

**Tomasz Kolarski**

**PRAKTYCZNE ASPEKTY  
GOSPODARKI WODNEJ  
W PROJEKTOWANIU  
ZBIORNIKÓW RETENCYJNYCH**



**Gdańsk 2014**

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO  
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ  
*Janusz T. Cieśliński*

RECENZENT  
*Kazimierz Burzyński*  
*Artur Magnuszewski*

REDAKCJA JEZYKOWA  
*Agnieszka Frankiewicz*

PROJEKT OKŁADKI  
*Wioleta Lipska-Kamińska*

Wydano za zgodą  
Rektora Politechniki Gdańskiej

Publikacja dostępna tylko w wersji elektronicznej –  
Pomorska Biblioteka Cyfrowa <http://pbc.gda.pl>

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem  
<http://www.pg.edu.pl/wydawnictwo/katalog>  
zamówienia prosimy kierować na adres [wydaw@pg.gda.pl](mailto:wydaw@pg.gda.pl)

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie  
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej  
Gdańsk 2014

**ISBN 978-83-7348-551-8**

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

---

Wydanie I. Ark. wyd. 6,9, ark. druku 5,25, 1059/793

---

# SPIS TREŚCI

Wprowadzenie .....	4
1. Obliczenie odpływu ze zlewni niekontrolowanej .....	6
1.1. Wykreślanie topograficznej granicy zlewni .....	7
1.1.1. Błąd odcięcia lub przecięcia suchej doliny rzecznej .....	11
1.1.2. Błąd prowadzenia granicy zlewni dnem, a nie grzbietem doliny .....	12
1.1.3. Błąd prowadzenia granicy zlewni ukośnie do poziomicy .....	12
1.2. Określenie opadu efektywnego metodą SCS .....	13
1.2.1. Użytkowanie terenu .....	17
1.2.2. Gleby .....	20
1.2.3. Uwilgotnienie zlewni .....	21
1.2.4. Schemat obliczeniowy .....	22
1.3. Wyznaczenie geomorfologicznego chwilowego hydrogramu jednostkowego .....	24
1.4. Przykład obliczeniowy .....	30
2. Modelowanie przepływu z wykorzystaniem modeli o parametrach skupionych .....	38
2.1. Model zbiornika liniowego .....	40
2.1.1. Obliczenie przejścia fali wezbraniowej przez zbiornik suchy .....	42
2.2. Model Muskingum .....	47
2.2.1. Obliczenie parametrów $X$ i $K$ dla wybranego odcinka rzeki .....	48
2.2.2. Obliczenie przejścia fali wezbraniowej przez odcinek rzeki .....	53
3. Wyznaczenie pojemności użytkowej zbiornika .....	56
3.1. Krzywa sumowa z wielolecia .....	57
3.2. Wyznaczanie pojemności użytkowej zbiornika metodą graficzną .....	65
3.2.1. Wyznaczenie deficytu wody w funkcji przepływu .....	70
3.2.2. Wyznaczenie stopnia zapewnienia przepływu w funkcji objętości zbiornika .....	73
Literatura .....	81

# Wprowadzenie

Niniejszy podręcznik może stanowić uzupełnienie dostępnych opracowań z dziedziny gospodarki wodnej, hydrologii i projektowania zbiorników retencyjnych. Moim celem było przedstawienie w możliwie przejrzysty i logiczny sposób skomplikowanych problemów związanych z projektowaniem zbiorników wodnych oraz innych zagadnień z zakresu tej dziedziny. Każdą z omawianych kwestii ilustruję przykładami, które czytelnicy mogą próbować rozwiązać we własnym zakresie lub odnieść proponowane procedury do podobnego zadania, z jakim będą musieli się zmierzyć w swojej praktyce inżynierskiej.

Inspiracją do powstania książki była potrzeba opracowania podręcznika dostosowanego do kursów gospodarki wodnej prowadzonych na kierunkach inżynierskich i magisterskich studiów technicznych. Kiedy zaczynałem prowadzenie zajęć z przedmiotu gospodarka wodna na kierunku inżynieria środowiska na Politechnice Gdańskiej, nie byłem w stanie polecić studentom jednej pozycji książkowej wydanej w języku polskim, aby ułatwić im realizację projektów i rozwiązywanie zadań domowych. Wszystkie ćwiczenia opracowywałem samodzielnie, wobec czego studenci byli zdani na uważne słuchanie moich wskazówek w trakcie zajęć lub w czasie konsultacji. Mam nadzieję, że sprostalem temu wyzwaniu, jednak w trosce o własny czas oraz chcąc zapewnić studentom równy dostęp do informacji, uznałem, że niezbędne będzie opublikowanie tej wiedzy w formie książkowej. Aby dodatkowo ułatwić dostęp do niezbędnej wiedzy i nie narażać studentów na wydatki, zdecydowałem o wydaniu podręcznika jedynie w formie elektronicznej.

Dodatkowym impulsem do opracowania niniejszej książki było moje przeświadczenie, że na rynku brakuje nowych pozycji ujmujących w jednolity sposób problematykę związaną z projektowaniem małych zbiorników wodnych, szczególnie w zlewniach niekontrolowanych. Wobec obecnego trendu zwiększania retencji wodnej istotne będzie uważne przyjrzenie się tym zagadnieniom. Ze względu na rozbudowę miast wiele inwestycji jest projektowanych w małych zlewniach, gdzie brakuje informacji o zmienności przepływu w ciekach. Dlatego tak wiele miejsca poświęciłem ustalaniu odpływu ze zlewni na podstawie opadu (rozdział 1).

Można się zastanawiać, czy wobec powszechnie dostępnych komercyjnych modeli matematycznych i coraz szerszego dostępu do numerycznych modeli terenu faktycznie musimy znać procedurę określania granicy zlewni. Otóż z mojego skromnego doświadczenia wynika, że jeśli czegoś nie zrobi się samodzielnie za pomocą najprostszych narzędzi, to nie ma się dobrego wyczucia w odniesieniu do całego problemu. Dlatego pozwoliłem sobie przedstawić czytelnikowi podstawowe zasady wykreślenia topograficznych granic zlewni rzecznych na podstawie map. Podobnym założeniem kierowałem się przy omawianiu obliczania opadu efektywnego i hydrogramu odpływu ze zlewni. W tym wypadku również postawiłem na rozwiązanie „ręczne”, którego można dokonać przy uży-



ciu kalkulatora i ołówek. Sądzę, że najważniejszymi zaletami dobrego inżyniera są jego wycucie i umiejętność szybkiego oszacowania rozwiązania problemu w dopuszczalnej granicy błędu ( $\pm 10\%$ ). Bez tej cechy można próbować uzyskać bardzo dokładne rozwiązanie, które, niestety, będzie pozbawione podstawowej logiki.

Rozdział 2 jest poświęcony obliczaniu transformacji fali wezbraniowej przez zbiornik oraz na odcinku kanału. Przedstawiłem tam dwie stosunkowo proste metody numeryczne służące ustaleniu szacunkowej wielkości hydrogramu natężenia przepływu po uwzględnieniu retencji zbiornikowej i rzecznej. Zagadnienie transformacji fali wezbraniowej to problem kompleksowy i aby otrzymać możliwie dokładne rozwiązanie, powinniśmy się posilić metodami numerycznymi lub zaawansowanym oprogramowaniem. Biorąc pod uwagę, że dane wejściowe często są obciążone dużym błędem lub w ogóle nie istnieją (zlewnie niekontrolowane), procedury zastosowane w niniejszej pracy mogą prowadzić do uzyskania wystarczającej informacji wyjściowej. Warto też zwrócić uwagę, że osoba, której zadaniem będzie ustalenie transformacji fali wezbraniowej przez zbiornik, może nie mieć dobrych podstaw modelowania matematycznego. W takiej sytuacji lepiej będzie określić szacunkowy odpływ, wykorzystując przy tym prostą procedurę obliczeniową, niż podejmować próby adaptacji zaawansowanego modelu matematycznego, popełniając przy tym większy błąd wynikający z braku znajomości metod numerycznych.

Ostatni rozdział poświęciłem zagadnieniu ustalenia pojemności użytkowej zbiornika. Omówiłem znaną metodę graficzną bazującą na krzywej sumowej odpływu. Jeśli zadanie ustalenia pojemności użytkowej zbiornika rozwiąże się z wykorzystaniem programu komputerowego (np. AutoCAD), wówczas przedstawiona metoda graficzna może umożliwić otrzymanie bardzo dokładnego rozwiązania.

Zdaję sobie sprawę, że moja praca jest jedynie drobnym przyczynkiem do metodyki stosowanej w rozwiązywaniu niezmiernie skomplikowanych i wielokierunkowych problemów związanych z gospodarowaniem wodą w zlewni. Jednak do celu najlepiej zmierzać małymi krokami, a bez mojego skromnego wkładu byłibyśmy od niego odrobinę bardziej oddaleni.

W tym miejscu pragnę podziękować wszystkim, którzy przyczynili się do ostatecznej formy niniejszej pracy. Szczególne wyrazy wdzięczności kieruję do recenzentów, prof. Artura Magnuszewskiego i prof. Kazimierza Burzyńskiego, których niezwykle cenne uwagi znacznie zwiększyły wartość podręcznika. Dziękuję również mgr. Michałowi Kowalikowi za pomoc w analizie danych zlewni Kanału Raduni oraz koleżankom i kolegom z Katedry Hydrotechniki Politechniki Gdańskiej za wsparcie przy realizacji projektu.

Autor