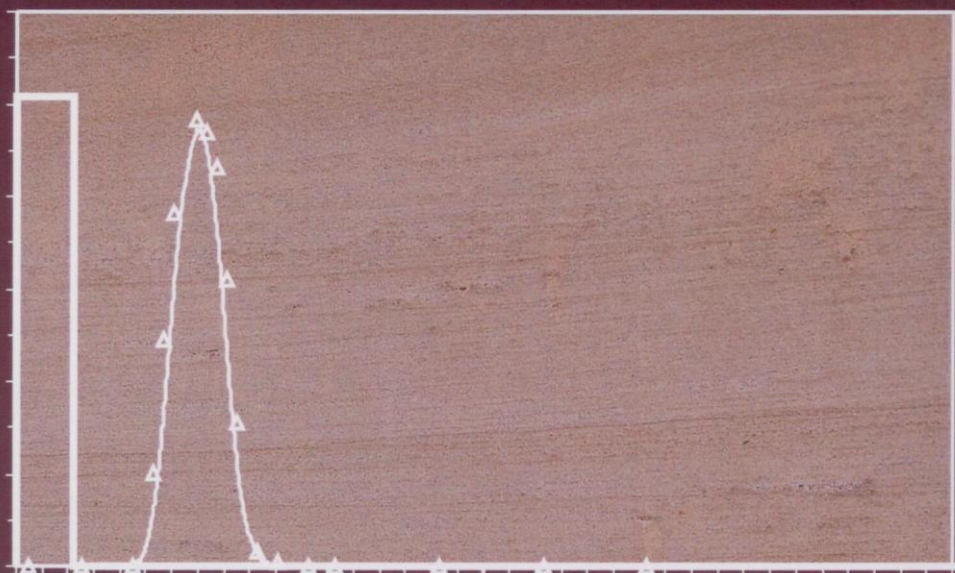


**Marek Marciniak, Mariusz Kaczmarek,
Monika Okońska, Katarzyna Kazimierska-Drobny**

**Identyfikacja parametrów hydrogeologicznych
z zastosowaniem numerycznej symulacji
krzywej przejścia oraz metod optymalizacji**



**Marek Marciniak
Mariusz Kaczmarek
Monika Okońska
Katarzyna Kazimierska-Drobny**

**Identyfikacja parametrów
hydrogeologicznych
z zastosowaniem numerycznej
symulacji krzywej przejścia
oraz metod optymalizacji**

**The identification of hydrogeological parameters
on the basis of a numerical simulation
of a breakthrough curve and optimization methods**

Bogucki Wydawnictwo Naukowe • Poznań 2009

Marek Marciniak
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
e-mail: mmarc@amu.edu.pl

Mariusz Kaczmarek
Instytut Mechaniki Środowiska i Informatyki Stosowanej
Wydział Matematyki, Fizyki i Techniki
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
e-mail: mkk@man.poznan.pl

Monika Okońska
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
e-mail: okonska@amu.edu.pl

Katarzyna Kazimierska-Drobny
Instytut Mechaniki Środowiska i Informatyki Stosowanej
Wydział Matematyki, Fizyki i Techniki
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
e-mail: kkd@ukw.edu.pl

Recenzent: Ewa Liszkowska

Copyright © Authors, Poznań 2009

ISBN 978-83-61320-06-7

Wydano ze środków finansowych projektu badawczego MNiSW N 521 016 31/3223

Bogucki Wydawnictwo Naukowe
ul. Górna Wilda 90, 61-576 Poznań
tel. +48 61 8336580
fax +48 61 8331468
e-mail: bogucki@bogucki.com.pl
www.bogucki.com.pl

Druk:
Totem
ul. Świętokrzyska 53
88-100 Inowrocław

Spis treści

1. Wprowadzenie	7
2. Opis matematyczny procesów filtracji wody i migracji zanieczyszczeń	9
2.1. Charakterystyka przestrzeni porowej	9
2.2. Prawa bilansu masy i przepływu płynu w nieodkształcalnym ośrodku porowatym	10
2.3. Prawo bilansu masy pojedynczego składnika w płynie wypełniającym materiał porowaty	12
2.4. Zagadnienia jednowymiarowe w kolumnie filtracyjnej	13
2.4.1. Procesy migracji znaczników w wodzie porowej	13
2.4.2. Adwekcja	14
2.4.3. Dyfuzja	14
2.4.4. Dyspersja mechaniczna i hydrodynamiczna	15
2.4.5. Wypadkowy strumień masy	16
2.5. Podział i modele sorpcji	17
2.5.1. Rodzaje sorpcji	17
2.5.2. Sorpcja równowagowa – izotermy sorpcji	18
2.5.3. Sorpcja nierównowagowa – równania kinetyki sorpcji	19
2.6. Równania jednowymiarowego adwekcyjno-dyspersyjnego transportu z sorpcją	19
2.6.1. Model transportu z równowagową, liniową sorpcją Henry'ego	19
2.6.2. Model transportu z równowagową, nieliniową sorpcją Freundlicha	20
2.6.3. Model transportu z nierównowagową, liniową sorpcją nieodwracalną	21
2.7. Przypadki szczególne i warunki graniczne dla równania transportu	21
2.7.1. Przypadki szczególne	21
2.7.2. Warunki graniczne	23
3. Rozwiązania równania transportu w kolumnie filtracyjnej	25
3.1. Przykładowe rozwiązania analityczne	25
3.2. Metody numeryczne	26
3.3. MATLAB – funkcja <i>pdepe</i>	27
3.3.1. Definicja równania różniczkowego cząstkowego w środowisku MATLAB	27
3.3.2. Warunek początkowy	28
3.3.3. Warunki brzegowe	28
3.3.4. Solver <i>pdepe</i>	28
3.3.5. Przykład 1	29
3.3.6. Przykład 2	32

4.	Analiza parametryczna krzywych przejścia	36
4.1.	Badanie wrażliwości ze względu na parametry filtracji	37
4.1.1.	Współczynnik filtracji k	37
4.1.2.	Porowatość efektywna n_e	38
4.2.	Badanie wrażliwości ze względu na parametry migracji	39
4.2.1.	Współczynnik dyspersyjności α_L	39
4.2.2.	Stała podziału Henry'ego K_d	40
4.2.3.	Stała podziału Freundlicha K_F	41
4.2.4.	Wykładnik potęgowy N w modelu Freundlicha	41
4.2.5.	Stała sorpcji pierwszorzędowej k_1	42
4.3.	Porównanie krzywych przejścia dla różnych wysokości próbek	43
5.	Badania eksperymentalne	46
5.1.	Opis budowy i działania kolumn filtracyjnych	46
5.2.	Stanowisko laboratoryjne	47
5.3.	Program eksperymentu kolumnowego	48
5.4.	Rodzaje piasków i znaczników	49
5.5.	Raport z eksperymentu kolumnowego	51
5.6.	Prezentacja wyników testów	52
6.	Identyfikacja parametrów filtracji i migracji	56
6.1.	Metoda optymalizacji numerycznej w identyfikacji	56
6.2.	Realizacja procedury optymalizacyjnej w środowisku MATLAB	58
6.3.	Badanie funkcji błędu	60
7.	Uzyskane wyniki	63
8.	Omówienie uzyskanych wyników	95
8.1.	Współczynnik filtracji k	95
8.2.	Porowatość efektywna n_e	97
8.3.	Współczynnik dyspersyjności α_L	98
8.4.	Parametry sorpcji	98
9.	Podsumowanie	106
	Literatura	109