



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOS DRU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI



UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI

Școala Doctorală a Facultății de Inginerie
Chimică și Protecția Mediului



MODELAREA INTERACȚIUNILOR ȘI DEZVOLTAREA SISTEMELOR INTEGRATE DE MANAGEMENT AL APEI LA NIVEL DE BAZIN HIDROGRAFIC

- REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT -

Conducător de doctorat:

Prof. univ. dr. ing. Carmen Teodosiu

Doctorand:

Ing. Claudia Cojocariu

Iași, 2011



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOSDRU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI

Teza de doctorat a fost realizată cu sprijinul financiar al proiectului „Burse Doctorale - O Investiție în Inteligență (BRAIN)”.

Proiectul „Burse Doctorale - O Investiție în Inteligență (BRAIN)”, POSDRU/6/1.5/S/9, ID 6681, este un proiect strategic care are ca obiectiv general „Îmbunătățirea formării viitorilor cercetători în cadrul ciclului 3 al învățământului superior - studiile universitare de doctorat - cu impact asupra creșterii atractivității și motivației pentru cariera în cercetare”.

Proiect finanțat în perioada 2008 - 2011.

Finanțare proiect: 14.424.856,15 RON

Beneficiar: Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași

Partener: Universitatea “Vasile Alecsandri” din Bacău

Director proiect: Prof. univ. dr. ing. Carmen TEODOSIU

Responsabil proiect partener: Prof. univ. dr. ing. Gabriel LAZĂR

UNIVERSITATEA TEHNICĂ „GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI
R E C T O R A T U L

Către

.....

Vă facem cunoscut că în ziua de.....la ora.....în **Sala de Consiliu a Facultății de Inginerie Chimică** va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată:

**“MODELAREA INTERACȚIUNILOR ȘI DEZVOLTAREA SISTEMELOR INTEGRATE DE
MANAGEMENT AL APEI LA NIVEL DE BAZIN HIDROGRAFIC”**

elaborată de d-ra inginer **Claudia COJOCARIU** în vederea conferirii titlului științific de doctor.

Comisia de doctorat este alcătuită din:

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Prof. univ. dr. ing. Ioan MĂMĂLIGĂ
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași | - președinte |
| 2. Prof. univ. dr. ing. Carmen TEODOSIU
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași | - conducător științific |
| 3. Conf. dr. ing. D.C.M. AUGUSTIJN
Universitatea Twente din Enschede (Olanda) | - membru |
| 4. Prof. univ. dr. ing. Maria GAVRILESCU
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași | - membru |
| 5. Conf. dr. ing. Florica MANEA
Universitatea Politehnica din Timișoara | - membru |

Vă trimitem rezumatul tezei de doctorat cu rugămintea de a ne comunica, în scris, aprecierile dumneavoastră.

Cu această ocazie vă invităm să participați la susținerea publică a tezei de doctorat.


RECTOR,
Prof.univ.dr.ing. ION GIURMA
Ion Giurma

SECRETAR,
Cristina Năgîț
Ing. Cristina NAGÎȚ

Mulțumiri

Doresc să mulțumesc doamnei prof. univ. dr. ing. Carmen Teodosiu, coordonatorul științific al acestei lucrări, pentru îndrumarea competentă, suportul pentru cercetare și încurajările domniei sale în realizarea tuturor activităților pe care le-am desfășurat în perioada programului doctoral.

Apreciez în mod deosebit modul în care doamna profesor a contribuit la evoluția mea intelectuală și profesională, oferindu-mi șansa de a mă forma în colectivul de cercetare pe care îl coordonează - un colectiv, consider eu, dintre cele mai ambițioase pe plan național, în domeniul managementului și tehnologiilor de epurare a apelor uzate.

Mulțumesc echipei manageriale ce a condus la existența Proiectului „Burse Doctorale - O Investiție în Inteligență (BRAIN)”, ID 6681, al cărui beneficiar am fost și eu în perioada elaborării prezentei tezei de doctorat.

Alese mulțumiri vreau să adresez colegului dr. ing. George Bârjoveanu care s-a dovedit mereu a fi un sprijin de încredere, dovedind în mod constant disponibilitate și interes pentru cercetarea interdisciplinară.

Mulțumesc d-nei ș.l. Brîndușa Robu, d-lui conf. dr. ing. Ioan Crăciun pentru interesul și atenția cu care m-au sfătuit și totodată echipei Deltares ce mi-a furnizat suportul software Sobek de realizare a modelului utilizat la simularea hidraulică și a interacțiunilor privind calitatea apei.

Sincere mulțumiri adresez profesorilor de la Catedra de Ingineria și Managementul Mediului pentru pregătirea pe care mi-au oferit-o în timpul studiilor universitare.

Mulțumesc domnilor profesori de la Universitatea Twente din Olanda - conf. dr. ing. Denie Augustijn și conf. dr. ing. René Buijsrogge - pentru sprijinul acordat în timpul stagiului de pregătire extern, realizat în cadrul unui grup de cercetare interdisciplinar cu preocupări în domeniul managementului resurselor de apă.

Îmi exprim deasemenea profunda recunoștință familiei și prietenilor mei pentru sprijinul și încurajările constante și pentru acceptarea necondiționată în momentele dificile.

Mulțumesc tuturor colegilor pentru încurajările și ajutorul acordate în toți acești ani.

CUPRINS

Introducere	1
Obiective generale și specifice	3

I. STUDIU BIBLIOGRAFIC

Capitolul 1. Stadiul actual al cercetărilor științifice în domeniul managementului integrat al resurselor de apă	7
---	----------

1.1. Managementul integrat al resurselor de apă (MIRA) la nivel de bazin hidrografic	7
1.2. Probleme de abordare a procesului MIRA la nivelul bazinelor hidrografice	10
<i>La nivel internațional</i>	10
<i>La nivel național</i>	17
1.3. Părți implicate și capacitatea instituțională în procesul MIRA	20
1.4. Instrumente suport de management integrat al resurselor de apă	23
1.4.1. Instrumente de modelare a interacțiunilor resursei de apă	26
<i>Modele hidrodinamice</i>	26
<i>Modele de calitate a apei</i>	31
1.4.2. Evaluări de impact de mediu	35
1.4.3. Instrumente legislative	37

Capitolul 2. Metodologie. Analiza critică a principalelor probleme de poluare la nivelul bazinului hidrografic Prut	45
--	-----------

2.1. Aspecte metodologice	45
2.1.1. Organizarea cercetărilor	45
2.1.2. Metodologia cercetării	46
<i>Modelarea calității apei ca instrument în MIRA</i>	46
<i>Dezvoltarea metodei de evaluare integrată a impactului și riscului de mediu (EIM)</i>	46
<i>Integrarea metodei EIRA în cadrul modelării regimului CBO₅ în contextul râului Bahlui</i>	47
2.2. Specificul și achiziția datelor. Surse de date	47
2.3. Caracterizarea bazinului hidrografic Prut	48
2.3.1. Prezentarea generală a bazinului hidrografic Prut	48
2.3.2. Probleme specifice MIRA în bazinul hidrografic Prut	51
2.3.3. Surse de poluare existente la nivel de bazin hidrografic	57
<i>Surse de poluare existente în județul Botoșani</i>	57
<i>Surse de poluare existente în județul Iași</i>	58
<i>Surse de poluare existente în județul Vaslui</i>	60
<i>Surse de poluare existente în județul Galați</i>	61

II. CONTRIBUȚII ȘI REZULTATE ORIGINALE

Capitolul 3. Studii integrate de impact și risc induse asupra apelor de suprafață la nivel de bazin hidrografic	63
3.1. Metodologie integrată de evaluare a impactului și riscului de mediu indus asupra apelor de suprafață de principalii poluatori din bazin	63
3.1.1. Principii generale	63
3.1.2. Metodologie de calcul	63
3.2. Indicatori de calitate considerați	66
3.3. Evaluarea impactului și riscului de mediu indus de sursele de poluare punctiformă din bazinul hidrografic Prut	67
3.3.1. Evaluarea impactului de mediu indus de stațiile de epurare din bazinul hidrografic Prut	68
3.3.2. Evaluarea impactului de mediu indus de municipalitățile din bazinul hidrografic Prut	71
3.3.3. Evaluarea impactului de mediu indus de activitățile industriale din bazinul hidrografic Prut	75
3.3.4. Evaluarea impactului de mediu indus de activitățile agricole/zootehnice din bazinul hidrografic Prut	78
3.3.5. Evaluarea impactului de mediu indus de servicii/alte activități din bazinul hidrografic Prut	81
3.3.6. Evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu indus de sursele de poluare punctiforme din bazinul hidrografic Prut în ceea ce privește indicatorii de calitate CBO ₅ și CCO-Cr	84
3.3.7. Evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu indus de sursele de poluare punctiforme din bazinul hidrografic Prut în ceea ce privește indicatorul de calitate MTS	85
3.3.8. Evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu indus de sursele de poluare punctiforme din bazinul hidrografic Prut în ceea ce privește indicatorul de calitate NH ₄ ⁺	86
3.3.9. Evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu indus de sursele de poluare punctiforme din bazinul hidrografic Prut în ceea ce privește indicatorul de calitate detergenți	86
3.3.10. Evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu globale indus de sursele de poluare punctiforme din bazinul hidrografic Prut în ceea ce privește indicatorii de calitate studiați	87
3.4. Concluzii parțiale	88
Capitolul 4. Modelarea hidraulică și a calității apei râului Bahlui	91
4.1. Software Sobek de simulare a regimului hidrodinamic și de calitate a apei	91
4.2. Principii și ecuații de calcul	96
4.2.1. Modelul hidrodinamic	96
4.2.2. Modelul de calitate a apei	100
4.2. Calibrarea modelului	101
4.2.1. Calibrarea modelului hidrodinamic	102
4.2.2. Calibrarea modelului de calitate a apei	105
4.3. Validarea modelului	110
4.3.1. Validarea modelului hidrodinamic	110
4.3.2. Validarea modelului de calitate a apei	112

4.4. Scenarii de simulare a diferitelor opțiuni de management	113
4.4.1. Scenariul 1. Simularea unui an ploios în condițiile îmbunătățirii infrastructurii stației de epurare Iași	113
4.4.2. Scenariul 2. Simularea unui an secetos în condițiile îmbunătățirii infrastructurii stației de epurare Iași	114
4.4.3. Scenariul 3. Sistarea activității industriei de producere a vinului din localitatea Cotnari	115
4.4.4. Scenariul 4. Îmbunătățirea calității efluenților deversați de industrii, respectiv de stațiile de epurare din sistemul analizat	116
4.5. Concluzii parțiale	119

Capitolul 5. Integrarea metodei EIRA în cadrul activităților de modelare a interacțiunilor privind calitatea resurselor de apă la nivel de bazin hidrografic	121
---	------------

5.1. Argumente în sprijinul integrării celor două instrumente MIRA	121
5.2. Scenarii privind evoluția impactului de mediu indus de regimul CBO ₅ în sub-bazinul hidrografic al râului Bahlui	123
5.2.1. Scenariul 1 - Îmbunătățirea calității efluenților stațiilor de epurare municipale	125
5.2.2. Scenariul 2 - Conectarea la rețeaua centralizată de canalizare/îmbunătățirea calității efluenților tuturor surselor de poluare punctiformă	127
5.2.3. Variante de abordare a metodei EIRA pe baza modelărilor în programul Sobek	130
5.2.4. Evaluarea integrată a dinamicii impactului și riscului de mediu în contextul scenariului privind îmbunătățirea calității efluenților tuturor surselor de poluare punctiformă (scenariul 2)	134
5.3. Concluzii parțiale	136

Concluzii generale	137
--------------------	-----

Bibliografie	141
Listă figuri	154
Listă tabele	156
Activitate științifică	161

Introducere

Printre problemele globale cu care se confruntă astăzi omenirea se află lipsa resurselor de apă și degradarea calității apei. O proiecție a creșterii populației indică faptul că peste 25 de ani resursele de apă vor trebui să acopere nevoile a încă 2-3 miliarde de oameni. Apa este tot mai mult văzută ca o constrângere cheie în toate sectoarele vieții și în tot mai multe regiuni ale globului. Dificultățile se accentuează dacă unele țări cu resurse insuficiente de apă depun eforturi disproporționate între dezvoltarea economică pe termen scurt și cea durabilă, care presupune echilibrul dezvoltarea economică, socială și protecția mediului. Realizarea obiectivelor dezvoltării durabile depind într-o măsură foarte mare de managementul integrat al resurselor de apă, APA fiind un factor esențial pentru existența vieții și pentru dezvoltarea societății umane.

În atmosferă există cantități de apă sub formă de vaporii și nori. Deși cantitățile de apă de pe planeta noastră sunt mari, totuși sursele de apă care pot fi utilizate pentru consumul uman, animal sau utilizări industriale sunt limitate, având în vedere cantitățile mari de apă cu salinitate ridicată sau pe cele blocate sub formă de ghețari. *Distribuția inegală a apei pe suprafața globului, conduce la probleme de alimentare cu apă în zonele intens populate și cu industrii dezvoltate.* Astfel, 20% din rezervele de apă dulce ale Pământului sunt concentrate în bazinul Amazonului, rezerve menținute și de regimul intens de precipitații.

Utilizarea durabilă a resurselor de apă reprezintă o problemă pentru aproape toate țările și toate regiunile Europei, în special datorită densității ridicate a populației, creșterii zonelor irigate, a presiunilor activităților industriale datorită deversărilor poluante și ale volumelor de apă utilizate, a creșterii activităților de turism, etc. Asigurarea resurselor de apă de calitate și a serviciilor de salubritate, precum și managementul eficient al resurselor de apă reprezintă aspecte prioritare pentru programele europene și internaționale. În acest moment, la nivelul Uniunii Europene, există câteva organizații și asociații de organizații care abordează probleme ale resurselor de apă (cercetare, investiții, infrastructură) cum sunt: European Water Partnership, EU Water Initiative, Water Supply and Sanitation Technology Platform, European Network of Freshwater Research Organizations, etc) (Europe, Water and the World , 2006).

O definiție generală a conceptului de *Management Integrat al Resurselor de Apa (MIRA)* a fost dată de către Global Water Partnership, prin intermediul Comitetului Tehnic: „Managementul integrat al resurselor de apă este un proces care promovează coordonarea dezvoltării și managementului resurselor de apă, utilizarea durabilă a terenului și a altor resurse cu scopul de a maximiza rezultatele economice și bunăstarea socială într-o manieră echitabilă, fără a compromite durabilitatea ecosistemelor vitale” (GWP, 2004). Această definiție implică atât aspecte care vizează: resursele de apă (subterane și de suprafață), bazinele riverane, bazinele de coastă și maritime, utilizările terenului, utilizatorii din amonte și aval, dar și aspecte care vizează capacitatea umană de a utiliza și beneficia în mod durabil de resursele fizice.

Această definiție este în concordanță cu principiile dezvoltării durabile, așa cum rezultă din Capitolul 18 al Agendei 21: „Trebuie recunoscută caracteristica apei de resursă cu multiple utilizări în contextul dezvoltării socio-economice, după cum urmează: apa potabilă, salubritate, agricultură, industrie, dezvoltare urbană, producere de energie, piscicultură, transport, recreere, etc” (Agenda 21, 1992).

Managementul integrat al resurselor de apă a apărut din nevoia de a aborda într-o manieră eficientă noile probleme legate de resursele de apă. Creșterea numărului populației, dezvoltarea uneori exponențială a activităților economice și îmbunătățirea standardelor de viață au condus la o creștere accelerată a cererii pentru apă, metodele tradiționale de management al apei nefiind eficiente pentru a răspunde corespunzător acestor probleme. Poluarea surselor de apă, poate cel mai important aspect al problemelor legate de resursele de apă, scoate din circuitul natural (și economic) importante cantități de apă și pe de altă parte are și efecte secundare cum ar fi: riscul apariției de boli infecțioase, dezechilibre ale ecosistemelor, creșterea competiției și a numărului de conflicte legate de resursele de apă.

Aceste aspecte complexe ale managementului durabil al resurselor de apă, sunt și mai acute în țările cu economie în tranziție, cum este și cazul României, unde problemele istorice legate de calitatea resurselor de apă sunt accentuate de grave probleme de infrastructură (în special pentru colectarea și epurarea apelor uzate), de neconcordanțe în implementarea strategiilor, programelor și proiectelor specifice

managementului integrat al resurselor de apă, precum și de probleme de coordonare și cooperare între părțile interesate.

Implementarea MIRA în România, pe lângă sprijinul legislativ și organizațional al autorităților locale/regionale, necesită *instrumente suport tehnice și de management* cum ar fi: tehnici inovative pentru monitorizarea și managementul datelor, concepte integratoare și inovative pentru furnizarea, utilizarea și reutilizarea apei, strategii de management, metode și tehnici de evaluare și reducere a impactului de mediu asupra resurselor de apă, pe întreg ciclul apei, și nu în ultimul rând, programe educaționale pentru managementul durabil al resurselor de apă. Pentru aceste motive, studiul dezvoltării și integrării instrumentelor și practicilor suport pentru îmbunătățirea proceselor de management al resurselor de apă reprezintă un demers științific pe deplin justificat.

Obiective generale și specifice

În contextul actual al globalizării, *Managementul Integrat al Resurselor de Apă (MIRA)* este un domeniu foarte complex, care include o serie vastă de factori, politici, concepte, date tehnice, etc. Această abordare a managementului resurselor de apă a apărut datorită neajunsurilor semnalate în privința resurselor de apă limitate, din ce în ce mai poluate și mai vulnerabile, incapabile de a susține un ecosistem și care trebuie să fie raționalizate între nevoile și cerințele societății, multe persoane neavând încă acces la resurse de apă suficiente și sigure.

Prezenta lucrare abordează într-un mod original aspecte legate de implementarea MIRA în bazinul hidrografic Prut, dezvoltarea și utilizarea instrumentelor de modelare și respectiv de evaluare integrată în identificarea impacturilor, riscurilor și analiza opțiunilor de management al apelor uzate și integrarea tehnicilor pentru a fundamenta deciziile la nivelul sistemului MIRA.

Subiectul abordat este unul complex de actualitate și contribuie la îmbunătățirea progresului în cercetările privind dezvoltarea de instrumente tehnico-manageriale, cu scopul reducerii presiunilor de mediu asupra resurselor de apă, ecosistemelor și sănătății umane.

Acest context a condus la formularea **obiectivului general** al prezentei teze de doctorat, care propune **studiul posibilităților de dezvoltare și integrare a instrumentelor suport pentru îmbunătățirea managementului resurselor de apă la nivel de bazin hidrografic.**

În atingerea acestui obiectiv au fost urmate **2 direcții de cercetare:**

- Evaluarea integrată a impactului de mediu și a riscului asociat, indus de sursele de poluare punctiformă asupra resurselor de apă de suprafață.
- Modelarea interacțiunilor de natură hidraulică, hidrodinamică și de calitate a apei existente între utilizatorii apei.

Obiectivele specifice ce au răspuns acestor direcții de cercetare sunt următoarele:

1. Analiza critică a interacțiunilor dintre utilizatori și starea resurselor de apă la nivel de bazin hidrografic în relație cu îndeplinirea obiectivelor privind calitatea corpurilor de apă;
2. Dezvoltarea unei metodologii integrate de cuantificare a impacturilor și riscurilor de mediu induse asupra resurselor de apă de suprafață;
3. Dezvoltarea unei aplicații de modelare a calității apei de suprafață pentru studiul opțiunilor de management durabil al apelor uzate;
4. Studiul posibilităților de integrare a celor două instrumente într-un sistem suport aplicabil la nivel de bazin hidrografic.

Teza de doctorat este structurată în 5 capitole, conține un număr de 30 figuri, 70 tabele și 264 referințe bibliografice și se încheie cu concluzii generale.

Rezultatele originale ale tezei de doctorat au fost diseminate de autoare astfel: 5 articole publicate (2 articole publicate și 1 articol în curs de evaluare în reviste cotate ISI Web of Science și 2 articole publicate în reviste BDI), 2 lucrări prezentate sub formă de comunicări orale și 5 lucrări prezentate sub formă de postere la conferințe naționale și internaționale.

Capitolul 1 conține un studiu bibliografic care fundamentează științific cercetările abordate în cadrul tezei de doctorat, analizând critic informațiile din literatură despre problemele legate de implementarea managementului integrat al resurselor de apă (MIRA) la nivel de bazin hidrografic pe plan național și internațional, aspectele legate de colaborarea și capacitatea instituțională a părților interesate, instrumentele suport utilizate în MIRA, etc. Astfel, este analizată evoluția conceptului de management integrat al resurselor de apă și sunt prezentate modurile de abordare ale problemelor specifice acestui context la nivel național și internațional. De asemenea, în acest capitol sunt evidențiate rolurile și responsabilitățile părților interesate, pentru o colaborare eficientă în cadrul proceselor specifice MIRA. În a doua parte a acestui capitol sunt prezentate eforturile științifice pentru dezvoltarea instrumentelor specifice MIRA, fiind evidențiate instrumentele de modelare a calității cursurilor de apă, precum și tehnicile de evaluare a impactului și riscului, care fac obiectul cercetărilor acestei teze de doctorat.

Capitolul 2 prezintă aspectele metodologice abordate în cadrul tezei de doctorat. Organizarea cercetărilor a fost astfel concepută pentru a răspunde obiectivului general al tezei, fiind evidențiat modul coerent și unitar de realizare a cercetărilor. În a doua parte a acestui capitol este prezentat studiul de caz pe care s-au dezvoltat cercetările din cadrul tezei de doctorat (aspecte geografice, geologice, climatologice, hidrologice, etc). Zona de studiu se referă la bazinul hidrografic Prut, situat în nord-estul României care a fost ales, datorită faptului că reprezintă un bazin hidrografic în care sunt prezente toate problemele de management a resurselor de apă specifice României.

Contribuția originală a prezentei teze de doctorat este prezentată în 3 capitole după cum urmează:

În **capitolul 3** este prezentat un studiu de evaluare integrată a impactului de mediu și a riscurilor asociate deversării de ape uzate din surse punctiforme în bazinul hidrografic al râului Prut. Principala contribuție originală adusă de acest studiu constă în dezvoltarea unei metodologii integrate de evaluare a impactului și riscului de mediu care consideră pentru calculul impactului de mediu aspecte legate de debitele de ape uzate deversate, concentrațiile diverselor specii poluante, dar pentru prima dată și vulnerabilitatea receptorului natural în care are loc deversarea. În cadrul capitolului s-au selectat indicatorii de calitate cu relevanță (CBO_5 , CCO-Cr , MTS , NH_4^+ și detergenți) pentru aplicarea metodologiei în vederea generării unei imagini complete a impactului poluării apelor de suprafață și a identificării surselor de poluare majoră a corpurilor de apă din bazinul hidrografic Prut (puncte critice). Astfel a fost creat un instrument complet de evaluare a riscurilor și impacturilor induse asupra apelor de suprafață cu mare aplicabilitate practică în re-evaluarea modului în care se face acordarea permiselor de deversare a apelor uzate.

În **capitolul 4** al tezei de doctorat este dezvoltat un studiu de modelare a calității râului Bahlui având ca obiectiv principal urmărirea dinamicii spațio-temporale a concentrației de CBO_5 și simularea unor scenarii posibile de management al apelor uzate de-a lungul râului Bahlui. Modelarea concentrației de CBO_5 se bazează pe un model integrat hidraulic – de calitate care ia în considerare geometria râului și datele de curgere, debitele de ape uzate, concentrațiile de CBO_5 asociate deversărilor de ape uzate, precum și procesele de transport și transformare pentru calculul concentrațiilor de CBO_5 în orice punct și în orice moment de-a lungul râului Bahlui. Rezultatele acestui studiu au pus în evidență faptul că modelarea și simularea concentrației CBO_5 într-un râu poate fi un instrument foarte util în studiul efectelor deversării de ape uzate, precum și pentru simularea implementării diverselor opțiuni de management a apelor uzate, în relație cu îndeplinirea obiectivelor Directivei Cadru a Apei.

Capitolul 5 al tezei de doctorat propune integrarea celor două instrumente dezvoltate anterior, cu scopul de a identifica și urmări evoluția impacturilor de mediu induse asupra resurselor de apă. Integrarea celor două instrumente constă în generarea de date de debit și concentrații în râul studiat cu ajutorul modelului de calitate, urmată de evaluarea integrată de impact și risc cu ajutorul metodologiei dezvoltate în capitolul al treilea.

Teza de doctorat se încheie cu concluzii generale și recomandări privind posibilitățile de îmbunătățire a proceselor decizionale în cadrul managementului integrat al resurselor de apă cu ajutorul instrumentelor dezvoltate în cadrul tezei de doctorat.

Rezultatele originale ale tezei de doctorat au fost diseminate de autoare astfel: 5 articole publicate (2 articole publicate și 1 articol în curs de evaluare, în reviste cotate ISI Web of Science și 2 articole publicate în reviste BDI), 2 lucrări prezentate sub formă de comunicări orale și 5 lucrări prezentate sub formă de postere la conferințe naționale și internaționale.

Capitolul 2. Metodologie. Analiza critică a principalelor probleme de poluare la nivelul bazinului hidrografic Prut

Pe lângă problemele generale ale managementului resurselor de apă (extinderea limitată a rețelilor de canalizare și a stațiilor de epurare, și deficiențele în coordonarea activităților din procesul decizional), principala problemă a implementării managementului integrat al resurselor de apă o reprezintă calitatea apelor de suprafață în corelație cu atingerea obiectivelor Directivei Cadru a Apei. Pentru exemplificare, în cadrul acestui capitol, sunt prezentate principalele probleme de poluare a corpurilor de apă naturale din bazinul hidrografic Prut, alături de metodologia propusă pentru realizarea cercetărilor și atingerea obiectivelor propuse. Cu mici excepții, există grave probleme de calitate a apei atât pe cursul principal al râului, cât și în rețeaua hidrografică a acestuia. Astfel, alegerea bazinului hidrografic Prut ca studiu de caz în demersul științific abordat este justificată, prin aceea că prezintă toate problemele specifice managementului resurselor de apă din România: probleme de calitate a apelor de suprafață, infrastructură insuficientă și ineficientă, probleme de managementul utilizării terenului, fenomene extreme, dezvoltare economică rapidă, lipsă de comunicare și cooperare între părțile interesate.

2.1.1. Organizarea cercetărilor

Pentru a răspunde obiectivelor științifice ale prezentei teze de doctorat, cercetările au fost organizate într-un cadru unitar și coerent în conformitate cu schema prezentată în Figura 2.1.

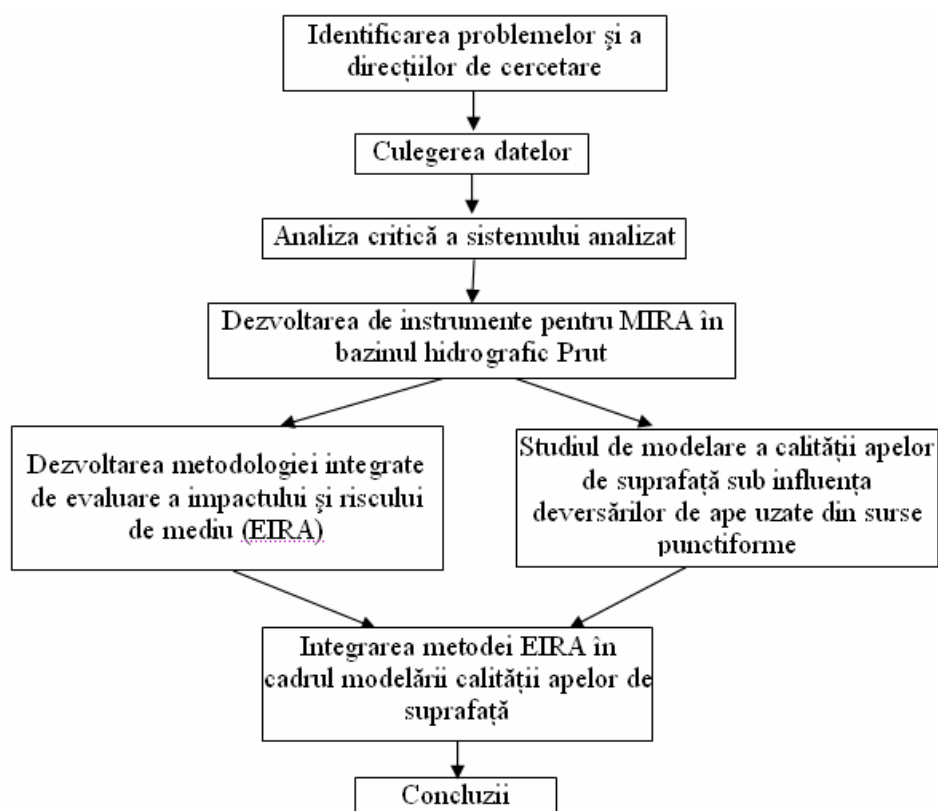


Figura 2.1. Strategia cercetărilor propusă

2.1.2. Metodologia cercetării

Cercetările aferente prezentei teze aduc contribuții originale în ceea ce privește aspectele metodologice de dezvoltare a sistemelor integrate de corelare a instrumentelor suport în procesul de management al resurselor de apă în bazinul hidrografic Prut, în două direcții: cea a modelării interacțiunilor existente între utilizările apei și de evaluare integrată a impactului de mediu și riscului asociat, indus de sursele de poluare punctiformă, asupra resurselor de apă de suprafață.

Dezvoltarea metodei de evaluare integrată a impactului și riscului de mediu (EIM)

Cercetările privind evaluarea integrată a impactului și a riscului de mediu asupra factorului de mediu apă de suprafață s-au realizat la nivelul anilor 2004 - 2007, considerându-se cinci indicatori de calitate semnificativi (CBO_5 , CCO-Cr , materii totale în suspensie - MTS, NH_4^+ și detergenți), monitorizați la 102 surse de poluare (agenți poluatori), considerându-se pentru calculul impactului de mediu aspecte legate de debitele de ape uzate deversate, concentrațiile diverselor specii poluante, dar pentru prima dată și vulnerabilitatea receptorului natural în care are loc deversarea.

Studiile integrate de impact și risc, au fost efectuate la nivelul surselor de poluare din bazinul hidrografic Prut, monitorizate de către Direcția Apelor Prut și clasificate totodată după tipul de activitate desfășurat astfel: stații de epurare, municipalități (unități administrative și de învățământ, spitale), agenți industriali, agenți agro-zootehnici și servicii (și/sau alte activități). S-a urmărit așadar o ierarhizare a impacturilor induse pe tipul de activități pentru a se deduce astfel contribuția fiecărui tip de activitate în cadrul impacturilor globale.

Modelarea calității apei ca instrument în MIRA

Modelarea hidraulică și a regimului CBO_5 pentru râul Bahlui s-a realizat pe perioada anilor 2004-2007, într-un mod original, prin cuplarea modulului numeric uni-dimensional de modelare (1DFlow) cu modulul uni-dimensional de calitate a apei (1DWAQ), din cadrul programului software Sobek. Datele hidrologice și hidrometrice din stațiile de monitorizare, respectiv cele legate de morfologia terenului (pante, cote de teren, distanțe și elevații) au fost corelate cu datele de calitate a apei pentru sursele de poluare ce descarcă ape uzate în râul Bahlui. Modelul este calibrat pe șiruri de date reprezentând măsurători de debit și concentrație CBO_5 la stațiile de măsurare (serii de timp pe perioada anilor 2004-2005) din rețeaua râului Bahlui. Rezultatele sunt validate pe înregistrări de date în ani cu regim hidrologic diferit (an ploios – 2005, an secetos – 2007) și pe variante de măsuri de management propuse în sprijinul reducerii presiunilor de mediu asupra resurselor de apă, ecosistemelor și sănătății umane și au ca obiectiv îmbunătățirea calității râului Bahlui, pentru atingerea clasei de calitate II, conform directivei Cadru a Apei.

Integrarea metodei EIRA în cadrul modelării regimului CBO_5 în contextul râului Bahlui

Pornindu-se de la modelul hidrodinamic și de calitate a apei și de la metoda EIRA, în vederea atingerii unui grad mai redus de incertitudine a rezultatelor obținute prin aplicarea celor două tehnici în mod separat, s-au cuplat cele două instrumente într-un sistem integrat de metode ce oferă informații privind dinamica în timp și spațiu a impactului de mediu și riscului asociat induse de o activitate ce deversează un efluent de apă uzată într-un corp de apă de suprafață.

Respectând frontierele sistemului ca în cercetările de modelare, cu aceleași condiții morfodinamice și hidrologice, pe baza aceluiași ipoteze simplificatoare ca în cercetările de modelare, pe rețeaua schematizată ce simulează râul Bahlui s-au produs date zilnice de ieșire (debit apă uzată-concentrație CBO_5) ce au fost utilizate în metoda EIRA, pe baza calibrării și validării efectuate deja în cercetările de modelare din prezenta teză, pe perioada anilor 2004-2007.

2.3. Caracterizarea bazinului hidrografic Prut

2.3.1. Prezentarea generală a bazinului hidrografic Prut

Bazinul hidrografic al râului **Prut** (Figura 2.2.) este situat în extremitatea nord-estică a bazinului Dunării și se învecinează cu bazinele Tisa la nord-vest, Siret la vest și Nistru la nord și est. Al doilea

afluent ca lungime al Dunării, râul Prut (952,9 km) are suprafața totală a bazinului, de 27.500 km² desfășurându-se pe teritoriul a trei state Ucraina, România și Republica Moldova.

Bazinul hidrografic al râului Prut are în România o suprafață de recepție de 10.967 km² (cca. 4,6% din suprafața țării). O caracteristică a bazinului hidrografic Prut este forma alungită cu o lățime medie de cca. 30 km.

Râul **Bahlui**, situat în partea de Nord-Est a României în Campia Moldovei este cel mai important afluent al Râului Jijia, care la rândul său, este afluent de dreapta al râului Prut.

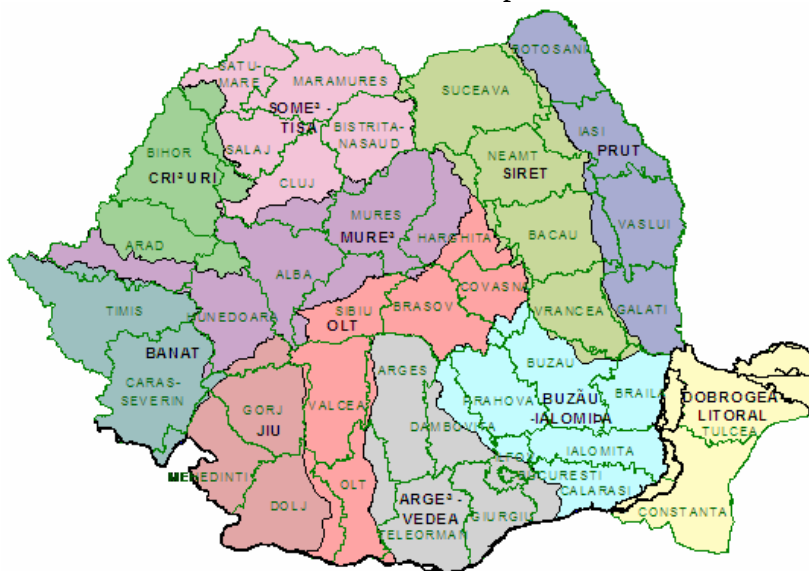


Figura 2.2. Bazinele hidrografice ale României

Cu o suprafață a bazinului de 1960 km², reprezintă 17% din suprafața bazinului hidrografic al râului Prut și prezintă numeroase probleme de poluare tipice pentru corpurile de apă din România, fiind și cel mai poluat afluent al râului Prut. Râul Bahlui are numeroși afluenți însă cei mai mulți au un curs nepermanent (DAP, 2008).

2.3.2. Probleme specifice MIRA în bazinul hidrografic Prut

Râul Prut formează granița între România și Ucraina pe o lungime de 31 km și între România și Republica Moldova pe 711 km. Caracterul său de râu transnațional induce o serie de particularități cu privire la integrarea sistemelor de management a resursei de apă din mai multe puncte de vedere: istoricul calității apei, achiziția și gestionarea datelor, practicile de management în situații de urgență, legislația aplicabilă, gradul de implicare a părților interesate, specificul procesului de prioritizare a măsurilor, etc. Aceste diferențe conduc la dificultăți de control al poluării resursei de apă și îngreunează elaborarea planurilor de măsuri ale autorităților de management.

Principalele probleme specifice bazinului hidrografic Prut cu privire la managementul resurselor de apă sunt:

- **Ineficiența infrastructurii de transport și epurare a apelor uzate**
- Grade de **conectare scăzute la sistemele de alimentare cu apă/epurare** a apelor uzate, în special în zonele rurale
- Creșterea frecvenței fenomenelor extreme (inundații/secete)
- Creștere economică (rapidă)
- Probleme de comunicare /colaborare între părțile interesate
- **Neconcordanțe între legislația națională și condițiile locale specifice (bazin hidrografic)** (neconcordanțe între debitele de ape uzate deversate (și concentrațiile poluanților) și calitatea receptorilor naturali).

Presiunile hidromorfologice din bazinul hidrografic Prut sunt un alt aspect ce ridică probleme de management al resurselor de apă, ele fiind reprezentate de: acumulări, derivații, iazuri, prelevări/restituții de apă semnificative, regularizări, îndiguiri și apărări de maluri, executate pe corpurile de apă în diverse scopuri (energetic, asigurarea cerinței de apă, regularizarea debitelor naturale, apărarea împotriva efectelor distructive ale apelor, combaterea excesului de umiditate, etc), cu efecte funcționale pentru comunitățile umane (DAP, 2008).

În bazinul hidrografic Prut sunt inventariate un număr de 124 folosințe de apă (DAP, 2008) care folosesc resursele de apă de suprafață ca receptor al apelor evacuate. În urma analizării surselor de poluare punctiformă, ținând seama de criteriile menționate mai sus, au rezultat un număr de **329 surse punctiforme semnificative** (286 urbane, 33 industriale și 10 agricole). În Tabelul 2.3. este redat un inventar al principalelor categorii de surse de poluare punctiformă.

2.3.3. Surse de poluare existente la nivel de bazin hidrografic

Tabel 2.3. Inventarul agenților poluatori studiați

Județ	Botoșani	Iași	Vaslui	Galați	Total
Tipul de activitate					
Stații de epurare	7	8	9	2	26
Municipalități (unități administrative și de învățământ)	7	0	3	6	16
Agenți industriali	10	18	5	5	38
Agenți agro-zootehnici	3	2	1	2	8
Servicii (și/sau alte activități)	7	2	3	2	14
Total	34	30	21	17	102

Capitolul 3. Studii integrate de impact și risc induse asupra apelor de suprafață la nivel de bazin hidrografic

3.1. Metodologie integrată de evaluare a impactului și riscului de mediu indus asupra apelor de suprafață de principalii poluatori din bazin

3.1.1. Principii generale

Recunoașterea la scară tot mai largă a implicațiilor pe care le are o instalație/proces/activitate (nou(ă) sau existent(ă) deja) asupra calității unor componente de mediu, în general și în particular, asupra omului, este insuficient tratată doar de procedura de evaluare a impactului de mediu și de aceea a condus la necesitatea integrării într-o metodologie unitară a procedurii de evaluare a impactului de mediu cu cea a riscului asociat. Prin urmare, s-au remarcat eforturi ce sprijină ideea (Kuitunen și colab., 2007; Robu și Macoveanu 2010; Sandham și Pretorius 2008) conform căreia procedura de evaluare a riscului de mediu completează ca volum de informație și grad de obiectivitate, procedura de evaluare a impactului asupra mediului, ambele având scopul de îmbunătățire a procesului decizional.

3.1.2. Metodologie de calcul

Inițial, metoda integrată de evaluare a impactului și riscului de mediu (*Environmental Impact and Risk Assessment* - EIRA) a fost dezvoltată (Robu, 2005; Robu și colab., 2005; Robu și Macoveanu, 2010) pentru cuantificarea impacturilor și riscurilor de mediu prin considerarea a patru componente de mediu: apa de suprafață, apa subterană, aer și sol. Ulterior, Bârjoveanu și colab. (2010) au modificat metoda inițială și **au luat în considerare doar o componentă de mediu, apa de suprafață**, pentru care impacturile, respectiv riscurile, sunt cuantificate pe baza indicatorilor de calitate. Expresia matematică ce stă la baza cuantificării impactului de mediu este redată prin ecuațiile 3.1. și 3.2 (Cojocariu și colab., 2011b).

$$\text{Impact de mediu (IM)} = \text{Magnitudine (M)} \times \text{Gravitate (G)} \times \text{Importanță (UI)} \quad (3.1.)$$

$$IM_i = \frac{Q_{a.u.}}{Q_{max}} \times \frac{C_{det}^i}{CMA_i} \times UI_{rau} \quad (3.2.)$$

Magnitudinea impactului de mediu este dată de raportul dintre debitul de apă uzată deversat de un agent poluator și debitul maxim permis și reglementat prin Ordonanța de urgență 161 din 2006, stabilit în concordanță cu debitul râului pe tronsonul avut în vedere dar și cu specificul și dimensiunea activității agentului poluator.

$$M = \frac{Q_{a.u.}}{Q_{max}} \quad (3.3.)$$

unde: M - magnitudinea, (-).

$Q_{a.u.}$ - debitul de apă uzată deversat de un agent poluator, (m^3/s).

Q_{max} - debitul maxim permis de legislația de mediu (OUG 161/2006), (m^3/s).

Gravitatea depinde în mod direct de concentrația poluantului în mediu. Aceasta redă decalajul față de situația de referință în ceea ce privește concentrația (determinată) a efluentului deversat într-un receptor natural, având în vedere concentrația maxim admisă de NTPA 001 - Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali (HG 352/2005) pentru un anumit indicator de calitate avut în vedere „i”.

$$G_i = \frac{C_{det}^i}{CMA_i} \quad (3.4.)$$

unde: C_{det}^i - concentrația poluantului „i” în efluentul deversat într-un receptor natural, (mg/L).

CMA_i - concentrația maxim admisă a indicatorului de calitate „i” prin NTPA 001 (HG 352/2005), (mg/L).

Ultimul termen din ecuația 3.1. este **unitatea de importanță**, care evidențiază **sensibilitatea/vulnerabilitatea tronsonului de râu** în care un agent poluator deversează un debit de apă uzată și care reprezintă un element de noutate în dezvoltarea acestei metode. Ea este acordată de către evaluator pe o scară de la 0,2 la 1, unde valoarea 1 reprezintă „importanța maximă” asociată unui sector de râu situat în clasa de calitate V („foarte proastă”) și valoarea 0,2 reprezintă „importanța minimă” acordată (OUG 161/2006) unui sector de râu situat în clasa de calitate I („foarte bună”), după cum este redat în Figura 3.1.

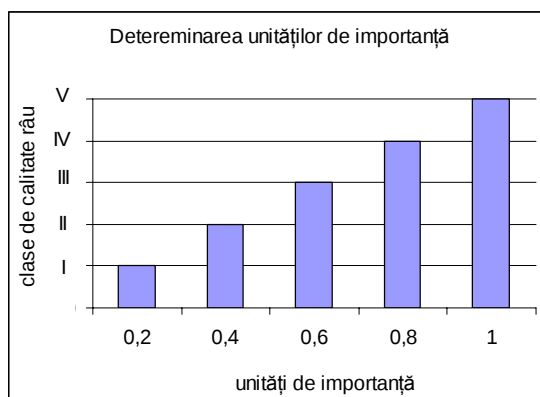


Figura 3.1. Acordarea unităților de importanță funcție de clasa de calitate a râului (Bârjoveanu et al., 2010; Cojocariu et al., 2011)

Fiecărui impact de mediu calculat în funcție de indicatorul de calitate “i”, îi este asociat un risc de mediu. Odată ce au fost cuantificate impacturile induse asupra componentei de mediu apa de suprafață, se calculează riscurile asociate acestor impacturi, astfel:

$$RM_i = IM_i \times P_i \quad (3.5.)$$

unde: RM_i - riscul indus asupra apei de suprafață calculat după indicatorul de calitate “i”,

IM_i - impactul indus asupra apei de suprafață calculat după indicatorul de calitate “i”,

P_i - probabilitatea de producere a impactului indus asupra apei de suprafață calculată după indicatorul de calitate „i”.

Probabilitatea de producere a unui impact de mediu se calculează **ca frecvență de depășire a pragului de alertă (70 % din CMA)**, aplicând formula:

$$P = \frac{n}{m} \quad (3.6.)$$

unde: n - numărul de depășiri al pragului de alertă (70 % din valoarea CMA),

m - numărul total de valori înregistrate/determinări.

S-a considerat ca situație de referință, scenariul ipotetic prin care un agent poluator oarecare ar deversa un efluent de apă uzată de concentrație ce atinge valorile pragului de alertă (70% din concentrația maximă admisă) pentru poluanții avuți în vedere și un debit egal cu debitul maxim permis de legislație. Totodată, s-au considerat clasa de calitate II (respectiv, valoarea unității de importanță de 0,4) pentru sectorul de râu în care agentul poluator deversează efluent de apă uzată și probabilitatea maximă ($P=100\%$) - dintr-un număr ipotetic de valori ale concentrației pentru poluantul “i”, toate au fost presupuse depășiri ale valorii pragului de alertă. Pentru fiecare indicator de calitate s-au calculat IM și RM pe bază formulelor de mai sus și s-au obținut următoarele valori:

$$\text{Așadar: } IM_{REF}^i = \frac{Q_{a.u.}}{Q_{max}} \times \frac{C_{det}^i}{CMA_i} \times UI_{rau} = 1 \times \frac{0,7 \times CMA}{CMA} \times 0,4 = 0,28 \quad (3.7.)$$

$$\text{Întrucât în situația de referință considerată: } Q_{a.u.} = Q_{max} \quad (3.8.)$$

$$RM_{REF}^i = IM_{REF}^i \times P_{REF}^i = 0,28 \times 1 = 0,28 \quad (3.9.)$$

3.2. Indicatori de calitate considerați

Cercetările privind atât modelarea matematică cu programul Sobek cât și cuantificarea integrată a impactului și riscului de mediu asupra factorului de mediu apă de suprafață s-au realizat la nivelul anilor 2004 – 2007, considerându-se în partea de modelare matematică indicatorul de calitate CBO_5 iar în cadrul evaluării integrate de impact și risc, cinci indicatori de calitate. Indicatorii de calitate considerați reprezentativi în a caracteriza calitatea apei de suprafață și pe baza cărora s-au realizat studiile integrate de impact și risc sunt: CBO_5 , $CCO-Cr$; MTS , NH_4^+ și detergenți.

3.3. Evaluarea impactului și riscului de mediu indus de sursele de poluare punctiformă din bazinul hidrografic Prut

Studiile integrate de impact și risc au fost derulate la nivelul surselor de poluare din bazinul hidrografic Prut, monitorizate de către Direcția Apelor Prut și clasificate totodată după tipul de activitate ca în Tabelul 2.3. Pentru fiecare din cele 4 județe din bazinul hidrografic studiat s-a realizat câte un inventar al tuturor agenților poluatori/consumatori ai resurselor de apă. În continuare sunt redată rezultatele cuantificării integrate a impactului de mediu și riscului asociat pe categorii de activități poluatoare.

3.3.1. Evaluarea impactului de mediu indus de stațiile de epurare din bazinul hidrografic Prut

Stațiile de epurare din bazinul hidrografic Prut reprezintă un punct cheie în managementul durabil al resurselor de apă, întrucât ele afectează în mod direct calitatea apei din receptorii naturali și de gradele lor de epurare realizate depinde asigurarea unei stări de calitate bună a corpurilor de apă receptoare. Stațiile de epurare analizate în bazinul hidrografic Prut sunt prezentate în Tabelul 3.4.

Stațiile de epurare municipale supuse evaluării integrate de impact și risc prezintă valori ridicate ale impactului de mediu față de referința stabilită, în toate cele 4 județe analizate. Figurile 3.1.-3.2. prezintă rezultatele cuantificării integrate a impacturilor de mediu (IM) induse de stațiile de epurare analizate, funcție de magnitudine (M - reprezentată grafic prin ▲, calculată ca raportul dintre debitul mediu anual de apă uzată deversat și cel maxim permis) și gravitate (G - reprezentată grafic prin ◇, calculată ca raportul dintre concentrația medie a indicatorului de calitate a apei).

Tabel 3.4. Evoluția clasei de calitate a tronsoanelor de râu aferente stațiilor de epurare evaluate pe perioada studiată (DAP, 2008)

Nr. crt.	Judet	Stația de epurare	Râul receptor	Evoluția clasei de calitate a râului receptor			
				2004	2005	2006	2007
1	Botoșani	RAJ "APA" Botoșani (Răchiți)	Sitna	II	II	II	II
2		RAJ "APA" Botoșani (Tulbureni)	Teascu	II	II	II	II
3		RAJ "APA" Botoșani (Bucecea)	Sitna	II	II	III	IV
4		RAJ "APA" Botoșani (Cătămărăști)	Sitna	II	II	III	IV
5		Goscom Dorohoi	Jijia	V	V	III	IV
6		SC CONACET SA Săveni	Bășeu	IV	IV	III	IV
7		SC DACATERM SA Darabani	Podriga	V	V	V	V
8	Iași	Apavital Iași (treapta mec.)	Bahlui	V	V	V	V
9		Apavital Iași (treapta mec.+bio.)	Bahlui	V	V	V	V
10		Apavital Hârlău	Bahlui	IV	IV	IV	IV
11		Apavital Belcești	Bahlui	V	V	IV	III
12		Apavital Tg.Frumos	Bahluiet	IV	IV	IV	IV
13		Apavital Pd.Iloaiei	Bahlui	IV	IV	IV	IV
14		Apavital Vlădeni	Jijia	IV	IV	III	III
15		Apavital Răducăneni	Bohotin	V	V	V	V
16	Vaslui	GOSCOM SA Husi	Huși	V	V	IV	V
17		GOSCOM SA Vaslui	Vasluiet	V	V	IV	V
18		GOSCOM SA Spătar Angheluță	Delea	III	III	II	II
19		GOSCOM SA - Zona industrială Rediu	Racova	IV	IV	IV	IV
20		GOSCOM SA - Stație tratare Delea	Delea	III	III	II	II
21		R.A.G.C.L. Bârlad	Bârlad	III	III	IV	IV
22		R.A.G.C.L. - Iaz retenție 2	Valea Seacă	V	V	IV	IV
23		R.A.G.C.L. - Ev. dir. Balta Prodana	Balta Prodana	IV	IV	IV	IV
24		R.A.G.C.L. - Ev. dir. S.P. Termica	Bârlad	IV	IV	IV	IV
25	Galați	TERMSAL Tecuci	Bârlad	IV	IV	IV	IV
26		TERMSAL Elena Doamna	Tecucel	III	III	III	III

În privința indicatorilor CBO_5 și $CCO-Cr$, în figurile 3.2.- 3.6. se poate observa că valorile cele mai ridicate ale impactului de mediu față de referință sunt înregistrate în județele Botoșani (de GOSCOM Dorohoi) și Iași (stațiile de epurare din localitățile Podu Iloaiei, Vlădeni și Belcești).

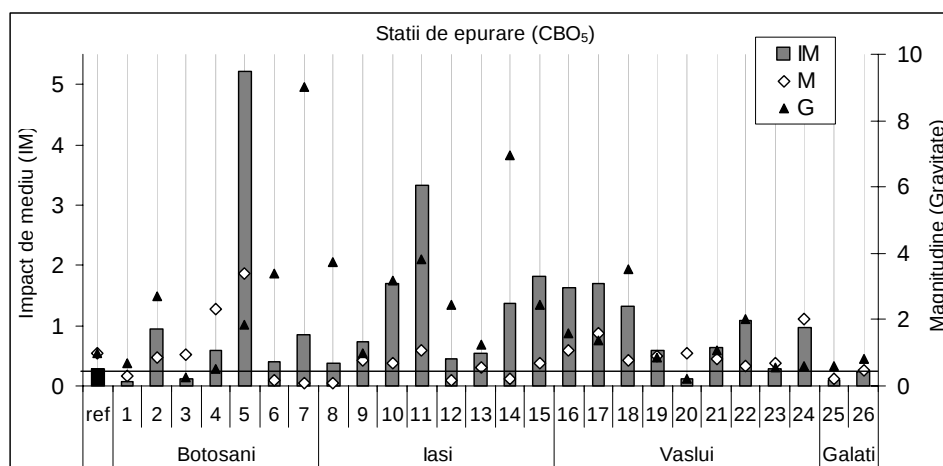


Figura 3.2. Impacturile de mediu induse de stațiile de epurare studiate în ceea ce privește indicatorul de calitate CBO_5

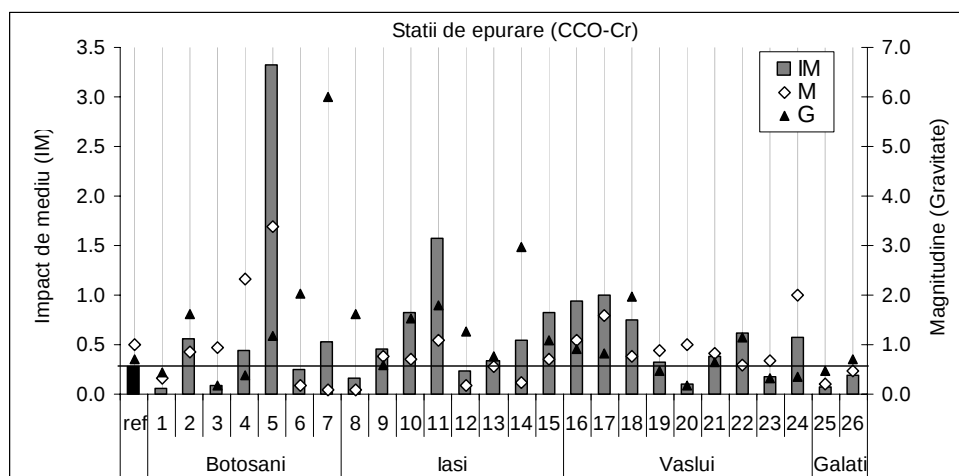


Figura 3.3. Impacturile de mediu induse de stațiile de epurare studiate în ceea ce privește indicatorul de calitate CCO-Cr

Acestea sunt urmate de județul Vaslui cu: GOSCOM Huși, GOSCOM Vaslui, GOSCOM Spătar Angheluță, R.A.G.C.L. - iaz retenție și R.A.G.C.L. Termica, însă cu un ordin de mărime mai mic. În județul Galați, din cele două stații de epurare analizate la nici una nu au rezultat valori ale impactului de mediu peste valoarea de referință avută în vedere.

3.3.2. Evaluarea impactului de mediu indus de municipalitățile din bazinul hidrografic Prut

Tabel 3.5. Evoluția clasei de calitate a tronsoanelor de râu aferente municipalităților evaluate pe perioada studiată

Nr. crt.	Județ	Stația de epurare	Râul receptor	Evoluția clasei de calitate a râului receptor			
				2004	2005	2006	2007
1	Botoșani	Primăria Dângeni	Jijia	IV	IV	III	
2		Primăria Flămânzi	Miletin	IV	IV	IV	IV
3		Primăria Mihai Eminescu	Dresleuca	II	II	III	IV
4		Primăria Ripiceni	Prut	II	II	II	II
5		Primăria Trușești	Jijia	IV	IV	III	III
6		Tabăra de copii Agafton	Băiceni	IV	IV	III	IV
7		Centrul de plasament "Speranța", Pomârla	Pârâul lui Martin	IV	IV	III	III
8	Vaslui	Primăria Murgeni	Elan	III	III	III	III
9		Primăria Codăiești	Rediu	IV	IV	III	IV
10		Consiliul local Negrești	Bârlad	III	III	II	II
11	Galați	Colegiul național de agricultură și economie	Bârlad	IV	IV	IV	IV
12		Consiliul Local Ivești	Bârlad	III	III	IV	IV
13		Consiliul local Schela	Lozova	IV	IV	IV	IV
14		Primăria Berești	Chineja	V	V	IV	IV
15		Primăria Cudalbi	Geru	V	V	IV	V
16		Primăria Tg. Bujor	Chineja	III	III	IV	IV

În privința indicatorului de calitate amoniu NH_4^+ , toți agenții înregistrează depășiri ale concentrației de la valoarea CMA, după cum reiese din analiza Figurii 3.9. cu rezultatele evaluării impacturilor de mediu induse de municipalități în privința acestui poluant, dar cu debite ce respectă valorile maxim impuse la deversare, diferenț făcându-se în momentul în care se acordă atenție și gradului de vulnerabilitate a râului receptor (Tabel 3.4.).

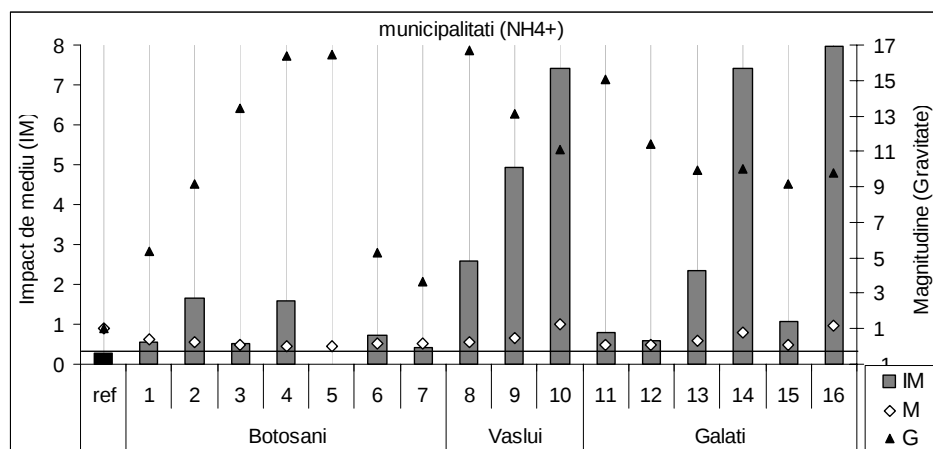


Figura 3.9. Impacturile de mediu induse de municipalitățile studiate în ceea ce privește indicatorul de calitate NH_4^+

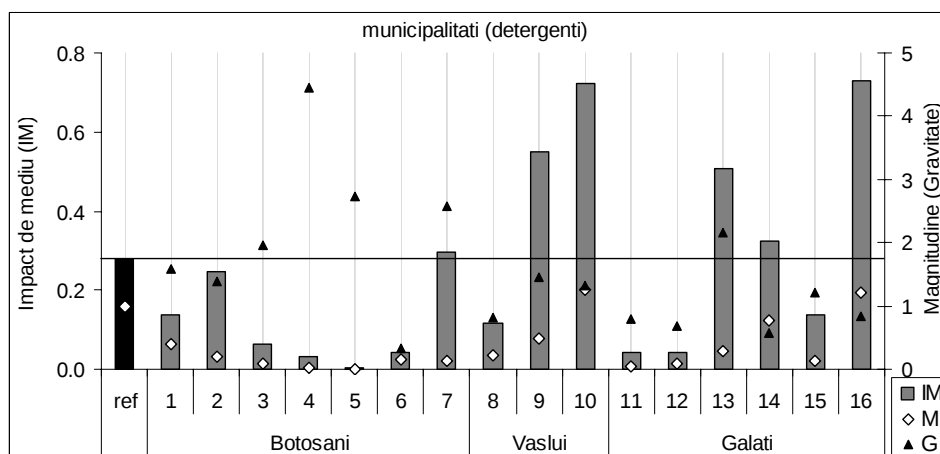


Figura 3.11. Impacturile de mediu induse de municipalitățile studiate în ceea ce privește indicatorul de calitate detergenți

Rezultatele (Figura 3.11.) privind evaluarea impactului indus de descărcările de detergenți din apele uzate provenind de la municipaliități evidențiază importanța includerii în cadrul evaluării impactului de mediu indus de o activitate, și a gradului de poluare a componentei de mediu receptoare, dar și a decalajului față de starea ideală în ceea ce privește debitul de apă uzată deversat (magnitudine).

3.3.3. Evaluarea impactului de mediu indus de activitățile industriale din bazinul hidrografic Prut

Agenții industriali supuși studiilor de impact și risc din cadrul bazinului hidrografic Prut sunt redați în Tabelul 3.6. alături de tronsonul de râu afectat de fiecare agent poluator și de o situație a evoluției clasei de calitate a râului respectiv în perioada analizată (anii 2004-2007).

Tabel 3.6. Evoluția clasei de calitate a tronsoanelor de râu aferente industriilor evaluate pe perioada studiată

Nr. crt.	Județ	Surse de poluare	Profilul activității	Râul receptor	Evoluția clasei de calitate a râului receptor			
					2004	2005	2006	2007
1	Botoșani	SC Ceramica SA Dorohoi	Fabricare materiale de construcții	Jijia	V	V	III	IV
2		Regia Națională a Pădurilor Cotu (atelier)	Fabricarea și prelucrarea lemnului	Miletin	IV	IV		
3		Regia Națională a Pădurilor Trușești (atelier)	Fabricarea și prelucrarea lemnului	Jijia	IV	IV		
4		SC STIPO SA Dorohoi	Fabricarea sticlei	Jijia	V	V		

Nr. crt.	Judet	Surse de poluare	Profilul activității	Râul receptor	Evoluția clasei de calitate a râului receptor			
					2004	2005	2006	2007
5		SC MINDO Dorohoi	Extracția pietrișului și nisipului	Bășeu	III	III	III	IV
6		SNP"PETROM"-Depozit Botoșani	Depozit deșeuri petroliere	Luizoaia	IV	IV	III	
7		SNP"PETROM"-Depozit Dorohoi	Depozit deșeuri petroliere	Jijia	V	V		
8		Federalcoop Trușești	Activitate comercială	Jijia	IV	IV	III	III
9		Consumcoop Botoșani	Activitate comercială	Băiceni	IV	IV	III	III
10		Federalcoop Botoșani	Activitate comercială	Dresleuca	V	V	III	
11	Iași	SC Prodalex SA	Producător de textile	Bahlui		IV	IV	IV
12		SC Eurotex Company	Producător de textile	Bahlui	IV	IV	IV	IV
13		SC Cotnari SA	Producător de vinuri	Bahlui	IV	IV		
14		SC Antibiotice SA 1	Producător de medicamente	Bahlui	V	V	V	V
15		SC Antibiotice SA 2		Bahlui	V	V	V	V
16		SC Spiroca	Producător de materiale de construcții	Bahlui	V	V	V	V
17		SC Fortus SA	Producător de utilaj greu	Nicolina	V	V		
18		SC CET II	Centrală electrică de termoficare	Bahlui	V	V		
19		SC Somaco SA	Producător de materiale de construcții	Bahlui	V	V		
20		Prime Proprietăți	Firma de imobiliare	Bahlui				V
21		Selgros	Hipermarket	Nicolina				V
22		Pneu Service	Vanzări și service auto	Bogonos				V
23		Casa Auto	Centru de vânzări și service auto	Lupul				V
24		Sandra Trading	Centru de vânzări și service auto	Bogonos				V
25		Caremil Impex	Dealer Dacia autorizat	Bahlui				
26		Sermecom	Centru de vânzări și service auto	Lupul				V
27		Europa Expres	Producător de hartie	Bahlui				V
28		Cordial	Procesare și prelucrare pește	Lupul				V
29	Vaslui	SC Mihoc SRL Craiești	Producător băuturi alcoolice	Fundătura	IV	IV	III	III
30		Rulmenți SA Barlad 1	Industria rulmenților	Simila	IV	IV	IV	IV
31		Rulmenți SA Barlad 2	Industria rulmenților	Bârlad	IV	IV	IV	IV
32		S.C. Giani Armături SRL	Prelucrarea cărnii	Bârlad			III	III
33		SC Frăția SRL Simila	Producător oțet	Simila		IV	IV	IV
34	Galați	SC Petromservice SA Brăila	Industria petrolului	Lozova			IV	V
35		SC Mittal Steel SA 1	Industria metalurgică	Mălina	III	III	III	III
36		SC Mittal Steel SA 2	Industria metalurgică	Cătușa	III	III	III	III
37		SC SPIRT Ghidigeni SA	Producător băuturi alcoolice	Bârlad	III	III		
38		SNP Petrom Braila	Extracția petrolului	Lozova	V	V	IV	V

Din analiza rezultatelor privind evaluarea impactului de mediu indus de agentii industriali prezentați în Tabelul 3.5. pentru indicatorii de calitate CBO₅ și CCO-Cr (Figura 3.12. și 3.13.) se remarcă cateva exemple reprezentative de surse de poluare pentru care, în cadrul valorii impactului de mediu, decisive au fost atât clasa de calitate a râului receptor cât și valoarea magnitudinii (depărtarea valorii debitului deversat de la limita permisă de legislație).

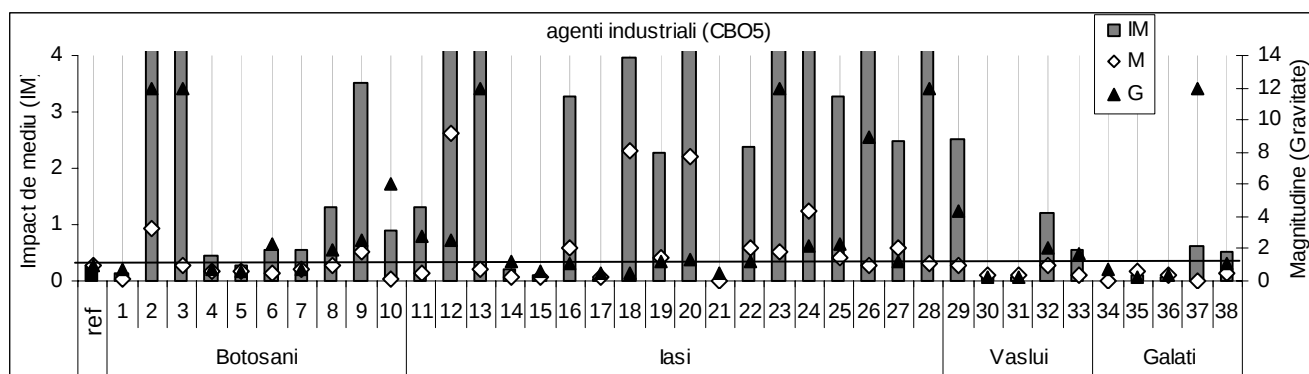


Figura 3.12. Impacturile de mediu induse de agenții industriali studiate în ceea ce privește indicatorul de calitate CBO₅

În privința depășirilor valorii CMA pentru detergenți din efluenții deversați de agenții industriali în bazinul hidrografic Prut, impacturile de mediu au înregistrat valori peste limita de referință cu precădere în județul Iași.

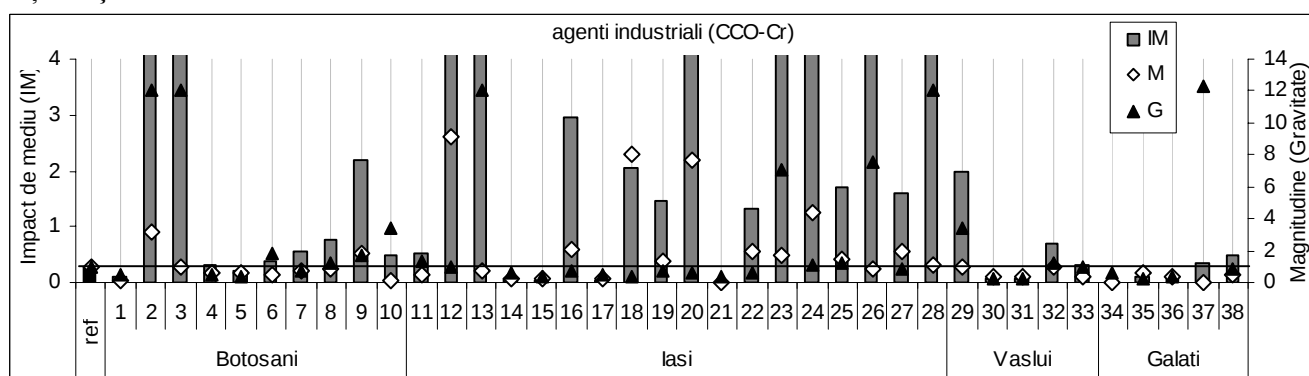


Figura 3.13. Impacturile de mediu induse de agenții industriali studiate în ceea ce privește indicatorul de calitate CCO-Cr

Județele Botoșani și Vaslui înregistrează câte un singur agent poluator ce depășește valoarea de referință, iar în județul Galați nu se remarcă impacturi de mediu semnificative privind concentrația detergenților în efluenții deversați de cele 5 surse de poluare evaluate (Cojocariu și colab., 2011a).

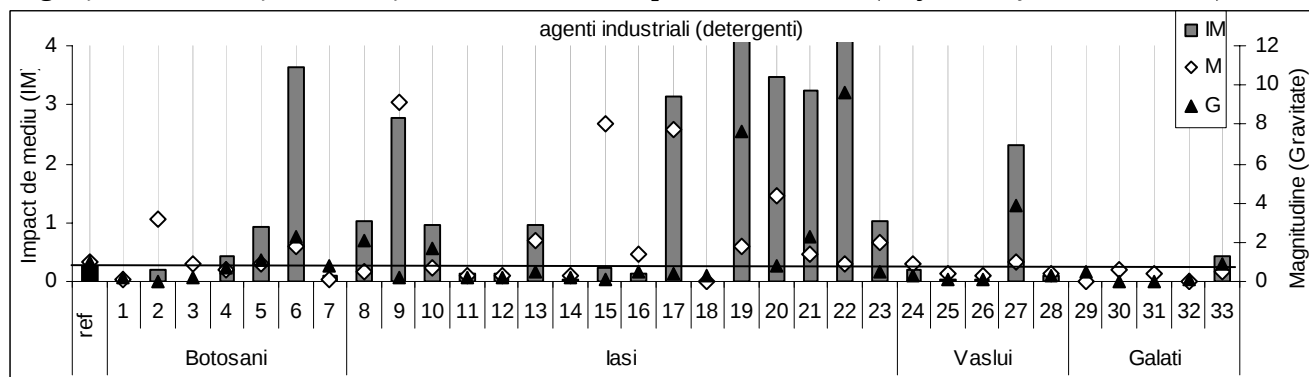


Figura 3.16. Impacturile de mediu induse de agenții industriali studiate în ceea ce privește indicatorul de calitate detergenți

3.3.4. Evaluarea impactului de mediu indus de activitățile agricole/zootehnice din bazinul hidrografic Prut

Sursele de poluare cu specific agro-zootehnic din bazinul hidrografic Prut și care au fost evaluate în cadrul cuantificării integrate a impactului și riscului de mediu în prezenta teză de doctorat sunt în număr redus, acest fapt datorându-se modului necentralizat în care se practică agricultura (activitățile zootehnice), caracterului difuz specific acestor surse de poluare și implicit lipsei de date de monitorizare existente în cadrul Administrației Bazinale de Apă Prut. În Tabelul 3.7. sunt redate sursele de poluare supuse metodei

integrate de evaluare a impactului și riscului de mediu și se observă că predominante sunt activitățile de viticultură, creșterea păsărilor și prelucrarea cărnii.

Tabel 3.7. Evoluția clasei de calitate a tronsoanelor de rau aferente activităților agricole/zootehnice evaluate pe perioada studiată

Nr. crt.	Județ	Surse de poluare	Profilul activității	Râu receptor	Evoluția clasei de calitate a râului receptor			
					2004	2005	2006	2007
1	Botoșani	SC Nadim SRL Dorohoi	Abator	Jijia	V	V		
2		SC Ancal SRL Botosani	Abator	Cotargaci	II	II	III	IV
3		SC Gemar SRL	Abator	Burla	II	II		
4	Iași	SC Avitop SA	Abator	Bahlui	V	V	V	V
5		Agrocom Strunga	Creșterea pasărilor, procesarea cărnii	Bahna	V	V	V	V
6	Vaslui	SC Agrovinprod SRL Berezeni	Viticultura și producția de vinuri	Musata			II	II
7	Galați	Vincon Ghidigeni	Viticultura și producția de vinuri	Barlad			II	
8		Agromec Berheci	Cultivare cereale și leguminoase	Berheci	III	III	IV	IV

Impactul de mediu cel mai pronunțat s-a obținut pentru agentul poluator Agrocom Strunga care deversează un debit de apă uzată ce depășește debitul maxim permis cu o concentrație peste valoarea CMA, într-un tronson de râu deja foarte afectat și situat în clasa V de calitate, conform clasificării WFD.

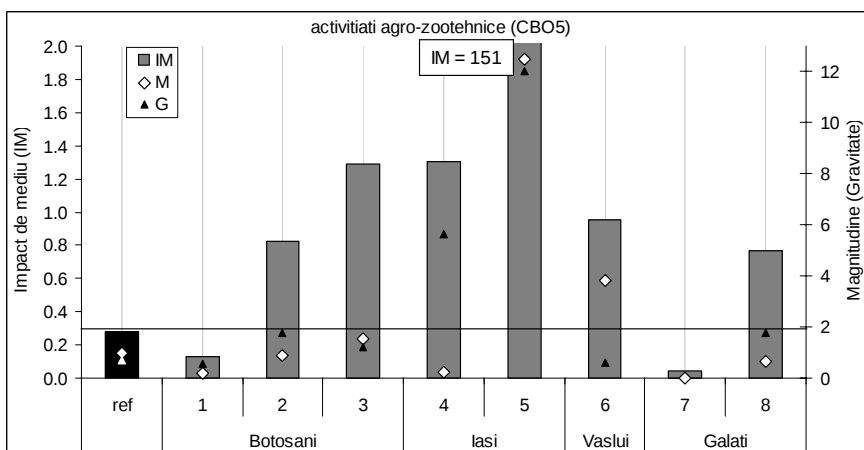


Figura 3.17. Impacturile de mediu induse de activitățile agro-zootehnice studiate în ceea ce privește indicatorul de calitate CBO₅

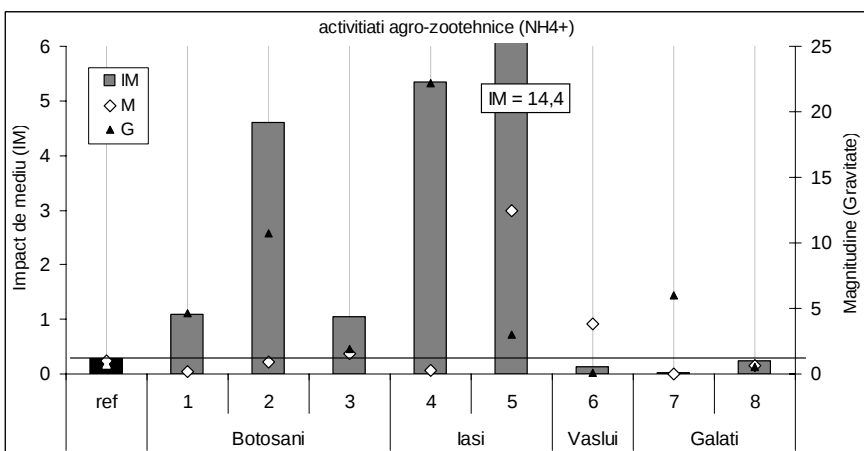


Figura 3.19. Impacturile de mediu induse de activitățile agro-zootehnice studiate în ceea ce privește indicatorul de calitate NH₄⁺

3.3.5. Evaluarea impactului de mediu indus de servicii/alte activități din bazinul hidrografic Prut

În Tabelul 3.8. sunt redate serviciile supuse metodei integrate de evaluare a impactului și riscului de mediu alături de sectoarele de râu receptoare și totodată evoluția clasei de calitate a râului.

Tabel 3.8. Evoluția clasei de calitate a tronsoanelor de râu aferente serviciilor evaluate pe perioada studiată

Nr. crt.	Județ	Surse de poluare	Râu receptor	Evoluția clasei de calitate a râului receptor			
				2004	2005	2006	2007
1	Botosani	SC Termica SA 1 (distributie energie termica si apa calda)	Dresleuca	II	II	III	IV
2		SC Termica SA 2 (distributie energie termica si apa calda)	Luizoaia	II	II	III	IV
3		Depoul CFR	Buhai	III	V	III	IV
4		SC Transport-Mixt SA	Jijia	V	II	III	
5		ALDP I.A.S.I. Botosani	Luizoaia	II	IV	III	III
6		AISEE (distributie energie electrica)	Jijia	IV	IV	III	IV
7		SC Urban Serv SA	Teascu	IV	IV	III	IV
8	Iasi	RATC	Rediu	V	V	V	V
9		Statia CFR	Jijia	III	III	V	V
10	Vaslui	Vama Albita	Prut	III	III	II	II
11		Unitate militara Bacesti	Barlad	III	III	IV	IV
12		Laborator veterinar Barlad	Barlad	III	III	IV	IV
13	Galati	Jandarmeria Tecuci (UM 0527)	Barlad	IV	IV	IV	IV
14		Directia Regionala Vamala Galati	Prut			II	II

În Figura 3.26. se observă impacturile de mediu induse de serviciile studiate în ceea ce privește încărcările în detergenți (Cojocariu și colab., 2011a). Se constată existența unui singur agent poluator (unitatea militară din județul Vaslui) cu impact de mediu semnificativ atât datorita depășirilor de concentrație a detergenților cât și a debitului de apă uzată la deversarea într-un tronson de râu situat în clasa III de calitate în primii doi ani din perioada evaluată, urmând ca în următorii doi ani calitatea apei râului de pe tronsonul respectiv să se deprecieze (clasa IV).

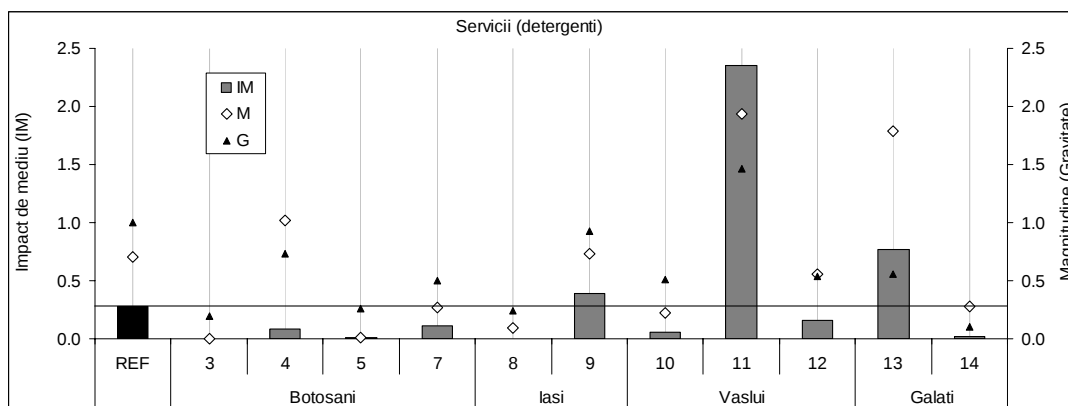


Figura 3.26. Impacturile de mediu induse de serviciile studiate în ceea ce privește indicatorul de calitate detergenți

3.3.6. Evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu indus de sursele de poluare punctiforme din bazinul hidrografic Prut în ceea ce privește indicatori de calitate studiați

Figurile 3.27.-3.31. redau distribuțiile diferitelor categorii de activități la impactul și riscul de mediu pentru cei 5 indicatori luați în studiu.

Rezultatele arată faptul că pentru indicatorul CBO_5 , de exemplu, unde s-a observat că există depășiri semnificative ale impacturilor și riscurilor de referință, pentru județul Botoșani, contribuția majoră o prezintă poluatorii industriali, în timp ce în județul Iași, agenții agroindustriali prezintă cel mai ridicat impact.

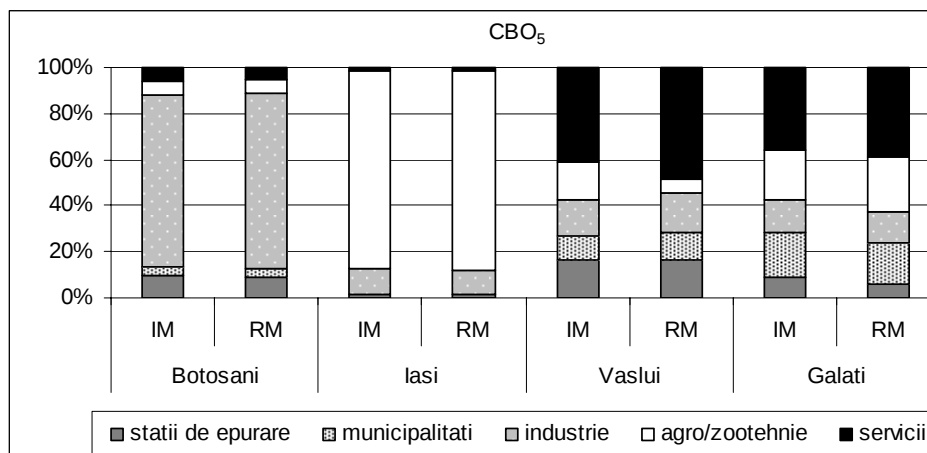


Figura 3.27. Contribuțiile procentuale ale diferitelor categorii de activități la impactul și riscul de mediu induse în ceea ce privește indicatorul de calitate CBO_5

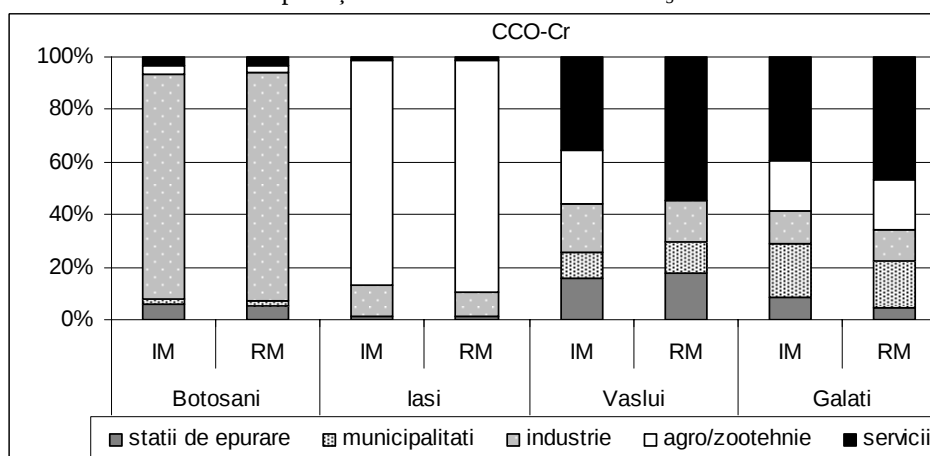


Figura 3.28. Contribuțiile procentuale ale diferitelor categorii de activități la impactul și riscul de mediu induse în ceea ce privește indicatorul de calitate CCO-Cr

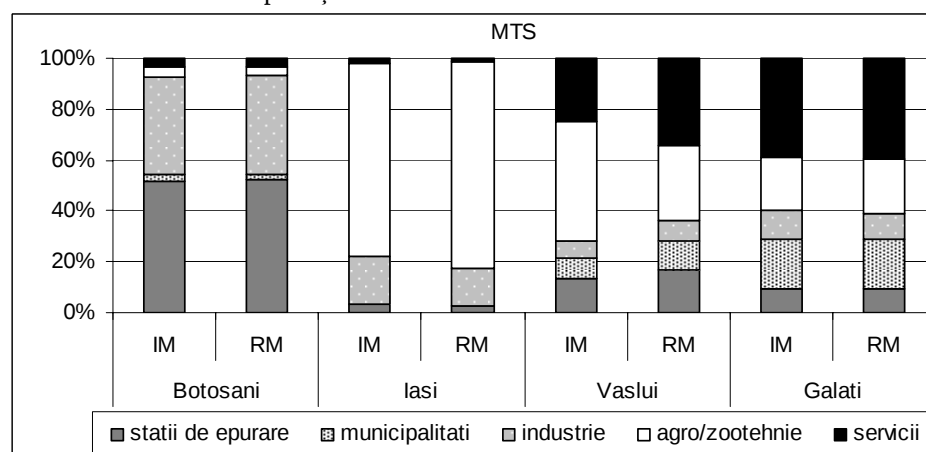


Figura 3.29. Contribuțiile procentuale ale diferitelor categorii de activități la impactul și riscul de mediu induse în ceea ce privește indicatorul de calitate MTS

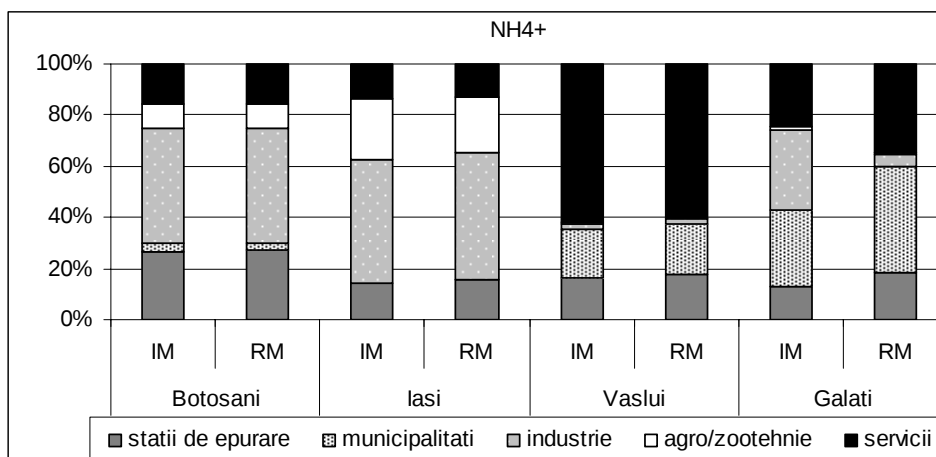


Figura 3.30. Contribuțiile procentuale ale diferitelor categorii de activități la impactul și riscul de mediu induse în ceea ce privește indicatorul de calitate NH_4^+

Astfel se poate observa faptul că utilizand metoda EIRA este posibilă ierarhizarea poluatorilor, identificarea zonelor de impact și risc („hotspots”), astfel încât să fie posibilă prioritizarea unui plan de măsuri.

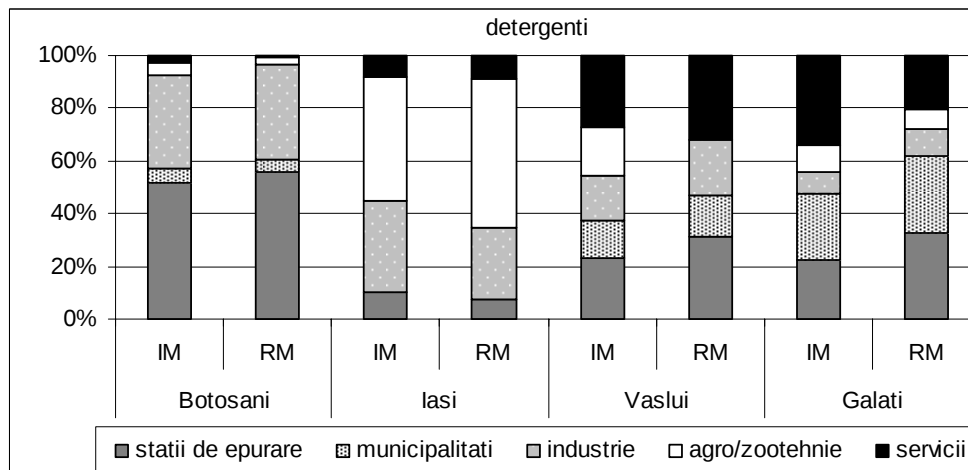


Figura 3.31. Contribuțiile procentuale ale diferitelor categorii de activități la impactul și riscul de mediu induse în ceea ce privește indicatorul de calitate detergenți

3.3.10. Evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu globale indus de sursele de poluare punctiformă din bazinul hidrografic Prut în ceea ce privește indicatorii de calitate studiați

O situație de ansamblu cu privire la dimensiunea globală a impactului și riscului de mediu (Figura 3.32.) pe care o are fiecare tip de activitate pe tipuri de poluanți relevă în primul rând, faptul că aproape toate categoriile de activități depășesc pentru aproape toți poluanții, valoarea de referință a impactului și riscului, cu foarte puține excepții:

- pentru indicatorul detergenți: municipalități și servicii;
- pentru indicatorii MTS, CBO_5 și CCO-Cr: municipalități.

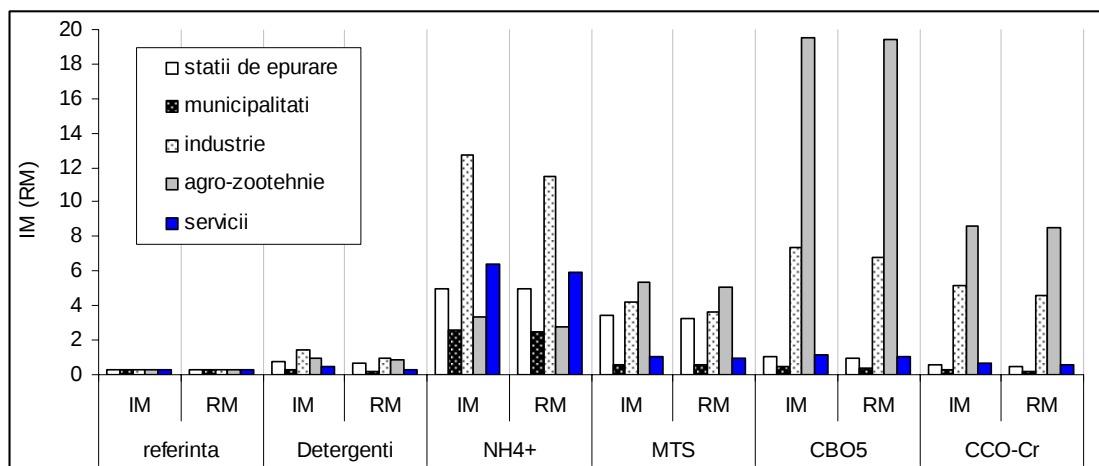


Figura 3.32. Valorile globale ale impactului (IM) și riscului de mediu (RM) pe categorii de activități și pe poluanții evaluați

Capitolul 4. Modelarea calității apei în bazinul hidrografic al râului Bahlui

În acest capitol s-a urmărit dezvoltarea și calibrarea unui model de calitate a apei privind regimul CBO₅ pentru râul Bahlui, localizat în bazinul hidrografic Prut și utilizarea acestui model ca instrument de simulare în studiul diverselor scenarii privind opțiunile de management al apelor uzate în lungul râului Bahlui. Această abordare este motivată de complexitatea cauzelor ce conduc la calitatea slabă a resurselor de apă în râul Bahlui și de necesitatea investigării gradului de atingere a obiectivelor Directivei Cadru a Apei prin implementarea măsurilor propuse. Indicatorul CBO₅ a fost ales în cadrul modelului de calitate a apei din următoarele motive: reprezintă unul din cei mai importanți indicatori ai prezenței într-un corp de apă a poluanților organici biodegradabili provenind din surse naturale sau antropice și totodată este un indicator ce poate fi ușor conectat cu starea ecologică a unui râu.

4.1. Software-ul Sobek de simulare a regimului hidrodinamic și de calitate a apei

Modelele hidrodinamic și de calitate a apei utilizate în studiile de modelare au fost construite folosind instrumentul software Sobek, un pachet integrat de 12 module elaborat de Delft Hydraulics în colaborare cu RIZA (Olanda), utilizat în modelările hidraulice, hidrologice și de calitate multi-dimensionale pentru managementului resurselor de apă (Deltares, 2010). Modulul numeric uni-dimensional de modelare (1DFlow) din cadrul programului Sobek a fost cuplat cu modulul uni-dimensional de calitate a apei (1DWAQ) ce permite modelarea transportului poluanților și a proceselor de transformare ce au loc de-a lungul canalelor și râurilor cu scurgere liberă.

4.1.1. Principii și ecuații de calcul

a. Modelul hidrodinamic

Modelul rezolvă ecuația de advecție-difuzie în combinație cu ecuația de continuitate (ecuațiile Saint Venant) pe o rețea formată din noduri și segmente ce descrie geometria râului. Rezultatele sunt verificate pe înregistrări în ani cu regim hidrologic diferit (an ploios – 2005, an secetos - 2007). Debitul de curgere într-o anumită direcție este descris de două ecuații: ecuația de moment (ecuația 4.1.) și ecuația de continuitate (ecuația 4.2.).

Ecuația de moment:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A_f} \right) + g \cdot A_f \cdot \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{g \cdot Q |Q|}{C^2 \cdot R \cdot A_f} - W_f \frac{\tau_{wi}}{q_w} = 0 \quad (4.1.)$$

unde: Q - debit [m^3/s]
t - timp [s]
 A_f - suprafața udată [m^2]
x - distanța [m]
g - accelerația gravitațională [m/s^2] (=9.81)
Q - debit [m^3/s]
C - coeficientul Chézy [$\text{m}^{1/2}/\text{s}$]
R - raza hidraulică [m]
 A_f - suprafața udată [m^2]

Ecuția de continuitate:

$$\frac{\partial A_f}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_{lat} \quad (4.2.)$$

unde: A_f - suprafața udată
 q_{lat} - debitul lateral pe unitatea de lungime [m^2/s]
Q - debit [m^3/s]
t - timp [s]
x - distanța [m].

Modelul hidrodinamic necesită o rețea schematizată a zonei de studiu reprezentată de o rețea ce definește și calculează condițiile hidrodinamice (nivelul apei și debit) rezolvând ecuațiile Saint Venant (ecuația de moment și ecuația de conservare a masei). Această rețea cuprinde segmente conectate între ele prin noduri ce definesc punctele numerice spațiale în care ecuațiile Saint Venant urmează a fi rezolvate prin rularea modelului. Datele legate de nivele de apă se introduc în nodurile de calcul și cele legate de debite se descriu pe segmentele de râu (Deltares, 2010).

Pe baza unei hărți GIS s-a construit o rețea ce reprezintă geometria râului studiat utilizându-se datele hidrologice și hidrometrice cunoscute de pe râul Bahlui, acumularea Tansa și o mică porțiune din râul Jijia, în care se varsă râul Bahlui. Rețeaua totalizează un număr de 93 puncte de calcul (noduri) echidistante, cu o distanță între ele ce reprezintă 1000 metri în teren. Punctelor asociate stațiilor hidrologice pentru care se cunosc date, li s-a adăugat câte un punct ce descrie secțiunea transversală a râului din acel loc. Au fost descrise 10 secțiuni transversale prin date descriptive ale regimului hidrologic și hidrodinamic, al profilului secțiunilor transversale (nivelul apei, cota de teren, forma profil secțional, panta medie a terenului). Deoarece software-ul Sobek utilizează un bilanț de apă închis și datorită faptului că râul Bahlui are o serie de afluenți nepermanenți pentru care nu se cunosc date descriptive, s-a recurs la utilizarea de 2 debite laterale „fictive” („*fictive lateral flows*”) ce înglobează contribuția debitelor acestor afluenți, reducându-se erorile de calcul dintre datele de modelare introduse și cele calculate de soft. Aceste debite „fictive” au fost amplasate în punctele semnificative dintre stațiile hidrometrice unde se cunosc date legate de debite, după cum se poate vedea și în Figura 4.4. Astfel, primul debit „fictiv” a fost poziționat astfel încât să însumeze contribuția râului Bahlueț, râu ce se varsă în râul Bahlui în zona orașului Podu Iloaiei. Al doilea debit „fictiv” reprezintă contribuția cumulată a afluenților Bogonos, Voinești, Lupul, Căcaina, Cîrnic, Chirița și Orzeni care se varsă în râul Bahlui în jurul localității Iași.

b. Modelul de calitate al apei

Modelul de calitate al apei calculează concentrația în spațiu și timp prin rezolvarea ecuației de advecție-difuzie (ecuația 4.3.):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} - U_x \cdot C \right) + S(C, t) \quad (4.3.)$$

unde:

C - concentrația poluantului [g/m^3]
 D_x - coeficientul de dispersie longitudinal [m^2/s]
 S - o sursă de substanță [$\text{g}/\text{m}^3/\text{s}$]
 t - timp [s]
 U_x - viteza longitudinală [m/s]
 x - distanța [m].

Cuplarea modelelor hidrodinamic și de calitate a apei se realizează prin intermediul termenilor dispersie și viteză din ecuația de advecție-difuzie calculați de modelul hidrodinamic (ec. 4.1. și 4.4.). Ultimul termen din ecuație descrie procesele specifice de transformare a poluantului care în cazul de față sunt descompunerea CBO_5 și sedimentarea. Modelul de calitate a apei utilizează ca date de intrare, datele hidrodinamice calculate de modelul hidrodinamic și concentrațiile debitelor laterale, pe baza cărora, calculează concentrațiile pe fiecare segment al râului și pentru fiecare timp de măsurare.

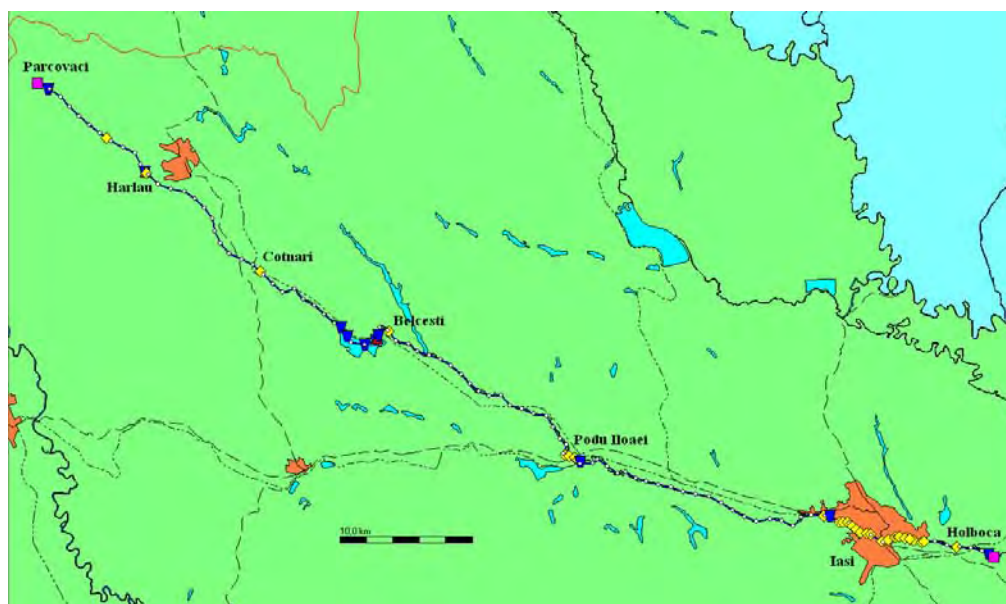


Figura 4.4. Rețeaua Sobek ce simulează râul Bahlui și agenții poluatori luați în studiu

S-a utilizat un număr de 17 surse de poluare punctiformă (prezentate în Tabelul 4.2.). În Tabelul 4.2. sunt redați agenții poluatori analizați împreună cu datele hidrometrice corespunzătoare, cu caracteristicile stației de epurare aferente și totodată cu condițiile la limită ale sistemului analizat (aval Pârcovaci – limita amonte și Holboca – limita aval).

Tabel 4.2. Descargarile de ape uzate în raul Bahlui
(în ordinea amonte → aval în care deversează debite de apă uzată în sistemul analizat)

(în ordine alfabetică - aval în care deversază debite de apă uzată în sistemul analizat)								
Nr.	Surse de poluare	Treapta de epurare	Concentrație CBO ₅ (mg/l)			Date hidrometrice		
			Domeniu de valori	Valoarea medie (mg/l)	Frecvența datelor (nr/an)	Debitul mediu (m ³ /s)	Localizare (altitudine aprox., m)	Distanța de la confluență (km)
Aval Pârcovaci							(440)	90
1	Stația de epurare Hârlău	M+B*	12 ÷ 273	46,53	22	0,012	Hârlău (440)	82
2	Agent producător de vinuri	M+C	40,8 ÷ 2,295	118,5	12	0,003	Cotnari (196)	74
3	Stația de epurare Belcești	M+B	23,3 ÷ 251	77,58	24	0,004	Belcești (190)	62
4	Stația de epurare Pd.Iloaiei	M+B	33,7 ÷ 178	86,59	24	0,008	Podu Iloaiei	41
	Agent producător de articole	M+B	11 ÷ 39	23,48	5	0,002		

Nr.	Surse de poluare	Treapta de epurare	Concentrație CBO ₅ (mg/l)			Date hidrometrice		
			Domeniu de valori	Valoarea medie (mg/l)	Frecvența datelor (nr/an)	Debitul mediu (m ³ /s)	Localizare (altitudine aprox., m)	Distanța de la confluență (km)
	de îmbrăcăminte						(180)	
6	Producător morărit, panificație și patiserie	M	39 ÷ 177	59,48	4	0,005	Iași (165)	12
7	Spital 1	M	160 ÷ 543	241,23	4	0,002		
8	Spital 2	M	37 ÷ 481	168,52	4	0,001		
9	Regie autonomă de transport în comun	M	5,6 ÷ 25,3	17,01	4	0,0006		
10	Agent producător de medicamente generice	M+B	7,6 ÷ 104	36,84	14	0,002		
11	Agent producător de utilaj metalurgic		2,3 ÷ 13,8	10,54	4	0,002		
12	Centrala electrică de termoficare (CET)	M	8,2 ÷ 10,7	9,36	4	0,002		
13	Producător de materiale de construcții 1	M	14 ÷ 94	39,49	4	0,001		
14	Producător de materiale de construcții 2	M	11 ÷ 35,4	29,84	5	0,002		
15	Hypermarket	M	10,2 ÷ 173	152,68	3	0,0002		
16	Producător avicultura	M	9 ÷ 25	19,46	4	0,0004		
17	Stația de epurare Iași	M+B	15,9 ÷ 54,7	26,65	46	1,8		
Holboca							Holboca (30)	0

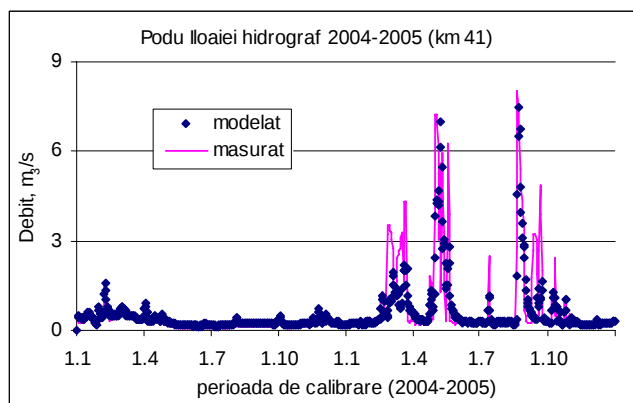
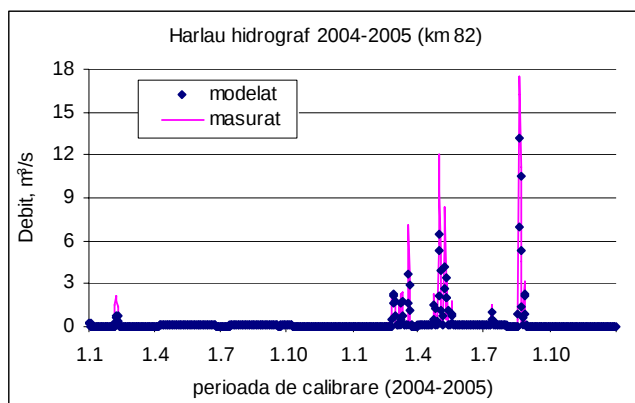
Aceste surse de poluare au fost modelate ca și serii în timp a debitului de apă uzată ce îl deversează, cu concentrațiile cunoscute ale poluantului variind în timp.

4.2. Calibrarea modelului

Pentru a putea utiliza modelul integrat hidrodinamic și de calitate a apei în studiile de simulare a calității apei râului Bahlui acest model trebuie calibrat astfel încât diferența dintre datele măsurate (debite, respectiv concentrații CBO₅) și cele modelate să fie cât mai mici.

4.2.1. Calibrarea modelului hidrodinamic

În studiile de modelare a comportării hidrodinamice a râurilor, calibrarea modelelor de curgere se realizează prin ajustarea unui parametru al regimului de curgere (fie coeficientul de rugozitate Chézy, fie coeficientul Manning).



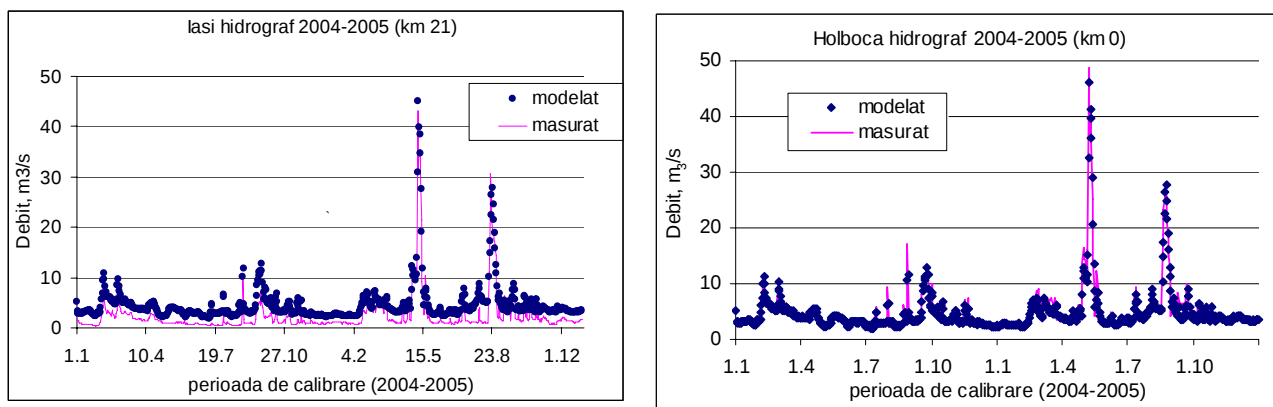


Figura 4.1. Calibrarea hidrologică în secțiunile de monitorizare

Deoarece programul Sobek utilizează un bilanț închis al apei, iar în cazul modelului hidrodinamic al râului Bahlui, nu sunt disponibile date pentru afluenții temporari ai râului, calibrarea s-a realizat prin definirea și ajustarea debitelor celor două intrări fictive în sistem. Confruntarea modelului hidrodinamic cu datele de debit măsurate s-a realizat pentru 4 locații de referință, unde se cunosc datele de măsurare a nivelurilor și debitelor. Figura 4.1. prezintă variația debitelor măsurat și modelat în cele patru locații avute în vedere, în decursul perioadei de calibrare (Bârjoveanu și colab., 2011, under review).

Se observă că datele modelate urmăresc fidel datele măsurate, așadar modelul prezintă o bună concordanță cu datele măsurate, după cum reiese și din valorile coeficientului de corelație (R) de $0,744 \div 0,952$ prezentate în Tabelul 4.4., împreună cu ceilalți parametri statistici ce descriu de asemenea, concordanța dintre modelul hidrodinamic și valorile observate (măsurate): coeficientul de determinare, R^2 și deviația standard, SD.

Tabel 4.4. Rezultatele calibrării modelului hidrodinamic al râului Bahlui

Locația	Coeficient de corelație (R)	Coeficient de determinare (R^2)	Deviația standard (SD)
Harlau (82 km)	0,892	0,796	1,079
Podu Iloaiei (41 km)	0,744	0,553	1,529
Iasi (12 km)	0,918	0,843	5,004
Holboca (0 km)	0,952	0,908	14,70

Pentru a demonstra relevanța debitelor fictive (FLF) utilizate în calibrarea modelului, s-a propus o comparație între cele două simulări (scenariul propus în contextul prezenței debitelor laterale fictive și simularea aceleiași situații în lipsa acestor debite fictive). Rezultatele simulărilor în cele patru secțiuni de monitorizare sunt redată în Figurile 4.3.-4.4.

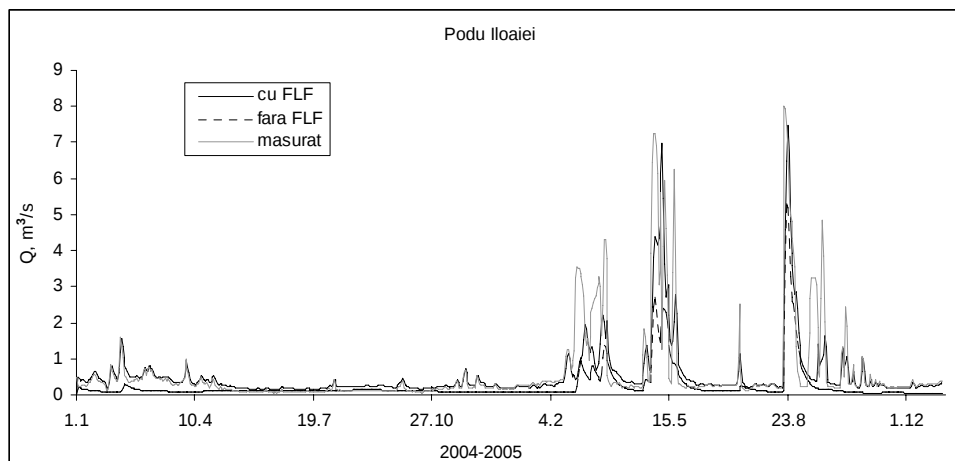


Figura 4.3. Simulările cu și fără debitele fictive raportate la datele măsurate în secțiunea de monitorizare Podu Iloaiei

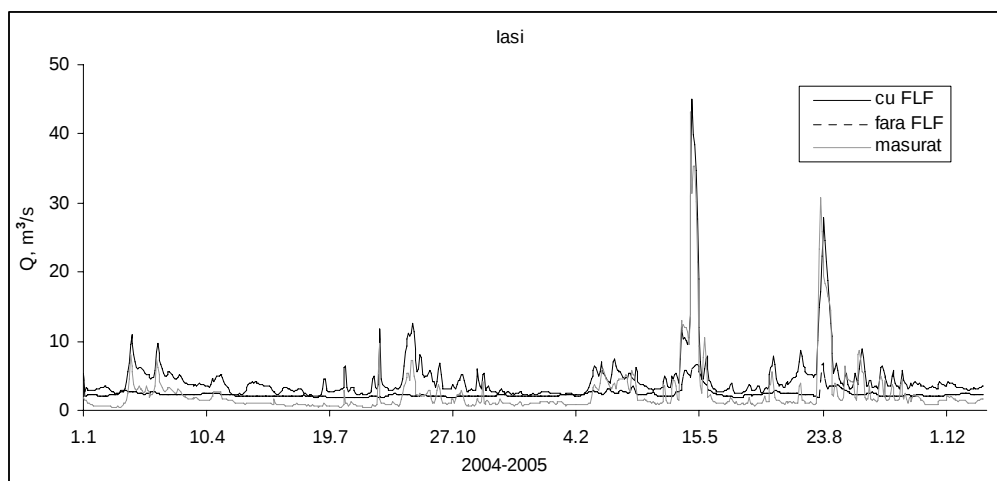


Figura 4.4. Simulările cu și fără debitele fictive raportate la datele măsurate în secțiunea de monitorizare Iași

Prin compararea celor două scenarii cu situația de referință (datele masurate și înregistrate pe anii 2004 - 2005) în celelalte trei locații, reiese în mod evident necesitatea utilizării acestor debite la calibrarea modelului în scopul unor modelări realiste și a acurateții simulărilor.

4.2.2. Calibrarea modelului de calitate a apei

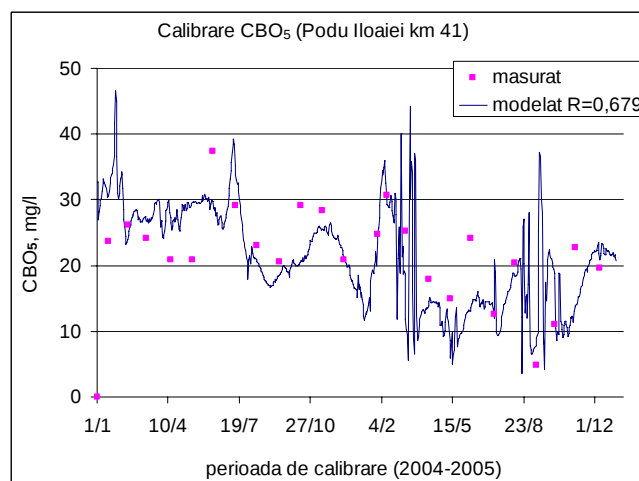
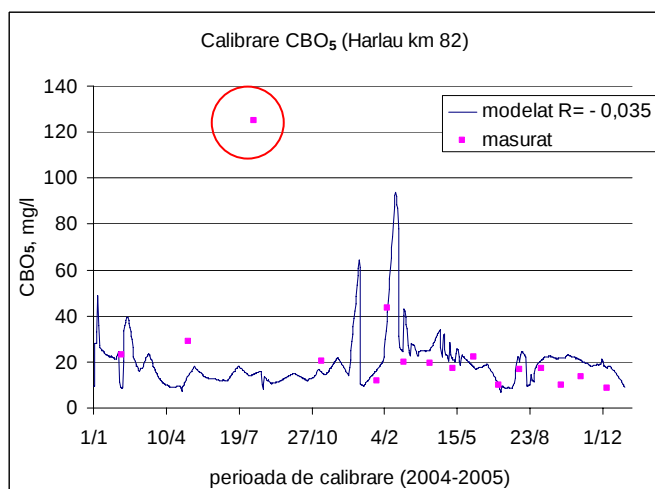
Spre deosebire de modelul hidrodinamic, calibrarea modelului de calitate a apei este mult mai dificilă, acuratețea modelului de calitate fiind afectată de următoarele incertitudini:

1) Complexitatea fenomenelor fizico-chimice concurente ce afectează regimul CBO_5 din râu

Într-o anumită secțiune de curgere, concentrația CBO_5 este calculată ca un bilanț de procese concurente: productive (intrări de CBO_5 prin fenomene de transport, dezvoltare algală, degradare material biologic, resuspensie), respectiv degradative (oxidare, mineralizare, sedimentare), toate acestea fiind dificil de modelat matematic, utilizând parametri specifici, pe de o parte, datorită lipsei de date, iar pe de altă parte, datorită variabilității lor în timp și spațiu.

2) Incertitudini generate de disponibilitatea datelor

La modelarea regimului CBO_5 , pachetul Sobek cuplează modelul hidrodinamic cu cel de calitate a apei, condiția minimală fiind ca seriile de date de intrare să aibă aceeași frecvență de măsurare. Dacă pentru datele de intrare ale modelului hidrodinamic, frecvența de măsurare a fost zilnică, pentru datele de calitate, frecvența de monitorizare variază în limite foarte largi, atât pentru calitatea râului cât și pentru calitatea efluenților deversați.



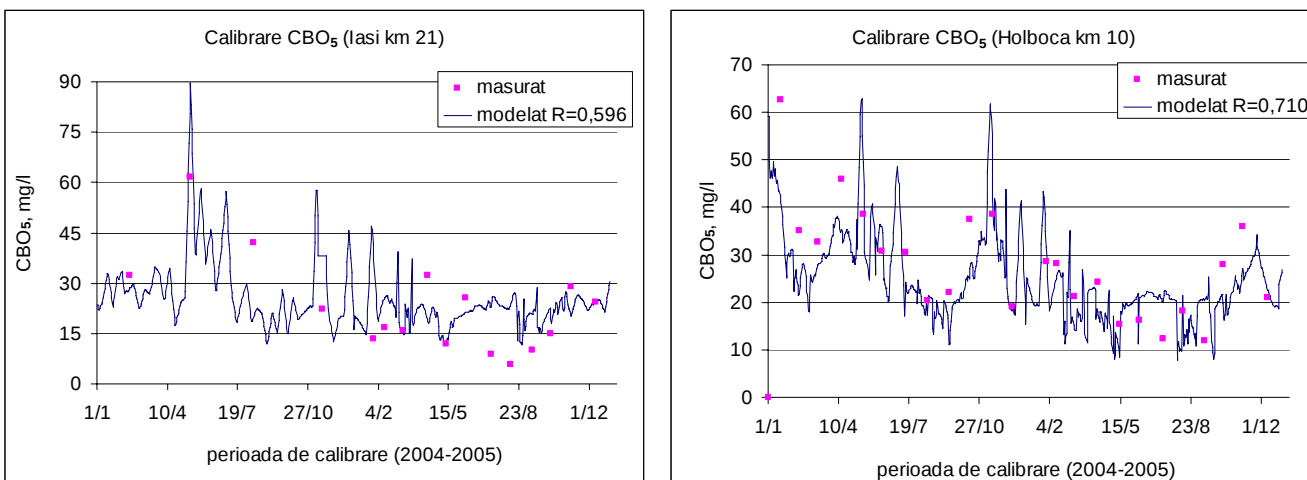


Figura 4.6. Calibrarea modelului de calitate a apei în secțiunile de monitorizare

Din Figura 4.6. se poate observa că modelul de calitate a apei prezintă o tendință generală de concordanță între datele măsurate pe râu și datele modelate, însă cu variații mai mari decât în cazul modelului hidrodinamic.

Concentrațiile de CBO_5 asociate acestor debite fictive au fost approximate cu concentrațiile medii multianuale din secțiunile de monitorizare corespunzătoare celor două debite fictive, ca în Tabelul 4.5.

Tabel 4.5. Valorile debitelor laterale fictive și a calității apei aferente lor raportat la situația existentă pe râu

Debit lateral fictiv	Secțiunea de monitorizare	Debitul mediu lateral fictiv	Debitul mediu măsurat al râului	Concentrația medie CBO_5 a debitului lateral fictiv	Concentrația medie CBO_5 măsurată a râului (2004-2007)
		m^3/s		mg/L	
1	Podu Iloaiei	0,94	0,058	19,03	18,72
2	Iasi	2,91	0.45	24.20	16,75

Ca și în cazul calibrării modelului hidrodinamic, pentru a demonstra relevanța debitelor laterale fictive utilizate în calibrarea modelului și mai ales a modului de asociere a datelor de calitate a apei, acestor debite, s-a propus aceeași comparație între cele două rulări ale modelului (simularea propusă în contextul prezenței debitelor laterale fictive și simularea aceleiași situații în lipsa acestor debite fictive). În Figurile 4.9.-4.10. sunt redată rezultatele acestor simulări.

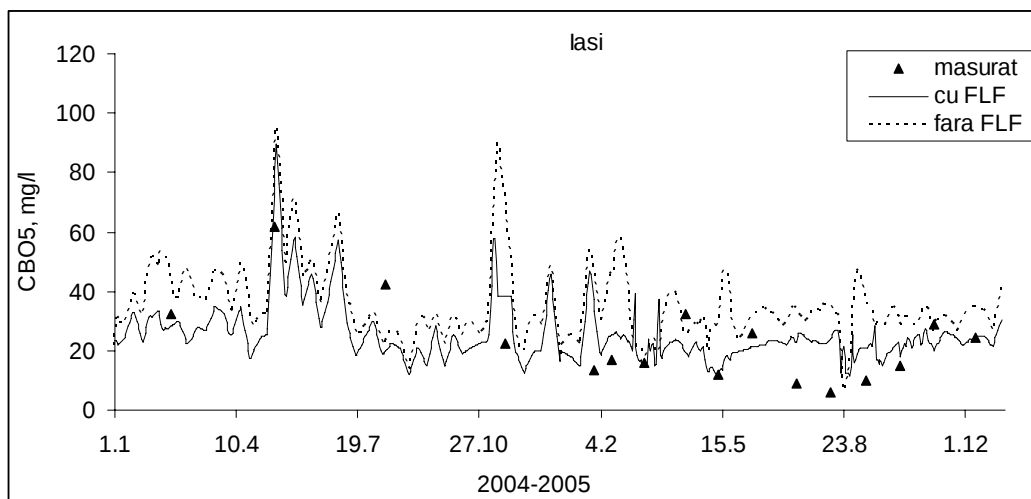


Figura 4.9. Simulările aceluiași scenariu (cu și fără debitele fictive) raportate la datele măsurate în secțiunea de monitorizare Iași

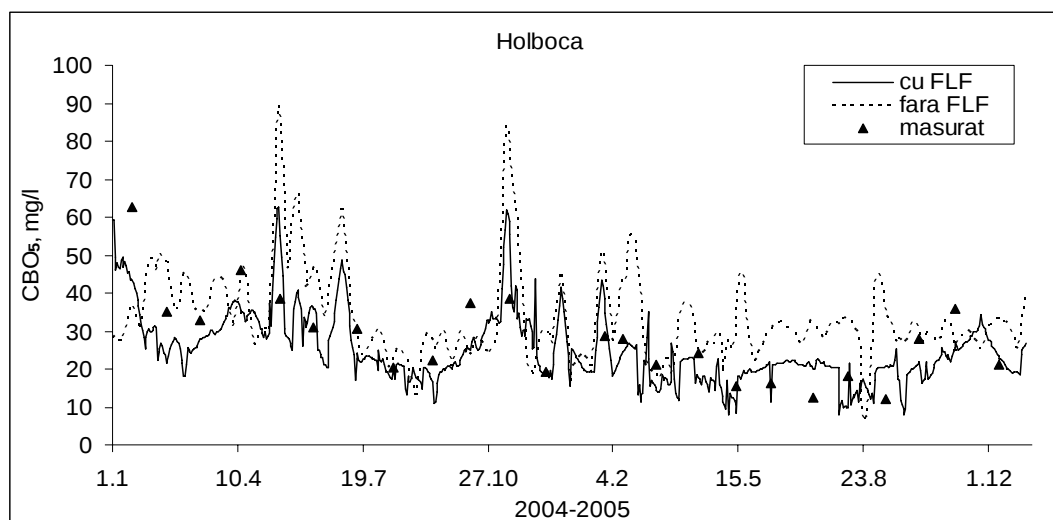


Figura 4.10. Simulările aceluiași scenariu (cu și fără debitele fictive) raportate la datele măsurate în secțiunea de monitorizare Holboca

Prin compararea celor două scenarii cu situația de referință (datele măsurate și înregistrate pe anii 2004 - 2005) în celelalte trei locații, reiese în mod evident fiabilitatea acestor debite folosite la calibrarea modelului în scopul unor modelări realiste și al acurateții simulărilor. Acest fapt reiese și prin compararea valorilor coeficienților statistici, calculați pentru cele două situații, și redați în Tabelul 4.6 (Bârjoveanu și colab., 2011, under review).

Tabel 4.6. Situație comparativă a coeficienților statistici aferenți simulărilor cu și fără FLF

Stația de monitorizare		Coeficient de corelație (R)	Coeficient de determinare (R^2)	Deviația standard (SD)
Hârlău (82 km)	fără FLF	-0,035	0,001	11,764
	cu FLF	-0,035	0,001	11,765
Podu Iloaiei (41 km)	fără FLF	0,235	0,055	18,686
	cu FLF	0,679	0,461	7,587
Iași (12 km)	fără FLF	0,377	0,142	12,382
	cu FLF	0,596	0,355	9,787
Holboca (0 km)	fără FLF	0,398	0,504	11,486
	cu FLF	0,710	1,159	9,288

4.3. Validarea modelului

4.3.1. Validarea modelului hidrodinamic

Validarea modelului presupune verificarea sa în condițiile calibrării realizate anterior pe o perioadă diferită de timp și verificarea fidelității cu care modelul simulează situația reală din perioada de verificare. Astfel, s-au menținut debitele fictive ce au servit la calibrarea modelului pe perioada anilor 2004-2005 și s-a studiat comportarea modelului pe perioada anilor 2006-2007. În Figurile 4.11. - 4.13. este redată grafic validarea modelului hidrologic cu cele 2 situații modelate alături de referința considerată, în 3 stații de monitorizare avute în vedere.

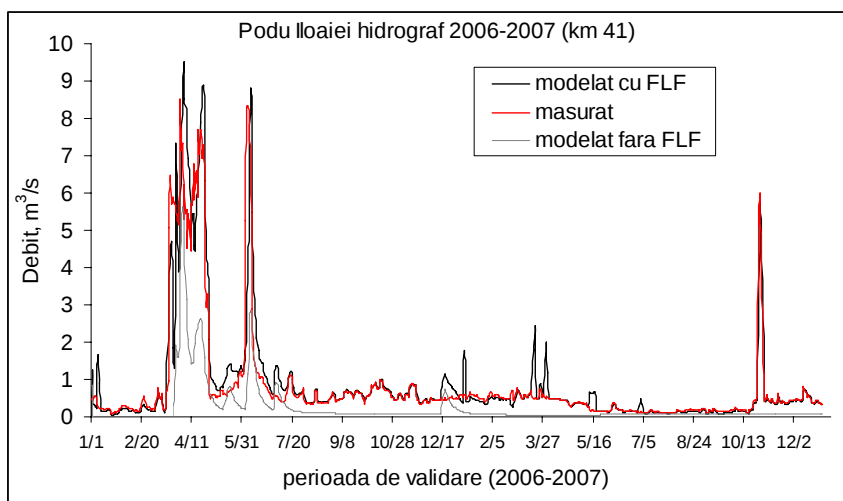


Figura 4.11. Validarea modelului hidrodinamic în stația de monitorizare Podu Iloaiei

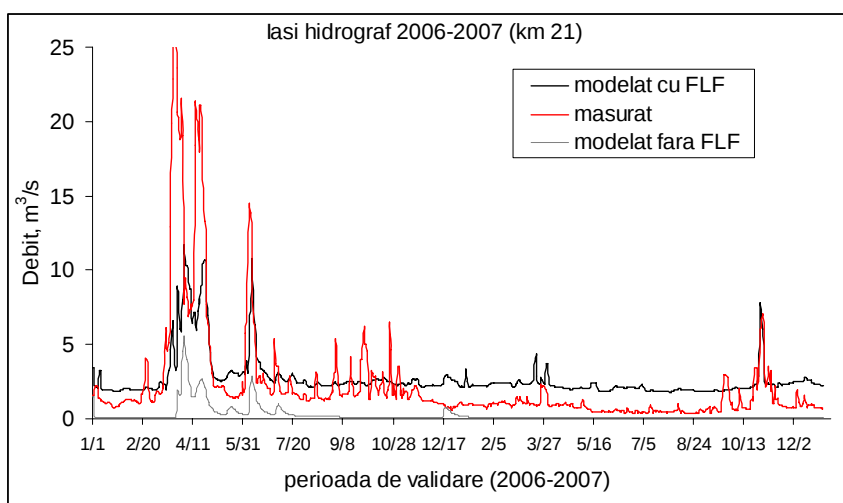


Figura 4.12. Validarea modelului hidrodinamic în stația de monitorizare Iași

Din analiza acestor evoluții se constată o bună corelare a modelului hidraulic al râului Bahlui cu datele măsurate, fapt evidențiat și de coeficienții statistici redați în Tabelul 4.7.

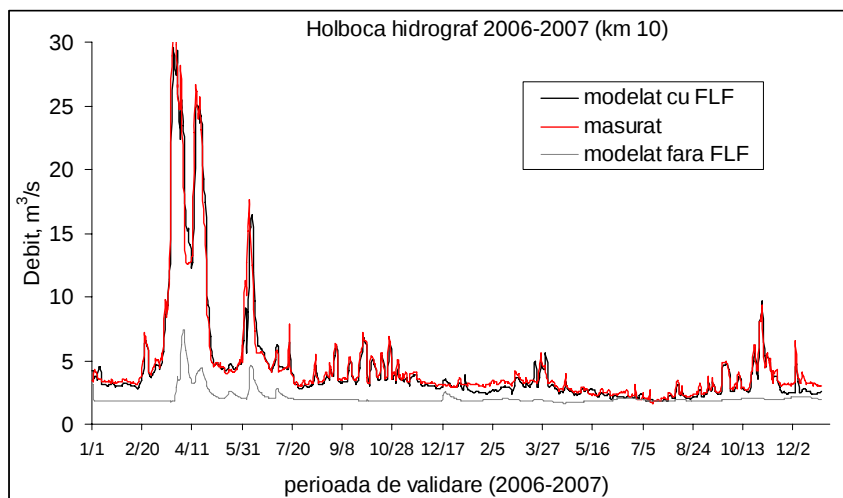


Figura 4.13. Validarea modelului hidrodinamic în stația de monitorizare Holboca

4.3.2. Validarea modelului de calitate a apei

În Figurile 4.14. - 4.16 sunt redată graficele cu validarea modelului hidrologic în cele 3 stații de monitorizare considerate, cu cele 2 situații modelate alături de referința considerată.

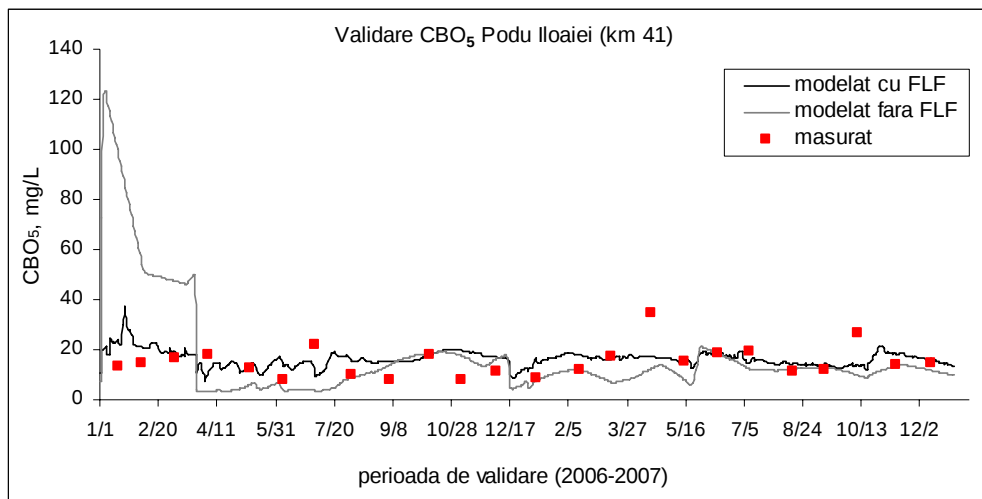


Figura 4.14. Validarea modelului hidrodinamic în stația de monitorizare Podu Iloaiei

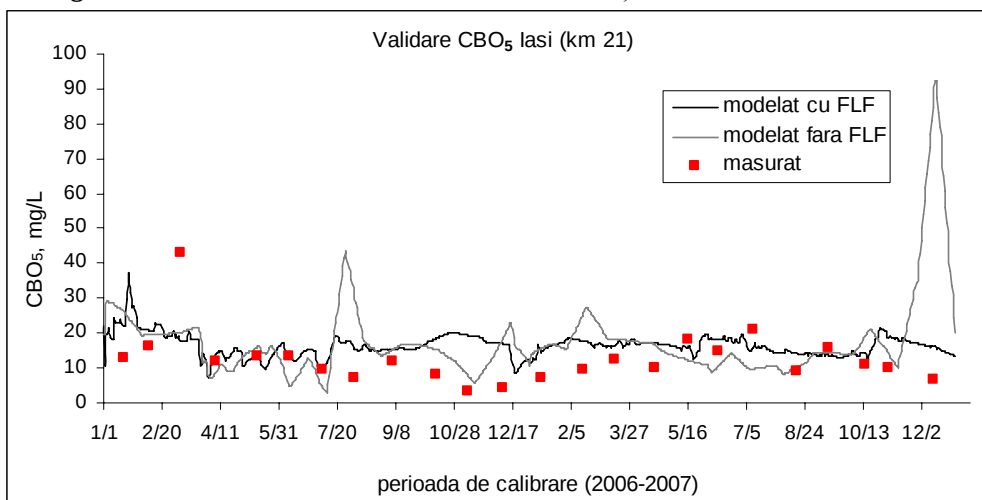


Figura 4.15. Validarea modelului hidrodinamic în stația de monitorizare Iași

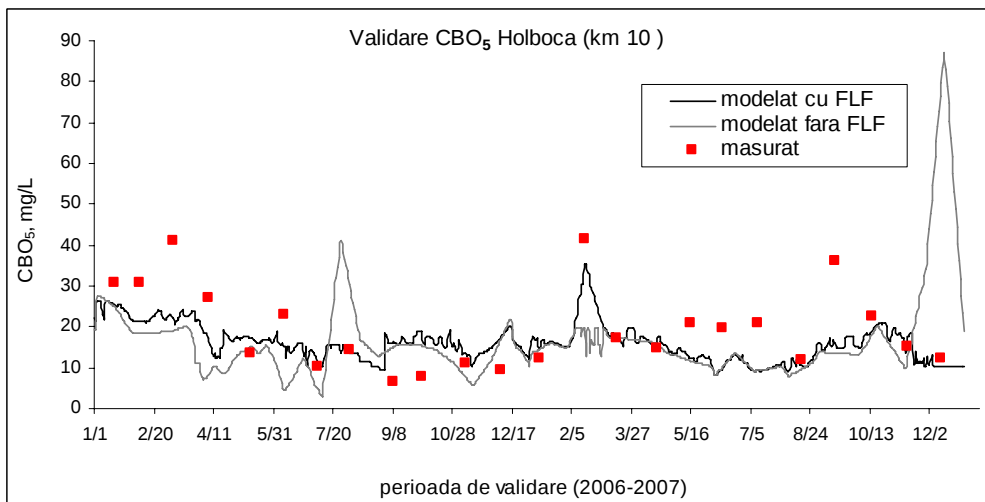


Figura 4.16. Validarea modelului hidrodinamic în stația de monitorizare Holboca

Din grafice reiese o tendință generală de corelare a modelului regimului indicatorului CBO₅ pe râul Bahlui cu datele măsurate, fapt evidențiat și de coeficienții statistici redați în Tabelul 4.7.

Tabel 4.7. Situație comparativă a coeficienților statistici aferenți perioadei de validare 2006 - 2007

Coeficienți statistici			R	R ²	SD
HD	Podu Iloaiei (41 km)	cu FLF	0,901	0,812	1,490
		fără FLF	0,769	0,592	1,160
	Iași (12 km)	cu FLF	0,733	0,538	2,890
		fără FLF	0,590	0,348	2,718
	Holboca (0 km)	cu FLF	0,977	0,404	3,449
		fără FLF	0,635	0,956	4,428
WQ	Podu Iloaiei (41 km)	cu FLF	-0,061	0,004	8,188
		fără FLF	-0,081	0,003	19,36
	Iași (12 km)	cu FLF	0,116	0,030	10,111
		fără FLF	0,120	0,014	11,604
	Holboca (0 km)	cu FLF	0,003	0,006	8,367
		fără FLF	-0,041	0,001	10,954

4.4. Scenarii de simulare a diferitelor opțiuni de management

4.4.1. Scenariul 1. Simularea unui an ploios în condițiile îmbunătățirii infrastructurii stației de epurare Iași

În acest scenariu s-a propus simularea situației în care stația de epurare a orașului Iași și-ar îmbunătăți infrastructura și ar deversa un efluent de ape uzate cu o concentrație CBO₅ în limita maximă admisă de Normativul NTPA 001 (HG 352/2005) (25 mg/L).

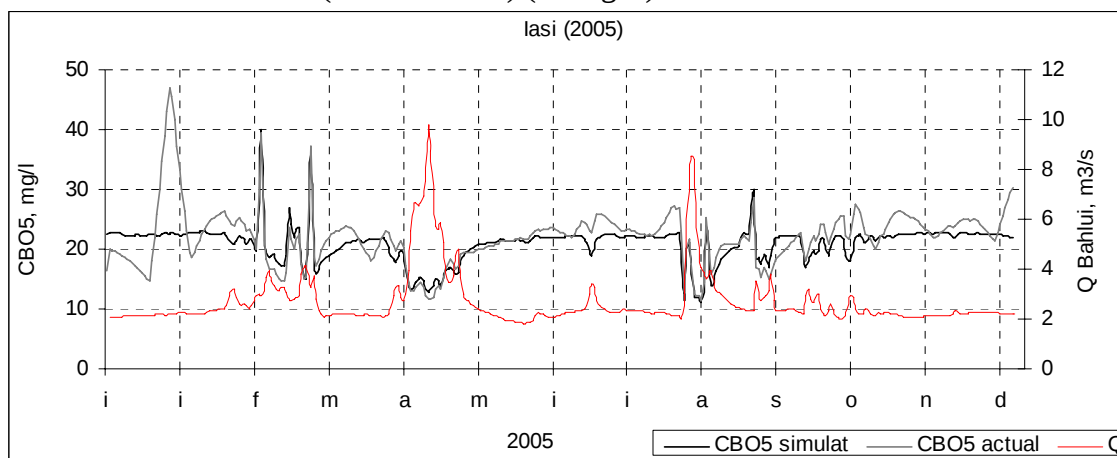


Figura 4.17. Rezultatele simulării scenariului propus pentru anul 2005 aferente stației hidrometrice Iași

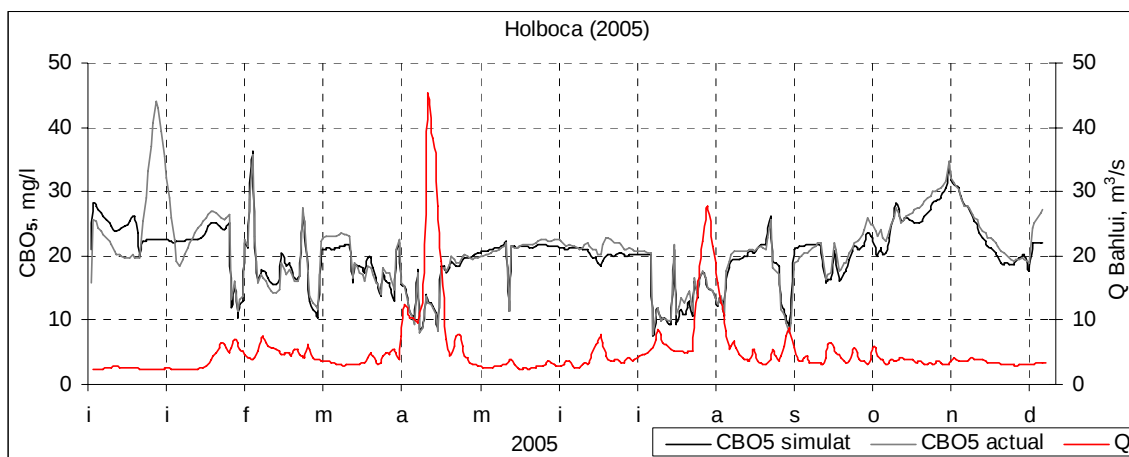


Figura 4.18. Rezultatele simulării scenariului propus pentru anul 2005 aferente stației hidrometrice Holboca

Acest scenariu a fost rulat pentru anul 2005, considerat a fi un an ploios datorită fenomenelor hidrologice extreme înregistrate, și comparat cu situația reală din acest an. Rezultatele simulării au fost comparate și corelate cu debitul măsurat în stațiile hidrometrice Iași și Holboca, acestea fiind stațiile de monitorizare influențate de condițiile scenariului propus (Figurile 4.17. - 4.18.).

Din figura 3.18. reiese că în ambele locații studiate, prin îmbunătățirea calității efluentului stației de epurare Iași, s-ar înregistra o foarte ușoară ameliorare a calității apei din aval de aceste stații de monitorizare. O explicație a acestui fapt poate fi pusă pe seama neconcordanței dintre valorile debitelor maxim permise la deversarea în receptorii naturali și cele existente în râu, deseori debitul de apă uzată deversat de stațiile de epurare depășind cu mult valorile înregistrate în râu.

4.4.2. Scenariul 2. Simularea unui an secetos în condițiile îmbunătățirii infrastructurii stației de epurare Iași

În acest scenariu s-a propus simularea situației în care stația de epurare a orașului Iași și-ar îmbunătăți infrastructura și ar deversa un efluent de ape uzate cu o concentrație constantă de CBO₅ (25 mg/L). Acest scenariu a fost rulat pentru anul 2007, considerat a fi un an secetos datorită fenomenelor de secetă înregistrate și comparat cu situația reală din acest an. Rezultatele simulării au fost comparate și corelate cu debitul măsurat în stațiile hidrometrice Iași (Figura 4.19.) și respectiv Holboca (Figura 4.20.).

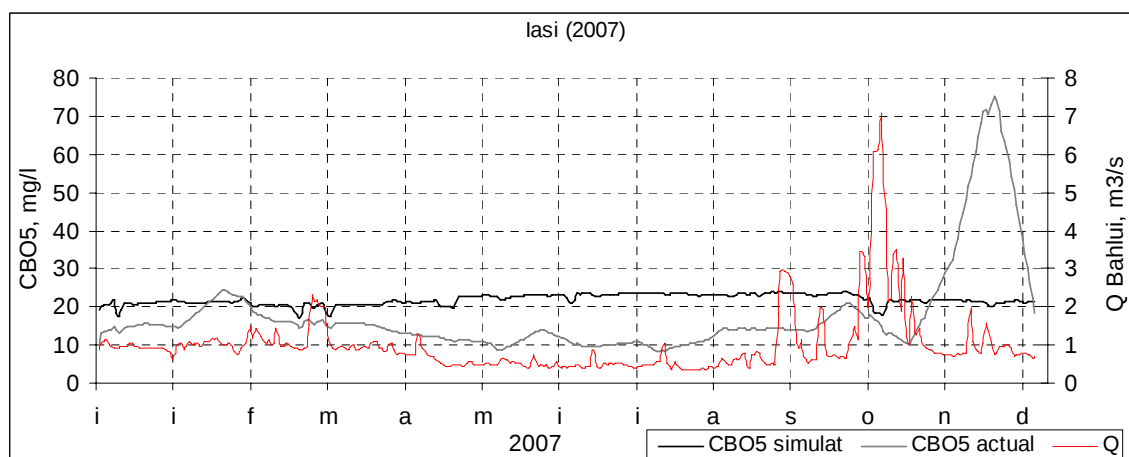


Figura 4.19. Rezultatele simulării scenariului propus pentru anul 2007 aferente stației hidrometrice Iași

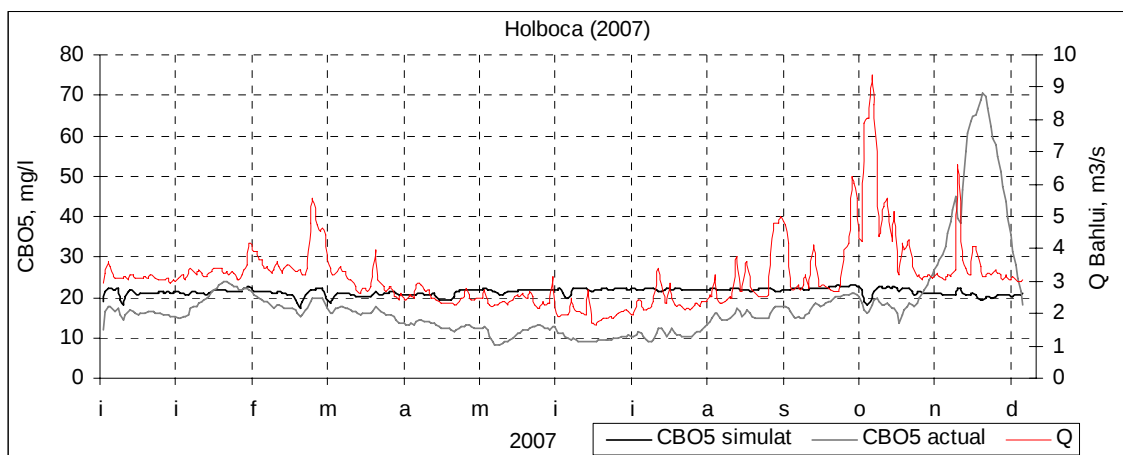


Figura 4.20. Rezultatele simulării scenariului propus pentru anul 2005 aferente stației hidrometrice Holboca

În cazul anului secetos, se constată o îmbunătățire semnificativă a calității efluentului din ambele stații de monitorizare pentru scenariul propus, raportat la situația reală din 2007. Pe de altă parte, se mai constată o corelare între debitul de măsurare pe râu și concentrația indicatorului de calitate a apei CBO₅ concordanță sesizată cu un grad de întârziere, surprinsă doar în cazul episodului de inundație din a doua parte a perioadei analizate, ceea ce poate fi tradus prin creșterea neașteptată a concentrației indicatorului CBO₅ (neașteptată din cauza creșterii debitului și a diluției) datorită surplusului de aluviuni transportate la viitură.

4.4.3. Scenariul 3. Sistarea activității industriei de producere a vinului din Cotnari

Scenariul are în vedere sistarea activității industriei de producere a vinului din localitatea Cotnari. Acest scenariu a fost rulat pe anul 2005 și comparat cu situația reală privind indicatorul de calitate CBO₅ într-un profil longitudinal de concentrație pe întregul parcurs al sistemului analizat într-o anumită zi. Pe de altă parte profilul longitudinal de concentrație simulat într-o zi (aleatoriu aleasă) pentru ambele scenarii (Figura 4.22.) a fost raportat la referință și totodată la reglementările legislative privind clasele de calitate Ord. 161/2006).

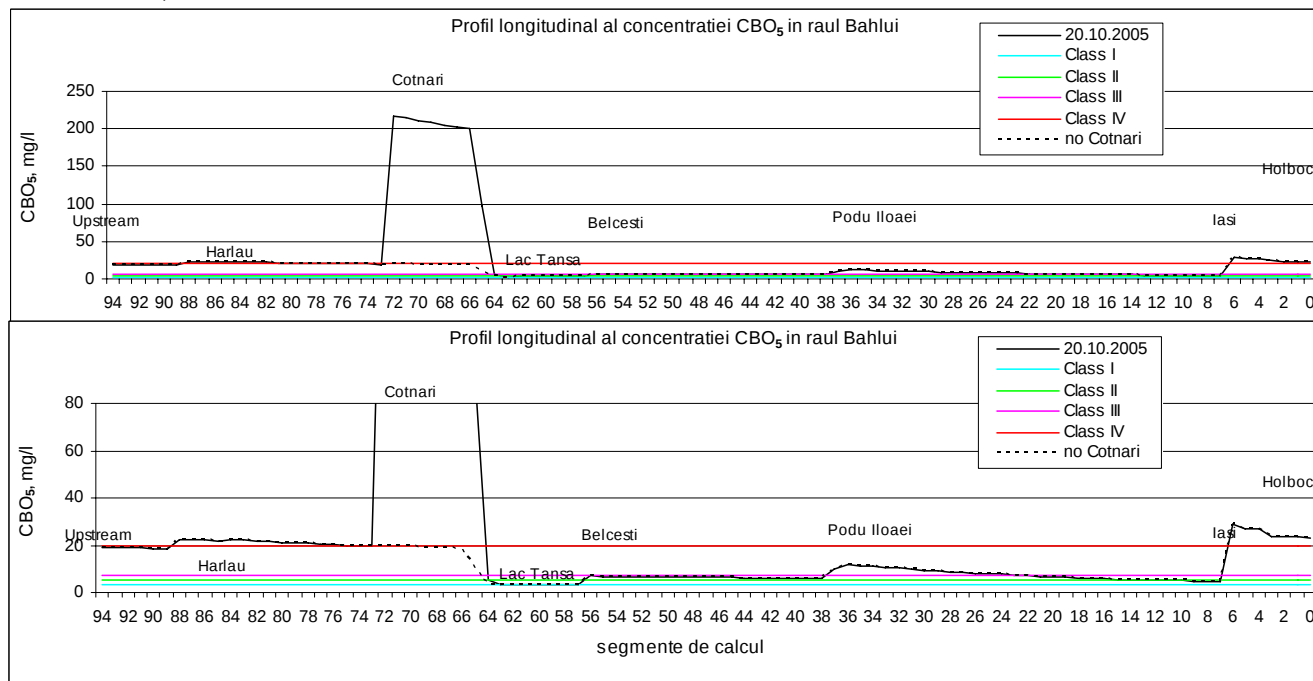


Figura 4.22. Profil longitudinal al concentrației CBO₅ pe întreg parcursul râului Bahlui (20.10.2005)

4.4.4. Scenariul 4. Îmbunătățirea calității efluenților deversați de industrii, respectiv de stațiile de epurare din sistemul analizat

Scenariul are în vedere situația în care toți agenții industriali deversează ape uzate cu concentrația maxim permisă CBO_5 (25 mg CBO_5/L) în decursul anilor 2006-2007. Analiza rezultatelor acestui scenariu conduce la concluzia că îmbunătățind calitatea efluenților deversați de stațiile de epurare nu ar aduce calitatea râului Bahlui în limitele impuse de obiectivele Directivei Cadru a Apei, fapt ce ar constitui un element demn de luat în seamă în propunerea planurilor de măsuri ale autorităților de management de mediu. În Figurile 4.24. – 4.25. sunt redată profilele longitudinale ale dinamicii indicatorului CBO_5 în lungul râului Bahlui în două momente diferite ale anului 2007 (ianuarie și octombrie).

Din analiza Figurilor 4.24. – 4.25. principalele aspecte evidențiate de aceste scenarii sunt:

- Modernizarea stațiilor de epurare municipale (Scenariul 1) nu conduce la îmbunătățirea semnificativă a calității râului Bahlui.
- Modernizarea stațiilor de epurare municipale și industriale (Scenariul 2) poate avea impact pozitiv semnificativ asupra concentrației CBO_5 din râul Bahlui.

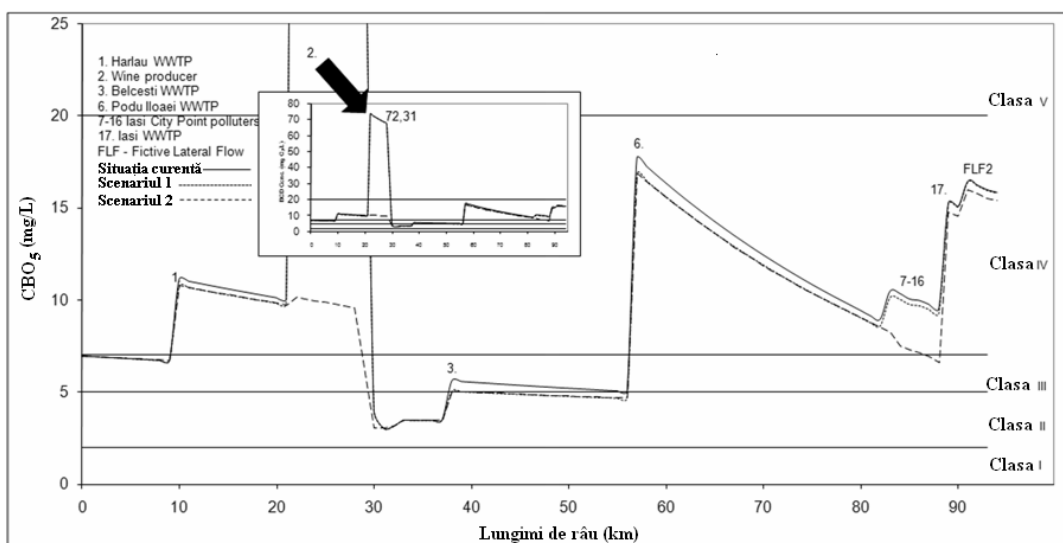


Figura 4.24. Profil longitudinal de concentrație CBO_5 pentru cele două scenarii (Ianuarie 2007)

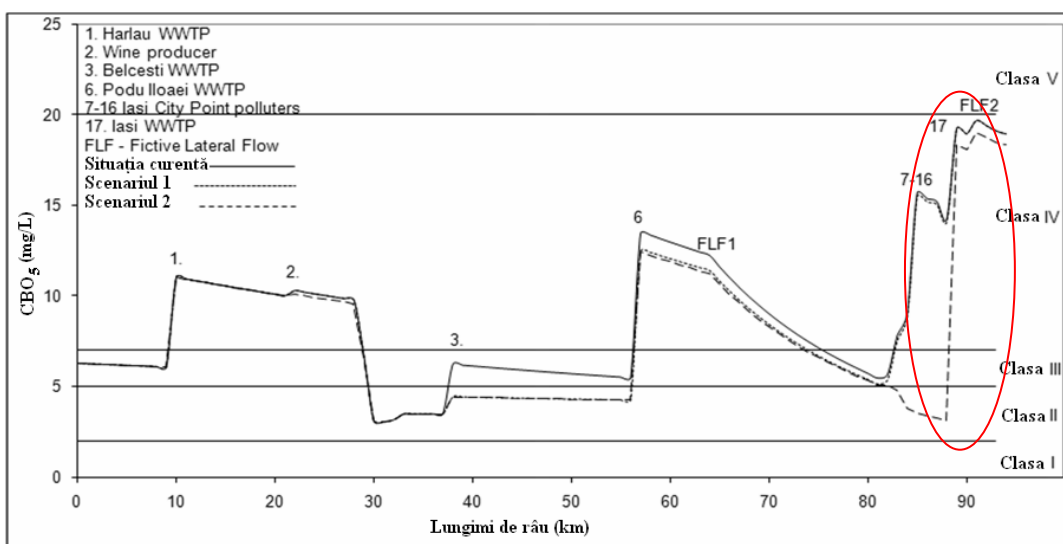


Figura 4.25. Profil longitudinal de concentrație CBO_5 pentru cele două scenarii (Octombrie 2007)

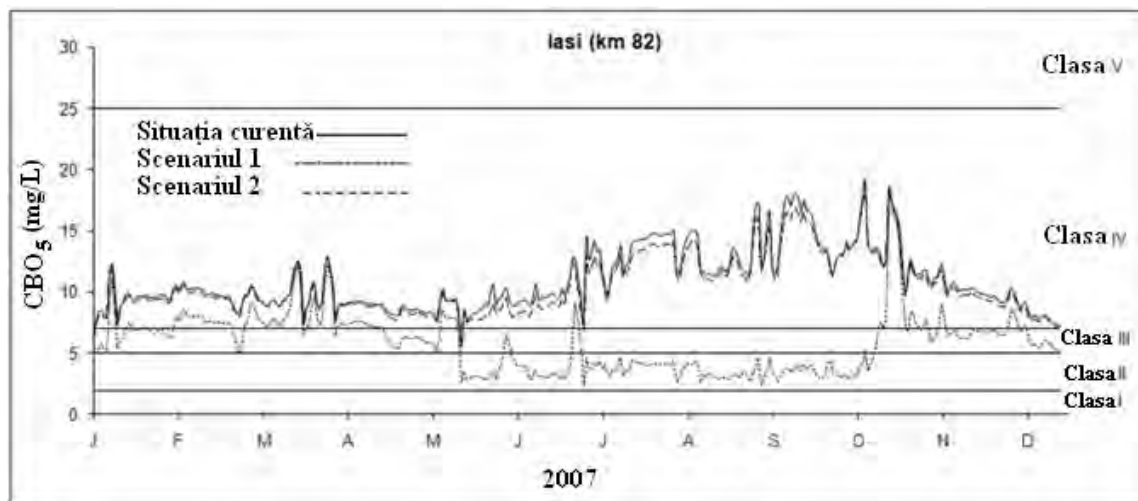


Figura 4.26. Profil temporal de dinamică a concentrație CBO₅ pentru cele două scenarii (aval localitatea Iași)

Figura 4.26. ce redă simularea celor două scenarii, confirmă aceeași concluzie privind eficiența măsurilor de management propuse de scenariile analizate, însă într-un profil temporal de concentrație CBO₅, accentuându-se astfel necesitatea adoptării altor măsuri de management al apelor uzate pentru atingerea obiectivelor WFD (recirculare, de exemplu).

Capitolul 5. Integrarea metodei EIRA în cadrul activităților de modelare a interacțiunilor privind calitatea resursei de apă la nivel de bazin hidrografic

5.1. Argumente în sprijinul integrării celor două instrumente MIRA

Analiza rezultatelor obținute în mod separat din cercetările privind modelarea interacțiunilor resursei de apă în bazinul hidrografic al râului Bahlui și metoda de evaluare a impactului și riscului de mediu induse de sursele de poluare punctiformă din bazinul hidrografic Prut, a arătat că rezultatele sunt afectate de o doză de incertitudine. Îmbunătățirea celor două instrumente de evaluare a stării resurselor de apă depinde așadar de modalitățile în care aceste incertitudini pot fi controlate prin aplicarea unei abordări diferite a unui instrument de evaluare suplimentar.

Astfel, pornind de la modelul hidrodinamic și de calitate a apei dezvoltat în cadrul capitolului 4 și de la metoda de evaluare integrată a impactului de mediu și riscului asociat (EIRA) îmbunătățită și aplicată în capitolul 3 din prezenta teză, în vederea îmbunătățirii rezultatelor obținute prin aplicarea celor două instrumente, în acest capitol am realizat un studiu privind cuplarea acestor două tehnici într-un sistem integrat de instrumente ce oferă informații privind dinamica în timp și spațiu a calității apei dar și impactul de mediu și riscul asociat, induse de o activitate ce deversează un efluent de apă uzată într-un corp de apă de suprafață.

Integrarea celor două instrumente pentru predicția concentrației indicatorului CBO₅ dar și a impactului și riscului de mediu indus într-un anumit moment, și în orice secțiune transversală a sistemului simulat, a fost realizată după algoritmul prezentat în figura 5.1. Perioada urmărită în aceste studii integrative a fost cea a anilor 2004-2007.

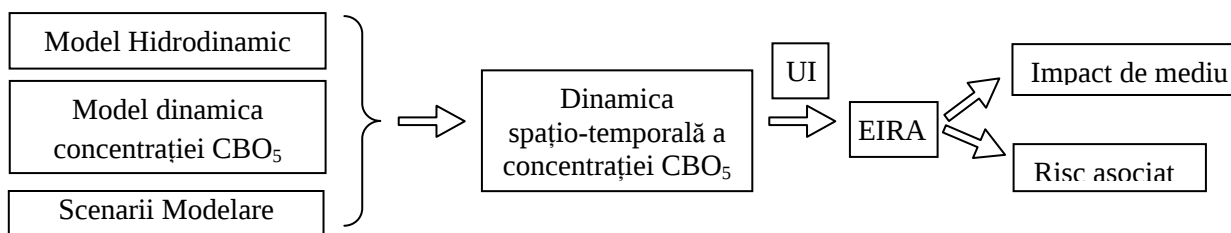


Figura 5.1. Reprezentarea schematică a strategiei de integrare a celor două tehnici de evaluare a calității apei

Datele ce au fost utilizate în metoda EIRA (debit apă uzată - concentrație CBO_5), au fost generate respectând aceleași frontiere ale sistemului, aceleași condiții morfodinamice și hidraulice, pe baza acelorlași ipoteze simplificatoare ca în cercetările de modelare, pe rețeaua schematizată ce simulează râul Bahlui.

5.2. Scenarii privind evoluția impactului de mediu al regimului CBO_5 în bazinul hidrografic al râului Bahlui

Integrarea metodei EIRA în cadrul modelării regimului CBO_5 pe râul Bahlui a prepus parcurgerea următoarelor etape metodologice:

1. Definirea unor scenarii privind managementul apelor uzate, ce au vizat evaluarea performanțelor stațiilor de epurare. Astfel, s-a propus analiza a două scenarii simulate în aceleași condiții ca în activitățile de cercetare privind modelarea regimului hidraulic și a dinamicii indicatorului CBO_5 în râul Bahlui, în vederea aplicării ulterioare a metodei EIRA pe datele de modelare obținute ca marimi de ieșire oferite de model.

Cele două scenarii propuse vizează următoarele situații:

- În primul scenariu, s-a simulat situația în care stația de epurare a orașului Iași și-ar îmbunătăți infrastructura și ar deversa un efluent de ape uzate cu o concentrație de CBO_5 egală cu valoarea maxim admisă (25 mg/L) de Normativul NTPA 001 - Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali (HG 352/2005) (25 mg/L).
- În al doilea scenariu, s-a considerat situația în care toți agenții industriali deversează ape uzate cu concentrația CBO_5 în limita maxim permisă (25 mg/L), pe lângă îmbunătățirea suferită de stațiile de epurare din scenariul anterior.

2. Modelarea regimului hidraulic și al indicatorului CBO_5 a râului Bahlui în contextul celor 2 scenarii, conform abordării din capitolul 4.

3. Introducerea datelor simulate în metoda EIRA.

În cadrul situației de referință considerată, s-au luat în calcul cerințele Directivei Cadru a Apei. După modelul propus de metoda EIRA în capitolul 3, s-a descris un scenariu ipotetic și ideal prin care un agent poluator oarecare ar deversa un efluent de apă uzată de concentrație ce atinge valorile pragului de alertă (70% din concentrația maximă admisă) pentru indicatorul CBO_5 și un debit de apă uzată egal cu debitul maxim permis de legislație, deversat într-un tronson de râu situat în clasa II de calitate (conform WFD).

În Figura 5.2. este redată grafic variația impactului de mediu în funcție de datele modelate în programul Sobek, pe perioada de simulare 2004-2007 (considerată ca referință în evaluarea scenariilor propuse). Se poate observa că în toate cele 4 locații studiate, variațiile impactului de mediu sunt strâns corelate cu variațiile de debit ce însoțesc valorile concentrației CBO_5 modelate deja, concentrații mult peste limita maxim permisă.

Existența unei referințe pentru care s-a studiat variația impactului și riscului de mediu a făcut posibilă comparația ulterioară a situației actuale a calității apei râului Bahlui cu cele două scenarii propuse, în ceea ce privește dinamica impactului de mediu și riscului de mediu.

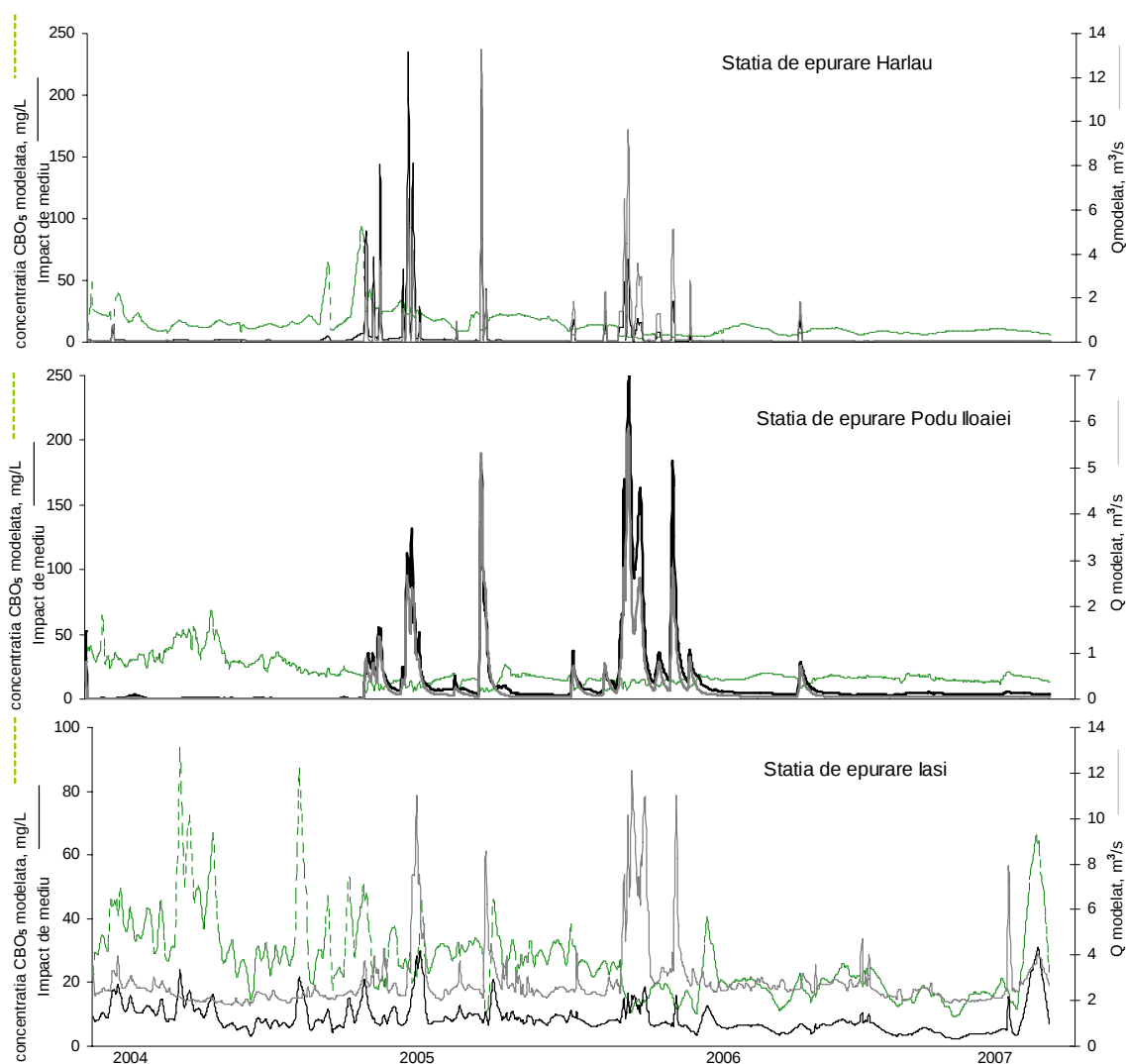


Figura 5.2. Variația impactului de mediu funcție de datele modelate în programul Sobek pe perioada de simulare 2004-2007 (situația curentă)

5.2.1. Scenariul 1 – Îmbunătățirea calității efluenților stațiilor de epurare

Figura 5.3. redă grafic variația în timp, a impacturilor de mediu induse de stațiile de epurare, pentru scenariul propus în funcție de datele modelate în programul Sobek, pentru perioada de simulare 2004-2007. Se observă foarte ușoare scăderi ale valorilor impactului de mediu calculate pentru scenariul propus față de cele ale situației actuale (în special în stația de epurare Iași).

Ca și în cazul studiului de modelare a concentrației CBO₅, se poate confirma concluzia referitoare la faptul că în situația curentă, principalii poluatori sunt stațiile de epurare municipale ce conduc la o creștere a concentrației CBO₅ a râului Bahlui, ce intră în clasele IV - V de calitate a apei potrivit clasificării propuse de WFD.

Pe baza observațiilor referitoare la implicațiile pe care le au magnitudinea, gravitatea și starea calitativă a corpului de apă receptor în cuantificarea impactului de mediu și implicit a riscului asociat (prezentate în capitolul 3), apare necesitatea inserării în scenariile ce propun măsuri de îmbunătățire a calității râului Bahlui, a factorilor ce intervin în cuantificarea dimensiunilor impactului de mediu (și ulterior ale riscului asociat).

Din varianta preliminară a Scenariului 1 (ce raportează debitele efluenților de apă uzată deversați la debitul maxim permis și la clasa de calitate existentă în râu preluată de la Administrația Bazinală de Apă Prut) ca și din modelarea uni-dimensională a regimului hidraulic și a dinamicii indicatorului CBO₅ pentru râul Bahlui, a reieșit că principalii poluatori ai râului sunt stațiile de epurare municipale și că îmbunătățirea calității efluenților acestora nu ar aduce imediat resursa de apă în clasa de calitate II. Totuși se constată că aplicând metoda EIRA pe date modelate în timp și spațiu de fapt ar fi posibilă simularea unei situații ideale ce ar conduce la acest deziderat, chiar și în contextul în care restul surselor de poluare ar continua să deverseze ape uzate la fel de puternic poluate.

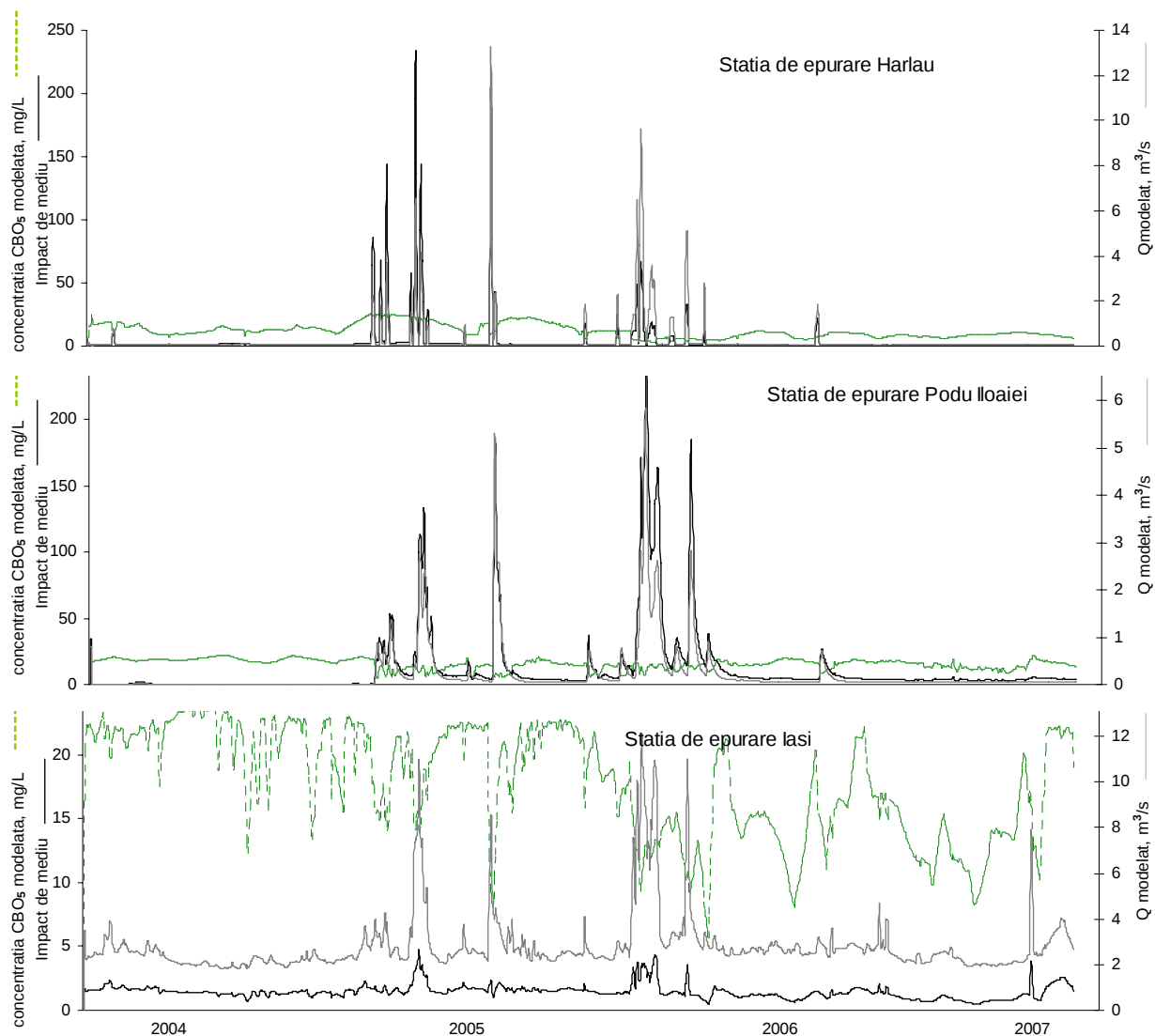


Figura 5.3. Variația impactului de mediu pe râul Bahlui - Scenariul 1 (după metoda de calcul studiată în capitolul 3)

5.2.2. Scenariul 2 – Conectarea la rețeaua centralizată de canalizare/ îmbunătățirea calității efluenților tuturor surselor de poluare punctiformă

Figura 5.4. redă grafic variația în timp a impacturilor de mediu induse de sursele de poluare semnificative (stațiile de epurare Hârlău, Podu Iloaiei și Iași și industria de vinificație SC Cotnari SA), în contextul acestui scenariu, în funcție de datele modelate pe perioada de simulare a anilor 2004-2007. Din analiza figurii se observă ca și în cazul scenariului 1, foarte ușoare scăderi ale valorilor impactului de mediu calculate pentru scenariul propus față de cele ale situației actuale (în special în stația de epurare

Iași). Din analiza figurii se observă, ca și în cazul scenariului 1, foarte ușoare scăderi ale valorilor impactului de mediu calculat pentru scenariul propus față de cel ale situației actuale (în special în stația de epurare Iași).

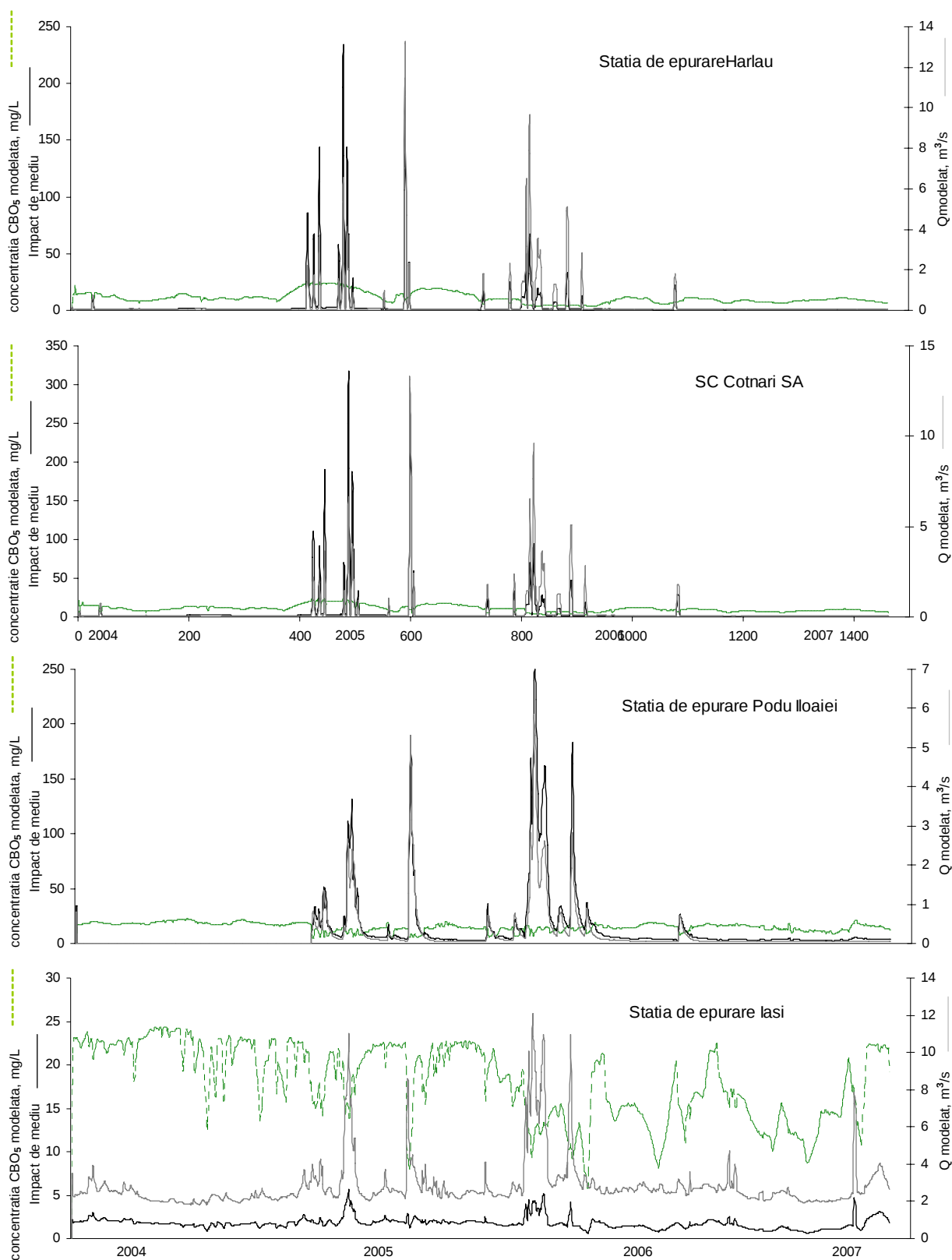


Figura 5.4. Variația impactului de mediu pe râul Bahlui - Scenariul 2 (după metoda de calcul studiată în capitolul 3)

5.2.3. Variante de abordare a metodei EIRA pe baza modelărilor în programul Sobek

Deoarece aplicarea metodei EIRA în forma clasică studiată în cadrul capitolului 3 nu a condus la îmbunătățiri substanțiale privind impacturile de mediu induse de sursele de poluare asupra râului Prut, a apărut necesitatea modificării metodologiei și a corelării modului de abordare a metodei EIRA cu starea calitativă modelată a râului (aducând modificări astfel în alocarea unității de importanță a unui segment de râu) și cu specificul scenariului.

Astfel, fiecare din cele două scenarii a fost analizat în mod aprofundat pe 2 variante de abordare a metodei ce presupun contexte ipotetice diferite, cu privire la debitul apei (Q_{permis} , $Q_{\text{râu}}$) și clasa de calitate existentă pe râul Bahlui (în conformitate cu $Q_{\text{râu modelat}}$ însoțit de clasa de calitate aferentă conform WFD a râului receptor), de aplicare a datelor modelate în programul Sobek, după cum este redat de ecuațiile (5.1.-5.3.).

Dacă formula discutată în capitolul 3 considera unitatea de importanță a râului receptor ca o măsură de intrare preluată din datele monitorizate, precum în ecuația (5.1.):

$$IM = \frac{Q_{a.u.}}{Q_{\text{permis}}} \times \frac{C_{\text{poluator}}^{CBO5}}{CMA} \times UI_{\text{monitorizat}} \quad (5.1.)$$

noua abordare corelează starea calitativă a râului funcție de dinamica rezultată din modelare, pe baza utilizatorilor apei din amonte, acordând unitatea de importanță unui râu receptor, funcție de datele de calitate modelate de pe râu, ca în ecuațiile (5.2.-5.3.):

$$IM = \frac{Q_{a.u.}}{Q_{\text{permis}}} \times \frac{C_{\text{poluator}}^{CBO5}}{CMA} \times UI_{\text{modelat}} \quad (5.2.)$$

$$IM = \frac{Q_{a.u.}}{Q_{\text{râu}}} \times \frac{C_{\text{poluator}}^{CBO5}}{CMA} \times UI_{\text{modelat}} \quad (5.3.)$$

facându-se deasemenea apel și la raportarea debitului de apă uzată deversat de poluator și la debitul modelat pe râu, pe de o parte și la debitul maxim permis, pe de altă parte.

unde: $Q_{a.u.}$ - debit efluent de apă uzată deversat de un poluator, m^3/s

Q_{permis} - debit maxim permis, reglementat prin OUG 161/2006, m^3/s

$Q_{\text{râu}}$ - debit măsurat pe râu, monitorizat în cadrul Administrației Bazinale de Apă Prut, m^3/s

$C_{\text{poluator}}^{CBO5}$ - concentrația CBO_5 într-un efluent de apă uzată deversat de un poluator, mg/L

CMA - concentrația maxim admisă pentru indicatorul CBO_5 (25 mg/L), într-un efluent de apă uzată, reglementată de Normativul NTPA 001 - Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali (HG 352/2005)

UI_{modelat} - unitatea de importanță atribuită corpului de apă receptor din datele de calitate modelate, în conformitate cu clasificarea WFD, (-)

$UI_{\text{monitorizat}}$ - unitatea de importanță atribuită corpului de apă receptor din clasificarea realizată de Administrația Bazinală de Apă Prut, în conformitate cu WFD (-)

În urma rulării celor două scenarii propuse, în ambele variante de calcul, calitatea râului a rezultat că se încadrează în clasa de calitate III (calitate moderată), atribuindu-se unitatea de importanță 0,6, față de situația de referință în care aceasta se încadra în clasa IV-V (proastă, foarte proastă), cu unitatea de importanță 0,8, respectiv 1.

În continuare sunt redată grafic rezultatele evaluării integrate a impactului de mediu pe baza valorilor de debit și concentrație CBO_5 modelate cu programul Sobek din cele două perspective ale Scenariului 1 privind debitele de apă uzată la deversare. Diferențele dintre rezultatele aplicării metodei EIRA pe datele simulate în același scenariu privind concentrația indicatorului CBO_5 (Scenariul 1) dar în 2 contexte diferite de debit (Q_{permis} și $Q_{\text{râu}}$) constată faptul că simulările ce consideră debitele de efluenți ai

stațiilor de epurare în limitele permise de legislație, respectiv în limitele debitului tronsonului de râu aferent, conduc la date de ieșire asemănătoare, și implicit la valori ale impactului de mediu aproape identice.

Analizând Figura 5.5. se pot observa ușoare diferențe între metoda de abordare anterioară și cea propusă prin aceste 2 variante de calcul EIRA ale scenariului conform căruia implementarea unui plan de măsuri de îmbunătățire a infrastructurii stațiilor de epurare, ar conduce la o situație ipotetică în care toate stațiile de epurare municipale de-a lungul râului Bahlui ar deversa efluenți de apă epurată în limita permisă de 25 mg/L (CMA), în timp ce restul surselor de poluare ar continua să deverseze ape uzate la fel de puternic poluate.

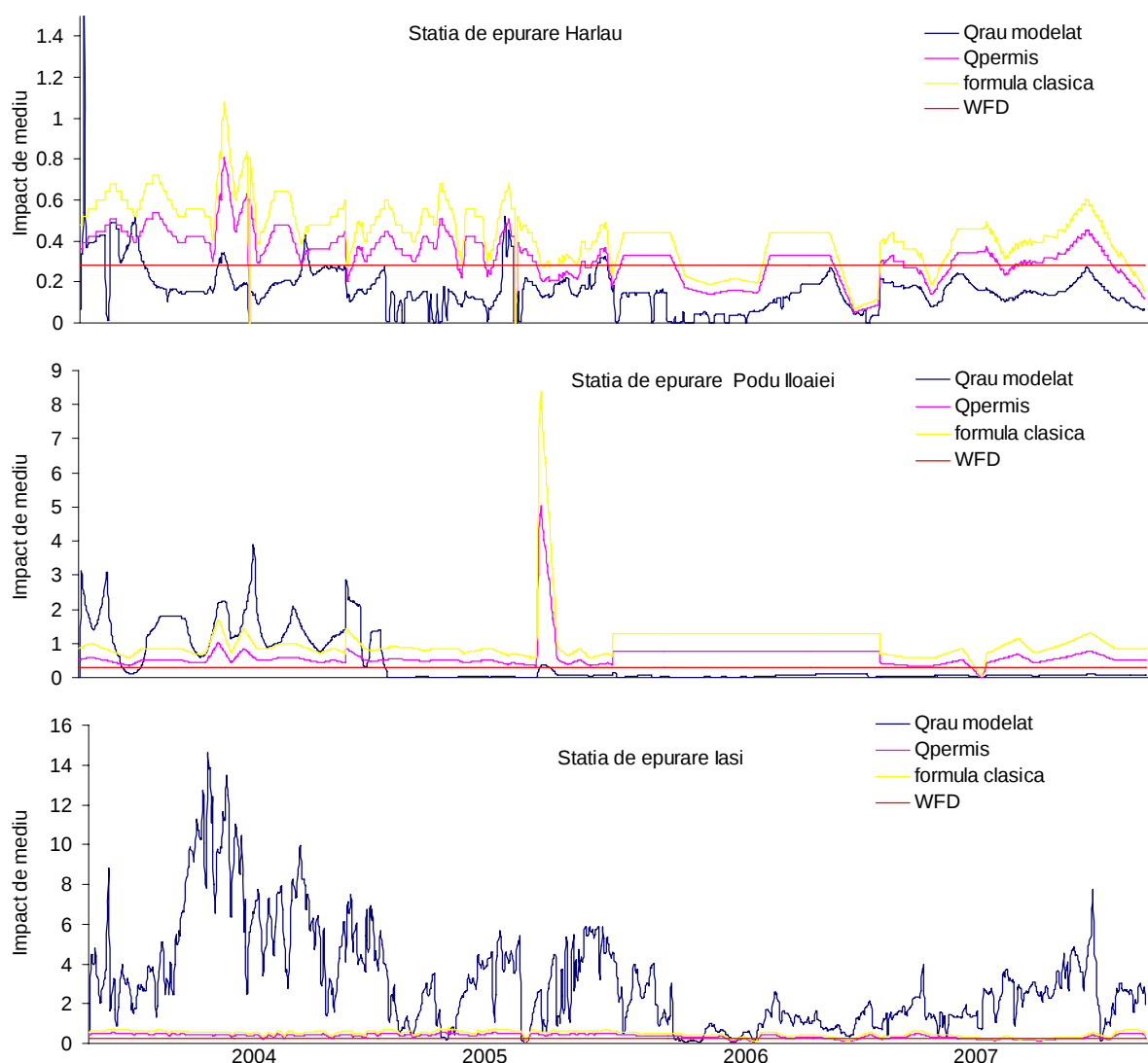


Figura 5.5. Variația impacturilor de mediu induse pe râul Bahlui de stațiile de epurare în cazul Scenariului 1 (cu cele două variante de calcul)

Se constată faptul că doar prin metoda de calcul ce raportează debitul de apă uzată deversat la debitul modelat al râului, se obțin valori ale impacturilor de mediu semnificative, ce depășesc referința conformă cu WFD. Acest lucru confirmă observațiile din cadrul modelării regimului CBO_5 din capitolul 4 și se explică pe baza debitelor de apă uzată deversate de stația de epurare Iași ce depășesc mult debitul râului din tronsonul de râu aferent.

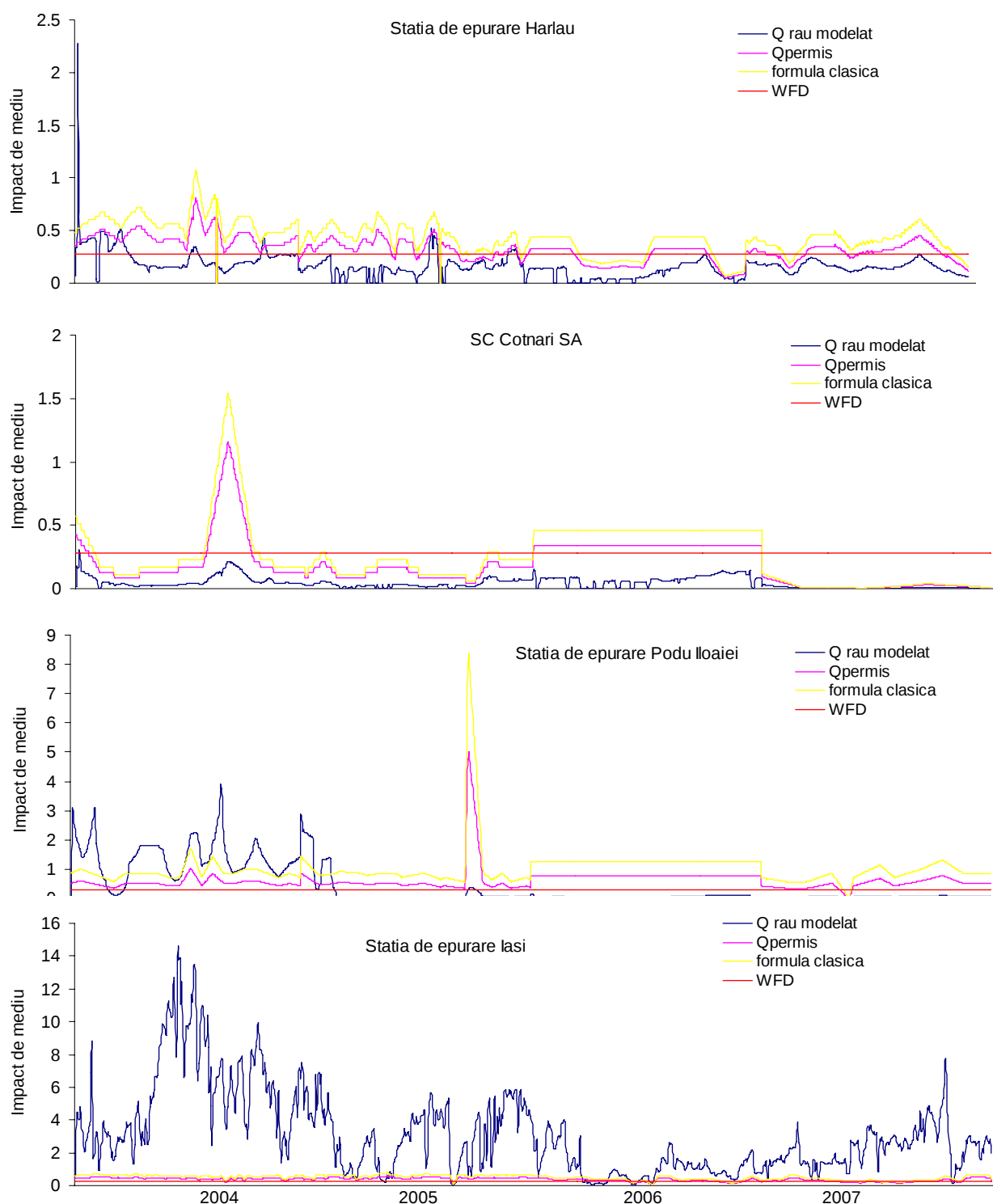


Figura 5.6. Variația impacturilor de mediu induse pe râul Bahlui de stațiile de epurare în cazul Scenariului 2 (cu cele două variante de calcul)

În aceste grafice sunt prezentate impacturile momentane obținute în urma implementării metodologiei integrate EIRA – WQ, considerând cele 2 scenarii.

- Pentru Scenariul 1, când se modernizează stațiile de epurare municipale, se poate observa faptul că modificarea metodologică corelează valorile impactului cu cele obținute prin modelare, valorile acestora fiind mult mai mari decât cele obținute calculând magnitudinea prin referire la debitul maxim autorizat.

- Pentru scenariul 2, când se modernizează și stațiile de epurare industriale, se poate observa că aceasta conduce la o scădere semnificativă a impacturilor generate, acestea încadrându-se în general în valorile de referință.

5.2.4. Evaluarea integrată a dinamicii impactului și riscului de mediu în contextul scenariului privind îmbunătățirea calității efluenților tuturor surselor de poluare punctiformă (scenariul 2)

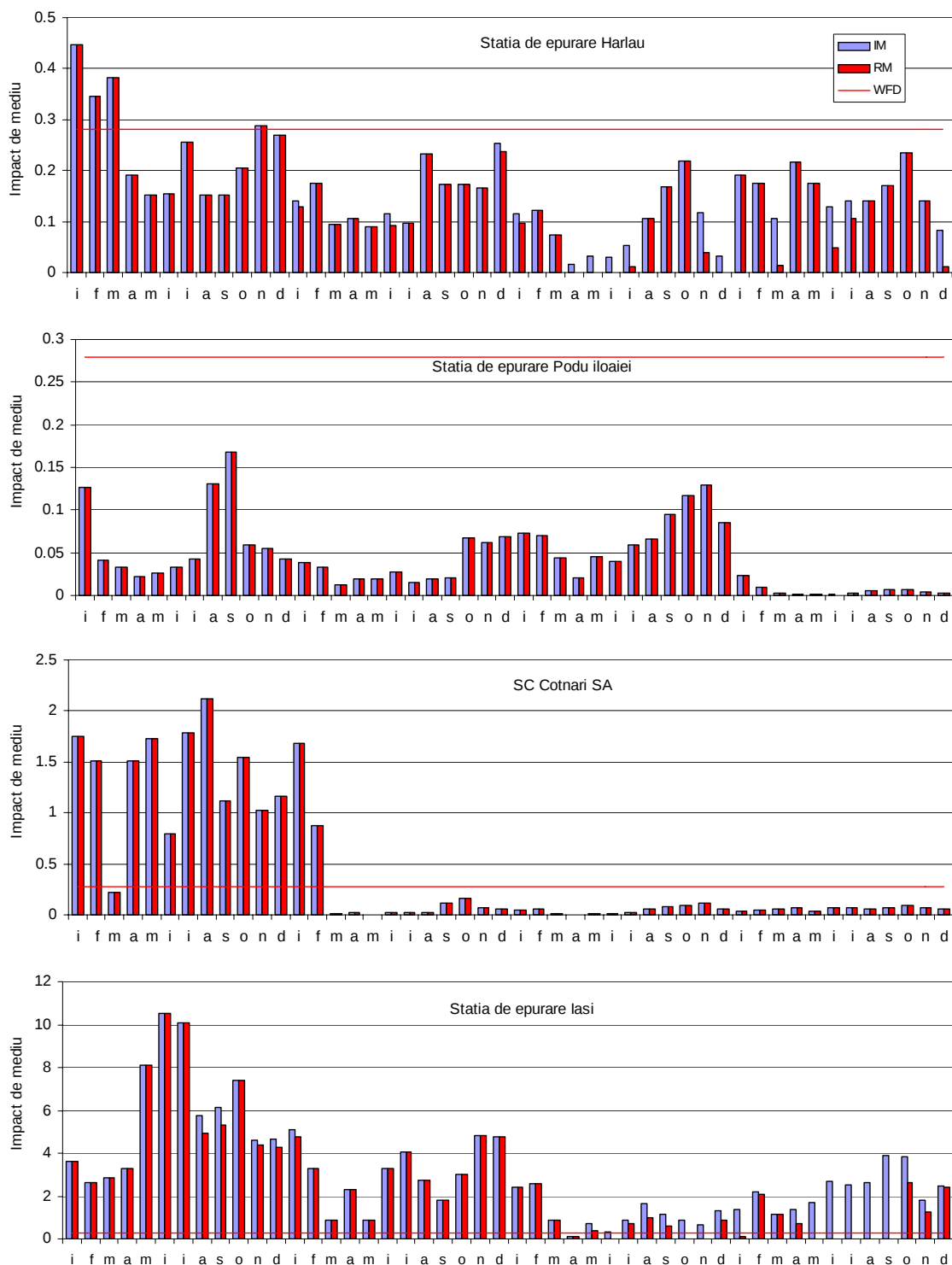


Figura 5.7. Evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu în contextul simulării Scenariului 2 (îmbunătățirea calității efluenților atât stațiilor de epurare municipale cât și industriale)

După cum se poate observa în Figura 5.7., în cazul stațiilor de epurare Hârlău și Podu Iloaiei valorile medii ale impacturilor de mediu și riscurilor asociate, induse asupra râului Prut nu depășesc limita conformă cu WFD. Pe de altă parte se observă că în cazul stației de epurare Iași și a industriei de vinificație SC Cotnari SA există episoade de impact și risc de mediu semnificative (în special în cazul stației de epurare Iași).

Acest fapt se explică pe baza condițiilor impuse de Scenariul 2 (ce consideră îmbunătățirea calității efluenților stațiilor de epurare municipale și industriale de pe întreg parcursul râului Bahlui, în așa fel încât să producă efluenți de apă uzată cu un conținut de CBO_5 în limitele legale). Prin urmare, nedepășiri de debit și de concentrație față de limitele impuse (probabilitate egală cu 0) nu induc risc de mediu. Însă, în timpul modelărilor pe perioada evaluată, au fost sesizate probabilități de depășire a acestor valori, depășiri care în cadrul evaluărilor anterioare au indus valori semnificative ale impactului de mediu (de ex. în episoadele hidrologice extreme unde, s-au contatat valori ale impactului de mediu mari datorat atât debitului mărit dar și datorită aportului crescut de aluviuni transportate la viitură și tradus totodată prin conținut crescut de CBO_5).

Concluzii generale

Obiectivul acestei teze de doctorat a constatat în studiul posibilităților de dezvoltare și integrare a instrumentelor suport pentru îmbunătățirea managementului resurselor de apă la nivel de bazin hidrografic.

Obiectivele specifice ce au rezultat din obiectivul central au fost:

1. Analiza critică a interacțiunilor dintre utilizatori și starea resurselor de apă la nivel de bazin hidrografic considerând obiectivele privind calitatea corpurilor de apă impuse de WFD;
2. Dezvoltarea unei metodologii integrate de cuantificare a impacturilor și riscurilor de mediu induse asupra resurselor de apă de suprafață;
3. Dezvoltarea unei aplicații de modelare a calității apei de suprafață pentru studiul opțiunilor de management durabil al apelor uzate;
4. Studiul posibilităților de integrare a celor două instrumente într-un sistem suport aplicabil la nivel de bazin hidrografic;

➤ În partea dedicată **studiului de literatură** s-a realizat o analiză critică a principalilor poluatori și a influenței acestora asupra resurselor de apă de suprafață ca și a consumatorilor lor de apă, și totodată, a particularităților bazinului hidrografic Prut, cu principalele probleme de management al resurselor de apă caracteristice. Astfel, aceste probleme au fost clasificate ca: (1) probleme de infrastructură (ineficientă sau inexistentă mai ales în zonele rurale) și (2) probleme de management între părțile interesate/implicate (stakeholders) în sistemul MIRA, părți care se confruntă cu dificultăți de cooperare/colaborare, cu reguli diferite după care funcționează. Există așadar o necesitate acută de instrumente suport tehnice și de management pentru sistemul MIRA și posibilitățile de implementare a acestora la nivel de bazin hidrografic sunt multiple, ele depinzând în mare măsură de capacitatea instituțională existentă în rândul părților interesate în procesul MIRA.

În bazinul hidrografic Prut s-au identificat 102 surse de poluare punctiformă, care au fost clasificate pe tipuri de activități și pe infrastructura de epurare aferentă, și pentru care s-au colectat date de calitate și de utilizare a apei pe perioada anilor 2004-2007 avându-se în vedere 5 indicatori de calitate:

- Consumul biochimic de oxigen, CBO_5 ;
- Consumul chimic de oxigen, CCO-Cr ;
- Materii totale în suspensie, MTS;
- Amoniu, NH_4^+ ;
- Detergenți.

➤ **Partea originală** a acestei teze de doctorat constă în atingerea celor 4 obiective propuse. Prima direcție de cercetare a fost **evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu (EIRA) a surselor de poluare punctiformă** cu identificarea principalelor puncte critice la nivelul bazinului hidrografic.

În bazinul hidrografic Prut, s-a aplicat metodologia EIRA pentru agenții poluatori din 4 județe indus asupra secțiunilor de râu aferente fiecărui județ (județul Botoșani - situat în amonte, județele Iași și Vaslui - situate în zona medie a râului Prut și județul Galați - situat în aval). Principala concluzie a studiilor de impact și risc realizate pentru fiecare județ este că majoritatea poluatorilor/consumatorilor resurselor de apă de suprafață prezintă valori ale impactului de mediu asociate mediu degradat din punct de vedere a calității apei.

În ceea ce privește metodologia aplicată, evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu s-a realizat într-un mod original, pe baza concentrațiilor medii anuale ale poluanților, a debitului mediu anual de apă uzată deversată și totodată a clasei de calitate a tronsonului de râu aferent fiecărui agent poluator. Cercetările privind metoda EIRA asupra factorului de mediu apă de suprafață s-au realizat la nivelul anilor 2004 - 2007, considerându-se cinci indicatori de calitate semnificativi (CBO5, CO-Cr, MTS, NH_4^+ și detergenți), monitorizați la 102 surse de poluare punctiforme din bazinul hidrografic Prut, cu o valoare medie anuală a valorilor concentrațiilor indicatorilor de calitate avuți în vedere.

Pentru prima dată s-a considerat ca situație de referință un scenariu ipotetic ce răspunde cerințelor Directivei Cadru a Apei (un agent poluator oarecare care deversează un efluent de apă uzată cu un debit egal cu debitul maxim permis de legislație (OUG 161/2006), cu concentrații ale poluanților ce ating valorile pragului de alertă (70% din CMA) pentru poluanții considerați, într-un sector de râu situat în clasa de calitate II). S-a obținut astfel o valoare de referință impactului de mediu și riscului asociat care s-au putut raporta rezultatele obținute în urma aplicării metodei integrate de evaluare a impactului de mediu. S-au semnalat numeroase surse de poluare pentru care o depășire a concentrației unui indicator, însoțită de un debit în limita maxim permisă la deversare, a indus o valoare a impactului de mediu ce nu a depășit în mod obligatoriu valoarea de referință impusă. S-au mai remarcat surse de poluare ce au obținut valori ale impactului de mediu ce depășesc valoarea de referință datorită unor valori ale magnitudinii și gravității peste valorile de referință. În aceste cazuri vulnerabilitatea corpurilor de apă din vecinătatea surselor de poluare respective, a condus la valori ale impactului de mediu foarte mari.

Aceste exemplificări ale aplicării metodei în situații extreme în ceea ce privește diferitele condiții specifice (realiste) care se observă la deversarea unui efluent de apă uzată într-un corp de apă subliniază importanța includerii în cadrul evaluării impactului de mediu, și a gradului de poluare a componentei de mediu receptoare, dar și a decalajului față de referința stabilită în ceea ce privește debitul de apă uzată deversată (magnitudine). Prezența metodei de evaluare a impactului reușește să surprindă tipicul algoritmului de calcul al impactului de mediu și riscului asociat pentru aceste situații particulare conducând la premise de integrare a acestui instrument în cadrul măsurilor de alocare a resurselor naturale de apă în funcție de gradul de diluție necesar unui tronson de râu pentru a se conserva/îmbunătăți clasa de calitate.

În aceste studii se iau în discuție pentru prima dată la calculul valorii impactului de mediu 3 direcții diferite de reprezentare a decalajului față de referința stabilită, în ceea ce privește calitatea resursei de apă (gravitatea, magnitudinea și importanța), contribuind astfel la redarea unei imagini mult mai realiste a stării mediului (resursa de apă de suprafață) spre deosebire de metodele tradiționale de evaluare a impactului care nu consideră istoricul calității apei receptorului natural și nu integrează aspectele cantitative cu cele calitative. Astfel, este subliniată posibilitatea integrării metodei EIRA în sistemele suport decizionale pentru prioritizarea măsurilor cu privire la managementul resurselor de apă.

Procedura EIRA de integrare a principiului de evaluare a riscului în procedura de evaluare a impactului asupra mediului elimină incertitudinile ce pot apărea de-a lungul procesului de EIM. În urma cuantificării impactului de mediu indus de o activitate asupra resursei de apă, metoda oferă și posibilitatea corelării impactului cu frecvența/probabilitatea asociată evenimentelor de depășire a normelor impuse în

ceea ce privește concentrația unui poluant, conferind o imagine mai amplă a stării mediului extinsă spre dimensiunile riscului de mediu.

➤ Un alt obiectiv specific propus în prezenta teză a vizat **dezvoltarea unei aplicații de modelare** a regimului hidraulic și al dinamicii indicatorului de calitate CBO₅ pentru râul Bahlui.

Contribuția originală adusă de acest capitol a constat în primul rând în construirea modelului de simulare calității apei râului Bahlui cu ajutorul programului software Sobek care cuplează modulul numeric uni-dimensional de modelare (1DFlow) cu modulul uni-dimensional de calitate a apei (1DWAQ) ce permite modelarea dinamicii indicatorului CBO₅. Modelul utilizează un (sub)model hidrodinamic al sistemului analizat ce furnizează date (sub)modelului de calitate a apei pentru simularea dinamicii indicatorului de calitate CBO₅ în timp și spațiu. În sistemul analizat, (râul Bahlui) un instrument de modelare este un deziderat în suportul managementului resurselor de apă, neexistând nici un model de calitate a apei încă definitivat pe râul studiat.

Modelul reproduce cu o acuratețe bună șirul de debite măsurate chiar și în condiții hidrologice diferite și destul de bine regimul indicatorului de calitate a apei CBO₅. Modelul de calitate a fost influențat de o serie de factori:

- 1) Complexitatea fenomenelor fizico-chimice concurente ce afectează regimul CBO₅ din râu
- 2) Incertitudini generate de disponibilitatea datelor

Pentru prima dată s-a simulat contribuția pe care o au sursele punctiforme de poluare ce deversează ape uzate în râul Bahlui, la poluarea globală a sistemului studiat în ceea ce privește indicatorul de calitate CBO₅ considerând scenarii variate de management al apei, ce au în vedere Directiva Cadru a Apei. Un scenariu a propus simularea situației ipotetice în care stația de epurare a orașului Iași ar deversa un efluent de ape uzate cu o concentrație constantă de CBO₅ egală cu valoarea maximă admisă (25 mg/L) de Normativul NTPA 001 (HG 352/2005). Acest scenariu a fost rulat în condițiile unui an ploios (2005) și ale unui an secetos (2007). Al doilea scenariu tratează situația în care atât stațiile de epurare municipale cât și cele industriale, ce deversează ape uzate în râul Bahlui, și-ar îmbunătăți calitatea efluentului. Deși modelul de calitate se bazează pe o serie de ipoteze simplificatoare, rezultatele au arătat faptul că modelul poate fi dezvoltat ulterior, cel puțin în două direcții: (1) extinderea sistemului modelat pe toate cursurile de apă din bazinul hidrografic Prut și (2) dezvoltarea modelului către alte clase de poluanți (CCO-Cr, metale, grele, poluanți organici prioritari, etc).

S-au simulat o serie de opțiuni de operare și s-a concluzionat faptul că îmbunătățirea calității efluenților stațiilor de epurare nu reprezintă o măsură suficientă pentru asigurarea calității apei invocată de obiectivele Directivei Cadru a Apei, datorită debitelor mult mai mari de ape uzate pe care stațiile de epurare le deversează comparativ cu debitele râului. Așadar, măsurile de îmbunătățire a calității apei râului Bahlui ale autorităților de management ar trebui îndreptate în direcția corelării acestor debite de deversare cu cele măsurate pe râu și a creării de posibilități de reutilizare a surplusului de apă, așadar, spre modurile de alocare a resursei de apă. Modelul de calitate a râului Bahlui a servit drept baza de plecare pentru integrarea cu alt instrument specific MIRA, evaluarea integrată a impactului și riscului de mediu (EIRA).

➤ A treia direcție de cercetare ce conferă originalitate prezentei teze a constat în studiul posibilităților de integrare a metodei EIRA în cadrul activităților de modelare a regimului hidraulic și a calității apei.

Prin integrarea celor două instrumente privind calitatea resursei de apă la nivel de sub-bazin hidrografic s-au confirmat o serie de observații apărute și în cadrul celor două metode tratate în mod separat și anume: faptul că, în situația curentă, principalii poluatori sunt stațiile de epurare municipale ce conduc la o creștere a concentrației CBO₅ și respectiv la încadrarea apei în clasele IV - V de calitate potrivit clasificării propuse de WFD, dar și aspecte care nu au fost sesizate din cercetările ce tratează în mod separat cele două instrumente de analiză. Integrând cele două instrumente suport (EIRA și modelare) s-au putut studia în timp și spațiu cauzele ce conduc la valori semnificative ale impactului de mediu. De remarcat este faptul că aplicând metoda integrată de evaluare a impactului și riscului de mediu sunt

detectate dimensiunile spațiale și temporale ale situațiilor când nu există risc de mediu în contextul simulării unui scenariu în programul Sobek, ce impune valori în limitele maxim admise de legislație, aspect ce contribuie la prioritizarea locațiilor din punct de vedere al vulnerabilității la impact de mediu cu sau fără risc asociat.

Metoda EIRA aplicată pe datele modelate, oferă o imagine mult mai amplă asupra dimensiunilor impactului de mediu, sesizând punctele sensibile ale unui plan de măsuri (corelațiile dintre debitul deversat, cel al râului și clasa de calitate a sectorului de râu din vecinătatea sursei de poluare, și implicațiile acestor aspecte asupra evoluției în timp și spațiu a impactului de mediu).

Bibliografie

- Comisia Europeana, Directiva Cadru a Apei (EC Water Framework Directive), 2000.
- GWP, (2000), *Integrated Water Resources Management*, Global Water Partnership.
- Plan de management al Directei de Apa Prut, 2008.
- Ordonanța de urgență 161 din 2006 privind clasificarea calității apelor de suprafață
- Hotărâre nr. 352 din 21 aprilie 2005 privind modificarea și completarea Hotărârii Guvernului nr. 188/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate
- Bârjoveanu G., Cojocariu C., Robu B., Teodosiu C., (2010) Integrated assessment of wastewater treatment plants for sustainable river basin management, *Environmental Engineering and Management Journal*, **9**(9), 1251-1258.
- Bârjoveanu G., Cojocariu C., Augustijn D.C.M., Crăciun I., Teodosiu C., (2011), BOD modeling and evaluation of wastewater management options - A case study for the Bahlui River, Romania, *Ecollogical Modeling*, (în curs de evaluare).
- Chapra S. și Whitehead P.G., (2009), Modelling impacts of pollution in river systems: a new dispersion model and a case study of mine discharges in the Abrud, Aries and Mures River System in Transylvania, Romania. *Hydrol. Res.* **40** (2–3), 306-322.
- Cojocariu C., Lupu L., Teodosiu C., Ene S.A., Musteret C.P., (2009), Institutional capacities assesment for cooperation on the Prut river basin management Romania (poster), ICEEM 05, September 15-18, 2009, Tulcea, România.
- Cojocariu C., Robu, Bârjoveanu G. Caraene I., Teodosiu C., (2010), Environmental assessment of the priority organic pollutants pollution in the Prut river basin, Romania (poster), International Conference on Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management, 21-23 Octombrie 2010, Facultatea de Stiința și Ingineria Mediului, Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj, România.
- Cojocariu C., Robu B., Bârjoveanu G., Teodosiu C., (2011a), Environmental assessment of pollution with detergents in the Prut River Basin, Romania, *AES Bioflux* **3**(2), 129-139.
- Cojocariu C., Bârjoveanu G., Robu B., Teodosiu C., Integrated environmental impact and risk assessment of agricultural and related industries in the Prut river basin, Romania (poster), (2011b), 1st Danube – Black Sea Young Water Professionals Conference, June 14-15, București, Romania.
- Cox B.A., (2003a), A review of currently available in-stream water-quality models and their applicability for simulating dissolved oxygen in lowland rivers, *Science of the Total Environment*, **314 – 316**, 335–377.
- Cox B.A., (2003b), A review of dissolved oxygen modelling techniques for lowland rivers, *Science of the Total Environment*, **314 – 316**, 303–334.
- Deltares, (2010), Sobek 2.12.002 - Water Quality Technical Reference Manual, Delft.
- Robu B., (2005), Evaluarea impactului și a riscului induse asupra mediului de activitățile agricole, Editura Ecozone, Iași.
- Robu B. și Macoveanu M., (2010), Evaluări de mediu pentru dezvoltarea durabilă, Editura EcoZone, Iasi.
- Teodosiu C., Ardeleanu C., Lupu L., (2009a), An Overview of Decision Support Systems for Integrated Water Resources Management, *Environmental Engineering and Management Journal*, **8**, 153-162.
- Teodosiu C., Cojocariu C., Musteret C.P., Dascalescu I.G., Caraene I., (2009b), Assessment of Human and Natural Impacts over Water Quality in the Prut River Basin, Romania, *Environmental Engineering and Management Journal*, **8**, 1439-1450.

- Teodosiu C., Bârjoveanu G., Ene. S.A., Cojocariu C., Robu B., (2011) Integrated Water Resources Management: Support Tools for Implementation in Romania, prezentată în cadrul 1st International Conference on “Sustainable Watershed Management (SuWaMa)”, 19-22 Septembrie 2011, Istanbul, Turcia.
- Van De Wiel M.J., Coulthard T.J., Macklin M.G., Lewin J., (2011), Modelling the response of river systems to environmental change: Progress, problems and prospects for palaeo-environmental reconstructions, *Earth-Science Reviews*, 104, 167–185.

Activitatea științifică privind subiectul tezei de doctorat:

Lucrări publicate în reviste științifice de specialitate

1. G. Bârjoveanu, **C. Cojocariu**, D. Augustijn, I. Craciun, C. Teodosiu, (2011), **BOD modeling and evaluation of wastewater management options - A case study for the Bahlui River, Romania**, *Ecological Modeling*, (under review).
2. **C. Cojocariu**, B. Robu, G. Bârjoveanu, I. Caraene, C. Teodosiu, (2011), **Environmental assessment of the priority organic pollutants pollution in the Prut river basin, Romania**, *Advances in Environmental Sciences Bioflux*, 3(2):129-139.
3. G. Bârjoveanu, **C. Cojocariu**, B. Robu, C. Teodosiu, (2010), **Integrated assessment of wastewater treatment plants for sustainable river basin management**, *Environmental Engineering and Management Journal*, 9(9): 1251-1258.
4. C. Teodosiu, **C. Cojocariu**, C. P. Musteret, I. G. Dascalescu, I. Caraene, (2009), **Assessment of human and natural impacts over water quality in the Prut river basin, Romania**, *Environmental Engineering and Management Journal*, 8(4): 1439-1450.
5. **C. Cojocariu**, I. Caraene, G. Bârjoveanu, C. Teodosiu, (2009), **Assessment of water quality evolution in the Prut-Barlad river basin**, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi*, Tomul LV (LIX), Fasc. 4, Sectia Chimie și Inginerie Chimică, (CNCSIS B+), 219-228.

Lucrări prezentate în cadrul unor manifestări științifice naționale/internaționale

Postere:

1. **C. Cojocariu**, G. Bârjoveanu, B. Robu, C. Teodosiu, (2011), **Integrated environmental impact and risk assessment of agricultural and related industries in the Prut river basin, Romania**, *1st Danube – Black Sea Young Water Professionals Conference (IWA)*, 14-15 Iunie 2011, București, România.
2. **C. Cojocariu**, B. Robu, G. Bârjoveanu, I. Caraene, C. Teodosiu, **Environmental assessment of the priority organic pollutants pollution in the Prut river basin, Romania**, *International Conference on Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management*, 21- 23 Octombrie 2010, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului, Universitatea Babes-Bolyai, Cluj, România.
3. **C. Cojocariu**, B. Robu, F. Ungureanu, C. Teodosiu, **Monitorizarea calității apei și probleme de implementare în bazinul hidrografic Prut**, *Zilele Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului 07*, 17-19 Noiembrie 2010, Iași, România.
4. C. Teodosiu, **C. Cojocariu**, C. P. Musteret, I. G. Dascalescu, I. Caraene, **Assessment of human and natural impacts over water quality in the Prut river basin, Romania**, *International Conference on Environmental Engineering and Management 05*, 15-18 Septembrie 2009, Tulcea România.
5. **C. Cojocariu**, L. Lupu, C. Teodosiu, S.A. Ene, C.P. Musteret, (2009), **Institutional capacities assesment for cooperation on the Prut river basin management Romania**, *International Conference Environmental Engineering and Management 05*, 15-18 Septembrie 2009, Tulcea, România.

Comunicări orale:

1. Cojocariu C., Caraene I., Bârjoveanu G., Teodosiu C., **Assessment of water quality evolution in the Prut-Bârlad river basin**, *Zilele Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului 06*, 18-20 Septembrie 2009, Iași, România.

2. Cojocariu C., Apreutesei R. E., Catrinescu C., Teodosiu C., **Studies on activated carbon adsorption of reactive dyes from wastewater**, *Zilele Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului 05*, 19-21 Noiembrie 2008, Iași, România.