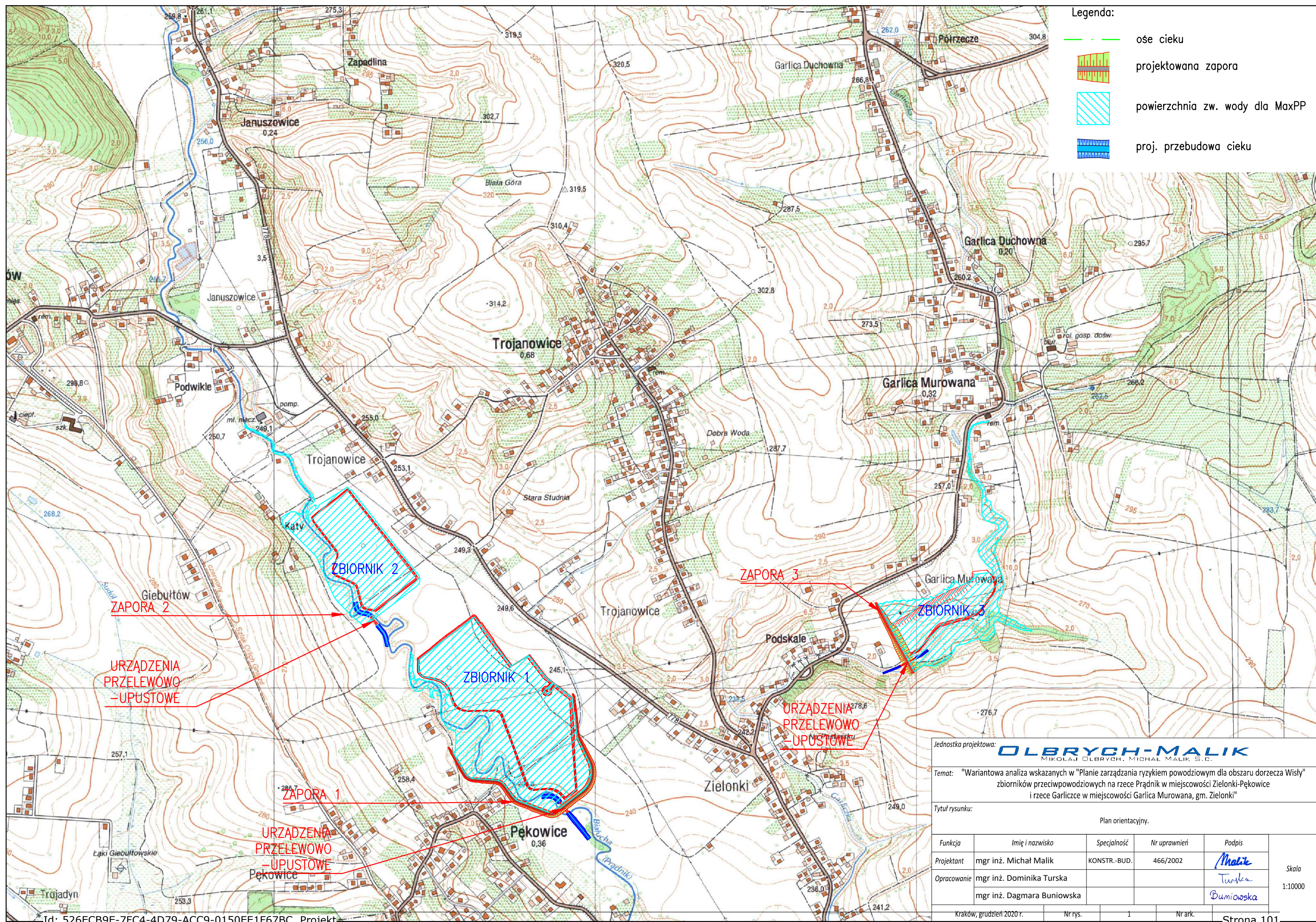
Tab. 1. Wartości przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie  
przewyższenia dla Prądnika w przekroju niekontrolowanym w m. Pękowice





Prawdopodobieństwo przewyższenia $p$ [%]	Przepływ [m <sup>3</sup> /s]	Przepływ z błędem oszacowania dla $P_{\alpha}=0,84$ [m <sup>3</sup> /s]
50	2,92	3,43
20	7,36	8,78
10	11,3	13,6
5	15,4	18,9
3	18,6	22,9
2	21,2	26,1
1	25,6	31,8
0,5	30,1	37,6
0,3	33,5	41,9
0,2	36,2	45,4
0,1	40,9	51,3



## 7. Literatura

1. Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., 1997: *Hydrologia stosowana*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
2. Byczkowski A., 1999: *Hydrologia*, t. II SGGW, Warszawa.
3. 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.



- Legenda:
-  ośse ciekui
  -  projektowana zapora
  -  powierzchnia zw. wody dla MaxPP
  -  proj. przebudowa ciekui

Jednostka projektowa: **OLBRYCH-MALIK**  
MIKOŁAJ OLBRYCH, MICHAŁ MALIK S.C.

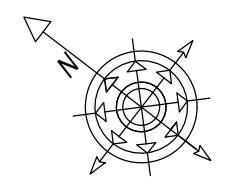
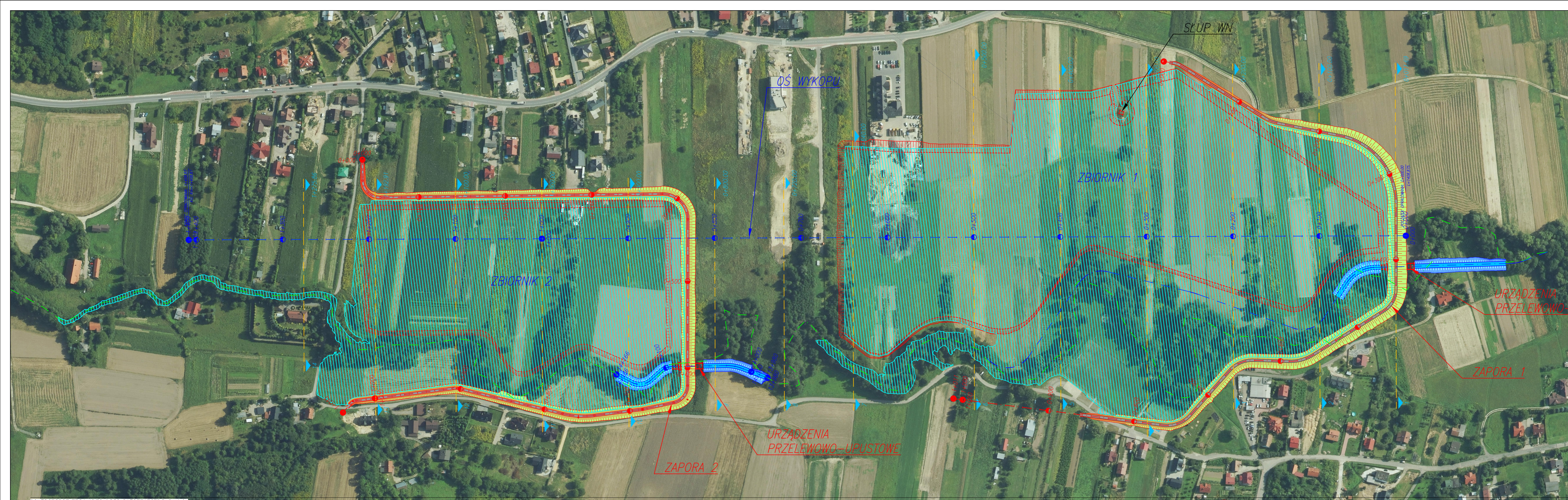
Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana, gm. Zielonki"

Tytuł rysunku: Plan orientacyjny.

Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>

Skala  
1:10000

Kraków, grudzień 2020 r.	Nr rys.	1	Nr ark.	Strona 101
--------------------------	---------	---	---------	------------



Legenda:

-  oś ciek
-  projektowana zapora
-  skarpy
-  powierzchnia zw. wody dla MaxPP
-  proj. przebudowa ciek

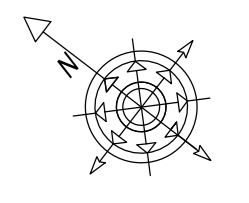
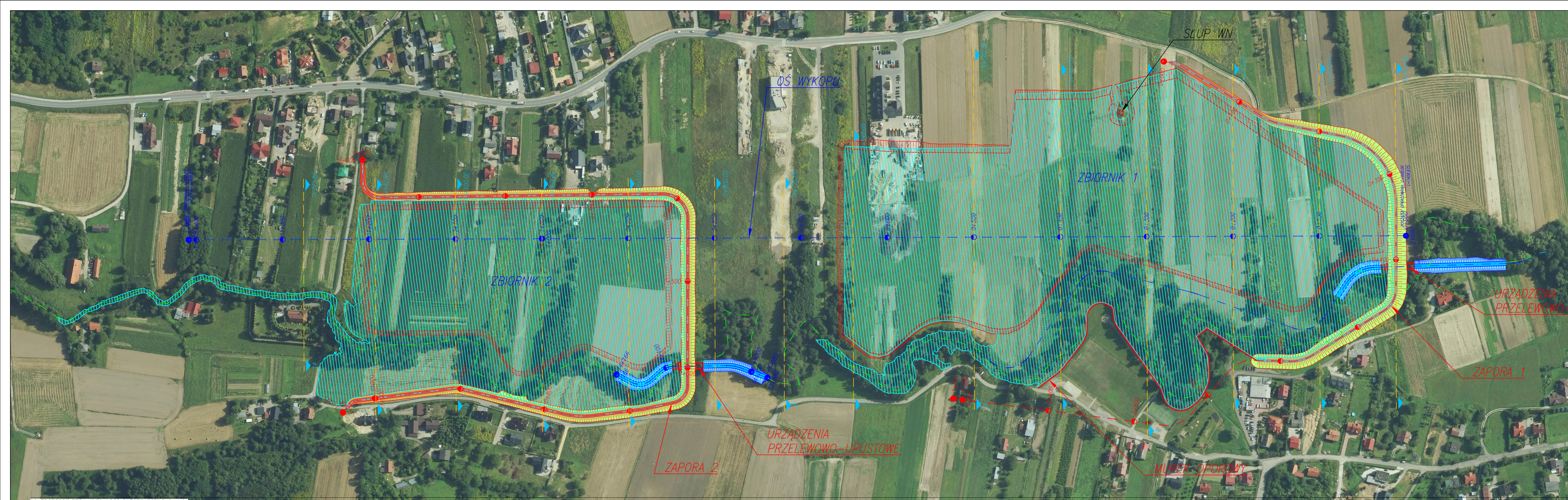
Jednostka projektowa: **OLBRYGH-MALIK**  
MICHAŁ OLBRYGH, MICHAŁ MALIK S.C.

Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garlicze w miejscowości Garlica Murwana, gm. Zielonki"

Tytuł rysunku: Plan sytuacyjny. Zbiornik 1 i 2. Prądnik. Wariant 1.

Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>

Skala  
1:2000



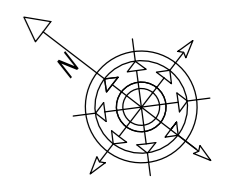
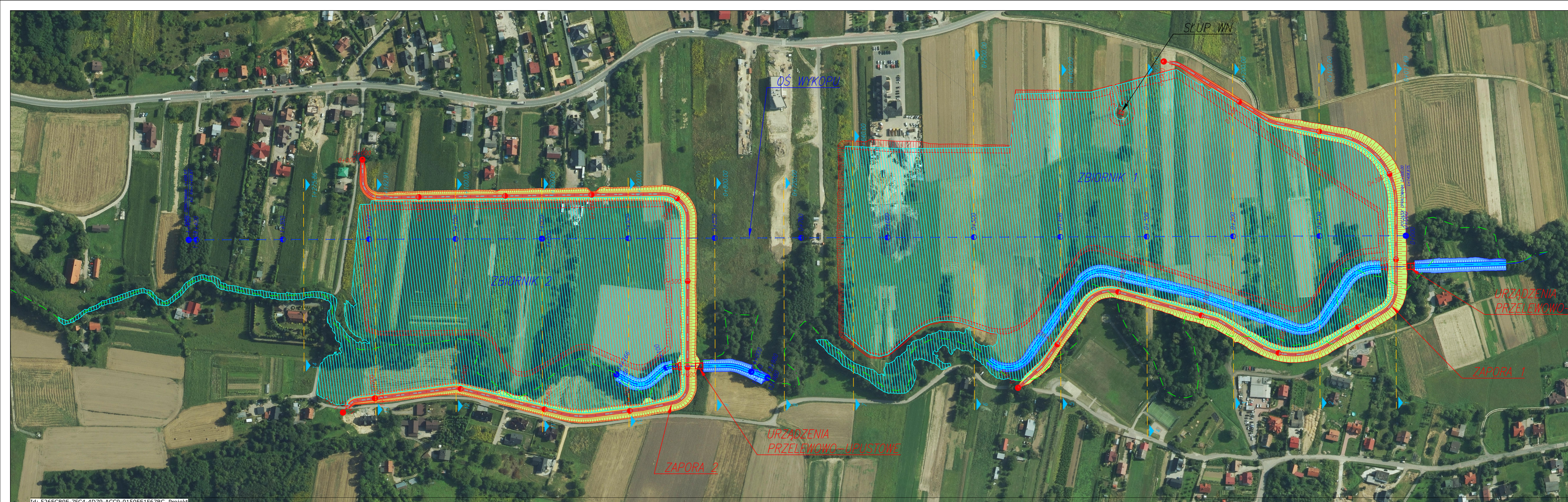
- Legenda:
- oś ciekia
  - projektowana zapora
  - skarpy
  - powierzchnia zw. wody dla MaxPP
  - proj. przebudowa ciekia






Jednostka projektowa: **OLBRYGH-MALIK**  
MICHAŁ OLBRYGH, MICHAŁ MALIK S.C.

Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garlicze w miejscowości Garlica Murwana, gm. Zielonki"

Tytuł rysunku: Plan sytuacyjny. Zbiornik 1 i 2. Prądnik. Wariant 2.

Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>



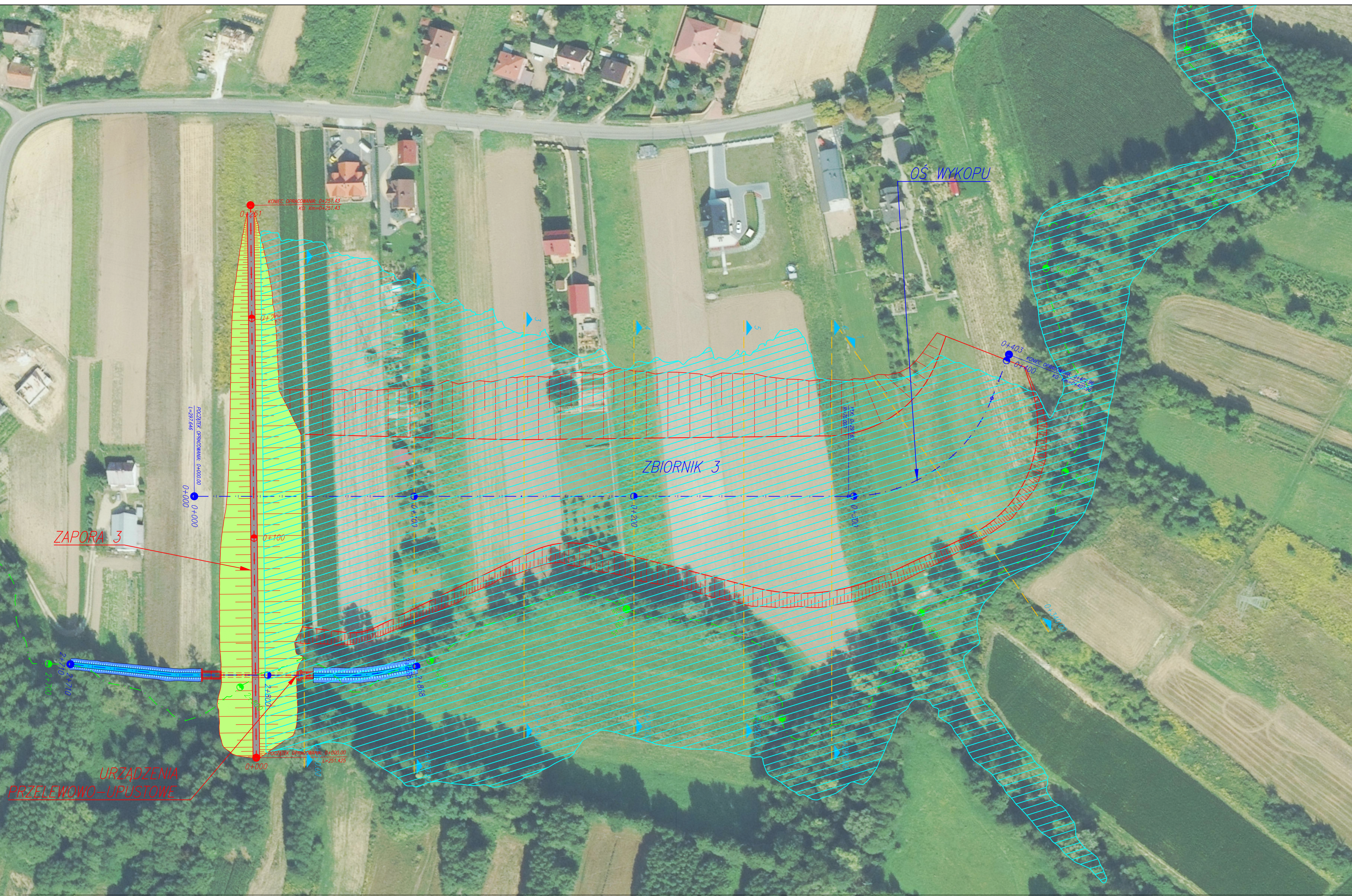
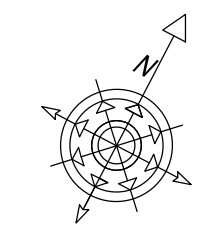
- Legenda:
-  oś ciekia
  -  projektowana zapora
  -  skarpy
  -  powierzchnia zw. wody dla MaxPP
  -  proj. przebudowa ciekia

Jednostka projektowa: **OLBRYCH-MALIK**  
MICHAŁ OLBRYCH, MICHAŁ MALIK S.C.

Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garlicze w miejscowości Garlica Murwana, gm. Zielonki"

Tytuł rysunku: Plan sytuacyjny, Zbiornik 1 i 2, Prądnik, Wariant 3.

Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>



Legenda:

-  oś cieku
-  projektowana zapora
-  skarpy
-  powierzchnia zw. wody dla MaxPP
-  proj. przebudowa cieku

Jednostka projektowa: **OLBRYGH-MALIK**  
NIKOLAJ OLBRYGH, MICHAŁ MALIK S.C.

Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garlicze w miejscowości Garlica Murowana, gm. Zielonki"

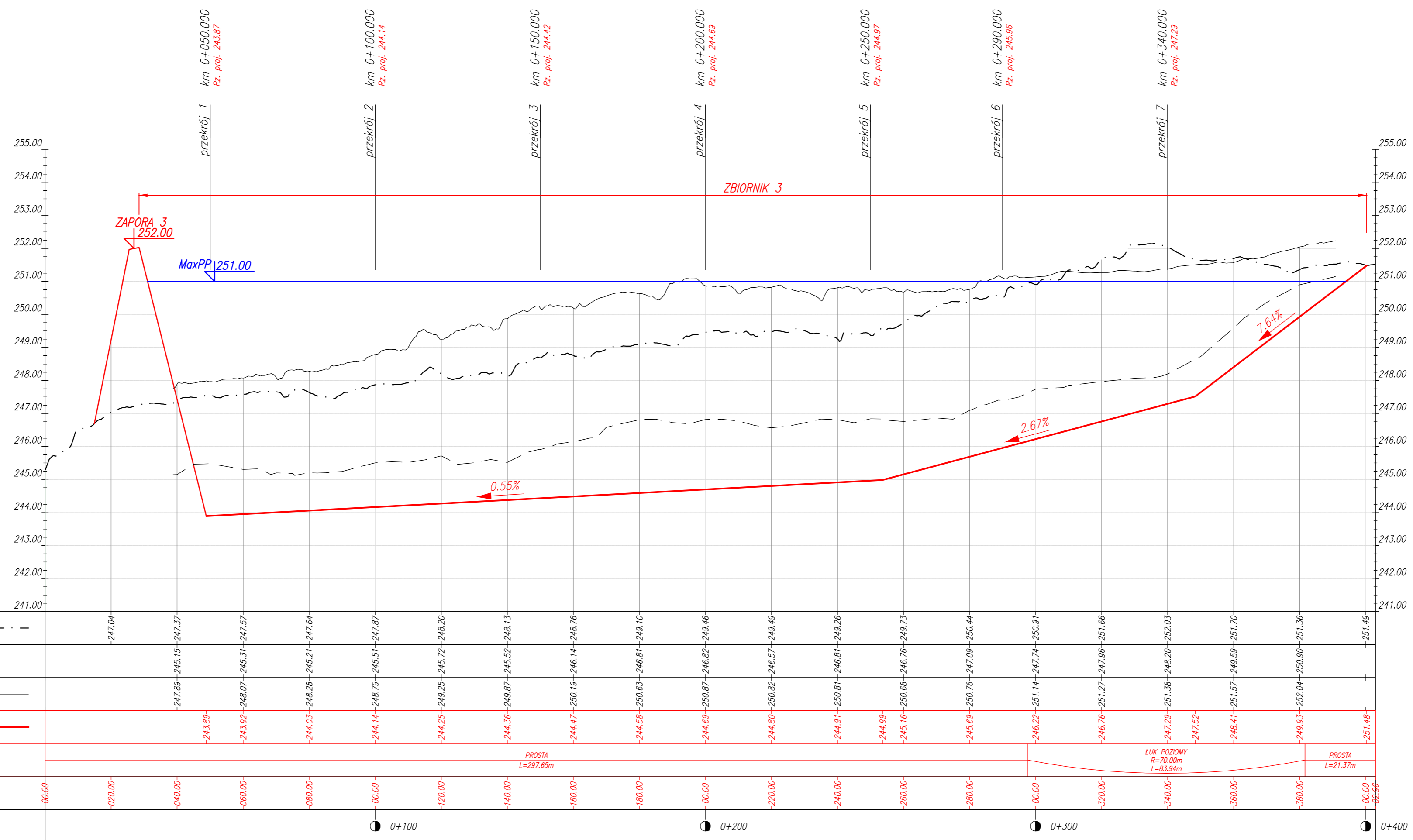
Tytuł rysunku: Plan sytuacyjny, Zbiornik 3, Garlicza.

Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>

Skala: 1:1000



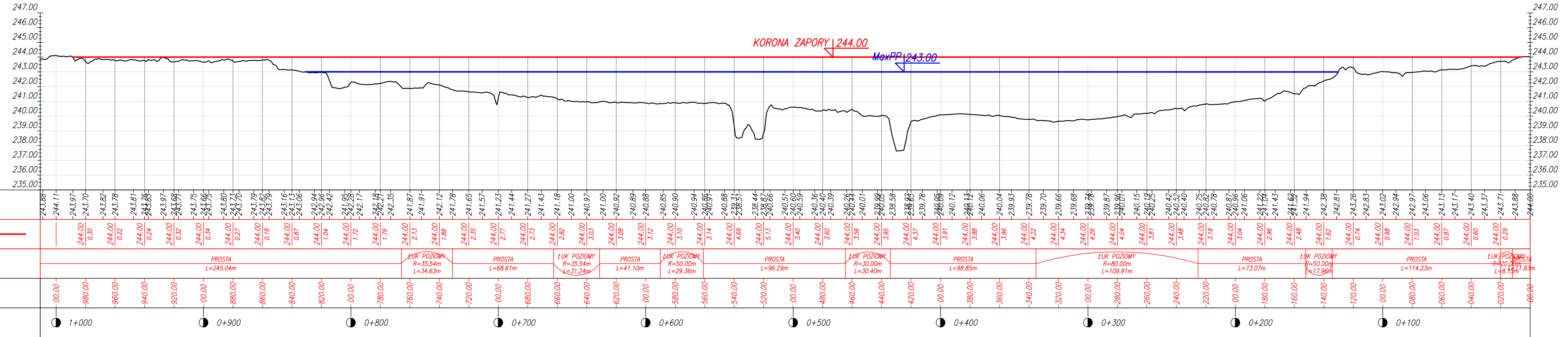
# Profil – oś wykopu



Jednostka projektowa: <b>OLBRYCH-MALIK</b> MIKOŁAJ OLBRYCH, MICHAŁ MALIK S.C.				
Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pękwowice i rzece Garlicze w miejscowości Garlica Murowana, gm. Zielonki"				
Tytuł rysunku: Profil podłużny. Zbiornik 3. Garlicza.				
Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>
Kraków, grudzień 2020 r.		Nr rys.	3.2	Nr ark.

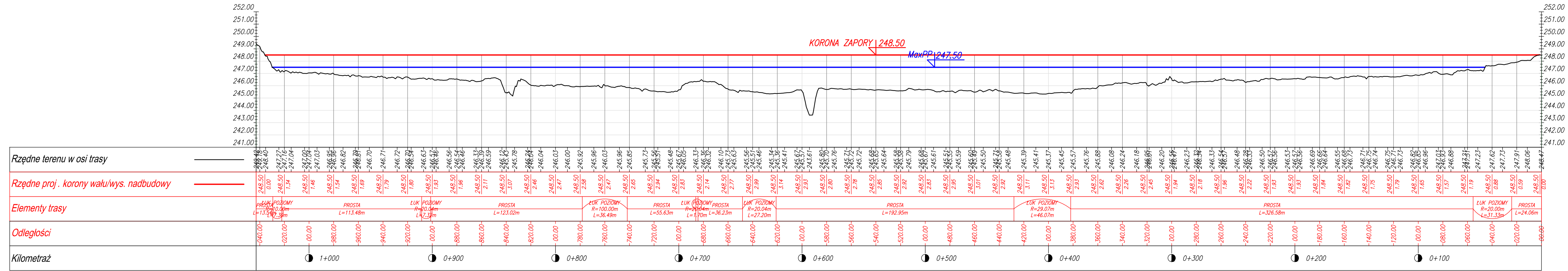


# Profil – ZAPORA 1



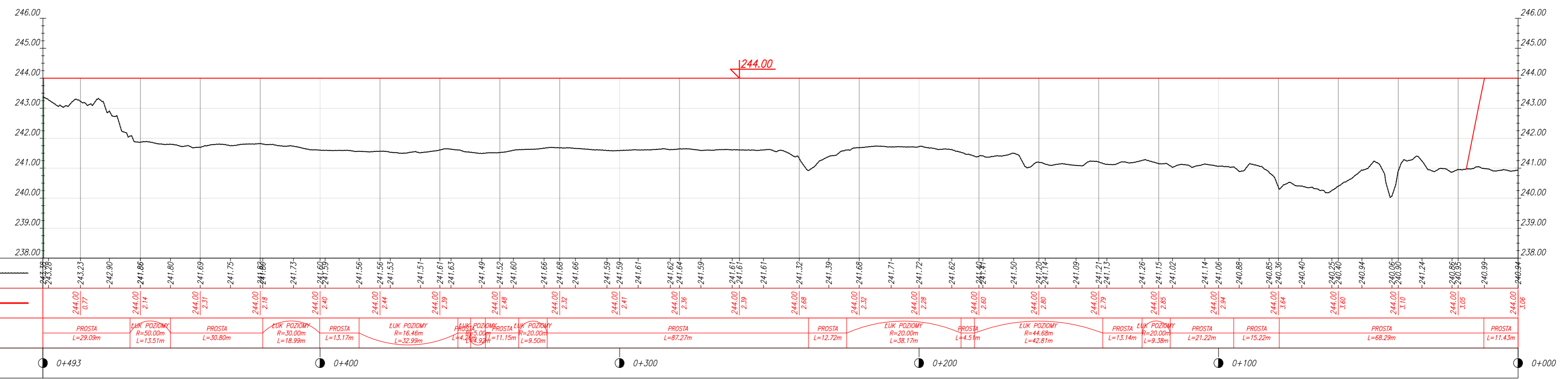
Jednostka projektowa: <b>OLBRYCH-MALIK</b> MIKOŁAJ OLBRYCH, MICHAŁ MALIK S.C.				
Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garliczce w miejscowości Garlica Murowana, gm. Zielonki"				
Tytuł rysunku: Profil. Zapora 1. Prądnik.				
Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>
Kraków, grudzień 2020 r.		Nr rys.	4.1	Nr ark.
				Skala 1:2000
				Strona 108

# Profil – ZAPORA 2



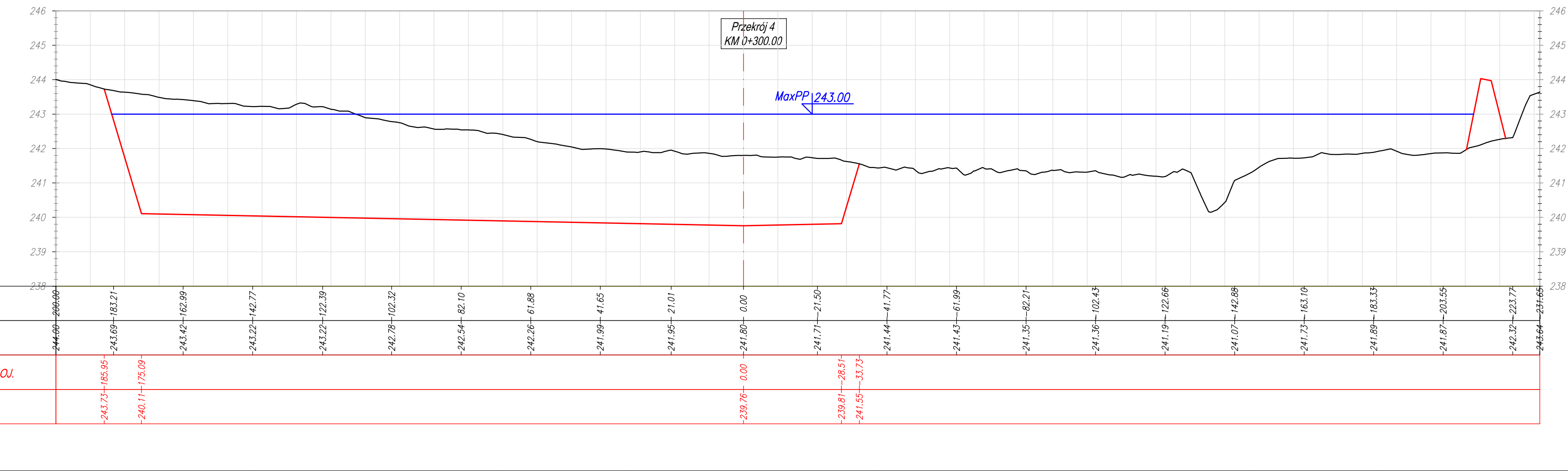
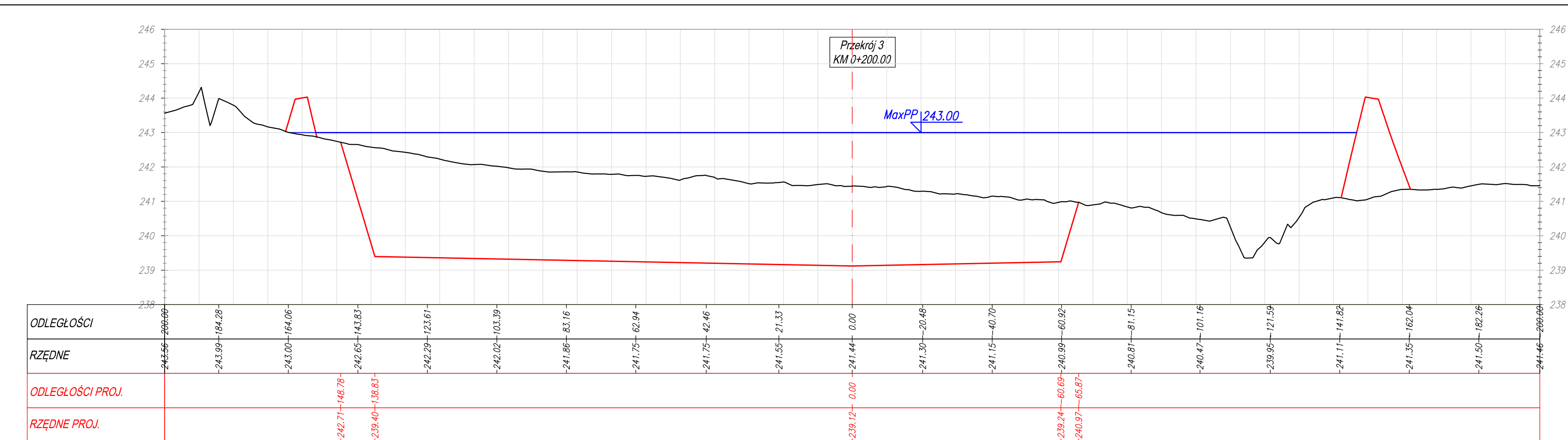
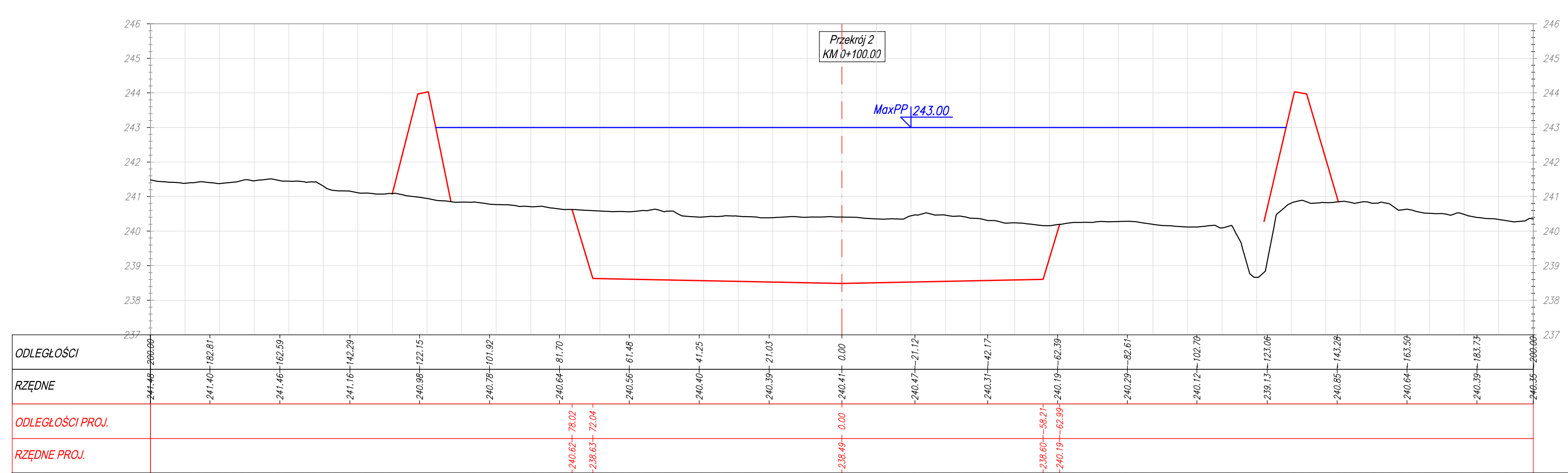
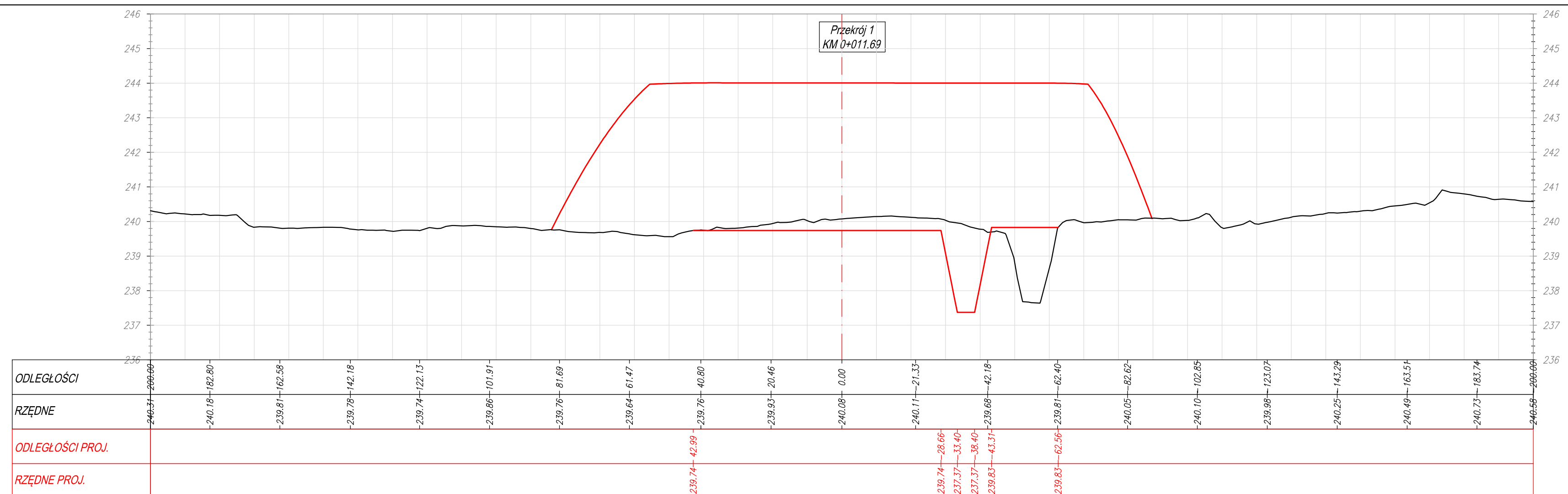
Jednostka projektowa: <b>DLBRYCH-MALIK</b> MIGOŁAJ DLBRYCH, MICHAŁ MALIK S.C.				
Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pekowice i rzece Garlicze w miejscowości Garlica Murowana, gm. Zielonki"				
Tytuł rysunku: Profil. Zapora 2. Prądnik.				
Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>
Kraków, grudzień 2020 r.		Nr rys.	4.2	Nr ark.

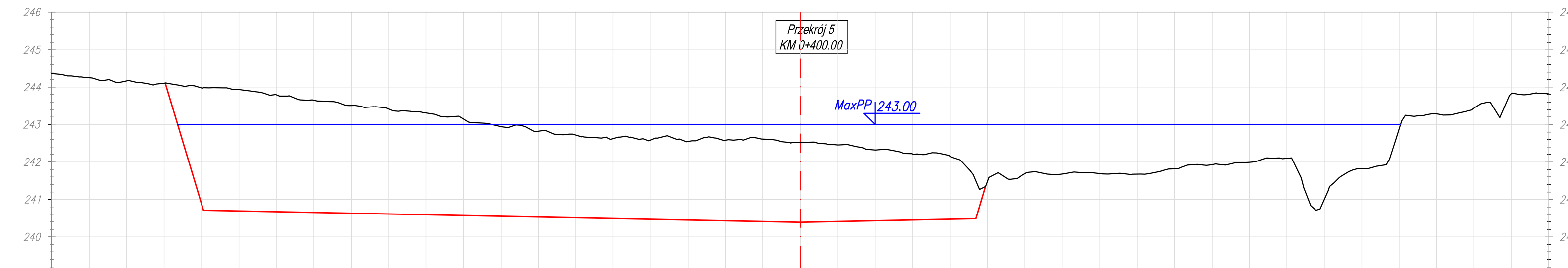
# Profil - mur



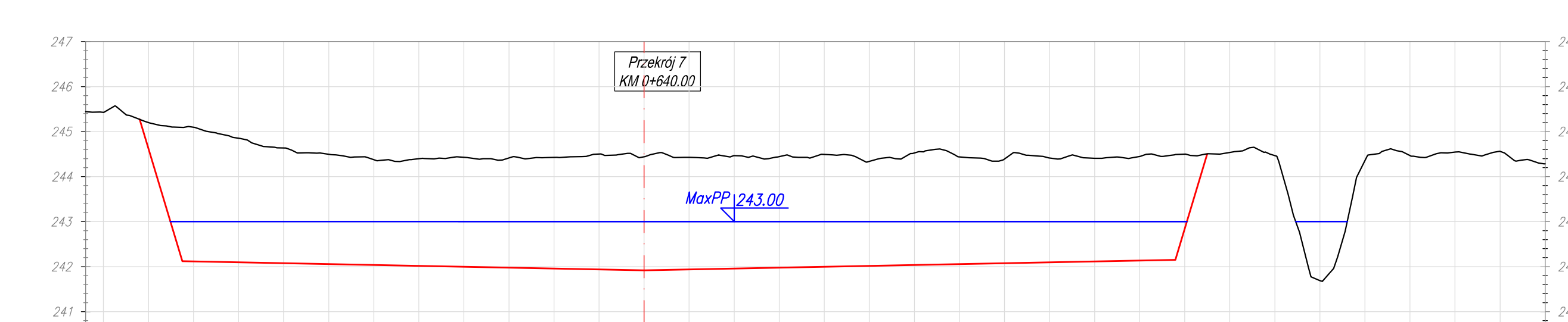
Jednostka projektowa: <b>OLBRYCH-MALIK</b> MIKOŁAJ OLBRYCH, MICHAŁ MALIK S.C.				
Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garlicze w miejscowości Garlicza Murowana, gm. Zielonki"				
Tytuł rysunku: Profil. Mur oporowy. Prądnik. Wariant 2.				
Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>
Kraków, grudzień 2020 r.		Nr rys.	4.3	Nr ark.



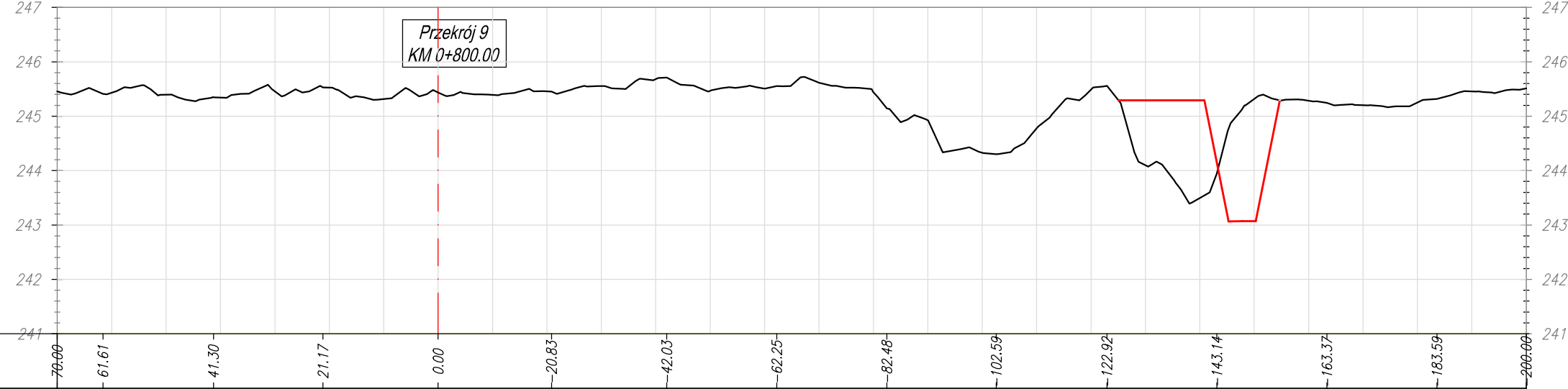




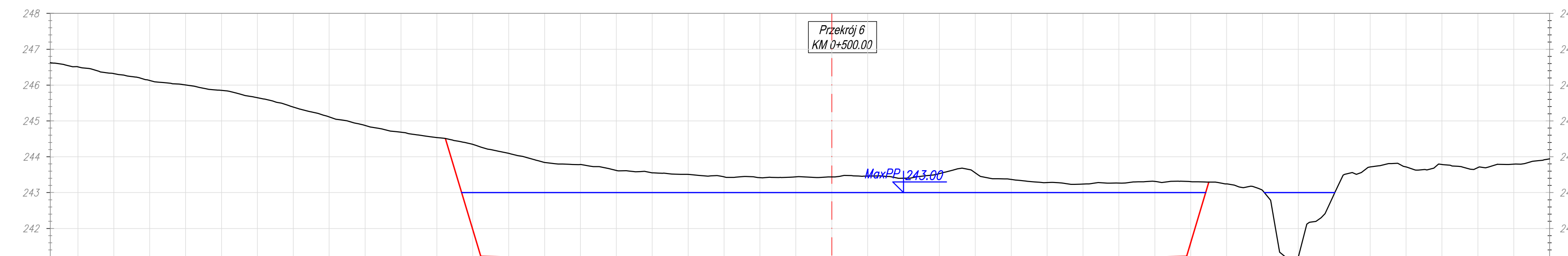
ODLEGŁOŚCI	244.56	244.12	244.04	243.78	243.51	243.33	242.97	242.74	242.56	242.59	242.32	242.13	241.72	241.68	241.62	242.00	241.35	243.23	243.55	243.62
RZĘDNE	244.56	244.12	244.04	243.78	243.51	243.33	242.97	242.74	242.56	242.59	242.32	242.13	241.72	241.68	241.62	242.00	241.35	243.23	243.55	243.62
ODLEGŁOŚCI PROJ.		244.11	240.71				240.39					240.69	241.35							
RZĘDNE PROJ.		244.11	240.71				240.39					240.69	241.35							



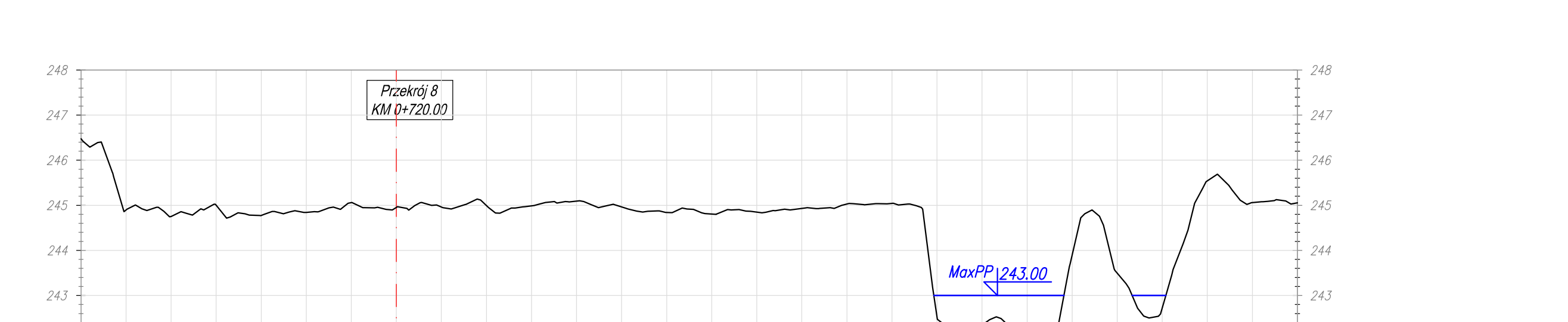
ODLEGŁOŚCI	245.71	245.27	245.12	244.65	244.44	244.42	244.42	244.53	244.42	244.46	244.61	244.57	244.57	244.50	244.28
RZĘDNE	245.71	245.27	245.12	244.65	244.44	244.42	244.42	244.53	244.42	244.46	244.61	244.57	244.57	244.50	244.28
ODLEGŁOŚCI PROJ.		245.27	245.12							242.15	244.50				
RZĘDNE PROJ.		245.27	245.12							242.15	244.50				



ODLEGŁOŚCI	245.46	245.41	245.35	245.51	245.44	245.45	245.71	245.55	245.14	244.30	245.56	245.39	243.94	245.24	245.32	244.51
RZĘDNE	245.46	245.41	245.35	245.51	245.44	245.45	245.71	245.55	245.14	244.30	245.56	245.39	243.94	245.24	245.32	244.51
ODLEGŁOŚCI PROJ.												245.29	243.07	243.07		
RZĘDNE PROJ.												245.29	243.07	243.07		

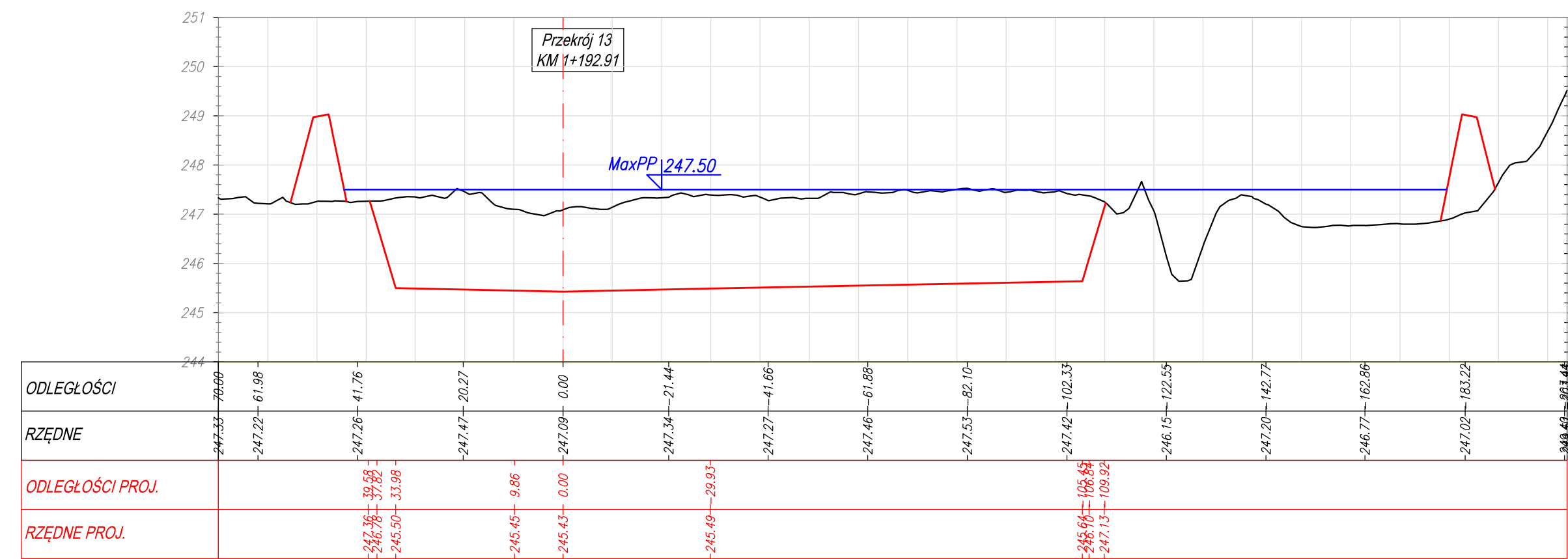
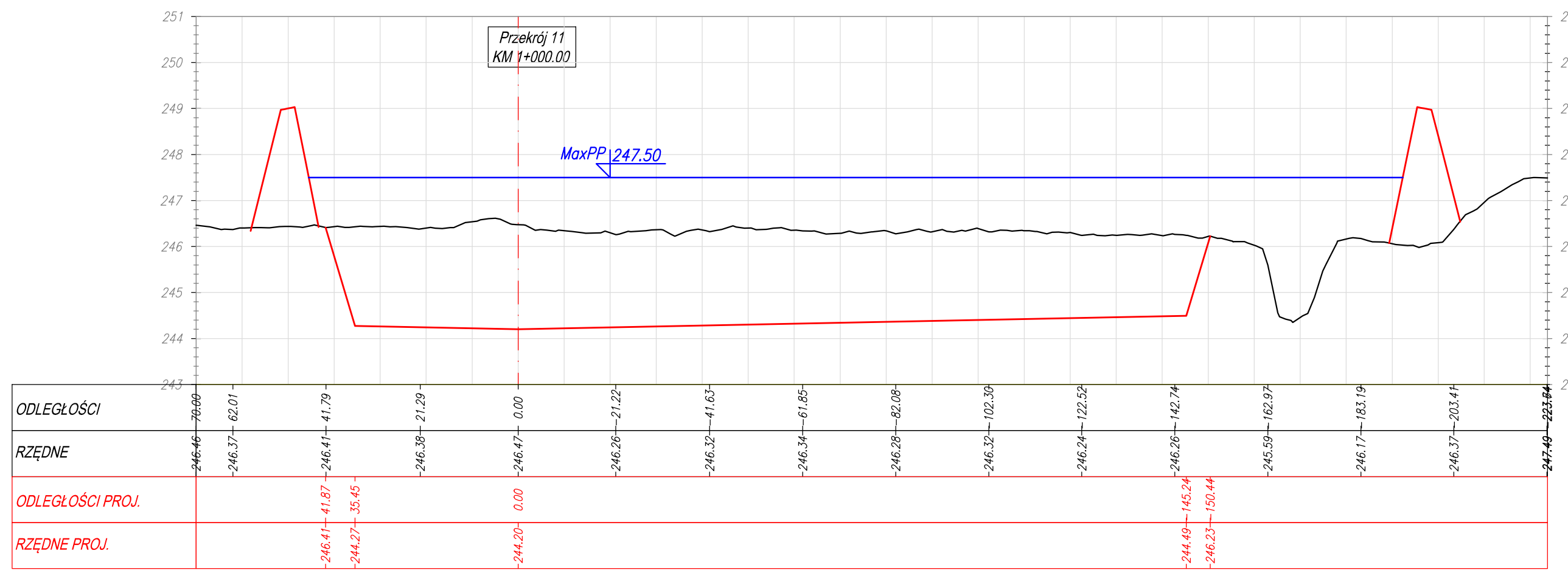
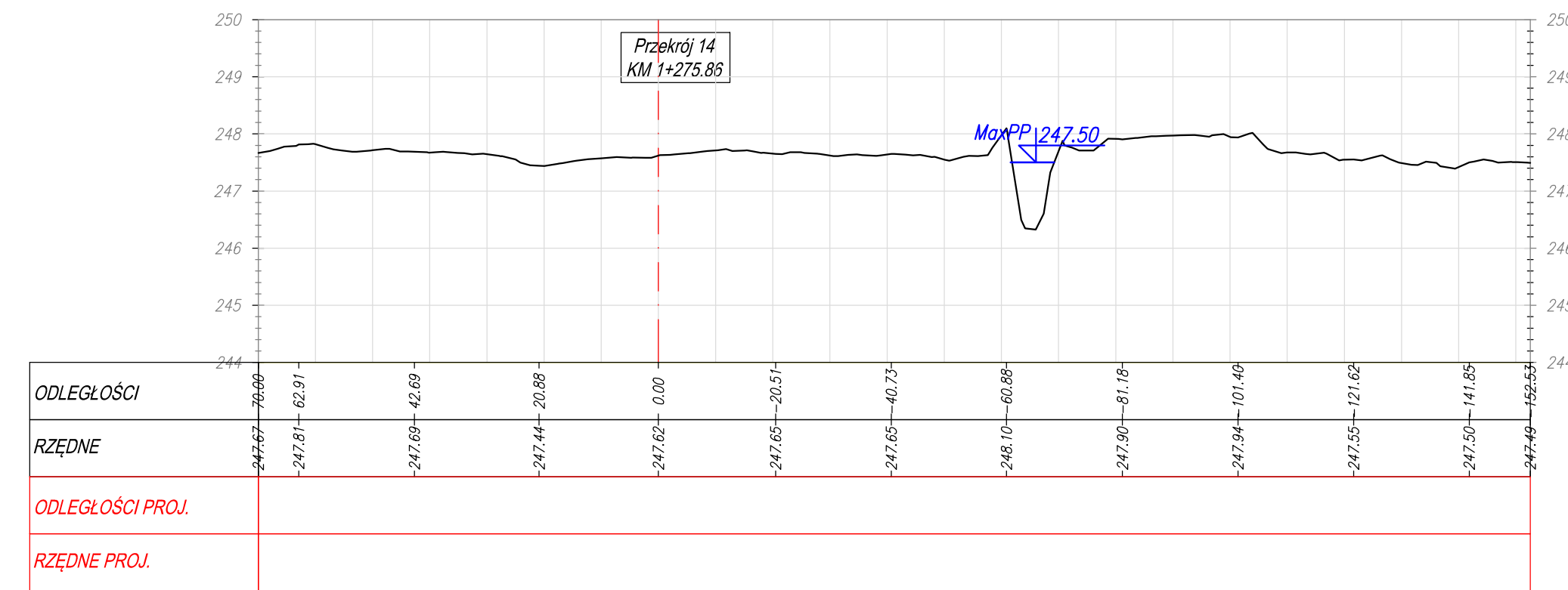
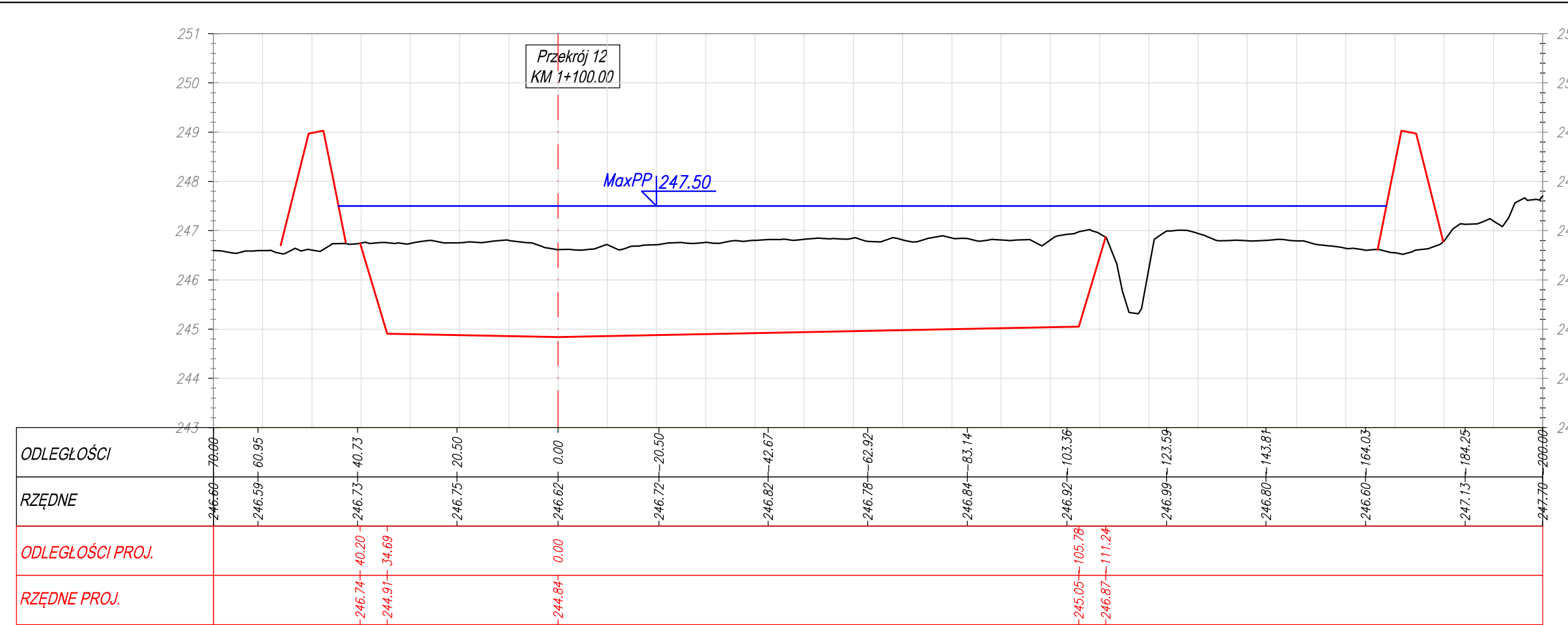
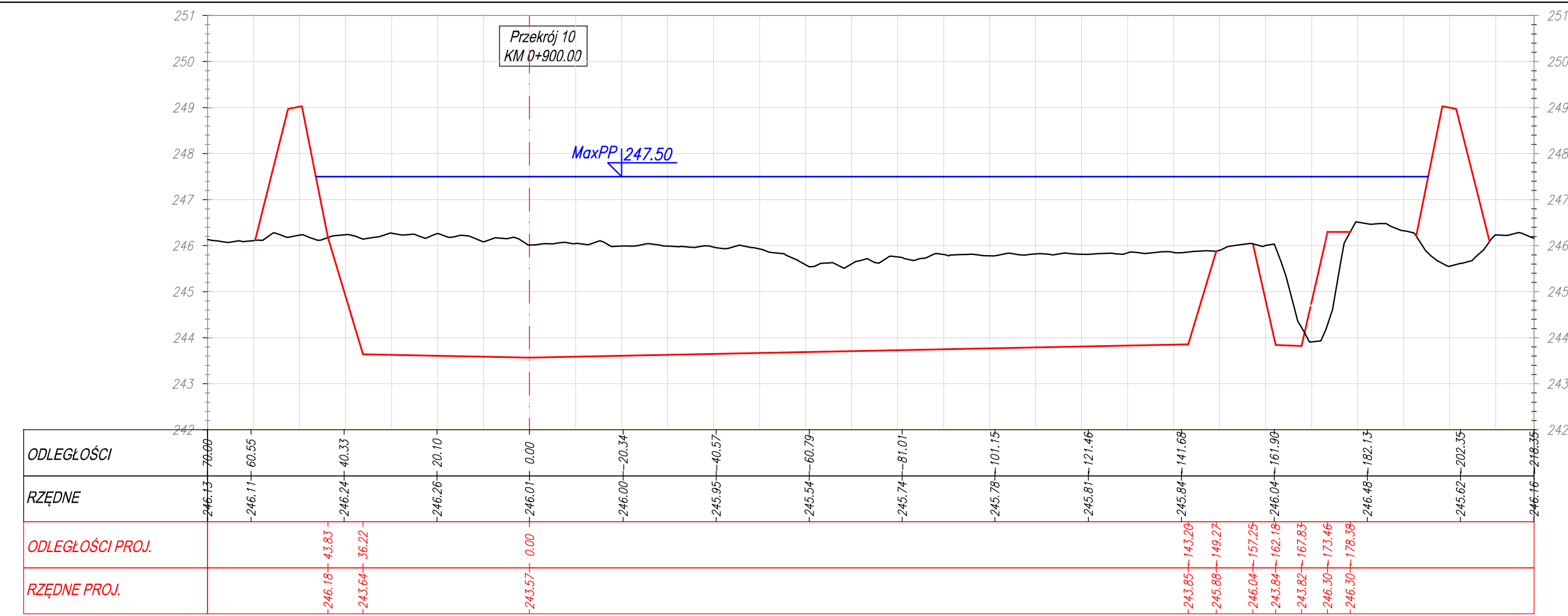


ODLEGŁOŚCI	246.66	246.37	246.04	245.71	245.21	244.72	244.41	243.91	243.66	243.51	243.42	243.29	243.27	243.40	243.63	243.71	243.94	244.40	244.81	245.04	245.06
RZĘDNE	246.66	246.37	246.04	245.71	245.21	244.72	244.41	243.91	243.66	243.51	243.42	243.29	243.27	243.40	243.63	243.71	243.94	244.40	244.81	245.04	245.06
ODLEGŁOŚCI PROJ.						244.51						241.22	241.22								
RZĘDNE PROJ.						244.51						241.22	241.22								



ODLEGŁOŚCI	246.66	245.71	244.90	244.84	244.81	244.95	245.10	244.84	244.81	245.04	244.36	242.26	243.26	245.69	244.66
RZĘDNE	246.66	245.71	244.90	244.84	244.81	244.95	245.10	244.84	244.81	245.04	244.36	242.26	243.26	245.69	244.66
ODLEGŁOŚCI PROJ.			244.81								242.57				
RZĘDNE PROJ.			244.81								242.57				

Jednostka projektowa: <b>OLBRYCH-MALIK</b> NIKOLAJ OLBRYCH, MICHAŁ MALIK S.C.			
Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garlica w miejscowości Garlica Murowana, gm. Zielonki"			
Tytuł rysunku: Przekroje poprzeczne. Zbiornik I. Prądnik. Arkusz II. Wariant 1.			
Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska		
	mgr inż. Dagmara Buniowska		
Kraków, grudzień 2020 r.		Nr rys.	5.2
		Nr ark.	II



Jednostka projektowa: **OLBRYCH-MALIK**  
MICHAŁ OLBRYCH, MICHAŁ MALIK S.C.

Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pękowice i rzece Garlicze w miejscowości Garlica Murowana, gm. Zielonki"

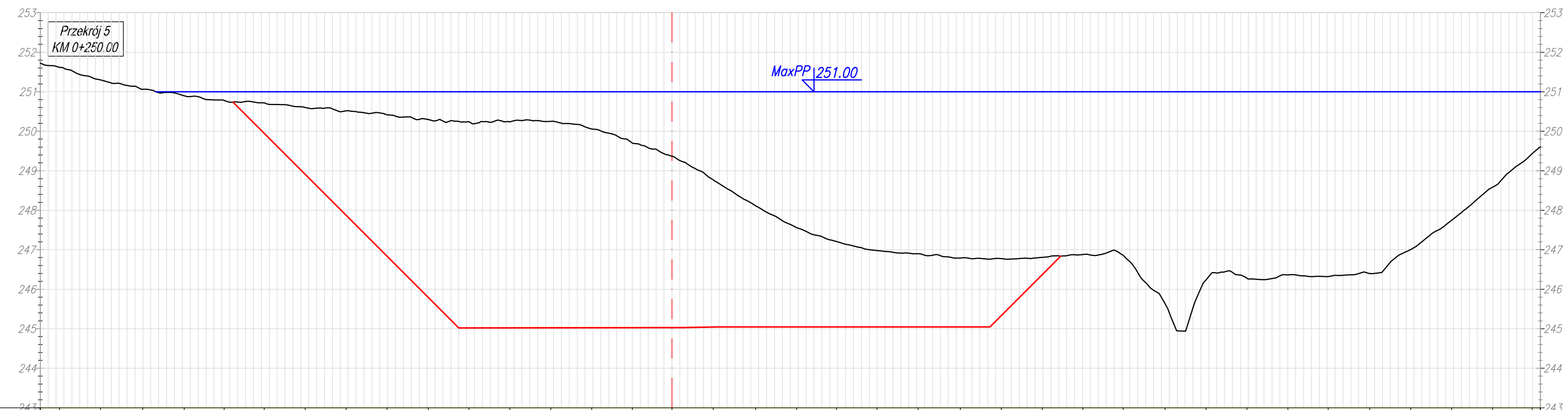
Tytuł rysunku: Przekroje poprzeczne. Zbiornik 2. Prądnik.

Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>

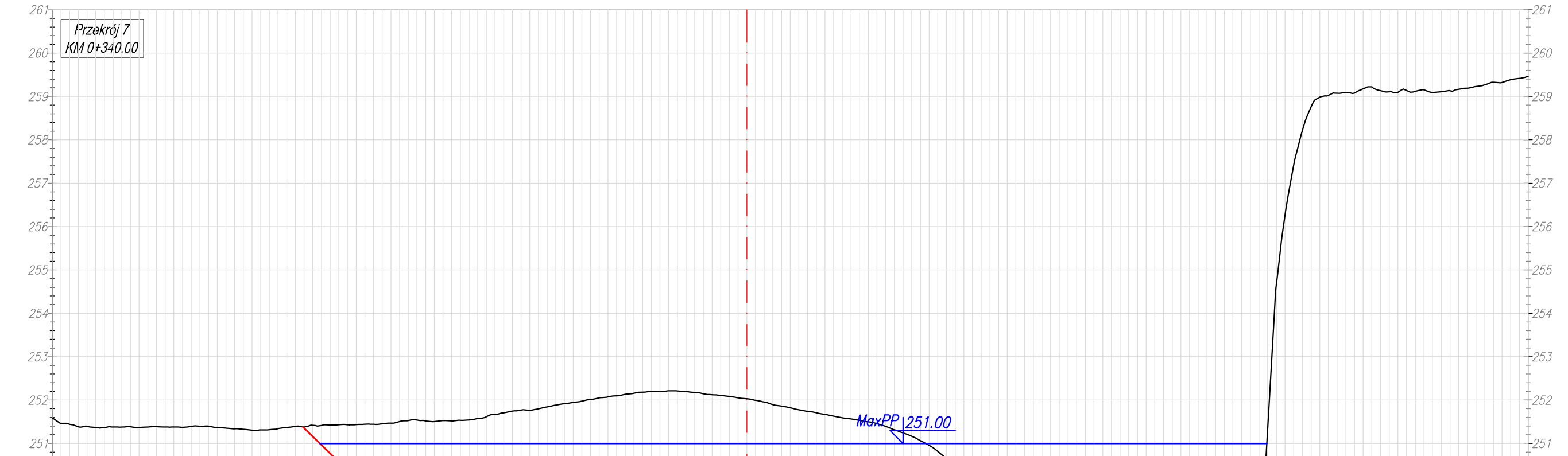
Kraków, grudzień 2020 r. Nr rys. 5.3 Nr ark. Strona 114



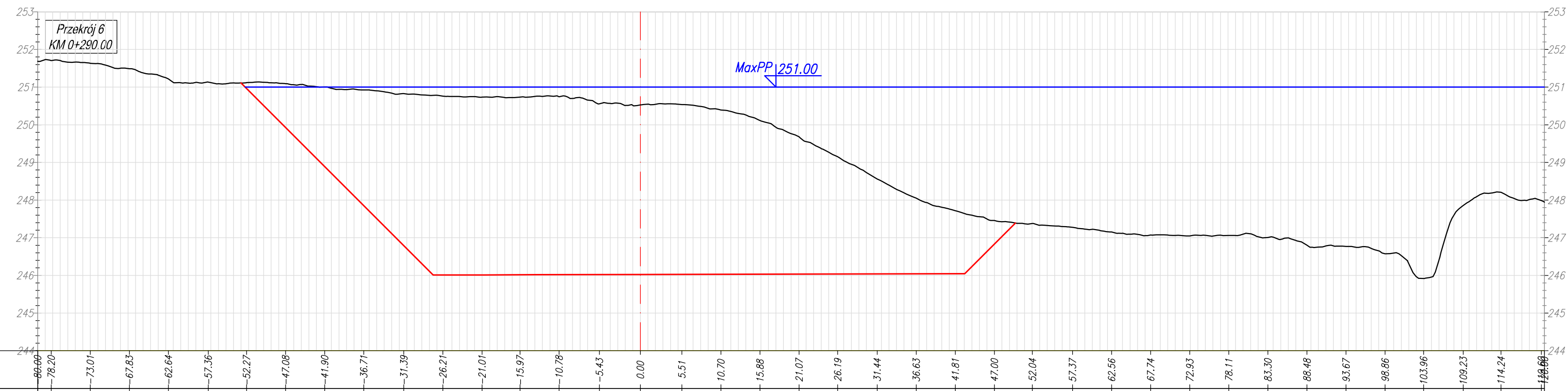




ODLEGŁOŚCI	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00
RZĘDNE	251.62	251.30	251.06	250.90	250.78	250.72	250.72	250.72	250.72	250.72	249.50
ODLEGŁOŚCI PROJ.											
RZĘDNE PROJ.											



ODLEGŁOŚCI	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00
RZĘDNE	251.62	251.30	251.06	250.90	250.78	250.72	250.72	250.72	250.72	250.72	249.50
ODLEGŁOŚCI PROJ.											
RZĘDNE PROJ.											



ODLEGŁOŚCI	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00
RZĘDNE	251.62	251.30	251.06	250.90	250.78	250.72	250.72	250.72	250.72	250.72	249.50
ODLEGŁOŚCI PROJ.											
RZĘDNE PROJ.											

Jednostka projektowa:  
**OLBRYCH-MALIK**  
BIURO INŻYNIERSTWA I PROJEKTOWANIA

Temat: "Wariantowa analiza wskazanych w "Planie zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły" zbiorników przeciwpowodziowych na rzece Prądnik w miejscowości Zielonki-Pekowice i rzece Garlicze w miejscowości Garlica Murwana, gm. Zielonki"

Tytuł rysunku:  
 Przekroje poprzeczne. Zbiornik 3. Garlicza. Arkusz II.

Funkcja	Imię i nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	mgr inż. Michał Malik	KONSTR.-BUD.	466/2002	<i>Malik</i>
Opracowanie	mgr inż. Dominika Turska			<i>Turska</i>
	mgr inż. Dagmara Buniowska			<i>Buniowska</i>

Kraków, grudzień 2020 r.    Nr rys.    S.S    Nr ark.    II

**WARIANTOWA ANALIZA WSKAZANEGO W „PLANIE ZARZĄDZANIA  
RYZYKIEM POWODZIOWYM DLA OBSZARU DORZECZA WISŁY”  
ZBIORNIKA PRZECIWPOWODZIOWEGO W MIEJSCOWOŚCI  
WĘGRZCE, GM. ZIELONKI**

Opracował: mgr inż. Michał Malik  
Kwalifikacje do wykonywania  
dokumentacji hydrologicznych  
Świadectwo nr 42/2004

*Malik*

mgr inż. Mikołaj Olbrych  
Kwalifikacje do wykonywania  
dokumentacji hydrologicznych  
Świadectwo nr 41/2004

*Olbrych*

mgr inż. Dagmara Buniowska

*Buniowska*

Maj 2021, Kraków

## SPIS TREŚCI:

1. DANE OGÓLNE .....	3
1.1. DANE WYJŚCIOWE .....	3
1.2. ZAKRES OPRACOWANIA.....	3
2. OBLICZENIA HYDROLOGICZNE.....	5
2.1. CHARAKTERYSTYKA HYDROGRAFICZNA.....	5
2.2. OBLICZENIA PRZEPŁYWÓW DLA DOPŁYWU SUDOŁU DOMINIKAŃSKIEGO ORAZ SUDOŁU DOMINIKAŃSKIEGO. MODEL OPAD-ODPŁYW.....	6
2.3. MODEL HEC-HMS.....	7
2.4. WYNIKI OBLICZEŃ HEC-HMS.....	12
3. WARIANTY SYMULACYJNE .....	15
4. OBLICZENIA HYDRAULICZNE .....	15
4.1. MODEL HYDRAULICZNY 2D - WYNIKI OBLICZEŃ HEC-RAS .....	15
5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI .....	27

## ZAŁĄCZNIKI

1. Lokalizacja projektowanego Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych – widok 3D – ortofotomapa.
2. Lokalizacja projektowanego Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych – widok 3D – numeryczny model terenu NMT.

# 1. DANE OGÓLNE.

## 1.1. Dane wyjściowe.

- Numeryczny model terenu, PZGiK,
- Mapa podziału hydrograficznego Polski,
- obowiązujące normy, przepisy, a w szczególności:
  - Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać obiekty hydrotechniczne ich usytuowanie,
- Plan Zagospodarowania terenu planowanego Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych.
- Plan Zarządzania Ryzykiem Powodziowym w dorzeczu Wisły, KZGW,
- Wielowariantowy program inwestycyjny wraz z opracowaniem strategicznej oceny oddziaływania na środowisko dla cieków Aglomeracji Krakowskiej z wyłączeniem rzeki Wisły, Arcadis,
- Projekt budowlany dla inwestycji pn. „Zaprojektowanie i budowa drogi ekspresowej S52 odc. Północna Obwodnica Krakowa: węzeł Modlnica – węzeł Kraków Mistrzejowice”
- BDOT (Baza Danych o Terenie),
- HEC-HMS User’s Manual,
- HEC-RAS User’s Manual.

## 1.2. Zakres opracowania.

Niniejsze opracowanie pn.: Wariantowa analiza wskazanego w „Planie Zarządzania Ryzykiem Powodziowym dla obszaru dorzecza Wisły” zbiornika przeciwpowodziowego w miejscowości Węgrzce, gm. Zielonki powstało z uwagi na zgłoszoną przez Zamawiającego konieczność przeprowadzenia analizy wariantowej przedstawionych w PZRP rozwiązań technicznych, służącej spełnieniu założeń PZRP, dotyczących zwiększeniu retencji wody oraz zabezpieczeniu przeciwpowodziowemu w dolinie Sudołu przy równoczesnej możliwości wykonania inwestycji budowy Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych (PSZOK) (na granicy terenu, zajętego przez planowany zbiornik wg PZRP). Niniejsze opracowanie zawiera szczegółowe analizy hydrologiczną i hydrauliczną.

Opracowanie obejmuje ocenę warunków hydraulicznych, panujących w rejonie planowanego zbiornika retencyjnego Węgrzce, w wariantcie zaproponowanym w PZRP oraz w wariantach alternatywnych, a w szczególności:

- obliczenia przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla dopływu Sudołu Dominikańskiego i Sudołu Dominikańskiego,
- wyznaczenie hydrogramów przepływu dla przyjętych fal miarodajnych,
- określenie warunków hydraulicznych, panujących w korytach i dolinach cieków w rejonie planowanych obiektów dla stanu bez nasypu i z nasypem dla przepływu  $Q_{\max 1\%}$ .
- analizę rozwiązań technicznych zawartych w PZRP oraz proponowanych rozwiązań zamiennych.
- porównanie otrzymanych wyników z wynikami przekazanego do wglądu modelu Sudołu Dominikańskiego (z zaimplementowanym, analizowanym suchym zbiornikiem

retencyjnym), opracowanego) przez Wody Polskie (model opracowany w ramach opracowania *Wielowariantowy program inwestycyjny wraz z opracowaniem strategicznej oceny oddziaływania na środowisko dla cieków Aglomeracji Krakowskiej z wyłączeniem rzeki Wisły*).

- opracowanie alternatywnych wariantów ukształtowania czaszy zbiorników (modelowanie Numerycznego Modelu Terenu 3D),
- określenie pracy zbiornika w analizowanych wariantach z wykorzystaniem modelu hydraulicznego 2D, bazującego na przygotowanych wariantach NMT,
- analiza stopnia ochrony przeciwpowodziowej w analizowanych wariantach,
- opracowanie wniosków i zaleceń.

W ramach opracowania pozyskano dane wyjściowe, niezbędne do niniejszej analizy:

- rozpoznanie budowy geologicznej, pokrycia zlewni rodzajami gleb,
- dane geodezyjne (numeryczny model terenu, ortofotomapa),
- dane o zagospodarowaniu zlewni.

## 2. OBLICZENIA HYDROLOGICZNE

### 2.1. Charakterystyka hydrograficzna

Sudół Dominikański (Rozrywka) jest lewym dopływem Prądnika o długości około 7 km. Źródło znajduje się w Bosutowie na wysokości około 258 m n.p.m. Uchodzi do Prądnika w Krakowie, w dzielnicy Prądnik Czerwony na wysokości około 207 m n.p.m. Zlewnię rzeki do analizowanego przekroju przedstawiono poniżej.



Rysunek 1. Zlewnia Sudołu Dominikańskiego do analizowanego przekroju planowanego suchego zbiornika retencyjnego

W obszarze zbiornika, bezpośrednio powyżej planowanej zapory do ciekę głównego, Sudołu Dominikańskiego ujście ma ciek bez nazwy. Jego zlewnię do ujścia do Sudołu przedstawiono poniżej.



Rysunek 2. Zlewnia dopływu Sudołu Dominikańskiego

## 2.2. Obliczenia przepływów dla dopływu Sudołu Dominikańskiego oraz Sudołu Dominikańskiego. Model opad-odpływ

W ramach opracowania wykonano obliczenia hydrologiczne, uszczegółowiające modele już istniejące, na których oparto analizy PZRP.

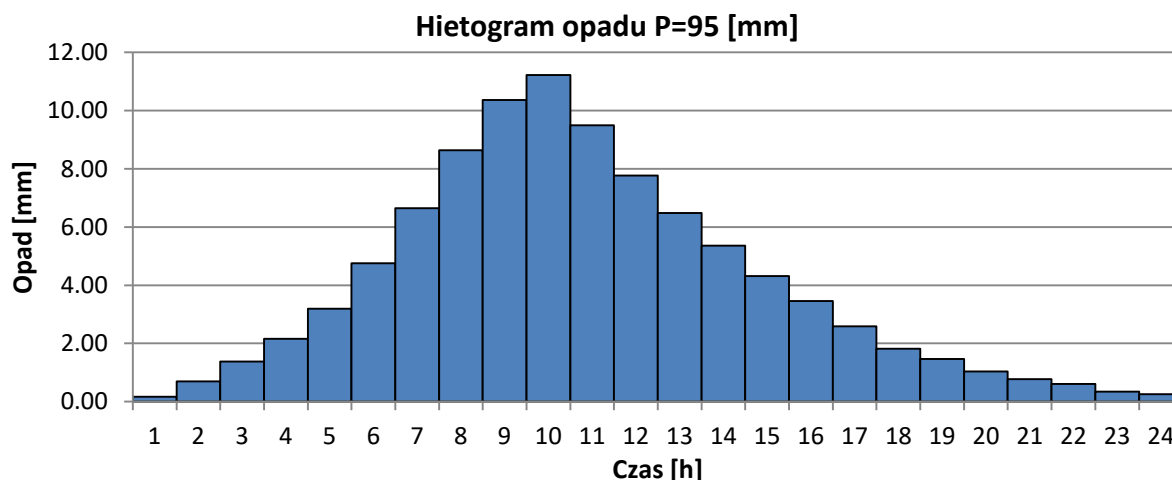
Obliczenia w analizowanych zlewniach niekontrolowanych dokonano z wykorzystaniem modeli matematycznych typu opad-odpływ. Problem symulacji hydrogramu odpływu powierzchniowego (stworzenie hydrogramu hipotetycznego) rozwiązano metodą hydrogramu jednostkowego.

W tym celu skorzystano z oprogramowania HEC-HMS opracowanego przez Korpus Inżynierów Armii Amerykańskiej. To podejście jest tożsame z podejściem stosowanym przy tworzeniu PZRP.

Przy opracowaniu danych wejściowych do modelu kierowano się następującymi zasadami:

- w obliczeniach przyjęto założenie o równości prawdopodobieństwa wystąpienia opadu i wywołanego nim wezbrania,
- do obliczeń przyjęto opad o prawdopodobieństwie wystąpienia 1% oraz czasie trwania równym 24 godziny,
- rozkład wysokości opadu w czasie (hietogram hipotetyczny) dokonano wykorzystując metodę zaproponowaną przez DVWK. Zgodnie z podanymi tam zasadami przez pierwsze 30% czasu trwania opadu wystąpi 20% jego wysokości. Po czasie równym połowie trwania opadu pojawi się 70%, a pozostałe 30% całkowitego opadu wystąpi w drugiej połowie czasu trwania zjawiska [DVWK 1985].

Dla zlewni określono średnią wysokość opadu  $p_{1\%} = 95$  mm oraz wygenerowano hietogram obliczeniowy, wykorzystując metodę zaproponowaną przez DVWK (Deutscher Verband fuer Wasserwirtschaft und Kulturbau):



*Rysunek 3 Hietogram opadu P=95 [mm]*

### 2.3. Model HEC-HMS

- Dane wejściowe do modelu tj. opad efektywny określono metodą SCS-CN, z uwzględnieniem wpływu zagospodarowania terenu, rodzaju gleb, charakteru pokrywy roślinnej oraz stanu uwilgotnienia zlewni (w obliczeniach przyjęto II stopnia uwilgotnienia gruntu jako zalecany do określania przepływów miarodajnych do projektowania obiektów hydrotechnicznych i projektowania stref zagrożenia powodziowego).
- Identyfikację rodzaju gleb przeprowadzono w oparciu o mapę glebowo - rolniczą w skali referencyjnej 1:50 000 opracowaną w Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Bazując na typach gleb zawartych w przedmiotowej mapie dokonano ich agregacji, a następnie przypisano je do jednej z 4 grup (A, B, C, D) wymaganych przez metodę SCS-CN.
- Zgodnie z przyjętą klasyfikacją, gleby podzielono na:
  - A - Gleby charakteryzujące się dobrą przepuszczalnością i dużymi współczynnikami filtracji; do których zaliczamy głębokie piaski, piaski z niewielką domieszką gliny, żwiry, głębokie lessy.
  - B - Gleby o przepuszczalności powyżej średniej i średnim współczynniku filtracji. Należą do nich gleby piaszczyste średnio głębokie, płytkie lessy oraz łą piaszczyste
  - C - Gleby o przepuszczalności poniżej średniej jak gleby uwarstwione z wkładkami słabo przepuszczalnymi, łą gliniaste, płytkie łą piaszczyste, gleby o niskiej zawartości części organicznych, gliny o dużej zawartości części ilastych
  - D - Gleby o bardzo niskiej przepuszczalności i małym współczynniku filtracji. Są to gleby gliniaste, gliny pylaste, gliny zasolone, gliny uwarstwione z wkładkami nieprzepuszczalnymi.



Tabela 1. Przyporządkowanie rodzaju gleb do grupy glebowej

Symbol gleby	Rodzaj/gatunek gleby lub typ gleby	Grupa gleb (NRCS)
żp <sup>1)</sup>	żwiry piaszczyste	A
żg <sup>1)</sup>	żwiry gliniaste	A
pl <sup>1)</sup>	piaski luźne	A
ps <sup>1)</sup>	piaski słabo gliniaste	B
pgl <sup>1)</sup>	piaski gliniaste lekkie	B
pgm <sup>1)</sup>	piaski gliniaste mocne	B
pgmp <sup>1)</sup>	piaski gliniaste mocne pylaste	B
gl <sup>1)</sup>	gliny lekkie	C
glp <sup>1)</sup>	gliny lekkie pylaste	C
gs <sup>1)</sup>	gliny średnie	D
gsp <sup>1)</sup>	gliny średnie pylaste	D
gc <sup>1)</sup>	gliny ciężkie	D
gcp <sup>1)</sup>	gliny ciężkie pylaste	D
i <sup>1)</sup>	iłły zwykłe	D
ip <sup>1)</sup>	iłły pylaste	C
plz <sup>1)</sup>	pyły zwykłe	B
pil <sup>1)</sup>	pyły ilaste	C
ls <sup>2)</sup>	lessy zwykłe	B
li <sup>2)</sup>	lessy ilaste	C
bl <sup>2)</sup>	Rędziny bardzo lekkie/mady bardzo lekkie	A
l <sup>2)</sup>	rędziny lekkie/mady lekkie	B
s <sup>2)</sup>	rędziny średnie/mady średnie	B
c <sup>2)</sup>	rędziny ciężkie/mady ciężkie	C

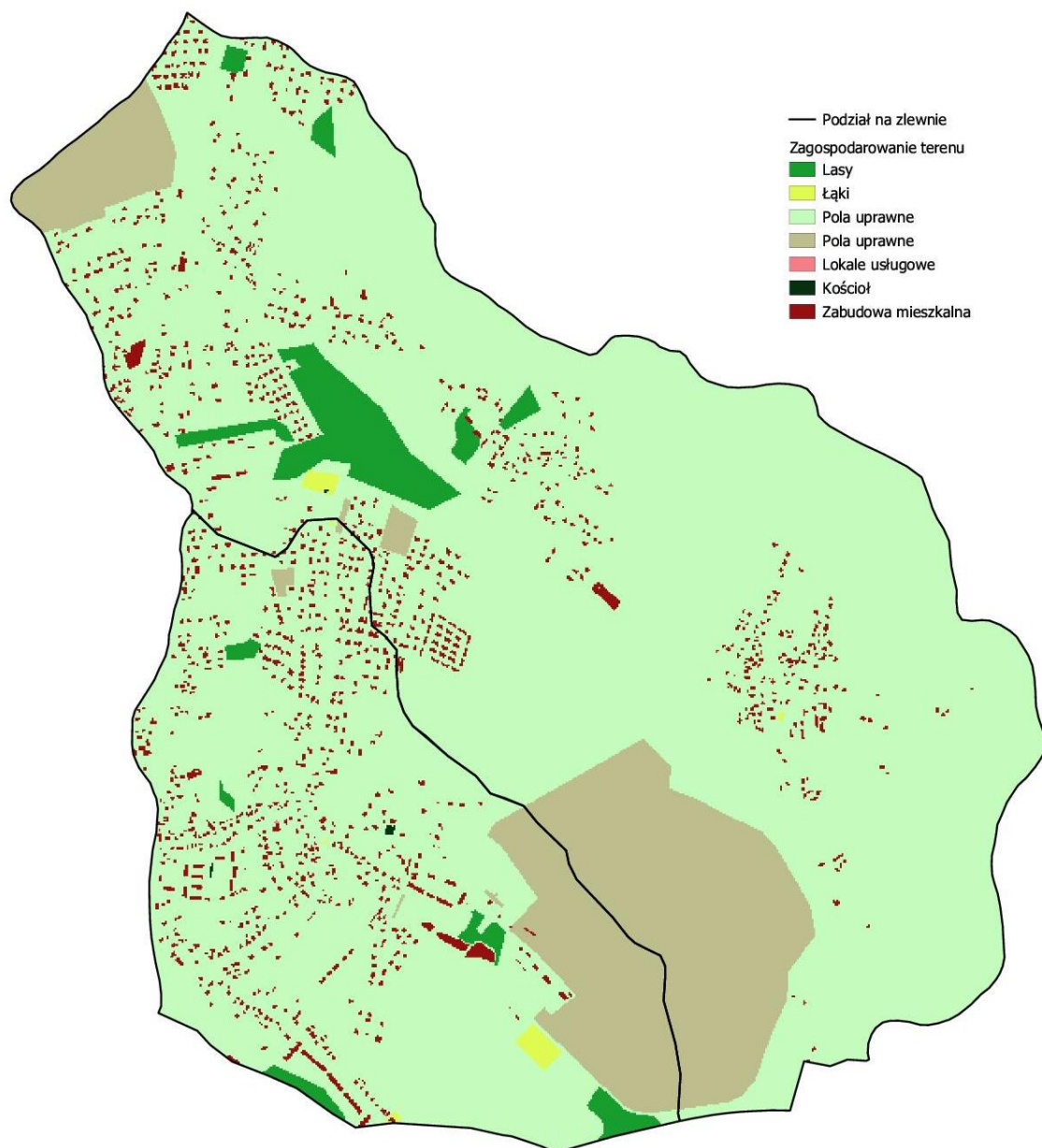
<sup>1)</sup> Oznaczenia pochodzące z mapy glebowo - rolniczej w skali referencyjnej 1:100 000 oraz 1:500 000 opracowane w Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

<sup>2)</sup> Oznaczenia pochodzące z Polskiej Mapy Gleb w skali 1:500 000 opracowanej pod redakcją B. Dobrzański (przewodniczący) i in (1972 r.).

Przy identyfikacji klasy glebowej skorzystano dodatkowo z podziału gleb opracowanego przez Ignara [1988], który umożliwia bezpośrednio stosowanie metody SCS w warunkach polskich.

Na analizowanym terenie występują w całości gleby wytworzone z lessów i utworów lessowatych, w związku z tym dla całego obszaru przyjęto grupę B.

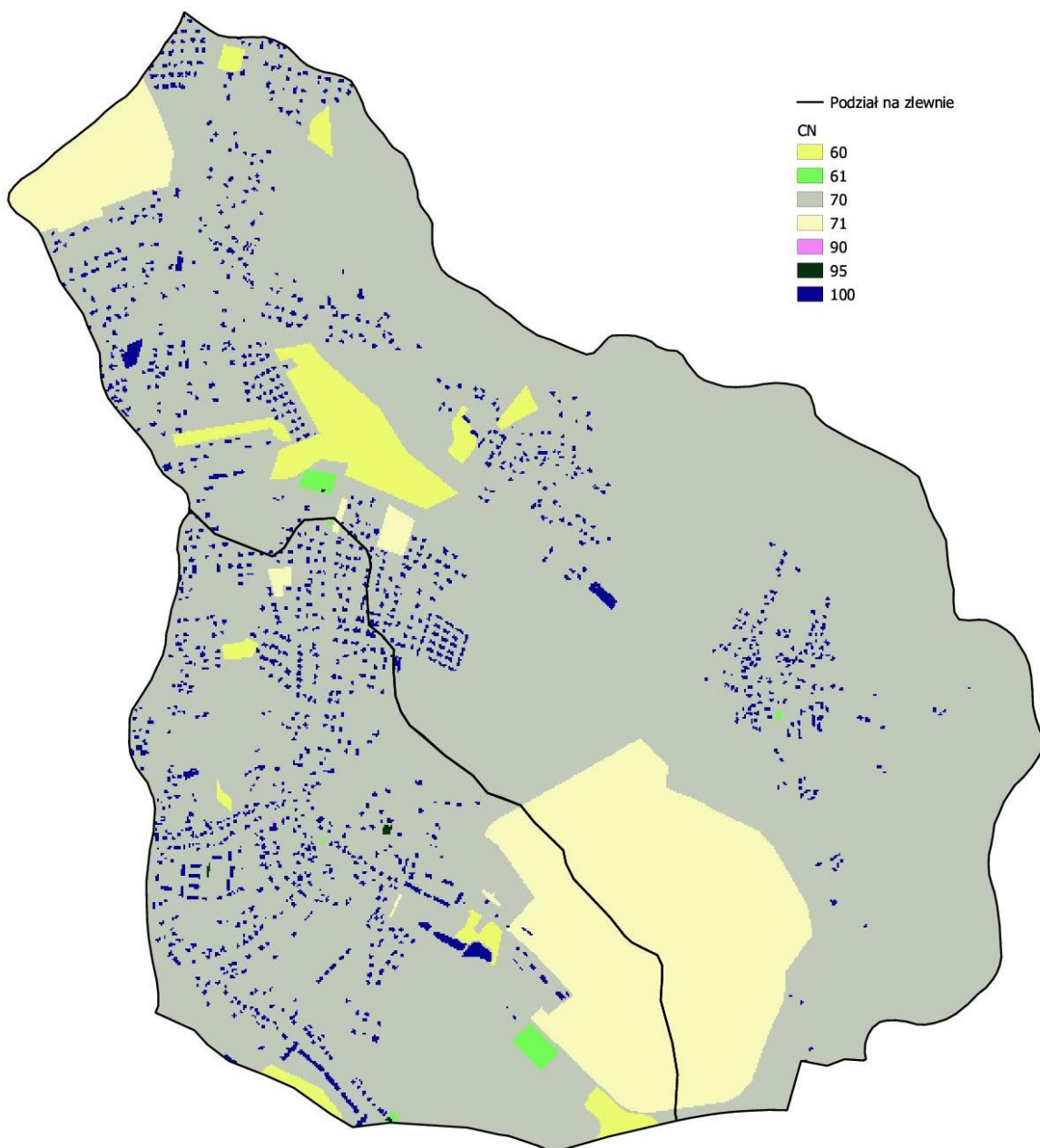
Klasy zagospodarowania terenu, użyte dla celów modelowania hydraulicznego opracowano w oparciu o bazę danych BDOT (wykonanej na bazie danych wektorowych), o stopniu szczegółowości znacznie większym niż stosowana zwykle baza CORINE LAND COVER, zaktualizowaną dodatkowo przez wykonaną analizę aktualnej ortofotomapy.



*Rysunek 4 Sposób zagospodarowania terenu w zlewniach*

Na podstawie grupy glebowej oraz klasy zagospodarowania terenu wyznaczono parametr CN. Parametr ten przyjmuje wartości od 0 do 100, przy czym CN=100 oznacza stan pełnego uwilgotnienia zlewni, a zatem w takim przypadku opad efektywny jest równy opadowi całkowitemu.

Każdemu rodzajowi określonego pokrycia-zagospodarowania powierzchni zlewni, w zależności od rodzaju gleby przypisano wartość SCS-CN. Do celów modelowania hydrologicznego wartość CN przyjmowano jako średnią arytmetyczną. Obliczenia wykonano przy pomocy narzędzi GIS, wykonując analizy strefowe średniej wartości współczynnika CN dla każdego obszaru podzlewni.



Rysunek 5 Wartość CN w zlewniach

Dla każdej podzlewni określono średnią wartość parametru CN.

$$CN = CN_{sr} = \frac{CN_r A_r}{A}$$

gdzie:

$CN_{sr}$  - średnia wartość parametru CN,

$CN_r$  - wartość parametru CN,

$A_r$  - powierzchnia jednostki zadaniowej w  $km^2$ ,

$A$  - całkowita powierzchnia zlewni w  $km^2$ .

Obliczenia wykonano przy pomocy narzędzi GIS, wykonując analizy strefowe średniej wartości współczynnika CN dla każdego obszaru.

W kolejnym kroku wyznaczono potencjalną retencję zlewni oraz wysokość strat początkowych, a następnie natężenie opadu efektywnego, według wzorów zamieszczonych poniżej:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

gdzie:

S - maksymalna retencja zlewni [mm]

CN – parametr modelu

Opad efektywny  $H_t$  po czasie  $t = i \Delta t$  (gdzie  $\Delta t$  jest przyjętym przedziałem czasowym, a  $i$  jest liczbą przedziałów) obliczamy ze wzoru:

$$\begin{cases} H_t = \sum_{j=1}^i \Delta H_j = 0 & \text{gd}y (P_t - 0.2S) \leq 0 \\ H_t = \sum_{j=1}^i \Delta H_j = \frac{(P_t - 0.2S)^2}{P_t + 0.8S} & \text{gd}y (P_t - 0.2S) > 0 \end{cases}$$

gdzie:

$H_t$  - wysokość średniego w zlewni opadu efektywnego w przedziale czasu (0, t) w mm,

$P_t$  - wysokość opadu średniego w zlewni w przedziale czasu (0, t,) w mm,

$\Delta H_j$  - wysokość opadu efektywnego w przedziale  $\Delta t$  w mm,

Z podanych zależności obliczono opad efektywny, przyjmując wartość parametru CN zależną od rodzaju gleb i użytkowania powierzchni z tablic opracowanych przez SCS.

Określenie retencji S odbywa się automatycznie w ramach modelu HMS.

Dla określenia czasu opóźnienia dla każdej podzlewni posłużono się formułą SCS:

$$T_{lag} = \frac{\left( L * 3,28 * 10^3 \right)^{0.8} * \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{1900 * \sqrt{I}}$$

gdzie:

$T_{lag}$  - czas opóźnienia [h]

L - długość zlewni [km]

I - spadek zlewni [%]

CN - parametr CN [-]

3281 - przelicznik [1 metr = 3,28083989501 stopy]

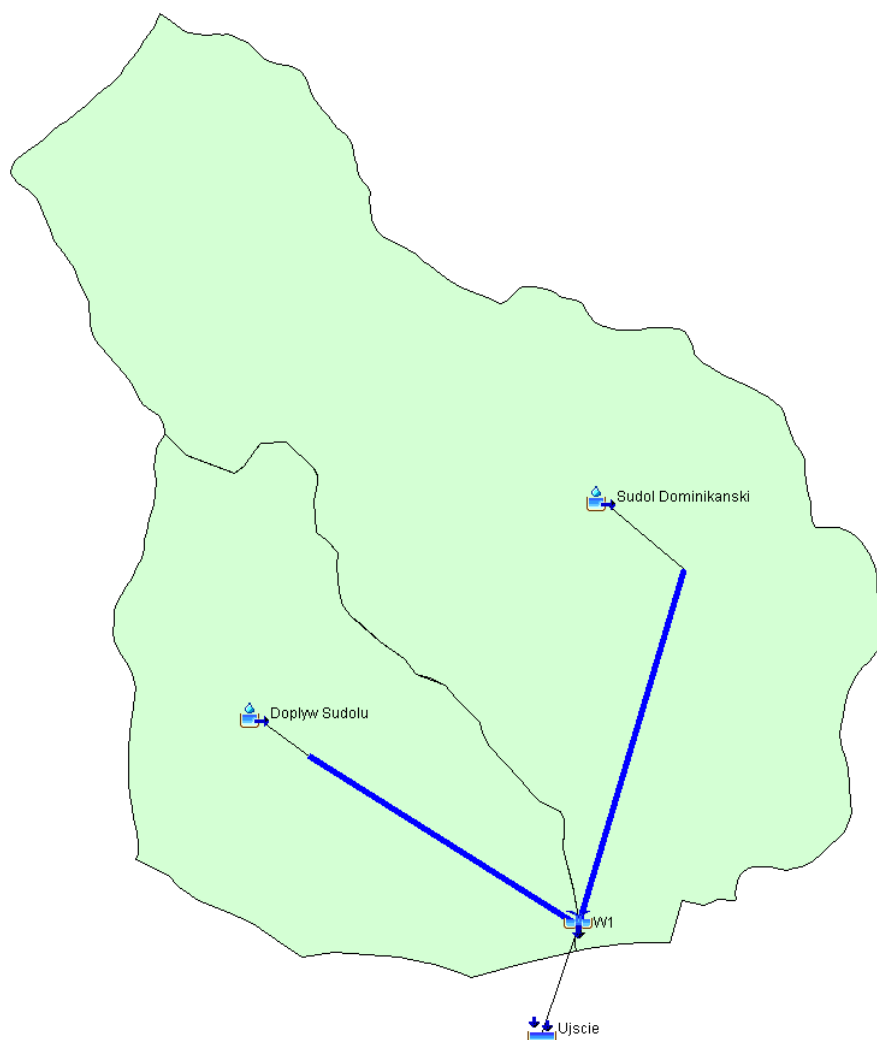
Długości zlewni określono przy pomocy narzędzi GIS, wykonując analizę najdłuższej drogi spływu w każdym obszarze (oczko siatki analizowanego modelu terenu – 1 m).

Dla określenia hydrogramów odpływu z poszczególnych zlewni wykorzystano oprogramowanie opracowane przez Ośrodek Inżynierii Hydrologicznej Korpusu Inżynieryjnego Armii Stanów Zjednoczonych - HEC-HMS 4.3.

Poszczególne parametry niezbędne do wykonania obliczeń modelowych przedstawia poniższa tabela:

Tabela 2. Parametry podzlewni.

ZLEWNIA	CN [-]	I [-]	L [m]	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	T <sub>lag</sub> [min]	Prędkość [m/s]
Sudół Dominikański	70.5	0.0787	4004	4.535	70.2	0.95
Dopływ do Sudołu Dominikańskiego	71.5	0.0928	2302	1.930	40.4	0.95



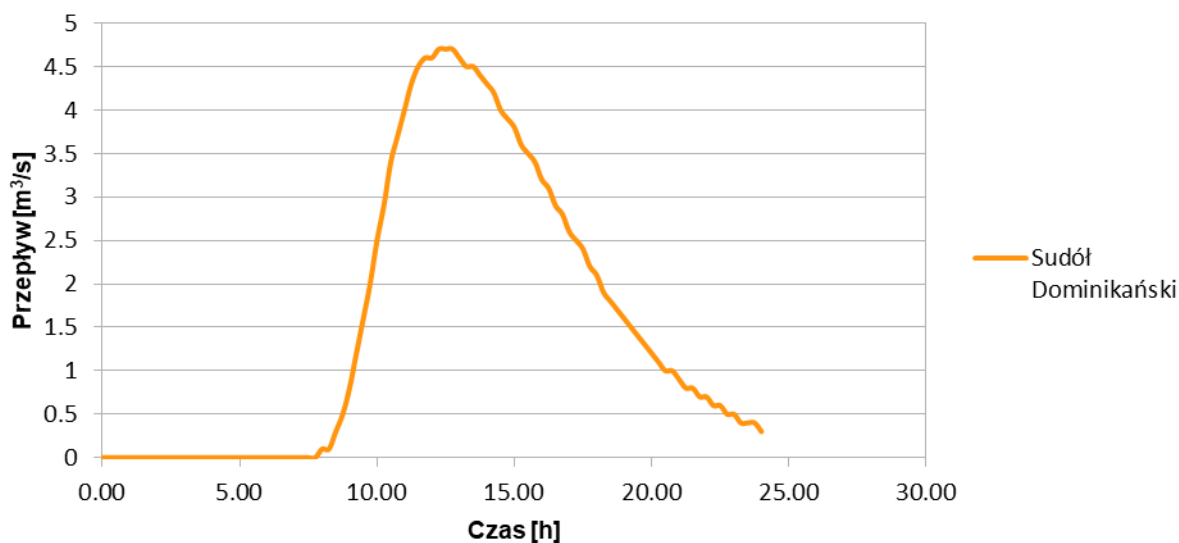
Rysunek 6 Schemat modelu HMS

## 2.4. Wyniki obliczeń HEC-HMS

W wyniku modelowania uzyskano wartości przepływów dla poszczególnych prawdopodobieństw w każdej podzlewni.

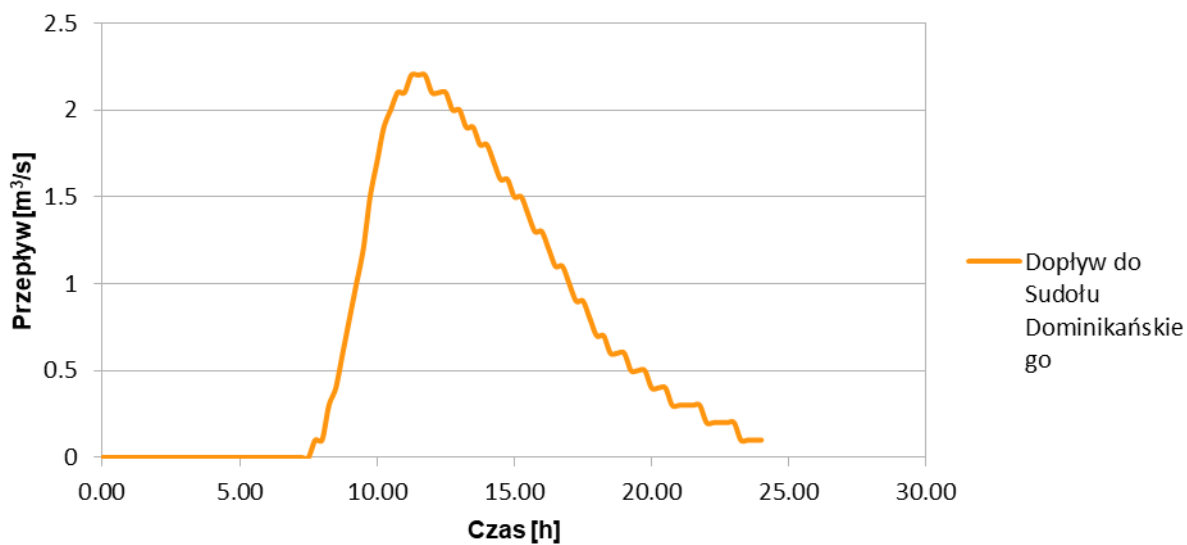
Poniżej na wykresach przedstawiono hydrogramy dla Sudołu Dominikańskiego i jego dopływu.

**Hydrogram p1% - Sudół Dominikański**



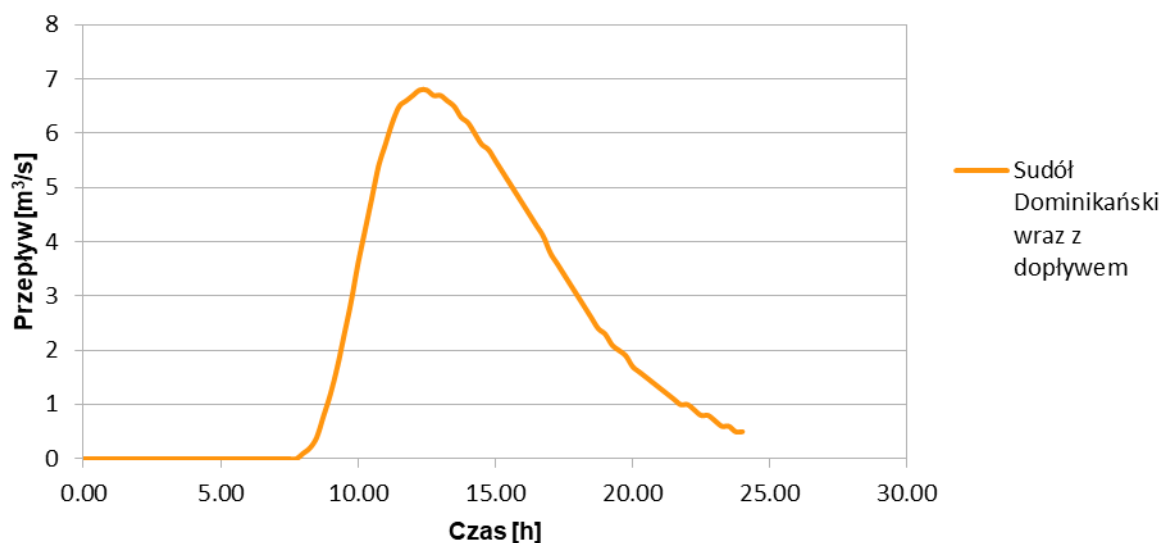
*Rysunek 7 Hydrogram przepływu p1% – Sudół Dominikański*

**Hydrogram p1% - dopływ do Sudółu Dominikańskiego**



*Rysunek 8 Hydrogram przepływu p1% – dopływ Sudółu Dominikańskiego*

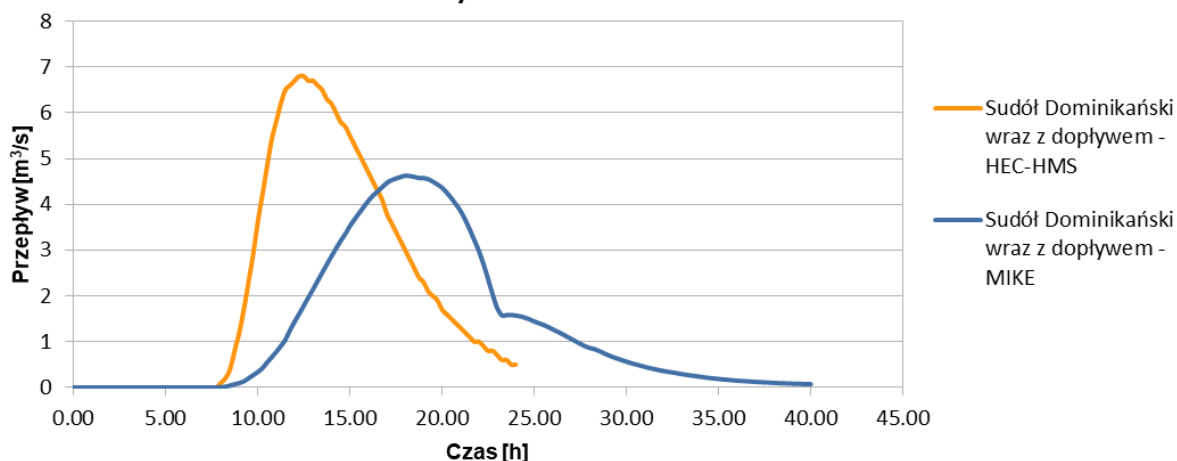
### Hydrogram p1% - Sudół Dominikański wraz z dopływem



Rysunek 9 Hydrogram przepływu p1% – Sudół Dominikański wraz z dopływem

Na rysunku poniżej przedstawiono porównanie kształtów hydrogramów, otrzymanych w wyniku przeprowadzonych symulacji oraz pochodzących z opracowania *Wielowariantowy program inwestycyjny wraz z opracowaniem strategicznej oceny oddziaływania na środowisko dla cieków Aglomeracji Krakowskiej z wyłączeniem rzeki Wisły* (hydrogram w przekroju zapory w modelu hydraulicznym DHI Mike).

### Hydrogram p1% - Sudół Dominikański wraz z dopływem - wyniki HEC-HMS i MIKE



Rysunek 10 Hydrogramy przepływu p1% – Sudół Dominikański wraz z dopływem

Mimo faktu, że wartość kulminacji hydrogramu zgodnie z wykonanymi obliczeniami jest większa niż odczytana z modelu Mike to objętości obu fal są tożsame, co z uwagi na cel opracowania jest najbardziej istotne. Różnica w wysokości kulminacji wynika z faktu, że wykonane obliczenia mają większy stopień szczegółowości – w modelu opad – odpływ, wykonanym w ramach *Wielowariantowy program inwestycyjny wraz z opracowaniem*

strategicznej oceny oddziaływania na środowisko dla cieków Aglomeracji Krakowskiej z wyłączeniem rzeki Wisły nie uwzględniono bezpośrednio dopływu do Sudółu.

**Objętość hydrogramu – wynik z HEC-HMS = 196000 m<sup>3</sup>**

**Objętość hydrogramu – wynik z MIKE = 190200 m<sup>3</sup>**

### 3. WARIANTY SYMULACYJNE

W ramach opracowania, z uwagi na jasno sprecyzowany jej cel (możliwość lokalizacji PSZOK) analizowano następujące inwestycyjne warianty symulacyjne:

- **Stan PZRP** – stan zagospodarowania zlewni i ukształtowanie terenu jak w chwili tworzenia PZRP,

- **Wariant 1** - zmodyfikowano teren w obszarze zbiornika w rejonie planowanego punktu selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych, zgodnie z materiałami otrzymanymi od Zamawiającego wprowadzając odpowiedni nasyp, wzniesiony ponad rzędna MaxPP zbiornika (240 m n.p.m.),

- **Wariant 2** – wprowadzono modyfikację terenu w stosunku do Wariantu 1, polegającą na odtworzeniu objętości czynnej zbiornika wprowadzając niwelację terenu w sąsiedztwie nasypu.

Całość ew. prac przewidziano na działce gminnej, przeznaczonej częściowo na inwestycję budowy PSZOK.

### 4. OBLICZENIA HYDRAULICZNE

#### 4.1. Model hydrauliczny 2D - wyniki obliczeń HEC-RAS

Analiza warunków terenowych w rejonie projektowanej inwestycji wskazuje na skomplikowane warunki hydrauliczne. W celu dokładnego określenia zasięgu spiętrzenia wód w rejonie projektowanego suchego zbiornika retencyjnego, wykonano analizę warunków przepływu przy użyciu dwuwymiarowego modelu hydraulicznego HEC-RAS. Jako stan wejściowy przyjęto stan terenu z czasu powstania PZRP, dodatkowo uzupełniony o obecnie powstające obiekty Północnej Obwodnicy Krakowa (jej znikomy wpływ na zbiornik ujęto w odrębnych dokumentacjach, na podstawie których wydano decyzje pozwolenia wodnoprawnego oraz zezwolenia na realizację inwestycji drogowej).

Analizę przeprowadzono na bazie Numerycznego Modelu Terenu, pozyskanego z Państwowego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego (model ten powstał w ramach programu ISOK i cechuje go bardzo wysoka dokładność – został wykonany techniką LIDAR skaningu laserowego (minimum 12 punkty pomiarowe na 1 m<sup>2</sup>).

Przyjęto parametry projektowanej zapory zbiornika, zgodnie z danymi wprowadzonymi w modelu Mike (zgodność z PZRP).

Parametry projektowanej zapory w Węgrzcach:

Spust denny – 0.2 m x 0.27 m

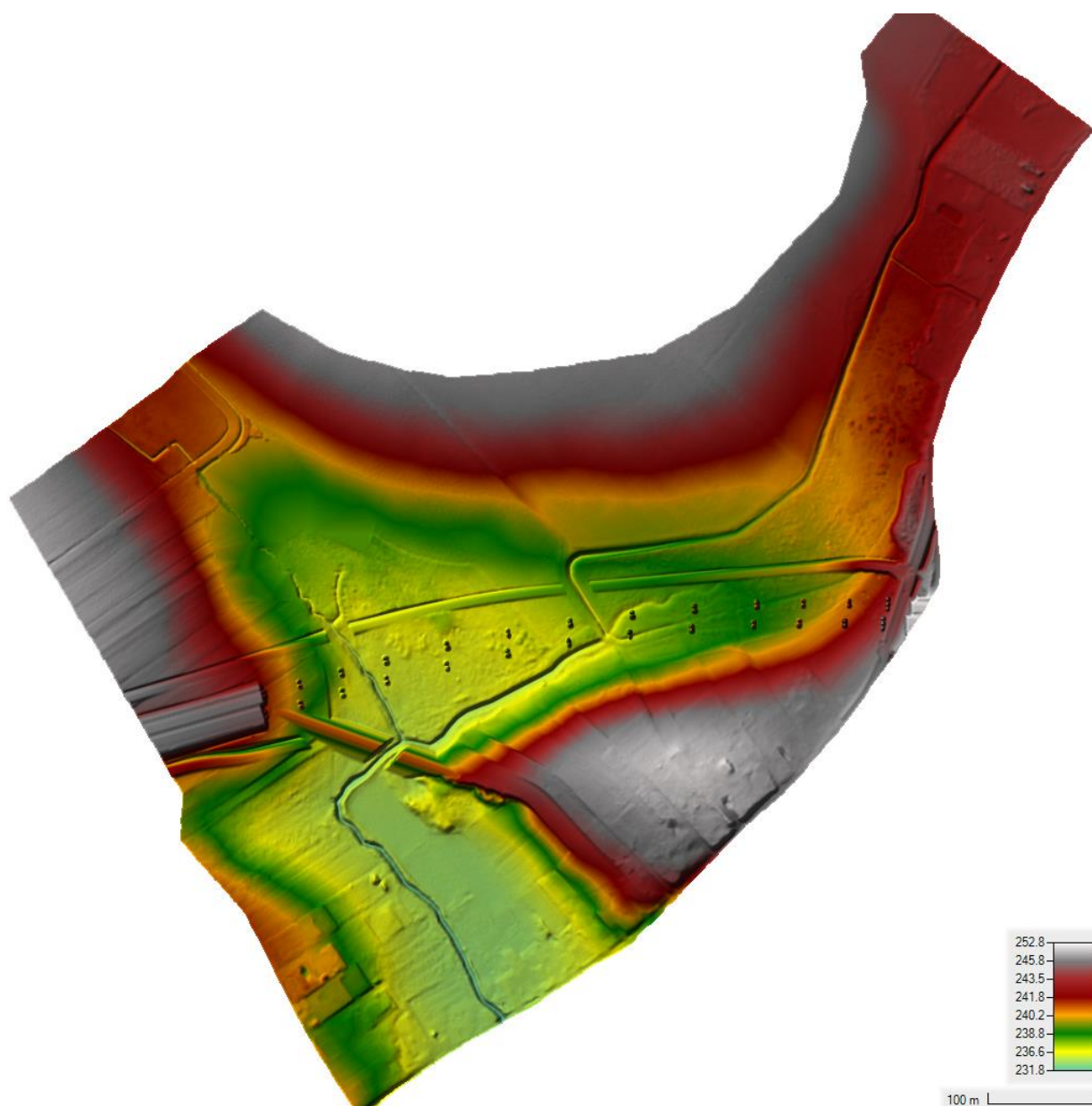
Długość spustu – 10 m

Analiza stanu istniejącego całkowicie potwierdza wyniki otrzymane w modelu Mike, skutkując podobnym maksymalnym poziomem wody w zbiorniku w czasie wezbrania.

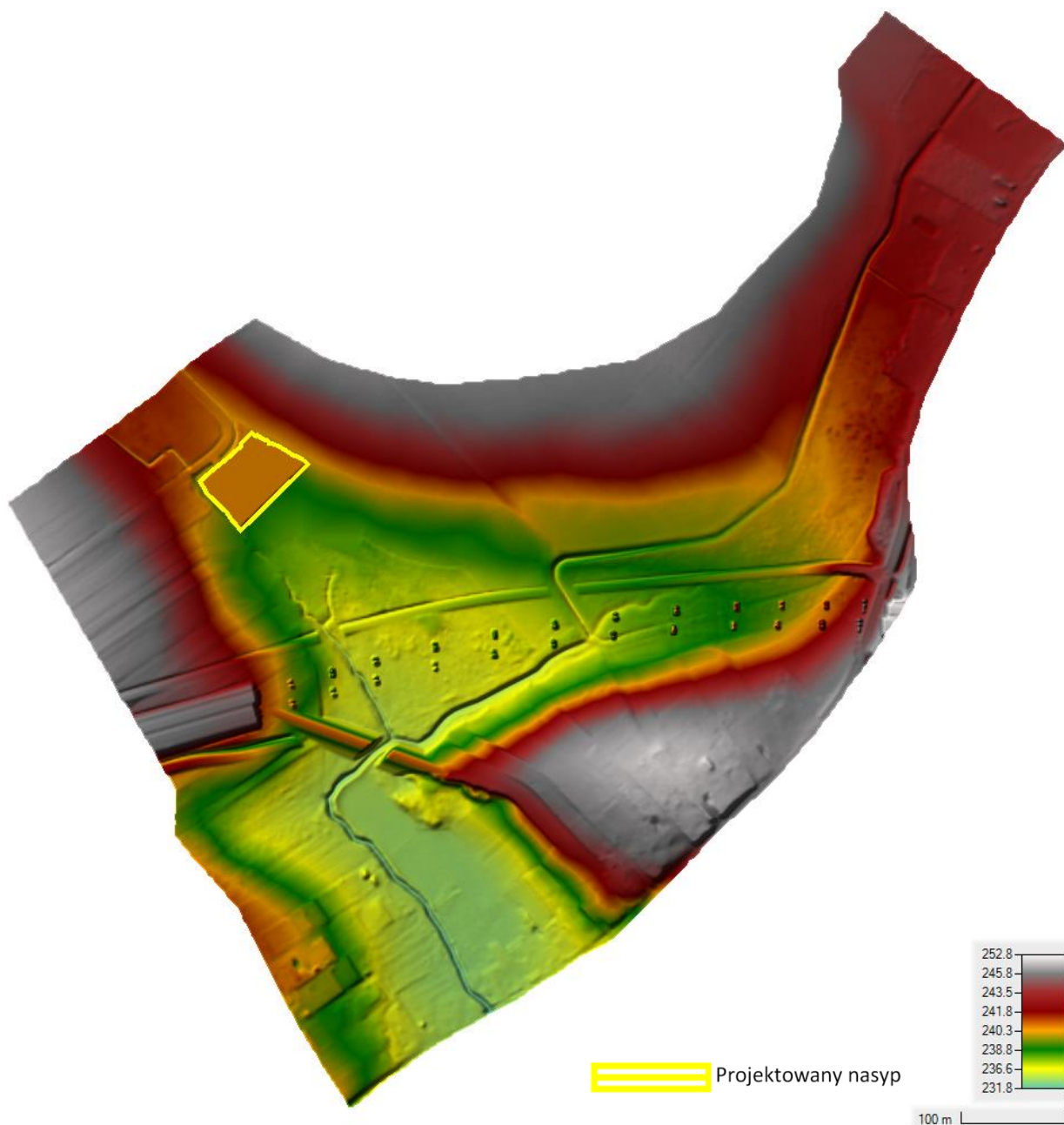
Rzędna wody  $Q_{\max 1\%}$  - 239.86 [m n.p.m.]



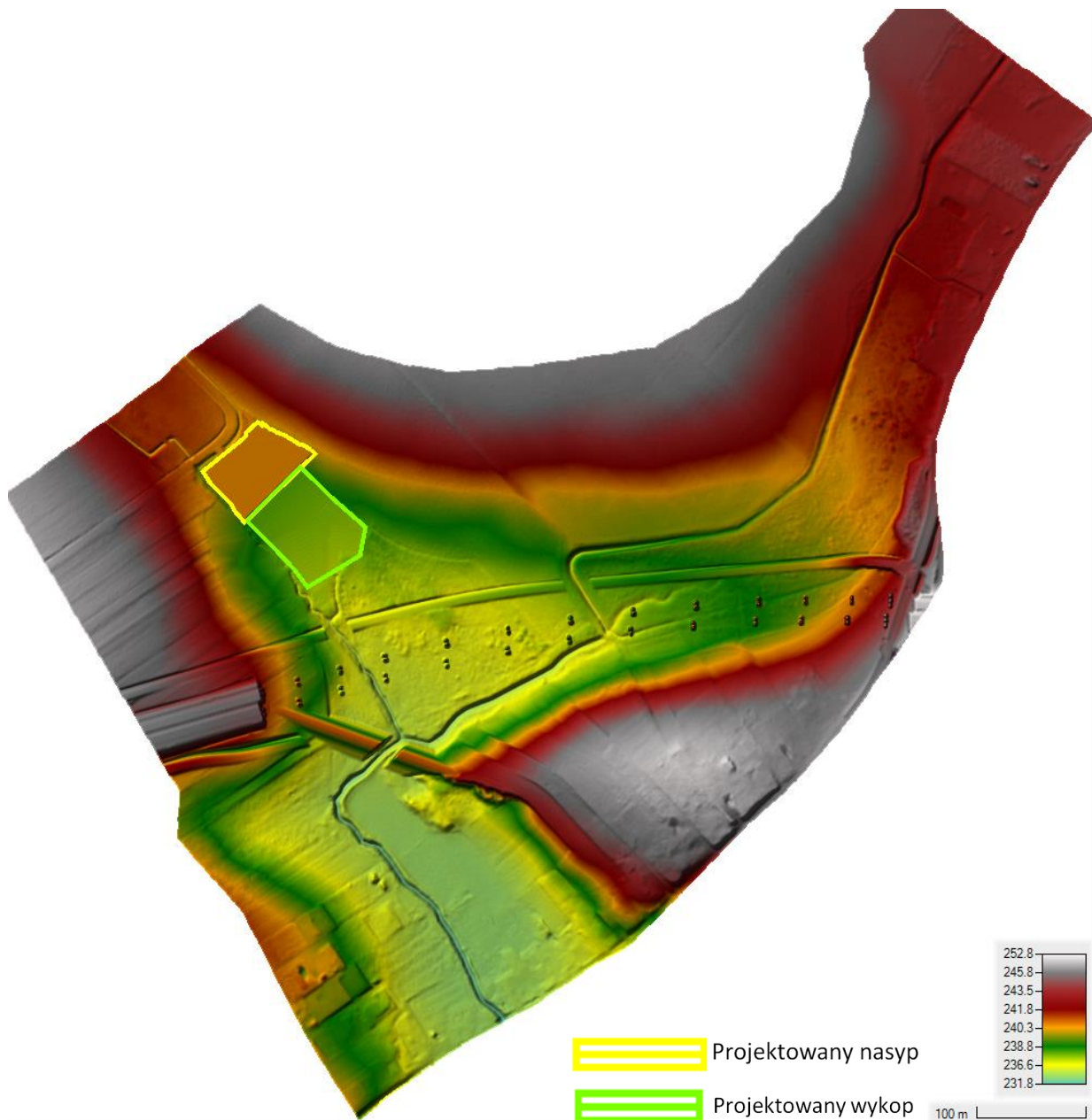
Wyniki analiz dla stanu PZRP oraz wariantów 1 i 2 przedstawiono poniżej.



Rysunek 11. Ukształtowanie terenu. Sudół Dominikański wraz z dopływem. Stan PZRP.

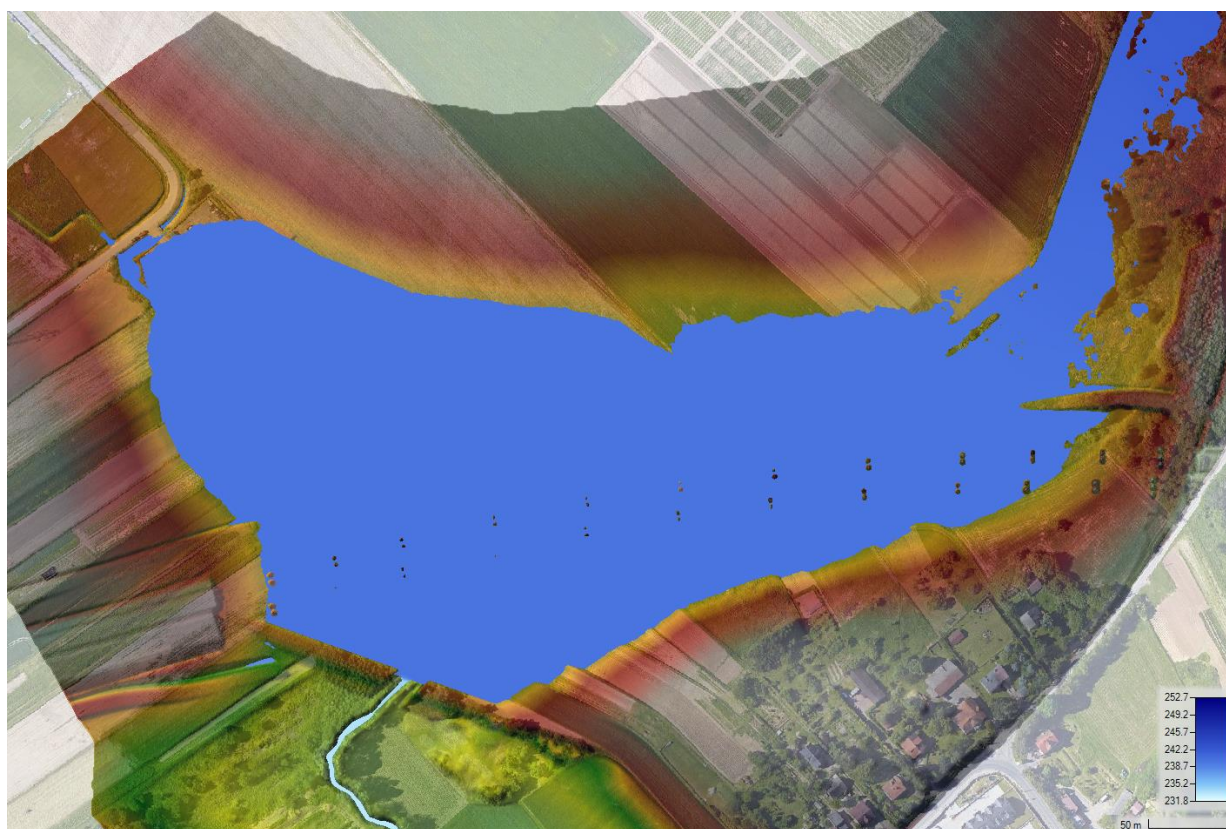


Rysunek 12. Ukształtowanie terenu. Sudół Dominikański wraz z dopływem. Wariant 1.

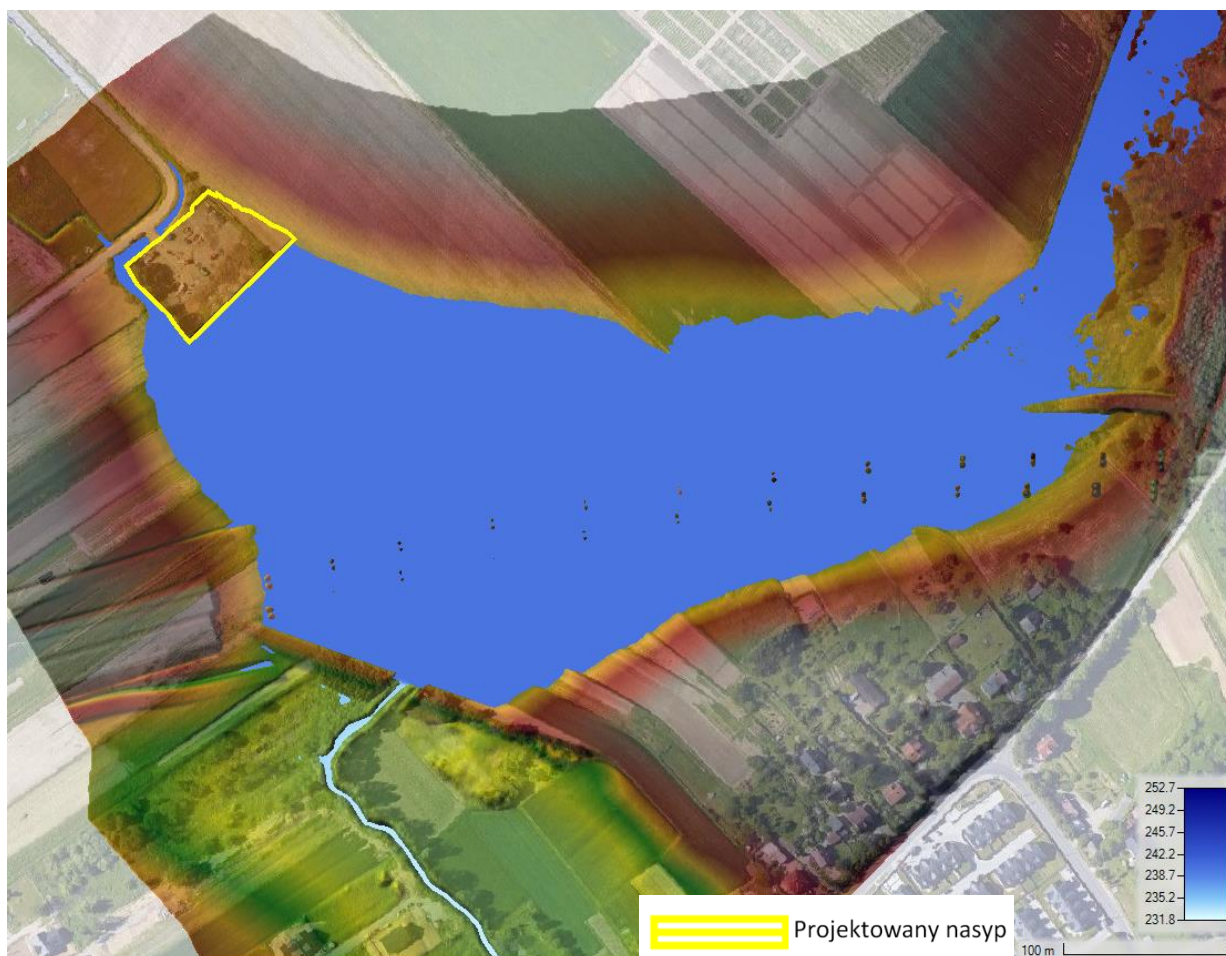


Rysunek 13. Ukształtowanie terenu. Sudół Dominikański wraz z dopływem. Wariant 2.

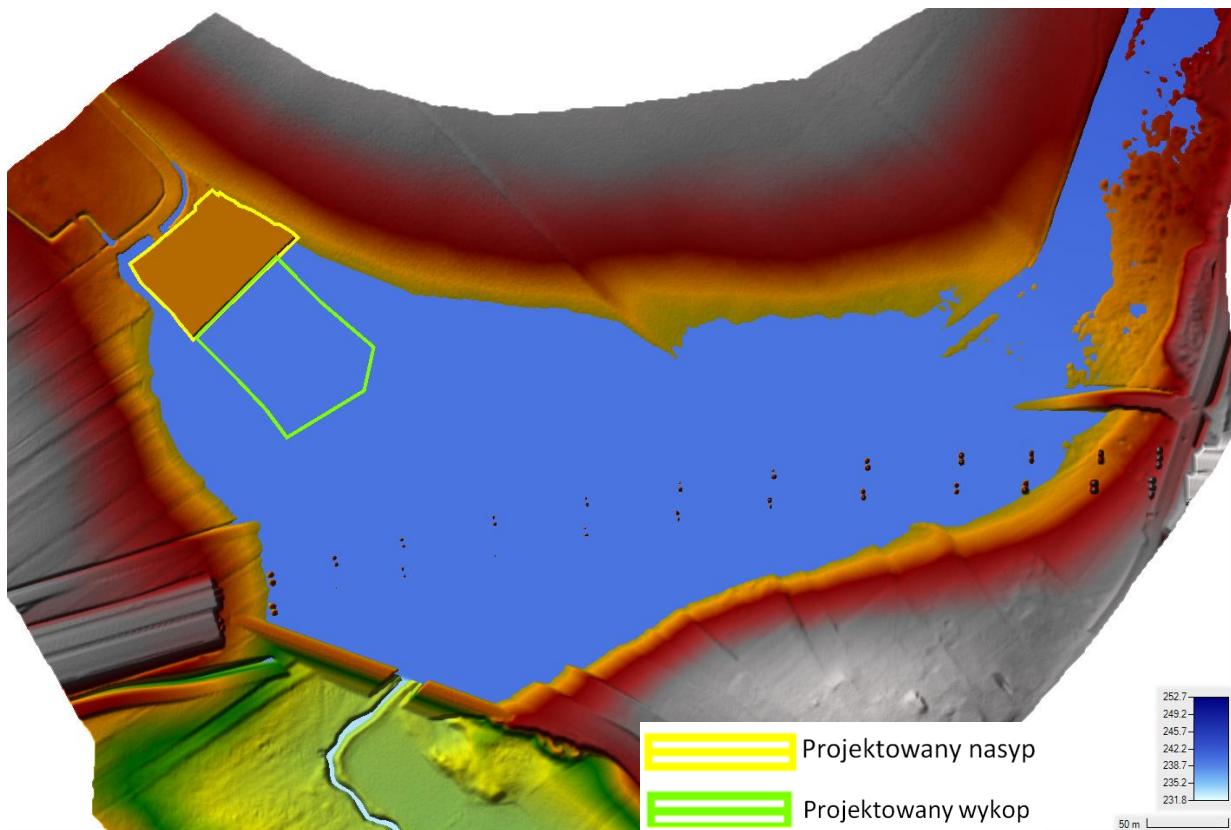
Na rysunkach przedstawiono maksymalną rzędną zwierciadła wody dla analizowanych scenariuszy przejścia fali powodziowej z kulminacją przepływu  $Q_{\max p1\%}$  w postaci map poziomu wody oraz przekroju poprzecznego przez projektowany nasyp i dolinę.



Rysunek 14. Rozkład poziomu wody p1%. Stan PZRP.

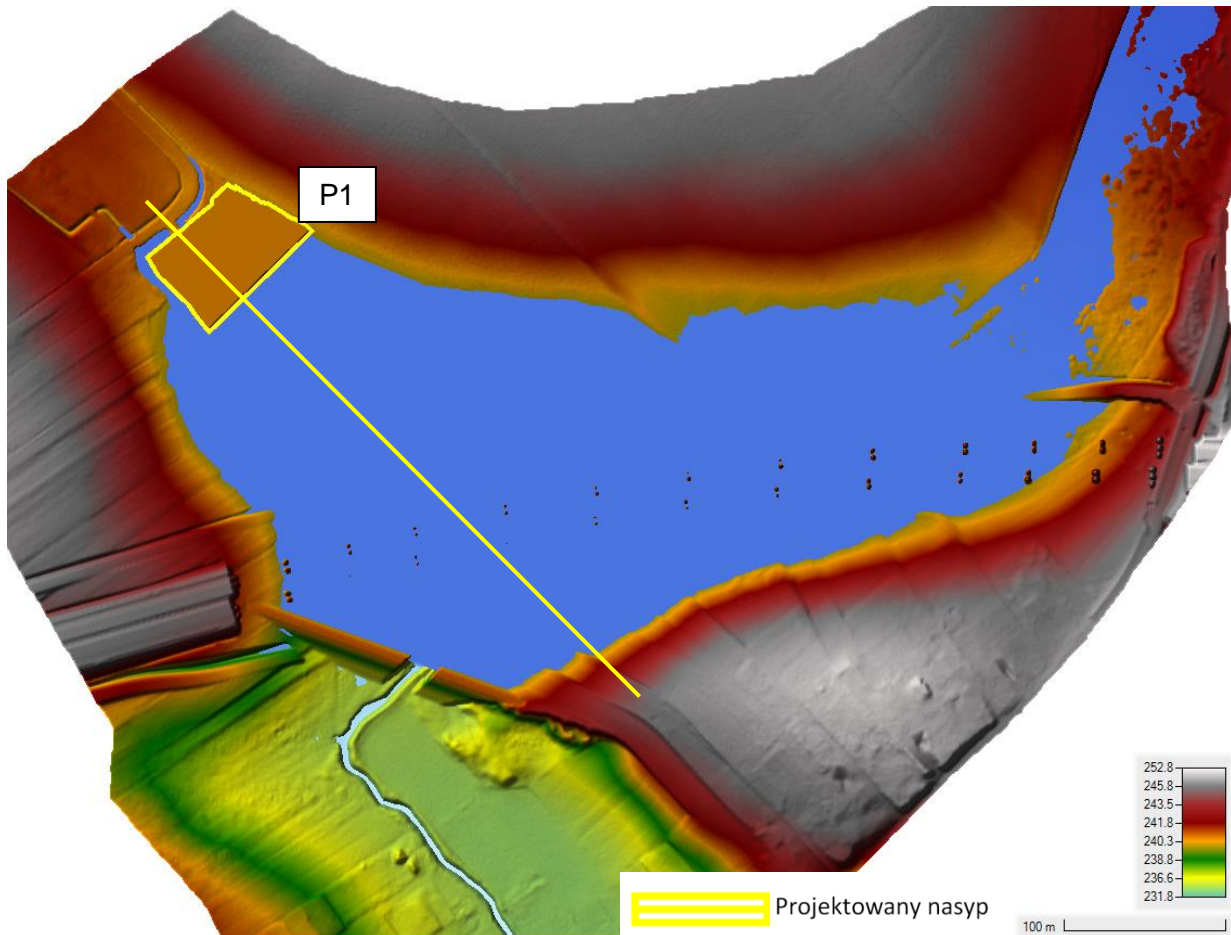


Rysunek 15. Rozkład poziomu wody p1%. Wariant 1.



Rysunek 16. Rozkład poziomu wody p1%. Wariant 2.

Na rysunku poniżej przedstawiono charakterystyczny przekrój terenu P1 przez czasę zbiornika i działkę inwestycji,

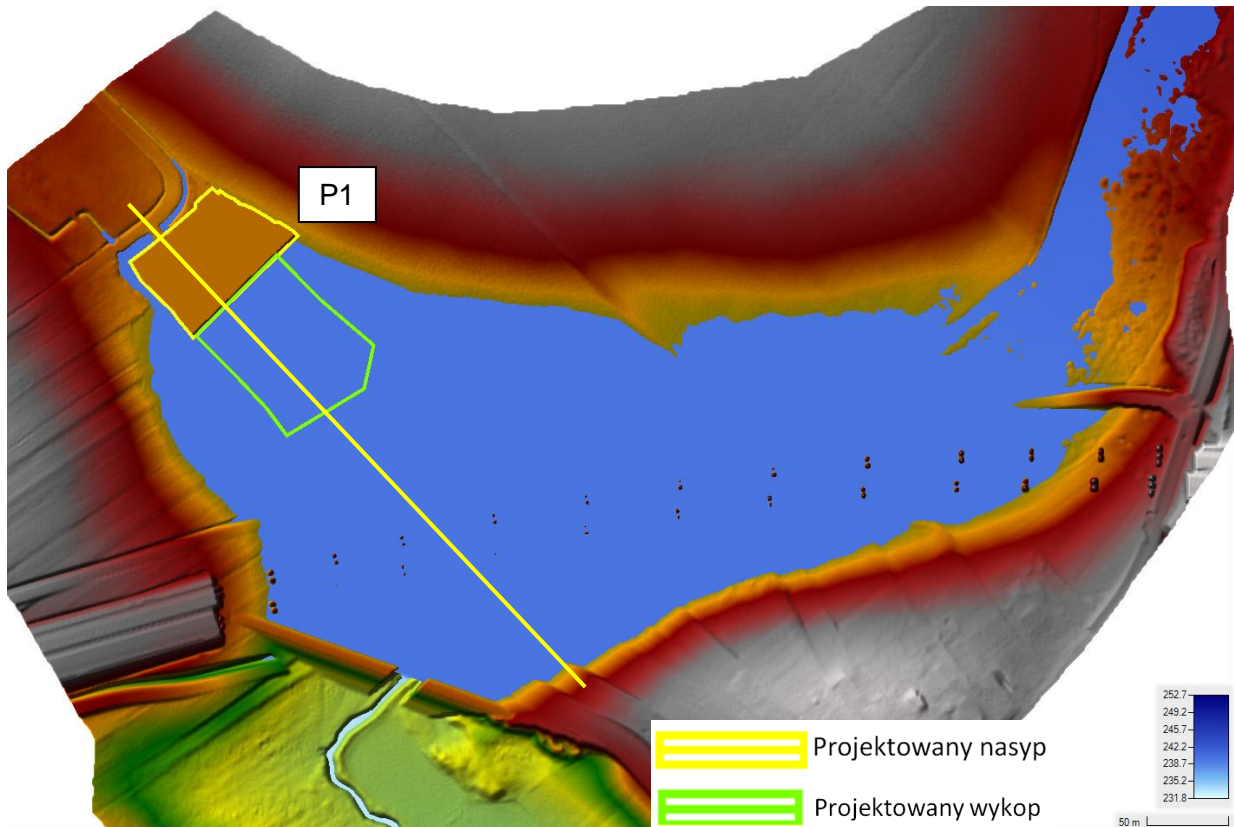


Rysunek 17. Lokalizacja przekroju P1.

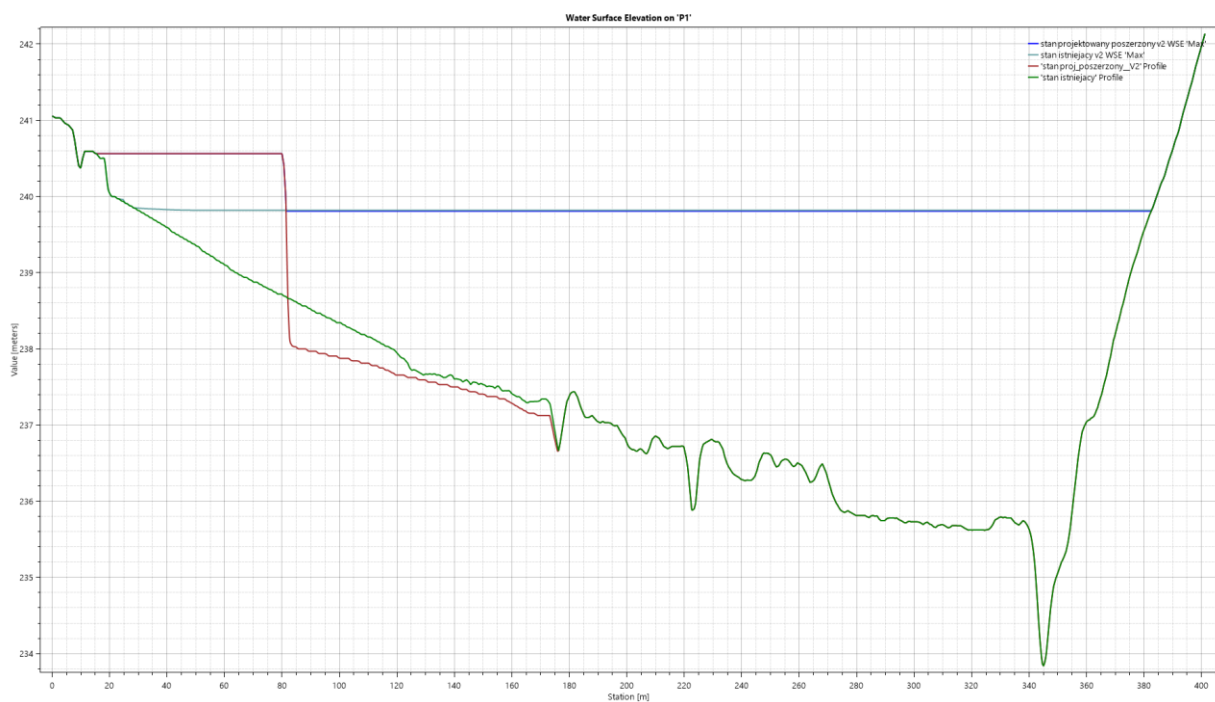


Rysunek 18. Rozkład poziomy wody p1% w przekroju P1. Stan PZRP vs Wariant 1.

Różnica poziomów wody w stanie bez nasypu i z nasypem jest niezauważalna i wynosi, zgodnie z wynikami modelu ok. 2 mm.



Rysunek 19. Lokalizacja przekroju P1.



Rysunek 20. Rozkład poziomu wody p1% w przekroju P1. Stan PZRP vs Wariant 2

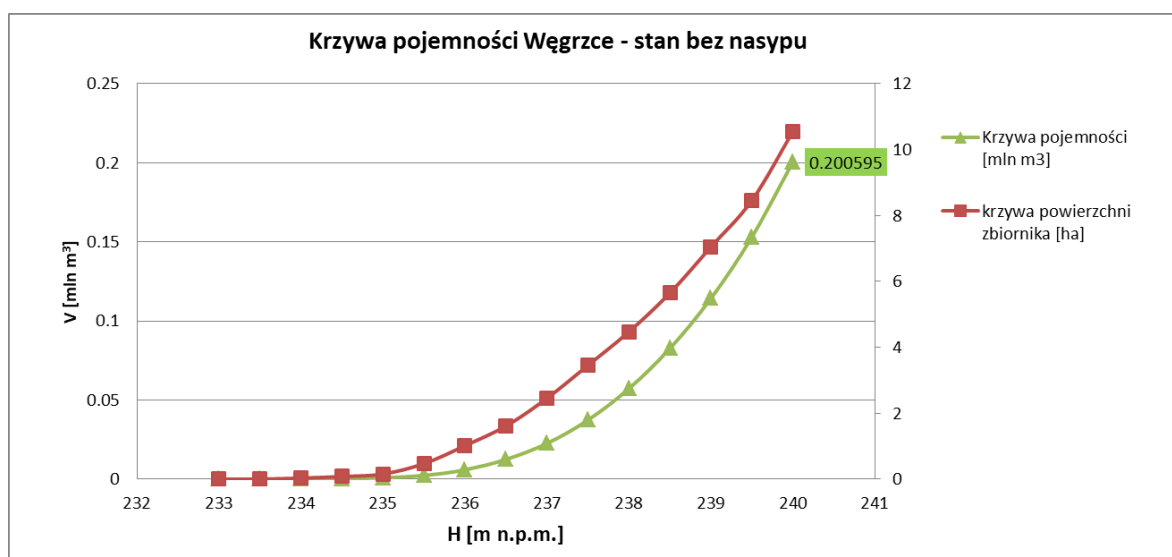


Brak różnicy poziomów wody w stanie PZRP i Wariancie 2 (z uwagi na zbilansowanie nasypu i wykopu).

Poniżej zestawiono krzywe pojemności i powierzchni zalewu zbiornika dla stanu PZRP oraz Wariantu 1.

Tabela 3. Parametry zbiornika w zależności od rzędnej zwierciadła wody – stan PZRP

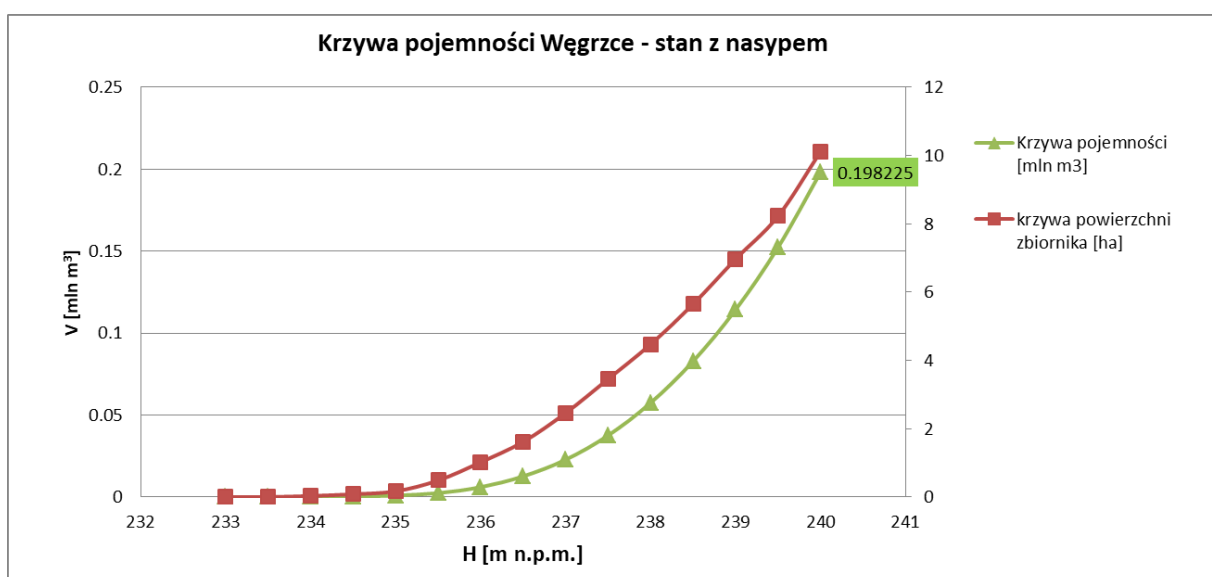
Krzywa pojemności - stan PZRP		
[m n.p.m.]	[ha]	[mln m <sup>3</sup> ]
233.5	0.00045	0.0000001
234	0.03349	0.0000722
234.5	0.0782	0.0003486
235	0.1565	0.0008867
235.5	0.4715	0.0023173
236	1.015	0.0059046
236.5	1.614	0.0124950
237	2.454	0.0226066
237.5	3.456	0.0373961
238	4.474	0.0572973
238.5	5.65	0.0826767
239	7.05	0.1142824
239.5	8.46	0.1531262
240	10.55	0.2005949



Rysunek 21. Krzywa pojemności zbiornika Węgrzce – stan PZRP

Tabela 4. Parametry zbiornika w zależności od rzędnej zwierciadła wody  
– stan z nasypem

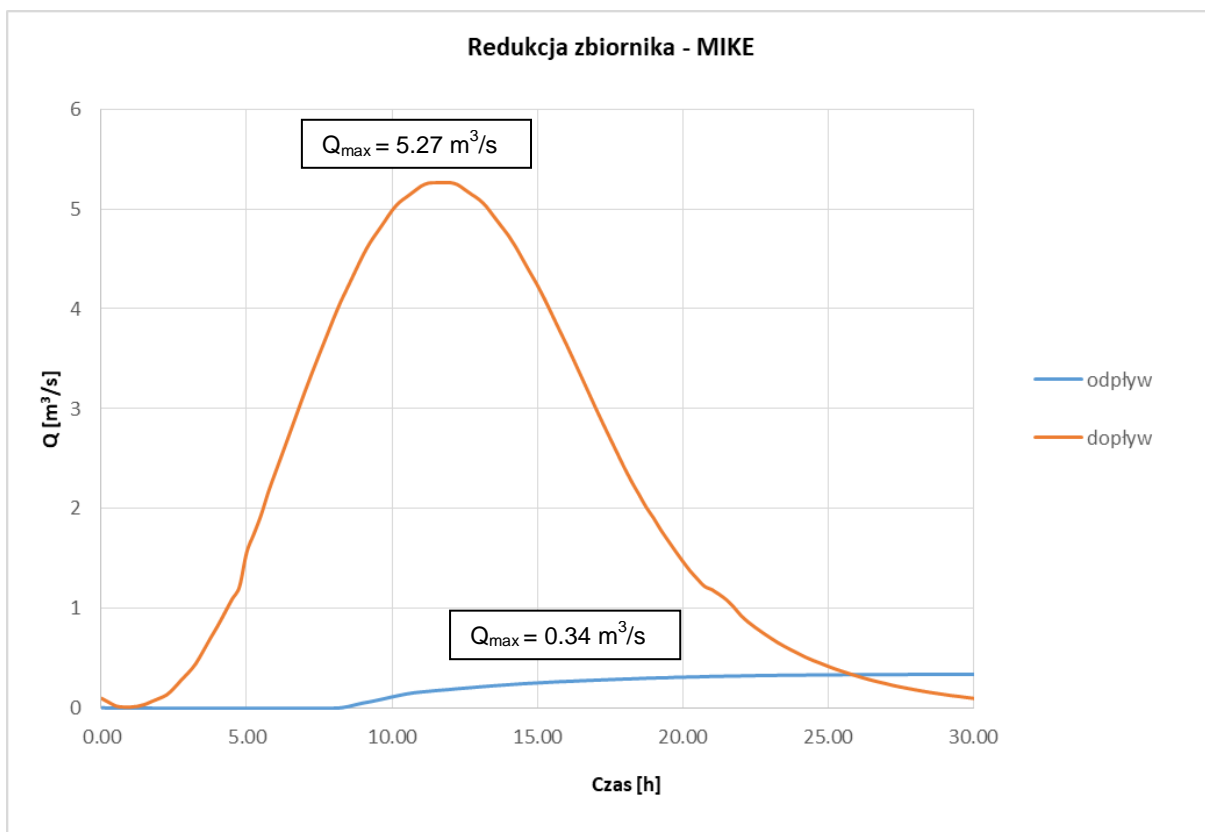
Krzywa pojemności – Wariant 1		
[m n.p.m.]	[ha]	[mln m <sup>3</sup> ]
233.5	0	0.0000000
234	0.03282	0.0000521
234.5	0.0833	0.0003372
235	0.1697	0.0009199
235.5	0.4869	0.0024135
236	1.019	0.0060449
236.5	1.618	0.0126546
237	2.46	0.0227974
237.5	3.458	0.0376069
238	4.474	0.0575037
238.5	5.65	0.0828749
239	6.97	0.1143610
239.5	8.23	0.1524279
240	10.12	0.1982247



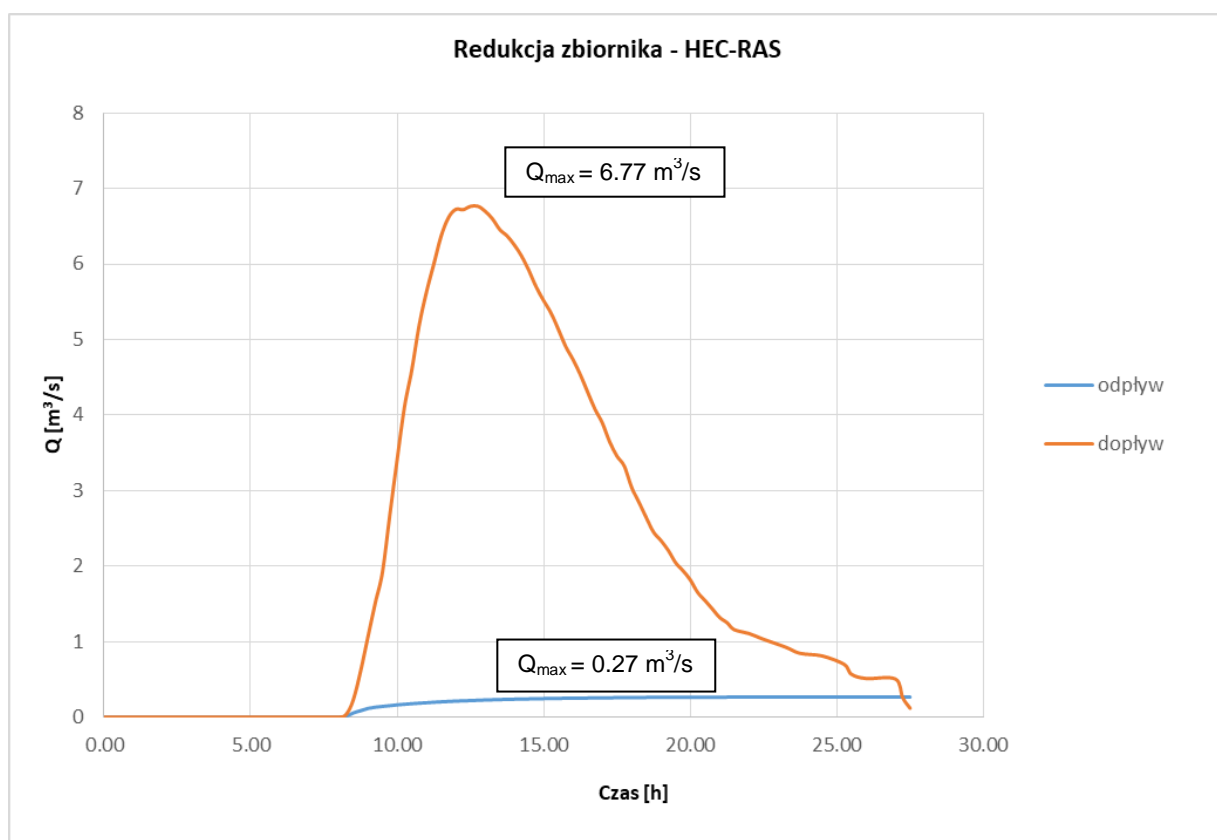
Rysunek 22. Krzywa pojemności zbiornika Węgrzce – Wariant 1

Wpływ inwestycji projektowanego nasypu na pojemność zbiornika w Węgrzcu jest niezauważalny (zmniejszenie pojemności o ok. 1.2%).

Poniżej przedstawiono pracę zbiornika zgodnie z modelem, pozyskanym z Wód Polskich (model Mike) oraz zgodnie z modelem, wykonanym w ramach niniejszej dokumentacji (model HEC-RAS).



Rysunek 23. Dopływ i odpływ ze zbiornika – redukcja zbiornika - wyniki z MIKE



Rysunek 24. Dopływ i odpływ ze zbiornika – redukcja zbiornika - wyniki z HEC-RAS

Wyniki obu modeli są bardzo zbieżne w zakresie wielkości przepływów zredukowanych oraz w zakresie maksymalnego poziomu wody w zbiorniku.

## 5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

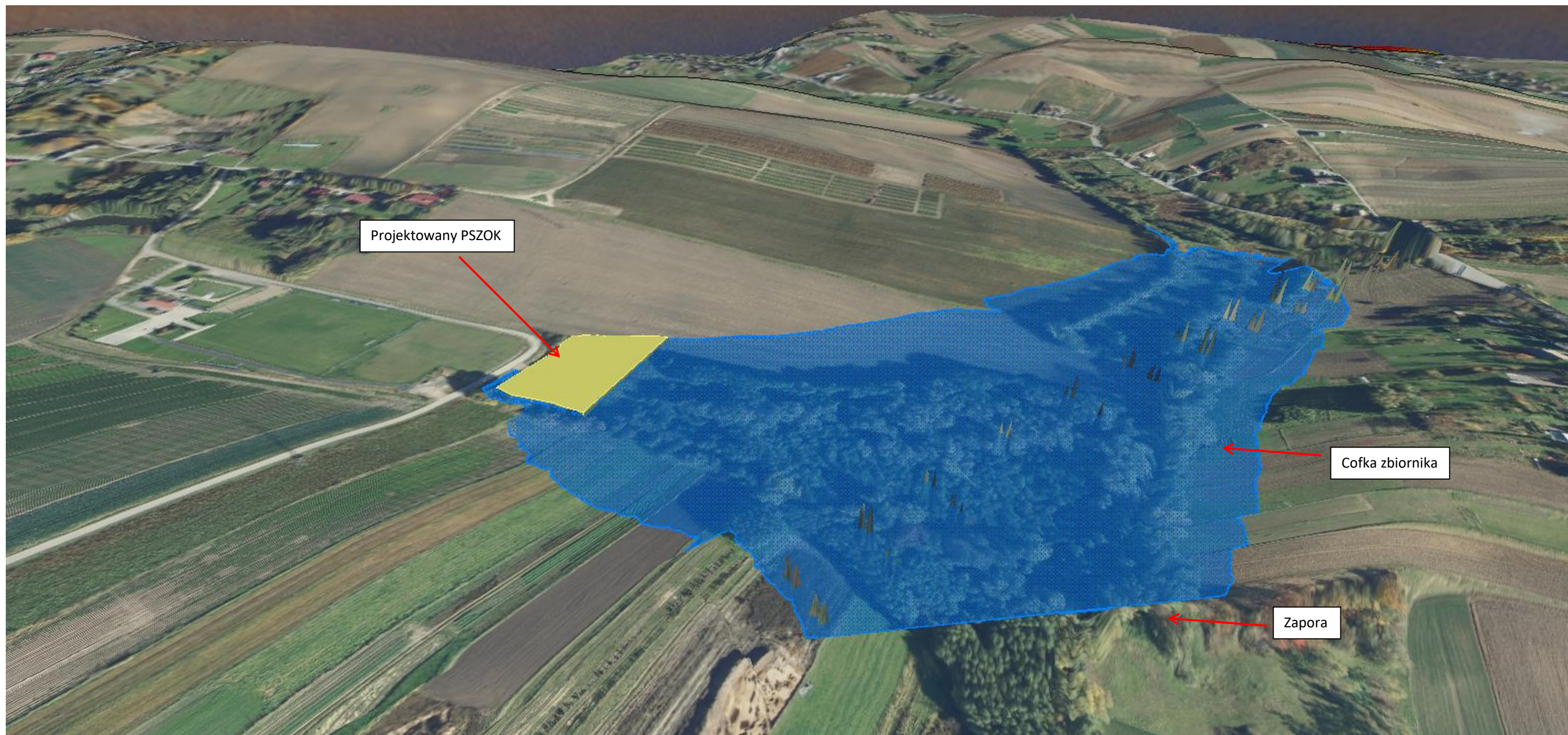
- Jak wykazała analiza, lokalizacja zbiornika Węgrzce jest uzasadniona. Objętość retencyjna, którą można uzyskać pozwala na znaczne redukcje fal powodziowych i zapewnia w tym zakresie ochronę terenów położonych niżej, na obszarze miasta Krakowa.

- Objętości fal wezbraniowych w opracowanym w ramach niniejszej dokumentacji modelu i w modelu, opracowanym w ramach dokumentacji *Wielowariantowy program inwestycyjny wraz z opracowaniem strategicznej oceny oddziaływania na środowisko dla cieków Aglomeracji Krakowskiej z wyłączeniem rzeki Wisły* są tożsame, co z uwagi na cel opracowania jest najbardziej istotne.

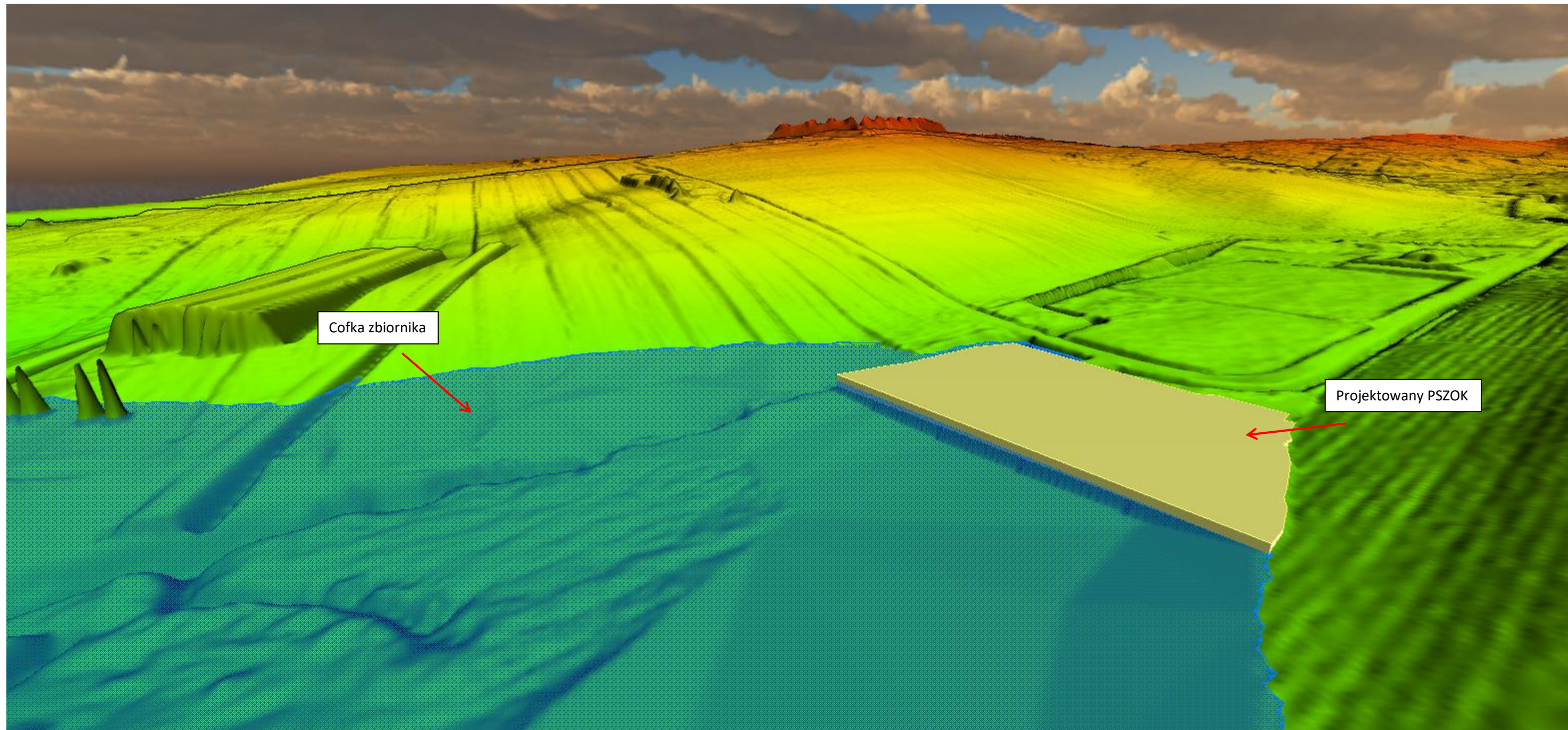
- Niniejsza analiza całkowicie potwierdza wyniki otrzymane w modelu Mike, skutkując podobnym maksymalnym poziomem wody w zbiorniku w czasie wezbrania.

- Wpływ planowanej inwestycji budowy Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych na pojemność suchego zbiornika w Węgrzicach jest niezauważalny (zmniejszenie pojemności o ok. 1.2%). Jak wynika z przeprowadzonych, szczegółowych symulacji maksymalny poziom wody w zbiorniku w wyniku projektowanej inwestycji może wzrosnąć o ok. 2 mm w Wariancie 1. W Wariancie 2 brak jest wpływu na pracę zbiornika.

- Zaplanowana lokalizacja pod PSZOK Węgrzce jest jedyną możliwą lokalizacją na terenie gminy, która społecznie jest akceptowalna oraz dobrze skomunikowana pod względem drogowym. Położenie PSZOK-a jest w miejscu odsuniętym od zabudowań co pozwala na zmniejszenie uciążliwości dla mieszkańców, a zarazem jest to miejsce z dogodnym dojazdem zapewniającym każdemu dotarcie i swobodne oddanie odpadów segregowanych. Zapewnienie takiego terenu gminie pozwoli na prawidłową gospodarkę odpadami w gminie.



Lokalizacja projektowanego Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych – widok 3D - ortofotomapa



Lokalizacja projektowanego Punktu Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych – widok 3D – numeryczny model terenu NMT

## **UZASADNIENIE**

W związku z trwającymi konsultacjami społecznymi aktualizacji Planów Zarządzania Ryzykiem Powodziowym (aPZRP), Rada Gminy Zielonki wyraża swój sprzeciw w zakresie zaplanowanej budowy suchych zbiorników przeciwpowodziowych na cieku Prądnik nr W\_GZW\_955 Pękowice, na cieku Garliczka nr W\_GZW\_950 Garlica Murowana i na cieku Sudół Dominikański nr W\_GZW\_954 Węgrzce o zasięgu i skali przewidywanej w aPZRP. Zaplanowane inwestycje są społecznie i ekonomicznie nie do przyjęcia. Rada Gminy przyjmuje rezolucję celem wniesienia sprzeciwu w zakresie zaplanowanych suchych zbiorników przeciwpowodziowych, jednocześnie przyjmując i proponując alternatywne rozwiązania w postaci mniejszych zbiorników na tych obszarach ograniczonych tylko do terenów rolnych, zielonych i niezabudowanych. Te rozwiązania będą społecznie i ekonomicznie bardziej akceptowalne.