



# Zagrożenia powodziowe w dorzeczu górnej Wisły – na przykładzie modelowania potencjalnych skutków katastrof budowli piętrzących



**Michał Piórecki**



Ośrodek Koordynacyjno – Informacyjny Ochrony Przeciwpowodziowej  
Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie

**Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim** (potocznie zwana Dyrektywą powodziową), która weszła w życie 27 listopada 2007 r zobligowała kraje członkowskie Unii Europejskiej do sporządzenia:

- wstępnej oceny ryzyka powodziowego do grudnia 2011 roku
- map zagrożenia i map ryzyka powodziowego do grudnia 2013 roku
- planów zarządzania ryzykiem powodziowym do grudnia 2015 roku

**Katastrofa zapory** generuje duże zagrożenie powodziowe i jest zaliczana do zjawiska ekstremalnego. Ewentualne **jej skutki powinny być więc uwzględnione na etapie opracowywania map zagrożenia powodziowego.**

Uruchomiony w lipcu 2009 r. **Projekt nr PL0456 pt. „Zagrożenia powodziowe powstałe w wyniku katastrof budowli piętrzących”** realizowany był dzięki wsparciu udzielonemu przez Norwegię poprzez dofinansowanie ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego.

Projekt realizowany był przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie w partnerstwie z Ośrodkiem Technicznej Kontroli Zapór Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie.



## **Budżet Projektu:**

434 746 EUR – szacunkowe koszty kwalifikowane całego Projektu  
(w tym 369 534 EUR – dofinansowanie z Norweskiego Mechanizmu Finansowego)

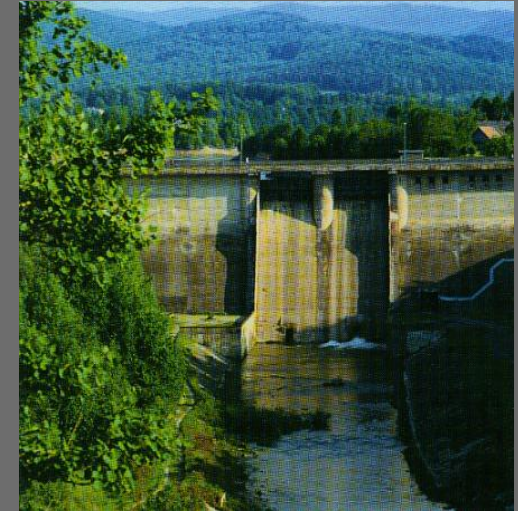
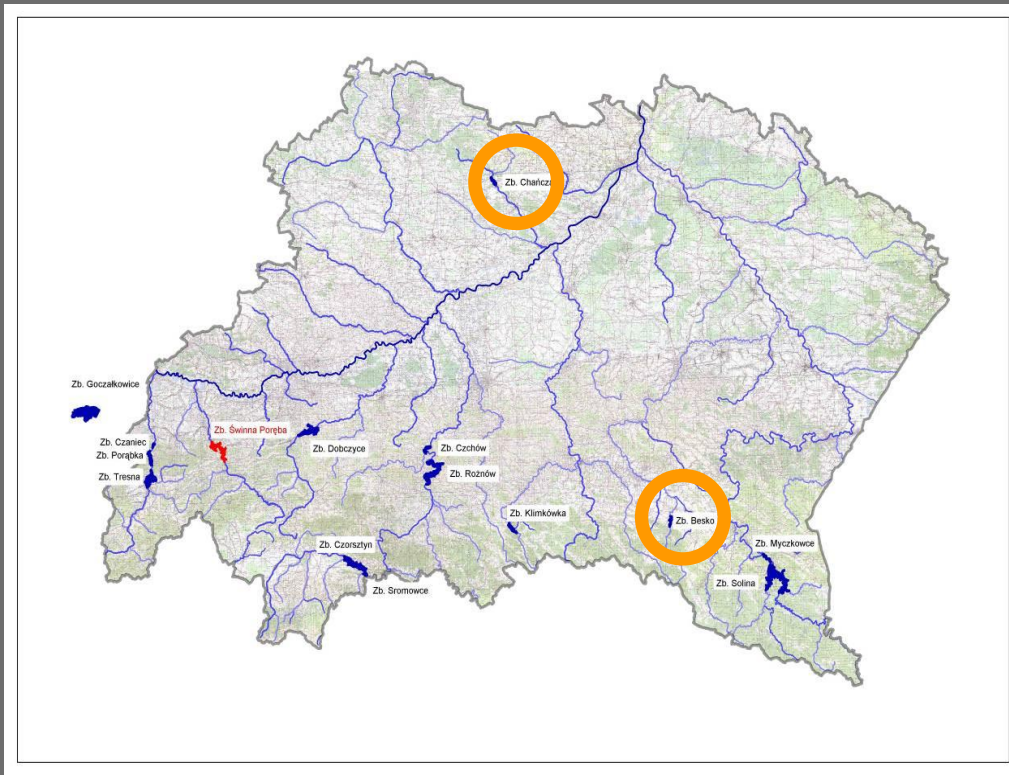
## **Czas realizacji:**

15 lipca 2009 r. – początek realizacji projektu  
30 kwietnia 2011 r. – zakończenie realizacji projektu

# Zakres i cel projektu

Celem Projektu było **wyznaczenie stref zalewowych** w dolinach rzek: Czarna Staszowska i Wisłok, **powstałych na skutek hipotetycznych katastrof zapór zbiorników wodnych Chańcza i Besko**.

W ramach Projektu, w oparciu o doświadczenia z jego realizacji opracowana została również **metodyka analizy zagrożeń powodziowych spowodowanych katastrofami zapór**.



# Struktura zadaniowa projektu

## Działanie 1 - Przegląd i zakup modeli matematycznych:

- Poddziałanie 1.1 - Analiza dostępności i możliwości modeli matematycznych - wybór modelu
- Poddziałanie 1.2 - Zakup modelu w drodze przetargu (w tym szkolenia)

## Działanie 2 - Przygotowanie i zakup Numerycznego Modelu Terenu (NMT):

- Poddziałanie 2.1 - Dostosowanie istniejącego NTM wykonanego metodą fotogrametryczną do formatu wymaganego przez model
- Poddziałanie 2.2 - Analiza dostępnych metod, opracowanie specyfikacji dla zlecenia wykonania NMT metodą skaningu laserowego
- Poddziałanie 2.3 - Zlecenie wykonania NMT metodą skaningu laserowego w drodze przetargu
- Poddziałanie 2.4 - Dostosowanie NMT wykonanego metodą skaningu laserowego do formatu wymaganego przez model

## Działanie 3 - Stworzenie scenariuszy katastrof zapór w tym wykonanie obliczeń modelowych:

- Poddziałanie 3.1 - Opracowanie scenariuszy katastrof dla zapory ziemnej i betonowej
- Poddziałanie 3.2 - Budowa modeli dla obu zapór oraz dolin poniżej
- Poddziałanie 3.3 - Wykonanie obliczeń modelowych (katastrofa zapory oraz transformacja fali)
- Poddziałanie 3.4 - Konsultacje procesu tworzenia modelu i obliczeń z międzynarodowymi ekspertami

## Działanie 4 - Opracowanie wyników:

- Poddziałanie 4.1 - Analizy przestrzenne
- Poddziałanie 4.2 - Metodyka analizy zagrożeń
- Poddziałanie 4.3 - Wykonanie opracowania końcowego

## Działanie 5 - Zarządzanie, informacja i promocja:

- Poddziałanie 5.1 - Zarządzanie Projektem
- Poddziałanie 5.2 - Działania informacyjno-promocyjne związane z Projektem

# Wybór modelu

# Analiza dostępności i możliwości modeli matematycznych

W ramach realizacji Projektu **przeanalizowano dostępne na rynku i wykorzystywane w zastosowaniach praktycznych komercyjne modele hydrodynamiczne**, symulujące proces katastrofy zapory i propagacji powstałej fali powodziowej w dolinie rzeki. Wytypowano osiem modeli hydrodynamicznych. W celu wyboru narzędzia, które może być zastosowane w trakcie dalszej realizacji projektu **opracowano szczegółową ankietę**, która została rozesłana do dystrybutorów oprogramowania.

**norway grants**

Współca oddziału przez Norwegię  
programu dofinansowania do Instytutu  
Narowskiego Mechanizmu Finansowego  
Supported by a grant from Norway  
through the Norwegian Financial Mechanism

Dear Sirs

The Regional Board for Water Management in Kraków together with the Institute of Meteorology and Water Management implement partnership Project "FLOOD HAZARDS AS A RESULT OF DAM DISASTERS" (PL0456).

The direct aim of this Project is to develop methodology, which will enable the analysis of flood hazards caused by failure or disaster of large dams (i.e. height exceeding 15 m). Defining basic parameters describing an event including inter alia flood extent, maximum of flood level altitudes, velocity and time of approaching flood wave head to the certain points of a valley will be performed based on state of the art mathematical models describing this type of phenomena. Digital terrain models and selected scenarios describing dam disaster variants will be applied. Model calculations will be performed for two appointed objects within RZGW in Kraków: area of activity (earth dam of Chańcza water reservoir and concrete dam of Besko water reservoir). Based on the results obtained, methodology will be developed, which will enable implementation of worked out solutions for the other dams.

In connection with the above we apply to you, as the author of the professional software, dedicated for hydraulic modeling of dam disaster process and transformation of flood wave generated by this phenomenon, to complete below questionnaire. It will help us to select optimal tool to support Project objectives.

- 1 Specify models, which you are able to provide with description of their fundamental features, please.
- 2 Specify mathematical equations, which your models based on, please.
- 3 Specify numerical methods which are used to solve equations mentioned in item no. 2, please.
- 4 Assign your models for one from specified types: 1D, 1.5D, 1D/2D, 2D, 3D.
- 5 Indicate, whether your models base on steady or unsteady flows, please.
- 6 Indicate, load input data limitation (number of cross-sections, row numbers in cross-sections, numbers of structures – bridges, weirs etc., knot numbers, etc.), please.
- 7 Specify detailed method of implementation data into model cross-sections (i.e.: x,y format, etc), please. Which type of data describing cross-section are required by a model.
- 8 Do your models allow any form (shape) of cross-sections.

1

**norway grants**

Współca oddziału przez Norwegię  
programu dofinansowania do Instytutu  
Narowskiego Mechanizmu Finansowego  
Supported by a grant from Norway  
through the Norwegian Financial Mechanism

- 9 Specify method of implementation into models levees, dykes, ground and railways embankments, please.
- 10 Specify the computational scheme concerning overflow by crest of the objects specified in item no. 9, please.
- 11 Specify necessary parameters required for model calibration, please.
- 12 Describe the method, how the models consider the ground roughness for the river valley downstream the dam, please.
- 13 Specify the scope of necessary input data for models, please.
- 14 Specify formats of necessary input data for models, please.
- 15 Specify formats of necessary output data for models, please.
- 16 Specify formats of DTM required by models (in case of 2D and 3D models), please.
- 17 Is the dambreak module integrated with module of flood wave transformation in river valley downstream the dam ?
- 18 Does the dambreak module enable to make a simulations both for earth and concrete dam ?
- 19 Which types of earth dambreak scenarios are possible to simulate in your program ? (i.e. dambreak as a result of breach in a dam caused by overflow (flow over crest of the dam); dambreak as a result of breach in a dam in conditions of normal water level in the reservoir; dambreak in result of piping failure; dambreak as a result of foundation failure; other scenarios)
- 20 Are the simulation calculations of a dambreak based on assumption of the target shape and dimensions of the breach ? (if yes – please specify possible shapes of the breach (i.e. rectangular; trapezoidal; triangular; other shapes) or also is possible to make a dambreak simulation using erosion formula (based on specified soil parameters) (if yes – specify parameters which are necessary)
- 21 Does your program enable to simulate a concrete dambreak ? (if yes – specify possible scenarios (i.e. failure of one or several section of the dam – simultaneously or in sequence; other scenarios) ?
- 22 What are the input data necessary to perform in your program a dambreak simulation (data concerned to the reservoir and dam parameters, input geodetical and hydrological data) ?
- 23 Does the dam break module take into consideration the work of spillway and outlet section in failure time or this question is unnecessary in dambreak calculations ?
- 24 Is simulation of engineering structures (bridges, weirs) failures located in river valley downstream crashed dam available in your models.
- 25 Describe the method of operation and documentation of the modelling system errors during computations, please.
- 26 Specify the model's requirements for hardware and indicate additional software (if necessary for proper work), please.
- 27 Describe visualization possibilities for output data and describe interface possibilities to GIS, please.
- 28 Do your models operate on multiple CPU / core.
- 29 Is the complete model documentation available – both user manual and manual reference.
- 30 Specify languages for model documentation, please.
- 31 Specify names of the dams for which dam breach scenarios based on your software were prepared, please.
- 32 Give short descriptions for 5 projects in which your software were used (references expected), please.
- 33 Has your company a branch office / local partners in Poland.
- 34 Describe your technical support conditions, please.
- 35 Specify the range of training courses for your software, please.
- 36 Specify what languages are used during the training courses, please.
- 37 Please, give the price for 4 packages of model software (including technical support).
- 38 Please, give the price for training course for group of 6 person (training course should include modules for dam break and flood wave transformation)

In consideration of tight deadlines of the realization of the Project we kindly ask you to answer on the above – questions within 7 days from the receipt of this message.

We wish to inform, that the date of the answer will be one of the criterion for choosing the model.

2

**norway grants**

Współca oddziału przez Norwegię  
programu dofinansowania do Instytutu  
Narowskiego Mechanizmu Finansowego  
Supported by a grant from Norway  
through the Norwegian Financial Mechanism

- 23 Does the dam break module take into consideration the work of spillway and outlet section in failure time or this question is unnecessary in dambreak calculations ?
- 24 Is simulation of engineering structures (bridges, weirs) failures located in river valley downstream crashed dam available in your models.
- 25 Describe the method of operation and documentation of the modelling system errors during computations, please.
- 26 Specify the model's requirements for hardware and indicate additional software (if necessary for proper work), please.
- 27 Describe visualization possibilities for output data and describe interface possibilities to GIS, please.
- 28 Do your models operate on multiple CPU / core.
- 29 Is the complete model documentation available – both user manual and manual reference.
- 30 Specify languages for model documentation, please.
- 31 Specify names of the dams for which dam breach scenarios based on your software were prepared, please.
- 32 Give short descriptions for 5 projects in which your software were used (references expected), please.
- 33 Has your company a branch office / local partners in Poland.
- 34 Describe your technical support conditions, please.
- 35 Specify the range of training courses for your software, please.
- 36 Specify what languages are used during the training courses, please.
- 37 Please, give the price for 4 packages of model software (including technical support).
- 38 Please, give the price for training course for group of 6 person (training course should include modules for dam break and flood wave transformation)

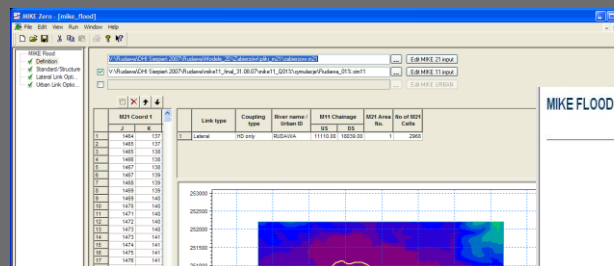
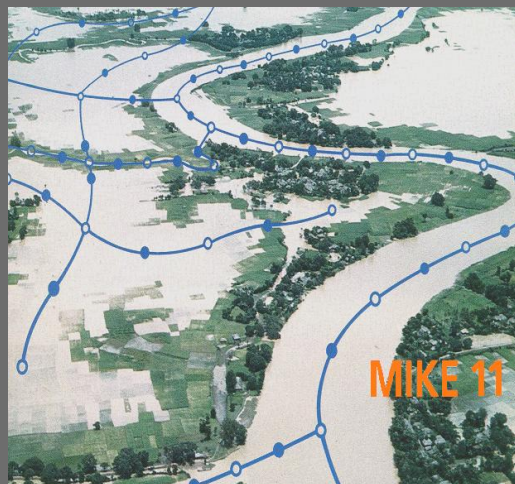
In consideration of tight deadlines of the realization of the Project we kindly ask you to answer on the above – questions within 7 days from the receipt of this message.

We wish to inform, that the date of the answer will be one of the criterion for choosing the model.

3



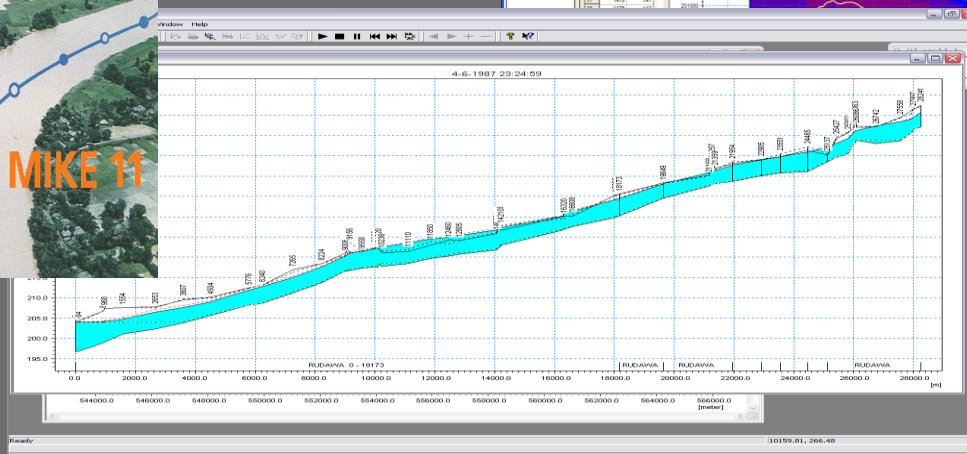
# Zakup modelu w drodze przetargu – DHI Mike Flood



MIKE FLOOD



Courtesy of U.S. Bureau of Reclamation



Szkolenie z  
oprogramowania  
Mike 11 i Mike 21,  
Praga (Czechy),  
8-12 luty 2010 r.



Szkolenie z  
oprogramowania  
Mike Flood i Mike  
Dambreak, Horsholm  
(Dania), 8-12 marca  
2010 r.



# Scenariusze katastrof

Wg danych Międzynarodowej Komisji Wielkich Zapór (ICOLD) **głównymi przyczynami katastrof zapór ziemnych** są przełanie wody przez koronę zapory oraz erozja wewnętrzna korpusu.

**Główną przyczyną katastrof w przypadku zapór betonowych** są natomiast problemy związane z posadowieniem (erozja wewnętrzna podłoża, zbyt niska wytrzymałość gruntu na ścinanie).

W prezentowanym projekcie **analizowano przebieg zjawiska polegającego na uszkodzeniu korpusu zapory ziemnej i betonowej.**

- W przypadku zapory ziemnej (Chańcza) rozważano scenariusze polegające na **katastrofie korpusu wskutek przelania wody przez koronę lub przebicia hydraulicznego.**
- W przypadku zapory betonowej (Besko) rozważano natomiast scenariusze polegające na **uszkodzeniu poszczególnych sekcji betonowych**, spowodowanych awarią podłoża pod zaporą.

# Scenariusze katastrof dla zapory w Chańczy – założenia

W przypadku zapory w Chańczy rozważano następujące czynniki mające wpływ na przebieg katastrofy:

## 1) W zakresie warunków hydrologicznych:

- hydrogram wezbrania o  $p = 0,1\%$  (raz na 1 000 lat)
- hydrogram wezbrania o  $p = 0,01\%$  (raz na 10 000 lat)
- przypadek tzw. „słonecznego dnia” (stały, niewielki dopływ)

## 2) W zakresie początkowego napełnienia zbiornika:

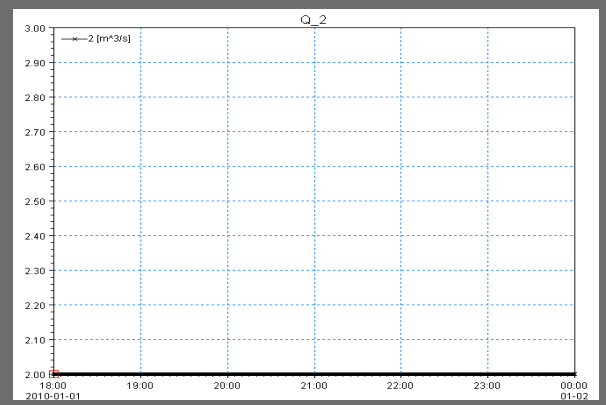
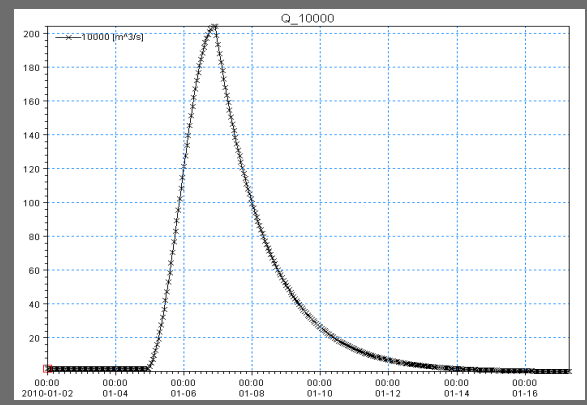
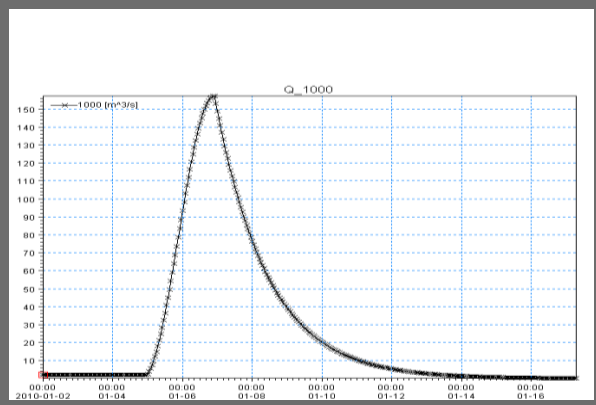
- normalny poziom piętrzenia (NPP)
- maksymalny poziom piętrzenia (MaxPP)

# Scenariusze katastrof dla zapory w Chańczy – założenia

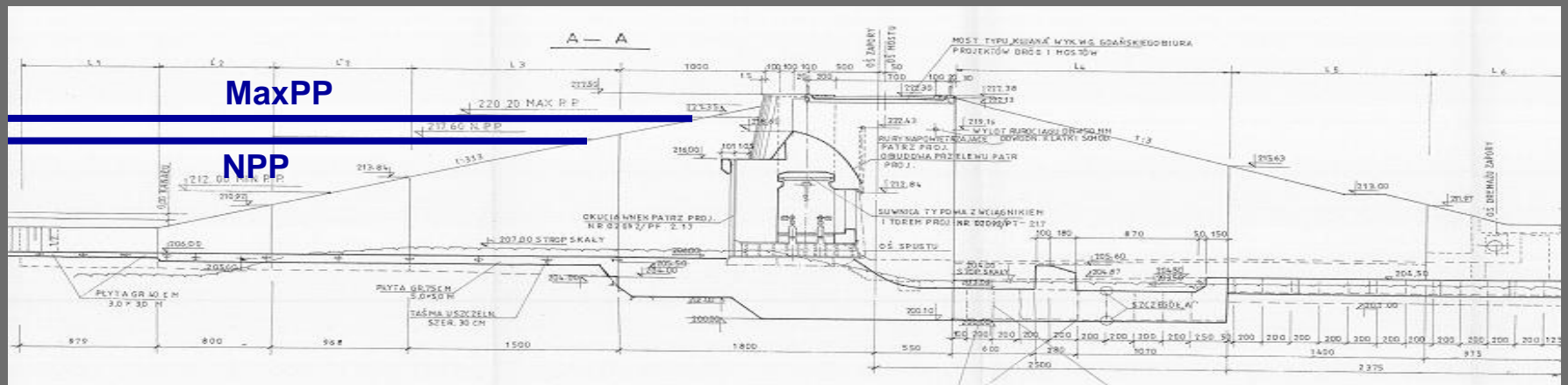
Wezbranie o  $p = 0,1\%$   
 **$Q_{max} = 157,3 \text{ m}^3/\text{s}$**

Wezbranie o  $p = 0,01\%$   
 **$Q_{max} = 204,2 \text{ m}^3/\text{s}$**

„Słoneczny dzień”  
 **$Q = \text{constans} = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$**



Poziom wody w zbiorniku w chwili nadejścia fali powodziowej:  
**NPP (217,8 m n.p.m.) / MaxPP (220,2 m n.p.m.)**



# Scenariusze katastrof dla zapory w Chańczy – założenia

## 3) W zakresie parametrów i lokalizacji uszkodzenia korpusu (wyrwy):

Dla przypadku przelania wody przez koronę:

- rozmycie prawej strony korpusu w części centralnej
- równoczesne rozmycie prawej strony korpusu w części centralnej oraz lewej strony na styku z blokiem przelewowo-upustowym

Dla przypadku przebicia hydraulicznego:

- Przebicie hydrauliczne prawej strony korpusu w części centralnej (rzędna przebicia – 208,0 lub 213,0 m n.p.m.)
- Przebicie hydrauliczne prawej strony korpusu na styku z blokiem przelewowo-upustowym (rzędna przebicia – 208,0 lub 213,0 m n.p.m.)

# Scenariusze katastrof dla zapory w Chańczy – założenia

Lokalizacja uszkodzenia korpusu zapory dla przypadków przelania wody przez koronę



Lokalizacja uszkodzenia korpusu zapory dla przypadków przebicia hydraulicznego



# Scenariusze katastrof dla zapory w Chańczy – założenia

Dodatkowo uwzględniono również czynniki związane z:

## 4) Regułami sterowania odpływem ze zbiornika:

- reguły standardowe – zgodne z obowiązującą instrukcją gospodarowania wodą na obiekcie (IGW)
- reguły awaryjne – polegające na ograniczeniu zrzutów wody ze zbiornika po przekroczeniu MaxPP (np. wskutek awarii zasuw na przelewach lub awarii spustów dennych)

## 5) Synchronizacją czasu kulminacji fali powodziowej i czasu katastrofy zapory:

- brak synchronizacji – tzn. moment zapoczątkowania katastrofy jest niezależny od przebiegu wezbrania i wynika z przyjętych warunków początkowych
- pełna synchronizacja – tzn. rozpoczęcie zjawiska katastrofy ma miejsce w chwili dotarcia do zbiornika kulminacji fali powodziowej



# Scenariusze katastrof dla zapory w Besku – założenia

## Elementy, które brano pod uwagę przy tworzeniu scenariuszy katastrofy dla zapory Besko:

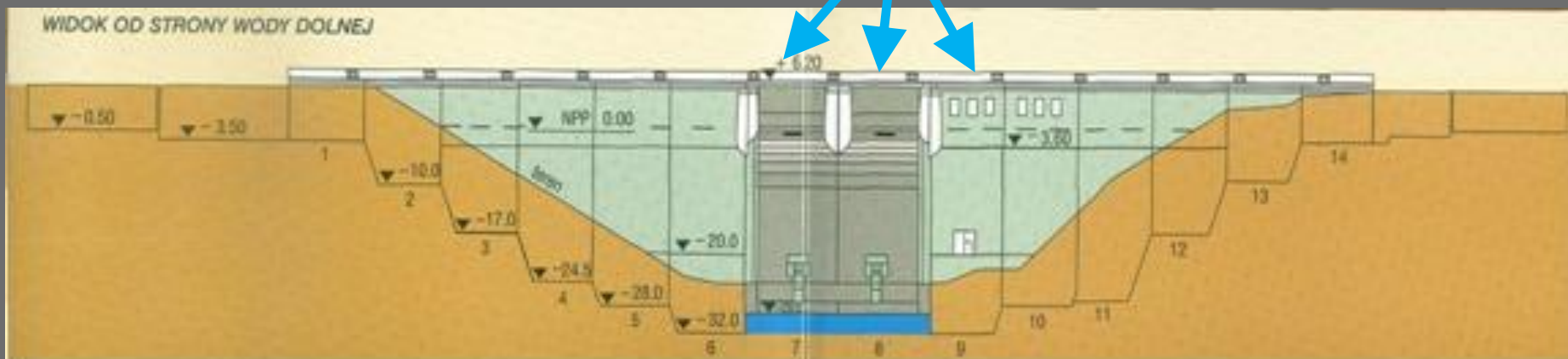
- Liczbę uszkodzonych sekcji betonowych oraz kształt i miejsce wyrwy.
- Rzędność wody w zbiorniku – NPP, MaxPP (stan napełnienia zbiornika).
- Dopływ do zbiornika spowodowany wezbraniem w zlewni powyżej – warunki hydrologiczne w zlewni. Przyjmowano wezbranie dla  $p=0.1$ ,  $0.01$  %. (Dla zapory klasy II – przepływ miarodajny wyznaczany dla  $p=0,3\%$  a kontrolny  $p=0.05\%$ ). Rozważano również przypadek katastrofy w tzw. warunkach „dnia słonecznego”.
- Pracę urządzeń upustowych – pełna sprawność (100% możliwości), uszkodzenie (50% możliwości).

## Założenia dodatkowe:

- Katastrofa następuje w ciągu 10 minut po osiągnięciu przepływu maksymalnego przez falę wezbraniową.
- Wyrwa maksymalne rozmiary osiąga po 5 minutach od początku katastrofy.

# Scenariusze katastrof dla zapory w Besku – założenia

## Sekcje ulegające uszkodzeniu – nr 7, 8, 9

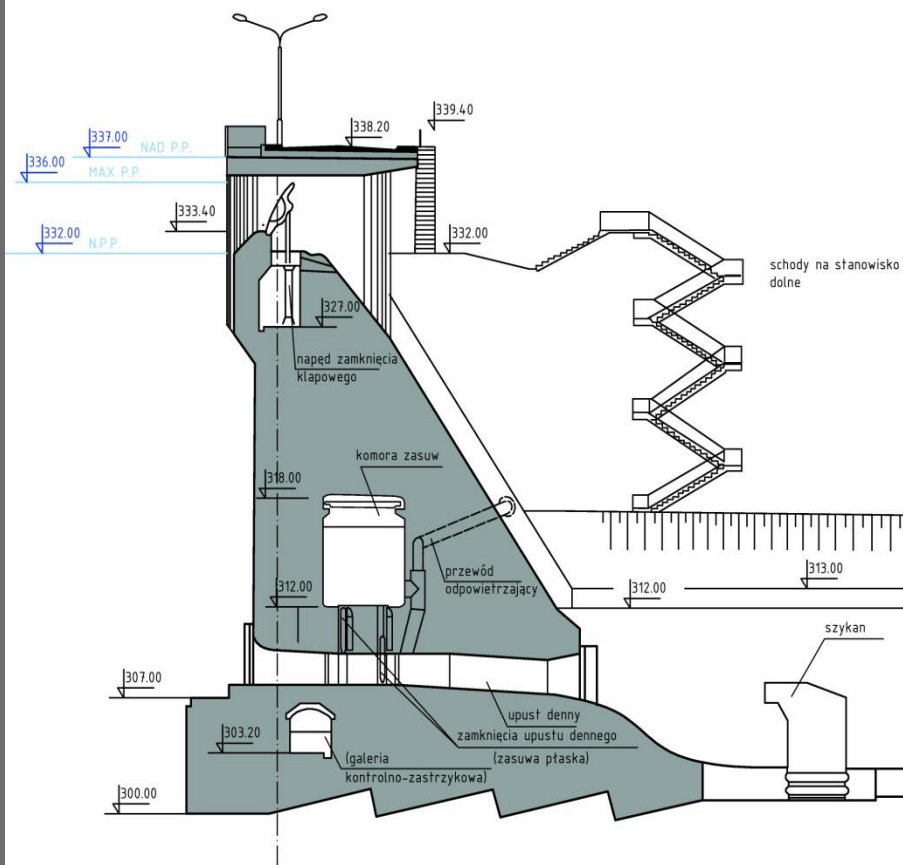


Zapora składa się z 14 samodzielnych, dylatowanych sekcji betonowych, uszczelnionych na dylatacjach taśmą PCW.

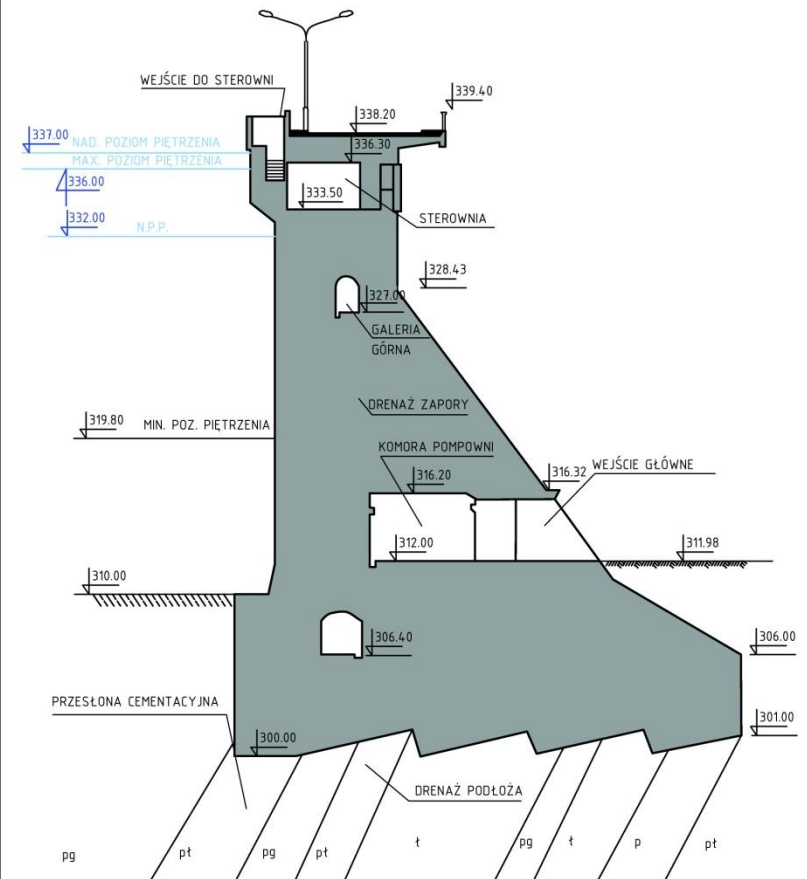
- 12 sekcji po 12 m długości
- 2 sekcje przelewowo-upustowe o długości 15 m (sekcje nr 7,8)

# Scenariusze katastrof dla zapory w Besku – założenia

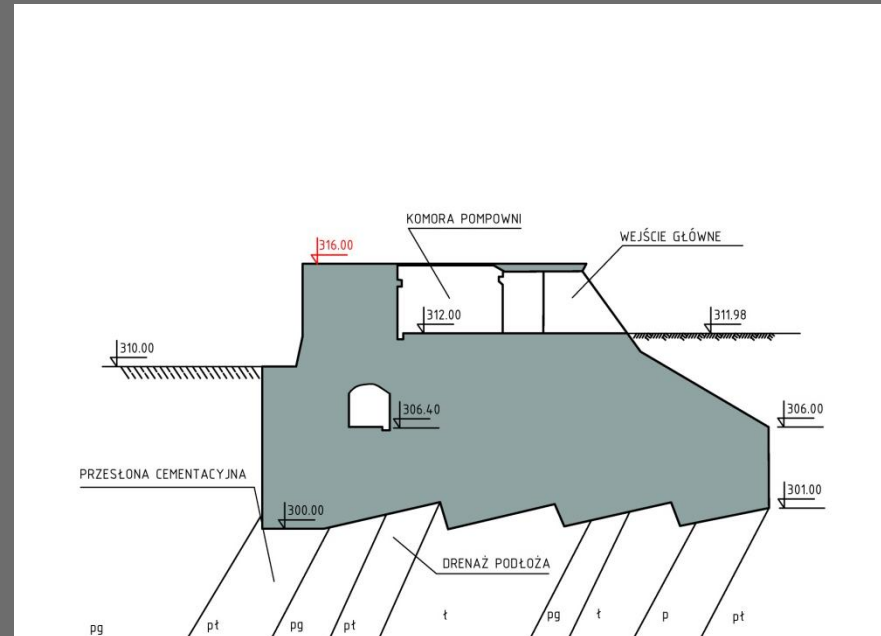
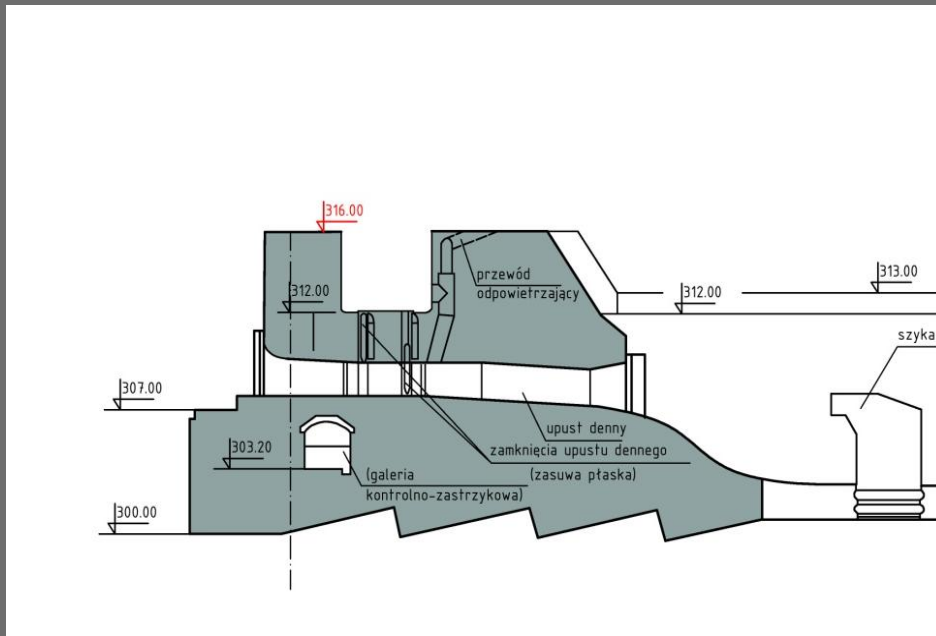
PRZEKRÓJ SEKCJE PRZELEWOWE



PRZEKRÓJ SEKCJA 9



# Scenariusze katastrof dla zapory w Besku – założenia



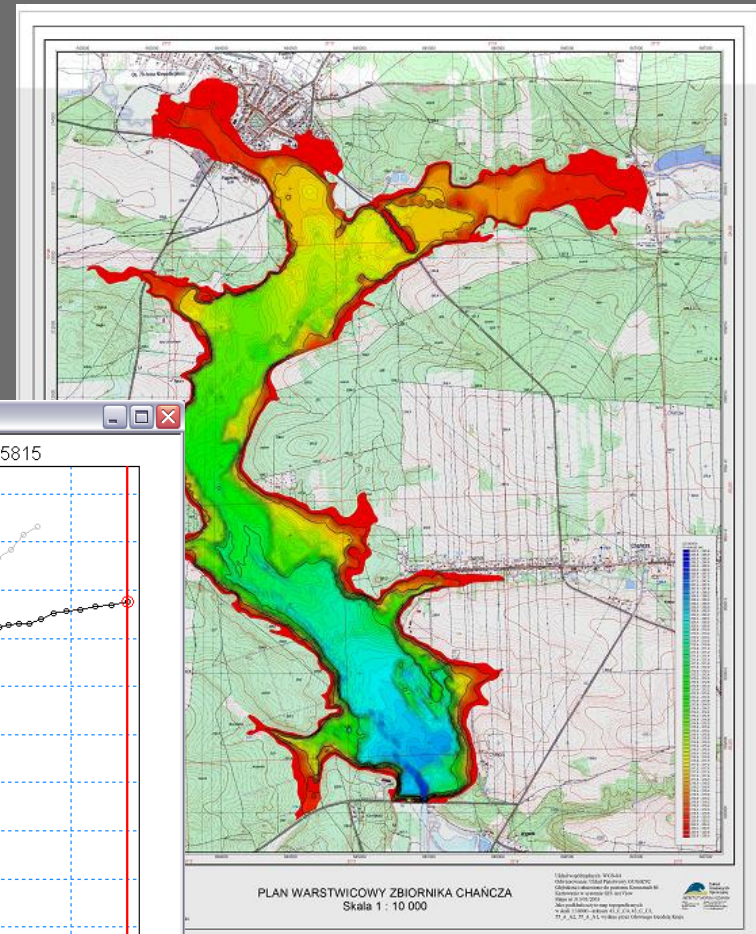
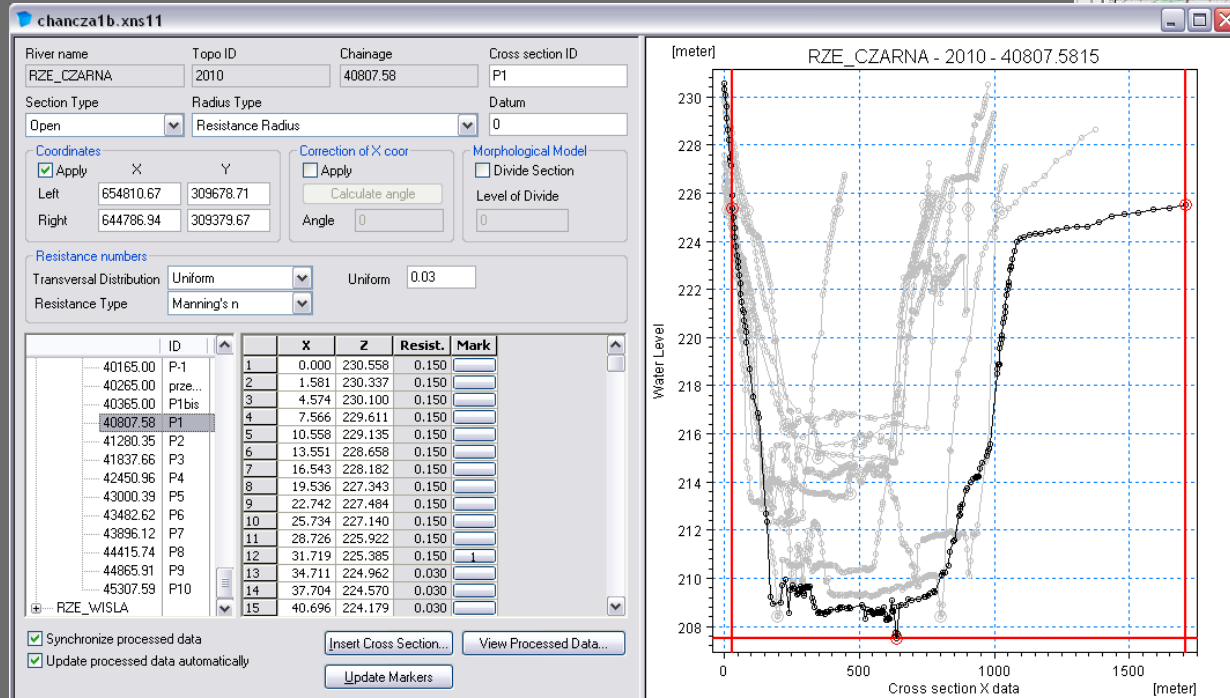
Przyjęty czas po którym wyrwa osiąga maksymalne rozmiary = 5 minut

# Modele hydrodynamiczne zbiorników i zapór

# Model hydrodynamiczny zbiornika Chańcza

Bazą geometryczną dla odwzorowania kształtu czaszy zbiornika Chańcza były **pomiary batymetryczne** wykonane przez Instytut Morski z Gdańska w 2003 r.

W oparciu o dane z tych pomiarów wygenerowano **10 przekrojów poprzecznych**, za pomocą których opisano w modelu **geometrię czaszy zbiornika**.



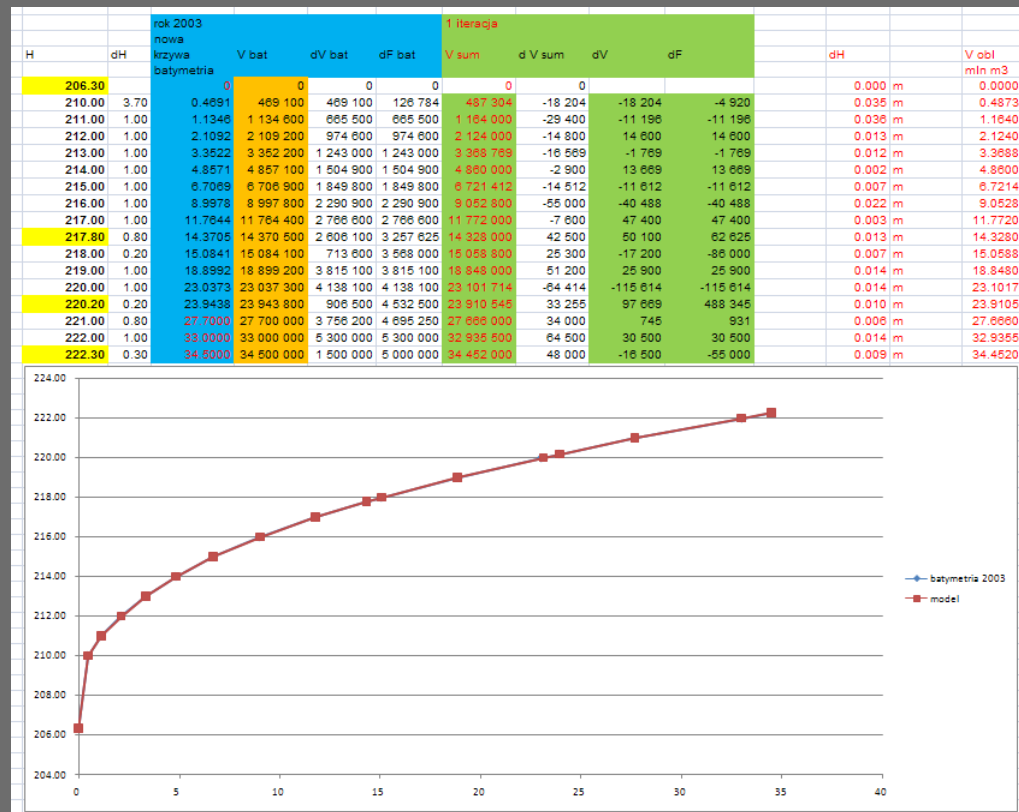
# Model hydrodynamiczny zbiornika Chańcza

Dla właściwej transformacji przepływów powodziowych przez model zbiornikowy wykonano **proces kalibracji jego pojemności**. Celem tego procesu było zapewnienie zgodności kształtu rzeczywistej krzywej pojemności zbiornika (batymetria) z krzywą generowaną przez model.

Kalibracja polegała na iteracyjnym doborze parametru tzw. „dodatkowej powierzchni retencji” w przekroju zaporowym, tak aby uzyskać **możliwie jak największą zgodność odwzorowywania napełnień zbiornika przez model**.

Obliczenia kalibracyjne prowadzono przy stałym dopływie do zbiornika – dla **16 poziomów obliczeniowych**.

W efekcie uzyskano **bardzo wysoką zgodność** obliczeniowych rzędnych zw. wody w stosunku do rzędnych rzeczywistych – **w zakresie +/- 0,2 – 3,6 cm**.



# Model hydrodynamiczny zbiornika Chańcza

Dysponując gotowym i skalibrowanym modelem zbiornika, przystąpiono do wprowadzenia **reguł sterowania odpływem**. Właściwe odwzorowanie tych reguł ma **znaczenie zwłaszcza w przypadku scenariuszy katastrofy zapory w warunkach powodziowych** (fala p = 0,1% i p = 0,01%).

**Z uwagi na cel jakiemu miał służyć model, reguły zapisane w IGW poddano uogólnieniu.** Otrzymano w efekcie **4 reguły opisujące sterowanie zbiornikiem w warunkach powodziowych**.

Piętrzenie H [m npm]	Dopływy do zbiornika Q [m³/s]						
	Q > 15	Q > 32.5	Q > (42+Q <sub>pr</sub> (H))	Q > (64+Q <sub>pr</sub> (H))	Q > (86.5+Q <sub>pr</sub> (H))	Q > (110+Q <sub>pr</sub> (H))	Q > (133+Q <sub>pr</sub> (H))
H > 217.80	15	15	15	15	15		
H > 218.00	15	1*Q <sub>sp</sub>	1*Q <sub>sp</sub>	1*Q <sub>sp</sub>	1*Q <sub>sp</sub>		
H > 218.60	15+Q <sub>pr</sub>	1*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	2*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	2*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	2*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>		
H > 218.90	15+Q <sub>pr</sub>	1*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	2*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	3*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	3*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>		
H > 219.20	15+Q <sub>pr</sub>	1*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	2*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	3*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	4*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>		
H > 219.60	15+Q <sub>pr</sub>	1*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	2*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	3*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	4*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	5*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	
H > 220.00	15+Q <sub>pr</sub>	1*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	2*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	3*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	4*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	5*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>	6*Q <sub>sp</sub> +Q <sub>pr</sub>



reguły normalne upr.			
Nr	H zb.	Q in	Q out
1	<=212.00	0	0
		2	2
		9999	2
2	<=217.80	0	2
		9999	2
3	<=220.20	0	2
		2	2
		15	15
		9999	15
4	>220.20	0	2
		2	2
		250	250
		9999	250



reguły awaryjne upr.			
Nr	H zb.	Q in	Q out
1	<=212.00	0	0
		2	2
		9999	2
2	<=217.80	0	2
		9999	2
3	<=218.60	0	2
		2	2
		10	10
		9999	10
4	<=220.20	0	2
		2	2
		15	15
		9999	15
5	>220.20	0	2
		2	2
		30	30
		9999	30

**Dodatkowo opracowano tzw. „reguły awaryjne”** – będące modyfikacją reguł podstawowych w górnym zakresie pojemności zbiornika. Opisują one sterowanie odpływem w warunkach **ograniczenia możliwości zrzutów wody**. Zastosowanie w modelu tych reguł „sprzyja” **szybszemu wypełnieniu** zbiornika, a w wielu przypadkach warunkuje wręcz możliwość zaistnienia katastrofy.



# Model hydrodynamiczny zbiornika Chańcza

Opracowane **reguły sterowania** (normalne i awaryjne) **zostały zaimplementowane w modelu hydraulicznym** w module „control structures” – jako **zestaw logicznych zapisów** uzależniających wielkość odpływu ze zbiornika od dopływu i rzędnej zw. wody.

The screenshot shows the 'chancza1bx.nwk11:2' software interface. The 'Overview' panel on the left lists the network structure, including 'Control Str. (1)'. The 'Attributes' panel on the right shows the 'Location' (Branch name: RZE\_CZAR, Chainage: 40265, ID: dam) and 'Head Loss Factor' (Positive Flow: 0.5, Outflow: 1, Free Overflow: 1; Negative Flow: 0.5, 1, 1). The 'Control Definitions' table is also visible.

	Priority	Calculation Mode	Control Type	Target Type	Type of Scaling	Value
1	1	Tabulated	Q	Q_Struc	None	0
2	2	Tabulated	Q	Q_Struc	None	0
3	3	Tabulated	Q	Q_Struc	None	0
4	4	Tabulated	Q	Q_Struc	None	0
5	5	Tabulated	Q	Q_Struc	None	0

The screenshot shows the 'Control Definitions' dialog box with the 'Logical Operands' tab selected. It displays a table with columns for Operator, Period, LO Type, Branch Name LO1, Chainage LO1, Name LO1, Comp No, Branch Name LO2, Chainage LO2, Sign, Use TS-value, Value, Time Series File, Time Series Item, and Ph.

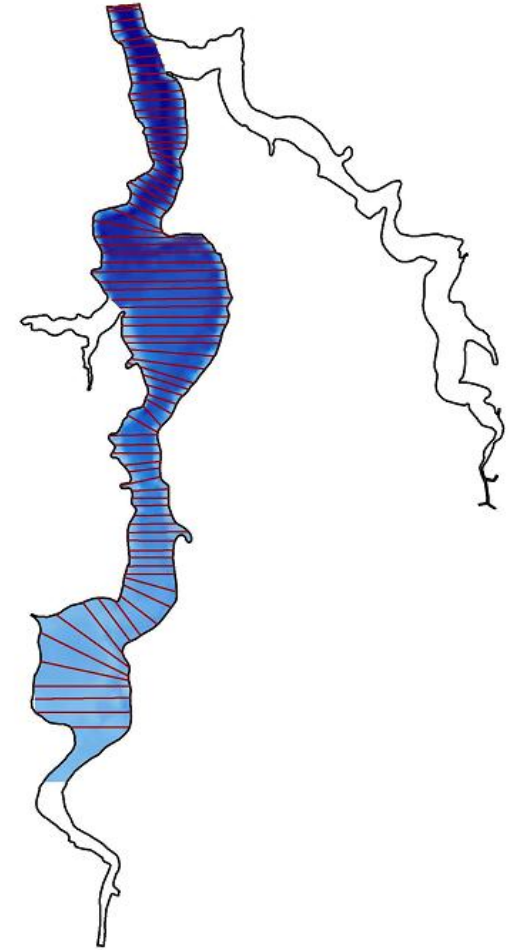
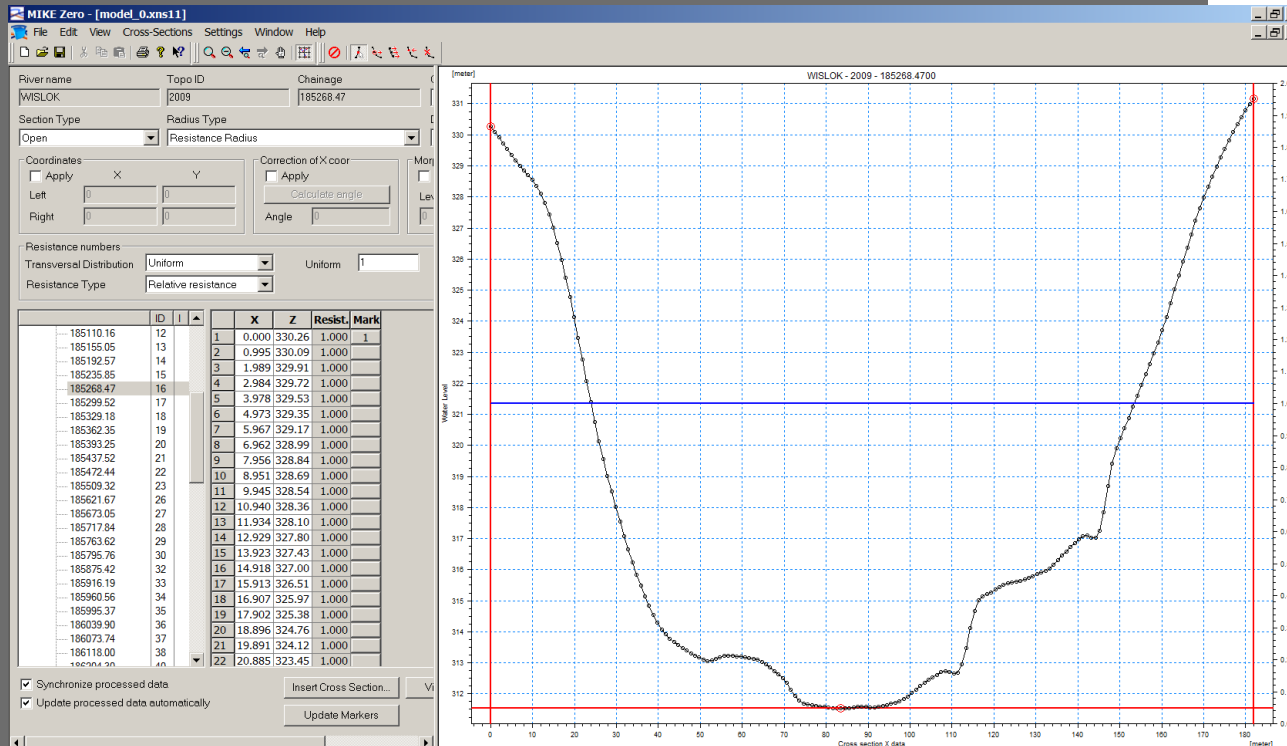
Operator	Period	LO Type	Branch Name LO1	Chainage LO1	Name LO1	Comp No	Branch Name LO2	Chainage LO2	Sign	Use TS-value	Value	Time Series File	Time Series Item	Ph
None	H		RZE_CZ	40365					<	no	220.20			

The screenshot shows the 'Control Definitions' dialog box with the 'Control and Targetpoint' tab selected. It displays settings for Control Type (Q), Target Point Type (Q\_Structure), Branch, Control Point 1 (RZE\_CZARN), Chainage, Control Point 1 (45086.75), Name, Control Point 1, Comp No, Control Point 1 (0), Branch, Control Point 2, Chainage, Control Point 2 (0), Period, Operator (None), and Sum of Q for Target Point.

The screenshot shows the 'Control Definitions' dialog box with the 'Control Strategy' tab selected. It displays settings for Type of Scaling (None), Scaling, Internal Variable (Variable Type: H), Branch, Scale Point 1, Chainage, Scale Point 1 (0), Name, Scale Point 1, Comp No, Scale Point 1 (0), Branch, Scale Point 2, Chainage, Scale Point 2 (0), and Sum of Q for Scaling Point.

# Model hydrodynamiczny zbiornika Besko

Odwzorowanie kształtu czaszy zbiornika (w oparciu o 50 przekrojów pochodzących z pomiarów batymetrycznych)



# Model hydrodynamiczny zbiornika Besko

## Implementacja geometrii korpusu zapory

model\_0.nwk11:2

Overview

- Network
  - Points (226)
  - Branches (1)
- Structures
  - Weirs (3)**
  - Culverts (1)
  - Bridges (0)
  - Pump (0)
  - Regulating (0)
  - Control Str. (0)
  - Dambreak Str. (1)
  - User defined (0)
  - Tabulated Structures (0)
  - Energy Loss (0)
  - Hydraulic Control (MIKE 12)
- Routing
- Runoff/groundwater links
- Grid points

Location

River Name: Wislok Chainage: 184650 ID: zapora

Type: Regular

Head Loss Factor

	Inflow	Out Flow	Free Overflow
Positive Flow	0.5	1	1
Negative Flow	0.5	1	1

Attributes

Type: Broad Crested Weir

Valve: None

Graphic

Horizontal offset from marker 2: 0

Geometry

Type: Level-Width

Datum: 0

	Level	Width
1	338	0
2	338.01	151.6
3	340	151.6

Free Overflow Q/h-relations

No of Q/h-relations: 100

	Q	H-pos	H-NEG	H-Weir	
1	0	338	338	338	0
2	0.890045	338.032	338.032	338.02	1
3	3.16327	338.067	338.067	338.04	1
4	6.22642	338.102	338.102	338.061	1
5	9.91124	338.138	338.138	338.081	1
6	14.1264	338.173	338.173	338.101	1
7	18.8119	338.208	338.208	338.121	1

Overview

	River	Chain.	ID	Type	Valve	LPI
1	Wislok	184650	zapora	Broad Crested Weir	None	0.5
2	Wislok	184650	przelew1	Broad Crested Weir	None	0.5
3	Wislok	184650	przelew2	Broad Crested Weir	None	0.5

# Model hydrodynamiczny zbiornika Besko

## Wprowadzenie reguł sterowania odpływem

The screenshot displays the MIKE Zero software interface for a hydrodynamic model. The main window shows the 'Control Definitions' tab, which includes a table of control rules and a 'Control Definitions' dialog box.

**Control Definitions Table:**

	Priority	Calculation Mode	Control Type	Target Type	Type of Scaling	Value
1	1	Tabulated	Q	Q_Str	None	0
2	2	Tabulated	H	Q_Str	None	0
3	3	Tabulated	H	Q_Str	None	0
4	4	Tabulated	H	Q_Str	Scale with	0
5	5	Tabulated	H	Q_Str	Scale with	0
6	6	Tabulated	H	Q_Str	Scale with	0

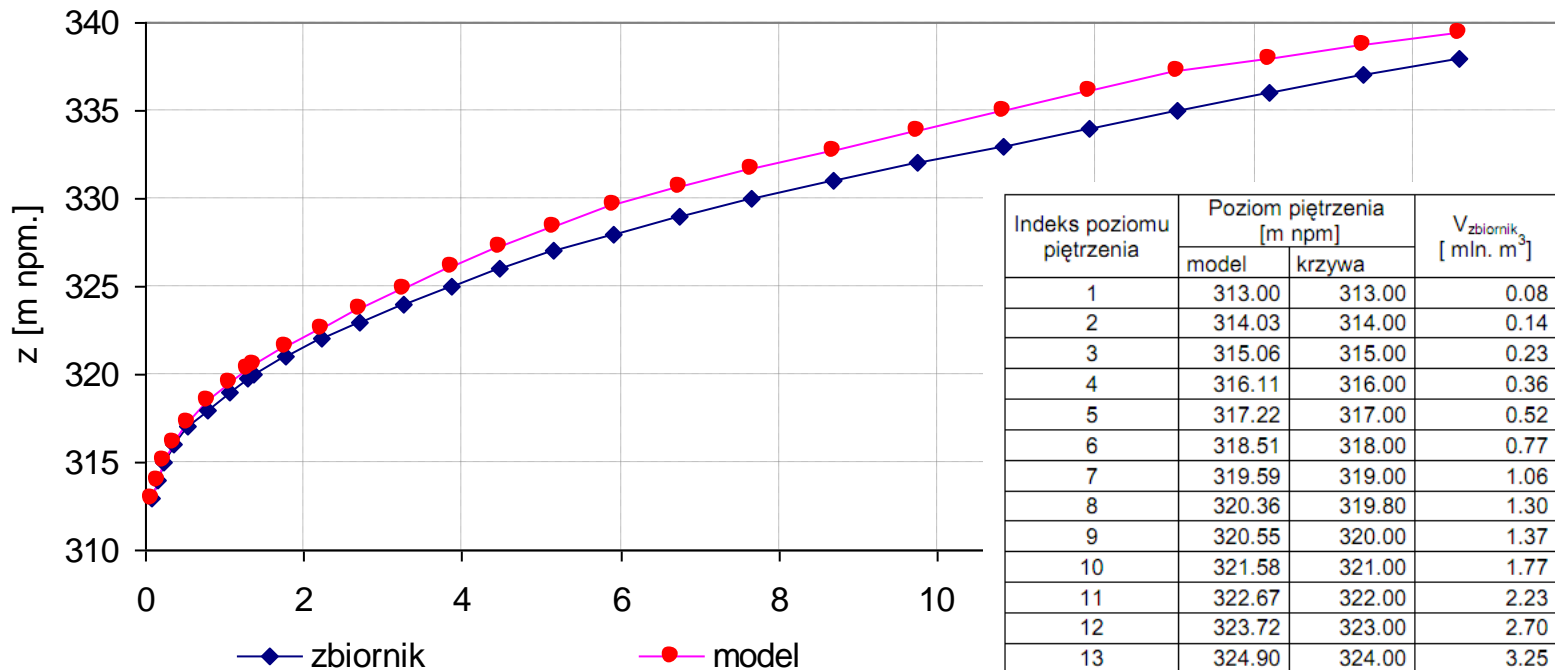
**Control Definitions Dialog Box:**

Logical Operands | Control and Targetpoint | Control Strategy | Iteration / PID

	Operator	Period	LO Type	Branch Name LO1	Chainage LO1	Name LO1	Comp No	Branch Name LO2	Chainage LO2	Sign	Use TS-value	Value	Time Series File	Time Series Item	Phase Shift	
1	None	...	Q	Wislok	189373					>	no	0.000	...			Sum of
2	None	...	Q	Wislok	189373					<	no	999.0	...			Sum of
3	None	...	H	Wislok	184673.08					>	no	307.5	...			Sum of
4	None	...	H	Wislok	184673.08					<	no	319.8	...			Sum of

# Model hydrodynamiczny zbiornika Besko

## Kalibracja krzywej pojemności zbiornika



Indeks poziomu piętrzenia	Poziom piętrzenia [m n.p.m.]		$V_{zbiornik}$ [mln. m <sup>3</sup> ]	Poziom piętrzenia [m n.p.m.] kalibracja
	model	krzywa		
1	313.00	313.00	0.08	313.00
2	314.03	314.00	0.14	314.03
3	315.06	315.00	0.23	315.00
4	316.11	316.00	0.36	315.97
5	317.22	317.00	0.52	316.90
6	318.51	318.00	0.77	317.96
7	319.59	319.00	1.06	319.01
8	320.36	319.80	1.30	319.84
9	320.55	320.00	1.37	320.04
10	321.58	321.00	1.77	320.99
11	322.67	322.00	2.23	321.97
12	323.72	323.00	2.70	322.99
13	324.90	324.00	3.25	323.96
14	326.09	325.00	3.85	324.95
15	327.25	326.00	4.47	325.95
16	328.44	327.00	5.16	326.95
17	329.61	328.00	5.92	327.97
18	330.64	329.00	6.75	329.02
19	331.65	330.00	7.66	330.05
20	332.74	331.00	8.69	331.02
21	333.86	332.00	9.75	331.97
22	334.99	333.00	10.83	332.97
23	336.12	334.00	11.92	333.99
24	337.26	335.00	13.03	334.99
25	338.01	336.00	14.18	335.99
26	338.70	337.00	15.38	337.00
27	339.40	338.00	16.58	338.00

# Implementacja scenariuszy w modelu zbiornika Chańcza

Posiadając opracowany model hydrodynamiczny, odzwierciedlający prawidłowo zależności pomiędzy rzędnymi zw. wody w zbiorniku i odpowiadającymi im pojemnościami, a także odwzorowujący właściwie sposób dysponowania odpływem, przystąpiono do implementacji scenariuszy katastrof. **W efekcie przyjętych wielowariantowych założeń, dla zapory ziemnej w Chańczy opracowano łącznie 72 scenariusze, w tym:**

**32 scenariusze dla przypadku przelania wody przez koronę**

Nr scenariusza	Początkowy poziom wody w zbiorniku	Uszkodzona strona	Reguly sterowania	Fala p%	Synchronizacja
O1	max PP	prawa	normalne	0.1	nie
O2	max PP	prawa	normalne	0.1	tak
O3	max PP	prawa	awaryjne	0.1	nie
O4	max PP	prawa	awaryjne	0.1	tak
O5	max PP	prawa	normalne	0.01	nie
O6	max PP	prawa	normalne	0.01	tak
O7	max PP	prawa	awaryjne	0.01	nie
O8	max PP	prawa	awaryjne	0.01	tak
O9	max PP	prawa i lewa	normalne	0.1	nie
O10	max PP	prawa i lewa	normalne	0.1	tak
O11	max PP	prawa i lewa	awaryjne	0.1	nie
O12	max PP	prawa i lewa	awaryjne	0.1	tak
O13	max PP	prawa i lewa	normalne	0.01	nie
O14	max PP	prawa i lewa	normalne	0.01	tak
O15	max PP	prawa i lewa	awaryjne	0.01	nie
O16	max PP	prawa i lewa	awaryjne	0.01	tak
O17	NPP	prawa	normalne	0.1	nie
O18	NPP	prawa	normalne	0.1	tak
O19	NPP	prawa	awaryjne	0.1	nie
O20	NPP	prawa	awaryjne	0.1	tak
O21	NPP	prawa	normalne	0.01	nie
O22	NPP	prawa	normalne	0.01	tak
O23	NPP	prawa	awaryjne	0.01	nie
O24	NPP	prawa	awaryjne	0.01	tak
O25	NPP	prawa i lewa	normalne	0.1	nie
O26	NPP	prawa i lewa	normalne	0.1	tak
O27	NPP	prawa i lewa	awaryjne	0.1	nie
O28	NPP	prawa i lewa	awaryjne	0.1	tak
O29	NPP	prawa i lewa	normalne	0.01	nie
O30	NPP	prawa i lewa	normalne	0.01	tak
O31	NPP	prawa i lewa	awaryjne	0.01	nie
O32	NPP	prawa i lewa	awaryjne	0.01	tak

**40 scenariuszy dla przypadku przebiccia hydraulicznego**

Nr scenariusza	Początkowy poziom wody w zbiorniku	Poziom wody w zbiorniku w chwili awarii	Uszkodzona strona	Reguly sterowania	Fala p%	Rzędna przebiccia
P1	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm
P2	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm
P3	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm
P4	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm
P5	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm
P6	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm
P7	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm
P8	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm
P9	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm
P10	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm
P11	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm
P12	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm
P13	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm
P14	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm
P15	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm
P16	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm
P17	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm
P18	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm
P19	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm
P20	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm
P21	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm
P22	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm
P23	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm
P24	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm
P25	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm
P26	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm
P27	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm
P28	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm
P29	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm
P30	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm
P31	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm
P32	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm
P33	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	Q biol	208 mnpm
P34	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	Q biol	213 mnpm
P35	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	Q biol	208 mnpm
P36	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	Q biol	213 mnpm
P37	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	Q biol	208 mnpm
P38	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	Q biol	213 mnpm
P39	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	Q biol	208 mnpm
P40	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	Q biol	213 mnpm

# Implementacja scenariuszy w modelu zbiornika Chańcza

**Mechanizm rozwoju zjawiska katastrofy zapory**, spowodowanego przelaniem się wody przez koronę i rozmyciem korpusu ziemnego prowadzącym do powstania wyrwy lub przebicciem hydraulicznym, prowadzącym w efekcie również do powstania wyrwy, oparto na „zaszytej” w programie obliczeniowym formule erozyjnej Engelund-Hansena.

Pozwoliło to na bezpośrednie **uzależnienie sposobu oraz tempa formowania się zjawiska (wyrwa, przebicie) od faktycznych parametrów gruntu korpusu zapory** w Chańczy. Podstawowe parametry fizyczne gruntu oszacowano na podstawie dostępnej dokumentacji technicznej dla obiektu.

	Branch	Chainage	ID	Crest Level	Crest Length	Apply Limiting Section	LPI	LPD
1	RZE_CZAR	40265	DBRK1	222.3	372	Yes	0.5	1

**Dambreak Structure: RZE\_CZARNA 40265**

Dam Break Structure - Erosion Failure

**Dam Geometry**

Upstream Slope: 3  
Downstream Slope: 3  
Top Width: 10

**Material Properties**

Grain diameter: 0.002  
Specific gravity: 2.6  
Porosity: 0.35  
Crit. Shear Stress: 0.03  
Side Erosion Index: 1

**Limit of Breach Geometry**

Final Bottom Level: 207  
Final Bottom Width: 79  
Breach Slope: 0.5

**Initial Failure**

Piping Failure Initially: [dropdown]  
Breach Failure  
Initial Level: 222.25  
Initial Width: 0.5

**Piping Failure**

Starting Level: 208  
Initial Diameter: 0.1  
Roughness: 0.001  
Collapse Ratio (D/y): 1  
Volume Loss Ratio: 0.25  
Calibration Coef.: 1

# Implementacja scenariuszy w modelu zbiornika

Oprócz określenia cech gruntu oraz parametrów początkowych związanych z geometrią uszkodzenia, **wyznaczono maksymalną teoretyczną szerokość wyrwy** w korpusie zapory. Posłużono się w tym celu powszechnie stosowanymi w takich przypadkach **formułami empirycznymi**: Froehlich, MacDonalds & Langridge-Monopolis oraz Von Thun & Gillette.

W zależności od przyczyny katastrofy (przelanie, przebicie) oraz przyjętego napełnienia zbiornika (NPP, MaxPP, rzędna korony) **otrzymano różne maksymalne szerokości wyrwy**. Zróżnicowanie uzyskanych wyników znalazło odzwierciedlenie w warunkach brzegowych opracowanych scenariuszy katastrof.

## Froehlich

$$\overline{W}_{Breach} = 0.1803 * K_o * V_{\overline{W}}^{0.32} * h_b^{0.19}$$

$$t_{failure} = 0.00254 * V_{\overline{W}}^{0.53} * h_b^{-0.90}$$

## MacDonalds & Langridge-Monopolis

$$W_{Breach} = \frac{V_{Eroded} - h_b^2 (CZ_b + \frac{h_b Z_b Z_3}{3})}{h_b (C + \frac{h_b Z_3}{2})}$$

## Von Thun & Gillette

$$\overline{W}_{Breach} = 2.5 * h_w + C_b$$

$$t_{failure}(resist) = 0.02 * h_w + 0.25$$

$$t_{failure}(erodible) = 0.015 * h_w$$

objętość wyerodowanego materiału	V er	[m <sup>3</sup> ]	
czas formowania się wyrwy	t failure	[h]	
końcowa szerokość spodu wyrwy	W br bot	[m]	
średnia końcowa szerokość wyrwy	W br avg	[m]	
objętość wody w zbiorniku w chwili awarii	V out	[m <sup>3</sup> ]	23 910 545
wysokość zw. w. nad poziomem dna wyrwy w chwili awarii	hw	[m]	13.2
wysokość zapory	hb	[m]	15.3
wysokość wyrwy	hbr	[m]	15.3
współczynnik empiryczny	Ko	[-]	1.0
szerokość korony zapory	C	[m]	10
współczynnik pojemności zbiornika	Cb	[m]	54.9
nachylenie górnej ściany zapory (= n)	Z1	[-]	3
nachylenie dolnej ściany zapory (= n)	Z2	[-]	3
	Z3 = Z1 + Z2		6
nachylenie ścian bocznych wyrwy (= n)	Zb	[-]	0.5
			przelanie 1.4      przebicie 1.0
			MLM zalecane Zb = 0.5
			FR zalecane Zb = 0.9 (dla przebicia)
			VTG zalecane Zb = 0.33
			USBR zalecane Zb = 0

<b>FROEHLICH</b>	W br avg	70 m
	t failure	1.78 h

<b>MACDONALDS AND LANGRIDGE-MONOPOLIS</b>	grunty sypkie	
	V er	89639.03 m <sup>3</sup>
	t failure	1.14 h
	W br bot	99 m
	grunty spoiste	
	V er	60654.98 m <sup>3</sup>
	t failure	0.99 h
	W br	88 m

<b>VON THUN AND GILLETTE</b>	W br avg	88 m
	gr. podatny na erozję t failure	0.20 h
	gr. odporny na erozję t failure	0.51 h

	poj. zb.	Cb	
	[mln m <sup>3</sup> ]	[m]	
	< 1.23	6.1	
	1.23-6.17	18.3	
	6.17-12.3	42.7	
	> 12.3	54.9	

	avg W	79
--	-------	----

H kor zap	222.3	15.3	34 452 000
H max PP	220.2	13.2	23 910 545
H nor PP	217.8	10.8	14 328 000

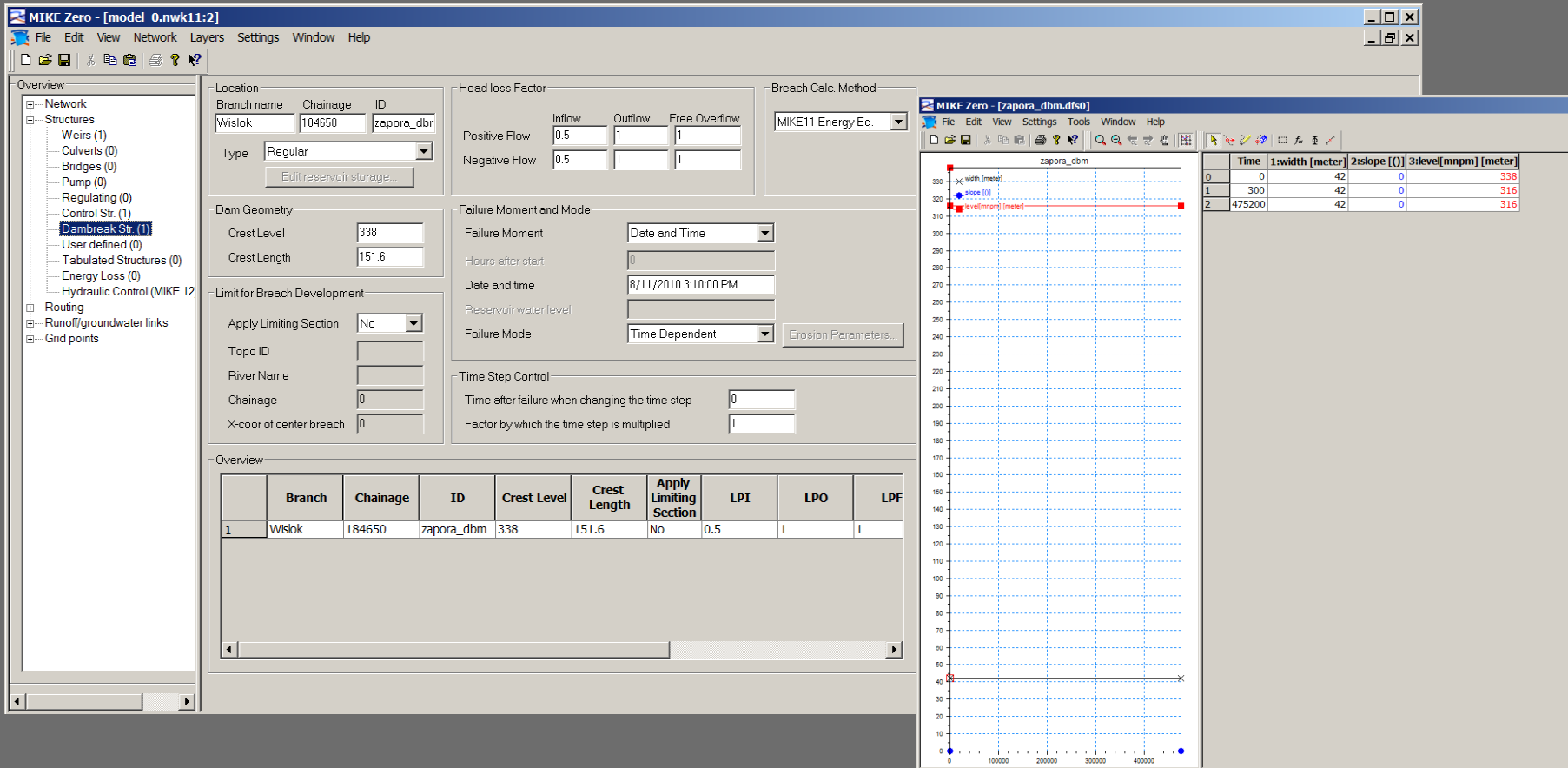
  

<b>Wyniki</b>	FR	MLM	VTG
W br bot	56	99	83
W br avg	70	107	88
t failure	1.78	1.14	0.20
Z b	0.90	0.50	0.33



# Implementacja scenariuszy w modelu zbiornika Besko

**Mechanizm rozwoju zjawiska katastrofy zapory**, spowodowanego awarią podłoża i uszkodzeniem sekcji betonowych zapory odwzorowano w modelu hydraulicznym za pomocą serii czasowych opisujących zmienność uszkodzonego przekroju sekcji w czasie. **Łącznie opracowano 25 scenariuszy katastrofy zapory w Besku**, będących efektem przyjętych wcześniej założeń.



# Obliczenia modelowe katastrofy zapory w Chańczy

W oparciu o przygotowaną matrycę 72 scenariuszy przeprowadzono obliczenia modelowe katastrofy zapory w Chańczy. Otrzymano wyniki, w których:

- ❖ w 4 przypadkach doszło do powstania wyrwy wskutek przelania się wody przez koronę zapory;
- ❖ w 35 przypadkach doszło do powstania wyrwy wskutek przebicia hydraulicznego;
- ❖ w 1 przypadku doszło do powstania wyrwy wskutek przebicia hydraulicznego, przy równoczesnym przelaniu się wody przez koronę zapory.

W pozostałych scenariuszach (32) w ogóle nie doszło do nadpiętrzenia zbiornika i przelania się wody przez koronę zapory (28 przypadków) lub też proces wymywania gruntu z korpusu zapory był zbyt powolny aby doprowadzić do powstania wyrwy i opróżnienia zbiornika (4 przypadki).

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń, zdecydowanie bardziej sprzyjające warunki dla zaistnienia katastrofy występowały w scenariuszach opartych na tzw. „awaryjnych” regułach sterowania odpływem ze zbiornika.

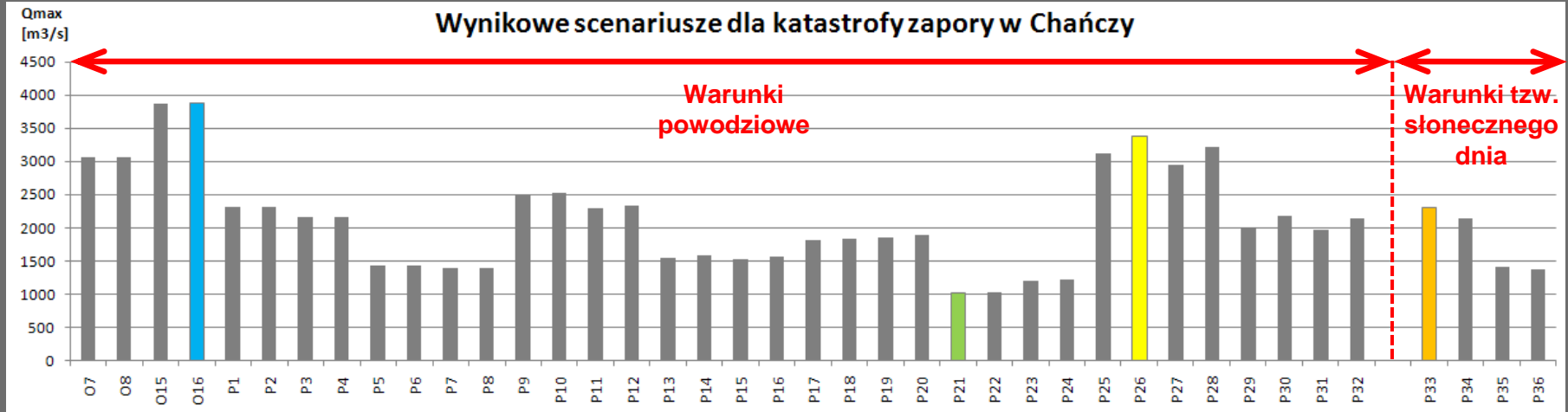
# Scenariusze wynikowe - Chańcza

Nr scenariusza	Początkowy poziom wody w zbiorniku	Poziom wody w zbiorniku w chwili awarii	Uszkodzona strona	Reguły sterowania	Fala p%	Synchronizacja	Maksymalny odpływ w przekroju zapory	Rodzaj katastrofy
O7	max PP	korona zapory	prawa	awaryjne	0.01	nie	3069	przelanie
O8	max PP	korona zapory	prawa	awaryjne	0.01	tak	3069	przelanie
O15	max PP	korona zapory	prawa i lewa	awaryjne	0.01	nie	3873	przelanie
O16	max PP	korona zapory	prawa i lewa	awaryjne	0.01	tak	3875	przelanie
Nr scenariusza	Początkowy poziom wody w zbiorniku	Poziom wody w zbiorniku w chwili awarii	Uszkodzona strona	Reguły sterowania	Fala p%	Rzędna przebiecia	Maksymalny odpływ w przekroju zapory	Rodzaj katastrofy
P1	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm	2319	przebiecie
P2	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm	2318	przebiecie
P3	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm	2168	przebiecie
P4	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm	2170	przebiecie
P5	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm	1435	przebiecie
P6	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm	1436	przebiecie
P7	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm	1402	przebiecie
P8	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm	1404	przebiecie
P9	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm	2483	przebiecie
P10	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm	2526	przebiecie
P11	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm	2307	przebiecie
P12	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm	2344	przebiecie
P13	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm	1550	przebiecie
P14	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm	1581	przebiecie
P15	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm	1529	przebiecie
P16	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm	1566	przebiecie
P17	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm	1825	przebiecie
P18	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm	1845	przebiecie
P19	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm	1866	przebiecie
P20	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm	1896	przebiecie
P21	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm	1012	przebiecie
P22	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm	1027	przebiecie
P23	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm	1205	przebiecie
P24	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm	1228	przebiecie
P25	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm	3126	przebiecie
P26	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm	3376	przebiecie + przelanie
P27	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm	2957	przebiecie
P28	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm	3211	przebiecie
P29	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm	2005	przebiecie
P30	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm	2181	przebiecie
P31	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm	1969	przebiecie
P32	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm	2146	przebiecie
P33	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	Q biol	208 mnpm	2301	przebiecie
P34	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	Q biol	213 mnpm	2153	przebiecie
P35	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	Q biol	208 mnpm	1421	przebiecie
P36	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	Q biol	213 mnpm	1386	przebiecie

# Scenariusze wynikowe - Chańcza

Nr scenariusza	Początkowy poziom wody w zbiorniku	Poziom wody w zbiorniku w chwili awarii	Uszkodzona strona	Reguły sterowania	Fala p%	Synchronizacja	Maksymalny odpływ w przekroju zapory	Rodzaj katastrofy
O7	max PP	korona zapory	prawa	awaryjne	0.01	nie	3069	przelanie
O8	max PP	korona zapory	prawa	awaryjne	0.01	tak	3069	przelanie
O15	max PP	korona zapory	prawa i lewa	awaryjne	0.01	nie	3873	przelanie
O16	max PP	korona zapory	prawa i lewa	awaryjne	0.01	tak	3875	przelanie
Nr scenariusza	Początkowy poziom wody w zbiorniku	Poziom wody w zbiorniku w chwili awarii	Uszkodzona strona	Reguły sterowania	Fala p%	Rzędna przebiecia	Maksymalny odpływ w przekroju zapory	Rodzaj katastrofy
P1	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm	2319	przebiecie
P2	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm	2318	przebiecie
P3	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm	2168	przebiecie
P4	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm	2170	przebiecie
P5	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm	1435	przebiecie
P6	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm	1436	przebiecie
P7	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm	1402	przebiecie
P8	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm	1404	przebiecie
P9	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm	2483	przebiecie
P10	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm	2526	przebiecie
P11	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm	2307	przebiecie
P12	nor PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm	2344	przebiecie
P13	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm	1550	przebiecie
P14	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm	1581	przebiecie
P15	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm	1529	przebiecie
P16	nor PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm	1566	przebiecie
P17	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm	1825	przebiecie
P18	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm	1845	przebiecie
P19	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm	1866	przebiecie
P20	nor PP	nor PP	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm	1896	przebiecie
P21	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm	1012	przebiecie
P22	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm	1027	przebiecie
P23	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm	1205	przebiecie
P24	nor PP	nor PP	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm	1228	przebiecie
P25	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.1	208 mnpm	3126	przebiecie
P26	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.01	208 mnpm	3376	przebiecie + przelanie
P27	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.1	213 mnpm	2957	przebiecie
P28	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-środek	awaryjne	0.01	213 mnpm	3211	przebiecie
P29	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.1	208 mnpm	2005	przebiecie
P30	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.01	208 mnpm	2181	przebiecie
P31	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.1	213 mnpm	1969	przebiecie
P32	max PP	max PP + synchronizacja	prawa-styk	awaryjne	0.01	213 mnpm	2146	przebiecie
P33	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	Q biol	208 mnpm	2301	przebiecie
P34	max PP	max PP	prawa-środek	awaryjne	Q biol	213 mnpm	2153	przebiecie
P35	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	Q biol	208 mnpm	1421	przebiecie
P36	max PP	max PP	prawa-styk	awaryjne	Q biol	213 mnpm	1386	przebiecie

# Scenariusze wynikowe - Chańcza

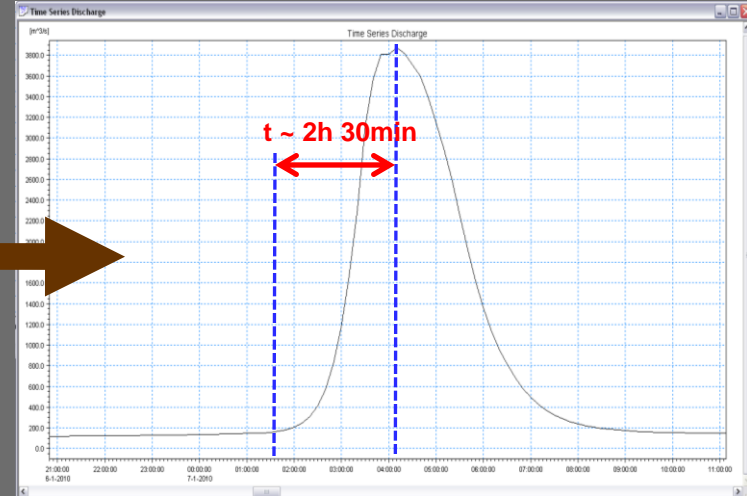
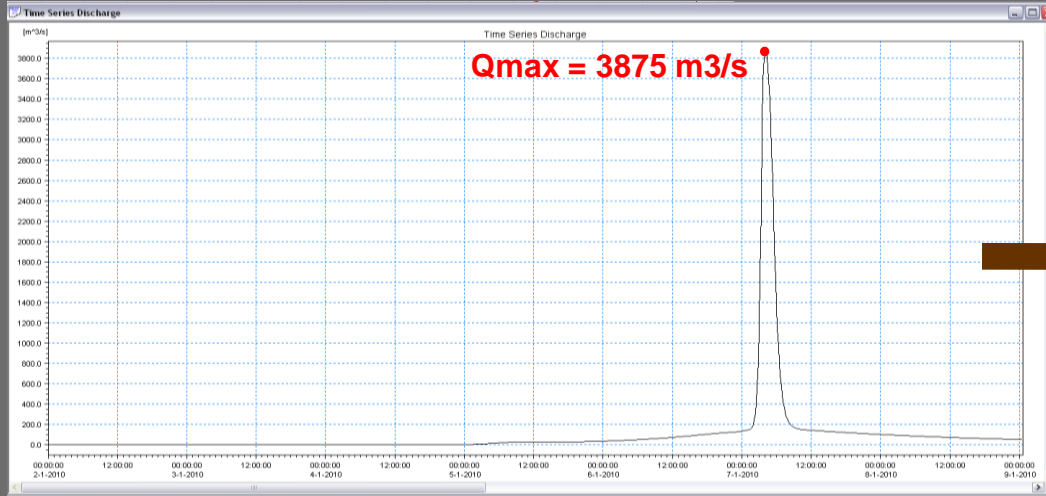


Z grupy 40 scenariuszy wynikowych wyróżnić można 4 scenariusze – najbardziej charakterystyczne i reprezentatywne. Są nimi:

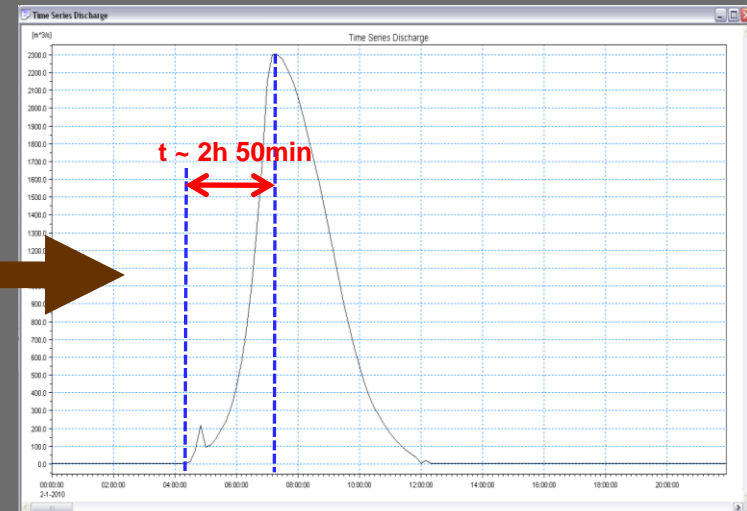
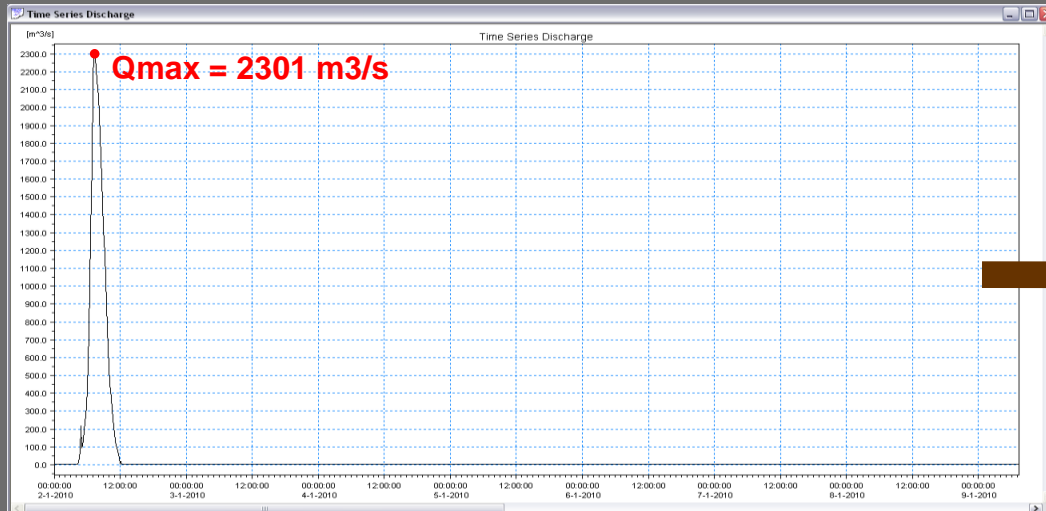
- ❖ **Scenariusz O16** (przelanie) – z uwagi na największy odpływ maksymalny w przekroju zaporę i zarazem najbardziej niekorzystny wariant dla przypadku przelania wody przez koronę ( $Q_{max} = 3875 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- ❖ **Scenariusz P21** (przebicie) – z uwagi na najmniejszy odpływ maksymalny w przekroju zaporę ( $Q_{max} = 1012 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- ❖ **Scenariusz P26** (przebicie) – jako najbardziej niekorzystny wariant dla przypadku przebicia hydraulicznego ( $Q_{max} = 3376 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- ❖ **Scenariusz P33** (przebicie) – jako najbardziej niekorzystny wariant dla warunków tzw. „słonecznego dnia” ( $Q_{max} = 2301 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

# Przykładowe hydrogramy przepływu w profilu zapory w Chańcy

## Scenariusz O16 (najbardziej niekorzystny dla warunków powodziowych)



## Scenariusz P33 (najbardziej niekorzystny dla warunków tzw. „słonecznego dnia”)

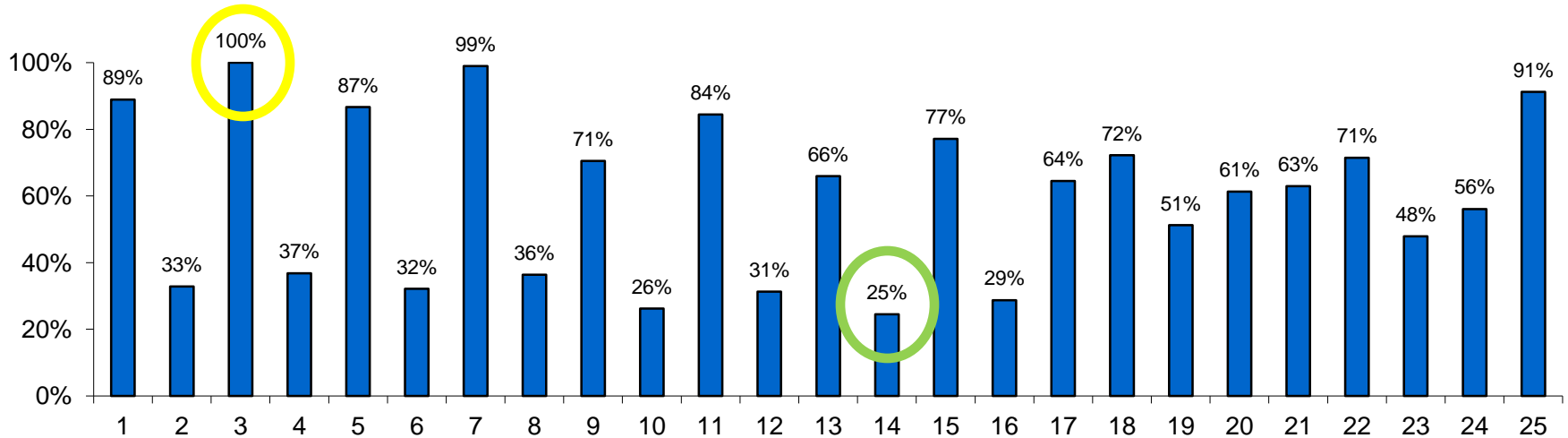


# Scenariusze wynikowe - Besko

LP	Scenariusz	Rzędna wody w zbiorniku	Uszkodzone sekcje	Dopływ do zbiornika o prawdopodobieństwie wystąpienia	Praca urządzeń upustowych [%]	H <sub>max</sub> zbiornik [m n.p.m.]	Q <sub>max</sub> wyrwa [m <sup>3</sup> /s]
1	S_MaxPP_S789_P001_U100	MaxPP	S7,S8,S9	0,01	100	336,75	5,09E+03
2	S_MaxPP_S7_P001_U100	MaxPP	S7	0,01	100	336,75	1,88E+03
3	S_MaxPP_S789_P001_U50	MaxPP	S7,S8,S9	0,01	50	338,38	5,73E+03
4	S_MaxPP_S7_P001_U50	MaxPP	S7	0,01	50	338,38	2,11E+03
5	S_MaxPP_S789_P01_U100	MaxPP	S7,S8,S9	0,1	100	336,44	4,97E+03
6	S_MaxPP_S7_P01_U100	MaxPP	S7	0,1	100	336,44	1,84E+03
7	S_MaxPP_S789_P01_U50	MaxPP	S7,S8,S9	0,1	50	338,22	5,67E+03
8	S_MaxPP_S7_P01_U50	MaxPP	S7	0,1	50	338,22	2,08E+03
9	S_NPP_S789_P001_U100	NPP	S7,S8,S9	0,01	100	333,89	4,04E+03
10	S_NPP_S7_P001_U100	NPP	S7	0,01	100	333,89	1,50E+03
11	S_NPP_S789_P001_U50	NPP	S7,S8,S9	0,01	50	336,09	4,84E+03
12	S_NPP_S7_P001_U50	NPP	S7	0,01	50	336,09	1,79E+03
13	S_NPP_S789_P01_U100	NPP	S7,S8,S9	0,1	100	333,13	3,78E+03
14	S_NPP_S7_P01_U100	NPP	S7	0,1	100	333,13	1,40E+03
15	S_NPP_S789_P01_U50	NPP	S7,S8,S9	0,1	50	335,01	4,42E+03
16	S_NPP_S7_P01_U50	NPP	S7	0,1	50	335,01	1,65E+03
17	S_MaxPP_S78_P001_U100	MaxPP	S7,S8	0,01	100	336,75	3,69E+03
18	S_MaxPP_S78_P001_U50	MaxPP	S7,S8	0,01	50	338,38	4,14E+03
19	S_NPP_S78_P001_U100	NPP	S7,S8	0,01	100	333,89	2,93E+03
20	S_NPP_S78_P001_U50	NPP	S7,S8	0,01	50	336,09	3,51E+03
21	S_MaxPP_S78_P01_U100	MaxPP	S7,S8	0,1	100	336,44	3,60E+03
22	S_MaxPP_S78_P01_U50	MaxPP	S7,S8	0,1	50	338,22	4,09E+03
23	S_NPP_S78_P01_U100	NPP	S7,S8	0,1	100	333,13	2,74E+03
24	S_NPP_S78_P01_U50	NPP	S7,S8	0,1	50	335,01	3,21E+03
25	S_MaxPP_S789_P001_U100_czasowa ni_Hmax	MaxPP	S7,S8,S9	0,01	100	337,10	5,23E+03

# Scenariusze wynikowe - Besko

Procent maksymalnego wydatku wpływającego przez wyrwę w stosunku do wydatku maksymalnego uzyskanego dla 25 scenariuszy katastrof

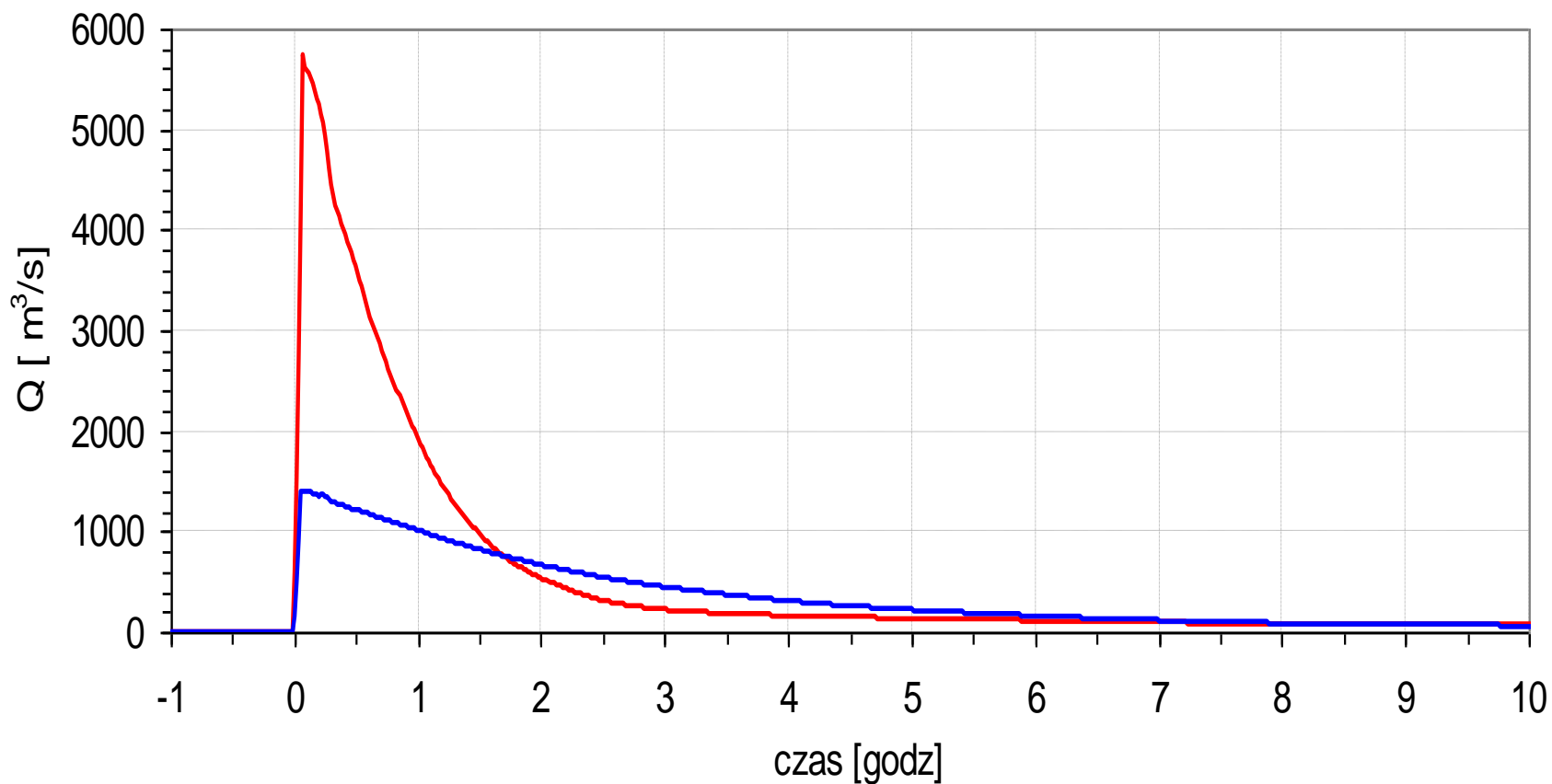


Z grupy 25 scenariuszy wynikowych najbardziej charakterystyczne i reprezentatywne są dwa scenariusze:

- ❖ **Scenariusz S\_MaxPP\_S789\_P001\_U50** – z uwagi na największy odpływ maksymalny w przekroju zapory ( $Q_{max} = 5730 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- ❖ **Scenariusz S\_NPP\_S7\_P01\_U100** – z uwagi na najmniejszy odpływ maksymalny w przekroju zapory ( $Q_{max} = 1400 \text{ m}^3/\text{s}$ );



# Przykładowy hydrogram przepływu w profilu zapory w Besku



— MAXPP B=42m Q0.01 UrzU=50%

— NPP B=15m Q0.1 UrzU100%

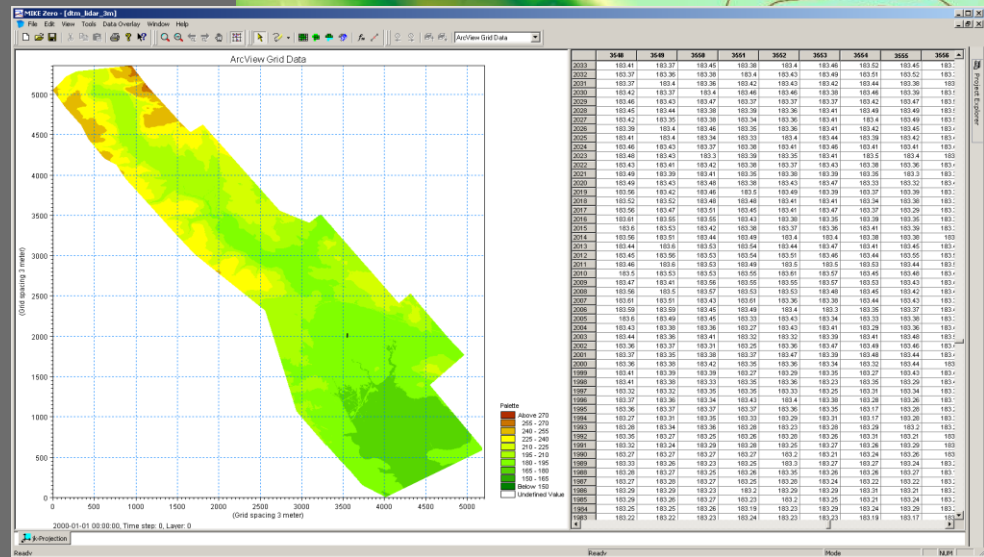
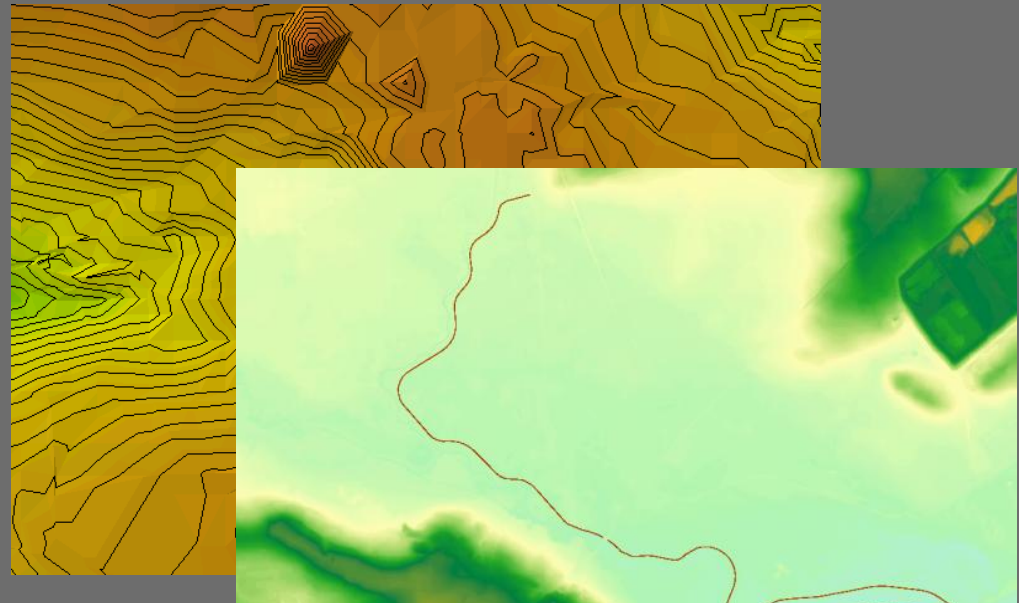
# Modele hydrodynamiczne dolin poniżej zapór

# Prace przygotowawcze – dostosowanie NMT

**Podstawowy numeryczny model terenu (NMT)** wykorzystany w ramach Projektu pochodził z zasobów GGK i **został opracowany metodą fotogrametryczną** w ramach projektu LPIS.

**Dodatkowo**, dla doliny Czarnej Staszowskiej w ramach realizacji Projektu **opracowany został drugi NMT – metodą skaningu laserowego**.

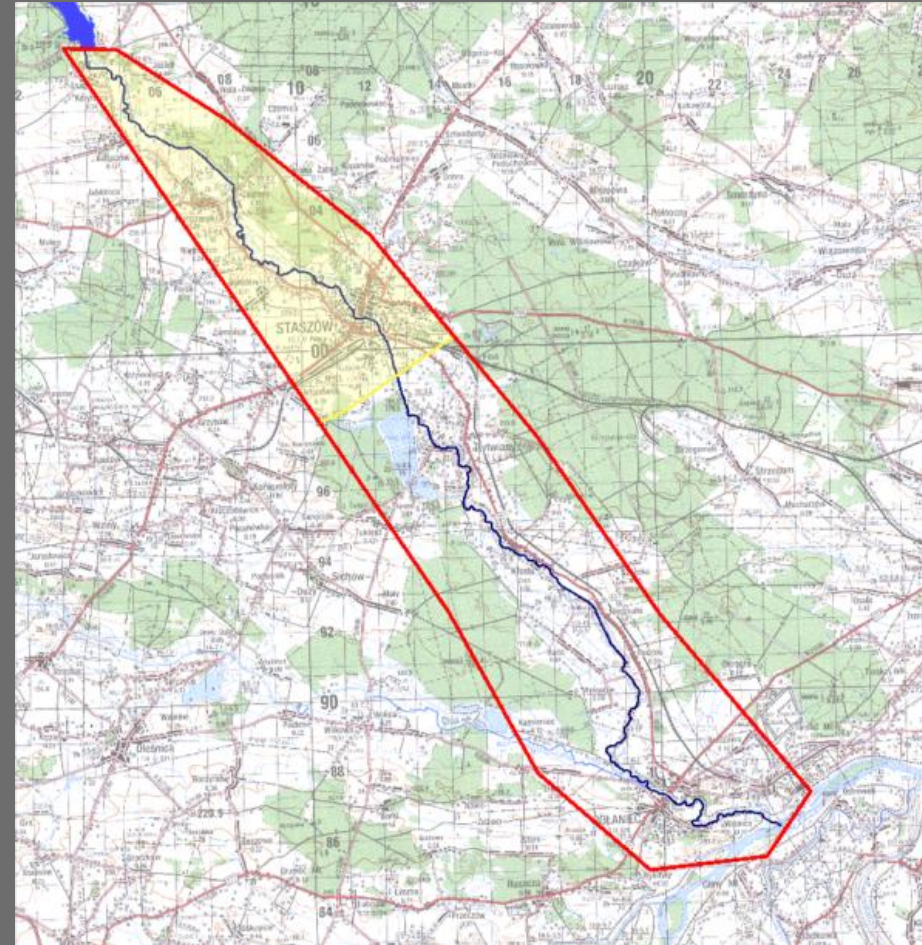
Z uwagi na fakt, iż NMT pozyskany do projektu zapisany był w odmiennym formacie od wymaganego przez model hydrodynamiczny, **zostały wykonane prace polegające na jego obróbce i dostosowaniu do postaci akceptowalnej przez model**. Objęły one m.in.: konwersję NMT do narzędzia GIS, połączenie poszczególnych arkuszy w jeden obiekt, eksport do formatu GRID.



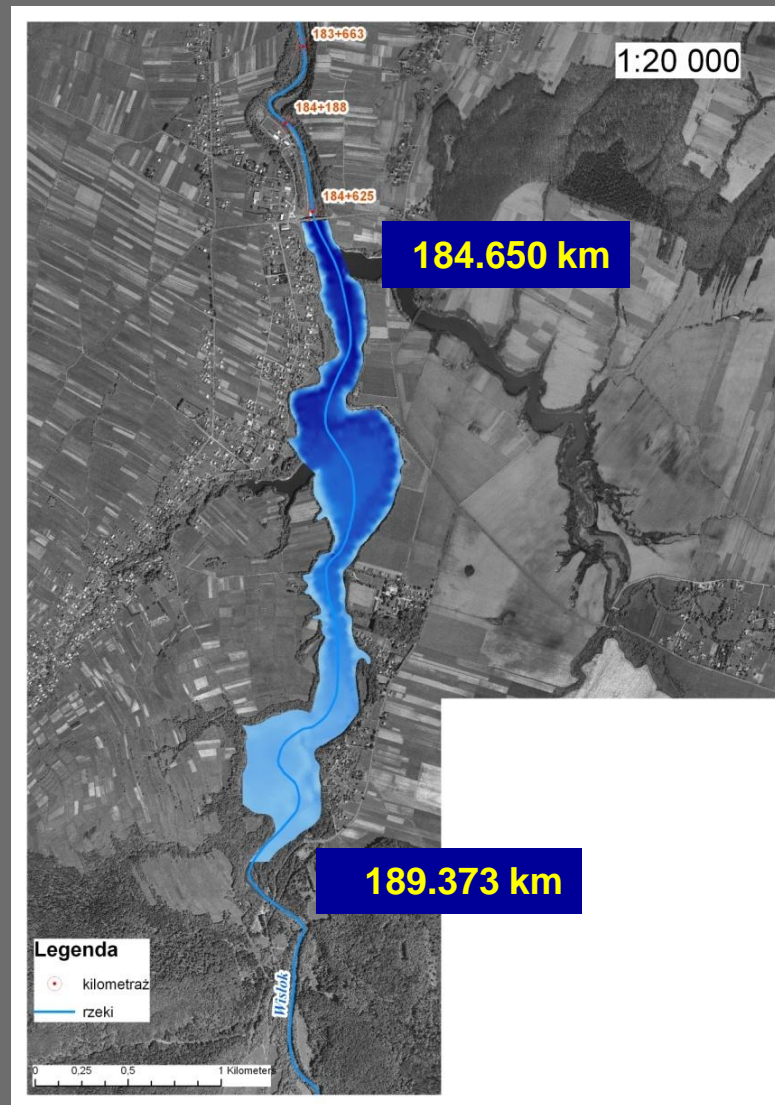
# Model hydrodynamiczny doliny poniżej zbiornika w Chańczy

W ramach realizacji Projektu opracowano dwa modele hydrodynamiczne dla doliny rzeki Czarnej Staszowskiej:

- **Model jednowymiarowy (1D) – na odcinku od przekroju zaporowego do ujścia Czarnej Staszowskiej do Wisły**
- **Model dwuwymiarowy (2D) – na odcinku od przekroju zaporowego do miejscowości Rytwiany**



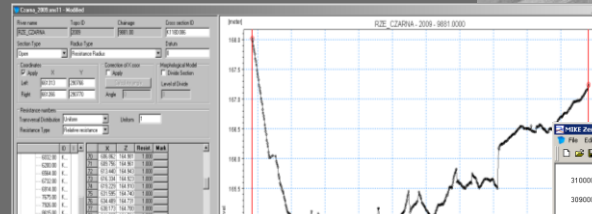
# Model hydrodynamiczny doliny poniżej zbiornika w Besku



# Model jednowymiarowy (1D)

Opracowanie modelu 1D składało się z kilku etapów, z których najważniejsze to:

- implementacja sieci rzecznej
- wprowadzenie przekrojów poprzecznych
- identyfikacja parametrów hydrodynamicznych
- wprowadzenie budowli inżynierskich i hydrotechnicznych
- ustalenie warunków początkowych



Branch Name: Wislok, Change: 71435, ID: m289\_cv1

Type: Regular

Attributes: Upstream Invert: 195.08, DownStr. Invert: 195.08, Length: 17.5, Manning's n: 0.013, No. of Culverts: 1, Valve Regulation: None, Section Type: Closed

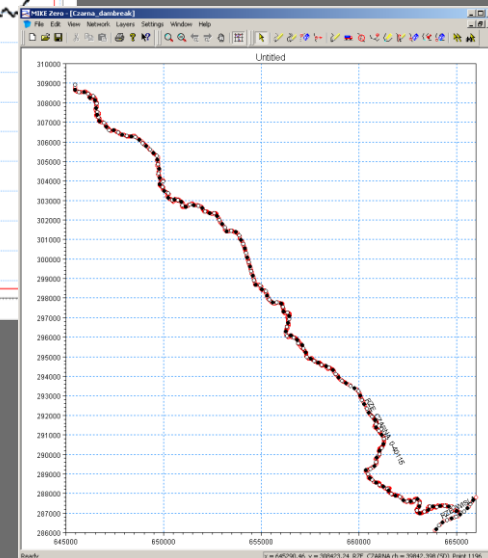
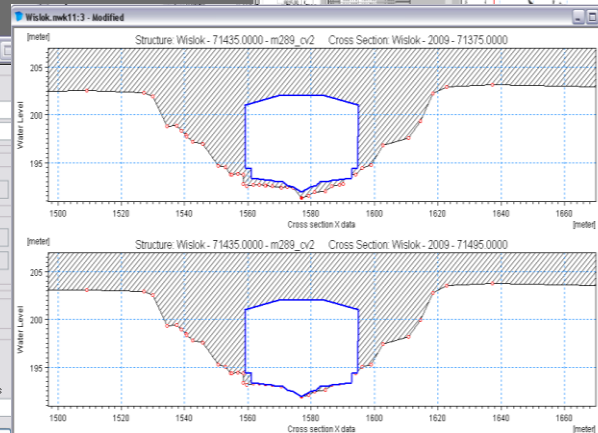
Head Loss Factor: Positive Flow: Inflow 0.5, Out Flow 1, Free Overflow 1, Bends 0; Negative Flow: Inflow 0.5, Out Flow 1, Free Overflow 1, Bends 0

Geometry: Type: Irregular, Level/Width Table

Level	Width
195.08	0
195.25	2.424
195.54	3.055
195.83	3.687

Flow Conditions: Q-h relations, Hydraulic Parameters, Orifice Flow Coefficients

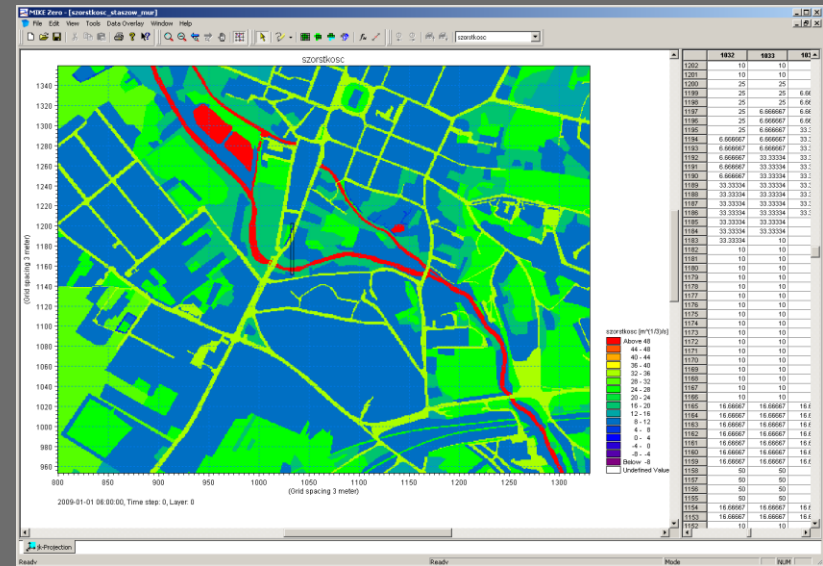
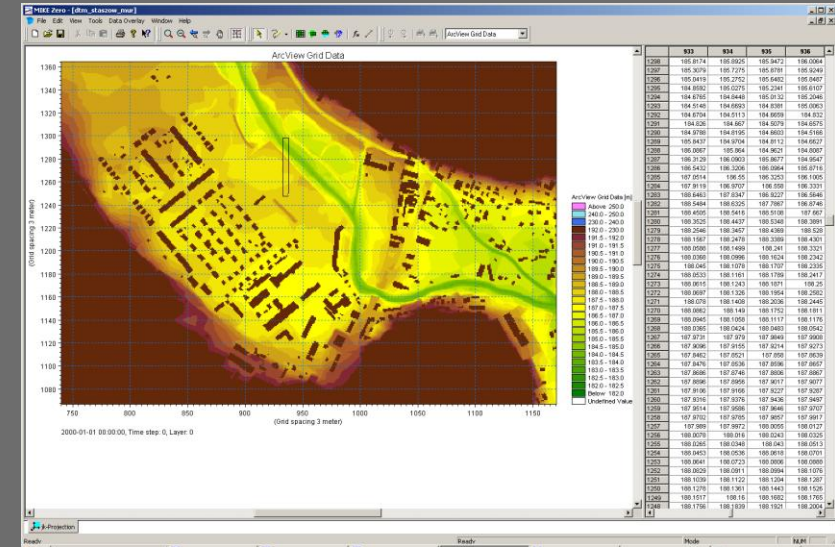
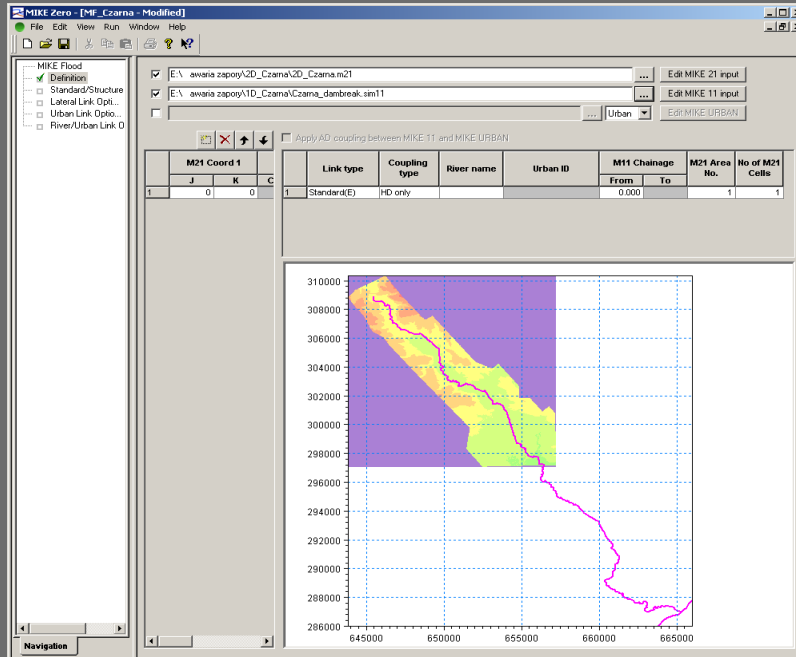
Y	QC	Po	Type	Y	QC	Ne	Type
1	0	0	No Flow	1	0	0	No Flow
2	0.2337	0.1881	Outlet C	2	0.2337	0.1881	Outlet C
3	0.7051	1.7932	Inlet C	3	0.7050	1.7932	Inlet C
4	1.1510	4.5380	Inlet C	4	1.1507	4.5380	Inlet C



# Model dwuwymiarowy (2D)

W przypadku modelu 2D prace obejmowały:

- opracowanie numerycznego modelu terenu
- opracowanie numerycznego modelu współczynnika szorstkości
- ustalenie parametrów podstawowych
- ustalenie parametrów hydraulicznych

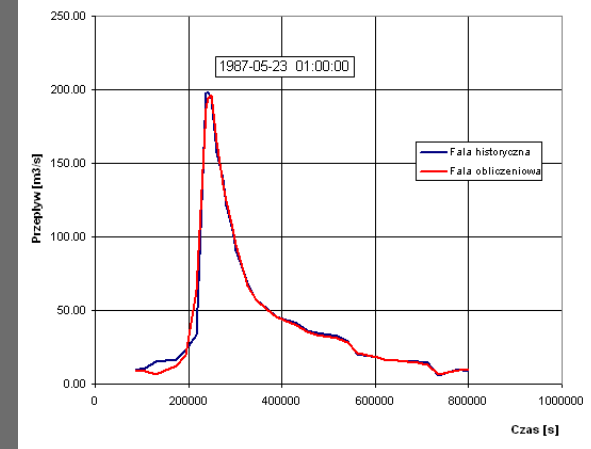
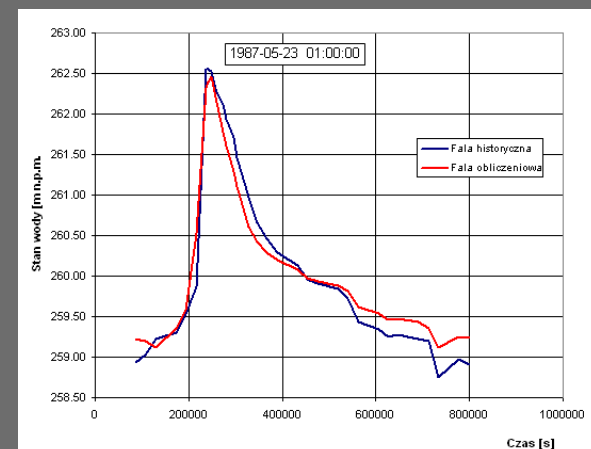
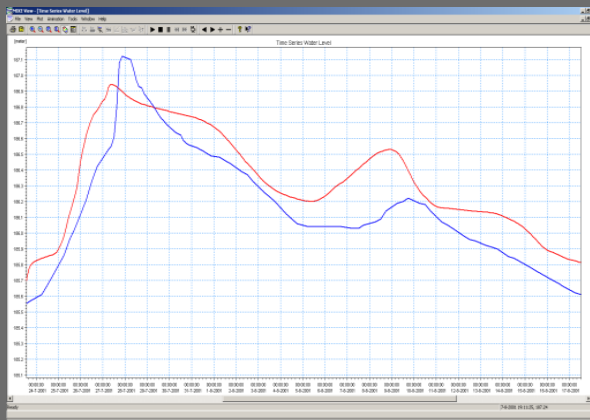
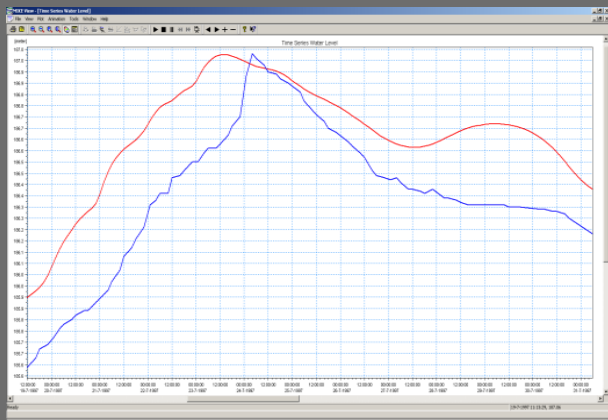


# Kalibracja i weryfikacja modeli hydrodynamicznych

Zarówno modele jednowymiarowe dla Wisłoka i Czarnej jak i model dwuwymiarowy dla Czarnej zostały poddane procedurze kalibracji i weryfikacji.

**Celem kalibracji było uzyskanie jak największej zbieżności** pomiędzy hydrogramami historycznymi a hydrogramami wygenerowanymi przez model.

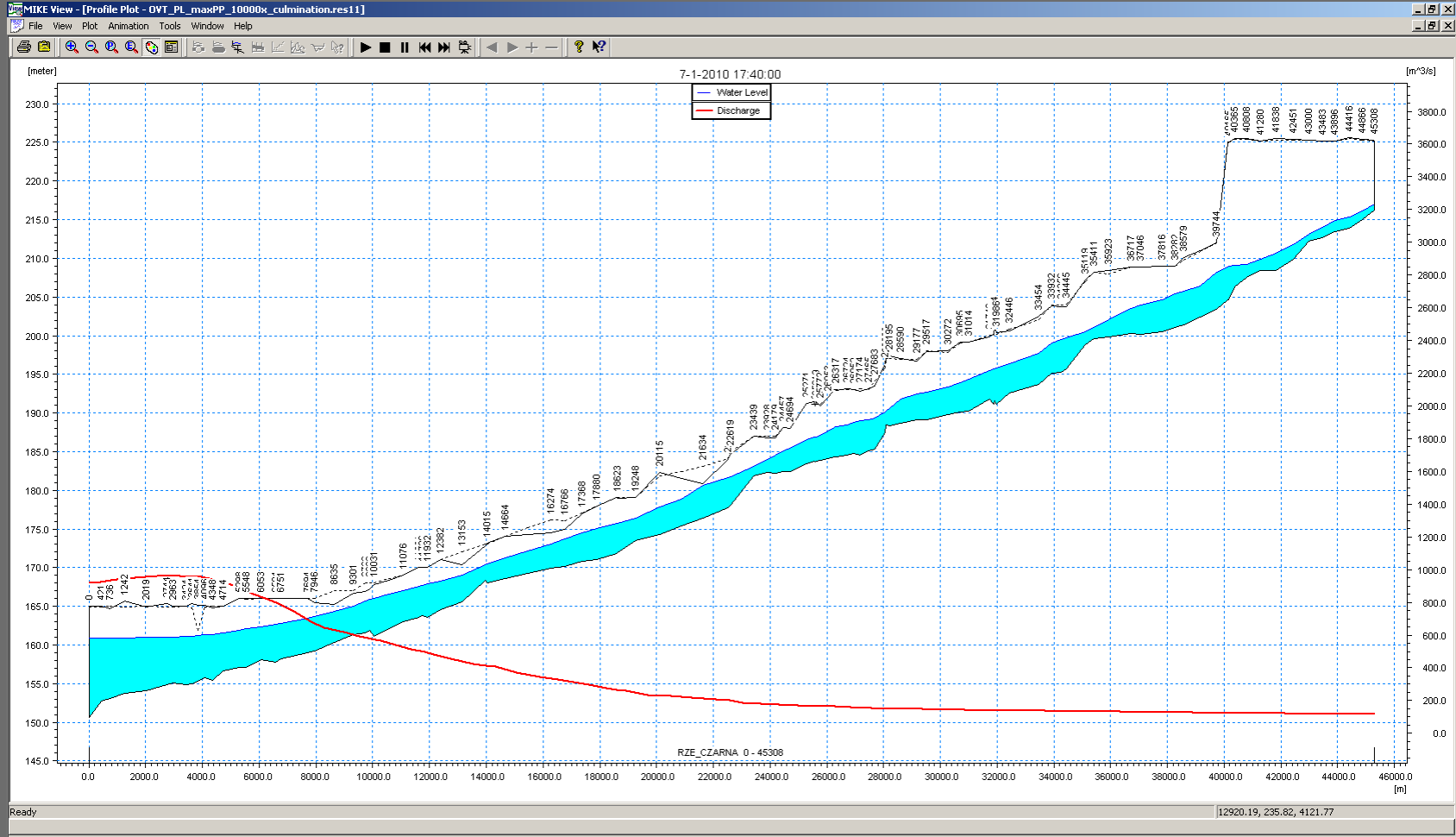
**Celem weryfikacji było natomiast sprawdzenie dokładności modelu z wykorzystaniem innych danych wejściowych** niż użytych dla celów kalibracji, ale z zachowaniem parametrów modelu uzyskanych w trakcie kalibracji.





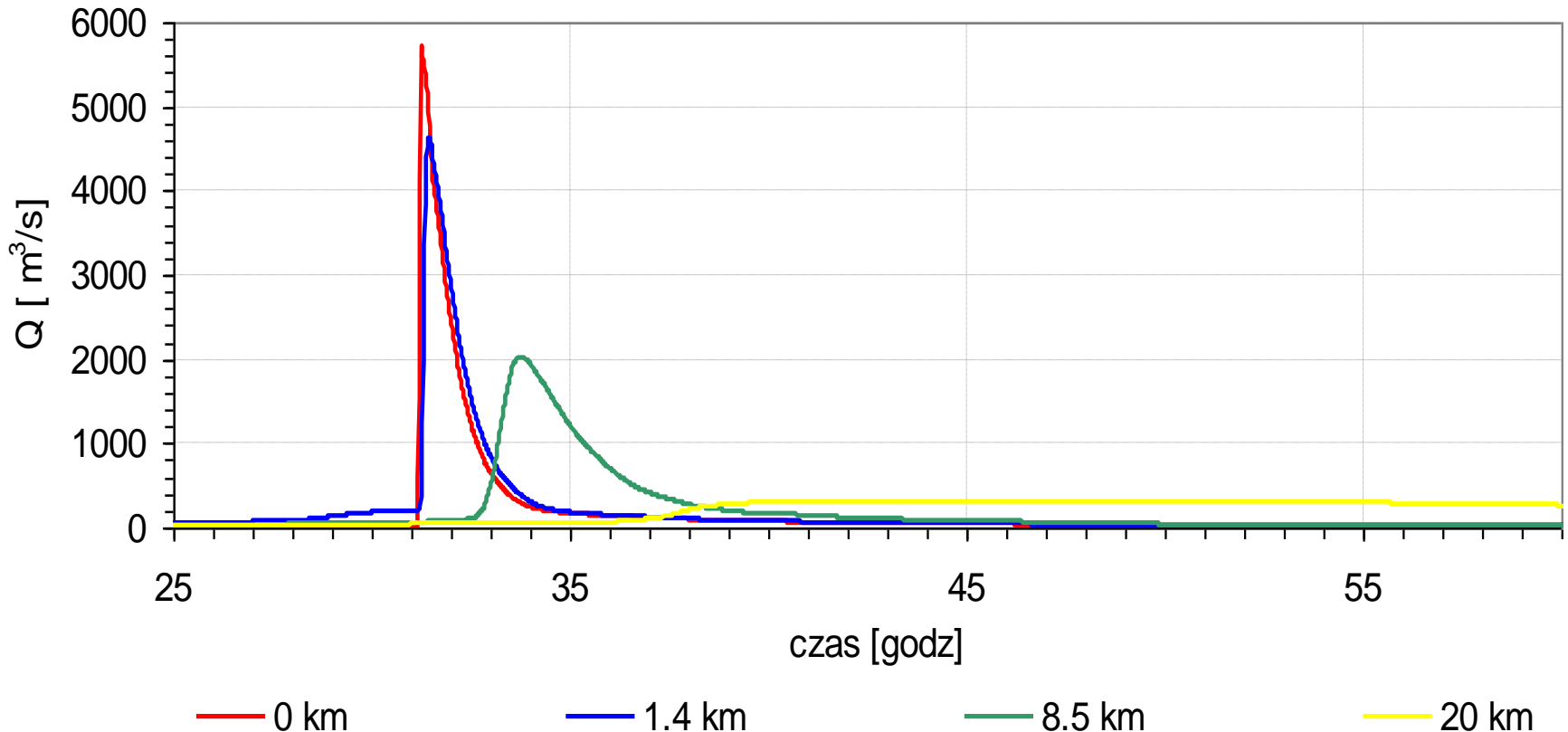
# Wykonanie obliczeń modelowych (1D)

Profil podłużny stanów wody oraz transformacja przepływów w modelu 1D dla zapory w Chańczy – scenariusz dla rozmycia korpusu zapory wskutek przelania się wody przez koronę zapory przy fali Q 0,01%.



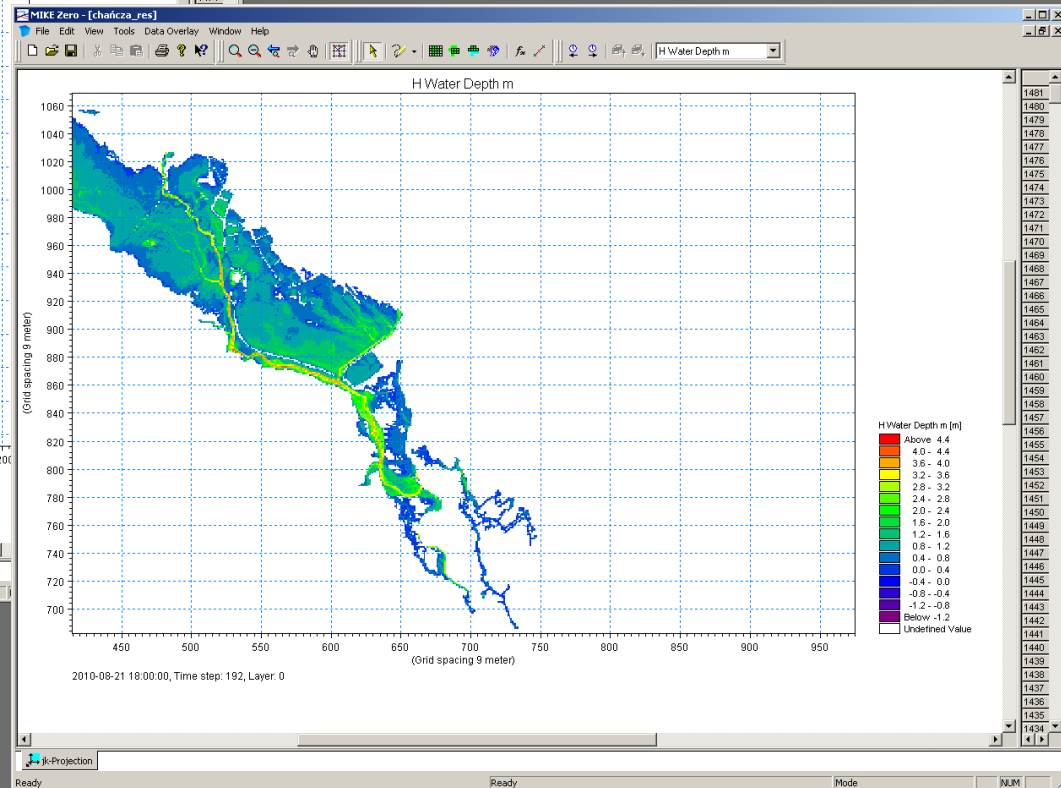
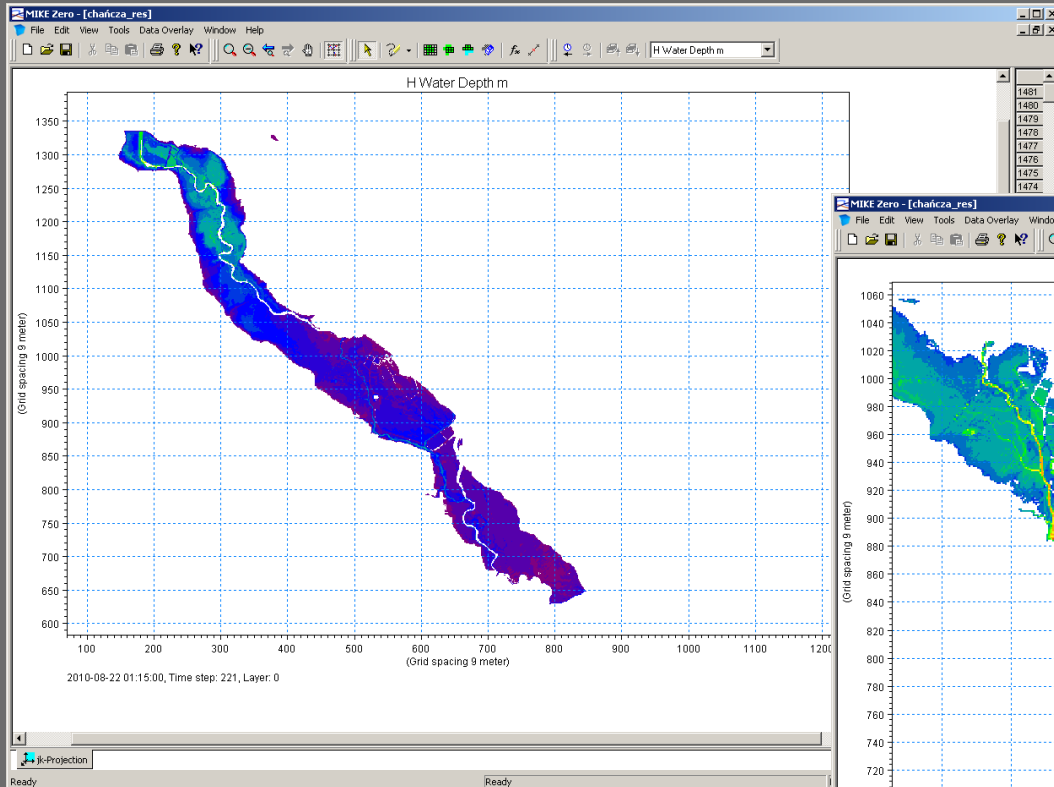
## Wykonanie obliczeń modelowych (1D)

Transformacja przepływów w modelu 1D dla zapory w Besku – scenariusz dla uszkodzenia trzech sekcji zapory przy 50% sprawności urządzeń zrzutowych i fali Q 0,01%.



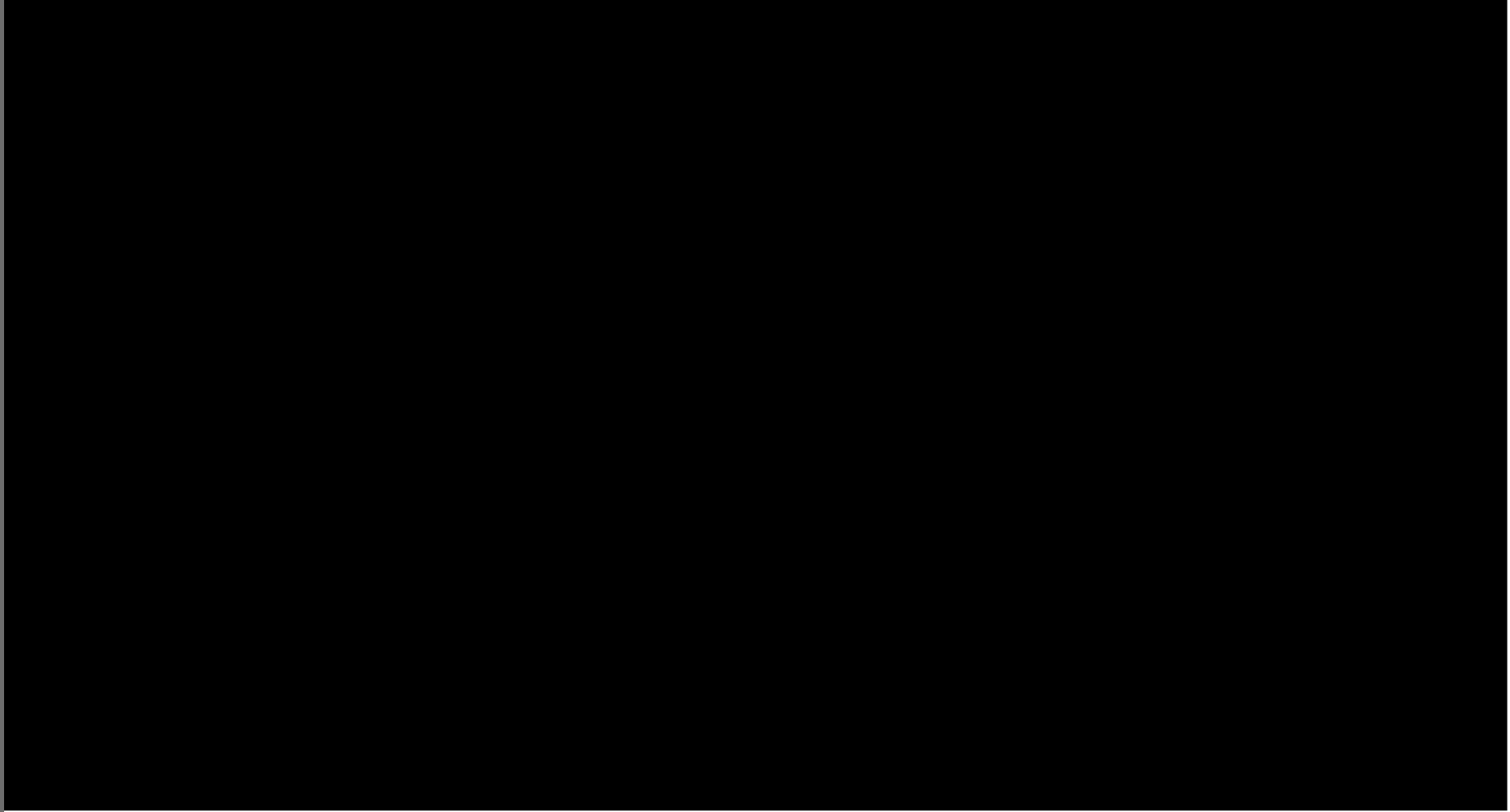
# Wykonanie obliczeń modelowych (2D)

Wyniki modelowania 2D dla doliny rzeki Czarnej Staszowskiej poniżej zapory w Chańcy dla scenariusza przelania wody przez koronę zapory oraz przebicia hydraulicznego.



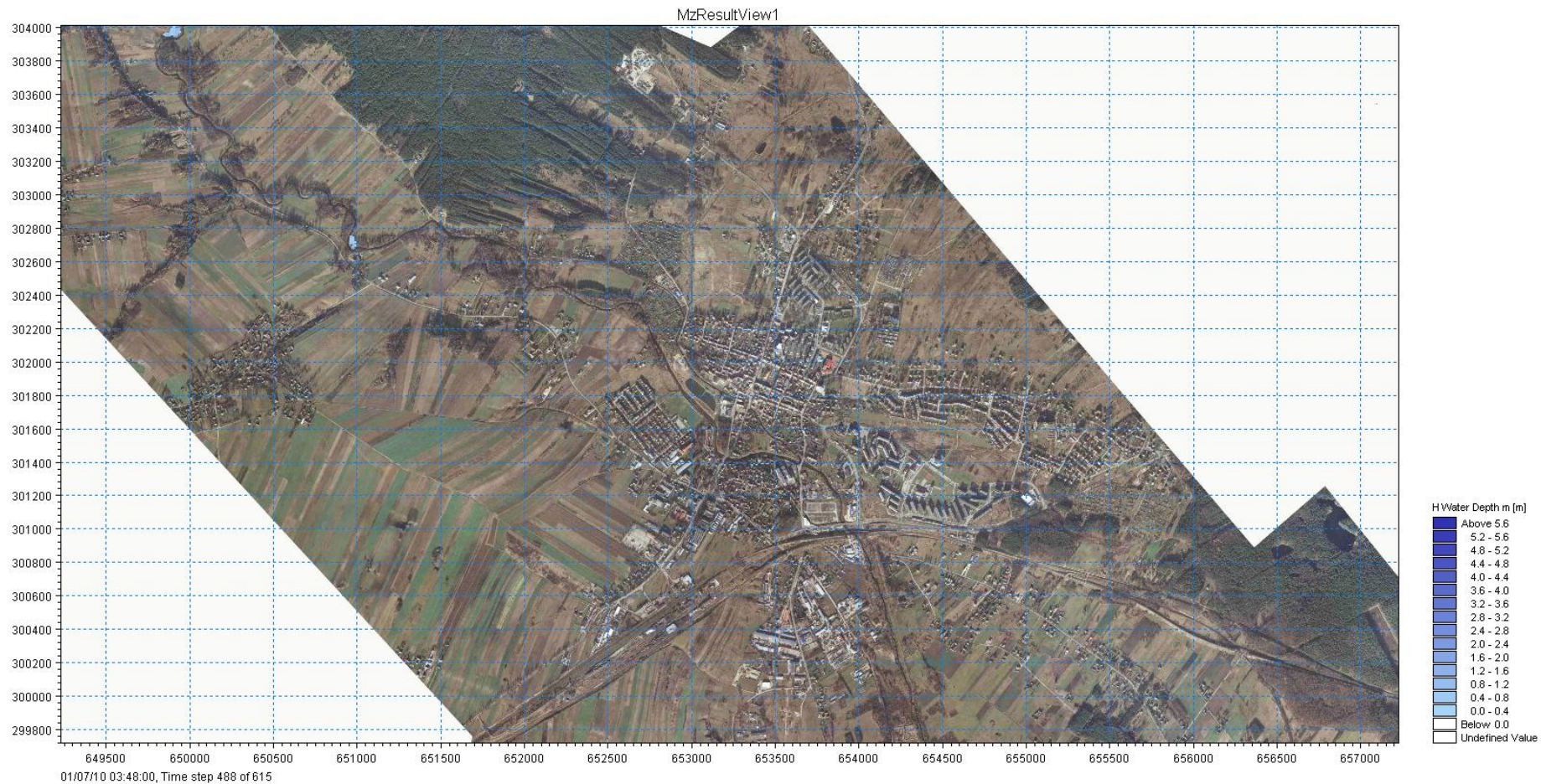
# **Wykonanie obliczeń modelowych (2D)**

Film prezentujący propagację fali powodziowej w oparciu o wyniki modelowania 2D  
(widok ogólny)



# Wykonanie obliczeń modelowych (2D)

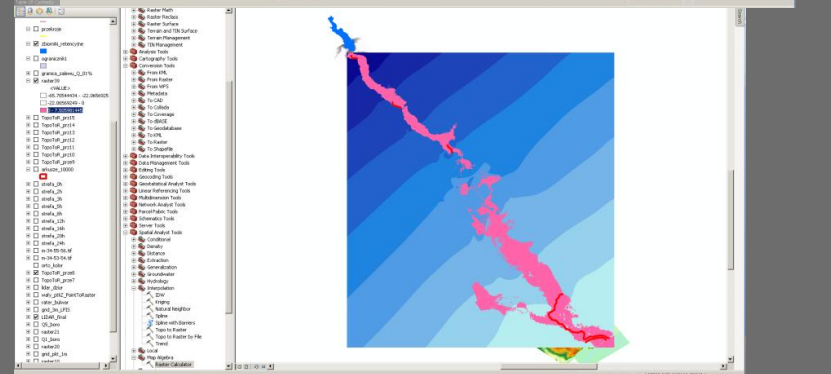
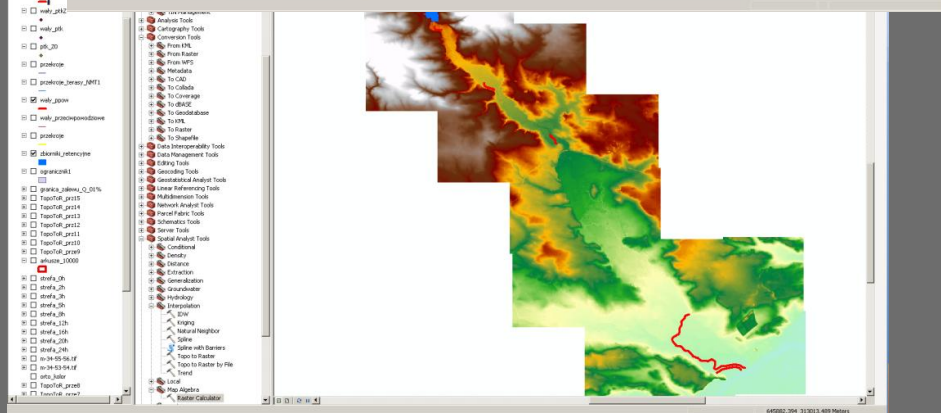
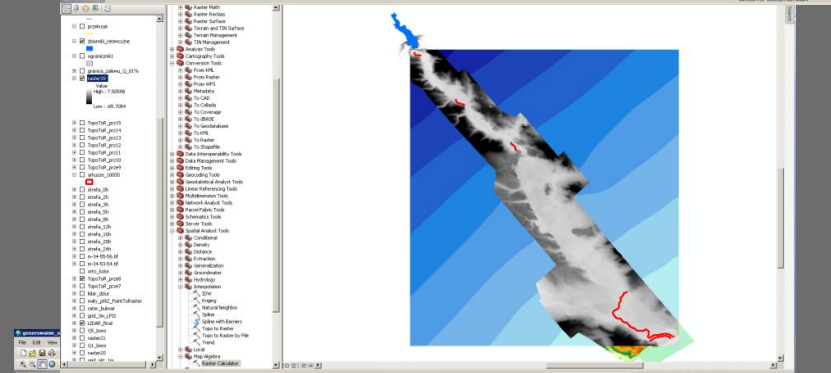
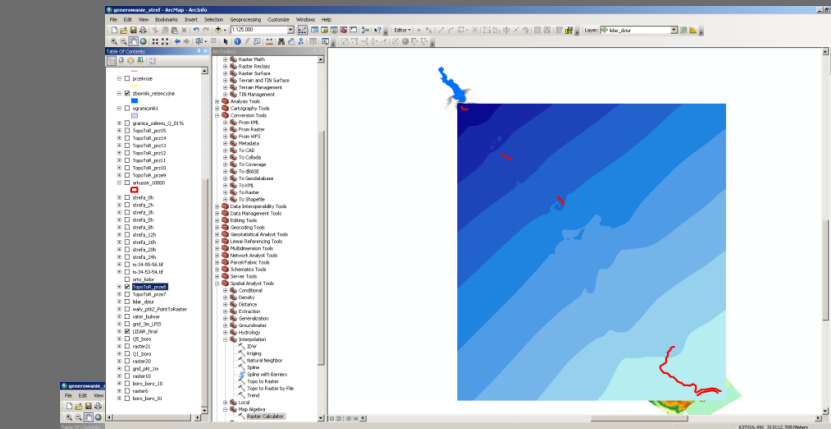
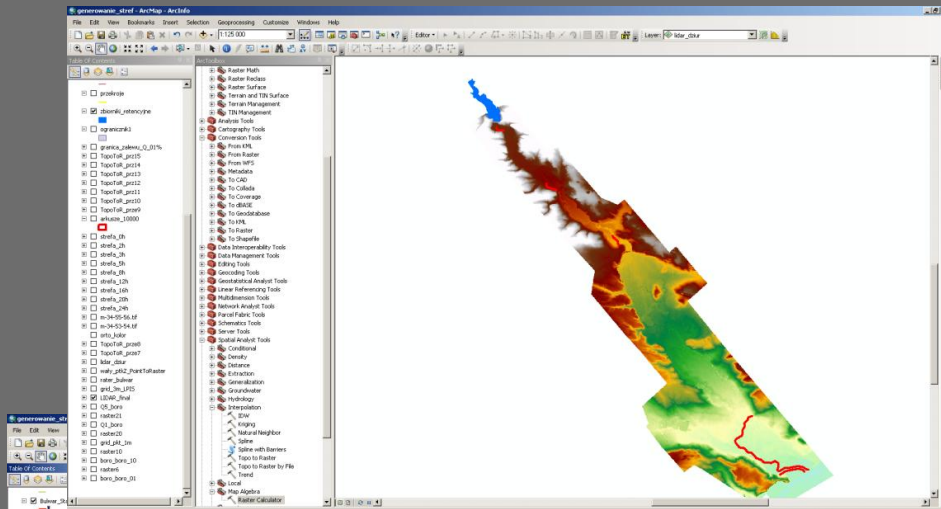
Film prezentujący propagację fali powodziowej w oparciu o wyniki modelowania 2D  
(miasto Staszów)



# Opracowanie stref zalewowych

# Wyznaczenie zasięgu stref zalewowych

Proces generowania stref zalewowych – dane wejściowe w postaci NMT oraz kolejne etapy generowania stref zalewowych.



# Wyznaczenie zasięgu stref zalewowych

Przykładowa wynikowa strefa zalewowa powstała na skutek katastrofy zapory

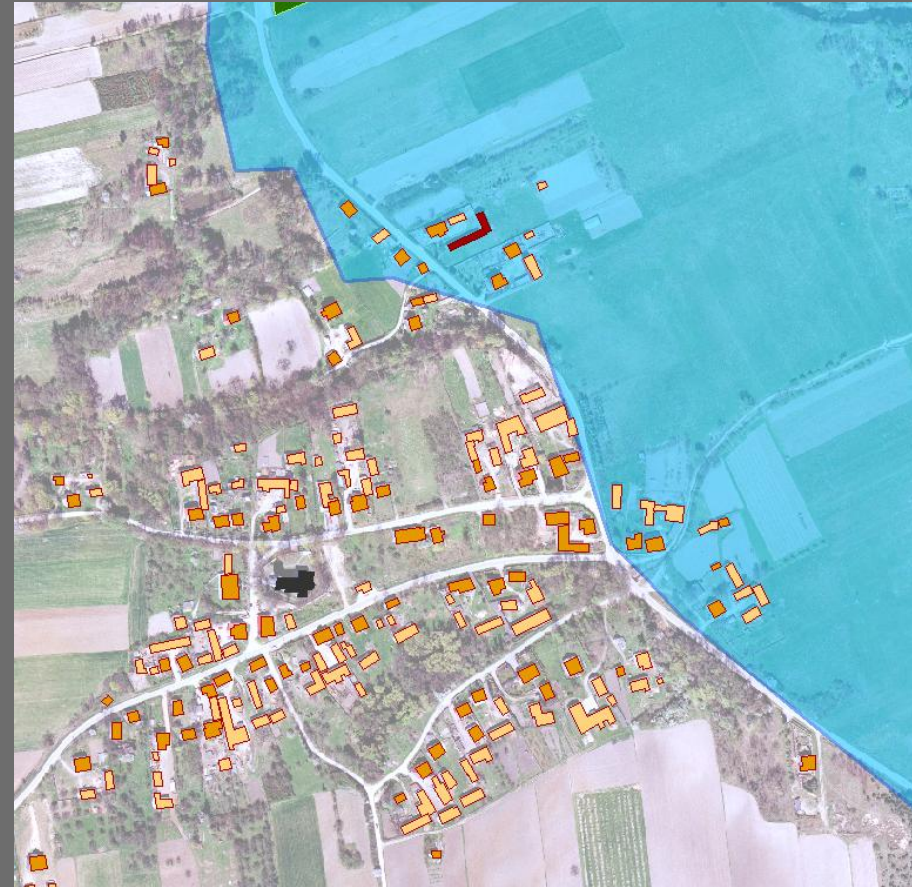




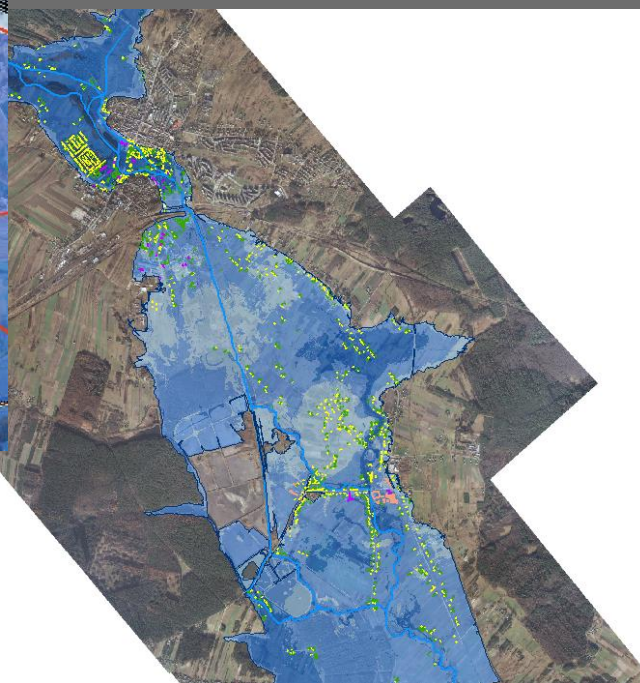
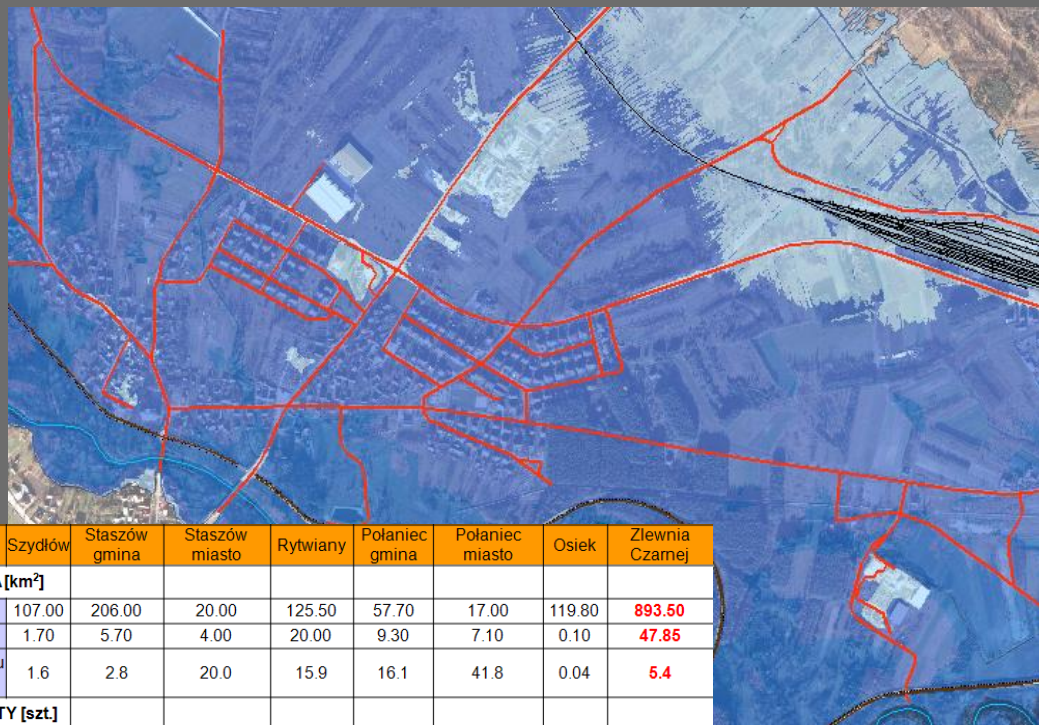
# **Analizy przestrzenne**

# Analizy przestrzenne

Celem analiz przestrzennych było **ilościowe i przestrzenne określenie zagrożeń dla infrastruktury znajdującej się w dolinach rzecznych** poniżej przekrojów zapór w Chańczy i Besku, dla założonych wcześniej scenariuszy katastrof.



Analizy zostały wykonane w oparciu o informacje na temat zasięgów stref zalewowych powstałych w skutek katastrof zapór oraz zinwentaryzowanej w dolinach zabudowy w zasięgu oddziaływania fal powodziowych.



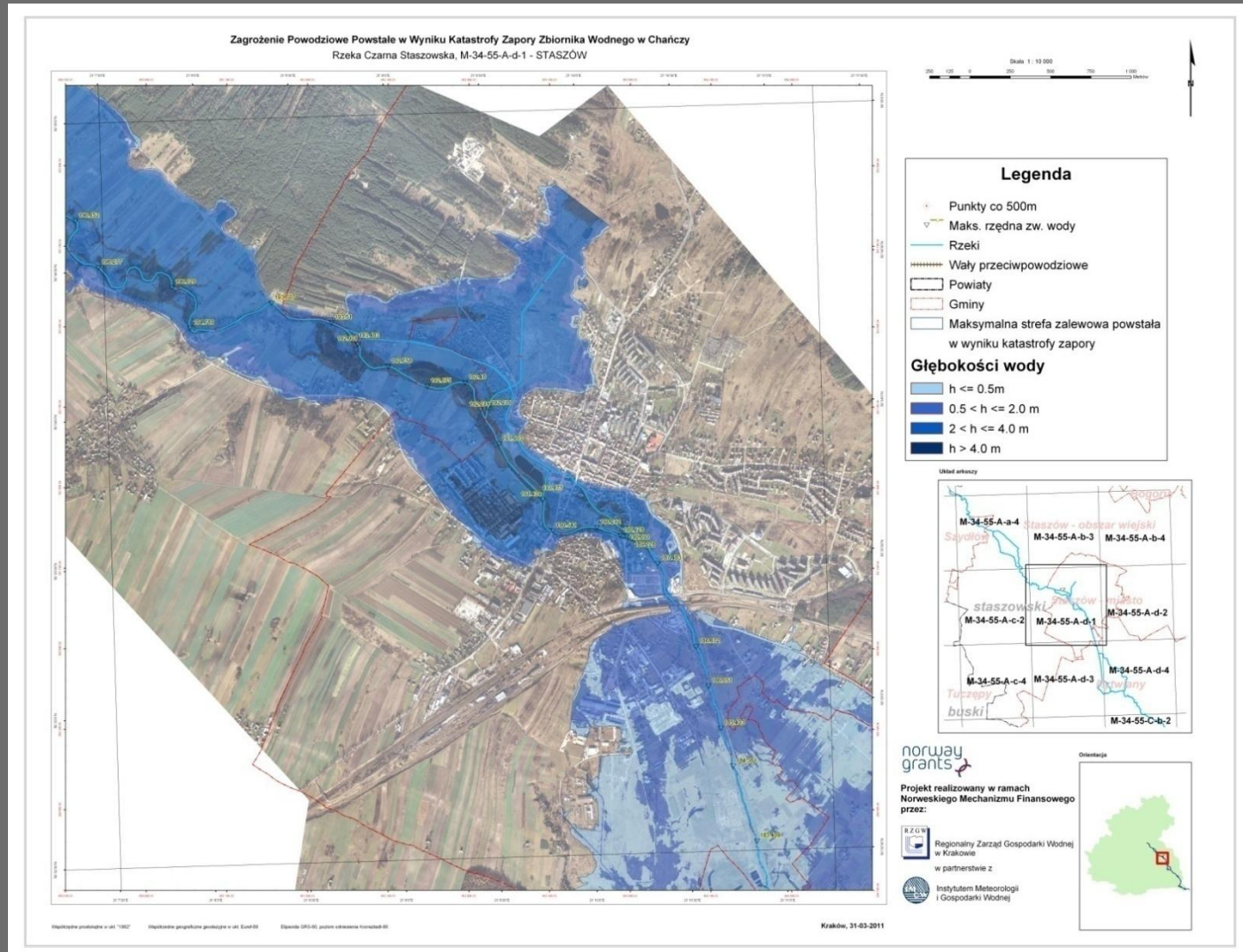
GMINA/MIASTO	Szydłów	Staszów gmina	Staszów miasto	Rytwiany	Połaniec gmina	Połaniec miasto	Osiek	Zlewnia Czarnej
<b>POWIERZCHNIA [km<sup>2</sup>]</b>								
Całej gminy/zlewni	107.00	206.00	20.00	125.50	57.70	17.00	119.80	<b>893.50</b>
Zalania	1.70	5.70	4.00	20.00	9.30	7.10	0.10	<b>47.85</b>
Powierzchnia zalewu [%]	1.6	2.8	20.0	15.9	16.1	41.8	0.04	<b>5.4</b>
<b>BUDYNKI, OBIEKTY [szt.]</b>								
Gospodarcze	30	101	354	850	285	255	0	<b>1875</b>
Mieszkalne	22	102	347	611	164	317	0	<b>1563</b>
Przemysłowe	1	4	0	25	8	9	0	<b>47</b>
Publiczne	0	3	26	4	2	8	0	<b>43</b>
Cmentarze	1	0	0	0	0	3	0	<b>4</b>
<b>OBIEKTY LINIOWE [km]</b>								
Drogi	4.5	7.9	13.8	32.3	17.1	18.9	0.0	<b>94.4</b>
Linie kolejowe	0.0	0.0	0.2	0.2	13.1	3.3	0.0	<b>16.8</b>
Waly	0.6	0.9	0.0	0.0	3.0	3.8	0.0	<b>8.3</b>

## Legenda

- Budynki użyteczności publicznej
- Cmentarze
- Budynki przemysłowe
- Budynki gospodarcze
- Budynki mieszkalne

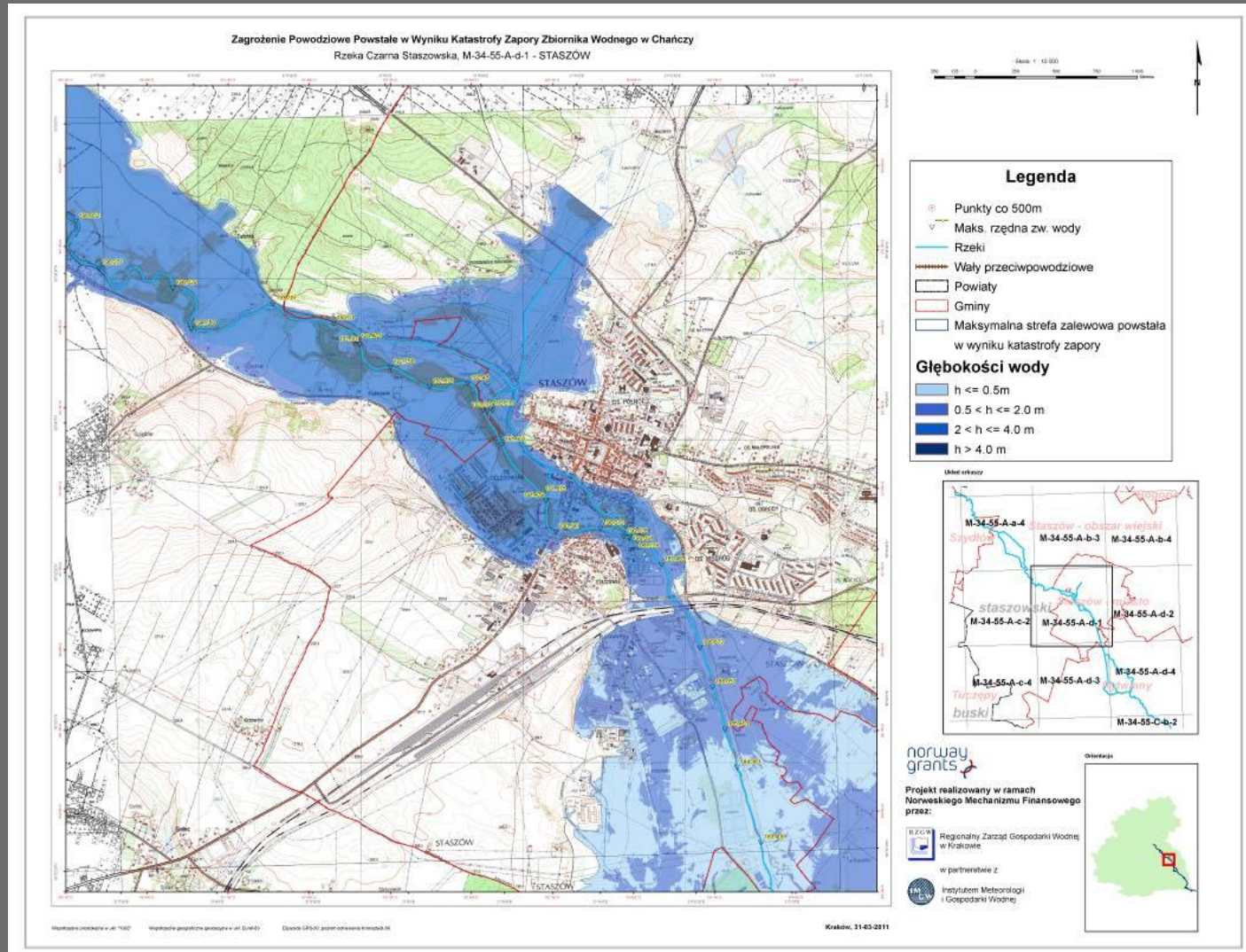
# Mapy z zasięgiem stref zalewowych

Przykładowy arkusz mapy w skali 1:10 000 z zasięgiem maksymalnej strefy zalewowej



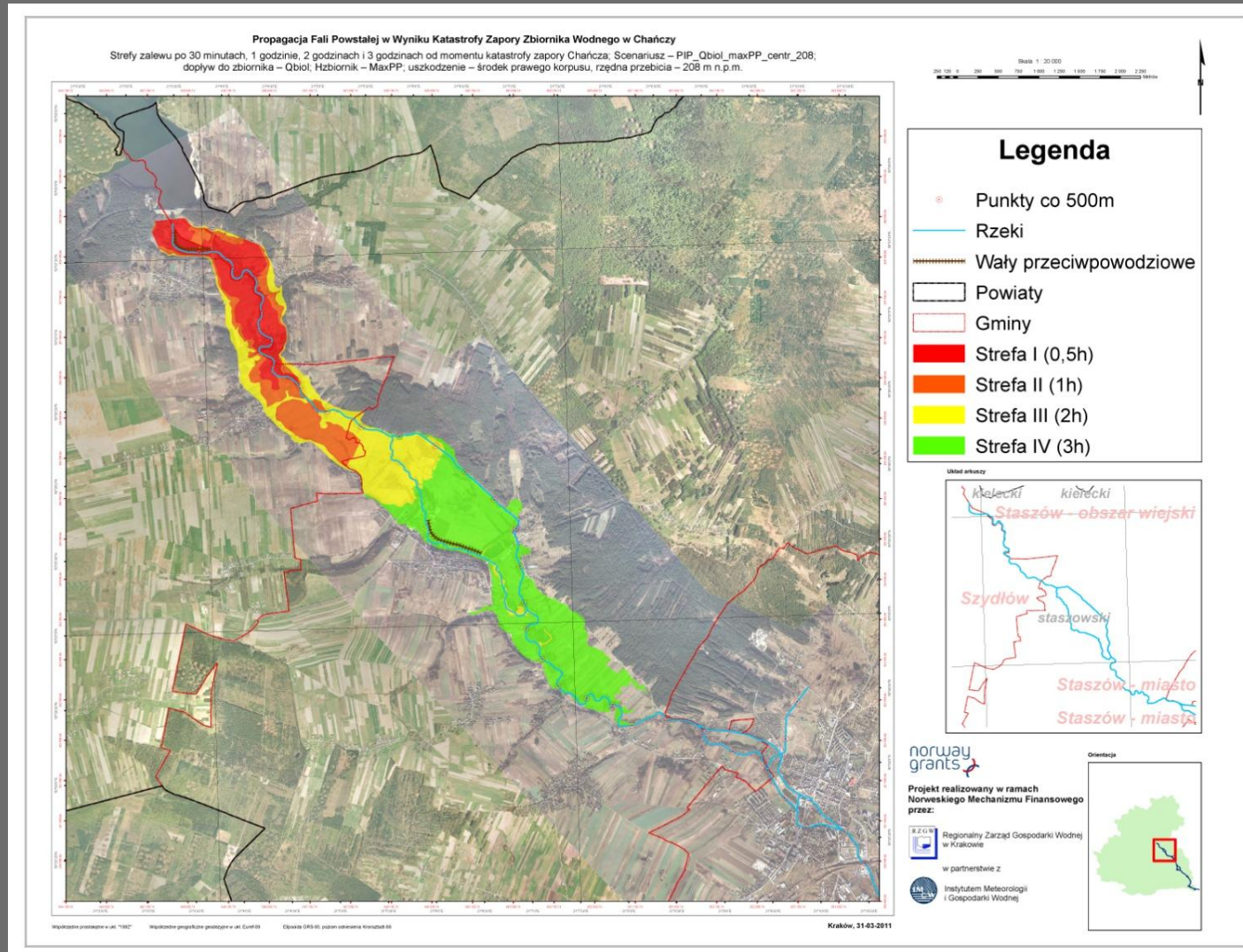
# Mapy z zasięgiem stref zalewowych

Przykładowy arkusz mapy w skali 1:10 000 z zasięgiem maksymalnej strefy zalewowej



# Mapy propagacji fali powodziowej

Mapa prezentująca propagację fali powodziowej powstałej w wyniku katastrofy zapory w Chańczy

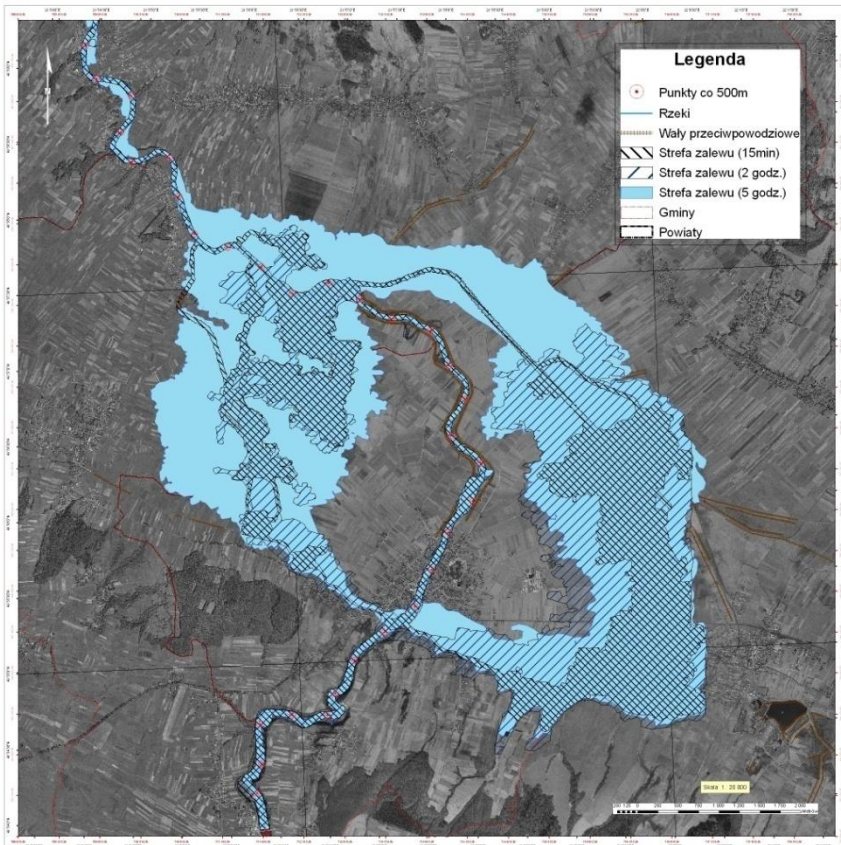


# Mapy propagacji fali powodziowej

Mapy prezentujące propagację fal powodziowych powstałych w wyniku katastrofy zapory w Besku

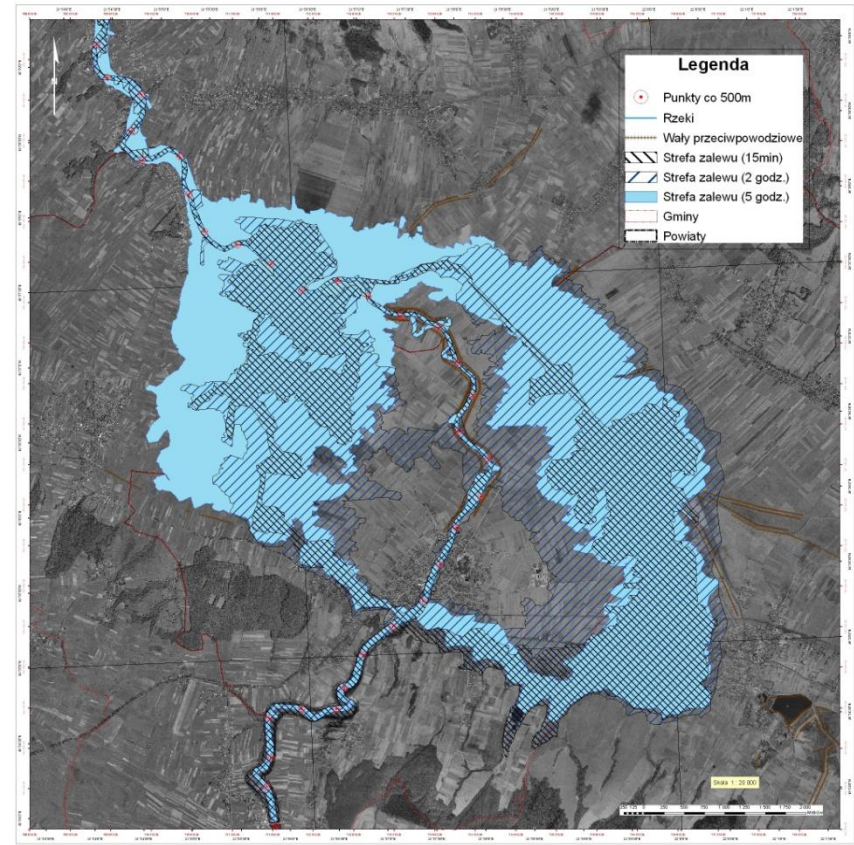
## S\_NPP\_S7\_P01\_U100

Zagrożenie Powodziowe Powstałe w Wyniku Katastrofy Zapory Zbiornika Wodnego Besko  
Strefy zalewu po 15 minutach, 2 godzinach i 5 godzinach od momentu katastrofy zapory Besko



## S\_MaxPP\_S789\_P001\_U50

Zagrożenie Powodziowe Powstałe w Wyniku Katastrofy Zapory Zbiornika Wodnego Besko  
Strefy zalewu po 15 minutach, 2 godzinach i 5 godzinach od momentu katastrofy zapory Besko



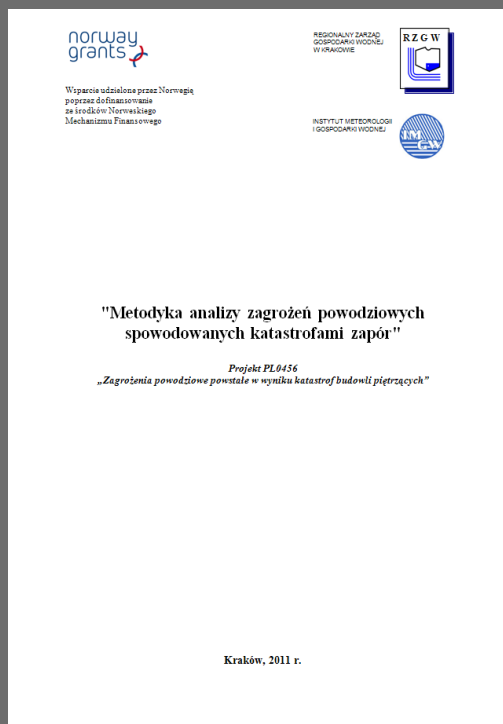
**„Metodyka analizy zagrożeń  
powodziowych spowodowanych  
katastrofami zapór”**



Jednym z głównych efektów realizacji Projektu jest „**Metodyka analizy zagrożeń powodziowych spowodowanych katastrofami zapór**”.

Jest ona **próbą sformułowania wskazówek i zaleceń, które zdaniem autorów Projektu powinny być brane pod uwagę w przypadku realizacji opracowań o podobnym charakterze dla innych dużych zapór wodnych.**

Metodyka ta nie zamyka równocześnie drogi do indywidualnej modyfikacji lub rozbudowy zakresu takich opracowań.



"Metodyka analizy zagrożeń powodziowych spowodowanych katastrofami zapór"

**Spis treści**

1. Wstęp.....	4
2. Cel opracowania.....	4
3. Zakres opracowania.....	5
4. Dane wejściowe (Małgorzata Zielińska).....	6
4.1. Zakres gromadzonych danych.....	6
4.2. Produkty kartograficzne.....	8
4.3. Dane hydrologiczne.....	9
4.3.1. Dane z inwentaryzacji dolin powyżej i poniżej budowli piętrzących.....	10
4.3.2. Przekroje poprzeczne.....	11
4.3.3. Inwentaryzacja budowli inżynierskich zlokalizowanych w korycie rzeki.....	14
4.3.4. Inwentaryzacja wałów przeciwpowodziowych.....	15
4.4. Dane o budowlach piętrzących, należących do katastrof i ich zbiornikach oraz dane o budowlach piętrzących zlokalizowanych w dolinie poniżej.....	16
5. Scenariusze katastrof (Michał Piórecki, Małgorzata Zielińska).....	17
5.1. Identyfikacja możliwych scenariuszy katastrofy zapory ziemnej.....	18
5.1.1. Warunki hydrologiczne w zlewni powyżej zbiornika przed katastrofą.....	19
5.1.2. Stan napełnienia zbiornika przed katastrofą.....	19
5.1.3. Kształt, rozmiar i umiejscowienie wywły.....	20
5.2. Identyfikacja możliwych scenariuszy katastrofy zapory betonowej.....	23
6. Opracowanie modeli hydrodynamicznych (Radosław Radoń, Michał Piórecki).....	26
6.1. Model hydrodynamiczny katastrofy zapory.....	27
6.1.1. Odwracanie czasu: zbiornika i katastrofu zapory.....	27
6.1.2. Reguły sterowania odpływem ze zbiornika.....	28
6.1.3. Model katastrofy zapory.....	29
6.2. Model hydrodynamiczny doliny poniżej zapory.....	31
6.2.1. Schemat doliny.....	31
6.2.2. Przekroje poprzeczne.....	32
6.2.3. Identyfikacja parametrów hydraulicznych.....	34
6.2.4. Obiekty inżynierskie.....	35
6.2.5. Warunki brzegowe.....	36
6.2.6. Kalibracja i weryfikacja.....	37
7. Opracowanie stref zalewowych (Małgorzata Zielińska, Radosław Radoń).....	42
8. Ocena zagrożenia dla terenów położonych poniżej zapory (Radosław Radoń).....	46
9. Wskazania dotyczące wyboru oprogramowania (Radosław Radoń, Michał Piórecki).....	47
9.1. Określenie typu budowli, która będzie poddawana analizie.....	47
9.2. Wskazanie czy analizie podlegać będzie sam obiekt, czy również dolina poniżej.....	47

Projekt PL0456 „Zagrożenia powodziowe powstałe w wyniku katastrof budowli piętrzących”

2

Zakres metodyki został opracowany w oparciu o wyniki Projektu, a także dostępną literaturę w przedmiotowym zakresie.

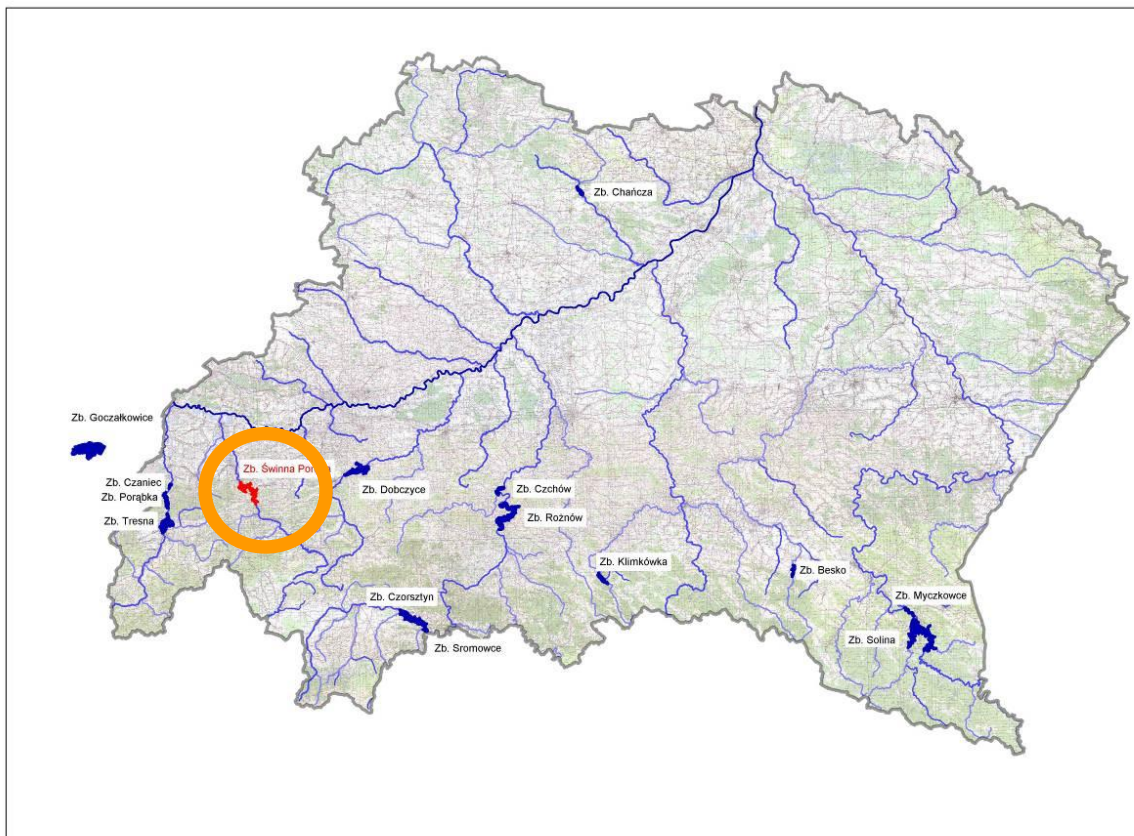
Metodyka składa się z **sześciu głównych rozdziałów** dotyczących odpowiednio:

- **Określenia zakresu danych wejściowych do opracowania**
- **Opracowania scenariuszy powodziowych**
- **Opracowania modeli hydrodynamicznych**
- **Wyznaczenia stref zalewowych**
- **Oceny zagrożenia dla terenów położonych poniżej zapory**
- **Wskazań dotyczących wyboru oprogramowania**

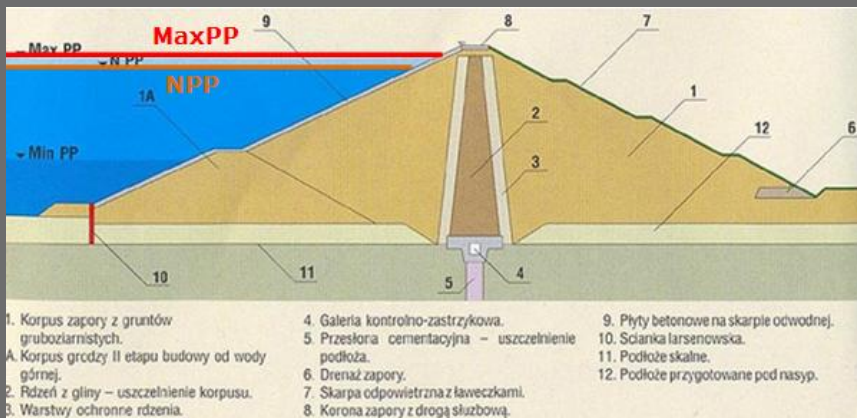
**Wdrożenie wyników projektu PL0456  
– symulacja katastrofy zbiornika  
wodnego Świnna Poręba  
na rzece Skawie**

Jenym z głównych założeń Projektu PL0456 było przeprowadzenie wdrożenia jego wyników w postaci opracowania analogicznych scenariuszy symulacyjnych katastrofy dla jednego z pozostałych zbiorników retencyjnych, znajdujących się na obszarze działania RZGW w Krakowie.

**Wdrożenie takie zrealizowano w bieżącym roku dla znajdującego się aktualnie w końcowym stadium budowy zbiornika wodnego Świnna Poręba na rzece Skawie.**



W ramach opracowania **przeprowadzono obliczenia symulacyjne katastrofy ziemnego korpusu zapory zbiornika wodnego dla różnych warunków brzegowych oraz początkowych** – łącznie dla 20 scenariuszy (6 scenariuszy dla przelania się wody przez koronę i 14 scenariuszy dla przebicia hydraulicznego).



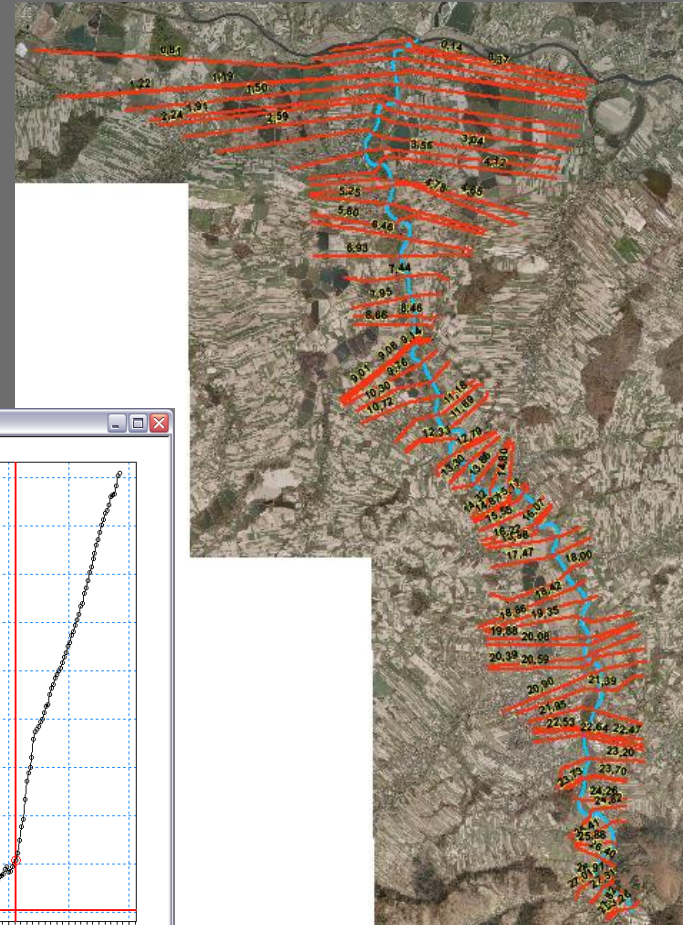
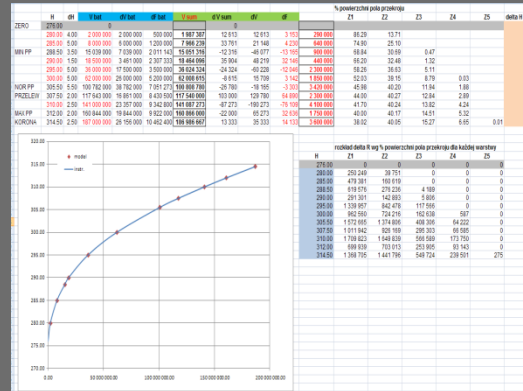
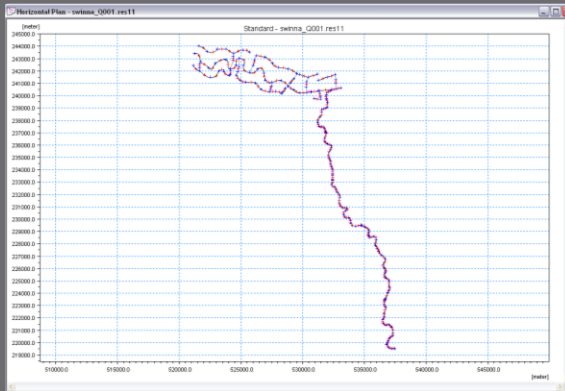
1. Korpus zapory z gruntów gruboziarnistych.
2. Rdzeń z gliny – uszczelnienie korpusu.
3. Warstwy ochronne rdzenia.
4. Galeria kontrolno-zastrzykowa.
5. Przesłona cementacyjna – uszczelnienie podłoża.
6. Drenaż zapory.
7. Skarpa odpowietrzna z ławeczkami.
8. Korona zapory z drogą służbową.
9. Płyty betonowe na skarpie odwodnej.
10. Ścianka larsenowska.
11. Podłoże skalne.
12. Podłoże przygotowane pod nasyp.



Przelanie przez koronę zapory				
Scenariusz	Fala Qp%	Sterowanie	Początkowy poziom wody w zbiorniku	
O1	Q 1%	ograniczone	Max PP	
O2	Q 0.1%	ograniczone	Max PP	
O3	Q 0.01%	ograniczone	Max PP	
O4	Q 1%	ograniczone	Nor PP	
O5	Q 0.1%	ograniczone	Nor PP	
O6	Q 0.01%	ograniczone	Nor PP	
Przebiecie hydrauliczne				
Scenariusz	Fala Qp%	Sterowanie	Początkowy poziom wody w zbiorniku	Synchronizacja
P1	Q 1%	normalne	Max PP	NIE
P2	Q 0.1%	normalne	Max PP	NIE
P3	Q 0.01%	normalne	Max PP	NIE
P4	Q 1%	normalne	Max PP	TAK
P5	Q 0.1%	normalne	Max PP	TAK
P6	Q 0.01%	normalne	Max PP	TAK
P7	Q 1%	normalne	Nor PP	NIE
P8	Q 0.1%	normalne	Nor PP	NIE
P9	Q 0.01%	normalne	Nor PP	NIE
P10	Q 1%	normalne	Nor PP	TAK
P11	Q 0.1%	normalne	Nor PP	TAK
P12	Q 0.01%	normalne	Nor PP	TAK
P13	Q = const. = 4.43 m <sup>3</sup> /s	normalne	Max PP	-
P14	Q = const. = 4.43 m <sup>3</sup> /s	normalne	Nor PP	-



W celu transformacji fali powstałej wskutek awarii zapory w dolinie poniżej, opracowano jednowymiarowy model hydrauliczny (1D), obejmujący czaszę zbiornika wodnego, zapórę wraz z urządzeniami upustowymi oraz odcinek rzeki Skawy od przekroju zaporowego do ujścia Skawy do Wisły.



swinna\_final\_marks.xns11

River name: Skawa, Topo ID: 2012, Chainage: 26402.00, Cross section ID: 66

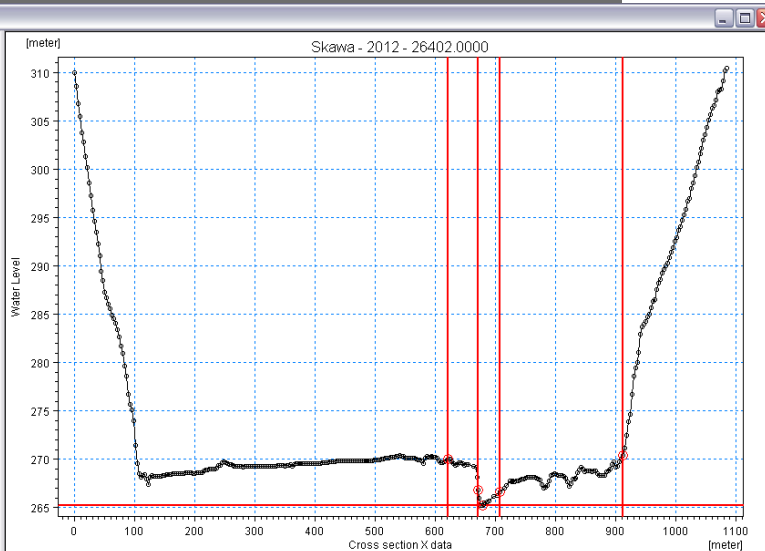
Section Type: Open, Radius Type: Resistance Radius, Datum: 0

Coordinates: Apply X, Y, Correction of X: Calculate angle, Morphological Model: Divide Section, Level of Divide: 0

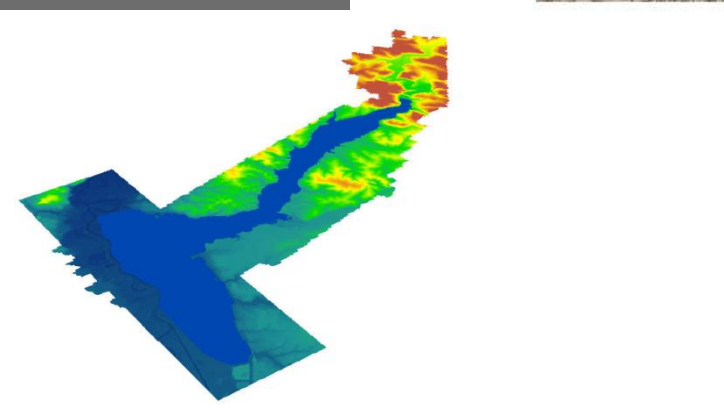
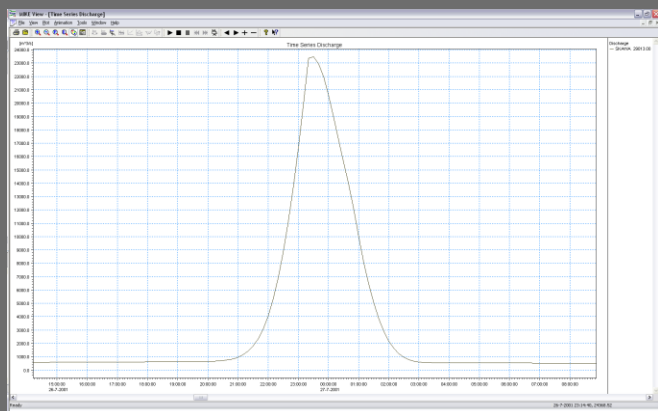
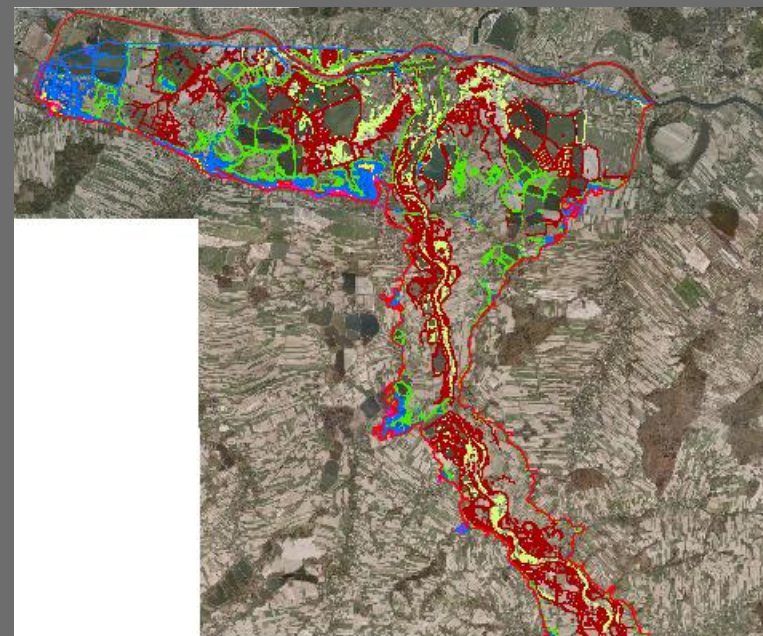
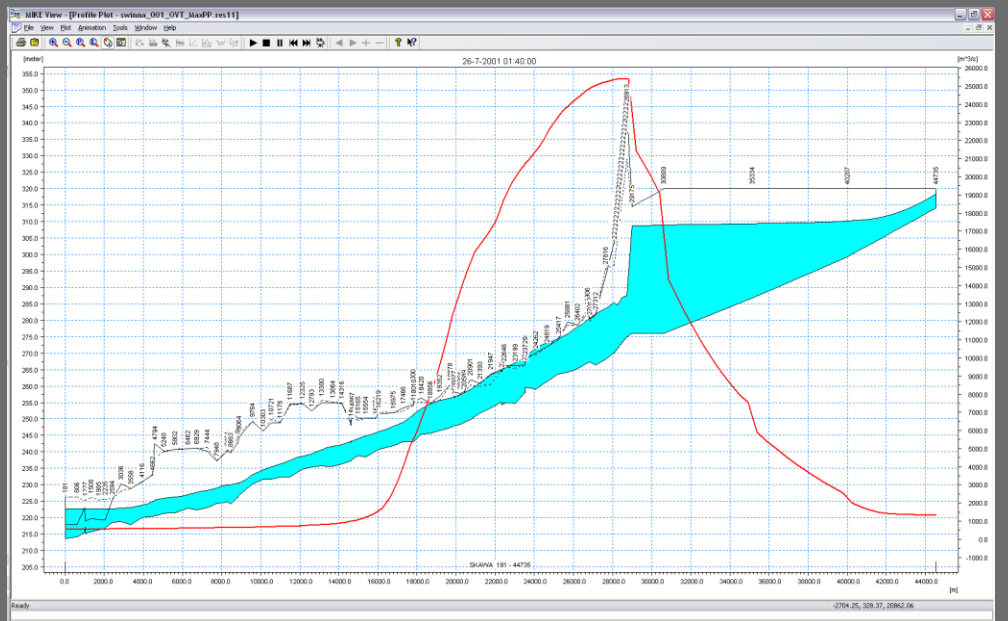
Resistance numbers: Transversal Distribution: High/Low flow zones, Left high flow: 0.078, Right high flow: 0.0937, Low flow: 0.0494

ID	X	Z	Resist.	Mark
23725.00	1	0.000	309.955	0.040
24262.00	2	2.988	308.525	0.040
24819.00	3	5.977	306.784	0.040
25387.00	4	8.965	305.493	0.040
25397.00	5	11.953	303.799	0.040
25407.00	6	14.942	302.828	0.040
25417.00	7	17.930	301.298	0.040
25417.00	8	20.918	300.148	0.040
25981.00	9	23.907	298.549	0.040
26402.00	10	26.895	297.268	0.040
26305.00	11	29.884	295.761	0.040
27012.00	12	32.872	294.654	0.040
27312.00	13	35.860	293.526	0.040
27816.00	14	38.849	292.256	0.040
Wfala	15	41.837	291.075	0.040

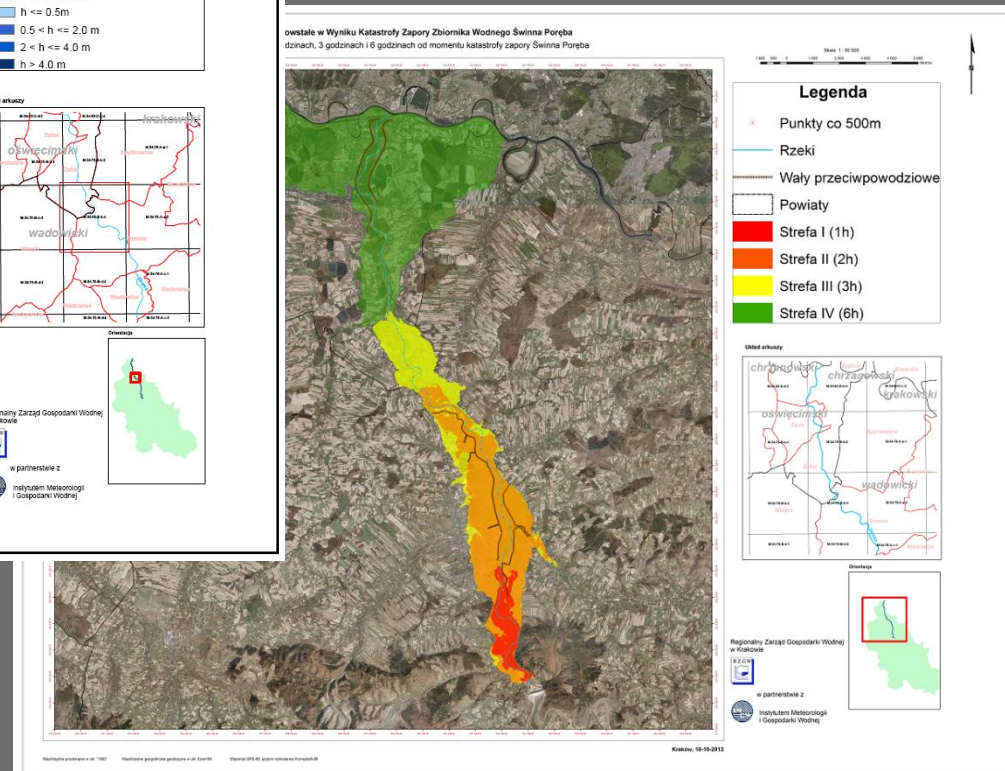
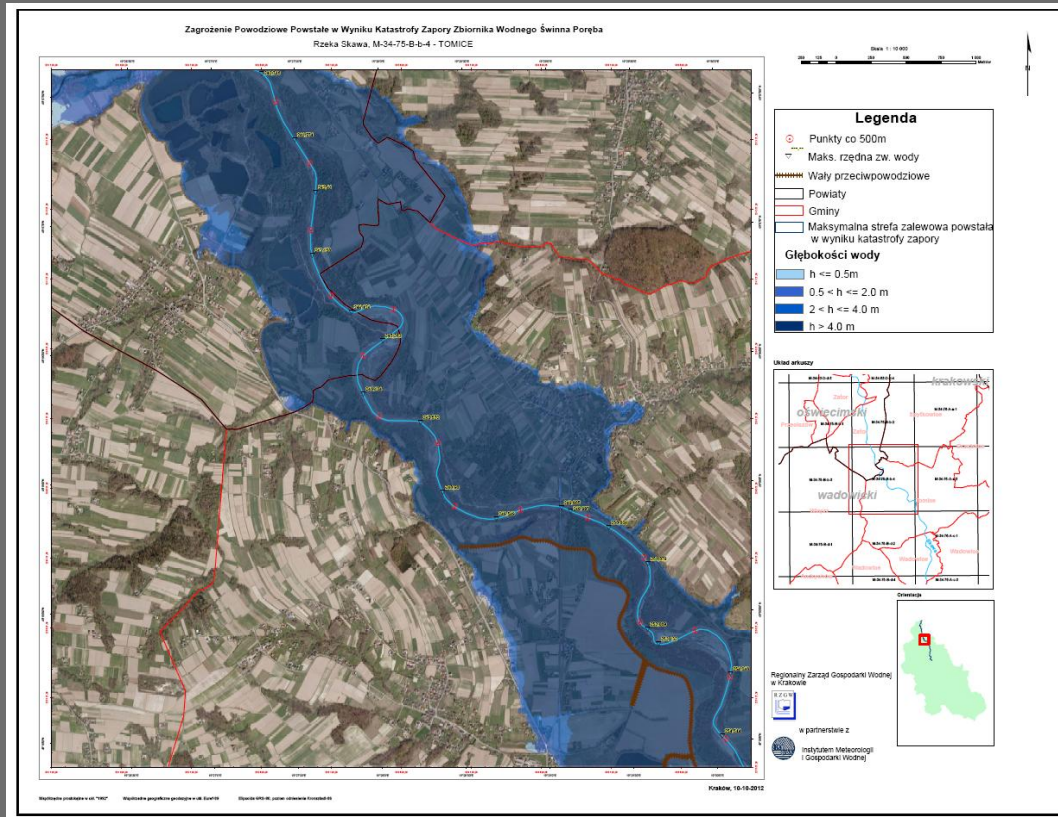
Buttons: Synchronize processed data, Update processed data automatically, Inset Cross Section..., View Processed Data..., Update Markers



Dla założonych scenariuszy katastrofy **wygenerowano hydrogramy odpływu wody z uszkodzonego przekroju zapory czołowej zbiornika i opracowano zasięgi stref zalewowych.**



Dla scenariuszy wynikowych opracowano mapy prezentujące zasięgi stref zalewowych wraz z głębokościami wody, a także mapy prezentujące tempo przemieszczania się czoła fali powodziowej wywołanej katastrofą zapory w dolinie rzeki Skawy.





**Dziękuję za uwagę**