

Structura aplicației pentru

HIDROGEOLOGIE APLICATA

&

MODELAREA PROCESELOR DE POLUARE A ACVIFERELOR

Introducere	2
1. Modelul conceptual al hidrostructurii	3
1.1. Modelul spațio-temporal	3
1.2. Modelul parametric	3
1.2.1. Modelul parametric al rețelei hidrografice.....	3
1.2.2. Modelul parametric al zonei vadoase.....	4
1.2.3. Modelul parametric al acviferului.....	4
1.3. Modelul energetic.....	4
2. Transportul contaminantului în zona vadoasă	5
2.1. Modelul procesului de contaminare.....	5
2.1.1. Modelul hidrologic	5
2.1.2. Modelul eroziunii	5
2.1.3. Modelul contaminării.....	5
2.2 Simularea contaminării	5
3. Transportul contaminantului în acvifer	6
3.1. Modelul procesului de contaminare.....	6
3.1.1. Metoda diferentelor finite pentru curgerea apei subterane.....	6
3.2. Simularea contaminării	7
3.2.1. Simularea curgerii apei subterane	7
3.2.2. Simularea contaminării acviferului	7
4. Transportul contaminantului în rețeaua hidrografică	8
4.1. Modelul procesului de contaminare.....	8
4.2. Simularea contaminării	8
Concluzii	8
Bibliografie	8

Introducere

Obiectivul temei este cuplarea proceselor de transport al contaminanților din **rețeaua hidrografică**, **zona vadoasă** și **acviferul freatic**, aflate în comunicare hidrolică, (**Fig.1**) într-o aplicație realizată cu:

- un model matematic cu soluție analitică pentru transportul contaminanților în **rețeaua hidrografică**, în regim staționar și conservativ:
 - http://www.ahgr.ro/media/185223/model_math_transport-rh.pdf
- un model matematic cu soluție analitică pentru transportul contaminanților în **zona vadoasă**:
 - http://www.ahgr.ro/media/174671/flow-mass_transport_vz.pdf
- două modele matematice cu soluție numerică, în diferențe finite, pentru:
 - **curgerea apelor subterane în acvifer**:
 - http://ahgr.ro/specialisti/daniel-scradeanu/1_hidrogeologie/12_hidrogeologie-cantitativa/numeric_fdm_flow.aspx
 - **transportul contaminanților în acvifer** :
 - <http://www.geology.wisc.edu/~andy/g727/mt3dmanual.pdf>

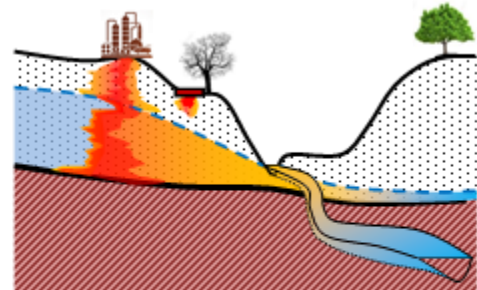


Fig.1. Căile de transport ale contaminanților într-o hidrostructură de mică adâncime

Datele necesare pentru aplicații sunt :

- **stocate** într-un fișier de tip excel:
 - **DATABASE FOR APPLICATION**
 - http://ahgr.ro/specialisti/daniel-scradeanu/1_hidrogeologie/13_hidrogeologie-aplicata/studassig_tpe.aspx
- **describe** detaliat într-un fișier de tip pdf:
 - http://www.ahgr.ro/media/188079/database_stud_assig.pdf

Aplicațiile se vor **personaliza**, pentru fiecare student, pe baza **traseului secțiunii verticale** pentru care se va evalua distribuția spațială a contaminantului în **zona vadoasă** a acviferului freatic. Alegerea traseului secțiunii verticale, pentru fiecare temă, se va face din cele 25 de propuneri:

- http://ahgr.ro/specialisti/daniel-scradeanu/1_hidrogeologie/13_hidrogeologie-aplicata/studassig_tpe.aspx

cu excepția traseului **RV4-RE4** pentru care există un exemplu complet de reprezentare grafică a rezultatelor migrării contaminantului în zona vadoasă:

- http://ahgr.ro/specialisti/daniel-scradeanu/1_hidrogeologie/13_hidrogeologie-aplicata/transport-in-zona-vadoasa/rezultate-modelare.aspx).

Aplicația pentru examen cuprinde:

- Modelul conceptual al hidrostructurii în care are loc simularea transportului contaminantului
- Simularea transportului contaminantului în:
 - zona vadoasă
 - acvifer
 - rețeaua hidrografică

1. Modelul conceptual al hidrostructurii

Modelul conceptual al hidrostructurii în care are loc cuplarea proceselor de transport a contaminanților din zona vadoasă, acvifer și rețeaua hidrografică are trei componente:

- modelul spațio-temporal
- modelul parametric
- modelul energetic.

Fiecare subcapitol consacrat componentelor modelului conceptual va conține:

- tabele cu datele utilizate
- reprezentările grafice specificate cu o descriere sintetică.

1.1. Modelul spațio-temporal

Se va preciza **intervalul de timp** pentru care se face simularea transportului contaminantului
Reprezentările grafice obligatorii

- modelul 2D al limitelor zonei investigate cu:
 - poziția forajelor de investigare
 - traseul rețelei hidrografice
- modelul 2D al suprafeței topografice
- modelul 2D al culcușului acviferului
- modelul 2D al grosimii zonei vadoase
- modelul 2D al grosimii acviferului

1.2. Modelul parametric

Modelele parametrice ale celor trei componente ale hidrostructurii vor îngloba și parametrii proceselor de contaminare asociate.

1.2.1. Modelul parametric al rețelei hidrografice

Vor fi precizați toți parametrii din baza de date, cu relații de definiție, valori și unități de măsură:

- Debitul râului
- Secțiunea de curgere
- Perioada de contaminare
- Coeficientul dispersiei longitudinale a contaminantului

1.2.2. Modelul parametric al zonei vadoase

Vor fi precizați toți parametrii din baza de date, cu relații de definiție, valori și unități de măsură:

- Litologia
- Densitate
- Permeabilitate ($K[cm^2]$)
- Porozitate efectivă ($ne[-]$)
- Indice de discontinuitate a porilor ($C[-]$)
- Conținutul de carbon organic ($OC[%%]$)
- Capacitatea de schimb ionic ($CEC[g-echiv/g]$)
- Exponentul Freundlich ($Coef_Freund[-]$)
- **Umiditatea**, determinată de condițiile meteorologice, prin metoda bilanțului hidrologic (precipitații, temperatură etc., generate automat în programul SESOIL utilizat la simularea migrării contaminantului în zona vadoasă, pe o perioadă de **30 de ani, prea voluminos pentru a fi pus în baza de date**):

Reprezentările grafice obligatorii:

- Modelul 2D al distribuției concentrației BENZENULUI în sol
- Modelul 2D al afluxului de BENZEN (coloana G din **MP_CONT_ZV**)
- Modelul 2D al grosimii acviferului
- Modelul 2D al gradientului hidraulic al acviferului (atenție! **gradientul hidraulic** este calculat pe coloana I în **MP_CONT_ZV**)

1.2.3. Modelul parametric al acviferului

Vor fi precizați toți parametrii din baza de date, cu relații de definiție, valori și unități de măsură:

- Coeficient de înmagazinare specific (S_s)
- ...

Reprezentările grafice obligatorii:

- Modelul 2D al distribuției conductivității hidraulice

1.3. Modelul energetic

Modelul energetic va fi reprezentat prin:

- Modelul 2D al spectrului hidrodinamic al acviferului freatic compus din:
 - Modelul 2D al liniilor echipotențiale
 - Modelul 2D al liniilor de current

NOTA Pentru fiecare reprezentare grafică a modelelor 2D vor fi atașate tabele cu datele primare utilizate pentru realizarea grid-urilor de interpolare!!!!

2. Transportul contaminantului în zona vadoasă

Capitolul consacrat transportului contaminatului în zona vadoasă va cuprinde:

- modelul procesului de contaminare
- simularea contaminării

2.1. Modelul procesului de contaminare

Va fi prezentat modelul matematic utilizat în programul SESOIL cu cele trei componente

2.1.1. Modelul hidrologic

2.1.2. Modelul eroziunii

2.1.3. Modelul contaminării

2.2 Simularea contaminării

- Simularea contaminării pentru zona vadoasă, realizată cu SESOIL, se va face pentru unul din cele 24 de trasee pe care vor fi stabilite minimum 5 profile verticale echidistante.
- Perioada de simulare pentru toate cele 5 profile va fi de 30 de ani.
- Rezultatele simulării vor fi:
 - Variația concentrației BENZENULUI pe adâncimea zonei vadoase pentru cele 5 profile, la trei momente (reprezentare grafică):
 - $t_1 = 5$ ani
 - $t_1 = 10$ ani
 - $t_1 = 15$ ani
 - Modelul 2D al distribuției benzenului în zona vadoasă pentru secțiunea verticală aleasă la momentul $t_1 = 5$ ani (conform modelului: http://ahgr.ro/specialisti/daniel-scradeanu/1_hidrogeologie/13_hidrogeologie-aplicata/transport-in-zona-vadoasa/rezultate-modelare.aspx)
 - Variația mediei anuale a concentrației BENZENULUI ajunsă în acvifer, pentru cei 30 de ani ai simulării, pe unul din cele două profile verticale aflate în imediata vecinătate a rețelei hidrografice (cel mai aproape de Râul de VEST sau de Râul de EST).

NOTA. Toate reprezentările grafice ale variației concentrației BENZENULUI (pe adâncime sau în timp) vor fi însoțite de tabele cu valorile pe baza cărora s-au făcut reprezentările grafice, valori care se obțin prin exportul curbelor din reprezentările grafice ale programului SESOIL.

Variațiile medii anuale ale concentrației BENZENULUI ajuns în acvifer vor fi utilizate ca sursă de contaminare a acviferului.

3. Transportul contaminantului în acvifer

Modelul procesului de contaminare a acviferului se bazează pe soluțiile numerice în diferențe finite ale modelelor matematice pentru:

- curgerea apei subterane
- transportului contaminantului.

3.1. Modelul procesului de contaminare

Evaluarea contaminării se face în două etape:

- Modelarea curgerii apelor subterane
- Modelarea transportului

Pentru ambele modele soluția se obține numeric (în diferențe finite) plecând de la o ecuație diferențială în care:

- Pentru curgerea apei subterane, necunoscuta este **sarcina piezometrică** (H):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K \frac{\partial H}{\partial y} \right) = 0$$

(Theoretical support for FDM of Modelling Groundwater Flow:

- http://ahgr.ro/media/129672/procedura_text_mdf.pdf)

- Pentru transportul contaminantului, necunoscuta este **concentrația contaminantului** (C^k)

$$\frac{\partial(\theta \cdot C^k)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \cdot \left(\theta \cdot D_{ij} \cdot \frac{\partial C^k}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} \cdot (\theta \cdot v_i \cdot C^k) + q_s \cdot C_s^k + \sum R_n$$

(Chapter 2. Fundamentals of transport modeling:

- <http://www.geology.wisc.edu/~andy/g727/mt3dmanual.pdf>)

3.1.1. Metoda diferențelor finite pentru curgerea apei subterane

Se vor prezenta sintetic etapele soluționării numerice, în diferențe finite a **curgerii apei subterane** staționare și conservative:

- http://ahgr.ro/media/129672/procedura_text_mdf.pdf

3.1.1.1. Schema diferențelor centrate

3.1.1.2. Generarea sistemului de ecuații

3.1.1.3. Rezolvarea sistemului

3.1.1.4. Reprezentarea grafică a rezultatelor

3.2. Simularea contaminării

Simularea contaminării acviferului cu sursa de concentrație variabilă din zona vadoasă se realizează cu programul MODFLOW_FLEX 2015.1 cu respectarea parametrilor spațiali și parametrici ai acviferului în două etape:

- Simularea curgerii apei din acviferul freatic, în regim staționar, pe o perioadă de 300 de ani (100.000 zile)
- Simularea transportului contaminatului preluat din zona vadoasă.

3.2.1. Simularea curgerii apei subterane

Rezultatele simulării curgerii apei subterane care trebuie prezentate sunt:

- Modelul 3D al hidrostructurii (exportat ca imagine din MODFLOW) cu componentele:
 - Suprafata topografică
 - Suprafata piezometrică
 - Suprafața culcușului acviferului
- Modelul curgerii (sarcina piezometrică)
 - Modelul 2D cu reprezentarea rețelei hidrografice

3.2.2. Simularea contaminării acviferului

Contaminarea acviferului va fi simulată utilizând sursa de concentrație VARIABILĂ provenită din zona vadoasă, pentru o perioadă de 300 de ani.

Rezultatele simulării trebuie să conțină:

- Extinderea spațială a zonei contaminate la minimum 5 momente:
 - t1= 5 ani
 - t2= 15 ani
 - t3= 30 ani
 - t4= 50 ani
 - t5=100 ani
- Extinderea spațială a zonei contaminate la momentul interceptării rețelei hidrografice cu stabilirea concentrației preluată de aceasta:
 - Co [mg/L]

NOTA. Cele 6 reprezentări grafice trebuie să conțină pe lângă extinderea zonei contaminate:

- rețeaua hidrografică
- spectrul hidrodinamic al acviferului, calculat pe baza cotelor nivelului piezometric din cele 45 de foraje hidrogeologice
- condițiile de sarcină piezometrică constantă din modelul de curgere
- amplasamentul sursei de contaminare provenită din zona vadoasă

4. Transportul contaminantului în rețeaua hidrografică

Rețeaua hidrografică preia contaminantul din acvifer și conform unui model staționat și conservativ, cu soluție analitică îl transportă în rețeaua hidrografică. Procese fizice care controlează transportul contaminanților în curenții de apă sunt:

- advecția - transportul soluțiilor cu *viteza medie* de curgere a apei;
- dispersia - transportul soluțiilor datorat *difuziei moleculare* și *variației vitezei*;

4.1. Modelul procesului de contaminare

Se va prezenta sintetic modelul procesului de contaminare utilizat:

- Modelul ecuației advecție-dispersie:
 - http://ahgr.ro/media/185223/model_math_transport-rh.pdf
- Modelul de calcul în format excel: **SPREADSHEET for transport of pollutants in RIVER**
 - http://ahgr.ro/specialisti/daniel-scradeanu/1_hidrogeologie/13_hidrogeologie-aplicata/studassig_tpe.aspx

4.2. Simularea contaminării

Rezultatele simulării contaminării rețelei hidrografice pleacă de la concentrația preluată din acvifer (C_0) și o reprezintă numeric (tabele cu valori) și grafic (reprezentări grafice 1D și 2D) în aval de punctul contaminării:

- pentru minimum 15 puncte (până la confluența celor două râuri)
- pentru minimum două momente:
 - $t_1=1$ zi de la momentul contaminării râului
 - $t_2=10$ zile de la momentul contaminării râului

Concluzii

Se va prezenta în format propriu interpretarea “integrată” a rezultatelor simulării contaminării hidrostructurii formate din: **rețea hidrografică, zonă nesaturată și acvifer freatic.**

NOTA FINALA. Aplicația pentru examen va fi redactată sub forma unui text care trebuie să respecte structura de mai sus și va fi expediată în format **pdf** pe adresa daniel.scradeanu@gg.unibuc.ro. Pe aceeași adresă, împreună cu textul aplicației veți trimite, tot în format **pdf**, și o prezentare realizată în PowerPoint de maximum 20 de slide-uri. Prezentarea va trebui să o susțineți la examenul pe care îl vom organiza pe platforma teams tot în grupul **MASTER IGGA 20-21, după ce primesc aplicațiile!!!**

Bibliografie

Aplicația trebuie să fie completată cu o bibliografie care să cuprindă materialele utilizate. Atenție la tehnoredactare.