Załącznik Nr 4

do Zasad

**SYLABUS PRZEDMIOTU**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Nazwa przedmiotu/modułu w języku polskim oraz angielskim  Numeryczne modelowanie migracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych / Numerical modeling of pollutant migration in groundwater | | |
|  | Dyscyplina  Nauki o Ziemi i środowisku | | |
|  | Język wykładowy  Język polski | | |
|  | Jednostka prowadząca przedmiot  WNZKS, Instytut Nauk Geologicznych, Zakład Hydrogeologii Stosowanej | | |
|  | Kod przedmiotu/modułu  USOS | | |
|  | Rodzaj przedmiotu/modułu *(obowiązkowy lub do wyboru)*  do wyboru | | |
|  | Kierunek studiów (specjalność)\*  Inżynieria geologiczna | | |
|  | Poziom studiów *(I stopień\*, II stopień\*, jednolite studia magisterskie\*)*  II stopień | | |
|  | Rok studiów *(jeśli obowiązuje*)  II | | |
|  | Semestr *(zimowy lub letni)*  Letni | | |
|  | Forma zajęć i liczba godzin (w tym liczba godzin zajęć online\*)  Wykład: 10  Ćwiczenia laboratoryjne: 18 | | |
|  | Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu/modułu  Wiedza i umiejętności z zakresu hydrogeologii, dynamiki wód podziemnych, geoinformatyki i numerycznego modelowania w hydrogeologii | | |
|  | Cele kształcenia dla przedmiotu  Zajęcia stanowią specjalistyczne kształcenie umożliwiające praktyczne zastosowanie numerycznych modeli w zakresie migracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych. Jest z założenia rozwinięciem wiedzy z kursu modelowania filtracji.  Wykłady mają na celu zrozumienie teoretycznych podstaw dla rozwiązań transportu masy, przyswojenie nowych pojęć i zakresu niezbędnych parametrów migracji w wodach podziemnych oraz wiedzy o danych i ich przetwarzaniu na potrzeby badań modelowych migracji zanieczyszczeń – zastosowania modelowania w praktyce.  Ćwiczenia realizowane są w całości w pracowni komputerowej - celem jest zapoznanie z programami do modelowania migracji zanieczyszczeń jako integralnych narzędzi w modelowaniu filtracji i praktyczna realizacja rozwiązań dla nieskomplikowanych układów hydrodynamicznych. | | |
|  | Treści programowe  Wykłady (T):  Modelowanie jako podstawowa metoda badawcza współczesnej hydrogeologii. Definicje i pojęcia podstawowe.  Teoretyczne podstawy obliczeń numerycznych transportu masy. Cele symulacji modelowej.  Wykorzystanie modelu fizycznego – badania kolumnowe w aspekcie pozyskania parametrów migracji.  Model konwekcyjnego transportu zanieczyszczeń. Model dyfuzyjno-dyspersyjny. Analiza wpływu adsporpcji i rozpadu.  Rozwiązanie dla warunków nieustalonych. Stosowane w modelowaniu podstawowe numeryczne metody obliczeniowe w zakresie transportu masy.  Definiowanie warunków brzegowych i warunków początkowych dla modelu migracji zanieczyszczeń i ich relacja do hydrodynamicznych warunków brzegowych. Typy chmur zanieczyszczeń.  Problematyka przygotowania danych wejściowych do modelu. Zastosowanie technik GIS i modelowania geostatystycznego. Problem skali modelu. Specyfika budowy modeli transportu masy.  Program MODFLOW i pakiety współpracujące do modelowania migracji zanieczyszczeń (MT3D).  Analiza jakości modelu. Problem kalibracji modelu transportu zanieczyszczeń. Wyniki badań modelowych. Analiza linii prądu i chmury stężeń zanieczyszczeń.  Modelowanie hydrogeochemiczne – podstawy teoretyczne konstrukcji modeli mieszania, modelowania wprost, modelowania odwrotnego.  Przykłady zastosowań. Prezentacja wyników.  Ćwiczenia laboratoryjne (T):  Podstawy budowy modelu transportu masy. Problem schematyzacji i przygotowania dodatkowych danych na bazie funkcjonalnego modelu filtracji.  Tworzenie numerycznego modelu migracji. Zastosowanie programów opartych na MRS i modułach transportu masy.  Model konwekcyjnego transportu zanieczyszczeń, prędkość przemieszczania w strumieniu wód podziemnych. Model konwekcyjno-dyspersyjny jako podstawa analizy zagrożeń.  Model filtracji a model transportu masy. Budowa modelu w pakiecie MT3D i integracja ze środowiskiem MODFLOW, poznanie interfejsu użytkownika. Wprowadzanie warunków brzegowych modelu transportu masy i ich relacja do hydrodynamicznych warunków brzegowych.  Model migracji zanieczyszczeń – zadanie warunków nieustalonych. Wprowadzanie kroków czasowych i analiza zmiennoczasowych wyników symulacji.  Modelowanie w rejonie potencjalnego oddziaływania składowiska na ujęcie wód podziemnych. Wyznaczanie linii prądu w strumieniu filtracji. Model numeryczny jako narzędzie w prognozie zagrożenia propagacją chmury zanieczyszczeń w wodach podziemnych.  Wykorzystanie metod geostatystycznych i GIS w przygotowaniu danych do modelowania.  Modelowanie hydrogeochemiczne. Rozwinięcie zakresu praktycznego użytkowania oprogramowania z bazy USGS typu CXTFIT, PHREEQC  Podsumowanie. Rola internetu. Omówienie wykonanych projektów. | | |
|  | Zakładane efekty uczenia się  W\_1 Ma pogłębioną wiedzę nt. zjawisk i procesów zachodzących w wodach podziemnych. Potrafi dostrzegać istniejące związki i zależności w systemie wodonośnym. Ma wiedzę z zakresu nauk ścisłych powiązanych z dynamiką wód podziemnych i hydrogeochemią.  W\_2 Potrafi krytycznie analizować i dokonywać wyboru hydrochemicznych danych wejściowych do modelu.  W\_3 Konsekwentnie stosuje zasadę ścisłego, opartego na danych empirycznych interpretowania zjawisk i procesów zachodzących przy migracji zanieczyszczenia w strumieniu wód podziemnych.  W\_4 Ma wiedzę w zakresie statystyki (geostatystyki) umożliwiającą prognozowanie (modelowanie) zjawisk i procesów związanych z filtracją i migracją w wodach podziemnych.    W\_5 Ma pogłębioną znajomość anglojęzycznej terminologii w zakresie hydrogeologii, geoinformacji i hydrogeochemii.  U\_1 Potrafi zastosować zaawansowane techniki i narzędzia badawcze w zakresie modelowania transportu masy. Wykorzystuje literaturę naukową z zakresu modelowania.  U\_2 Potrafi wykorzystać metody statystyczne oraz specjalistyczne techniki i narzędzia geoinformatyczne do opisu zjawisk i analizy danych hydrogeologicznych  K\_1 Rozumie potrzebę ciągłego uczenia się i podnoszenia kompetencji zawodowych. Potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania. | | Symbole odpowiednich kierunkowych efektów uczenia się, *np.: K\_W01\**, *K\_U05, K\_K03*  K2\_W01, K2\_W02  K2\_W03  K2\_W04  K2\_W05  K2\_W06  K2\_U01, K2\_U02  K2\_U05  K2\_K01, K2\_K03 |
|  | Literatura obowiązkowa i zalecana *(źródła, opracowania, podręczniki, itp.)*  Literatura obowiązkowa:  Anderson M., Woessner W., 1992: Applied Groundwater Modeling, Academic Press, Inc., London.  Chunmiao Zheng, P. Patrick Wang, 1999: MT3DMS A Modular Three--Dimensional Multispecies Transport ModelDimensional Multispecies Transport Model. Washington  Fetter C.W., 1999: Contaminant hydrogeology. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey.  Małecki J., Nawalany M., Witczak S., Gruszczyński T., 2006: Wyznaczanie parametrów migracji zanieczyszczeń w ośrodku porowatym dla potrzeb badań hydrogeologicznych i ochrony środowiska. Wyd. UW, Warszawa.  Processing Modflow - An Integrated Modeling Environment for the Simulation of Groundwater Flow, Transport and Reactive Processes. Simcore Software 2012.  Zheng, C., Bennett G.D., 2002. Applied Contaminant Transport Modeling. John Wiley & Sons, New York.  Literatura zalecana:  Bear J., Verruijt A., 1994: Modeling Groundwater Flow and Pollution. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht.  Kresic Neven, 2006: Hydrogeology & groundwater modeling (2nd Ed.)  Modelowanie przepływu wód podziemnych – wydania MPWP 1 (2004), MPWP 2 (2006), MPWP 3 (2008), MPWP 4 (2010), MPWP 5 (2012), MPWP (2014), MPWP (2016), MPWP (2018)  Pinder John, 2002: Groundwater Modeling, John Wiley & Sons. ISBN: 978-0-471-08498-3  USGS: Techniques of Water-Resources Investigations Reports (TWRI), USGS Publications.  Wang H.F., Anderson M.P., 1982: Introduction to Groundwater Modeling. W.H. Freeman and Co., San Francisco. | | |
|  | Metody weryfikacji zakładanych efektów uczenia się:  - zaliczenie pisemne (T): K2\_W01, K2\_W02, K2\_W03, K2\_W04, K2\_W05  - przygotowanie i zrealizowanie projektów (indywidualnych) związanych z zagadnieniami modelowania migracji w wodach podziemnych w prostym schemacie hydrogeologicznym (T): K2\_W04, K2\_W05, K2\_W06, K2\_U01, K2\_U02, K2\_U05, K2\_K01, K2\_K03 | | |
|  | Warunki i forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu/modułu:  - ciągła kontrola obecności i kontroli postępów w zakresie tematyki zajęć,   - przygotowanie i zrealizowanie projektów (indywidualnych) (T),  - napisanie raportu z zajęć (T),  - dyskusja otrzymanych wyników projektów (T),  - zaliczenie wykładu (T).  Warunki zaliczenia:  1. Możliwość odrabiania zajęć w czasie nieobecności – indywidulana praca na komputerze w pracowni modelowania PMPH  2. Możliwa liczba nieobecności – na 2 zajęciach  3. Konieczność oddania i zaliczenia w terminie wszystkich projektów/zadań  4. Bardzo zalecana obecność na wykładach, choć nieobowiązkowa | | |
|  | Nakład pracy studenta | | |
| forma realizacji zajęć przez studenta\* | liczba godzin przeznaczona na zrealizowanie danego rodzaju zajęć | |
| zajęcia (wg planu studiów) z prowadzącym:  - wykład\*: 10  - ćwiczenia prac. komp.\*: 20  - konsultacje: 2 | 32 | |
| praca własna studenta (w tym udział w pracach grupowych):  - przygotowanie do zajęć: 10  - czytanie wskazanej literatury: 10  - przygotowanie prac/projektów: 10  - napisanie raportu z zajęć: 6 | 36 | |
| Łączna liczba godzin | 68 | |
| Liczba punktów ECTS (*jeśli jest wymagana*) | 3 | |

(T) – realizowane w sposób tradycyjny

(O) - realizowane online

\*niepotrzebne usunąć

Tabelę należy wypełnić czcionką Verdana, wielkość min 9 max 10, interlinia 1;