Załącznik Nr 4

do Zasad

**SYLABUS PRZEDMIOTU**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Nazwa przedmiotu/modułu w języku polskim oraz angielskim  Numeryczne modelowanie w hydrogeologii / Numerical modelling in hydrogeology | | |
|  | 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)*  obowiązkowy | | |
|  | Kierunek studiów (specjalność)\*  Inżynieria geologiczna | | |
|  | Poziom studiów *(I stopień\*, II stopień\*, jednolite studia magisterskie\*)*  II stopień | | |
|  | Rok studiów *(jeśli obowiązuje*)  I | | |
|  | Semestr *(zimowy lub letni)*  Zimowy | | |
|  | Forma zajęć i liczba godzin (w tym liczba godzin zajęć online\*)  Wykład: 14  Ćwiczenia laboratoryjne: 26 | | |
|  | Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu/modułu  Wiedza i umiejętności z zakresu hydrogeologii, dynamiki wód podziemnych, hydrauliki, geoinformatyki | | |
|  | Cele kształcenia dla przedmiotu  Zajęcia stanowią specjalistyczne kształcenie umożliwiające praktyczne zastosowanie numerycznych modeli w praktyce hydrogeologicznej.  Wykłady mają na celu zrozumienie teoretycznych podstaw dla rozwiązań numerycznych, przyswojenie nowych pojęć z zakresu filtracji wód podziemnych oraz wiedzy o danych i ich przetwarzaniu na potrzeby badań modelowych – zastosowania geoinformatyki w praktyce.  Ćwiczenia realizowane są w całości w pracowni komputerowej - celem jest zapoznanie z programami do modelowania filtracji i praktyczna realizacja nieskomplikowanych modeli dla różnych układów hydrodynamicznych. | | |
|  | Treści programowe  Wykłady (T):  Modelowanie jako podstawowa metoda badawcza współczesnej hydrogeologii. Definicje i pojęcia podstawowe. Model hydrogeologiczny, model konceptualny a model numeryczny. Zarys historii modelowania, w tym metoda analogii elektrohydrodynamicznej (AEHD) i zasada działania integratorów siatkowych AP.  Teoretyczne podstawy obliczeń numerycznych modeli filtracji. Cele symulacji modelowej. Rozwiązanie dla warunków ustalonych i nieustalonych. Stosowane w modelowaniu metody rozwiązań (różnica między MRS i MES). Rozwiązanie równań matematycznych opisujących filtrację. Metody iteracyjne.  Odwzorowanie systemu wodonośnego na modelu. System wodonośny i typy układów hydrostrukturalnych odwzorowanych na modelu. Powierzchnie brzegowe. Krążenie i pionowa wymiana wody w obrębie systemu wodonośnego.  Definiowanie warunków brzegowych. Schemat postępowania przy realizacji modelu. Dyskretyzacja i rodzaje siatek dyskretyzacyjnych. Warunki brzegowe i warunki początkowe modelu.  Problematyka przygotowania danych wejściowych do modelu. Dane wejściowe; bazy danych i mapy numeryczne. Zastosowanie technik GIS. Problem skali modelu. Specyfika budowy modeli regionalnych systemów wodonośnych.  Problem schematyzacji warunków hydrogeologicznych. Modelowanie geostatystyczne. Schematyzacja warunków hydrogeologicznych i odwzorowanie układu hydrostrukturalnego na modelu.  Metody rozwiązań numerycznych. Modele płaskie i przestrzenne 3-D. Zasada działania i zastosowanie wiodących programów modelujących w metodzie MRS i MES. Budowa modeli wielowarstwowych. Symulacja oddziaływań z wodami powierzchniowymi.  Analiza jakości modelu. Kalibracja i weryfikacja modelu.  Wyniki badań modelowych. Analiza wyników modelu. Bilans wodny i obliczenia zasobów wód podziemnych na modelu. Analiza linii prądu, obszaru spływu wód do ujęcia i stref ochronnych na modelu.  MODFLOW. Program MODFLOW i pakiety współpracujące. Schemat postępowania i prawidłowa dokumentacja modelu.  Przykłady zastosowań. Prezentacja wyników.  Ćwiczenia laboratoryjne (T):  Podstawy budowy modelu. Problem schematyzacji, przygotowanie danych dla wykonania modelu koncepcyjnego. Zasady wprowadzania różnych typów warunków brzegowych.  Tworzenie numerycznego modelu filtracji. Zastosowanie programów opartych na MRS (ASMwin; PMWinMODFLOW) w modelowaniu filtracji wód podziemnych. Zadania dla warunków ustalonych.  Model 1-warstwowy. Budowa modelu płaskiego w planie (2-D).  Modelowanie w rejonie ujęcia wód podziemnych. Wyznaczanie linii prądu w strumieniu filtracji. Określenie obszaru spływu wód do ujęcia (OSW). Model numeryczny jako narzędzie w wyznaczaniu stref ochronnych ujęć.  Wykorzystanie metod geostatystycznych i GIS. Przygotowanie danych i wykorzystanie metod geostatystycznych i GIS w modelowaniu procesów hydrogeologicznych  Modele wielowarstwowe. Budowa modeli wielowarstwowych i trójwymiarowych (3-D) – zastosowania programu MODFLOW, poznanie interfejsów użytkownika, zadawanie warunków brzegowych i pionowych oddziaływań na modelu wielowarstwowym.  Modelowanie hydrochemiczne. Podstawy z zakresu użycia oprogramowania z bazy USGS typu CXTFIT, PHREEQC – model roztworu wodnego, modelowanie stanu nasycenia.  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 mechaniką cieczy i hydrauliką.  W\_2 Potrafi krytycznie analizować i dokonywać wyboru hydrogeologicznych danych wejściowych do modelu.  W\_3 Konsekwentnie stosuje zasadę ścisłego, opartego na danych empirycznych interpretowania zjawisk i procesów zachodzących przy przepływie wód podziemnych.  W\_4 Ma wiedzę w zakresie statystyki (geostatystyki) umożliwiającą prognozowanie (modelowanie) zjawisk i procesów związanych z filtracją wód podziemnych.    W\_5 Ma pogłębioną znajomość anglojęzycznej terminologii w zakresie hydrogeologii i geoinformacji.  U\_1 Potrafi zastosować zaawansowane techniki i narzędzia badawcze w zakresie modelowania filtracji. 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.  Dąbrowski S., Kapuściński J., Nowicki K., Przybyłek J., Szczepański A., 2011: Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych. Warszawa.  Kulma R., Zdechlik R., 2009: Modelowanie procesów filtracji. Wyd. AGH, Kraków.  Macioszczyk T., Szestakow W.M., 1983: Dynamika wód podziemnych – metody obliczeń. Wyd. Geol. Warszawa.  Processing Modflow - An Integrated Modeling Environment for the Simulation of Groundwater Flow, Transport and Reactive Processes. Simcore Software 2012.  Szymanko J., 1980: Koncepcje systemu wodonośnego i metod jego modelowania. Wyd. Geol., Warszawa.  Wang H.F., Anderson M.P., 1982: Introduction to Groundwater Modeling. W.H. Freeman and Co., San Francisco.  Literatura zalecana:  Bear J., Verruijt A., 1994: Modeling Groundwater Flow and Pollution. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht.  Fetter C.W., 1994: Applied hydrogeology. MCPC, New York.  Gurwin J., 2010: Ocena odnawialności struktur wodonośnych bloku przedsudeckiego. Integracja danych monitoringowych i GIS/RS z numerycznymi modelami filtracji . HYDROGEOLOGIA Acta Univ. Wratisl. No 3258, Wyd. U.Wr., Wrocław  Gurwin J., Szczepiński J., Wąsik M., 1994: Opis programu MODFLOW wykorzystanego w regionalnych badaniach hydrogeologicznych. Mat. I Symp. Nauk.-Techn. ‘Bilansowanie zasobów wodnych w dorzeczu Odry’. Zesz. Nauk. Wr.A.R. nr 248, Wrocław  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. | | |
|  | Metody weryfikacji zakładanych efektów uczenia się:  - egzamin pisemny (T): K2\_W01, K2\_W02, K2\_W03, K2\_W04, K2\_W05  - przygotowanie i zrealizowanie projektów (indywidualnych) związanych z zagadnieniami modelowania filtracji wód podziemnych w różnych warunkach hydrogeologicznych (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),  - egzamin (pisemny) (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. Procent/liczba punktów na zaliczenie egzaminu – 50%  5. 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\*: 14  - ćwiczenia prac. komp.\*: 26  - konsultacje: 8  - egzamin: | 50 | |
| praca własna studenta (w tym udział w pracach grupowych):  - przygotowanie do zajęć: 10  - czytanie wskazanej literatury: 5  - przygotowanie prac/projektów: 10  - napisanie raportu z zajęć: 10  - przygotowanie do sprawdzianów i egzaminu: 15 | 50 | |
| Łączna liczba godzin | 100 | |
| Liczba punktów ECTS (*jeśli jest wymagana*) | 4 | |

(T) – realizowane w sposób tradycyjny

(O) - realizowane online

\*niepotrzebne usunąć

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