

**Studiu de modelare a dispersiei în bazinele hidrografice
ale Arieşului și Mureşului**

**ANEXĂ LA RAPORTUL DE MODELARE A
CALITĂȚII APEI**

Autor

Profesor Paul Whitehead, Universitatea Reading

și

Profesor Steve Chapra, Universitatea Tufts

OCTOMBRIE 2007

Sumar

Această Anexă la Raportul principal asupra studiului de modelare a calității apei al cărui autor este Prof. Whitehead (2007) a fost întocmită pentru a răspunde întrebărilor ridicate de echipa din Ungaria în cadrul ședinței bilaterale România-Ungaria din iulie 2007. În cadrul acelei ședințe s-au ridicat o serie de probleme legate de studiul de modelare a calității apei și, de asemenea, echipa ungară a arătat unele rezultate din modelare folosind modelul propriu de dispersii. Acest raport răspunde setului de întrebări adresate, ilustrând rezultatele studiului de modelare INCA anterior. De asemenea, s-au efectuat analize asupra concentrațiilor ridicate prevăzute în studiul de modelare al Ungariei, acest subiect fiind important pentru echipa română. Echipa maghiară a cerut și un nou studiu de modelare a calității apei, folosind abordarea modelului de dispersii. Acest studiu a fost realizat pe baza unui model întocmit de către Profesorul Steve Chapra. Acest model rezolvă ecuațiile convenționale de dispersie folosind proceduri numerice de integrare și, de asemenea, încorporează efectele diluării cauzate de afluenți și efectele degradării poluanților. De asemenea, echipa ungară a dorit să fie analizate condițiile de debit scăzut și efectele duratei de deversare în ceea ce privește poluarea râului pentru o înțelegere și o analiză a celor mai grave condiții.

În acest raport, noul model de dispersii este prezentat detaliat împreună cu tehnicile numerice de soluționare utilizate pentru rezolvarea ecuațiilor. Modelul a fost stabilit pentru bazinele râurilor Arieș și Mureș, de la amplasamentul propus pentru iaz în partea de amonte a bazinului Corna până la graniță, la Nădlac. Rezultatele arată că atât în condiții de debite mari, cât și în condiții de debite mici, un eveniment de precipitații sau topire a zăpezii similar celui de la Baia Mare nu ar produce un impact poluator sever. Acest lucru se datorează în primul rând barajului deversor al iazului care este proiectat să evacueze apa într-un mod controlat în situația unor condiții de precipitații abundente.

Mai problematic se prezintă efectele unei rupe catastrofice a iazului, care ar însemna evacuarea întregii cantități de apă cu conținut poluator din rezervorul de depozitare al iazului. Riscurile ca acest lucru să se întâmple reprezintă o întrebare asupra geologiei și proiectării iazului, iar evaluarea acestui risc nu este obiectul acestui raport. Efectul unei descărcări în condiții de debit scăzut este producerea de concentrații scăzute în cazul majorității descărcărilor, toate aceste descărcări fiind sub limitele acceptate de descărcare a cianurii, cu excepția descărcării unor volume deosebit de mari. Acest lucru se datorează diluției reduse în condiții de debit scăzut, în aval, cât și datorită dispersiilor semnificative și timpilor mari de reținere. Diluția are și un efect major în condiții de debite mari generând concentrații relativ scăzute; cu toate acestea, timpii de trecer reduși arată că descărcările de volume ridicate din iaz în anul 17 crează nivele de poluare mai ridicate.

Întrebarea asupra duratei de deversare a dus la aflarea unor rezultate foarte interesante. La prima vedere, efectele reducerii duratei de deversare de la 24 ore la 3 ore ar fi semnificativă deoarece pentru aceeași masă de descărcare, debitul trebuie să fie mult mai ridicat. De vreme ce acest fapt ar avea efect în partea superioară a râului, impactul suplimentar în aval, la graniță, este minim. Acest lucru se datorează faptului că se atenuază valul de curgere și după aproximativ 100km, poluarea și pulsul debitului a scăzut astfel că nu se mai poate face diferența față de deversările de durată mai mare.

CUPRINS

Sumar

1 Introducere

2 Răspunsuri la întrebările adresate de partea ungară în cadrul ședinței din iulie

3 Studiul de modelare prezentat de partea ungară

4 Un nou model de dispersii pentru simularea deversărilor cu conținut de substanțe poluante

5 Aplicarea Modelului de dispersii în cazul bazinului hidrografic al râurilor Arieș-Mureș

6 Concluzii

7 Bibliografie

1.INTRODUCERE

În urma ședinței cu delegația maghiară de la București din iulie 2007, s-a hotărât abordarea domeniilor cheie de îngrijorare. Aceste domenii au fost abordate prin prisma unui set de întrebări adresate de echipa maghiară în timpul ședinței; răspunsurile se găsesc în secțiunea 2 mai jos. Un al doilea aspect de îngrijorare l-a prezentat valorile foarte mari obținute prin Modelul de dispersii întocmit de partea maghiară – acesta este cuprins în secțiunea 3. Și, în sfârșit, un alt set de solicitări primite după ședință: echipa maghiară a cerut un exercițiu de modelare folosind ecuația modelului de dispersie. Astfel, Prof. Steve Chapra a realizat o nouă versiune a modelului matematic de dispersie care include comportamentul dispersiei, efectele diluției cauzate de afluenți, cât și procesele chimice de descompunere. Acest model matematic de dispersie este rezolvat numeric și cuprinde un set de scenarii efectuate pentru a adresa chestiunile legate de poluare.

2. RĂSPUNSURI LA ÎNTREBĂRILE ADRESATE DE PARTEA MAGHIARĂ ÎN CADRUL ȘEDINȚEI DIN IULIE

Întrebarea 1- lipsa calibrării modelului INCA

Răspuns

Modelul INCA a fost calibrat pe baza datelor asupra calității apei și a debitului din bazinele superioare și bazinul principal. Datele analizate despre calitatea apei au fost obținute în cadrul programului de prelevare de lungă durată efectuat de RMGC și de la autoritățile locale. Tabelele cu rezultatele modelului comparate cu datele analizate, cât și graficele șirurilor de date hidrologice detaliate sunt prezentate în raport.

În ceea ce privește cianura, bine-nțeles că nu există date de comparație din bazinul Mureș, pentru că nu există descărcări în râu. Totuși, modelul a fost întocmit pentru evenimentul de la Baia Mare și arată că modelul poate reproduce concentrațiile de cianură ce au apărut în timpul acestui incident de poluare. Acesta arată că modelul reproduce procesele de amestecare, diluție și degradare din râu.

Există multă literatură ce tratează scurgerile de ape acide (vezi lista acestor lucrări în raportul de modelare) și există un consens la nivel mondial asupra pierderea rapidă a metalelor în apele din aval de mine, deoarece procesele de oxigenare oxidează rapid metalele. Coeficienții de flux utilizați în acest model sunt în conformitate cu această înțelegere.

Este foarte important să încorporăm toți factorii ce ar afecta calitatea apei din râuri. Acești factori includ procesele de amestec și dispersie, efectele diluției prin afluența apei în aval, cât și efectele de descompunere chimică. Concentrațiile în aval sunt determinate de combinarea tuturor acestor factori.

Întrebarea 2- Modelul nu este descris în totalitate

Răspuns

Modelul INCA este descris în totalitate în raportul modelării (vezi paginile 10-21 și 37-53). Documentele INCA la care se face referire în raportul principal Whitehead et al (1998) și Wade et al (2002) oferă o descriere suplimentară a modelului și aplicarea acestuia în cazul unor bazine hidrografice similare, mari. Modelul de dispersie folosit în analizele Monte Carlo este descris în totalitate în raport și este întocmit pe baza manualului Modelare standard a

calității apei, scris de Prof. Steve Chapra (Chapra, 1997). Estimarea coeficienților de dispersie este dificilă, dar ar fi imposibilă realizarea unui experiment asupra bazinelor Arieș și Mureș pentru măsurarea directă a acestora. Dată fiind mărimea râurilor și timpurile de reținere, numai un indicator radioactiv ar aduce rezultate exacte, dar acest instrument nu este acceptabil din punctul de vedere al protecției mediului. Dezbateri asupra acestui aspect sunt prezentate în secțiunea 5 din această Anexă. Fără măsurători directe, coeficienții de dispersie sunt întotdeauna estimați folosind formule empirice. Formula empirică realizată și testată de Prof. Roger Falconer și echipa acestuia din cadrul Universității Cardiff este probabil cea mai bună relație ce se poate folosi; această formulă este publicată într-un jurnal internațional de referință. Cu toate acestea, secțiunea 4 a acestei anexe, prezintă o metodă alternativă ce este fundamentată pe metoda clasică a lui Fisher. Incertitudinea inevitabilă în estimarea coeficienților de dispersie este abordată cu ajutorul metodei Monte Carlo și prin identificarea unei game de coeficienți de dispersie. 5000 de simulări consecutive au permis studierea unei game complete de coeficienți de dispersie posibili. Acest număr depășește majoritatea studiilor întreprinse pentru majoritatea modelelor de dispersie pentru identificarea dificultății în estimarea coeficienților de dispersie.

Întrebarea 3- solicitare de detalii pentru toate modelele

Răspuns

Toate aceste detalii sunt cuprinse în raport și documentele atașate acestuia. Detalii suplimentare asupra activității de modelare a dispersiei sunt incluse în secțiunea 3 mai jos.

Întrebarea 4- solicitare de detalii pentru rularea scenariului fiecărui model

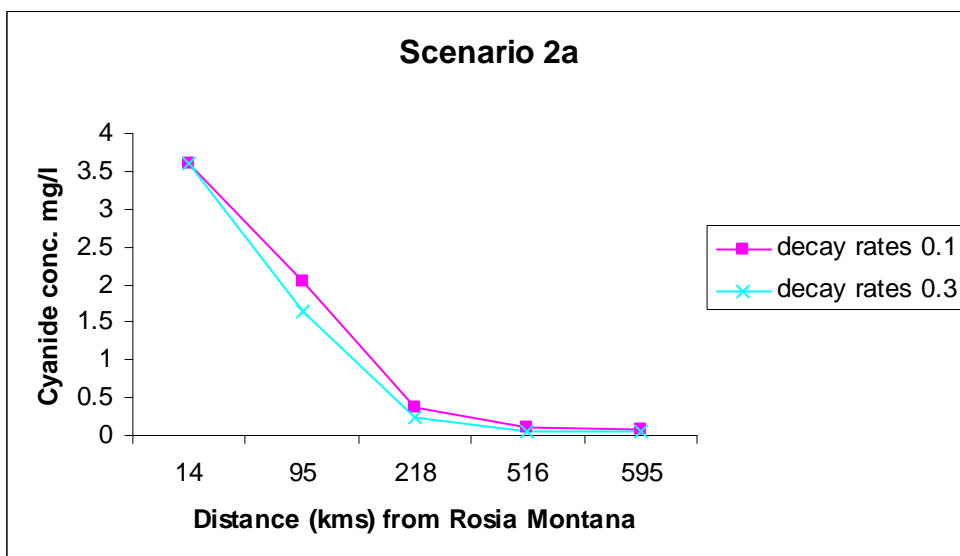
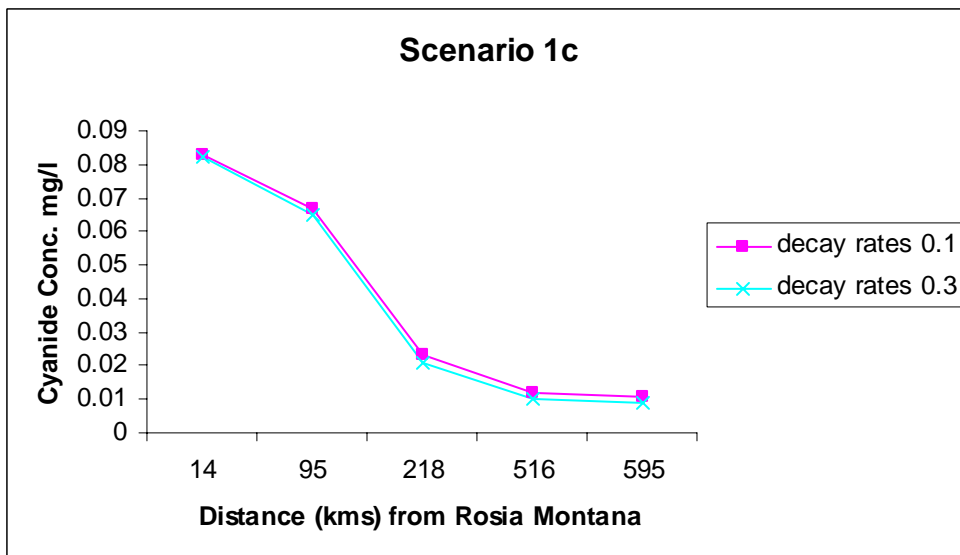
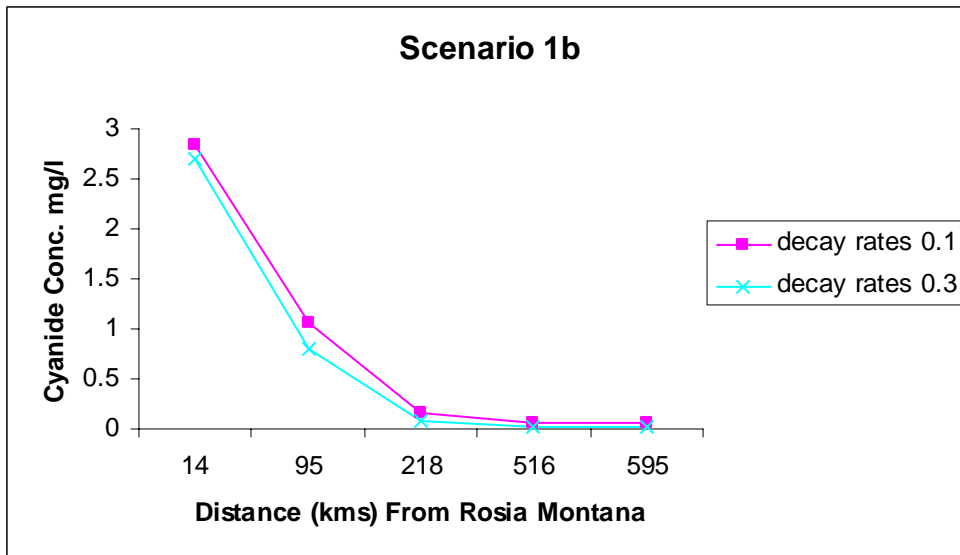
Răspuns

Raportul prezintă o listă ce conține, pentru fiecare scenariu, debitul de descărcare; aceste date, împreună cu concentrațiile din iaz, definesc datele de intrare folosite pentru modele. În mod caracteristic, valoarea m_p din ecuația de dispersie, Monte Carlo, este de ordinul 800 g m^{-2} și arată cantitățile ridicate rezultate din ruperea iazului. De vreme ce aceste cantități pot fi mari, concentrațiile de CN din iaz sunt relativ scăzute (a se vedea Tabelele din raportul principal). Aceste concentrații scăzute de cianură din iaz sunt extrem de importante pentru a înțelege concentrațiile mai scăzute din avalul râului, deoarece concentrațiile din iaz sunt supuse unui complex de procese de dispersie, apoi diluării cauzate de afluenții râului și, în plus, descompunerii chimice. Acest aspect este reluat în secțiunea 5 unde se prezintă informații suplimentare legate de modelarea dispersiei.

Întrebarea 5 – detalii ale graficelor longitudinale pentru toate scenariile

Răspuns

Iată graficele pentru scenariile suplimentare.



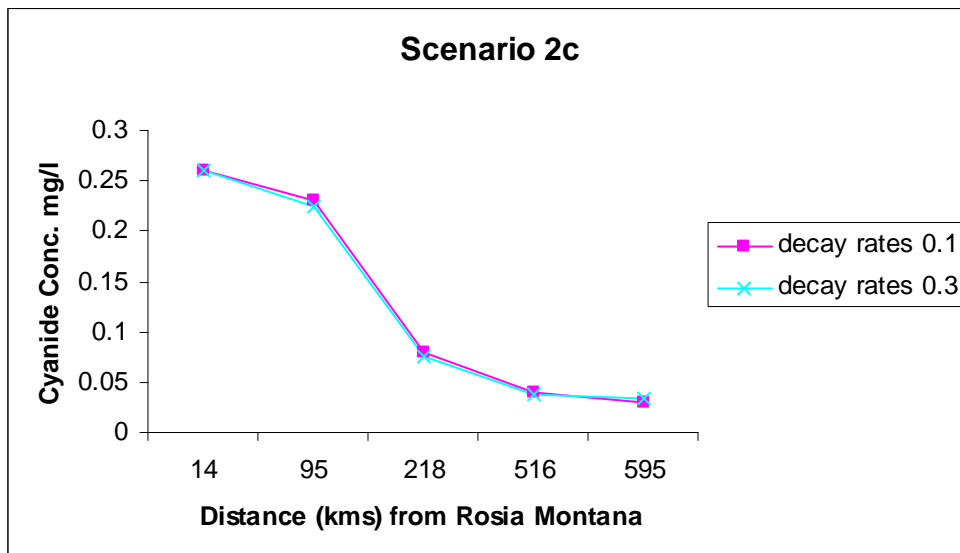
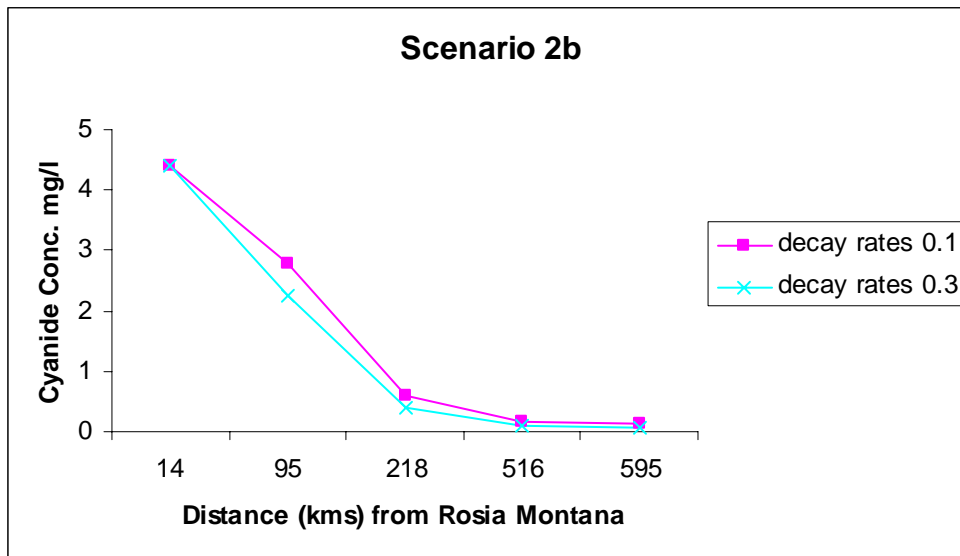


Figura 1-6 Profile simulate ale concentrației CN de-a lungul bazinului hidrografic folosind modelul INCA pentru gama de scenarii cuprinse în raportul principal

Întrebarea 6 – interpretarea rezultatelor din scenariul de debite mici

Studiul EIM a avut în vedere scenariile de caz cel mai grav. Scenariul de debite mici nu a fost luat în calcul deoarece – cu două evenimente de precipitații maxime posibile successive, urmat de un eveniment de inundații semnificative, râul nu ar avea debit mic. Cu toate acestea, dat fiind îngrijorarea exprimată, s-a hotărât studierea situației de debit mic prin modelul de dispersie; prezentate în secțiunea 5.

3 STUDIUL MODELULUI PREZENTAT DE PARTEA MAGHIARĂ

Rezultatele modelului de dispersie realizat de partea maghiară au fost prezentate în cadrul ședinței din iulie. Aceste rezultate au arătat concentrații foarte ridicate (de 27mg/l și peste) în râu, aval de iaz, (Jolánkai, 2007). Aceste nivele sunt mult prea mari, deoarece concentrațiile

din iaz, așa cum sunt prezentate în Studiul EIM și în Raportul la modelarea calității apei realizat de Prof. Whitehead (2007) acestea sunt de 4 mg/l. E pur și simplu imposibil ca aceste concentrații să crească în aval de iaz contrar legilor elementare ale chimiei. Cu toate acestea, modelele de dispersie pot genera concentrații ridicate incorecte dacă se presupune că masa totală ajunge în râu instant sau într-o perioadă foarte scurtă de timp. Acest efect poate fi demonstrat folosind un model de dispersie fundamental așa cum este cel menționat în raportul la modelarea calității apei și folosit de Prof. Jolánkai. Figura 7 arată concentrațiile de CN de-a lungul râului în cazul unei descărcări de 29.4 tone de cianură din iaz. Acest caz este echivalentul scenariului 2b cu 5880800 metri cubi de apă cu o concentrație de 5 mg/l. Coeficienții de viteză și dispersie sunt de 1 m/sec și respectiv de 82 m²/sec, pentru simulări; în Figura 7 sunt prezentate 3 rezultate pentru o rată de descompunere de 0, 0.1 și 0.3 zile⁻¹. Simulările arată concentrații ridicate la început, mult mai mari decât în iaz, iar acest lucru este o capodoperă a modelului datorită presupunerii de descărcare instantanee.

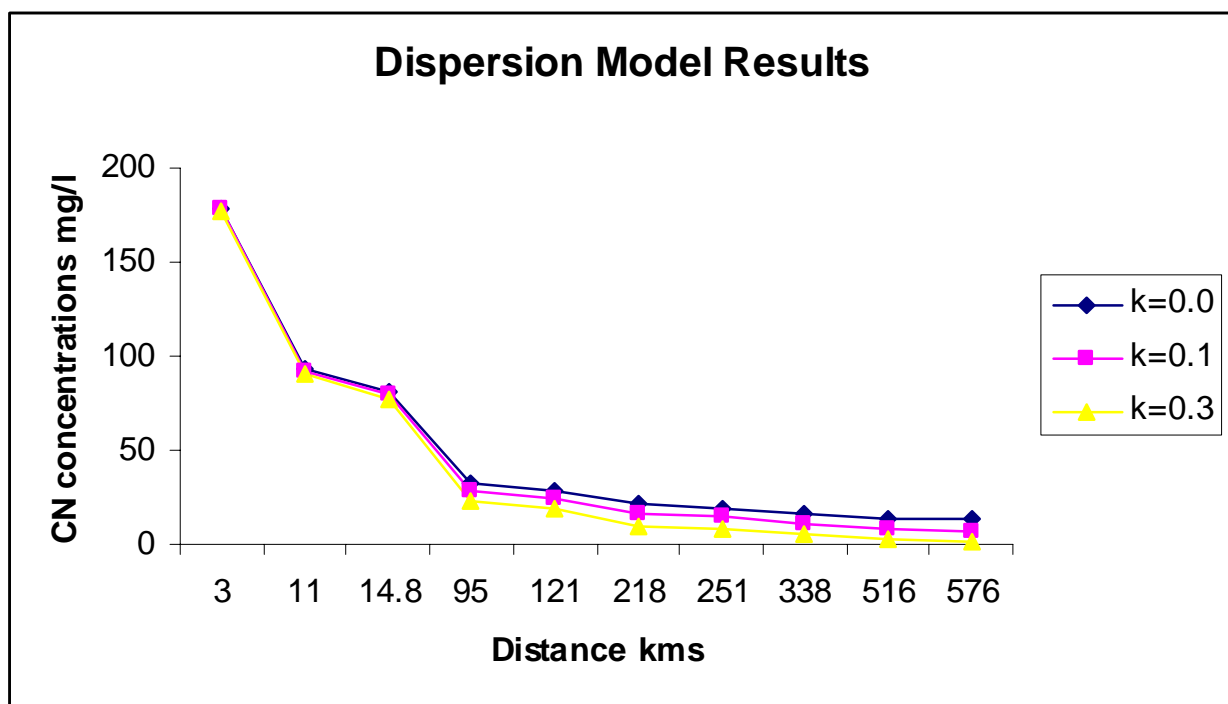


Figura 7 Simulare a concentrațiilor de cianură ridicate, generate greșit de modelul de dispersie prin folosirea condiției inițiale de descărcare instantanee.

4 UN NOU MODEL DE DISPERSIE PENTRU SIMULAREA DEVERSĂRILOR DE SUBSTANȚE POLUANTE.

Pentru simularea numerică a transportului și sorții unei deversări de substanțe poluante în râu s-a realizat un nou model. Acest model se bazează pe ecuația clasică a dispersiei, cum a fost cerută în mod expres de echipa maghiară, dar include și efectele diluției generată de afluenții râului, cât și orice procese de descompunere chimică ce pot să apară în bazinul hidrografic. Modelul presupune ca pantele laterale și verticale sunt minime și astfel substanțele poluante se pot descompune conform cineticii ecuației diferențiale.

Segmentare

Pentru a deriva o soluție numerică, râul este împărțit într-o serie de sectoare, după cum este prezentat în Figura 8. Aceste sectoare reprezintă segmente de râu ce au caracteristici hidrogeometrice constante. La rândul lor, aceste sectoare sunt împărțite într-o serie de elemente de calcul de lungime egală. Elementele reprezintă unitățile fundamentale pentru care sunt scrise și rezolvate bilanțurile de apă și masă.

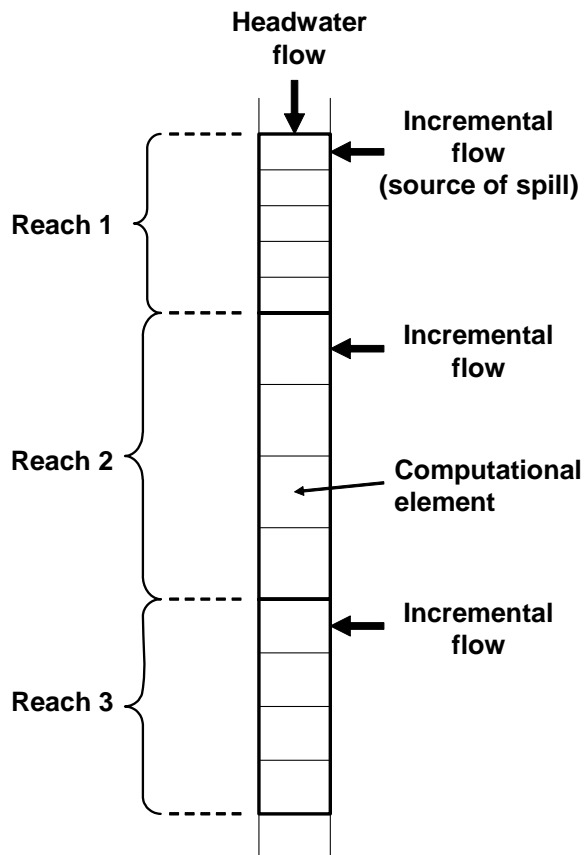


Figura 8 Schema de segmentare a modelului deversării care arată sectoarele de râu împărțite în elemente de calcul de mărime egală. În plus, sunt descrise fluxurile externe ale sistemului.

Pe scurt, nomenclatorul utilizat pentru descrierea modului în care modelul deversării organizează topologia râului este următorul:

- Sector. O lungime de râu cu caracteristici hidraulice constante.
- Element. Unitatea de calcul fundamentală a modelului ce este formată dintr-o subdiviziunea de lungime egală a sectorului.

Bilanțul debitului inițial

Pentru fiecare element al modelului se implementează un bilanț pentru debit stabil. Pentru primul element din sector. Bilanțul debitului este scris astfel: (vezi Figura 9)

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} \quad (1)$$

unde Q_i = efluxul din elementul i în elementul din aval $i + 1$ (m^3/s), Q_{i-1} = aflux din elementul din amonte $i - 1$ (m^3/s), iar $Q_{in,i}$ este afluxul adițional în element din sursele permanente și nepermanente în lungul lungimii sectorului (m^3/s). Astfel, efluxul din aval al primului element este pur și simplu suma afluxului din amonte și debitului adițional. Pentru alte elemente ale sectorului, $Q_{in,i} = 0$ și, prin urmare, afluxul este egal cu efluxul: $Q_i = Q_{i-1}$.

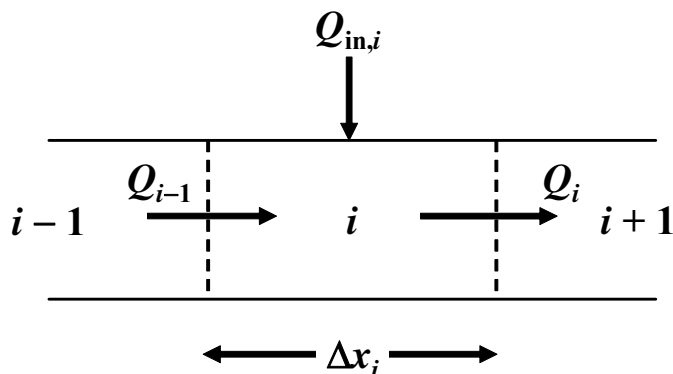


Figura 9 Bilanțul debitului pentru primul element din sector.

Adâncimea, Viteza și alți Parametri Hidraulici

De îndată ce efluxul pentru fiecare element este calculat, urmează calcularea adâncimii, H_i (m), și vitezei, U_i (m/s), într-una din cele două modalități: curbele debitelor măsurate și ecuația Manning.

Curbe măsurate

Curbele de debit măsurate în forma ecuațiilor exponențiale sunt folosite pentru a relaționa viteza medie și adâncimea cu debitul fiecărui element,

$$U_i = aQ_i^b \quad (2)$$

$$H_i = \alpha Q_i^\beta \quad (3)$$

unde U_i = viteza medie pe profil transversal în aval de elementul i (m/s), H_i = adâncimea medie al elementului i (m), iar a , b , α și β sunt coeficienți empirici ce se determină din curba viteza - descărcare și respectiv curba nivel - descărcare. A se nota că suma dintre b și β trebuie să fie mai mică sau egală cu 1. Dacă nu e așa, atunci lățimea va descrește pe măsură ce crește debitul. Dacă suma acestora este 1, atunci canalul este de formă dreptunghiulară.

După ce viteza și adâncimea unui element sunt calculate cu ajutorul Ecuațiilor (2) și (3), pot fi folosite pentru a calcula alte caracteristici hidrogeometrice cerute. De exemplu, viteza poate fi înlocuită în ecuația continuității ($Q_i = U_i A_{c,i}$) pentru a determina zona/aria transversală a elementului (m^2),

$$A_{c,i} = \frac{Q_i}{U_i} \quad (4)$$

Aria poate fi direct legată de debit înlocuind Ecuația (2) în Ecuația (4) pentru a obține

$$A_{c,i} = \frac{Q_i}{aQ_i^b} = \frac{1}{a} Q_i^{1-b} \quad (5)$$

Lăţimea medie (m), perimetrul udat (m), şi volumul (m³) urmează

$$B_i = \frac{A_{c,i}}{H_i} \quad (6)$$

$$P_i = B_i + 2H_i \quad (7)$$

$$V_i = B_i H_i \Delta x_i \quad (8)$$

unde Δx_i = lungimea elementului (m).

Pe lângă calcularea caracteristicilor hidrogeometrice ca funcţie a debitului, curbele de debit pot fi folosite şi pentru a efectua calculele invers. Astfel, dat fiind volumul, pot fi folosite şi pentru a calcula debitul, adâncimea, viteza, aria, lăţimea şi perimetrul udat. Deoarece se cunoaşte Δx , prima dată determinăm suprafaţa secţiunii transversale, astfel

$$A_{c,i} = \frac{V_i}{\Delta x_i} \quad (9)$$

Debitul poate fi apoi evaluat rezolvând ecuaţia (5) pentru

$$Q_i = a^{1/(1-b)} A_c^{1/(1-b)} \quad (10)$$

De îndată ce se cunoaşte debitul, se pot folosi ecuaţiile (2), (3), (6) şi (7) pentru a calcula U_i , H_i , B_i , şi P_i .

Ecuatia Manning

Fiecare element dintr-un anume sector este idealizat ca fiind un canal trapezoidal (Figura 10). Pentru astfel de canale, ecuaţia Manning poate fi folosită pentru a exprima relaţia dintre debit şi adâncime astfel

$$Q_i = \frac{S_{0,i}^{1/2}}{n_i} \frac{A_{c,i}^{5/3}}{P_i^{2/3}} \quad (11)$$

unde $S_{0,i}$ = panta de fund (m/m), n_i = coeficientul de rugozitate Manning, $A_{c,i}$ = suprafaţa secţiunii transversale (m²), şi P_i = perimetrul udat (m).

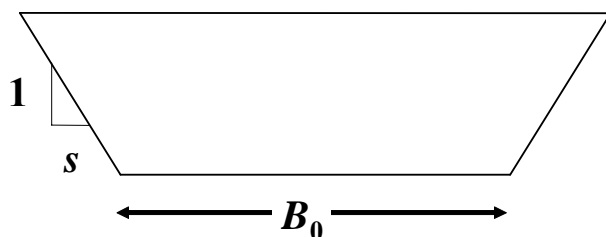


Figura 10 Secțiune transversală a canalului trapezoidal, indicând parametrii necesari pentru definirea unică a geometriei: B_0 = lățimea fundului, s = pantă laterală.

Suprafața secțiunii transversale și perimetrul udat se calculează astfel

$$A_{c,i} = (B_{0,i} + s_i H_i) H_i \quad (12)$$

$$P_i = B_{0,i} + 2H_i \sqrt{s_i^2 + 1} \quad (13)$$

unde $B_{0,i}$ = lățimea fundului (m), și s_i = panta laterală după cum se arată în Figura 10 (m/m). Înlocuind ecuațiile (12) și (13) în (11) rezultă

$$Q_i = \frac{1}{n_i} \frac{[(B_{0,i} + s_i H_i) H_i]^{5/3}}{[B_{0,i} + 2H_i \sqrt{s_i^2 + 1}]^{2/3}} S_{0,i}^{1/2} \quad (14)$$

Date fiind valorile pentru Q , B_0 , S_0 , n și s , Ecuația (14) este o ecuație neliniară cu o singură necunoscută (H) ce poate fi reformulată astfel

$$f(H_i) = \frac{1}{n_i} \frac{[(B_{0,i} + s_i H_i) H_i]^{5/3}}{[B_{0,i} + 2H_i \sqrt{s_i^2 + 1}]^{2/3}} S_{0,i}^{1/2} - Q_i \quad (15)$$

Rădăcina (cum ar fi, valoarea adâncimii ce ar face ca rezultatul ecuației să fie zero) este adâncimea sectorului. Se poate arăta că rădăcina poate fi determinată eficient prin înlocuiri succesive (Chapra and Canale 2006) folosind următoarea formulă iterativă,

$$H_{i,k} = \frac{(Q_i n_i)^{3/5} (B_{0,i} + 2H_{i,k-1} \sqrt{s_i^2 + 1})^{2/5}}{S_{0,i}^{3/10} [B_{0,i} + s_i H_{i,k-1}]} \quad (16)$$

unde $k = 1, 2, \dots, n$, unde n = numărul repetărilor. Dacă se consideră o valoare inițială de $H_{i,0} = 0$, această abordare este convergentă tuturor canalelor naturale (Chapra and Canale 2006). Aplicarea acestei metode se termină când eroarea estimată ajunge sub valoarea specificată de 0.001%. Eroarea estimată se calculează astfel

$$\varepsilon_{a,i} = \left| \frac{H_{i,k+1} - H_{i,k}}{H_{i,k+1}} \right| \times 100\% \quad (17)$$

De îndată ce se cunoaște adâncimea, suprafața secțiunii transversale și perimetrul udat sunt calculate cu ajutorul Ecuațiilor (12) și (13), iar viteza poate fi determinată prin ecuația continuității,

$$U_i = \frac{Q_i}{A_{c,i}} \quad (18)$$

Lățimea medie a elementului, B_i (m), e apoi calculat astfel

$$B_i = \frac{A_{c,i}}{H_i} \quad (19)$$

lățimea maximă, $B_{1,i}$ (m), astfel

$$B_{1,i} = B_{0,i} + 2s_i H_i \quad (20)$$

iar volumului elementului astfel

$$V_i = B_i H_i \Delta x_i \quad (21)$$

Cum a fost cazul curbelor de evoluție determinate, ecuația Manning se poate aplica pentru a efectua calculele inverse. Dacă se dă volumul, suprafața secțiunii transversale se poate afla cu ajutorul Ecuației (9). Adâncimea se determină prin reformularea Ecuației (12) ca ecuație de gradul doi,

$$s_i H_i^2 + B_{0,i} H_i - A_{c,i} = 0 \quad (22)$$

Rădăcina pozitivă a acestei ecuației produce adâncimea¹

$$H_i = \frac{2A_{c,i}}{B_{0,i} + \sqrt{B_{0,i}^2 + 4s_i A_{c,i}}} \quad (23)$$

Lățimea medie și debitul sunt calculate cu ajutorul Ecuațiilor (19) și respectiv (14), iar viteza rezultă apoi din Ecuația (18).

Dinamica bilanțului apei

După ce volumele inițiale au fost determinate, programul (software) generează o soluție numerică a ecuației continuității uni-dimensionale,

$$\frac{\partial A_c}{\partial t} = -\frac{\partial Q}{\partial x} \quad (24)$$

Ecuația (24) poate fi exprimată în formă numerică scriind bilanțul de apă pentru fiecare element pentru a obține

$$\frac{dV_i}{dt} = Q_{i-1} + Q_{i,in} - Q_i \quad (25)$$

unde Q_i este efluxul care este calculat ca funcție a volumului, după este descrisă în secțiunea anterioară. Ecuația (25) se rezolvă numeric după cum va fi descris în secțiunea următoare.

¹ Această versiune a formulei ecuației de gradul doi împiedică împărțirea la zero pentru canalele dreptunghiulare (cum ar fi lățimea $s_i = 0$).

Dispersia

Dispersia poate fi ori prescrisă de utilizator, ori calculată. Pentru cel de-al doilea caz, pe baza evaluării Rutherford (1994) există trei ecuații derivate empiric pentru calcularea dispersiei longitudinale de la granița din aval, dintre două elemente.

Fischer et al. (1979):

$$E_{p,i} = 0.011 \frac{U_i^2 B_i^2}{H_i U_i^*} \quad (26)$$

unde $E_{p,i}$ = dispersia longitudinală între elementele i și $i + 1$ (m^2/s), iar U_i = viteza medie a elementului i (m/s), B_i = lățimea medie (m), H_i = adâncimea (m), iar U_i^* = viteza tangențială (m/s), ce se referă la caracteristici mai fundamentale prin

$$U_i^* = \sqrt{g H_i S_{0,i}} \quad (27)$$

unde g = accelerația gravitațională ($= 9.81 \text{ m/s}^2$) și $S_{0,i}$ = panta de fund (m/m).

Liu (1979):

$$E_{p,i} = 0.18 \left(\frac{U_i^*}{U_i} \right)^{1.5} \frac{Q_i^2}{U_i^* R_h^3} \quad (28)$$

unde R_h = raza hidraulică (m), egală cu raportul dintre suprafața secțiunii transversale și perimetrul udat.

McQuivey și Keefer (1974):

$$E_{p,i} = 0.058 \frac{Q_i}{S_i B_i} \quad (29)$$

Această formulare este limitată sistemelor cu numere Froude ($F = U / \sqrt{gH}$) mai mici de 0.5. Dacă această constrângere este depășită, atunci programul afișează automat un mesaj de eroare și se închide.

Bilanțul de masă

Programul generează o soluție numerică pentru ecuația uni-dimensională de transport în fluid-dispersie-reacție,

$$\frac{\partial c}{\partial t} = - \frac{\partial Uc}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(E \frac{\partial c}{\partial x} \right) - kc \quad (30)$$

unde c = concentrația (mg/L), t = timpul (s), U = viteza (m/s), x = distanța (m), E = dispersia (m^2/s), and k = indicele ratei de degradare (d^{-1}).

Ecuția (30) poate fi exprimată în formă numerică scriind bilanțul masei pentru fiecare element, așa cum arată Figura 11. Pentru a lua în calcul neuniformitatea, cât și pentru a conserva masa, fluxurile dintre elemente sunt specificate atât pentru partea de aval, cât și pentru partea de amonte, pentru a obține,

$$\frac{\partial M_i}{\partial t} = \left(UA_c c - EA_c \frac{\partial c}{\partial x} \right)_{i-1,i} - \left(UA_c c - EA_c \frac{\partial c}{\partial x} \right)_{i,i+1} - kV_i c_i \quad (31)$$

unde M_i = masa de substanțe poluante în elementul i (g) = $V_i c_i$.

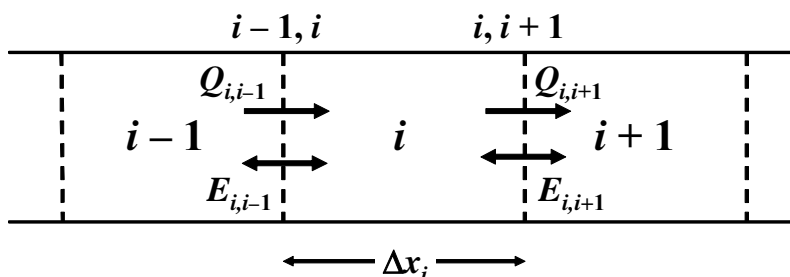


Figura 11 Canal uni-dimensional împărțit într-o serie de elemente.

Presupunând concentrațiile la fiecare interfață ca fiind egale cu elementul din amonte (cum ar fi o diferență inversă sau “în amonte”), și folosind diferențe centrate pentru gradientul de debit,

$$\frac{dM_i}{dt} = W(t) + Q_{i-1,i} c_{i-1} - Q_{i,i+1} c_i + E_{i-1,i} A_{c,i-1,i} \frac{c_i - c_{i-1}}{\Delta x_{i-1,i}} - E_{i,i+1} A_{c,i,i+1} \frac{c_{i+1} - c_i}{\Delta x_{i,i+1}} - kV_i c_i \quad (32)$$

unde $W(t)$ = rata de încărcare a masei (g/s), $Q_{j,k}$ = fluxul de la elementul j la elementul k (m^3/s), $E_{j,k}$ = dispersia între elementele j și k (m^2/s), iar $\Delta x_{j,k}$ = lungimea între centrul elementelor j și k (m), unde

$$\Delta x_{j,k} = \frac{\Delta x_j + \Delta x_k}{2} \quad (33)$$

unde Δx_i = lungimea elementului i (m). Această ecuație poate fi apoi scrisă pentru toate elementele și integrate numeric pentru a obține soluția.

Metoda Soluției

Ecuția (25) și (32) se rezolvă numeric prin metoda Euler după cum urmează:

Pasul 1: Se determină și se salvează valorile inițiale pentru toate elementele,

Pasul 2: Se calculează derivatele din Ecuțiile (25) și (33).

Pasul 3: Se calculează noile volume și mase cu ajutorul metodei Euler:

$$V_i(t + \Delta t) = V_i(t) + \frac{dV_i(t)}{dt} \Delta t$$

$$M_i(t + \Delta t) = M_i(t) + \frac{dM_i(t)}{dt} \Delta t$$

Pasul 4: Se calculează noile efluxuri pentru fiecare element ca funcție a noilor lor volume.

Pasul 5: Se calculează alți parametri hidraulici.

Pasul 6: Se calculează noile concentrații: $c_i = M_i/V_i$

Pasul 6: Variația timpului: $t = t + \Delta t$.

Pasul 7: Se salvează noile valori.

Pasul 8: Dacă $t \geq$ timpul final, exit la pasul 10

Pasul 9: Se trece înapoi la Pasul 2

Pasul 10: Afișarea rezultatelor.

În absența dispersiei numerice, soluția hidraulică menționată este similară cinematicii valului. Cu toate acestea, datorită utilizării diferenței de timp de înaintare și diferența spațiului de întoarcere, se prezintă dispersia numerică și, prin urmare, este mai asemănătoare soluției difuziei valului. Tehnici cum este metoda Muskingum-Cunge încearcă să diminueze astfel de efecte prin alegerea judicioasă a pasului Timp al soluției astfel că dispersia numerică aproximează difuzia curentă prezentată de către valurile supuse efectelor gravitației.

În același fel, soluția de masă generează și dispersia numerică adițională. În ceea ce privește hidraulica, se poate alege pasul Timp pentru a încerca egalarea dispersiei numerice cu dispersia actuală.

Din păcate, este nevoie de pași Timp diferiți pentru soluții hidraulice și de masă. Mai mult, deoarece sistemul studiat cuprinde o gamă largă de fluxuri și viteze, Pasul de timp optim va fi mult diferit raportat la spațiu. Următoarea schemă încearcă să minimizeze impactul ambelor efecte, folosind un singur pas Timp.

Pentru soluția de masă, dispersia totală generată va fi formată din modelul dispersiei, E_i , împreună cu unele dispersii numerice suplimentare, $E_{n,i}$. Astfel, pentru că dorim ca soluția să aibă dispersia fizică corectă (de exemplu, fie specificată de utilizator, fie calculată cu ajutorul Ecuațiilor 26 - 29), $E_{p,i}$, dorim ca

$$E_{p,i} = E_i + E_{n,i} \quad (34)$$

Pentru relaționarea dispersiei numerice cu pașii de spațiu și timp se poate utiliza o extensie a seriei Taylor (Chapra 1997) astfel

$$E_{n,i} = 0.5U_i\Delta x_i - 0.5U_i^2\Delta t \quad (35)$$

Înlocuind ecuația (35) în (34) și rearanjând produsul

$$E_i = E_{p,i} - 0.5U_i\Delta x_i + 0.5U_i^2\Delta t \quad (36)$$

Prin urmare, pentru a obține acuratețe, dispersia folosită în model, E_i , este automat egalată cu dispersia dorită, $E_{p,i}$, minus dispersia numerică, $E_{n,i}$.

Există două constrângeri în ceea ce privește stabilitatea. Prima, o constrângere a pozitivității spațiale ce poate fi formulată astfel

$$\Delta x_i < \frac{2E_i}{U_i} \quad (37)$$

Această constrângere garantează soluții pozitive.

În plus, pasul Timp este constrâns în conformitate cu

$$\Delta t < \frac{\Delta x_i^2}{U_i \Delta x_i + 2E_i + k \Delta x_i^2} \quad (38)$$

unde, în partea dreaptă, este timpul de reținere al elementului (s). Acesta este analogul condiției Courant pentru Ecuația (32). Aceste criterii pot fi utilizate pentru a întocmi procedura soluției ce maximizează acuratețea și garantează stabilitatea după cum sunt descrise în continuare.

Prima dată, utilizatorul specifică mărimea maximă dorită a lungimii elementului pentru fiecare sector. Apoi, se utilizează ecuația (37) pentru a determina mărimea maximă permisă pe baza vitezei și dispersiei; de exemplu, folosind $E_i = E_{p,i}$. Dacă mărimea dorită este mai mare decât mărimea permisă, atunci lungimea elementului este stabilită la mărimea permisă. Altfel, lungimea elementului este stabilită la mărimea maximă dorită. Lungimea dorită a elementului este apoi împărțită la lungimea sectorului, iar rezultatul este rotunjit pentru a determina numărul de elemente pentru fiecare sector.

Apoi se utilizează ecuația (38) pentru a determina timpul maxim admis pentru fiecare sector. Minimum pentru acești pași de timp este apoi preluat ca pas de timp calculabil pentru întregul sistem.

La sfârșit, acest pas Timp, împreună cu mărimea elementului, este înlocuit în ecuația (35) pentru a calcula dispersia numerică. Dacă rezultatul este mai mic decât dispersia fizică, atunci se utilizează ecuația (36) pentru a calcula coeficientul de dispersie ce trebuie introdus în model.

5 APLICAREA MODELULUI DE DISPERSIE LA BAZINUL HIDROGRAFIC ARIES-MURES

Modelul de dispersie realizat de către Prof. Chapra a fost utilizat pentru a simula o gamă de scenarii în cazurile cele mai defavorabile. Există două cazuri extreme de condiții climatice ce pot crea condițiile cele mai defavorabile, acestea fiind, în primul rând, un incident asociat cu topirea zăpezilor sau precipitații abundente în zona montană din Roșia Montană în perioadă de debite mici și, în al doilea rând, precipitații (ploaie sau zapadă) abundente când râurile prezintă condiții de inundație. În primul caz – debit mic – diluția este scăzută, iar timpul de trecere este relativ mare datorită vitezei scăzute a apei, pe când, în cel de-al doilea caz, debitele mari generează o diluție semnificativă, dar vitezele sunt mari cu timp de trecere mic de-a lungul râului. Există, de asemenea, două tipuri de incidente. Primul este evenimentul de tipul celui petrecut la Baia Mare, când precipitațiile abundente au crescut semnificativ nivelul apei din iaz, determinând revărsare. Al doilea tip este asociat unei ruperi semnificative a

peretelui barajului combinată cu o deversare bruscă de apă poluată. În acest studiu sunt avute în vedere ambele tipuri de incidente.

5.1 Stabilirea modelului râului

Majoritatea caracteristicilor de detaliu ale bazinului hidrografic au fost deja descrise în raportul principal întocmit de Prof. Whitehead (2007). În esență, modelul de dispersie a fost stabilit în același fel ca modelul INCA, de la locul propus pentru iaz în cadrul bazinului Corna, în amonte de Abrud, până la râul Arieș și apoi râul Mureș, până la granița cu Ungaria, la Nădlac. Informațiile legate de nivele, pante, locația sectoarelor etc sunt date în raportul principal. Cu toate acestea, Tabelul 1 prezintă informații suplimentare pentru viteză și adâncime în condiții de debit mare, mediu și mic, iar Tabelul 2 sumarizează condițiile de debit mic (cu 95% probabilitate), debit mare (5% probabilitate) ce au fost utilizate în rularea modelului.

RÂU	Aries	Aries	Mures	Mures	Mures
Locația	Campeni	Baia de Aries	Ludus	Alba Iulia	Branisca
Debit	Adâncime m	Adâncime m	Adâncime m	Adâncime m	Adâncime m
debite mari	2.72	3.53	5.36	3.00	4.70
debite medii	0.50	0.76	1.13	1.25	1.55
debite mici	0.23	0.38	0.37	0.60	0.43
	Viteza m/sec	Viteza m/sec	Viteza m/sec	Viteza m/sec	Viteza m/sec
debite mari	2.69	2.75	1.20	1.65	1.86
debite medii	1.72	1.58	0.98	1.20	1.25
debite mici	0.37	0.21	0.18	0.37	0.48

Tabel 1 Informații despre adâncimea și viteza în diferite locații, în diferite condiții de debit

Râu	Locația sectorului	Q m³/sec 95% probabilitate	Q m³/sec 5% probabilitate
Abrud	Campeni	0.06	164
Aries	Campeni	0.96	320
Aries	Baia de Aries	1.44	455
Aries	Buru	1.64	610
Aries	Turda	1.66	640
Mures	Ludus	4.35	1020
Mures	Alba Iulia	9.5	1404
Mures	Gelmar	15.8	1436
Mures	Branisca	16.4	1458
Mures	Savarsin	17.1	1431
Mures	Nadlac	20.5	1404

Tabel 2 Condiții de debit mic și mare pentru râurile Abrud, Aries și Mures

Calculul vitezei

Un aspect cheie ar fi dacă se vor folosi informațiile despre adâncime și viteză înregistrate în Tabelul 1 pentru a estima timpurile de trecere din cadrul modelului sau se va folosi o formulă cum este ecuația Manning. Problema cu datele înregistrate este că acestea sunt disponibile numai pentru un număr limitat de locații de-a lungul râului. Bazinele hidrografice ale râurilor Abrud, Aries și Mures sunt râuri naturale complexe cu geometrie și debit variabil. Colectarea datelor de teren care să asigure nivelul de detaliu necesar, pentru o gamă de condiții de debit și pentru toate locurile de interes pe o distanță de peste 550km de râu, reprezintă o activitate majoră. Totuși, am folosit datele de adâncime și viteză pentru a crea ecuațiile de stabilire a dependenței între două variabile, ce le-am folosit în model pentru a simula transportul substanțelor poluante. În plus, am încorporat în model ecuația clasică Manning, astfel încât să poată fi utilizată pentru fiecare locație și în orice condiție de debit. Am comparat concentrațiile simulate folosind două tehnici diferite de estimare a vitezei. Tabelul 3 prezintă concentrațiile simulate de CN WAD (acid slab disociabil) folosind două tipuri de abordări. Rezultatele sunt, de fapt, foarte asemănătoare, și se consideră ca ambele abordări sunt acceptabile pentru aceste bazine hidrografice.

locația	Timp zile	Ecuția Manning Maxim concentrație CN mg/l	Ecuția de stabilire a dependenței dintre două variabile Maxim concentrație CN mg/l
Abrud	0.11759	0.33725	0.33472
Campeni	1.00815	0.17961	0.17934
Baia de Aries	1.03241	0.12778	0.12771
Turda	1.15444	0.09160	0.09152
Ocna Mures	1.32426	0.05789	0.05786
Albalulia	1.82537	0.04225	0.04225
Deva	2.46593	0.04132	0.04132
Savirsin	3.39611	0.04070	0.04070
Arad	3.72407	0.04014	0.04014
Nadlac	4.00315	0.03961	0.03961

Tabelul 3 Comparație între estimările de concentrație a cianurii simulată folosind și Ecuațiile de stabilire a dependenței între două variabile, și ecuațiile Mannings pentru condiții de debite mari.

Calculul coeficientului de dispersie

Un alt aspect asemănător este legat de modul de estimare a coeficienților de dispersie din bazinele hidrografice. Realizarea unor succesiuni de experimente cu soluții trasoare pentru a estima acești coeficienți pentru cele 3 râuri în peste 30 sectoare în cadrul unei game complete de condiții de debit este o acțiune majoră, ce necesită o durată de timp considerabilă pentru a fi finalizată. Probabil mai mulți ani pentru a acoperi întreaga gamă de condiții de debit cerute. De asemenea, există dificultăți practice semnificative. De exemplu, singurii trasori ce pot fi utilizați efectiv pentru a oferi diluție adecvată sunt fie Trasorii Radioactivi, fie Trasorii

fluorescenți cum este Rhodamine WT. Aceștia pot fi măsurați până la concentrație de microgram/litru. Cu toate acestea, în multe țări europene (cum ar fi UK), traserul Rhodamine a fost interzis din cauza problemelor de colorare a apei (traserul colorează apa în roșu aprins) și, de asemenea, există probleme potențiale de afectare a sănătății asociate Rodaminei. La fel există probleme de sănătate semnificative asociate trasorilor radioactivi. Un alt traser ce este utilizat frecvent este iodura de potasiu (Whitehead et al, 1986), ce poate fi și acesta măsurat până la concentrații scăzute. Totuși, acest traser este deseori absorbit în sedimente fine. Prin urmare, iodura se poate pierde în patul de sedimente sau în material în suspensie, și astfel acest traser poate da rezultate inexacte pentru experimentele cu trasoare pe sectoare lungi. În consecință, pentru bazinul hidrografic al râului Mureș, nu există o alternativă practică folosirii abordării matematice pentru estimarea coeficienților de dispersie. Dispersia se modifică tot timpul de-a lungul râului pe măsură ce se schimbă debitul, pe măsură ce se schimbă pantele, geometria și viteza. Astfel, coeficienții de dispersie trebuie calculați neaparat la fiecare pas de Timp. După cum a fost descris mai sus în secțiunea 4, modelul realizat de Chapra utilizează Metoda Fisher pentru a estima Coeficienții de dispersie (Chapra, 1997). Această abordare este folosită pentru a furniza cea mai bună estimare a coeficientului de dispersie în orice moment, pentru toate vitezele și toate locațiile.

5.2 ANALIZA SCENARIULUI – SIMULAREA TIPULUI DE EVENIMENT DE LA BAI A MARE

Raționamentul și realizarea Scenariului Baia Mare sunt prezentate la pagina 62 și 63 din raportul principal. În esență, în cazul unui eveniment de precipitații de tipul celui de la Baia Mare ar pune în funcțiune canalul deversor al barajului din Valea Corna, iar o dată la zece ani curgerile din canalul deversor ar avea un debit de $2.3 \text{ m}^3/\text{sec}$ care ar avea setul de concentrații ca cele prezentate în Tabelul 4, pentru condiții de vară și iarnă. A se observa că în tabelul și graficele de mai jos se presupune că descărcarea de apă prin intermediul deversorului are loc pe o perioadă de 12 ore, fiind o estimare rezonabilă a timpului de răspuns și durată a deversării în cazul unui eveniment de precipitații. Totuși, modelul este realizat astfel încât să poată simula durata oricărui eveniment de scurgere.

Tabele 5 și 6 prezintă rezultatele simulării pentru un eveniment de precipitații abundente presupunând condițiile cele mai defavorabile a unei descărcări în anul 17, an în care concentrația din spatele Barajului este cea mai mare. Tabele 5 și 6 prezintă condițiile de debit mic pentru evenimente ce apar în anotimpul de vară și, respectiv, de iarnă. În ambele cazuri, concentrațiile maxime de CN WAD la graniță sunt mici, deși simularea făcută pentru anotimpul vară arată concentrații mai mici datorită pierderii de CN, datorită volatilizării și degradării, după cum este detaliat în raportul principal. Coeficientul de descompunere este stabilit la 0.1 zile^{-1} , o valoare relativ mică. În esență, un timp de traversare de durată de peste 20 zile în condiții de vară asigură suficient timp pentru pierderea CN de-a lungul bazinului hidrografic. Tabelul 7 prezintă simularea în condiții de iarnă, cu debit mare. Concentrațiile maxime sunt în general mici datorită efectului mare de diluție a afluenților. Rezultatele simulării modelului pentru simulările de debit mic și debit mare sunt prezentate în Figura 12 și 13.

Scenariu ce presupune debit de descărcare de $2.3 \text{ m}^3/\text{sec}$ cu frecvență de 1 la 10 ani	Concentrația totală de CN în spatele barajului (mg/l)
Vară – starea inițială a barajului, anul 1	0.36
Vară – starea finală a barajului, anul 17	1.09
Iarnă – starea inițială a barajului, anul 1	1.09

Tabelul 4 Concentrațiile de CN din iaz în timpul evenimentului de la Baia Mare.

Sector	Timp de trecere zile	Concentrația CN mg/l
Abrud	0.501	0.888
Campeni	0.604	0.637
Baia de Aries	1.022	0.396
Turda	3.186	0.105
Ocna Mures	5.737	0.029
Albalulia	10.173	0.009
Deva	13.971	0.004
Savirsin	18.582	0.002
Arad	20.152	0.002
Nadlac	21.483	0.001

Tabelul 5 Maximul concentrațiilor simulate de CN WAD presupunând un eveniment de tipul celui de la Baia Mare, în condiții de debit mic, vara, iar barajul fiind în fază finală.

Sector	Timp de trecere zile	Concentrația CN mg/l
Abrud	0.501	2.659
Campeni	0.606	1.952
Baia de Aries	1.037	1.272
Turda	3.332	0.422
Ocna Mures	5.947	0.150
Albalulia	10.472	0.077
Deva	14.329	0.053
Savirsin	18.999	0.041
Arad	20.588	0.036
Nadlac	21.933	0.033

Tabelul 6 Maximul concentrațiilor simulate de CN WAD presupunând un eveniment de tipul celui de la Baia Mare, în condiții de debit mic, iarna, iar instalația de gestionare a sterilelor (iazul de decantare) fiind în fază finală.

Sector	Timp de trecere zile	Concentrația CN mg/l
Abrud	0.108	0.045
Campeni	0.122	0.045
Baia de Aries	0.509	0.023
Turda	0.533	0.016
Ocna Mures	0.692	0.012
Albalulia	0.976	0.007
Deva	1.684	0.005
Savirsin	2.350	0.005
Arad	3.237	0.005
Nadlac	3.815	0.005

Tabelul 7 Maximul concentrațiilor simulate de CN WAD presupunând un eveniment de tipul celui de la Baia Mare, în condiții de debit mare (Q5), iarna, iar barajul fiind în fază finală.

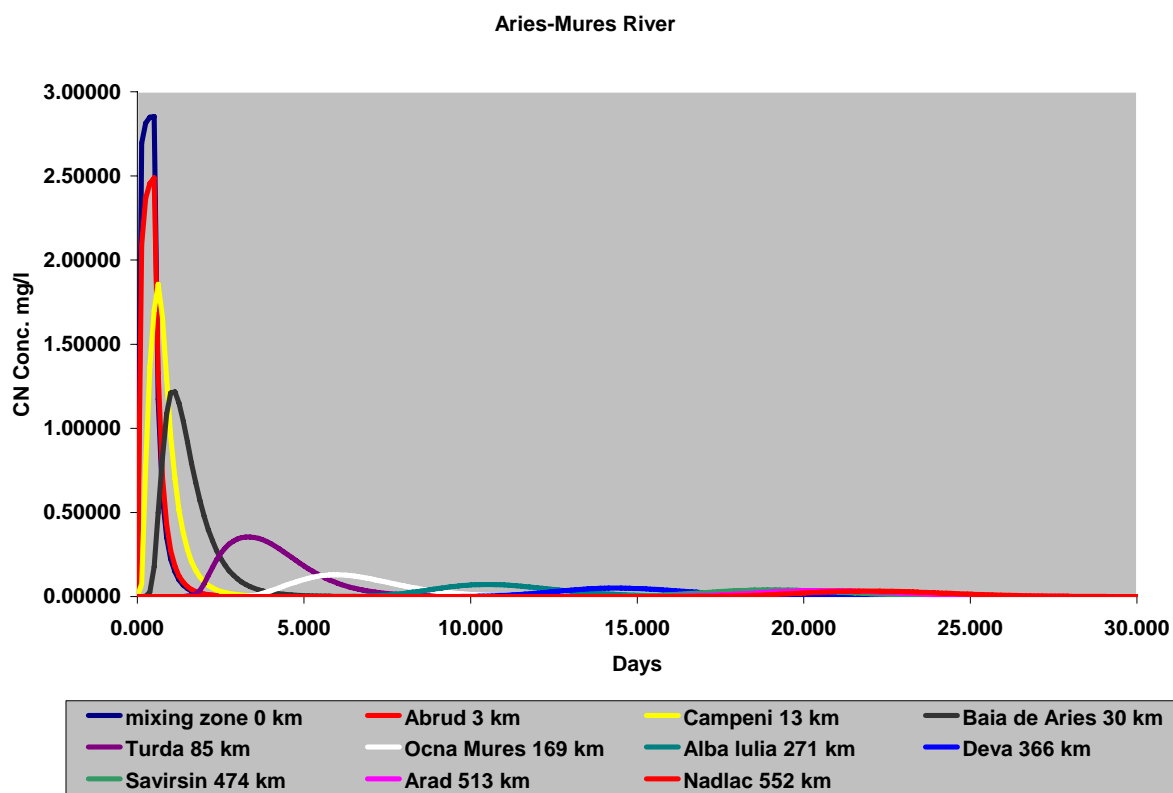


Figura 12 Simulare CN WAD pentru un eveniment de precipitații de tipul celui de la Baia Mare pentru bazinul hidrografic al râului Mureș, în condiții de iarna cu debit mic, iar instalația de gestionare a sterilelor (iazul de decantare) fiind în fază finală.

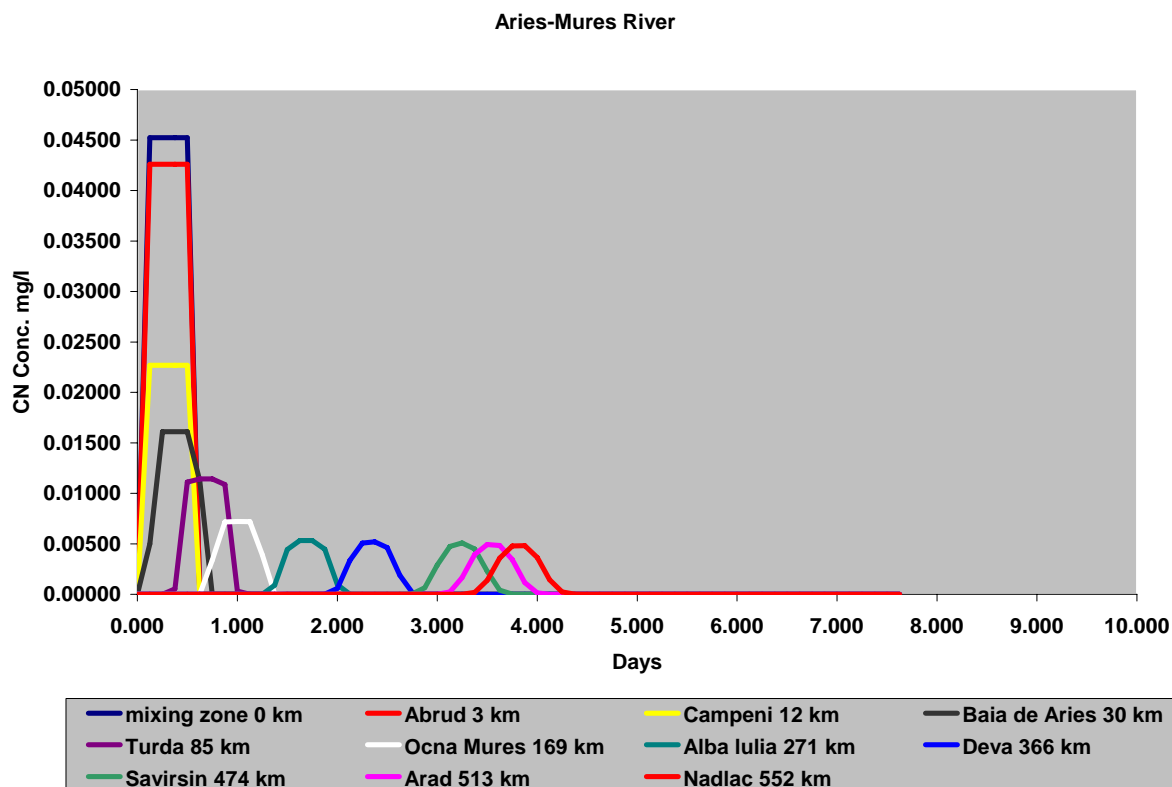


Figura 13 Simulare CN pentru un eveniment de precipitații de tipul celui de la Baia Mare pentru bazinul hidrografic al râului Mureș, în condiții de debit mare (Q5), condiții de iarnă, iar barajul fiind în fază finală.

Din această analiză rezultă clar că tipul de eveniment de precipitații (ploaie și zăpadă) nu va produce nivelele de poluare observate în cazul evenimentului de la Baia Mare. Acest lucru se datorează mai ales proiectării moderne a canalului deversor ce protejează barajul împotriva creșterii periculoase a apei în spatele barajului iazului.

5.3 Scenarii de rupere a iazului

Un tip de eveniment cheie ce a fost investigat în cadrul Studiului de impact este cel de rupere a iazului, eveniment ce poate avea loc prin deversarea apei din spatele barajului într-un timp scurt. Acest tip de eveniment a fost investigat folosind noul model de dispersie. La fel ca în cazul studiului INCA, s-au luat în calcul o serie de condiții de debit și calitate a apei. Tabelul 8 prezintă un sumar al scenariilor investigate de acest studiu. Aceste cercetări s-au concentrate asupra unor condiții de debit mic, după cum s-a solicitat de către echipa maghiară, dar modelul a fost rulat și pentru debite mari pentru a evalua acest tip de incident. Ca parte din Studiul EIM al RMGC, s-a realizat un studiu ce a investigat probabilitatea de rupere a iazului. Acest studiu a fost realizat de către MWH, o firmă de consultanță pe mediu, și poate fi găsit la Capitolul 7, Situații de risc, Secțiunile 6.4.3.1 și 6.4.3.2. MWH a avut în vedere două tipuri de scenarii de rupere a iazului, primul reprezentând ruperea barajului inițial la sfârșitul anului 1, iar al doilea tip reprezentând presupunerea ruperii iazului în stare finală, în anul 17. MWH a calculat concentrația de CN WAD descărcată în cazul fiecărui scenariu – aceste calcule sunt prezentate în Tabelul 8, împreună cu volumele maxime de apă descărcate în cazul unei potențiale ruperi a iazului. Din nou s-a luat în considerare atât condițiile de debit mic, cât și condițiile de debit mare.

Scenariu	Concentrații de CN WAD în iaz mg/l	Ruperea iazului Timp	Volum de descărcare din iaz m ³	Condițiile de râului de descărcare
3a	4.1	Anul 1	1078000	scăzute
3b	4.1	Anul 1	1078000	ridicate
3c	4.4	Anul 17	3811200	scăzute
3d	4.4	Anul 17	3811200	ridicate
3e	5.0	Anul 17	5880800	scăzute
3f	5.0	Anul 17	5880800	ridicate

Tabel 8 Set de scenarii ce include o combinație a condițiilor de rupere a iazului și a debitului de curgere

Scenariile 3a și 3b

Simulările pentru scenariul 3a sunt ilustrate în Figura 14 și Tabelul 9 pentru o gamă de coeficienți de descompunere în condiții de debit mic. Astfel, în condiții de debit mic, maximul concentrațiilor de CN la graniță depășește standardul de 0.1 mg/l. Figura 14 prezintă concentrațiile în diferite locații cheie de-a lungul râului.

	Coeficient de descompunere 0.1 zile ⁻¹	Coeficient de descompunere 0.2 zile ⁻¹
Sector	Concentrația maximă de CN mg/l	Concentrația maximă de CN mg/l
Abrud	4.67	4.65
Campani	4.34	4.26
Baia de Aries	4.07	3.88
Turda	2.96	2.48
Ocna Mures	1.35	0.94
Albalulia	0.49	0.23
Deva	0.23	0.07
Savirsin	0.11	0.02
Arad	0.09	0.02
Nadlac	0.07	0.01

Tabelul 9 Rezultatele simulării din Scenariul 3a în condiții de debit mic și o gamă de coeficienți de descompunere.

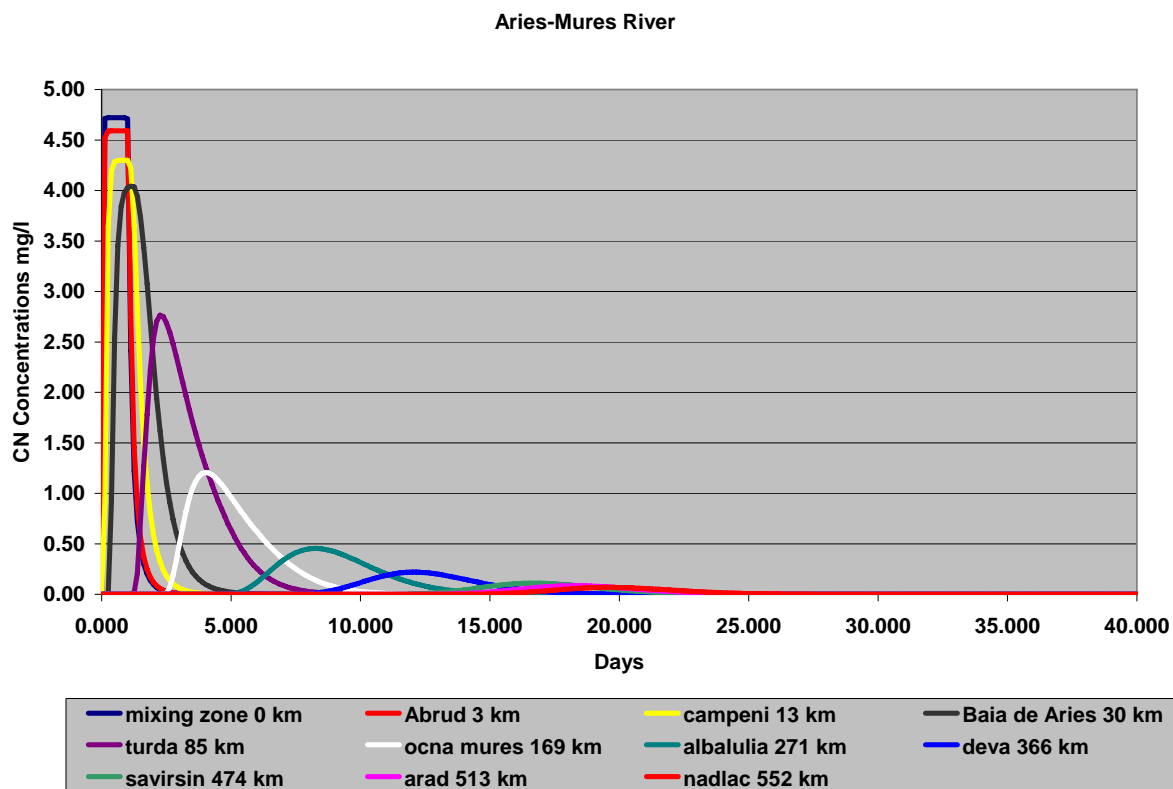


Figura 14 Simulării ale Scenariului 3a în condiții de debit mic și presupunând o descompunere de 0.1 zile^{-1}

În cazul scenariului 3b, presupunem că râul prezintă debit mare și, prin urmare, diluția va fi semnificativă. Acest lucru este ilustrat în Tabelul 10 și Figura 15.

Sector	Concentrația maximă de CN mg/l
Abrud	0.87
Campeni	0.50
Baia de Aries	0.36
Turda	0.25
Ocna Mures	0.16
Albalulia	0.11
Deva	0.09
Savirsin	0.08
Arad	0.08
Nadlac	0.07

Tabel 10 Concentrații maxime de CN în cazul Scenariului 3b, în condiții de debit mare.

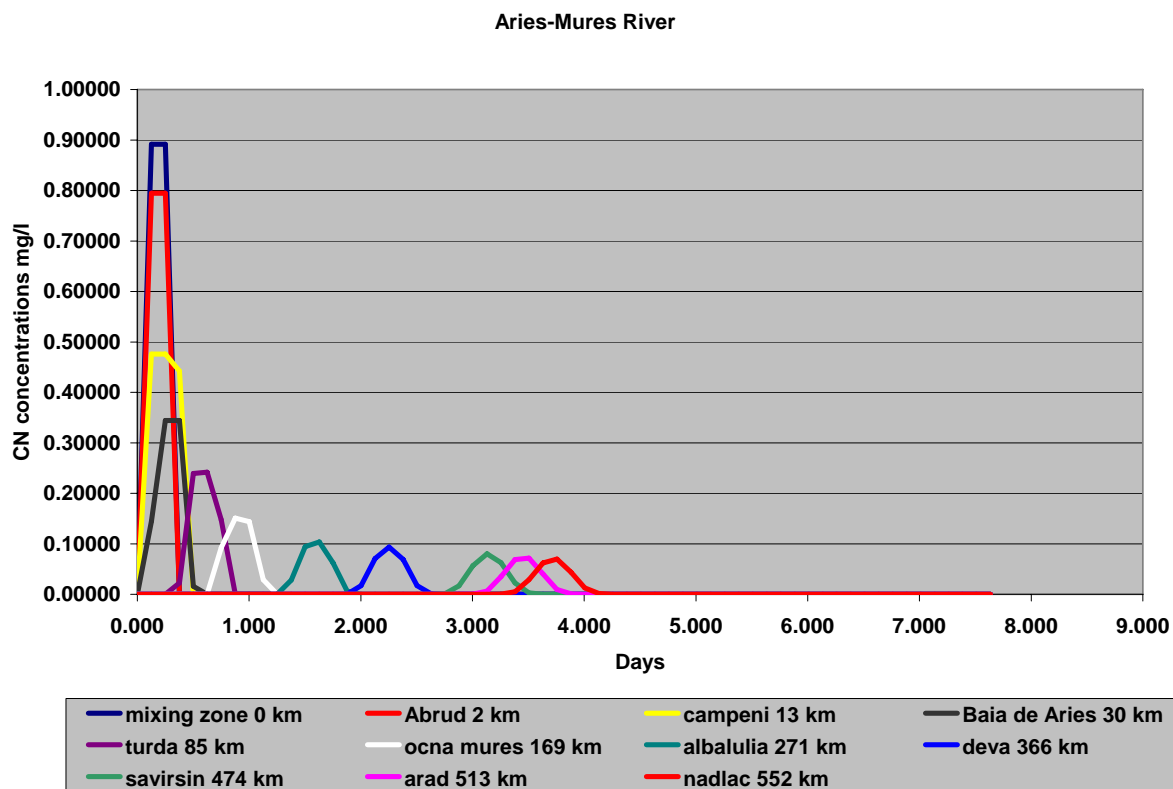


Figura 15 Scenariul 3b, concentrații de CN în cadrul unei secvențe de amplasamente, debit mare.

Scenariul 3c și 3d

Scenariile 3c și 3d are în vedere starea iazului în anul 17 și, de asemenea, faptul că volumul de apă este de 381100 metri cubi, cu o concentrație de 4.4 mg/l de CN WAD. Tabelul 11 prezintă rezultatele concentrațiilor maxime pentru scenariul 3c cu două rate de descompunere. Figura 16 ilustrează simularea concentrației de CN în cadrul mai multor locații de-a lungul râului. Rezultatele sugerează că, date fiind deversările mai mari din iaz, concentrațiile vor depăși limita cu un grad mai redus de descompunere. Totuși, ratele de descompunere mai ridicate indică concentrații mai scăzute la graniță. În condiții de debit mare, modelul indică diluția ca fiind semnificativă și, prin urmare, concentrațiile la graniță vor fi sub standard, după cum se poate vedea în Tabelul 12.

	Scenariul 3c Rata de descompunere 0.1 zile⁻¹ Max. concentrație CN mg/l	Scenariul 3c Rata de descompunere 0.2 zile⁻¹ Max. concentrație CN mg/l
Sector		
Abrud	4.37	4.37
Campeni	4.25	4.21
Baia de Aries	4.13	4.01
Turda	3.77	3.37
Ocna Mures	2.88	2.30
Albalulia	1.51	0.88
Deva	0.81	0.34
Savirsin	0.41	0.11

Arad	0.31	0.07
Nadlac	0.25	0.05

Tabel 11 Scenariu 3c, simularea concentrației de CN, condiții de debit mic

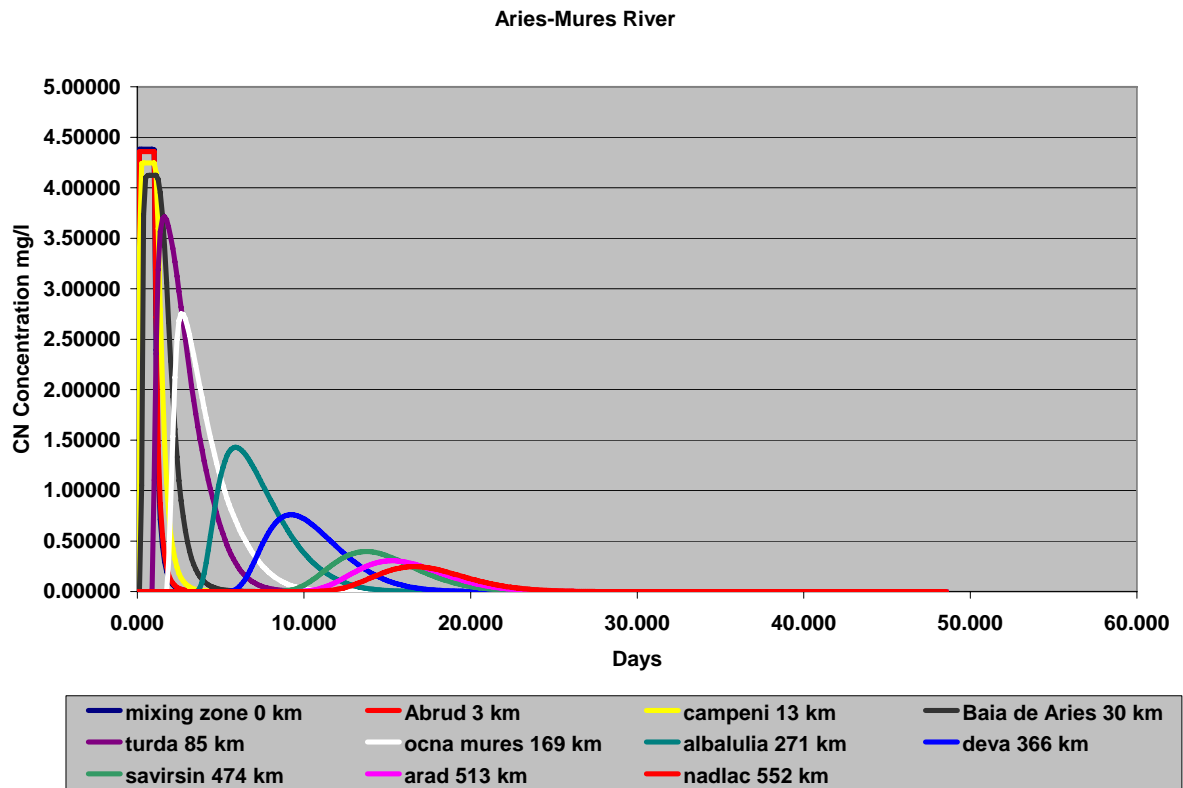


Figura 16 Scenariul 3c, debit mic, rată de descompunere de 0.1 zile⁻¹

Sector	Scenariu 3d Concentrația maximă de CN mg/l
Abrud	0.991
Campeni	0.574
Baia de Aries	0.416
Turda	0.295
Ocna Mures	0.184
Albalulia	0.127
Deva	0.116
Savirsin	0.105
Arad	0.100
Nadlac	0.096

Tabel 12 Scenariul 3d, simulare a concentrațiilor de CN, în condiții de debit mare și coeficient de descompunere de 0.1 zile⁻¹

Scenariu 3e și 3f

Scenariile 3e și 3f au în vedere starea iazului din anul 17, ce are un volum de apă de 5880800 metri cubi, cu o concentrație de 5.0 mg/l CN WAD. Rezultatele concentrațiilor maxime în condiții de debit mic, pentru Scenariul 3e sunt prezentate în Tabelul 13, iar Figura 17 ilustrează simularea concentrației de CN din mai multe locații de-a lungul râului. După cum se poate aștepta în cazul unor rate de descărcare mari, în condiții de debit mic, concentrațiile de CN sunt mai ridicate la graniță și depășesc standardele.

Sector	Scenariul 3e Rata de descompunere 0.2 zile ⁻¹ Concentrația maximă de CN mg/l	Scenariul 3e Rata de descompunere 0.1 zile ⁻¹ Concentrația maximă de CN mg/l
Abrud	4.98	4.98
Campeni	4.88	4.84
Baia de Aries	4.77	4.65
Turda	4.44	4.04
Ocna Mures	3.76	3.12
Albalulia	2.33	1.48
Deva	1.37	0.65
Savirsin	0.73	0.23
Arad	0.57	0.15
Nadlac	0.46	0.11

Tabel 13

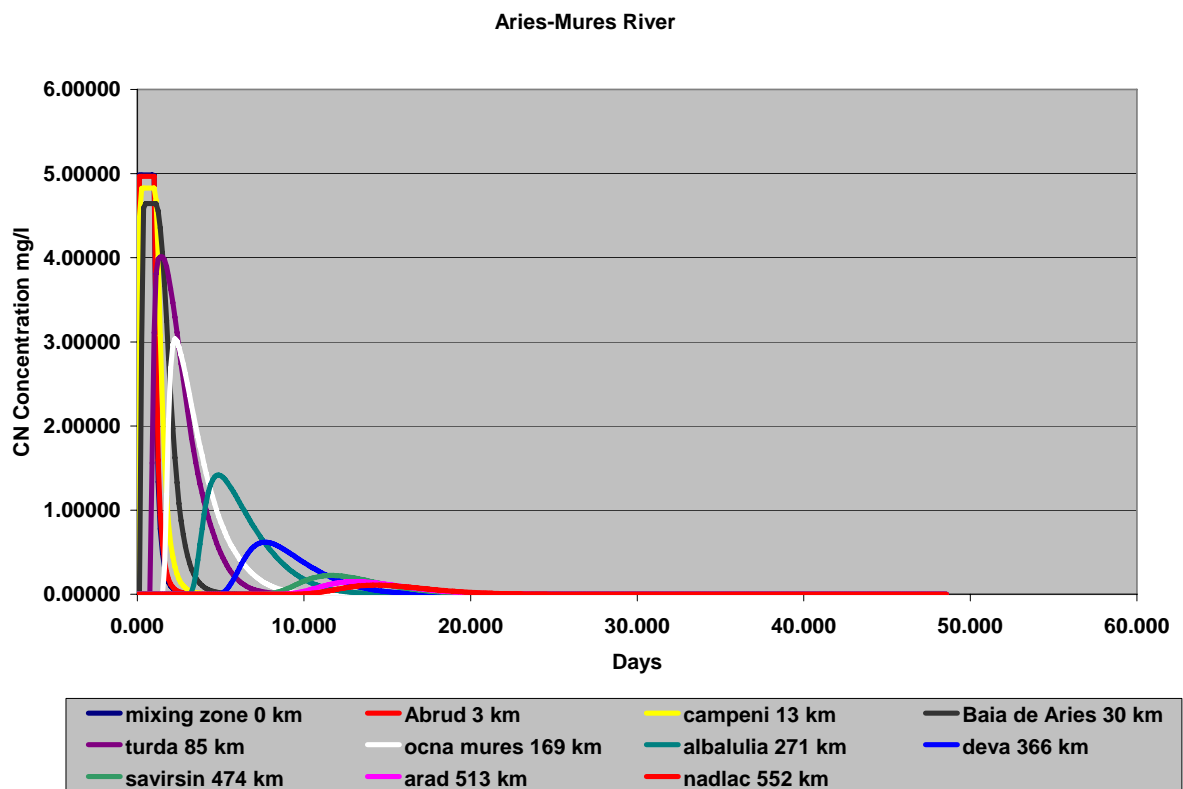


Figura 17 Scenariul 3e, rata de descompunere de 0.2 zile⁻¹ în condiții de debit mic.

Sector	Scenariul 3f	Scenariul 3f
	Rata de descompunere 0.1 zile ⁻¹ Concentrația maximă de CN mg/l	Rata de descompunere 0.2 zile ⁻¹ Concentrația maximă de CN mg/l
Abrud	1.43	1.43
Campeni	0.87	0.86
Baia de Aries	0.64	0.63
Turda	0.46	0.44
Ocna Mures	0.29	0.27
Albalulia	0.20	0.17
Deva	0.18	0.15
Savirsin	0.17	0.12
Arad	0.16	0.11
Nadlac	0.15	0.10

Tabel 14 Scenariul 3f, concentrații simulate de CN în condiții de debit mare

Rulări ale Scenariului în care se presupun timpuri de descărcare mai mici

Toate scenariile de mai sus presupun ca descărcarea să aibă loc în 24 ore, după cum se arată Studiul EIM. Cu toate acestea, echipa maghiară și-a exprimat îngrijorarea în ceea ce privește această presupunere și a dorit să vadă rezultate care să exprime un timp de descărcare mai scurt. Timpul de descărcare poate fi subiectul unor dezbateri ample, deoarece descărcarea va depinde de natura oricărei ruperi a iazului, construcției iazului etc. Totuși, modelul a fost utilizat pentru a analiza impactele în cazul unui eveniment de timp de descărcare mai scurt. Tabelul 15 arată efectul reducerii duratei de scurgere, de la 24 ore la mai multe intervale de timp, ajungând până la 1,5 ore. La prima vedere, rezultatele sunt neprevăzute, și anume că durata redusă de deversare indică aproape nicio diferență în cadrul sectoarelor din avalul râului. Motivul acestei concluzii este prezentat în Figura 18 și 19. Aceste Figuri arată datele simulate legate de debit, atât pentru o durată de deversare de 24 ore, cât și de 1,5 ore. Figurile arată că deși debitele sunt diferite în cadrul sectoarelor din amonte bazinului hidrografic datorită schimbării debitelor rezultată din simularea de rupere a iazului, la momentul când fluxul ajunge la aproximativ 100km în aval, debitele din cele două rulări sunt aproape identice. În consecință, vitezele, dispersia și efectele de diluție vor fi identice în ambele rulări din aval. Astfel, nu este surprinzător că concentrațiile nu sunt cu mult diferite la 565km în aval, la graniță.

	Durata deversării 24ore	Durata deversării 12ore	Durata deversării 6ore	Durata deversării 3ore	Durata deversării 1.5ore
Sector	Scenariul 3a Max. con. CN mg/l	Scenariul 3a Max. con. CN mg/l	Scenariul 3a Max. con. CN mg/l	Scenariul 3a Max. con. CN mg/l	Scenariul 3a Max. con. CN mg/l
Abrud	4.668	4.745	4.776	4.787	4.792
Campeni	4.341	4.546	4.656	4.711	4.736
Baia de Aries	4.069	4.343	4.474	4.523	4.521
Turda	2.963	3.047	3.060	3.068	3.023
Ocna Mures	1.347	1.368	1.375	1.383	1.390

Albalulia	0.492	0.500	0.504	0.507	0.510
Deva	0.234	0.238	0.240	0.242	0.243
Savirsin	0.114	0.116	0.117	0.118	0.118
Arad	0.087	0.089	0.090	0.090	0.090
Nadlac	0.070	0.071	0.072	0.072	0.072

Tabel 14 Scenariul 3a, concentrațiile de CN simulate pentru diferite durate de deversare, de la 24 ore la 1,5 ore.

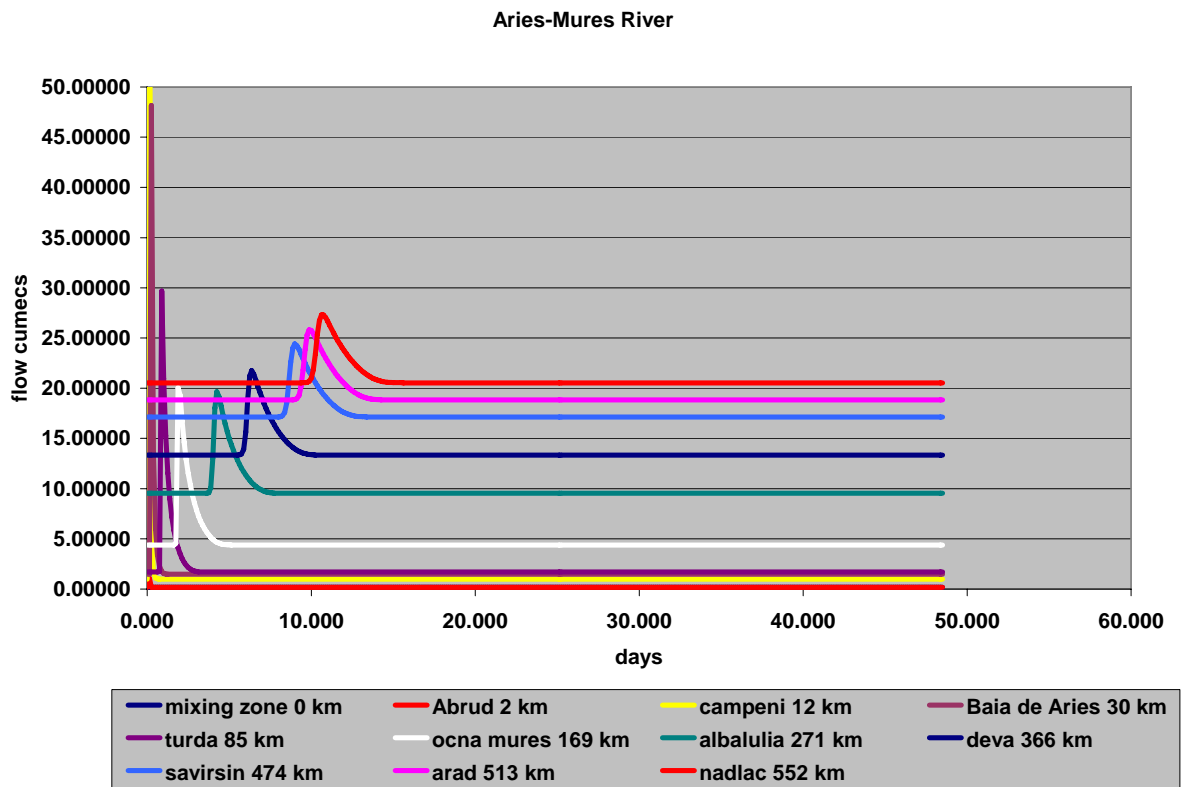


Figura 18 Debite simulate cu o durată de deversare de 1,5 ore

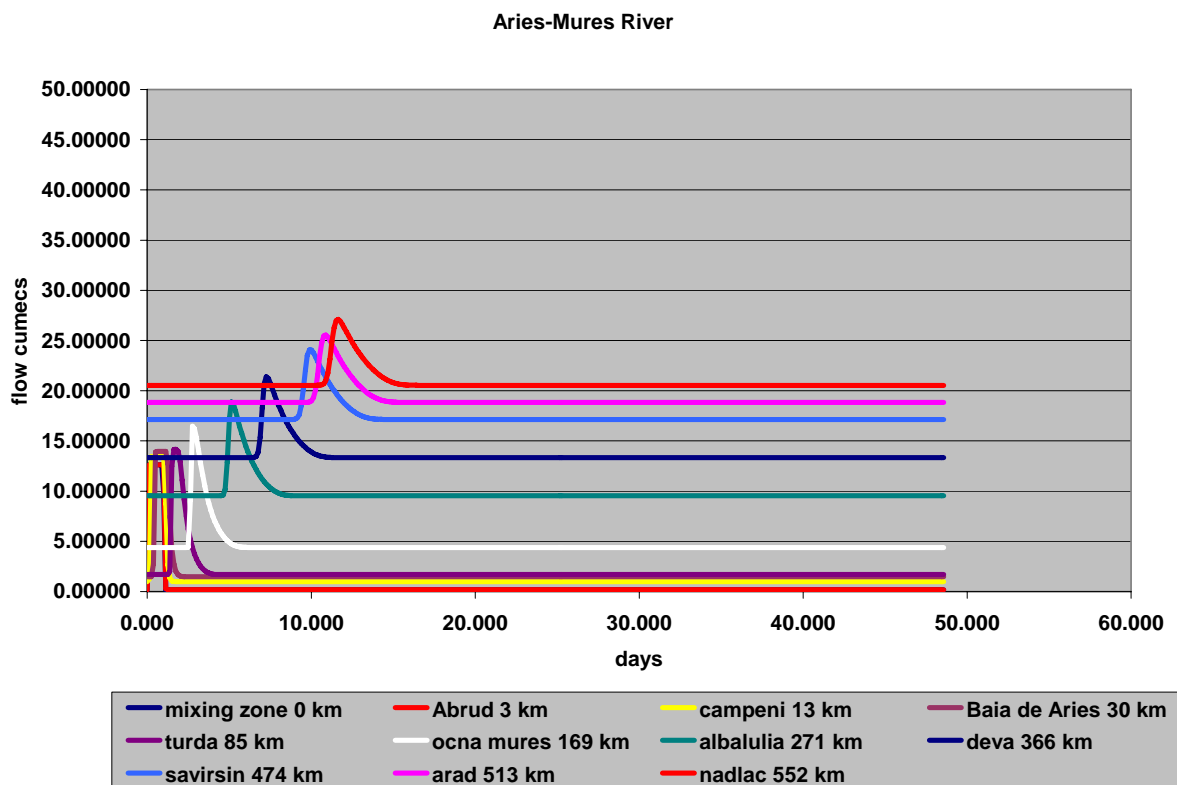


Figura 19 Debite simulate cu o durată de deversare de 24 ore

6 CONCLUZII

Rezultatele prezentate în această anexă la raportul principal arată concentrațiile probabile în cadrul mai multor noi scenarii. Aceste noi scenarii au avut în vedere condiții de debit mic și debit mare și, de asemenea, durata potențialelor deversări. În raportul anterior, simulările au avut în vedere condiții de debit mediu și mare, după cum au fost specificate în raportul EIM. Totuși, echipa maghiară a dorit analizarea impactelor prin modelarea dispersiei în condiții de debit mic și durate de deversare reduse.

În acest raport, noul model de dispersie este descris în amănunt împreună cu tehnicile de soluție numerice aplicate pentru rezolvarea ecuațiilor. Noul model a inclus procesele de dispersie și transport în râuri, justificând efectele diluării determinată de afluenți și scurgeri de-a lungul râului. De asemenea, modelul ia în calcul și degradarea poluanților de-a lungul râului, care în cazul CN de datorează volatilizării și transformării chimice în amoniu. Această degradare depinde de timpul de reținere a apei în râu, temperatura și rata de descompunere; iar noul model are în vedere toate aceste efecte.

Modelul a fost realizat pentru bazinul hidrografic, începând de la locul propus pentru iaz în bazinul Corna până la graniță, la Nădlac. Rezultatele arată că, atât în condiții de debit mare, cât și în condiții de debit mic, un eveniment de precipitații (ploi abundente sau topire a zăpezilor) de tipul celui de la Baia Mare nu va produce un impact poluator sever. Acest lucru este datorat în primul rând canalului deversor al iazului ce este proiectat astfel încât apa să fie descărcată într-un mod controlat în timpul unor condiții de precipitații abundente.

Mai problematice ar fi efectele unei rupe catastrofe a iazului, ce ar descărca toată apa cu conținut de substanțe poluate din acumularea iazului de decantare. Riscurile ca acest lucru să

se întâmplă sunt mai degrabă o chestiune de geologie și de proiectare a iazului, iar aceste lucruri nu fac parte din obiectul de studiu al acestui raport. Tot ce a fost luat în calcul de acest raport este legat de impactul unei asemenea eventualități.

Acest raport analizează impactul unor deversări ce ar apărea în diferiți ani de construcție a iazului. Efectul deversărilor în condiții de debit mic constă în producerea de concentrații scăzute în cazul majorității deversărilor; toate aceste concentrații sunt sub limitele impuse pentru CN, cu excepția cazurilor în care volumul descărcat este maxim. Acest lucru se datorează diluției reduse în aval, în condiții de debit mic, cât și dispersiei semnificative și timpilor mari de reținere. Și diluția are un efect major în condiții de debit mare, generând concentrații relativ scăzute, deși timpul de trecere redus sugerează că deversările ce ar avea loc în anul 17 vor produce nivele mai ridicate de poluare.

Problema duratei de deversare a condus la rezultate foarte interesante. La prima vedere, efectele reducerii duratei de deversare de la 24 ore la 3 ore ar trebui să fie semnificative deoarece pentru aceeași masă de descărcare, rata de curgere ar fi mult mai mare. De vreme ce acest fapt ar avea un anumit efect în sectoarele superioare, impactul în aval, la graniță, aproape că nu are nici un efect suplimentar. Acest lucru se datorează faptului că apare valul de inundație și, după aproximativ 100km, poluarea și pulsul curgerii s-a redus astfel încât este imposibil de diferențiat față de deversările de durată mai mare.

7 BIBLIOGRAFIE

Chapra, S.C. 1997. Surface Water-Quality Modeling. McGraw-Hill, New York.

Fischer, H. B. 1968. "Dispersion Predictions in Natural Streams." J. San. Engr. Div. ASCE, 94(SA5): 927-944.

Fischer, H. B., List, E. I., Koh, R. C. Y., Imberger, J., and Brooks, N. H. 1979. Mixing in Inland and Coastal Waters. Academic, New York.

Liu, H. 1977. Predicting Dispersion Coefficients in Streams. J. Envir. Engr. Div. ASCE, 103(EE1): 59-69.

McQuivey, R.S. and T.N. Keefer, 1974. Simple Method for Predicting Dispersion in Streams, J. Environ. Engr. Div. ASCE, 100(EE4):997-1011.

Rutherford, J.C. 1994. River Mixing. Wiley, New York.

Whitehead P.G. (2007) A Water Quality Modelling Study of Rosia Montana and the Abrud, Aries and Mures River Systems, Report to RMGC, pp 89

Whitehead, P.G., Williams, R., Hornberger, G.E. (1986), On the identification of pollutant or tracer sources using dispersion theory, J. of Hydrology, 84, 273-286.

Declarație de răspundere

A se avea în vedere că Universitatea Reading și Universitatea Tufts au depus toate eforturile rezonabile pentru a asigura exactitatea lucrării întocmite și a oricăror informații date. Universitățile nu oferă nici o garanție, expresă sau implicată, pentru exactitatea informațiilor utilizate în studiu. Universitățile nu vor răspunde pentru niciun fel de consecință ce ar rezulta din orice inexactitate sau omisiune. Părțile sunt de acord ca obligațiile Universităților și intermediarilor acestora să înceteze odată cu înaintarea raportului, și nu vor avea nicio răspundere, fie directă sau indirectă, în ceea ce privește efectele oricărui produs, proces sau acțiune ce poate fi produsă, adoptată și/sau efectuată de oricare dintre părți. De asemenea, Universitățile sau intermendiarii acestora nu vor răspunde pentru niciun deces sau vătămare corporală suferită ca și consecință a rezultatelor cercetării prezentate în acest raport.