



**Politechnika Krakowska**  
Wydział Inżynierii  
Środowiska i Energetyki

# **Stworzenie i regulacja modelu przepływów w zlewni rzeki Sudół z wykorzystaniem oprogramowania QGIS i SWMM**

**Krzysztof Woźniak**

**Geoinformatyka 2 stopień**

**Numer albumu:137724**

## Spis treści

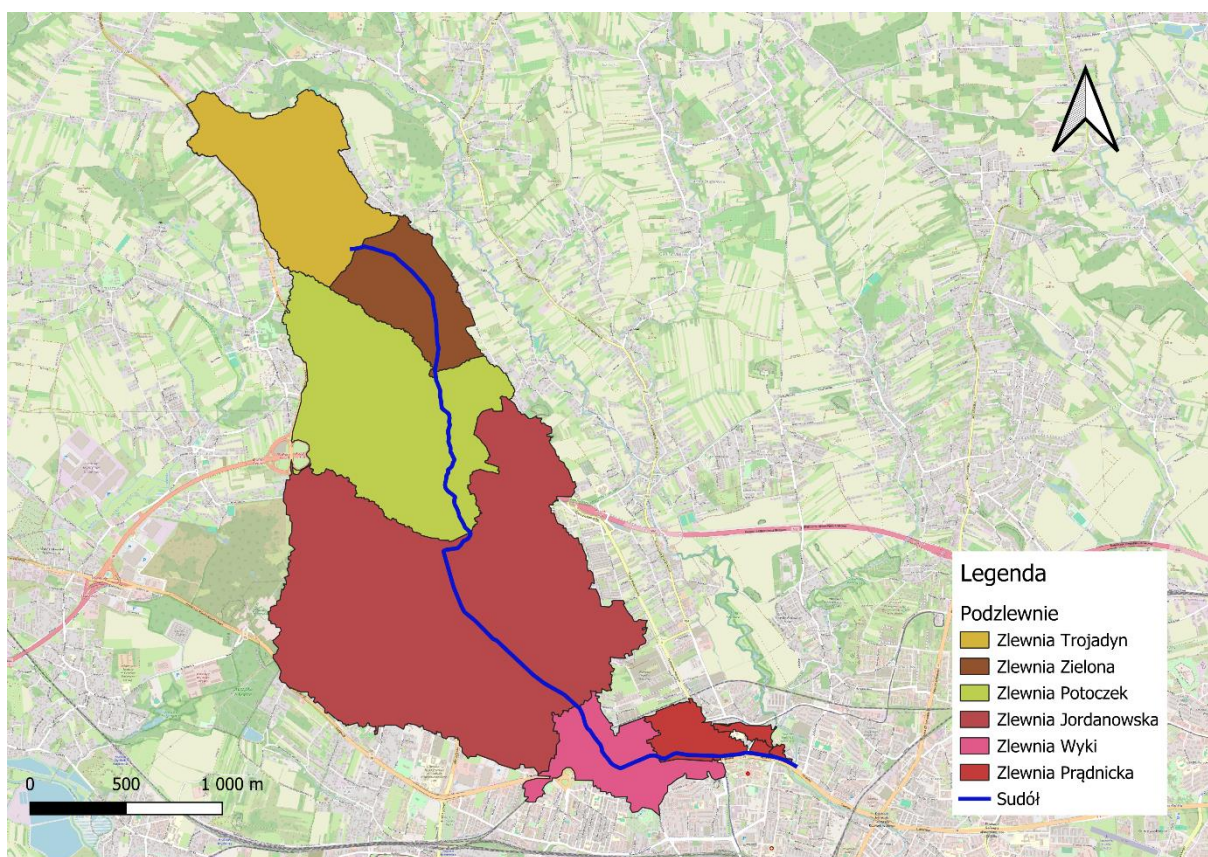
Cel projektu .....	3
Wykorzystanie SCALGO i QGIS.....	3
Wykorzystanie SWMM.....	5
Wyniki symulacji .....	8

## Cel projektu

Celem zadania było opracowanie i kalibracja modelu hydrodynamicznego przepływu wody w zlewni rzeki Sudół, której źródło znajduje się na północ od Krakowa, a ujście w rzece Białucha na terenie dzielnicy Prądnik Biały, w rejonie skrzyżowania ulic Opolskiej i Jazowej. Realizacja projektu opierała się na analizie danych pochodzących z Geoportalu, Wód Polskich, Corine Land Cover (CLC), SCALGO oraz OpenStreetMap. Do przetwarzania danych wykorzystano oprogramowanie QGIS oraz arkusz kalkulacyjny Excel, natomiast symulacje i kalibrację modelu przeprowadzono w programie Storm Water Management Model (SWMM).

## Wykorzystanie SCALGO i QGIS

Przed przystąpieniem do obróbki danych, z platformy SCALGO został pobrany zasięg zlewni głównej oraz zlewni podrzędnych.



Rys. 1. Zlewnia rzeki Sudół wraz z wyznaczonymi podzlewniami.

Po scaleniu wszystkich zlewni w jedną warstwę wykorzystano go do wycięcia warstwy zagospodarowania terenu zgodnie z klasyfikacją Corine Land Cover (CLC). Do nowo utworzonej warstwy dodano opisy użytkowania terenów odpowiadające kodom CLC.

Następnie przeprowadzono dekompozycję połączonych geometrii na indywidualne poligony, co pozwoliło na uzyskanie zlewni częściowych, każdej z unikalnymi charakterystykami.

Dla 80 zlewni częściowych przypisano następujące parametry:

- **Area** -powierzchnia
- **Imperv** – przepuszczalność terenu
- **Width** – szerokość;  $Width = 1,5 * \sqrt{Area}$
- **Slope** – spadek terenu;  $Slope = \frac{(\max - \min)}{\sqrt{Area}}$
- **Name**- nazwa zlewni
- **Outlet** – przypisanie do odpływu
- **RainGage** – przypisanie do deszczomierza
- oraz inne parametry wymagane do obliczeń w programie SWMM.

Tak przygotowana warstwa **Subcatchments** będzie wykorzystana do wygenerowania pliku .inp który zostanie wykorzystany w programie SWMM.

Następnie utworzono warstwę punktową zawierającą węzły (**Junctions**), które zostały zlokalizowane w miejscach przecięcia rzeki Sudół z poszczególnymi zlewniami podrzędnymi.

Dla 7 punktów przypisano następujące parametry:

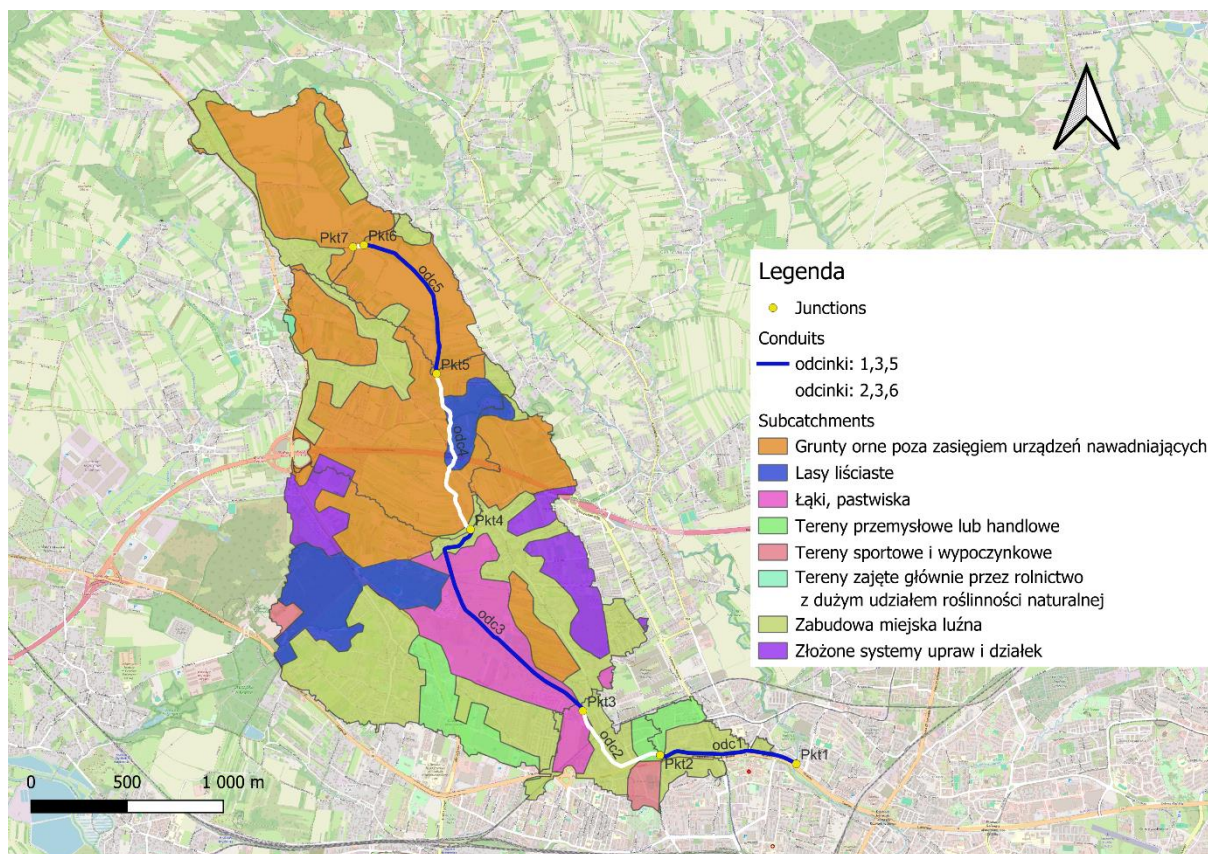
- **fid** – numer id
- **Name** – unikatowa nazwa odcinka cieku
- **Elevation**- wysokość dna węzła (wys m n.p.m. – zagłębienie m)
- Oraz **MaxDepth**, **InitDepth**, **SurDepth** i **Aponded** wymagane do obliczeń w programie SWMM.

Ostatnią wymaganą warstwą do utworzenia pliku .inp była warstwa **Conduits**, obejmująca przebieg rzeki Sudół wraz z kluczowymi parametrami niezbędnymi do obliczeń w SWMM. Do tych parametrów należały m.in.:

- **fid** – numer id
- **Name** – unikatowa nazwa odcinka cieku
- **FromNode**- nazwa węzła początkowego dla danego odcinka cieku
- **ToNode**- nazwa węzła końcowego dla danego odcinka cieku
- **Roughness** – współczynnik chropowatości Manninga
- oraz inne parametry wymagane do obliczeń w programie SWMM.

Wszystkie punkty początkowe i końcowe musiały odpowiadać węzłom z warstwy **Junctions**, aby zapewnić poprawne połączenia hydrauliczne w modelu.





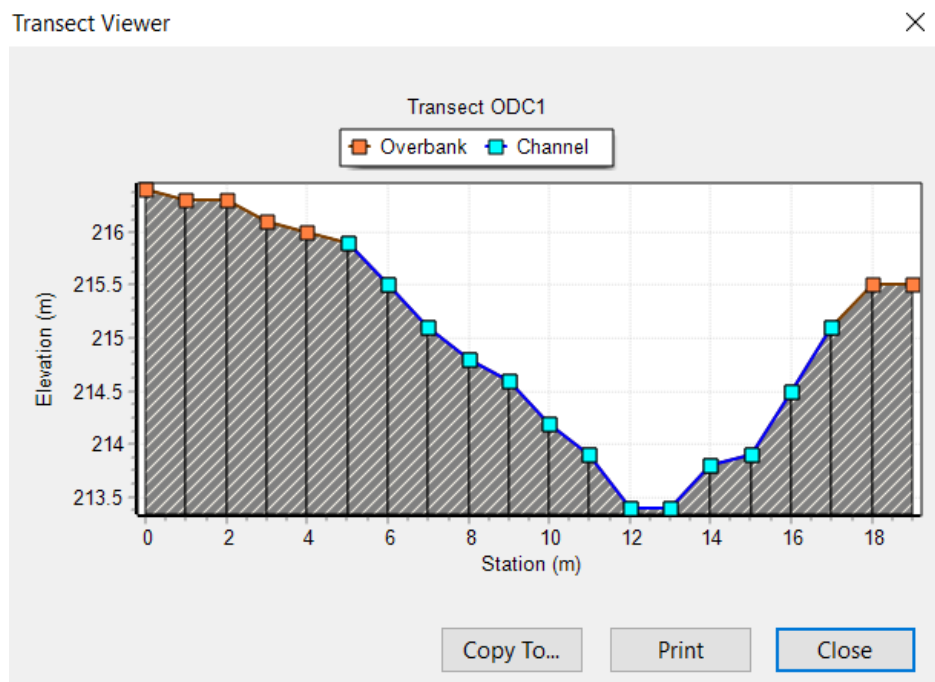
Rys. 2. Wyznaczone podzlewnie, odcinki i punkty na rzece Sudół.

Następnie wygenerowano plik .inp wykorzystując wtyczkę Generate Swmm Inp i znajdujące się w nim narzędzie **2\_GenerateSwmmInpFile**, gdzie załączając warstwy Subcatchments, Junctions i Conduits utworzono plik gotowy do podczytania przez SWMM.

## Wykorzystanie SWMM

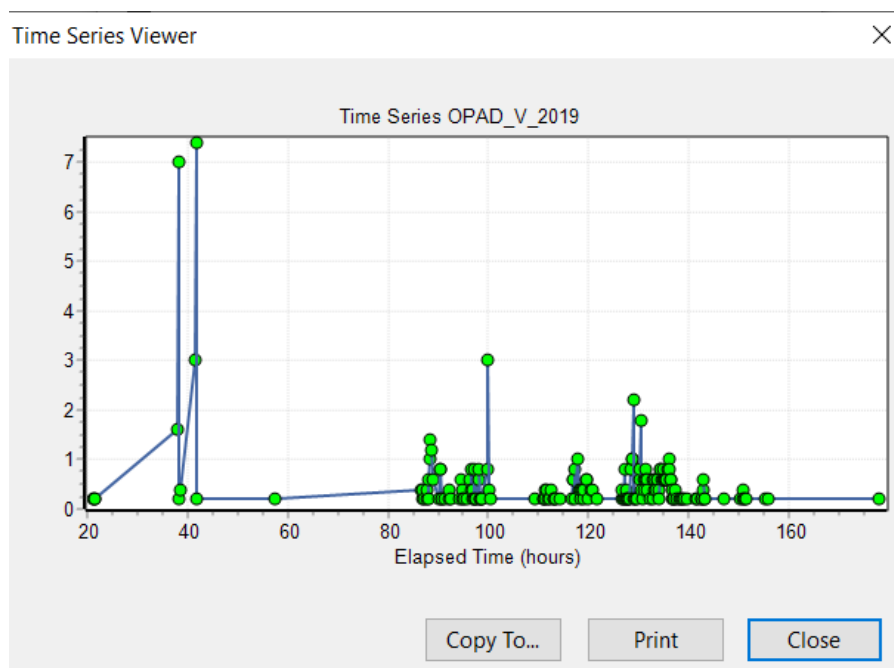
Pierwszym etapem pracy w programie SWMM było utworzenie deszczomierza **RG1**, którego nazwa odpowiadała oznaczeniu zastosowanemu w warstwie **Subcatchments** w QGIS. Następnie wprowadzono pierwszą serię czasową w celu wykonania pierwszej symulacji, która wykazałaby ewentualne błędy jakie zostały popełnione przy generowaniu pliku .inp jak podane złe wartości atrybutów. Pierwsza seria - **DESZCZO** – reprezentuje warunki bez opadów.

Kolejnym krokiem było przypisanie przekrojów dla poszczególnych odcinków rzeki Sudół. Ze względu na ograniczony czas przygotowania modelu podział został uproszczony do **sześciu przekrojów**, które pozyskano za pomocą narzędzia **profil terenu** dostępnego na [Geoportalu](#). Przekroje te oparto na **Numerycznym Modelu Terenu (NMT)** o rozdzielczości 1 metra.



Rys. 3. Przekrój dla odcinka przy ujściu do Białuchy.

Następnie dodano nową serię czasową- **OPAD\_V\_2019**, zawierającą rzeczywiste dane opadowe z okresu 18–25 maja 2019 roku.



Rys. 4. Wykres opadów z dni 18-25 maja 2019 roku.

Kolejnym etapem było przypisanie wartości przepływu wody (w litrach) do każdego węzła. Obliczenia przeprowadzono w arkuszu kalkulacyjnym Excel, na podstawie wzorów:

$$q_2 = \frac{Q_{W2} - Q_{W1}}{A_{W2} - A_{W1}} \text{ [m}^3\text{/s*km}^2\text{]} - \text{przepływ na odcinku pomiędzy wodowskazami}$$

$$Q_X = Q_{W1} + q_2 \cdot (A_X - A_{W1}) = Q_{W1} + \frac{Q_{W2} - Q_{W1}}{A_{W2} - A_{W1}} (A_X - A_{W1}) \text{ [m}^3\text{/s]} :$$

przepływ w każdym przekroju X ( $Q_x$ ) pomiędzy wodowskazem 1, a wodowskazem 2

Tab. 2. Wyznaczone wartości przepływu.

Odcinek		6	5	4	3	2	1
Punkt	7	6	5	4	3	2	1
Powierzchnia zlewni [m2]	2,87E+08	4,5E+08	9,3E+08	2,02E+09	2,16E+09	2,21E+09	94730,1
Q [m3/s]	0,00398	0,00624	0,01291	0,02812	0,02318	0,02112	0,10269
qj [m3/s*m2]				1,39E-11		-3,7E-11	
Depth [m]			0,2973	0,1905		0,3655	
Inflows	3,9759	2,2657	6,8238	15,058	128,455	54,5922	7,5619

Następnie zmieniono ustawienia symulacji na poniższe i wprowadzono dane o odcinku wejściowym:

Simulation Options

General

Dates

Time Steps

Dynamic Wave

Files

Date (M/D/Y)

Time (H:M)

Start Analysis on

05/10/2019

00:00

Start Reporting on

05/18/2019

00:00

End Analysis on

05/29/2019

00:00

Start Sweeping on

01/01

End Sweeping on

12/31

Antecedent Dry Days

0

OK

Cancel

Help

Calibration Data

Calibration Variable	Name of Calibration File
Subcatchment Runoff	
Subcatchment Washoff	
Node Water Depth	
Link Flow Rate	
Node Water Quality	
Node Lateral Inflow	
Node Flooding	
Groundwater Flow	
Groundwater Elevation	
Snow Pack Depth	
Link Flow Depth	C:\Users\ACER\Downloads\Calibration_Depth_Odcinek_ujsciowy.txt
Link Flow Velocity	

Add

Edit

Delete

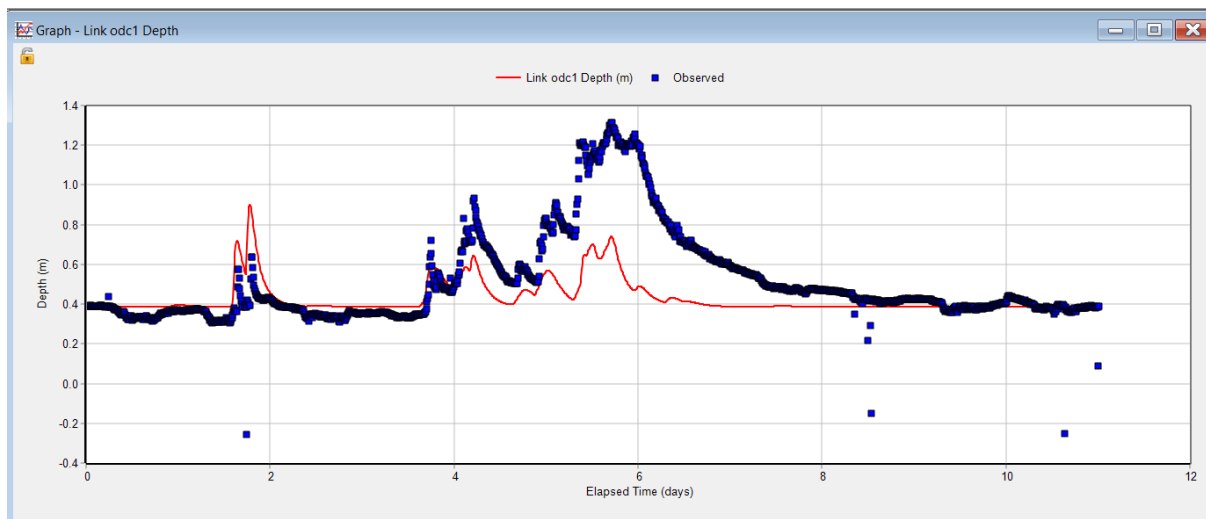
OK

Cancel

Help

## Wyniki symulacji

Wykonana symulacja przebiegła bez błędów, a uzyskane wyniki w programie SWMM były zgodne z założeniami. Dopasowanie modelu dla ostatniego odcinka rzeki zaprezentowano na poniższym rysunku:



Analizując wykres można zauważyć, że do 3,5 dnia symulacji model przyjmuje podobne wartości zbliżone do wprowadzonych w ujściu. Niestety później wartości prognozowane głębokości były niższe od obserwowanych, dopiero po 8,5 dniach symulacji wartości te się do siebie zbliżyły. Jedną z przyczyn rozbieżności między danymi zasymulowanymi i rzeczywistymi mogą być niedokładnie odwzorowane przekroje dla poszczególnych odcinków.

Dalsza poprawa modelu mogłaby zostać osiągnięta poprzez dostosowanie parametrów odpływów oraz przepuszczalności w poszczególnych zlewniach. Wykorzystanie bardziej precyzyjnych danych terenowych pozwoliłoby na lepsze odwzorowanie rzeczywistych warunków. Szczególnie przyjęcie większej dokładności niż w przypadku Coriny Land Cover, której rozdzielczość wynosi 100 m, mogłoby pozytywnie wpłynąć na wyniki symulacji.