



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI
Școala Doctorală a Facultății de
Inginerie Chimică și Protecția Mediului



STUDII PRIVIND ABORDAREA INTEGRATĂ A SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat:
Prof. univ. dr. ing. Carmen Teodosiu

Doctorand:
Chim. Ioana Gabriela Dăscălescu (Maxim)

IAȘI – 2014

UNIVERSITATEA TEHNICĂ „GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI
RECTORATUL

Către

Vă facem cunoscut că, în ziua de **11 aprilie 2014**, la ora **10:00**, în **Sala de Consiliu a Facultății de Inginerie Chimică**, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată:

„Studii privind abordarea integrată a sistemelor de alimentare cu apă”

elaborată de doamna **chimist Ioana-Gabriela DĂSCĂLESCU (născ. MAXIM)** în vederea conferirii titlului științific de doctor.

Comisia de doctorat este alcătuită din:

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Prof. dr. ing. Nicolae Hurduc,
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iasi | - președinte |
| 2. Prof. dr. ing. Carmen Teodosiu,
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iasi | - conducător de doctorat |
| 3. Conf. dr. ing. Florica Manea,
Universitatea Politehnica din Timișoara | - referent oficial |
| 4. Conf. dr. ing. Lavinia Tofan,
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași | - referent oficial |
| 5. Prof. dr. Mircea Nicoară,
Universitatea „Al. I. Cuza” din Iasi | - referent oficial |

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**



Secretar universitate,
Ing. Cristina Nagiț



Mulțumiri

Etapele parcurse în formarea mea profesională, de la activitatea didactică în domeniul chimiei, la ingineria mediului și apoi la ingineria chimică, au însemnat provocări, care mi-au permis să interacționez și să colaborez, în toată această perioadă, cu persoane excepționale. În acest moment, doresc să adresez mulțumiri tuturor celor care mi-au fost alături în acești ani.

*În mod deosebit, îmi exprim considerația și gândurile sincere de mulțumire **doamnei prof. univ. dr. ing. Carmen Teodosiu**, coordonatorul științific al acestei lucrări, pentru profesionalismul, rigurozitatea, sprijinul și încrederea cu care m-a îndrumat pe parcursul programului doctoral și la elaborarea tezei. Totodată, îmi exprim recunoștința pentru șansa pe care mi-a oferit-o de a mă integra în colectivul de cercetare pe care îl coordonează – un colectiv tânăr și ambițios, cu realizări remarcabile în domeniul managementului și tehnologiilor de tratare și epurare a apei.*

*Mulțumesc **conducerii Apavital** pentru sprijinul necondiționat oferit, fără de care întregul demers științific prezentat în această lucrare nu ar fi fost posibil.*

*Le adresez mulțumiri **colegilor, prietenilor și tuturor celor apropiați** pentru susținerea morală, toleranța și prietenia sinceră oferită.*

*În acest moment deosebit din viața și cariera mea, țin să mulțumesc din suflet persoanelor care dau sens vieții mele: soțului meu **John** și copiilor mei, **Mara și Tudor**, pentru liniștea și echilibrul pe care mi le oferă, dragostea și răbdarea nemărginită cu care mă înconjoară, în tot ceea ce îmi doresc să realizez. Le dedic această teză, ca mărturie a afecțiunii și a profunde recunoștințe pe care le-o port, pentru împlinirea mea personală și profesională.*

Ioana-Gabriela Dăscălescu (Maxim)

CUPRINS

Introducere.....	7
Capitolul 1. Elemente actuale și de perspectivă în domeniul managementului integrat al sistemelor de alimentare cu apă	17
1.1. Aspecte generale privind sistemul de alimentare cu apă	17
1.2. Resursele de apă și captarea acestora.....	18
1.3. Infrastructura de tratare și distribuție a apei potabile.....	22
1.3.1. Tratarea apei.....	22
1.3.2. Sistemul de distribuție a apei.....	27
1.4. Managementul integrat vs. managementul tradițional al sistemelor de alimentare cu apă	30
1.5. Stadiul actual al sistemelor de alimentare cu apă din România	33
1.6. Dezvoltarea serviciilor de alimentare cu apă în România	36
1.6.1. Principalele probleme ale sectorului de apă	36
1.6.2. Organizarea serviciilor de alimentare cu apă în România.....	37
1.6.3. Contextul dezvoltării serviciilor de alimentare cu apă în România	39
1.7. Capacitatea instituțională în procesul de management integrat a sistemelor de alimentare cu apă	42
1.7.1. Regionalizarea serviciilor de apă.....	42
1.7.2. Strategia de dezvoltare regională	44
Capitolul 2. Aspecte privind calitatea în cadrul sistemelor de alimentare cu apă ..	47
2.1. Criterii de definire a calității	47
2.2. Calitatea apei	49
2.2.1. Criterii de clasificare a calității apei.....	50
2.2.2. Monitorizarea calității apei	52
2.2.3. Asigurarea calității și controlul calității datelor de monitorizare	64
2.3. Instrumente legislative pentru protecția și evaluarea calității apei	67
2.3.1. Politica europeană în domeniul apei.....	67
2.3.2. Legislația națională în domeniul apei.....	70
2.4. Indici de calitate a apei	79
2.4.1. Definirea conceptului.....	79
2.4.2. Modele de calcul a WQI	84
2.4.3. Caracteristicile modelelor de agregare	89
2.4.4. WQI specifici evaluării calității apei destinată consumului uman.....	90
2.4.5. Limitări ale WQI.....	96
2.5. Calitatea serviciului de alimentare cu apă	97
2.5.1. Aspecte generale privind serviciul de alimentare cu apă	97
2.5.2. Caracteristicile și calitatea serviciilor	98
2.5.3. Satisfacția cetățenilor/clientilor	100
2.5.4. Evaluarea calității serviciului de alimentare cu apă.....	102
2.6. Instrumente legislative pentru asigurarea și evaluarea calității serviciilor de alimentare cu apă	104
2.6.1. Legislația europeană.....	104
2.6.2. Legislația națională	106

2.7. Instrumente de evaluare a percepției cetățenilor privind calitatea serviciului	107
2.7.1. Modelul ServQual.....	107
2.7.2. Modelul ServPerf.....	110
2.7.3. Modelul lui Grönroos.....	111
2.7.4. Modele ierarhice multidimensionale.....	112
Capitolul 3. Metodologia cercetării	115
3.1. Structura tezei și organizarea cercetării.....	115
3.2. Prezentarea operatorului regional APAVITAL SA.....	129
3.3. Prezentarea sistemului de alimentare cu apă a Municipiului Iași.....	131
3.3.1. Localizare și evoluție.....	131
3.3.2. Descrierea sistemului de alimentare a Municipiului Iași.....	133
3.3.3. Descrierea zonelor de captare.....	134
3.3.4. Infrastructura de tratare și distribuție.....	137
Capitolul 4. Monitorizarea on-line a calității apei și proiectarea unui indice de calitate a apei aplicabil sistemelor automate	143
4.1. Studiul de caz I - Monitorizarea on-line a calității apei pe râul Prut.....	143
4.1.1. Evaluarea calității apei Râul Prut și investigarea surselor de poluare în amonte de captarea Țuțora.....	143
4.1.2. Selectarea indicatorilor de calitate țintă și configurarea sistemului de monitorizare.....	151
4.1.3. Definirea pragurilor de alertă și conceperea unui plan de acțiune.....	153
4.2. Studiul de caz II – Proiectarea unui indice de calitate a apei aplicabil sistemelor de monitorizare in-line.....	155
4.2.1. Proiectarea modelului de calcul a indicelui de calitate.....	157
4.2.2. Selectarea indicatorilor de calitate.....	158
4.2.3. Alocarea ponderilor de importanță.....	160
4.2.4. Stabilirea claselor de clasificare a calității apei.....	162
4.2.5. Asigurarea și controlul calității datelor.....	162
4.2.6. Rezultate și discuții.....	163
4.3. Studiul de caz III - Investigarea modificărilor calității apei potabile în rețeaua de distribuție a Municipiului Iași, cu ajutorul sistemului de monitorizare on-line.....	168
4.3.1. Particularități ale sistemelor de monitorizare și control a calității apei.....	169
4.3.2. Zona monitorizată.....	171
4.3.3. Interpretarea datelor de turbiditate.....	172
4.3.4. Elaborarea planului de acțiuni.....	177
4.4. Concluzii parțiale.....	179
Capitolul 5. Analiza organizațională și a percepției părților interesate privind calitatea serviciului de alimentare cu apă	183
5.1. Studiul de caz IV - Analiza capacității instituționale a operatorului regional APAVITAL SA.....	183
5.1.1. Structura organizațională.....	183
5.1.2. Experiența Operatorului Regional.....	184
5.1.3. Performanța managementului.....	186
5.1.4. Recomandări de dezvoltare.....	187
5.2. Studiul de caz V - Analiza performanței serviciului de alimentare cu apă prestat de APAVITAL.....	188

5.2.1. Măsurarea performanței companiei prin evaluarea satisfacției cetățenilor	188
5.2.2. Factorii determinați ai satisfacției cetățenilor privind calitatea serviciului de alimentare cu apă	190
5.2.3. Modelul de cercetare.....	191
5.2.4. Testarea validității și fidelității instrumentului de măsurare	193
5.2.4.1. Testarea validității și fidelității subscalelor	193
5.2.4.2. Testarea validității și fidelității scalei	196
5.2.5. Statistica descriptivă a datelor și testarea ipotezelor de cercetare.....	201
5.2.5.1 Analize descriptive.....	201
5.2.5.2. Testarea ipotezelor	202
5.2.6. Rezultatele studiului	214
5.2.7. Recomandări de îmbunătățire	216
5.3. Concluzii parțiale.....	217
Concluzii generale.....	221
Bibliografie.....	227
Prezentarea activității științifice	245
Anexe	249
Anexa 1 – Chestionar privind gradul de satisfacție a cetățenilor asupra calității serviciului de alimentare cu apă în Municipiul Iași	249
Anexa 2 – Rezultatele testelor de comparație a percepției cetățenilor în funcție de variabilele independente și factorii determinanți ai satisfacției.....	251

Introducere

Un concept unanim acceptat la nivel mondial, în curs de instituționalizare și la nivel național, ca fiind direcția cheie de dezvoltare, este, în prezent, **managementul durabil al resurselor de apă** (Teodosiu et al., 2012). Acest concept presupune trecerea de la abordarea tradițională, fragmentată sau pur sectorială a managementului apei, predominant hidrotehnică și economică, la o abordare de tip holistic, bazată pe criterii ecologice și sociale și pe analize multidisciplinare, pe termen lung, având ca obiective principale dezvoltarea durabilă și protecția resurselor și nu simpla satisfacere a nevoilor de apă ale prezentului. Managementul durabil al resurselor de apă presupune o bună colaborare, comunicare și coordonare între politică, știință, industrie și social, prin implicarea tuturor factorilor interesați (stakeholders) în procesul de luare a deciziilor. În problemele resurselor de apă, orice decizie, lucrare, investiție trebuie discutată, planificată și implementată interdisciplinar, astfel încât să aibă valențe și beneficii multiple.

Strategia privind resursele de apă în Europa s-a schimbat radical, odată cu punerea în aplicare a Directivei Cadru a Apei, în decembrie 2000 (WFD, 2000). Aceasta a introdus o abordare care nu mai are la bază frontiere naționale sau politice, ci formațiuni hidrologice și geografice naturale: bazinele hidrografice. Noua abordare necesită coordonarea diferitelor politici ale UE și stabilește un calendar precis de acțiuni, care fixează anul 2015, ca termen-limită pentru obținerea unei calități bune pentru toate apele europene (EC, 2010).

Prin adoptarea conceptului de management integrat a resurselor de apă, aspectele privind calitatea apei, preponderent tehnice, au căpătat dimensiuni sociale și politice. Modul în care o societate abordează politicile de apă este o oglindă fidelă a proceselor politice, culturale și economice din interiorul acelei societăți (Tănase și Popa, 2009). De la abordarea tradițională, după un model liniar (scopuri - politici - obiective - strategii – activități - monitoring - închiderea buclei de feedback la nivelul activităților), în care realitățile culturale și sociale sunt luate prea puțin în calcul, iar participarea publică este foarte redusă, se trece la abordarea modernă, care constă într-o planificare multidimensională ce integrează și valorile sociale, și unde etapele din modelul liniar sunt grupate circular sau în spirală, permițând multiple feedback-uri, interacțiuni și ajustări în fiecare etapă. **Abordarea modernă a sistemelor de alimentare cu apă este orientată către populație, către cerințele și nevoile acestora, într-o viziune integrată a tuturor activităților și proceselor specifice.**

Într-un astfel de model, comunitatea este responsabilizată și implicată în fiecare stadiu de planificare. Participarea publică este văzută ca fiind unul dintre factorii-cheie pentru utilizarea durabilă a apei, acceptarea de către public a planurilor și acțiunilor de management, precum și sprijinul acordat din partea grupurilor de părți interesate, fiind condiția esențială pentru implementarea cu succes a acestor planuri. (WWF Scotland, 2001).

Deși Directiva Cadru a Apei subliniază importanța implicării publicului în protejarea și managementul resurselor de apă, forma exactă de aplicare a acestei cerințe este lăsată la decizia statelor membre. În acest sens, există o experiență limitată în ceea ce privește formele de implicare a publicului în problemele de management al apei, iar factorii de decizie din acest domeniu nu înțeleg încă adevăratele avantaje ale acestei abordări. Mai mult decât atât, problemele privind poluarea și managementul apei se traduc în termeni, care nu sunt ușor de înțeles și de utilizat de către persoanele nefamiliarizate cu aceștia. Cu toate acestea, având în vedere rolul central al apei în susținerea și conturarea existenței noastre, este de așteptat ca, mai devreme sau mai târziu, toată lumea să vrea să știe, în termeni cuantificabili și ușor accesibili tuturor, cât de adecvată este apa pentru anumite utilizări, dacă apa dintr-un anumit oraș este superioară, din punct de vedere calitativ, față de apa din alt oraș, o altă regiune sau dintr-o altă țară (Abbasi și Abbasi, 2012). Acest scenariu, în curs de dezvoltare, ar putea necesita dezvoltarea și utilizarea pe scară largă a unor **instrumente de comunicare**, privind calitatea apei și modul în care aceasta este potrivită pentru diverse folosințe, ușor de înțeles și de utilizat, atât de către populație, cât și de către factorii de decizie.

În plus, dată fiind preocuparea manifestată la nivel mondial, în găsirea sensurilor și dimensiunilor atribuite conceptelor de calitate a apei și calitate a serviciilor oferite în sectorul de apă, care să reflecte progresele civilizației secolului XXI, dar și așteptările unor grupuri comunitare, cât mai numeroase în raport cu acest aspect, se impune, ca o necesitate, **analiza conceptului de calitate în general, și a celor de calitate a apei, respectiv calitate a serviciului de alimentare cu apă, în particular, în acord cu cerințele, așteptările și necesitățile factorilor interesați.**

Obiectivele generale și specifice ale tezei de doctorat

Lucrarea de față, **"Studii privind abordarea integrată a sistemelor de alimentare cu apă"**, are ca **obiectiv general studiul posibilităților de implementare a unui cadru de management integrat a sistemelor de alimentare cu apă (Fig. 0-1), cu scopul creșterii performanței serviciilor de apă, în care performanța este privită prin**

prisma atingerii unui grad maxim al satisfacției cetățenilor, utilizând un set de instrumente tehnico-manageriale, în relație cu nevoile și cerințele acestora.

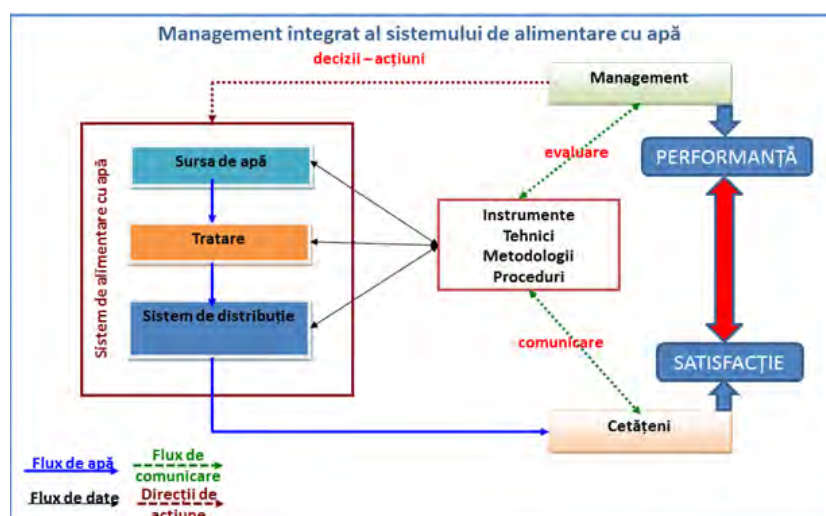


Fig. 0-1. Abordarea integrată a sistemelor de alimentare cu apă orientată către cetățeni

Subiectul abordat este unul complex și de actualitate, cetățeanul reprezentând în momentul de față cea mai importantă prioritate (dacă nu și singura) a Statelor Membre ale Uniunii Europene (EUPAN, 2009), aspectul referitor la “satisfacția cetățeanului client” reprezentând o prioritate importantă, pe agenda administrației publice, în aproximativ două treimi dintre state.

Pentru atingerea acestui obiectiv, în cadrul tezei este definit și abordat într-o manieră integrată conceptul de calitate, atât din punct de vedere al produsului – apa potabilă, cât și din punct de vedere al serviciului public prestat - alimentarea cu apă. Totodată, caracterul integrat al abordării este dat de dimensiunile implicate în cercetare, și anume:

- Dimensiunile tehnologică și legislativă (abordarea într-un mod integrat a aspectelor care vizează eficientizarea tehnologiilor de tratare și a distribuției apei, cu cerințele legislative de calitate).
- Dimensiunea instituțională (organizarea și capacitatea instituțională a desfășurării serviciului de alimentare cu apă);
- Dimensiunea spațială (apa, de la sursă, la robinetul cetățeanului);
- Dimensiunea socială (evaluarea calității apei și a serviciului de alimentare cu apă în relație cu nevoile și cerințele factorilor interesați);

Obiectivele specifice care au răspuns acestui obiectiv general sunt următoarele:

- 1) Realizarea unui studiu bibliografic privind managementul integrat al sistemelor de alimentare cu apă, a conceptului de calitate a apei și cel de calitate a serviciului de alimentare cu apă;
- 2) Analiza și evaluarea sistemului de alimentare cu apă din municipiul Iași, a practicilor, strategiilor și instrumentelor de management aplicate de către operatorul regional APAVITAL SA, în cadrul căruia s-au dezvoltat aplicațiile din cadrul lucrării;
- 3) Studiul dezvoltării sistemelor de monitorizare on-line și a integrării acestora în cadrul sistemelor de captare, tratare și distribuție a apei:
 - a. La captarea din ape de suprafață, pentru supravegherea calității apei și alertare timpurie în caz de poluare (și respectiv de ajustare a tehnologiei de tratare);
 - b. În rețeaua de distribuție, pentru investigarea modificărilor calității apei și obținerea de informații necesare identificării zonelor de intervenție și măsurilor de acțiune;
- 4) Proiectarea unui indice de calitate (*global și ponderat*) a apei, adaptat particularităților sistemelor de monitorizare on-line, pentru a caracteriza și comunica informații cu privire la calitatea sursei de apă destinată potabilizării;
- 5) Elaborarea unei metodologii de evaluare a performanței serviciului de alimentare cu apă, prin măsurarea percepției cetățenilor cu privire la calitate, ca modalitate de implicare a acestora în procesul de identificare a direcțiilor de îmbunătățire și de creștere a performanței serviciului.

Teza este structurată în două părți principale, respectiv partea de fundamentare științifică a cercetării și partea de cercetare aplicativă a tezei.

Partea de fundamentare științifică a tezei este alcătuită din două capitole și cuprinde o analiză și o evaluare a sistemului de alimentare cu apă în contextul abordării integrate a managementului apei, precum și o analiză a aspectelor privind calitatea în cadrul sistemelor de alimentare cu apă. În acest sens, este realizat un studiu al literaturii științifice naționale și internaționale din fluxul de publicații de specialitate, cu privire la problematica organizării, managementului și performanțelor serviciilor de alimentare cu apă, particularităților cadrului național și problematicii specifice acestuia, precum și a modalităților diverse de evaluare a calității apei și a calității serviciilor, în relație cu cerințele, așteptările și nevoile tuturor factorilor interesați.

Partea a doua a tezei cuprinde trei capitole și constituie **partea de cercetare aplicativă** a tezei. Cercetările realizate în aceste capitole pornesc de la cerințele în raport cu care se evaluează calitatea produsului și serviciului prestat de organizație, cerințe care sunt condiționate de poziția "părții interesate" în raport cu organizația. Astfel, dacă **pentru management** calitatea reprezintă măsura în care sunt respectate normele și se ating obiectivele stabilite, în procesul de obținere a produsului sau de realizare a serviciului, **pentru cetățean/client** calitatea este văzută ca măsură a satisfacției oferite de organizație prin produsele și serviciile realizate de aceasta. În primul caz, prin evaluarea calității se măsoară gradul de respectare a cerințelor exprimate în cadrul normativ și/sau se apreciază măsura în care au fost atinse obiectivele calității, în timp ce, în cel de-al doilea, evaluarea calității se realizează prin aprecierea măsurii în care s-a obținut satisfacția dorită.

În acest context, cercetările originale realizate, prezentate sub forma unor studii de caz, propun dezvoltarea și integrarea unor instrumente suport pentru măsurarea conceptului de calitate în cadrul sistemelor de alimentare cu apă, în vederea creșterii performanței serviciului de alimentare cu apă, după cum urmează:

- **Studiul de caz I** prezintă dezvoltarea unui sistem cadru privind managementul captărilor de apă, care să includă monitorizarea on-line a apelor de suprafață (râuri). Acesta urmează să acționeze ca alertă timpurie, pentru a proteja companiile de apă (în studiul de caz, APAVITAL SA), care folosesc surse de apă de suprafață pentru producerea de apă potabilă, de orice poluare: naturală, din activități umane, sau provocate accidental. În cadrul studiului sunt prezentate: evaluarea evoluției calității apei la sursă, inclusiv identificarea și evaluarea activităților umane derulate în bazinul hidrografic Prut, în amonte de captarea pentru alimentarea municipiului Iași și a Zonei Metropolitane; selectarea indicatorilor-țintă pentru monitorizarea automată a calității apei râului Prut, la captare; conceperea unei platforme multi-senzor fiabilă; definirea unor praguri de alertă bazate pe condițiile locale (calitatea sursei de apă, tehnologiile de tratare existente și eficiența acestora); elaborarea unor planuri de acțiune, care să fie puse în aplicare în cadrul sistemului de management a calității, implementat în cadrul companiei APAVITAL SA.
- **Studiul de caz II** propune un model de calcul a indicelui de calitate a apei, atât ca instrument de comunicare privind calitatea, cât și ca instrument pentru control operațional, privind adecvarea apei pentru diverse folosințe (în cazul acesta, pentru potabilizare), accesibil, atât pentru populație, cât și pentru factorii de decizie. În mod tradițional, pentru calcularea indicilor de calitate sunt utilizate valorile obținute

experimental, ale concentrațiilor unui număr de diferite variabile de calitate a apei (fizice, chimice sau biologice), măsurate în cadrul programelor naționale, regionale și locale de monitorizare, pe probe prelevate manual, de obicei lunar sau anual, în funcție de cerințele legislației în vigoare. Indicele de calitate a apei propus în cadrul acestui studiu ține cont de particularitățile sistemelor de monitorizare on-line și este aplicabil datelor culese prin intermediul acestor sisteme. Modelul este aplicat datelor istorice înregistrate de sistemul implementat de APAVITAL SA pentru monitorizarea calității sursei de apă de suprafață, râul Prut, în vederea calculării indicelui de calitate și clasificării sursei de suprafață în funcție de calitatea apei și tehnologia standard adecvată de tratare. În cadrul studiului este efectuată o analiză de sensibilitate a modelului propus și sunt discutate provocările asociate implementării indicelui la scară largă.

- **Studiul de caz III** prezintă dezvoltarea unei aplicații privind supravegherea în timp real, continuu, a turbidității apei potabile în rețeaua de distribuție, prin intermediul unui sistem de monitorizare on-line, precum și eficiența senzorilor de turbiditate on-line pentru monitorizarea calității apei la ieșirea din stația de tratare și investigarea schimbărilor de calitate care au loc în rețeaua de distribuție. Principalul obiectiv al acestui studiu este de a prezenta modul în care un sistem automat de monitorizare a calității apei potabile poate facilita culegerea de informații în vederea identificării zonelor de intervenție și întocmirii/ajustării planurilor de acțiune necesare asigurării nivelului de calitate al apei potabile impus de cerințele legislative în vigoare. Studiul a fost dezvoltat pentru sistemul de monitorizare implementat de către APAVITAL SA în rețeaua de distribuție a municipiului Iași și include: prezentarea zonei monitorizate și a locațiilor selectate pentru amplasarea senzorilor on-line, o analiză a datelor înregistrate prin monitorizarea continuă a turbidității, precum și dezvoltarea unui plan de acțiune, ca răspuns la evenimentele identificate în timpul monitorizării.
- **Studiul de caz IV** realizează o analiză a strategiilor, practicilor și instrumentelor de management aplicate de către operatorul serviciilor de apă și de canalizare în județul Iași, APAVITAL SA, cu scopul de a determina un status-quo a capacității sale instituționale în calitate de furnizor de servicii de alimentare cu apă, precum și de a formula o serie de recomandări pentru astfel de instituții, atât pentru îmbunătățirea calității produselor/serviciilor lor, pentru a crește satisfacția cetățenilor, precum și pentru consolidarea poziției lor, ca actori-cheie în cadrul sistemului de gestionare a resurselor de apă.

- **Studiul de caz V** realizează o evaluare a performanței serviciului de alimentare cu apă prin intermediul evaluării directe a satisfacției cetățenilor cu privire la principalele caracteristici ale serviciului de alimentare cu apă: calitatea serviciului de bază (rezultatul realizării serviciului, sau ceea ce cetățeanul primește) și calitatea serviciilor auxiliare (felul în care serviciul este furnizat, de exemplu: încasarea, furnizarea de informații ș.a.). Studiul realizat are ca obiectiv dezvoltarea și testarea unui instrument de măsurare a gradului de satisfacție a cetățenilor municipiului Iași, cu privire la calitatea serviciului de alimentare cu apă realizat de APAVITAL SA, precum și analiza factorilor dependenți și/sau independenți, care influențează semnificativ percepția cetățenilor privind modul în care operatorul sistemului de alimentare cu apă răspunde nevoilor și cerințelor sale.

Una dintre **contribuțiile originale** ale tezei este abordarea sistemului de alimentare cu apă în manieră integrată, multidimensională. Totodată, cercetările realizate aduc contribuții importante la instrumentarul metodologic propus pentru evaluarea și măsurarea calității în cadrul sistemelor de alimentare cu apă. În acest sens, este propusă dezvoltarea sistemelor de monitorizare on-line, pe de o parte, pentru supravegherea calității apei și alarmare în caz de poluare, la captarea din sursa de apă de suprafață, pe de altă parte, pentru investigarea modificărilor de calitate a apei potabile în rețeaua de distribuție și identificarea zonelor de intervenție din rețea. În același timp, pentru extinderea utilității datelor înregistrate de sistemele de monitorizare on-line, este propusă evaluarea calității apei cu ajutorul indicelui de calitate a apei, atât ca instrument de comunicare privind calitatea, cât și ca instrument pentru control operațional, privind adecvarea apei pentru diverse folosințe, ușor de înțeles și de utilizat, atât de către populație, cât și de către factorii de decizie. Utilizarea indicelui de calitate a apei pentru evaluarea și clasificarea corpurilor de apă în funcție de calitatea apei și adecvarea pentru diferite utilizări este un domeniu foarte puțin exploatat în România și constituie o noutate pentru sistemul de alimentare din Iași. În mod tradițional, pentru calcularea indicilor de calitate sunt utilizate valorile obținute experimental, ale concentrațiilor unui număr de diferite variabile de calitate a apei (fizice, chimice sau biologice), măsurate în cadrul programelor naționale, regionale și locale de monitorizare, pe probe prelevate manual, de obicei lunar sau anual, în funcție de cerințele legislației în vigoare. Nu există în prezent un indice de calitate a apei special creat pentru prelucrarea datelor generate de sisteme automate de monitorizare, iar dintre cei existenți doar o mică parte sunt aplicabili datelor de această natură. În studiul realizat, este propus și testat, un model original de calcul a indicelui

de calitate a apei, aplicabil datelor generate de sistemele de monitorizare on-line, care țin cont de particularitățile acestora.

O altă contribuție importantă a tezei este aplicarea în practică, în contextul specific serviciului de alimentare cu apă, a unui instrument de analiză specific cercetării sociologice, care permite măsurarea, explicarea și identificarea posibilelor soluții, cu privire la îmbunătățirea calității serviciului de alimentare cu apă oferit cetățenilor. Evaluarea percepției cetățenilor, cu privire la calitatea serviciului de alimentare cu apă, este prezentată ca modalitate de implicare a acestora în procesul de identificare a direcțiilor de îmbunătățire și de creștere a performanței serviciului. Un aspect important al studiului este legat de modelul de cercetare propus, respectiv *dimensiunile specifice calității serviciului de alimentare cu apă*, care sunt asociate satisfacției cetățenilor, și anume: elementele tangibile - componentele serviciului de bază, evaluate prin setul de indicatori fizici măsurabili ai aspectelor concrete ale serviciului, și cele ale serviciilor auxiliare, cu un nivel mai ridicat de interacțiune între furnizorul serviciului și cetățean, dar mai scăzut de tangibilitate.

Lucrarea de față are la bază sinteza cercetărilor din domeniu, realizate pe plan mondial și național, precum și rezultatele originale ale cercetărilor realizate de autoare în perioada 2007-2014, după cum urmează: **4** lucrări publicate în reviste cotate ISI cu factor de impact (dintre care 2 în curs de publicare); **1** lucrare publicată integral în volumul unei conferințe internaționale; **1** lucrare publicată în reviste indexate BDI; **4** lucrări prezentate la conferințe naționale și internaționale; **6** proiecte de cercetare, ca membră în colectiv, dintre care 2 proiecte internaționale; **3** stagii de perfecționare pe plan extern (Olanda și Austria).

Capitolul 3. Metodologia cercetării

3.1. Structura tezei și organizarea cercetării

Pentru a răspunde obiectivelor științifice ale temei propuse spre cercetare, studiile realizate în cadrul tezei au fost organizate în conformitate cu schema prezentată în Fig. 3-1.

Pentru realizarea cercetării au fost abordate atât cercetarea calitativă, prin studii de caz, bazată pe interpretarea datelor culese și examinarea ordonată și completă a problematicii studiate, cât și cercetarea cantitativă, bazată pe măsurarea numerică a aspectelor specifice temelor studiate, folosind metode de analiză statistică. Studiile realizate în prezenta lucrare au, ca obiect și principală sursă de date, societatea

comercială APAVITAL SA, operatorul licențiat al serviciilor de alimentare cu apă și de canalizare din județul Iași. În cele ce urmează va fi prezentată metodologia utilizată pentru realizarea fiecărui studiu de caz în parte.

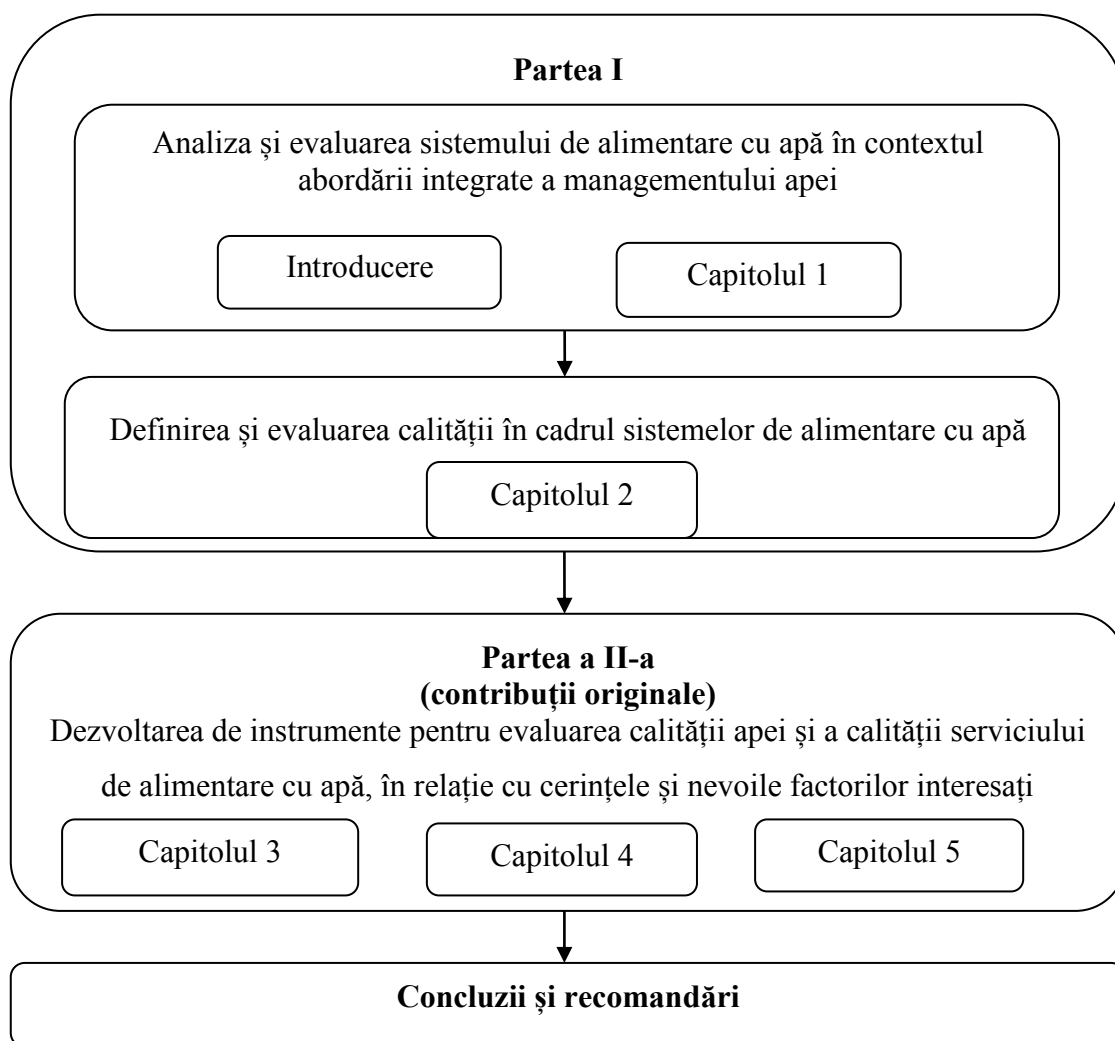


Fig. 3-1. Structura și strategia cercetărilor

Studiul de caz I

Cercetările au fost realizate, în calitate de membru al colectivului, în cadrul proiectului ***"Development of an intake management system for the Prut and Moldova River in Iași, Romania"***, derulat în perioada 2011 – 2012. Proiectul a fost finanțat de către Ministerul olandez al Afacerilor Economice, prin intermediul agenției sale AgentschapNL, și dezvoltat, în parteneriat, de către APAVITAL SA și compania Dunea din Olanda, în cadrul programului "Partners for Water".

Studiul de caz cuprinde:

- evaluarea evoluției calității apei la sursă, inclusiv identificarea și evaluarea activităților umane derulate în bazinul hidrografic Prut, în amonte de captarea pentru alimentarea municipiului Iași și a Zonei Metropolitane;

- selectarea indicatorilor-țintă pentru monitorizarea automată a calității apei râului Prut, la captare;
- conceperea unei platforme multi-senzor fiabilă;
- definirea unor praguri de alertă bazate pe condițiile locale (de exemplu, calitatea sursei de apă, tehnologiile de tratare existente și eficiența acestora);
- elaborarea unor planuri de acțiune, care să fie puse în aplicare în cadrul sistemului de management a calității, implementat în cadrul companiei APAVITAL.

Pentru evaluarea evoluției calității apei râului Prut și investigarea surselor de poluare în amonte de captarea Țuțora a fost realizat un studiu al zonei de captare, care a permis identificarea surselor de contaminare (stații de epurare, zonele agricole ce utilizează sau stochează gunoi de grajd, evacuări industriale). Această activitate a fost realizat într-o primă etapă, care a constat în cartografierea zonei de captare și a surselor de contaminare prezente. Într-o a doua etapă, s-a efectuat o cercetare pe teren, realizându-se o deplasare în Ucraina, în orașele Kolomia și Cernăuți, investigația fiind realizată prin interviuri și o campanie de prelevare de probe în vederea verificării calității apei râului Prut. Atât în Ucraina, cât și în România au fost prelevate probe de apă din râul Prut, din puncte strategice de-a lungul acestuia, care au fost analizate, din punct de vedere chimic, la laboratorul Het Waterlaboratorium (specializat în analiza apei potabile) din Haalem Olanda, pentru identificarea micropoluantilor toxici. Costurile acestor analize au fost suportate din fondurile proiectului româno – olandez, de parteneriat. Pe baza rezultatelor acestor studii au fost selectați indicatorii-țintă pentru sistemul de avertizare timpurie și s-a realizat selecția finală a senzorilor adoptați (Dăscălescu, 2011).

Studiul de caz II

Studiul realizat propune dezvoltarea unui model, ponderat și versatil, de calcul a indicelui de calitate a apei, pornind de la indicele de calitate, CCME-WQI. **Indicii de calitate a apei** sunt instrumente matematice, care integrează date complexe într-un scor numeric, pentru a descrie o imagine de ansamblu a stării generale a calității apei. În general, pentru formularea unui indice de calitate a apei sunt parcurse următoarele etape (Fig. 3-2):

- Selectarea indicatorilor de calitate relevanți pentru caracterizarea calității corpului de apă analizat;

- Transformarea diferitelor dimensiuni și unități de măsură ale indicatorilor selectați, la aceeași scară, I_n ;
- Alocarea ponderii de importanță fiecărui indicator de calitate (opțională);
- Agregarea sub-indicilor și calculul indicelui final de calitate a apei, I .

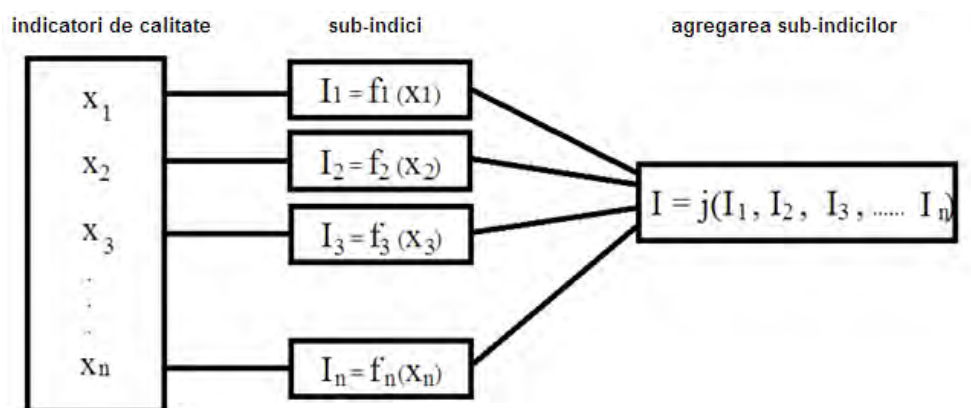


Fig. 3-2. Etapele formulării indicilor de calitate a apei (Abbasi și Abbasi, 2012)

Modelul propus în cadrul acestui studiu este aplicat datelor istorice înregistrate de sistemul de monitorizare a calității sursei de apă de suprafață, râul Prut, în vederea evaluării și clasificării sursei, în funcție de calitatea apei și necesarul de tratare în vederea potabilizării.

Cercetarea a avut ca punct de plecare studiul realizat de Marta Teraddo și colaboratorii (2010), care au evaluat adecvarea unui număr de cinci indici existenți de calitate a apei pentru aplicarea în cadrul sistemelor automate de monitorizare. Analiza realizată de Terrado a condus la selectarea indicelui de calitate a apei CCME-WQI, ca fiind cel mai potrivit pentru evaluarea și clasificarea corpurilor de apă monitorizate prin intermediul sistemelor automate de monitorizare.

Modelul CCME-WQI cuprinde trei elemente:

- Domeniul de aplicare, F_1 – procentul de variabile neconforme (indicatorii de calitate care nu îndeplinesc obiectivele privind calitatea apei);
- Frecvența, F_2 – procentul de valori neconforme (de câte ori obiective de calitate nu sunt îndeplinite);
- Amplitudinea, F_3 – măsura în care obiectivele nu sunt îndeplinite,

și se calculează cu formula:

$$CCME_WQI = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732}$$

3-1

unde:

$$F1 = \frac{\text{numărul de parametri neconformi}}{\text{numărul total de parametri}} \times 100 \quad 3-2$$

$$F2 = \frac{\text{numărul de valori neconforme}}{\text{numărul total de teste}} \times 100 \quad 3-3$$

Amplitudinea, F3, este calculată în trei pași:

Calculul "depășirii" – măsura în care o anumită concentrație este mai mare (sau mai mică) decât obiectivul privind calitatea:

Când valoarea măsurată nu trebuie să depășească obiectivul de calitate:

$$\text{depășirea} = \left(\frac{\text{valoarea neconformă}}{\text{obiectivul de calitate}} \right) - 1 \quad 3-4$$

Când valoarea măsurată nu trebuie să fie mai mică decât obiectivul de calitate:

$$\text{depășirea} = \left(\frac{\text{obiectivul de calitate}}{\text{valoarea neconformă}} \right) - 1 \quad 3-5$$

Măsura totală în care testele individuale nu se conformează obiectivelor de calitate se calculează prin însumarea depășirilor testelor individuale față de obiective și împărțirea la numărul total de teste. Această măsură, exprimată ca suma normalizată a depășirilor *snd*, se calculează:

$$\text{snd} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{depășirea}_i}{\text{numărul de teste}} \quad 3-6$$

Calculul lui F3:

$$F3 = \frac{\text{snd}}{0,01 \text{ snd} + 0,01} \quad 3-7$$

Indicele de calitate a apei CCME-WQI compară valorile măsurate privind calitatea apei cu obiectivele de calitate, pentru a obține un scor de la 0, reprezentând cea mai rea calitate, la 100, reprezentând cea mai bună calitate. Calitatea apei este împărțită în următoarele cinci clase de calitate: excelentă: 95 – 100; bună: 80 – 94; moderată: 65 – 79; slabă: 45 - 64; proastă: 0 – 44. Practicienii sunt liberi să selecteze indicatorii de interes și obiectivele de calitate corespunzător scopurilor lor, putând include, prin urmare, aspectele specifice locației și considerațiile referitoare la nivelul de tratament necesar sursei de apă potabilă.

Din analiza de sensibilitate realizată în cadrul studiului, Terrado și colaboratorii (2010) au desprins o serie de dezavantaje ale utilizării indicelui de calitate a apei CCME-WQI. Principalul dezavantaj formulat de autori este cel al alocării unei ponderi de importanță egală pentru toate variabilele luate în considerare în evaluare, indiferent

de impactul potențial al acestora asupra mediului sau sănătății umane, considerând că ar putea fi convenabilă atribuirea unor ponderi diferite variabilelor, cu scopul de a evidenția semnificația celor care au un impact mai mare asupra calității apei și a reduce contribuția celor care au un impact mai mic.

Plecând de la aceste considerente, în prezenta lucrare a fost propus pentru calculul indicelui de calitate un model modificat, ponderat, al indicelui de calitate CCME-WQI. Modelul propus este comparat cu modelul original și, în cele din urmă, este efectuată o analiză de sensibilitate și sunt discutate provocările asociate implementării indicelui la scară largă (Dăscălescu et al., 2014).

Studiul de caz III

Principalul obiectiv al acestui studiu de caz este de a extinde utilitatea datelor înregistrate de sistemul de monitorizare on-line a calității apei potabile, prin investigarea modificărilor de calitate a apei și culegerea de informații din rețeaua de distribuție, în vederea identificării zonelor de intervenție și întocmirii/ajustării planurilor de acțiune necesare asigurării nivelului de calitate a apei potabile impus de cerințele legislative în vigoare.

Dezvoltarea și implementarea unui sistem de monitorizare on-line a calității apei potabile în rețeaua de distribuție a municipiului Iași a fost obiectul proiectului realizat de compania APAVITAL în cooperare cu *Duinwaterbedrijf Zuid-Holland*, în perioada ian. 2007 - dec. 2008.

Zona selectată pentru monitorizare este prezentată în Fig. 3-3. În 17 locații din rețea sunt monitorizați indicatorii de calitate ai apei (presiune, debit, clor rezidual, turbiditate, conductivitate), pornind din cele două puncte din care apa pleacă în sistemul de distribuție al municipiului Iași: Stația de Pompare Aurora (SPA) și Stația de Pompare Chirița (SPC). Locațiile cabinetelor care conțin echipamentele de monitorizare au fost astfel selectate, încât să fie îndeplinite o serie de cerințe, și anume: acoperirea întregii zone selectată pentru implementarea proiectului pilot; reprezentativitatea rezultatelor măsurărilor; accesul facil și în siguranță al personalului care asigură mentenanța echipamentelor; accesul la utilități; siguranța echipamentelor împotriva deteriorării și vandalismului.

În locațiile selectate, datele de monitorizare citite de senzorii on-line sunt înregistrate și transmise regulat, prin rețeaua GSM (o citire pentru toți indicatorii la 5 minute), către o unitate centrală de primire, la sediul APAVITAL. Sistemul de monitorizare este un sistem de achiziție a datelor (permite stocarea măsurărilor senzorilor pentru analiza datelor istorice, utilizând software-ul de management a

datelor Proficy Historian), măsurate prin intermediul a trei tipuri de senzori Endress+Hauser, cu privire la turbiditatea apei (CUS41), conductivitatea (CLS21) și clorul rezidual (CCS140).



Fig. 3-3. Zona monitorizată și locațiile cabinetelor cu echipamente de monitorizare

Legendă: PSA—stația de Pompare Aurora; PSC—Stația de Pompare Chirița; C1—CFR; C2—Bazar; C3—stația de pompare Galata; C4—Grădinița nr. 24, C5—Băile Nicolina; C6—Grup școlar special deficiențe motorii ; C7—Biserica Sf. Antonie; C8—Cimitir Sf. Vasile; D2—Rezervor Galata; E1- SP CUG; E2—Rezervor Miroslava; E3—Rond CUG; E4—Bloc Nicolina; E5—Școala gen. nr. 42; E6—Punct Termic 13 CUG

În cadrul acestui studiu, pentru investigarea modificărilor de calitate a apei potabile în rețeaua de distribuție a municipiului Iași, vor fi analizate și interpretate datele culese cu ajutorul senzorilor on-line de turbiditate, utilizând modelul elaborat de Vreeburg (2007). Interpretarea datelor generate de sistemele automate de monitorizare a turbidității, așa cum a fost făcută de Vreeburg (2007), este ilustrată în Fig. 3-4, Fig. 3-5 și Fig. 3-6. Astfel, în Fig. 3-4 este prezentat efectul decantării particulelor, printr-o scădere a turbidității de la ieșirea din stația de tratare, pe rețeaua de aducțiune și în sistemul de distribuție. În Fig. 3-5 este prezentat procesul de resuspensie a particulelor, ca urmare a creșterii vitezei de curgere a apei, în perioadele cu vîrfuri de consum, iar în Fig. 3-6 este prezentat efectul coroziunii în rețeaua de distribuție: crește pe timp de noapte când apa este aproape stagnantă și este spălată în cursul dimineții, rezultând într-un vîrf de turbiditate înregistrat de sistemele de monitorizare on-line.

Studiul de caz include, de asemenea, dezvoltarea unui plan de acțiune, ca răspuns la evenimentele identificate în timpul monitorizării (Dăscălescu et al., 2011).

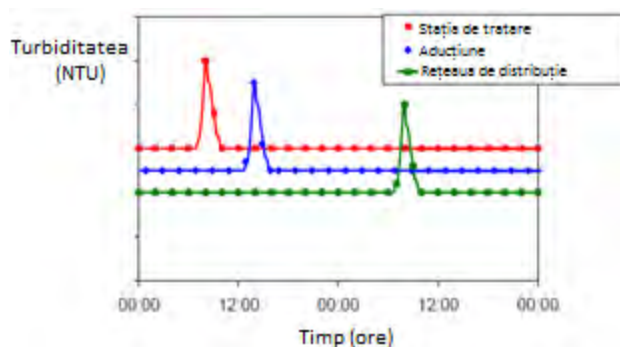


Fig. 3-4. Modelul stilistic al curbelor de turbiditate generate de sistemele de monitorizare online, pentru trei locații

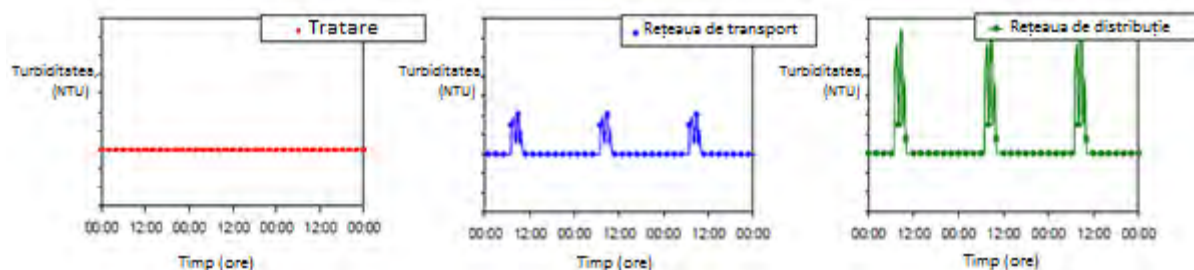


Fig. 3-5. Modelul stilistic al monitorizării turbidității (efectul resuspensiei particulelor)

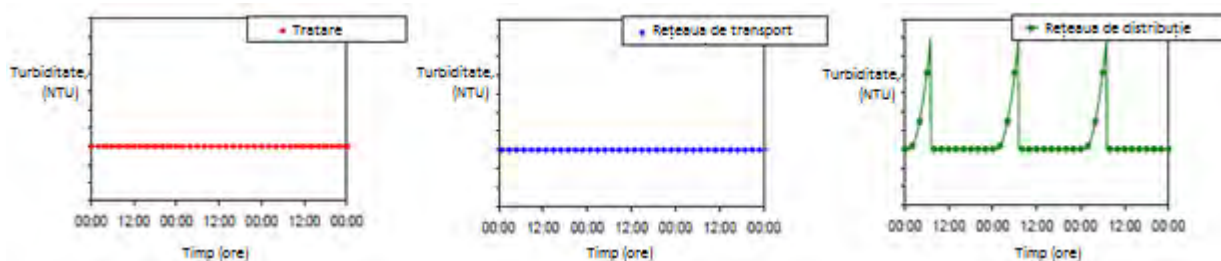


Fig. 3-6. Modelul stilistic al monitorizării turbidității (efectul coroziunii)

Studiul de caz IV

În cadrul acestui studiu este realizată o analiză a organizării și capacității instituționale a operatorului regional APAVITAL SA, concentrându-se pe analiza principalelor provocări și răspunsuri ale APAVITAL SA, care este principalul furnizor de servicii de apă în județul Iași, în abordarea obiectivelor de mediu și de dezvoltare stabilite de noua legislație a UE. Prin urmare, evaluarea realizată în cadrul acestui studiu se bazează pe o analiză critică a mai multor documente, care includ: documentația sistemului de management integrat implementat în cadrul companiei,

Master Planul și Studiul de Fezabilitate, documente elaborate pentru implementarea proiectelor majore de dezvoltare a infrastructurii de apă potabilă și ape uzate în județul Iași, România (ILF, 2009). În plus, au fost realizate interviuri cu managementul de vârf al APAVITAL SA Iași, care au avut ca scop analiza capacității instituționale, procesele de decizie, performanța managerială și starea infrastructurii, pentru îmbunătățirea serviciilor de apă și ținutelor de mediu în cadrul organizației (Bârjoveanu et al., 2011).

Studiul de caz V

Studiul realizează o evaluare a performanței serviciului de alimentare cu apă prestat de către APAVITAL SA, prin măsurare directă a satisfacției cetățenilor, cu privire la principalele caracteristici ale serviciului de alimentare cu apă: calitatea serviciului de bază (rezultatul realizării serviciului, sau ceea ce clientul primește) și calitatea serviciilor auxiliare (felul în care serviciul este furnizat, de exemplu: încasarea, furnizarea de informații ș.a.). În acest sens, este propus un model general de determinare a calității serviciului de alimentare cu apă, care are la bază o analiză exploratorie pentru identificarea acelor factori ai calității percepute a serviciului de alimentare cu apă, cu impact semnificativ asupra satisfacției cetățenilor.

Studiul realizat are ca obiectiv proiectarea și testarea unui instrument de măsurare a gradului de satisfacție a cetățenilor din municipiul Iași cu privire la calitatea serviciului de alimentare cu apă oferit de APAVITAL SA, precum și analiza factorilor independenți care influențează semnificativ percepția cetățenilor privind modul în care operatorul sistemului de alimentare cu apă răspunde nevoilor și cerințelor sale.

Pentru atingerea obiectivului propus a fost elaborată următoarea strategie de cercetare:

- Proiectarea metodologiei de măsurare a satisfacției cetățenilor cu privire la calitatea serviciului de alimentare cu apă (definirea modalității de culegere a datelor; proiectarea chestionarului și a scalei de măsurare; definirea eșantionului de aplicare);
- Testarea validității și fidelității instrumentului de măsurare pe un eșantion pilot;
- Statistica descriptivă a datelor și testarea ipotezelor de cercetare.

a) Culegerea de date

Culegerea datelor s-a realizat pe baza unei anchete prin sondaj, pe bază de chestionar. Pentru studiul de față a fost aplicat **sondajul telefonic**, care este o alternativă viabilă, din ce în ce mai utilizată, în raport cu metodele tradiționale de interviu. Utilizarea tot mai amplă a acestora este explicată de avantajele specifice, față de sondajul personal, și anume: costul mic, economie de timp, obținerea de

răspunsuri la întrebări sensibile etc. Specificul sondajului recomandă limitarea duratei interviului la 10 – 15 min, deoarece prelungirea acesteia diminuează gradul de cooperare a respondentului. Culegerea datelor s-a realizat în anul 2013, luna mai, prin intermediul operatorilor telefonici din cadrul Biroului de Relații Publice al APAVITAL, cu completarea directă a răspunsurilor pe computer într-un formular EXCEL.

b) Proiectarea chestionarului

Pentru adaptarea la tipul specific de comunicare impus de sondajul telefonic, a fost proiectat și utilizat un chestionar simplificat, divizat în trei secțiuni (Anexa 1). În prima secțiune au fost formulate întrebări cu privire la profilul persoanei intervievate (vârsta, tipul de locuință, zonă de rezidență/sector). A doua secțiune a fost împărțită în cinci părți, care răspund celor cinci sub-dimensiuni propuse în cadrul studiului (calitatea apei, disponibilitatea serviciului, promptitudinea, comunicarea și sistemul de încasare), iar ultima secțiune a constat din două întrebări deschise, unde respondenții au fost rugați să declare o experiență satisfăcătoare, o situație pozitivă referitoare la activitatea operatorului de apă, precum și o experiență neplăcută referitoare la activitatea operatorului.

Întrebările au fost aranjate într-o succesiune logică, începând cu datele personale, pentru a stimula dialogul cu respondentul și "a sparge gheața", sfârșind cu întrebările deschise, care lasă libertate de exprimare respondentului și formulării de sugestii.

c) Definirea zonelor și a numărului de respondenți

Sondajul realizat a fost adresat persoanelor fizice din municipiul Iași (nu și agenților economici). Datele au fost culese pe grupuri distincte, ținând seama de sectorizarea administrativă, iar pentru identificarea sectoarelor a fost utilizată codificarea aplicată în cadrul Serviciului Facturare – Încasare al APAVITAL. (Tabel 3-1, Fig. 3-7).

Tabel 3-1. Codurile de identificare a sectoarelor selectate pentru sondaj

Cod	Sector
S1	Păcurari, Canta, Gară, Piața Unirii, Toma Cozma, Ștefan cel Mare
S2	Copou, Sărăriei, Târgu Cucu, Independenței
S3	Tătărași, Metalurgiei, Tudor Vladimirescu, Chimiei;
S4	Dacia, Alexandru, Galata, Tudor Neculai
S5	Nicolina-CUG, Nicolina Băi, Cantemir, Miroslava
S6	Podu Roș, Zona industrială, Bularga, Bucium



Fig. 3-7 Repartizarea sectoarelor în municipiul Iași

Tabel 3-2. Distribuția pe sectoare a numărului de respondenți

Sector	Frecvența	Procent	Procent cumulativ
S4	85	8,0	8,0
S5	110	10,3	18,3
S6	171	16,0	34,3
S1	213	20,0	54,3
S2	215	20,1	74,4
S3	273	25,6	100
TOTAL	1067	100	

Metoda de eșantionare aleasă a fost eșantionarea stratificată, în care, din fiecare strat (sector) au fost extrase subeșantioane folosind procedeul eșantionării aleatoare simple. Pentru a asigura condițiile de estimare a parametrului vizat cu o eroare de $\pm 3\%$, pentru un nivel de încredere de 95%, este necesar un eșantion de 1067 persoane (Jemna, 2006), alese în condițiile riguroase ale extragerii aleatoare, utilizând baza de sondaj și un algoritm de extragere construit cu ajutorul numerelor aleatoare generate de calculator.

Tabel 3-3. Distribuția respondenților după vîrstă

Vârsta	Frecvența	Procent	Procent cumulativ
sub 25 ani	14	1,3	1,3
peste 60 ani	282	26,4	27,7
25-60 ani	771	72,3	100,0
Total	1067	100,0	

Tabel 3-4. Distribuția respondenților după tip de locuință

Tip de locuință	Frecvența	Procent	Procent cumulativ
Bloc P+10	24	2,2	2,2
Bloc P+4	58	5,4	7,7
Casă	985	92,3	100
Total	1067	100,0	

d) Scara de evaluare

Prin măsurare directă au fost culese valori ale gradului de satisfacție după o scară de tip Likert, cu cinci trepte, care reflectă gradul de dezacord/acord a cetățeanului, cu privire la o anumită afirmație formulată de operatorul telefonic. Pentru prezentarea rezultatelor, a fost realizată o scalare a gradului de satisfacție pe o scară de la 1 (foarte nemulțumit) la 5 (foarte mulțumit), valoarea 3 corespunzând stării de neutralitate (așa și așa):

Foarte nemulțumit	Nemulțumit	Așa și așa	Mulțumit	Foarte Mulțumit
1	2	3	4	5

e) Prelucrarea datelor

Datele primare au fost prelucrate cu ajutorul programului IBM SPSS Statistics v. 21. Au fost utilizate următoarele instrumente statistice:

1. Analiza factorială exploratorie, pentru testarea validității scalelor de măsurare;
2. Coeficientul de consistență internă Cronbach's Alpha pentru studierea fidelității scalelor de măsurare;
3. Analiza descriptivă
4. Testarea ipotezelor de cercetare

Analiza factorială exploratorie (Exploratory Factor Analysis - EFA)

EFA este o metodă utilizată pentru verificarea validității scalelor de măsurare, cu ajutorul căreia este verificat numărul de dimensiuni ale instrumentului și modul în care acestea sunt saturate prin itemi. Conform Opariuc (2011), prin testarea validității scalelor de măsurare se are în vedere ca elementele instrumentului de măsurare să reușească să măsoare, într-adevăr, ceea ce-și propun să măsoare. EFA identifică o

anumită ordine și structură în date, prin găsirea unei explicații succinte privitoare la dispersia și covarianța observate în variabilele selectate (Sava, 2011).

EFA presupune parcurgerea următorilor pași:

- realizarea matricei de corelație dintre variabile;
- extragerea factorilor – alegerea metodei de extracție;
- rotația factorilor – alegerea metodei de rotație;
- interpretarea factorilor.

Analiza de fidelitate

Prin analiza de fidelitate a scalelor de măsurare se testează fiabilitatea itemilor instrumentului de măsurare sau, cât de precis este reprezentat fenomenul studiat de către indicatorii observabili. Metoda utilizată pentru verificarea fidelității este metoda consistenței interne. Conform studiilor realizate de Opariuc (2011), coeficientul de consistență internă α Cronbach este cea mai populară măsură a fidelității evaluată prin această metodă. Acesta poate lua valori între 0 (instrumentul măsoară doar erori aleatorii, nu reflectă scorul real) și 1 (sunt eliminate complet erorile aleatorii, instrumentul măsurând doar scorul real).

Coeficientul α Cronbach poate fi calculat cu formula:

$$\alpha = \frac{n \times \bar{r}}{1 + \bar{r}(n-1)} \quad 3-8$$

Unde: n - numărul de elemente analizate; $\bar{r}$ – media corelațiilor inter – elemente

O valoare a coeficientului α Cronbach mai mare decât 0,80 indică un instrument de măsurare bun, cu consistență internă.

Deoarece α Cronbach nu este o măsură a unidimensionalității instrumentului, dacă un instrument are mai multe scale, coeficientul va fi calculat pentru fiecare scală.

Testarea ipotezelor

Testarea statistică este un procedeu prin care se poate respinge sau nu o ipoteză formulată asupra unui parametru sau a unei distribuții, în funcție de anumite reguli de decizie (Jaba and Grama, 2004). Procedeu implică formularea unei ipoteze nule, notată cu H_0 , care admite, în general, că nu există o nici legătură între valorile comparate, și formularea ipotezei alternative, notată cu H_1 . Pentru testarea statistică a ipotezelor, vor fi testate ipotezele nule, în sensul respingerii sau nerespingerii acestora. Decizia de respingere sau nu a ipotezei nule se ia în baza unui prag de semnificație, p , care indică probabilitatea cu care se pot obține, întâmplător, datele observate, pornind de la ideea că ipoteza nulă este adevărat (Opariuc, 2011).

În cadrul studiului de caz, pentru testarea ipotezelor vom investiga dacă există influențe între factorii determinanți ai satisfacției și variabilele independente (zona de rezidență, tipul de locuință, categoria de vârstă), cu ajutorul tehnicii *ANOVA (one-way analysis of variance)*.

ANOVA este o tehnică de investigare statistică care permite identificarea diferențelor semnificative între grupele cercetate, permițând în același timp, prin aplicarea comparației *post-hoc*, identificarea în mod specific a grupelor care sunt diferite și care au dus la respingerea ipotezei nule.

Adecvarea aplicării acestei tehnici este verificată folosind criteriile privind egalitatea numărului de subiecți și omogenitatea dispersiei în grupele de cercetare. În acest sens a fost aplicat testul Levene pentru fiecare grup în parte.

Analiza descriptivă

Analiza datelor cu scop descriptiv a fost realizată prin intermediul mediei, ca indicator al tendinței centrale, și abaterii standard, ca indicator al împrăștierii datelor. Statisticile descriptive rezultate au fost prezentate sub formă de procentaje și frecvențe, prin intermediul tabelelor.

Capitolul 4. Monitorizarea on-line a calității apei și proiectarea unui indice de calitate a apei aplicabil sistemelor automate

4.1. Studiul de caz I - Monitorizarea on-line a calității apei pe râul Prut

Prezentul studiu are ca obiectiv dezvoltarea unui cadru privind managementul captărilor de apă, care să includă monitorizarea on-line a calității apelor de suprafață (râuri) utilizate pentru potabilizare. Acesta urmează să acționeze ca alertă timpurie, pentru a proteja companiile de apă (în acest caz APAVITAL), care folosesc surse de apă de suprafață pentru producerea de apă potabilă, de orice poluare: naturală, din activități umane, sau provocate ca urmare a unor accidente.

Activitățile realizate pentru atingerea acestui obiectiv, au constat în:

- evaluarea evoluției calității apei la sursă, inclusiv identificarea și evaluarea activităților umane derulate în bazinul hidrografic Prut, în amonte de captarea pentru alimentarea municipiului Iași și a Zonei Metropolitane;

- selectarea indicatorilor-țintă pentru monitorizarea automată a calității apei râului Prut, la captare;
- conceperea unei platforme multi-senzor fiabilă;
- definirea unor praguri de alertă bazate pe condițiile locale (de exemplu, calitatea sursei de apă, tehnologiile de tratare existente și eficiența acestora);
- elaborarea unor planuri de acțiune, care să fie puse în aplicare în cadrul sistemului de management a calității, implementat în cadrul companiei APAVITAL.

4.1.1. Evaluarea calității apei Râul Prut și investigarea surselor de poluare în amonte de captarea Țuțora

Date generale

Râul Prut (cu o lungime totală de 952,9 km) este al doilea afluent, ca lungime, al Dunării și formează granița naturală între România și Ucraina pe 31 km și între România și Republica Moldova pe 711 km. Râul Prut izvorăște pe teritoriul Ucrainei, de pe versantul N-E al masivului Cernahora la altitudinea de 1580 m, din munții Carpați și se varsă în Dunăre la altitudinea de 2 m. Până la intrarea pe teritoriul României, la Oroftiana, râul Prut are o lungime de circa 211 km și un bazin de 8.241 km². Pe teritoriul României suprafața bazinului hidrografic este de 10.967 km² și lungimea, pe care face și granița de est, este de 742 km (Zubcov, 2011).

Utilizarea terenurilor în bazinul hidrografic al râului Prut este împărțită după cum urmează: ponderea cea mai mare o ocupă terenurile arabile (54,7%), urmată de suprafața aferentă pădurilor, care ocupă 21,4% din suprafața bazinului, dezvoltate în special în zonele de contact cu relieful înalt de podiș, și apoi de ariile agricole eterogene și culturile perene. De remarcat este faptul că, zonele urbane și industriale ocupă o suprafață de 7,4 % din totalul spațiului hidrografic Prut (www.rowater.ro).

Clima este temperat continentală, cu unele particularități, în funcție de altitudine, și anume: climat de stepă în zonele joase și un climat specific zonelor împădurite, în zonele înalte. Temperatura medie multianuală este de 9°C, iar precipitațiile variază între 400 mm și 600 mm, cu o medie multianuală de 550 mm. 3/4 din precipitații revin perioadei de vegetație. Podul de gheață, de regulă, nu depășește 80 de zile. Precipitațiile atmosferice reprezintă sursa principală de alimentare (Zubcov, 2011). Evoluția temperaturii apei urmărește evoluția temperaturii aerului din același interval de timp, condiționat de volumul de apă din rețeaua hidrografică și de particularitățile schimbului caloric între acest volum și mediu, realizat în mod specific

prin deplasarea apei pe versanți și în albie. Este foarte important de menționat faptul că, în perioada 2001-2006, în timp de vară, temperatura apei în Prutul Inferior nu depășea 25,2°C, chiar și în timpul etiajului, pe când în verile anilor 2009-2010 ea a atins 28°C (la un nivel destul de înalt al apei).

Calitatea apei râului Prut este determinată de factorii naturali și antropici. Printre factorii naturali se numără: structura și componența rocilor, solurilor, relieful bazinului hidrografic, structura și abundența comunităților acvatice, iar printre factorii majori antropici se numără deversarea apelor uzate neepurate, sau insuficient epurate și depozitarea deșeurilor în bazinul hidrografic al râului Prut.

Surse majore de poluare

Potrivit *Planului de management al spațiului hidrografic Prut – Bârlad* (www.rowater.ro), au fost identificate, ca fiind semnificative, următoarele surse punctiforme de poluare:

- Aglomerările umane (> 2000 locuitori echivalenți) care au sisteme de colectare, cu sau fără stații de epurare și care evacuează în resursele de apă;
- Unitățile industriale care deversează în resursele de apă și care nu se conformează legislației în vigoare privind factorul de mediu apă;
- Fermele zootehnice și unitățile agricole care evacuează în resursele de apă și care nu se conformează legislației în vigoare privind factorul de mediu apă.

Au fost inventariate, în spațiul hidrografic Prut – Bârlad, un număr de 142 de folosințe de apă, care evacuează în cursurile de apă, dintre care 87 sunt considerate surse punctiforme semnificative (44 urbane, 33 industriale și 10 agricole).

Resursele de apă sunt preponderent afectate de deversarea de ape uzate orășenesti și industriale netratate sau tratate insuficient. Stațiile de epurare existente funcționează cu randament scăzut sau foarte scăzut. Întrucât sistemele de aerare ale bazinelor cu nămol activ nu funcționează corespunzător, procesele de epurare sunt reduse la sedimentarea suspensiilor solide.

În Fig. 4-1 sunt prezentate aglomerările umane cu peste 2000 de locuitori echivalenți (l.e.) și tipurile de stații de epurare existente, care deversează în cursurile de apă, afluenți ai râului Prut, în amonte de captarea Țuțora. Se remarcă un număr mare de aglomerări umane, care nu au stații de epurare, și care constituie surse potențiale de poluare difuză, ca urmare a unui management necorespunzător al deversărilor de ape menajere, precum și stații de epurare care sunt prevăzute cu trepte de epurare mecanică și biologică, dintre care nici una nu este conformă cu cerințele Directivei 91/271/CEE. Un randament scăzut al procesului de epurare

conduce la descărcarea în resursele de apă a unor ape uzate insuficient epurate, cu încărcări mari în poluanți (substanțe organice, amoniu, nitriti, nitrati, detergenți, metale grele etc.) Cauza funcționării inadecvate a stațiilor de epurare existente este lipsa de finanțare, folosirea unor echipamente învechite și depășite, precum și aplicarea unor procese de epurare inadecvate tipului de poluare existentă (Teodosiu et al., 2009).

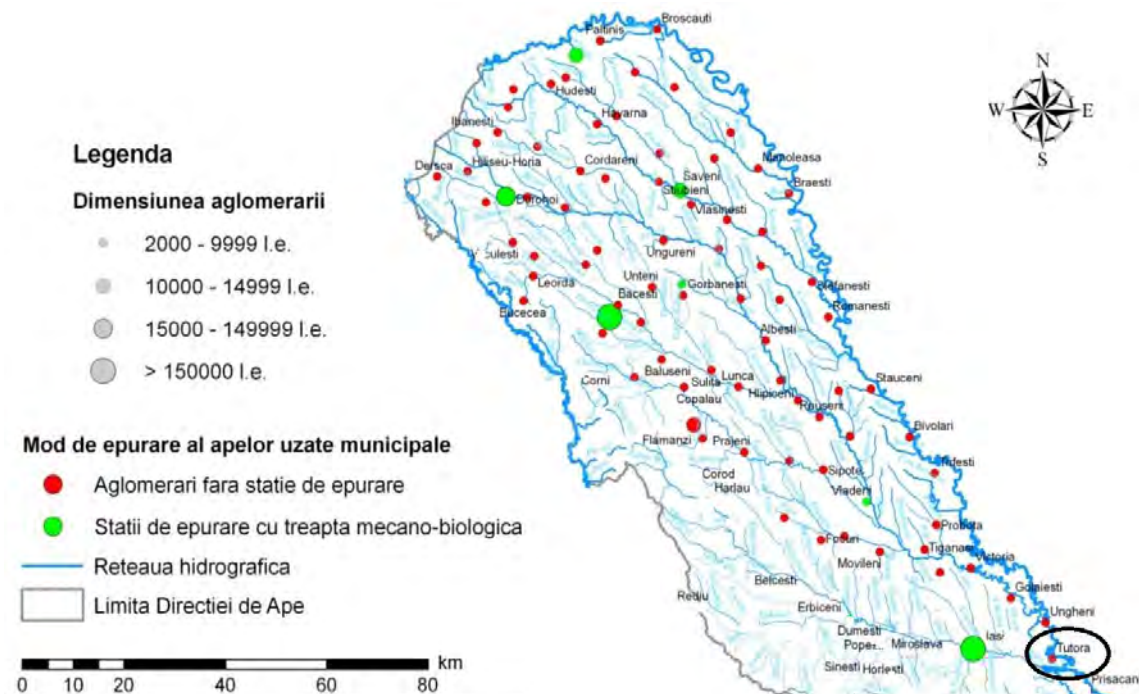


Fig. 4-1 Aglomerări umane (> 2000 I.e.) și tipuri de stații de epurare din BH Prut – Bârlad, amonte de captarea Țuțora

Având în vedere că numai un procent de 45,17% (Fig. 4-2) din populația echivalentă este racordată la un sistem centralizat de colectare a apelor uzate menajere (www.rowater.ro), a fost accentuat fenomenul de poluare difuză prin deversări necontrolate de ape menajere. La acestea se adaugă, ca surse de poluare difuză, managementul necorespunzător al deșeurilor menajere la nivelul localităților și procedura de colectare/eliminare a nămolului provenit de la stațiile de epurare.

O contribuție importantă la accentuarea poluării resurselor de apă în amonte de captarea Țuțora o au evacuările de poluanți industriali și agricoli. În funcție de specificul activității desfășurate, sunt evacuate: substanțe organice, nutrienți (industria alimentară, fermele zootehnice, depozite deșeuri etc.), materii în suspensie (industria de exploatare a zăcămintelor de nisipuri, prelucrarea a ceramicii), metale grele (industria prelucrătoare a metalelor), hidrocarburi petroliere (transport, agenți producători de energie termică și electrică), pesticide (agricultură). În Fig. 4-3 sunt

prezentate sursele punctiforme semnificative de poluare – industriale și agricole, amonte de captarea Țuțora.

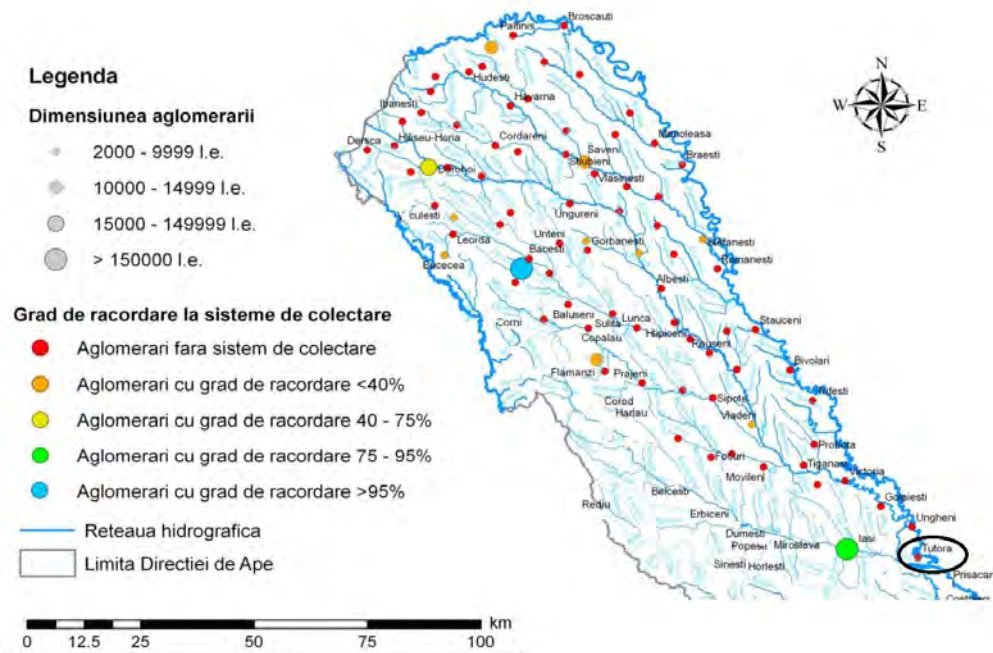


Fig. 4-2 Aglomerări umane (> 2000 I.e.) și gradul de racordare la sistemele centralizate de canalizare din BH Prut – Bârlad, amonte de captarea Țuțora

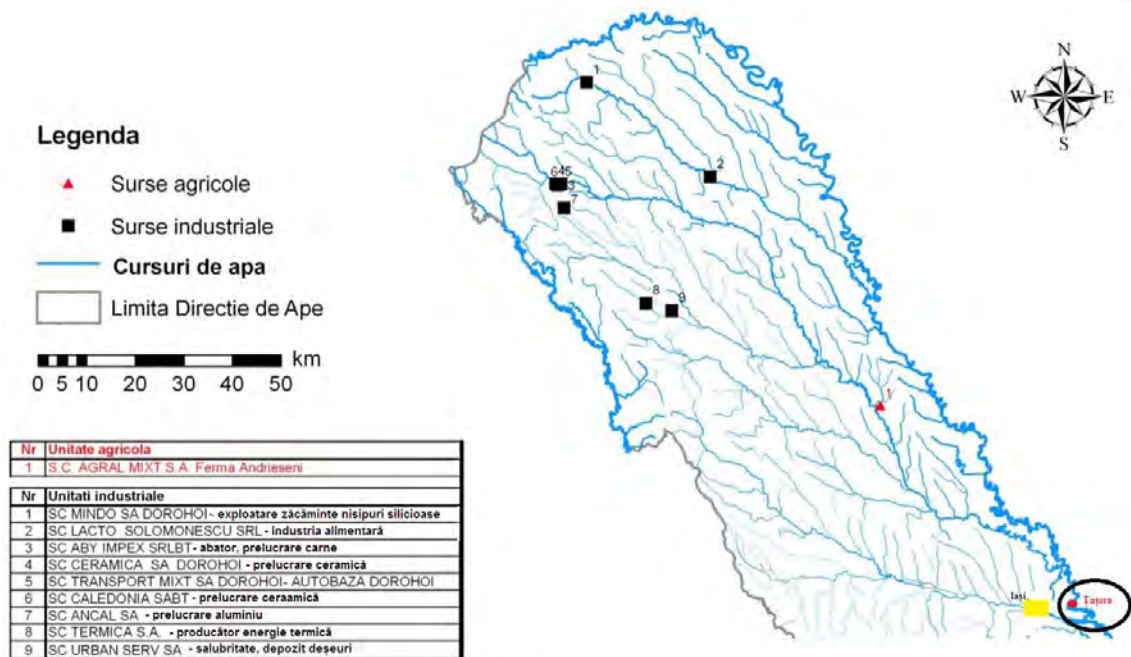


Fig. 4-3 Surse punctiforme semnificative de poluare idustrială și agricolă

În Ucraina, în amonte de captarea Țuțora, există două orașe importante: Kolomia, cu 61.000 de locuitori și o stație de epurare nefuncțională și Cernăuți, cu peste 240.000 de locuitori și activități industriale în domeniul produselor alimentare, textile, metalurgie, materiale plastice (<http://chernivtsi.eu>). Pe malul stâng al Prutului, în Republica Moldova, se află câteva aglomerări mici și un oraș important, Ungheni, cu cca 32.000 de locuitori. Potrivit *Proiectului de evaluare pentru sistemele naționale de apă-canal* derulat de Republica Moldova (E1823, Raport Final, 5 martie 2008) stația de epurare din Ungheni este într-o stare deteriorată și trebuie să fie modernizată. Orașul este situat în amonte de Iași pe râul Prut, iar apa uzată evacuată din stația de epurare nefuncțională este deversată în râul Prut. În cursul unei deplasări la Ungheni - în timpul fazei de pregătire a proiectului, contrar a ceea ce se știa teoretic anterior, s-a constatat că deversarea efluentului din stația de epurare Ungheni se face în avalul captării Țuțora, deținută de APAVITAL. Cu toate acestea, trebuie reținut că punctele de captare din aval de deversarea stației de epurare Ungheni sunt afectate de apa uzată insuficient epurată.

Impactul asupra calității apei râului Prut, amonte de captarea Țuțora

Existența multiplelor surse de poluare în amonte de captarea Țuțora, poate pune în pericol întreaga aprovizionare cu apă potabilă a municipiului Iași și zonei metropolitane. În general, numărul și calitatea datelor privind apa brută la captarea Țuțora sunt limitate. De exemplu, nu sunt disponibile date privind indicatorii organici precum hidrocarburi aromatice policiclice, pesticide, halogeni organici absorbabili (AOX) etc. În activitatea de monitorizare curentă a calității apei la sursă, în acest moment nu se acordă aproape nici o atenție pesticidelor și substanțelor chimice care ar putea amenința sistemul de captare și, prin urmare, este disponibil un număr mic de date specifice. Datele disponibile sunt relativ vechi (1994 - 1999) și toate analizele au fost efectuate de către institutul de cercetare ICIM București. După cum se poate observa din Tabel 4-1, încărcările cu pesticide raportate în 1999 sunt semnificativ mai mari decât valorile respective raportate pentru anii 1994 - 1996.

În timp ce indicatorul "pesticide totale" raportat pentru anii 1994 - 1996 se încadrează în categoria A1, concentrațiile de pesticide determinate în 1999 atribuie apei brute calitatea A3, ceea ce înseamnă necesitatea realizării unei tratări mai avansate pentru a atinge calitatea conformă a apei potabile, cum ar fi, de exemplu adsorbție pe cărbune activ granulat. Ca urmare a faptului că numărul de date despre calitate, referitoare la pesticide, este foarte limitat și nivelurile raportate arată o distribuție largă, și semnificația rezultatelor este limitată. Acesta este motivul pentru

care a fost realizat un set complet de analize (screening) pentru compuși organici poluanți prioritari, în Olanda, pe probe de apă prelevate din trei puncte ale râului Prut, și anume: în localitatea Chernivtsi (Cernăuți), în Ucraina, în aval de acumularea Stâncă Costești și la captarea Țuțora. Rezultatele analizelor sunt prezentate în Tabel 4-2.

Tabel 4-1. Concentrația de pesticide la admisia apei brute în Stația de tratare Chirita

Tip Pesticid	1994		1995		1996		1999		CMA (HG 100/ 2002)
	Mai	Sep	Mai	Sep	Mai	Sep	Mai	Sep	
α HCH, μg/l	0,005	0	0,006	0,001	0,005	0,017	-	-	
β HCH, μg/l	0,024	0,003	0,025	0,004	0,021	0,029	0,018	0,025	
γ HCH, μg/l	0,02	0,004	0,03	0,005	0,027	0,035	-	0,031	
δ HCH, μg/l	0,02	0	0,03	0,001	0,019	0,033	0,207	0,133	
p,p'DDE, μg/l	0,101	0,134	0,102	0,135	0,098	0,121	-	-	
p,p'DDD, μg/l	0,051	0	0,052	0,001	0,057	0,078	4,249	1,799	
p,p'DDT, μg/l	0,517	0,01	0,518	0,02	0,505	0,468	0,057	0,022	
Aldrin, μg/l						0	0,342	0,167	
Dieldrin, μg/l						0,019	0,057	0,015	
Endrin, μg/l						0	0,159	0,041	
Endrin aldehida, μg/l						0,022	0,194	0,177	
Σ organoclorurate, μg/l						0,822	5,385	2,416	5,000

Tabel 4-2. Conținutul de substanțe organice periculoase în probe de apă râu Prut (febr. 2011)

PRUT CHERNIVTSI	Conc. (μg/l)	PRUT STANCA	Conc. (μg/l)	PRUT TUTORA	Conc. (μg/l)
2,3-dimethyl-pyrazine	0,03	methylparaben	0,04	N,N-dibutyl-formamide	0,04
6-methyl-(5)-heptenon	0,04	1-methyl-4-(fenylmethyl)-benzen	0,04	1-methyl-4-(fenylmethyl)-benzen	0,07
2,3,5-trimethyl-pyrazine	0,08	1-methyl-4-(fenylmethyl)-benzen (izomer)	0,11	1-methyl-4-(fenylmethyl)-benzen, (isomeer)	0,07
bifenyl	0,03	2-methylthio-benzothiazol	0,15	2-methylthio-benzothiazol	0,07
acenaften	0,04	benzofenon	0,33	benzofenon	0,09
2,6-dimethylphenylisocyanate	0,03	methoxybenzophenon	0,28	methoxybenzophenon	0,09
TAED tetra-acetyl-ethylen-diamine	0,16	3,5-di-t.-butyl-4-hydroxy-benzaldehyde	0,05	N-butyl-benzensulfonamide	0,03
2(3H)-benzothiazolon	0,07	oxybenzon.	0,21	di-n-octylftalat	2,82
alkan	0,10	tributylacetylcitrat	0,16	Compus necunoscut	0,04
N-butyl-benzensulfonamide	0,06	di-n-octylftalat.	0,67	Compus necunoscut	0,08
isopropylpalmitat	0,34	Compus necunoscut	0,16	Compus necunoscut	0,07
alkaan	0,13	Compus necunoscut	0,18	Compus necunoscut	0,06
2,3-dihydro-2-methyl-5-fenyl-benzofuran	0,85	Compus necunoscut	0,12		
Compus necunoscut	0,14	Compus necunoscut	0,27		
Compus necunoscut	0,25	Compus necunoscut	0,24		
Compus necunoscut	0,03	Compus necunoscut	0,45		
		Compus necunoscut	0,56		
Conținut total în eșantion	2,62	Conținut total în eșantion	4,23	Conținut total în eșantion	3,57

Alături de substanțele organice de sinteză identificate, care fac parte din categoria pesticidelor, produselor fitosanitare, solvenților clorurați, fenolilor și derivaților acestora, hidrocarburilor și hidrocarburilor policiclice aromatice, se remarcă un număr însemnat de compuși neidentificați, aspect care ne determină să acceptăm necesitatea analizării unor matrici din ce în ce mai complexe, pentru cunoașterea întregului potențial toxic și periculos al substanțelor existente în sursele de apă, care trebuie eliminate complet prin procesul de tratare, înainte de distribuția apei.

4.1.2. Selectarea indicatorilor de calitate țintă și configurarea sistemului de monitorizare

Sistemul de monitorizare a calității apei la sursa de alimentare cu apă potabilă a fost astfel conceput, încât să permită detectarea oricărui tip de poluant nou, care ar putea pune în pericol, fie siguranța aprovizionării cu apă potabilă, fie procesul de tratare, iar, prin configurația aleasă a sistemului, fiecare componentă individuală să acopere o parte din lista de substanțe periculoase de interes, și anume:

- ✓ Senzori pentru pH, temperatură, carbon organic total, turbiditate, oxigen dizolvat, conductivitate;
- ✓ Senzor pe bază de efect de toxicitate, și anume un bio-monitor.

Bio-monitorizarea este o alternativă la metodele chimice specifice. Aceasta acoperă un spectru larg de poluanți (necunoscuți) sau efecte toxice și dau o alarmă în cazul apariției unor “vârfuri” de concentrații de poluanți, dar nu pot măsura compușii specifici. În bioteste, pentru analizarea calității probelor apoase sunt utilizate organisme vii (bacterii, microorganisme *Dafnia*, midii, pești și alge), sensibile la un spectru larg de substanțe bio-disponibile.

Pentru supravegherea calității apei de suprafață la captarea pe râul Prut, au fost selectate: un sistem biologic (*iTOXontrol*) și un sistem de monitorizare convențional (Scan Spectro::lyser). Combinarea celor două sisteme, în premieră în România, permite atât detectarea unui spectru larg de contaminanți, dar și obținerea de date cantitative privind calitatea apei.

Ca tehnologie preferată pentru acest proiect, a fost selectat testul de bioluminescență, deoarece metoda este standardizată și utilizată, în prezent, pe scară largă. Bioluminescența microorganismelor *Vibrio fischeri* este o consecință a respirației. Intensitatea emisiei de lumină depinde de mai mulți factori externi, printre care: temperatura, pH, salinitatea, natura și concentrația compușilor toxici. Compușii toxici pot interacționa cu structurile și funcțiile celulelor: ADN, membrane, enzime și fluxuri de energie, care sunt fundamentale pentru toate organismele vii. La microorganismele

Vibrio fischeri aceste interacțiuni duc la inhibarea emisiei de lumină, reducerea emisiei de lumină fiind proporțională cu nivelul de toxicitate al probei (Fig. 4-4).



Fig. 4-4. Flacoane care conțin bacteriile luminescente cu o concentrație crescândă de substanțe toxice. Cu cât e mai toxică proba, cu atât e mai puternică inhibarea emisiei de lumină.

Echipamentul *iTOXcontrol*, utilizat ca bio-monitor în cadrul sistemului automat de monitorizare a apei la captarea pe râul Prut (Fig. 4-5), folosește bacterii proaspăt preparate direct dintr-o cultură luminescentă. Aceste bacterii sunt pre-cultivate și menținute la 4°C chiar în aparatul iTOX, iar emisia de lumină este măsurată cu un fotomultiplicator. Echipamentul *iTOXcontrol* permite o monitorizare continuă, în regim on-line, a apei, 24 ore pe zi, 7 zile pe săptămână.

Pentru determinarea, din punct de vedere cantitativ, a indicatorilor fizico-chimici de calitate a apei, au fost selectate patru sonde de date, care folosesc tehnici de măsurare convenționale, în vederea supravegherii modificărilor cauzate de o eventuală contaminare. Ca tehnologie preferată, a fost selectat un spectrometru UV, Scan Spectro::lyser, deoarece permite măsurarea mai multor indicatori convenționali (turbiditate, carbon organic total, carbonul organic dizolvat, azotați, azotiți,), precum și alte trei sonde pentru măsurarea pH-ului, conductivității și oxigenului dizolvat (Tabel 4-3). Spectroscopia on-line este o metodă puternică pentru monitorizarea calității apei. Sondele spectrometrice oferă funcții multiple de măsurare (indicatorii standard de calitate a apei, dar și detectarea de evenimente), într-un modul mic și ușor de utilizat.

4.1.3. Definirea pragurilor de alertă și conceperea unui plan de acțiune

Bazat pe condițiile locale (calitatea sursei de apă, tehnologia de tratare existentă și eficiența acesteia) și pe valorile standard de referință pentru calitatea apei la sursă (HG 100/2002), au fost definite praguri de alertă pentru indicatorii monitorizați (Tabel 4-4) și a fost conceput un plan de acțiune pentru situația înregistrării unei turbidități mari sau prezenței unor contaminanți în sursa de apă (Tabel 4-5). Planul de acțiune descrie operarea în regim critic a sistemului de captare și manevrele specifice

din Stația de tratare Chirita, în scopul asigurării valorilor țintă ale indicatorilor de calitate, stabilite pentru fiecare treaptă de tratare (Fig. 4-6), respectiv a calității apei potabile, cu consumuri specifice cât mai mici.



Fig. 4-5. Sistemul biologic (a) și cel convențional (b) de monitorizare a calității apei la captarea pe râul Prut

Tabel 4-3. Sondele de date utilizate și indicatorii fizico-chimici măsurați la captarea pe râul Prut

Sonda de date	Carbon Organic Total	Carbon Organic Dizolvat	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Turbiditatea	pH	Conductivitatea Electrică	Temperatura	O ₂	Amprenta apei	Alarmă contaminanți
pH::lyser						X		X			
Condu::lyser							X	X			
Oxi::lyser								X	X		
Spectro::lyser	X	X	X	X	X			X		X	X

Tabel 4-4. Pragurile de alertă pentru indicatorii fizico – chimici monitorizați automat la captare pe râul Prut

Nr. crt.	Indicatorul de calitate	Captare (HG 100/2002 - NTPA 013/2002)			Prag de alertă
		A1 Tratare fizică și dezinfectie	A2 Tratare normală fizică și chimică	A3 Tratare fizică și chimică avansată,	
1	Oxigen Dizolvat, mg/l	> 70%	> 50%	> 30%	< 6,5
2	pH, unit pH	6,5-8,5	5,5-9	5,5-9	6,5-8,5
3	Conductivitate, μ S/cm	1000	1000	1000	> 600
4	Temperatura, °C	22 (R); 25 (O)	22 (R); 25 (O)	22 (R); 25 (O)	< 0; >25
5	Turbiditatea, NTU				> 250
6	Azotați, mg/l	25 (R); 50 (O)	50	50	> 50
7	Carbon Organic Total, mg/l	-	-	-	> 5
8	Carbon Organic Dizolvat, mg/l	-	-	-	-

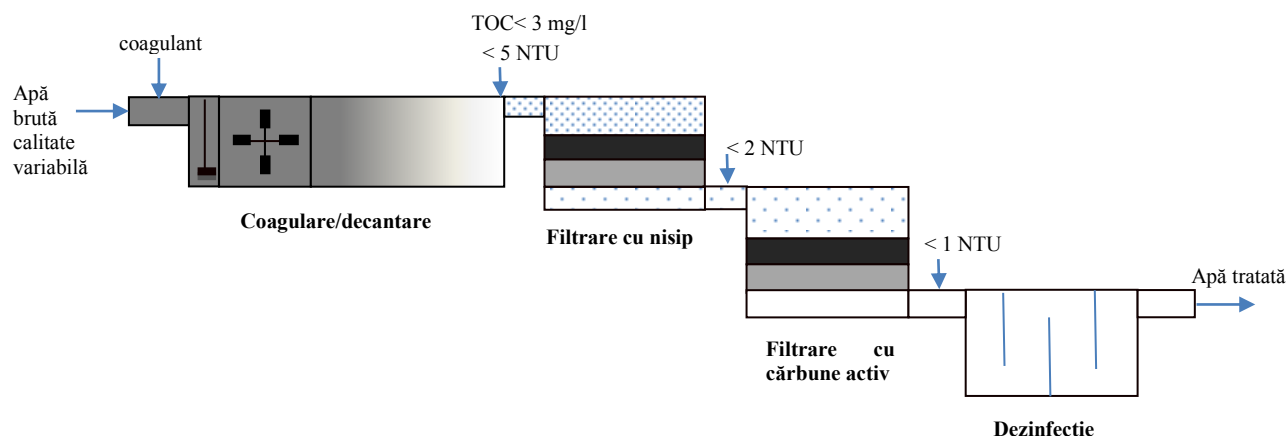


Fig. 4-6. Valorile țintă pentru indicatorii de calitate a apei, după treptele corespunzătoare de tratare din stația Chirița

Tabel 4-5. Plan de acțiune în cazul înregistrării pragurilor de alarmă ale indicatorilor monitorizați automat la captare pe râul Prut

Indicatorul de calitate care generează alarma	Acțiuni și mod de operare a sistemului de captare din sursa Prut
Tox	Prin comandă computerizată, se comută alimentarea de pe sursa Prut, pe captarea totală din lacul Chirița, pentru a evita contaminarea instalațiilor de tratare; Dacă sursa lac Chirița nu este disponibilă (debit scăzut, oxigen dizolvat scăzut din cauza eutrofizării etc.), se comută computerizat dispozitivul de preparare și dozare a pudrei de cărbune activat (PAC) la o concentrație de 15 mg/L;
Oxigen dizolvat	Alarmă puțin probabilă pentru sursa de suprafață râu Prut
Conductivitate	Se confirmă prin analize de laborator valoarea conductivității măsurate prin sistemul automat; Dacă sursa lac Chirița este disponibilă, se realizează rate de amestec Prut/Lac Chirița
pH	Se confirmă prin analize de laborator valoarea pH-ului măsurat prin sistemul automat; Dacă sursele de suprafață Prut și/sau lac Chirița înregistrează fluctuații de pH, se vor porni instalațiile de control al pH-ului astfel: la scăderea valorii pH-ului sub 6,5 (valoare limită impusă de Legea 458/2002) se pornește linia de dozare și preparare a hidroxidului de calciu; la creșteri ale valorii pH-ului peste valoarea de 8,5, se pornește linia de dozare a acidului clorhidric.
Turbiditate	Turbiditate peste 250 NTU in sursa Prut Se confirmă prin analize de laborator valoarea turbidității măsurate prin sistemul automat; Se determină doza optimă de reactiv coagulant prin metoda <i>JAR-Test</i> ; Se introduce în mod manual, în aplicația SCADA, valoarea stabilită a dozei de coagulat; Pentru economia de reactiv coagulant se pot realiza rate de amestec Prut – Lac Chirița în vederea unui consum specific cât mai redus de coagulant. Turbiditate excesivă pe sursa Prut (valori mai mari de 500 NTU) Se confirmă prin analize de laborator valoarea turbidității măsurate prin sistemul automat; Operatorul tratare, prin comandă computerizată, comută alimentarea de pe sursa Prut pe sursa Lac Chirița, în condiția total lac Chirița. Dacă sursa Prut nu este disponibilă din motive de turbiditate crescută, iar sursa lac Chirița prezintă concentrație scăzută de oxigen dizolvat, sub 8 mg/L, din cauza fenomenului de eutrofizare, se comută computerizat dozarea și prepararea soluției de PAC la concentrația de 15mg/L;

Indicatorul de calitate care generează alarma	Acțiuni și mod de operare a sistemului de captare din sursa Prut
Nitrați	Se confirmă, prin analize de laborator, valoarea nitraților măsurată prin sistemul automat; Dacă sursa lac Chirița este disponibilă, se realizează rate de amestec Prut/Lac Chirița; Dacă valoarea nitraților pe amestecul Prut/lac Chirița > 50 mg/l, se consideră indisponibilă alimentarea cu apă potabilă din sursa Prut și se trece pe distribuție totală din sursa Timișești;
Carbon organic total	Dacă sursa lac Chirița este disponibilă, se realizează rate de amestec Prut/Lac Chirița; În situații extreme (TOC > 15 mg/l), se comută alimentarea computerizat în condiția total lac Chirița; Dacă sursa lac Chirița nu este disponibilă, se crește doza de dioxid de clor în treapta de preoxidare.

4.2. Studiul de caz II – Proiectarea unui indice de calitate a apei aplicabil sistemelor de monitorizare in-line

De la prima formulare a conceptului de indice de calitate a apei în forma sa rudimentară, a fost dezvoltată și aplicată o gamă largă de indici, pentru a evalua și clasifica calitatea apei în diferite locuri în lume. În mod tradițional, pentru calcularea indicilor de calitate sunt utilizate valorile obținute experimental, ale concentrațiilor unui număr de diferite variabile de calitate a apei (fizice, chimice sau biologice), măsurate în cadrul programelor naționale, regionale și locale de monitorizare, pe probe prelevate manual, de obicei lunar sau anual, în funcție de cerințele legislației în vigoare.

Având în vedere aplicarea frecventă a sistemelor automate de monitorizare, acestea au devenit din ce în ce mai importante în generarea de date și informații, cu privire la calitatea apei, la intervale regulate de timp. Rețelele automate de prelevare și analiză a probelor realizează determinări pentru o gamă limitată de indicatorii fizico-chimici de calitate, mășurați în mod continuu în locații specifice, la frecvență temporală mare. Acest proces generează un volum semnificativ de date, care sunt în cele din urmă stocate în forme tabelare sau grafice, ce nu sunt traduse în informații inteligibile pentru a descrie starea corpului de apă.

Pentru multe dintre componentele de calitate a apei nu există în prezent posibilitatea efectuării de măsurători cantitative cu frecvență ridicată, *in situ*, prin intermediul senzorilor. Pentru aceste componente, este imposibilă sau impracticabilă colectarea de mostre cu frecvență ridicată, pentru perioade lungi de timp, din cauza costului sau constrângerilor logistice, limitând astfel numărul de date disponibile pentru testarea modelelor și sprijinirea înțelegerii proceselor monitorizate.

Având în vedere aceste însușiri esențiale, un indice de calitate adaptat particularităților sistemelor automate de monitorizare poate să permită detectarea de

episoade punctuale, care ar putea rămâne ascunse atunci când se lucrează doar cu date discontinue, deși ar putea avea un impact semnificativ asupra calității corpului de apă.

Nu există în prezent un indice de calitate a apei special creat pentru prelucrarea datelor generate de sisteme automate de monitorizare, iar dintre cei existenți doar o mică parte sunt aplicabili datelor de această natură, mai mult chiar, unii indici utilizează valorile medii ale indicatorilor de calitate pentru a calcula scorul indicelui, cu pierderea ulterioară a unor informații relevante.

Pentru a fi adecvat scopului propus, un indice de calitate a apei ar trebui să fie cât mai obiectiv, cu o capacitate sintetică bună, capabil de a realiza un echilibru rezonabil între simplificarea realității și complexității mediului. Acesta ar trebui să includă variabile care sunt monitorizate atât tradițional, cât și automat, și care au un efect clar asupra calității apei. În plus, ar trebui să fie ușor de utilizat, flexibil și suficient de sensibil (dar nu excesiv), la mici schimbări ale calității apei.

În studiul de față propunem o versiune modificată, ponderată, a modelului indicelui canadian de calitate, aplicată datelor istorice înregistrate de sistemul de monitorizare on-line a calității sursei de apă de suprafață, râul Prut. Modelul propus este comparat cu modelul original al indicelui canadian și, în cele din urmă, este efectuată o analiză de sensibilitate și discutate provocările asociate implementării indicelui la scară largă.

4.2.1. Proiectarea modelului de calcul a indicelui de calitate

Plecând de la modelul de calcul al indicelui canadian de calitate, CCME-WQI, pentru studiul realizat în cadrul acestui capitol am propus un model modificat al indicelui original, care este calculat cu formula:

$$WQI_R = 100 - \frac{\sqrt{F1_p^2 + F2_p^2 + F3_p^2}}{1,732}$$

unde, factorii: $F1_p$ - *domeniul de aplicare*, $F2_p$ - *frecvența* și $F3_p$ – *amplitudinea*, care reprezintă procentul de indicatori de calitate neconformi, procentul de valori neconforme, respectiv măsura neconformărilor, iau în considerare ponderea de importanță a fiecărei variabile selectată pentru evaluare și sunt calculați cu formulele prezentate în Tabel 4-6.

Tabel 4-6. Formulele de calcul ale indicelui de calitate propus, comparativ cu CCME-WQI

Formula originală a modelului canadian	Formula propusă
$F1 = \frac{\text{numărul de parametri neconformi}}{\text{numărul total de parametri}} \times 100$	$F1_p = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{\sum_{i=1}^N p_i} \times 100 = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{1} \times 100; \quad \sum_{i=1}^N p_i = 1$
$F2 = \frac{\text{numărul de valori neconforme}}{\text{numărul total de teste}} \times 100$	$F2_p = \frac{\sum_{i=1}^n v_i p_i}{\sum_{i=1}^N V_i p_i} \times 100$
$F3 = \frac{snd}{0,01 \text{ snd} + 0,01}$ $snd = \frac{\sum_{i=1}^n \text{depășirea}_i}{\text{numărul de teste}}$ $\text{depășirea} = \left(\frac{\text{valoarea neconformă}}{\text{obiectivul de calitate}} \right) - 1$ sau $\text{depășirea} = \left(\frac{\text{obiectivul de calitate}}{\text{valoarea neconformă}} \right) - 1$	$F3_p = \frac{snd_p}{0,01 \text{ snd_p} + 0,01}$ $snd_p = \frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^v d_i p_i)}{\sum_{i=1}^N V_i p_i}$ $d_i = \left(\frac{\text{valoarea neconformă}}{\text{obiectivul de calitate}} \right) - 1$ sau $d_i = \left(\frac{\text{obiectivul de calitate}}{\text{valoarea neconformă}} \right) - 1$

Unde:

- n - numărul de indicatori de calitate neconformi;
- N – numărul total de indicatori de calitate;
- p_i – ponderea indicatorului i;
- v_i – numărul de valori neconforme ale Indicatorului i;
- V_i – numărul total de valori ale indicatorului i;
- Snd_p – suma normalizată a depășirilor ponderate;
- d_i – depășirea indicatorului i.

Factorul **F1_p**, domeniul, se calculează raportând suma ponderilor p_i ale tuturor indicatorilor care nu îndeplinesc obiectivele de calitate, la suma ponderilor, p_i, ale tuturor indicatorilor incluși în evaluare. Un indicator de calitate neconform, cu o semnificație mai redusă, va avea o contribuție mai mică la valoarea factorului F1_p, respectiv a indicelui de calitate, comparativ cu un indicator căruia i s-a atribuit o pondere mai mare, motivat de impactul major al acestuia asupra calității apei.

Factorul **F2_p**, frecvența, reprezintă procentul de valori neconforme și se calculează ca raport dintre numărul de valori, v_i, care nu îndeplinesc obiectivele de calitate ale indicatorilor neconformi înmulțite cu ponderile atribuite indicatorilor respectivi, p_i, și numărul total de valori, V_i, înregistrate pentru fiecare dintre indicatorii de calitate incluși în evaluare, înmulțite cu ponderile acestora. Astfel, indicatori cu impact diferit asupra calității apei, dar cu frecvențe egale de neconformare, vor avea contribuții diferite la calculul factorului F2_p, respectiv a indicelui de calitate.

Factorul **F3_p**, amplitudinea, ia în considerare ponderea de importanță a fiecăreia dintre variabile, în calculul sumei normalizate a depășirilor (neconformărilor). Prin urmare, diferența față de obiectivul de calitate, în cazul unui indicator care este considerat cu impact major asupra calitatii apei, va avea o contribuție mai mare la scăderea valorii indicelui de calitate (pe o scara de la 1 – apă poluată, la 100 – apă cu o calitate excelentă), comparativ cu un indicator neconform, dar cu impact mai mic.

4.2.2. Selectarea indicatorilor de calitate

Modelul propus pentru calculul indicelui de calitate a fost aplicat datelor înregistrate de sistemul de monitorizare on-line implementat în cadrul proiectului de management a calității apei la captare pe râul Prut, pentru indicatorii care au stabilite praguri de alertă, și anume: **pH, temperatură, oxigen dizolvat, turbiditate, conductivitate, carbon organic total și azotați**. Pentru evaluarea conformării calității apei, au fost alese ca valori țintă de calitate pragurile stabilite pentru alertare. Valorile parametrilor statistici ale variabilelor măsurate și valorile țintă sunt prezentate în Tabel 4-7.

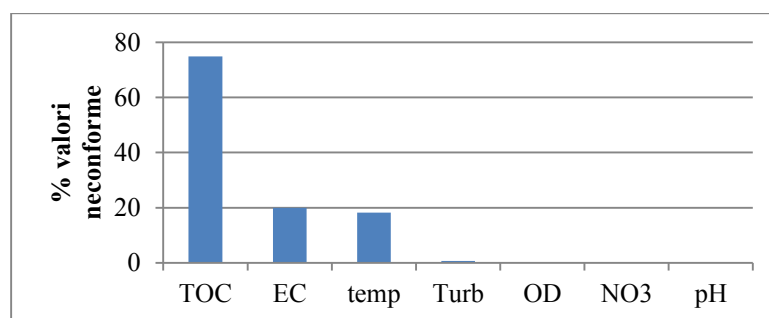


Fig. 4-7 Frecvența de înregistrare a valorilor neconforme pentru indicatorii de calitate măsurați de sistemul de monitorizare on-line

Indicatorul de calitate care a înregistrat cele mai frecvente depășiri, pe întreaga perioadă monitorizată, este carbonul organic total TOC (Fig. 4-7), pentru care a fost stabilit un prag de alertă de 5 mg/l. Maximul pentru acest indicator a fost înregistrat în luna mai, când a fost măsurată o valoare de 158,98 mg/l, asociată cu un maxim de turbiditate de 1185 NTU și o conductivitate de 602,42 $\mu\text{S/cm}$. Conductivitatea și temperatura sunt următorii doi indicatori care au înregistrat, de asemenea, depășiri ale valorilor țintă. Maximul atins de conductivitate a fost de 1169 $\mu\text{S/cm}$ în luna iulie, lună în care temperatura apei a atins un maxim de 29,3 °C și TOC-ul 16,45 mg/l. În perioada monitorizată, azotații și pH-ul nu au depășit valorile țintă stabilite, deși maximele înregistrate pentru ambii indicatori de calitate au fost foarte apropiate de limitele admise (46,6 mg/l NO_3 , respectiv 8,38 unit pH).

Tabel 4-7. Sumarul parametrilor statistici ale variabilelor măsurate de sistemul de monitorizare on-line în perioada febr. – dec. 2012

Variabila măsurată	Valoare țintă	Parametrul statistic	Febr	Mart.	Apr.	Mai	Iun	Iul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
pH, unit	6,5-8,5	m	7,67	7,9	7,93	7,68	7,16	7,27	7,57	7,3	7,74	7,68	7,07	7,07
		M	8,06	8,38	8,31	8	7,84	7,91	8,1	8,22	7,86	7,83	8,03	8,38
		ȳ	8,00	8,16	8,2	7,82	7,73	7,73	7,72	7,74	7,81	7,25	7,88	7,85
		n	1584	2395	2145	2487	2398	2400	2496	1473	6	1291	4017	22884
t, °C	0 - 25	m	0,77	0,49	7	15,07	15,73	24,6	21,3	17,92	13,7	3,96	1,8	0,49
		M	2,5	11,3	16,76	22,07	27	29,3	29,5	24,7	21,7	14	8,5	29,5
		ȳ	2,33	4,96	11,50	19,16	23,94	27,34	25,49	21,97	16,8	8,00	3,32	16,16
		n	529	2395	2145	2487	2398	2400	2496	1473	6	715	2496	19732
OD, mg/l	6,5	m	15,12	13,67	10,96	9,56	8,18	7,81	6,2	10,05	10,81	13,48	15,31	6,2
		M	16,18	16,57	14,54	11,38	10,56	10,91	12,03	13,82	13,32	16,15	19,32	19,42
		ȳ	15,65	15,25	12,77	10,55	9,50	9,32	9,31	11,19	12,50	15,71	18,20	12,52
		n	1584	2395	2145	2487	2398	2400	2496	1473	6	715	2496	20787
T, NTU	250	m	0,09	6,43	6,55	0,29	0,02	0,03	0,01	0,01	4,81	1,34	1,78	0,01
		M	17,63	31,53	1238,6	1185,4	111,88	104,11	135,94	66,51	6,31	55,7	34,16	1238,63
		ȳ	5,1	11,12	39,11	79,55	43,45	27,94	31,06	23,40	5,59	2,98	4,79	26,97
		n	1584	2395	2145	2487	2398	2366	2496	1473	6	1291	4017	22884
EC, μs/cm	600	m	270,68	712,34	519,35	288,4	305,07	258,58	352,03	288,1	461,66	186,2	543,38	186,25
		M	821,2	846,13	759,75	602,42	509,26	1169,6	460,65	484,8	543,68	548,2	596,03	1169,65
		ȳ	767,96	763,20	646,81	452,66	464,78	415,6	422,07	401,04	479,31	540,9	567,24	531,13
		n	529	2395	2145	2487	2398	2400	2496	1473	6	1291	4017	21829
Azotați, mg/l	50	m	20,8	0,78	0,04	0,01	4,48	4,91	3,43	2,37	3,24	0,72	3,86	0,01
		M	29,99	46,6	9,15	22,94	7,3	8,01	5,11	3,73	3,63	4,47	4,71	46,6
		ȳ	6,22	10,26	8,44	7,44	6,50	5,99	4,16	3,21	3,45	4,03	4,44	6,31
		n	1584	2395	2145	2487	2398	2400	2496	1473	6	715	2496	20787
TOC, mg/l	5	m	1,79	3,97	0,49	0,42	1,63	0,03	0,01	11,96	21,54	8,88	25,67	0,01
		M	21,7	20,07	91,26	158,98	15,34	16,45	36,52	24,07	31,97	68,97	41,43	158,98
		ȳ	13,71	13,29	5,63	11,82	6,72	520	15,1	16,26	26,19	22,25	33,40	15,45
		n	1584	2395	2145	2487	2398	2400	2496	1473	6	1291	4017	22884
N total			8978	16765	15015	17409	16786	16766	17472	10311	42	7309	23556	151787

t – temperatura; T – turbiditate; m – min.; M – max.; $\bar{y}$ - medie; n – nr. de valori măsurate ale variabilei; N – nr. total de valori măsurate

4.2.3. Alocarea ponderilor de importanță

Pentru calculul ponderilor, au fost atribuite nivele de importanță, pe o scară de la 1 – foarte puțin important, la 5 – foarte important, fiecărei variabile selectată. Nivelul de importanță a fost evaluat luând în considerare atât impactul asupra calității apei, din punct de vedere al potabilității și efectului asupra sănătății umane, cât și impactul

asupra procesului de tratare (efectelor tehnologiei de tratare aplicate sursei de apă, greutatea în exploatare, creșterea costurilor de tratare). Prin alocarea ponderii de importanță variabilelor selectate pentru evaluare, se dorește adaptarea indicelui de calitate la condițiile locale și tehnologia de tratare existentă, pentru o reflectare corectă a calității (Tabel 4-8).

Tabel 4-8. Ponderea de importanță alocată indicatorilor de calitate selectați pentru calculul indicelui de calitate

Nr. crt.	Indicatorul de calitate	Nivel de importanță	Ponderea de importanță	Observație
1	Oxigen Dizolvat	2	0,09	Influentează calitatea sursei de apă, favorizând apariția fenomenului de eutrofizare (mai semnificativ în cazul lacurilor).
2	pH	2	0,09	Influentează eficiența procesului de tratare, dar poate fi controlat și corectat relativ ușor în proces.
3	Conductivitate	3	0,13	Variația bruscă a conductivității apei față de amprenta corpului de apă, poate fi un indicator de poluare
4	Temperatura	2	0,09	Influentează eficiența procesului de tratare, dar nu poate fi corectat în proces. Temperaturile scăzute conduc la dificultăți în procesul chimic de floculare, pe care le întârzie, fiind necesară intervenția ajutoarelor de coagulare, cu creșterea costurilor de operare. Temperaturile mai ridicate pot conduce, în schimb, la dezvoltări importante ale planctonului, la suprasaturarea apei cu gaze dizolvate, care conduc, de asemenea, la inconveniențe în procesul de tratare, în special în procesul de limpezire al apei
5	Turbiditatea	4	0,18	Defineste procedeul de tratare, contribuind la stabilirea dozelor specifice de reactiv coagulant. Influentează eficiența procesului de tratare și conduce la creșterea costurilor de exploatare. De asemenea, turbiditatea trebuie eliminată pentru a permite o bună dezinfecție, pentru a îndepărta poluanții absorbiți pe materiile în suspensie și pentru a evita depunerile din conducte, precum și pentru a da apei un aspect estetic și pentru eliminarea culorii
6	Azotați	5	0,23	În concentrații mari sunt nocivi. Pentru o concentrație care depășește 50 mg/l, sursa de apă nu poate fi folosită pentru potabilizare.
7	Carbon Organic Total	4	0,18	Este un indicator al conținutului de materie organică din apă. Poate fi eliminată prin adsorbție pe cărbune activ. Funcție de eficiența de tratare, materia organică remanentă în apă, în reacție cu clorul utilizat pentru dezinfecție, formează compuși periculoși – trihalometani.

4.2.4. Stabilirea claselor de clasificare a calității apei

Aplicarea modelului de calcul a indicelui generează scoruri cuprinse între 0 și 100, cu 0 indicând calitatea cea mai slabă, iar 100 calitatea cea mai bună. Pentru clasificarea calității apei, în baza unui studiu de literatură (Durmishi et al., 2012; Mophin-Kani și Murugesan, 2011; Ramesh et al., 2010) au fost stabilite șase clase de calitate pentru diferite domenii de încadrare a indicelui, fiecărei clase corespunzându-i o tehnologie standard adecvată de tratare (Tabel 4-9).

Tabel 4-9. Definirea tehnologiilor de tratare și clasificarea indicilor de calitate în clase de calitate

Clasa de calitate	Domeniul de încadrare a indicelui de calitate	Semnificație
Clasa I	100 – 95	Apă de calitate excelentă; Necesită aplicarea unui proces de dezinfecție
Clasa II	94 – 90	Apă de calitate foarte bună; Este necesară aplicarea unui proces de tratare fizică de bază: filtrare rapidă și dezinfecție
Clasa III	89 – 80	Apă de calitate bună; Este necesară aplicarea unui proces convențional de tratare fizică și chimică: preclorinare, coagulare, decantare, filtrare, dezinfecție (clorinare finală);
Clasa IV	79 – 65	Apă de calitate medie; Este necesară aplicarea unui proces avansat de tratare: preoxidare, coagulare, floculare, decantare, filtrare, adsorbție (pe cărbune activ), dezinfecție (ozon, clorinare finală)
Clasa V	65 – 45	Apă poluată; Este utilizată pentru potabilizare numai în condiții excepționale, după o tratare avansată adecvată;
Clasa VI	44 - 0	Apă foarte poluată; Nu poate fi utilizată ca sursă de apă pentru potabilizare

4.2.5. Asigurarea și controlul calității datelor

Înainte de a fi utilizate în modelul de calcul a indicelui, datele înregistrate de echipamentele de monitorizare on-line au fost supuse unui set de proceduri pentru asigurarea și controlul calității acestora, în vederea îndepărtării valorilor aberante sau false. Procedurile de asigurare și control a calității datelor includ, în general, corectarea valorilor din afara domeniului de măsurare, a datelor generate de murdărirea instrumentelor, corectarea valorilor anormale, precum și corectarea oricărei interferențe cunoscute.

4.2.6. Rezultate și discuții

Indicele de calitate a fost calculat pentru datele înregistrate de sistemul de monitorizare on-line a calității apei râului Prut, în perioada febr. 2012 – dec. 2012, atât cu modelul indicelui canadian CCME-WQI, cât și cu modelul ponderat, WQI_R , propus în această lucrare, prin agregarea datelor măsurate la 15 min., într-un indice zilnic. Variația indicelui de calitate CCME-WQI, comparativ cu variația indicelui ponderat WQI_R , în funcție de variația relativă a indicatorilor de calitate mășurați, este reprezentată în Fig. 4-8. Din Fig. 4-8 se observă că, variațiile celor doi indici de calitate urmează aceeași traiectorie, cu un decalaj negativ pentru indicele ponderat, WQI_R , asociat scăderii calității apei determinată de creșterea valorilor TOC, sau un decalaj pozitiv asociat creșterii calității apei, ca urmare a scăderii valorilor TOC măsurate.

Este important de subliniat faptul că, datele lipsă nu constituie o problemă în aplicarea modelelor de calcul a indicelui, atât timp cât acestea sunt excluse în totalitate din foaia de calcul. În același timp, pentru calculul depășirilor, în cazul indicatorilor a căror valoare nu trebuie să fie mai mică decât obiectivul de calitate, dacă valoarea măsurată a fost zero, aceasta a fost înlocuită cu o valoare apropiată, dar diferită de zero (pentru a omite diviziunea prin zero).

Media indicelui de calitate ponderat, calculat pentru sursa de suprafață râul Prut, în perioada monitorizată, s-a încadrat în clasa a IV-a de calitate (76,89 % - Tabel 4-10), corespunzătoare unei ape de calitate medie, pentru care sunt necesare procese avansate de tratare în vederea potabilizării. Valoarea minimă a indicelui este de 49,79, încadrându-se în clasa a V-a de calitate, corespunzătoare unei ape poluate, care poate fi utilizată pentru potabilizare numai în condiții excepționale, după o tratare avansată adecvată.

Tabel 4-10. Parametrii statistici ai indicilor de calitate calculați pentru râul Prut, în perioada febr. - dec. 2012

		WQI_R
N	Valide	233
	Lipsă	0
Media		76,8939
Eroarea std. a mediei		0,59553
Minimum		49,79
Maximum		100,00
Percentile	25	69,0391
	50	76,8784
	75	84,4618

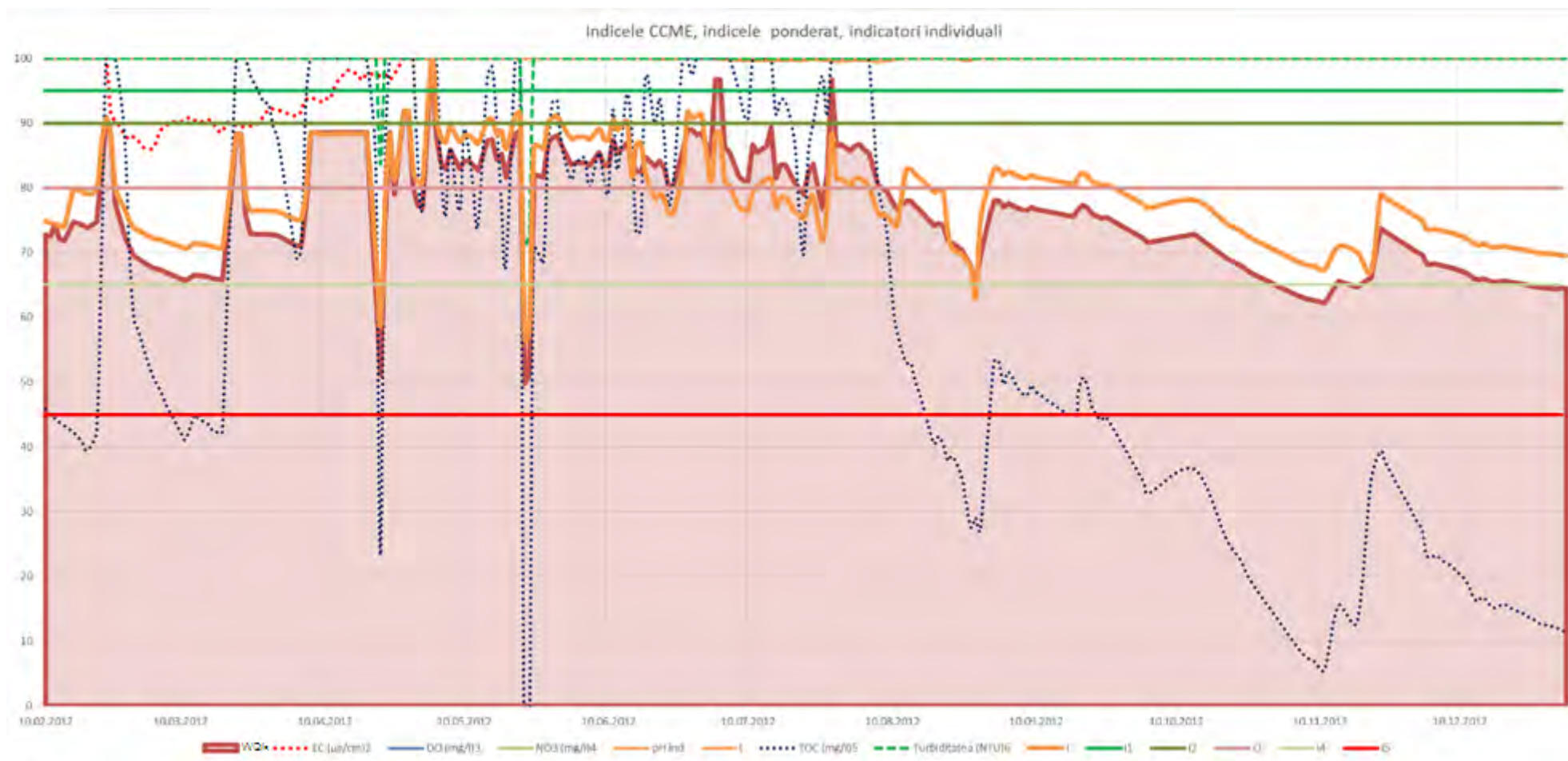


Fig. 4-8 Variația comparativă a indicilor de calitate calculați – CCME-WQI și WQIR

Un procent de 92,3% din scorurile indicelui ponderat s-au situat, în perioada monitorizată, în primele patru clase de calitate, din care numai 3,0% (Tabel 4-11, Fig. 4-9) dintre scoruri au înregistrat valori corespunzătoare claselor I și II, foarte bună și bună. Scorurile indicelui s-au situat cu cea mai mare frecvență (51,1%) în clasa a patra de calitate corespunzătoare unei ape de calitate medie, pentru care este necesară aplicarea unui proces avansat de tratare: preoxidare, coagulare, floculare, decantare, filtrare, adsorbție (pe cărbune activ), dezinfecție (ozon, clorinare finală).

Tabel 4-11. Frecvența de încadrare în clasele de calitate definite de indicii de calitate a apei calculate pentru râul Prut în perioada febr. – dec. 2012

Clasa de calitate	Scor indice de calitate	Frecvența	Procentul	Procentul cumulativ
		WQIR	WQIR	WQIR
I	100 - 95	2	0,9	0,9
II	94 - 90	5	2,1	3,0
III	89 - 80	89	38,2	41,2
IV	79 - 65	119	51,1	92,3
V	64 - 45	18	7,7	100,0
VI	44 - 0	0	0,0	
Total		233	100,0	

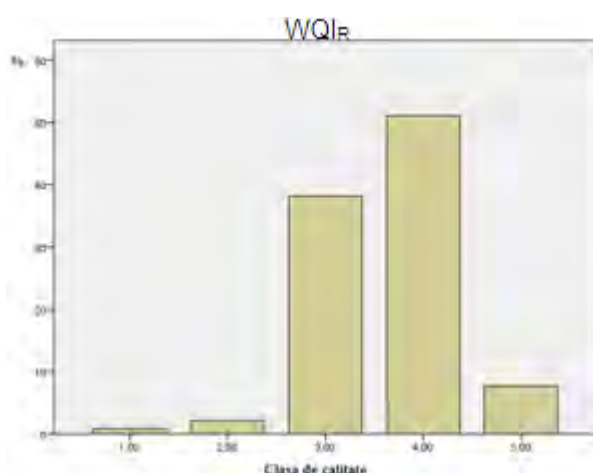


Fig. 4-9. Frecvența de încadrare a scorurilor indicelui de calitate a apei, pentru râul Prut. în perioada febr. – dec. 2012, în clasele de calitate definite

Pentru a evalua relația dintre indicatorii de calitate incluși în modelul de calcul și scorul obținut pentru indicele de calitate, respectiv clasa de calitate în care se încadrează corpul de apă evaluat, fiecare dintre cei șapte indicatori a fost eliminat pe rând din evaluare și apoi indicele de calitate recalculat, iar scorul recalculat al indicelui de calitate a fost comparat cu scorul inițial. Scopul analizei este de a determina dacă eliminarea unei variabile modifică indicele într-atât de mult încât nu mai există o relație

între acesta și indicele original. Această analiză a fost realizată pentru ambele modele - indicele canadian de calitate a apei, CCME-WQI, și indicele ponderat propus, WQI_R.

În Fig. 4-10 se observă că eliminarea succesivă a indicatorilor de calitate introduce modificarea scorurilor ambilor indici de calitate, determinând o scădere a indicilor în cazul eliminării conductivității, pH-ului, turbidității și NO₃, și o creștere în cazul carbonului organic total, oxigenului dizolvat și a temperaturii. Sensul modificării scorurilor față de medie este același pentru ambele modele de calcul, cu magnitudini diferite. Cea mai mare modificare a scorurilor indicilor de calitate, pentru ambele modele, a fost determinată de eliminarea din calcul a TOC. Având în vedere ponderea de importanță alocată TOC, modificarea scorului indicelui de calitate este mai semnificativă în cazul modelului ponderat, față de modelul convențional, în sensul creșterii valorii indicelui de la medie cu $25,75 \pm 1,01$ în primul caz, comparativ cu $15,12 \pm 0,92$ în al doilea caz.

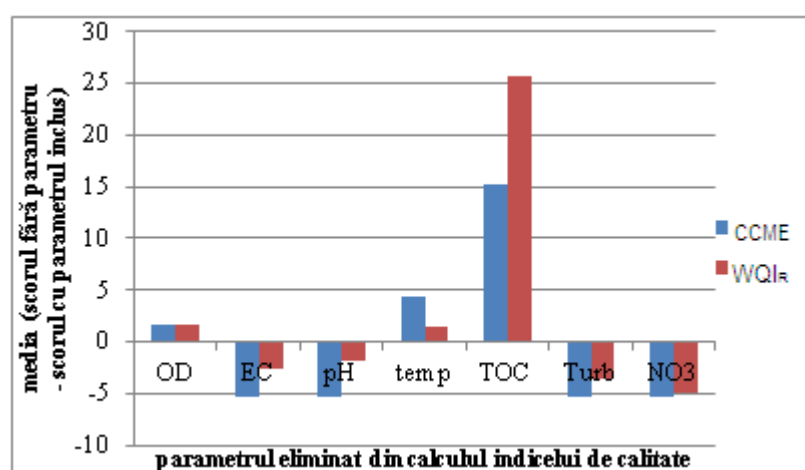


Fig. 4-10 Efectul eliminării indicatorilor individuali din calculul indicelui de calitate (n = 229)

Analiza de corelație dintre indicii originali și indicii recalculați după eliminarea succesivă a variabilelor arată o intercorelare semnificativă între aceștia (Tabel 4-12), indiferent de variabila eliminată ($p < 0,001$). Faptul că eliminarea TOC din calculul indicilor de calitate introduce cea mai mare modificare între scorurile inițiale și cele recalculate este confirmată de analiza de corelație, care arată cea mai slabă asocieră între indici, dar încă foarte semnificativă ($r = 0,519$; $p < 0,001$ pentru CCME-WQI și $r = 0,485$; $p < 0,001$ pentru WQI_R). Corelația semnificativă dintre indici, indiferent de indicatorul exclus din evaluare, indică faptul că ambii indici au fost mai degrabă

determinați de combinarea tuturor indicatorilor de calitate incluși în modelele de calcul și nu doar de unul dintre aceștia.

Tabel 4-12. Coeficienții de corelație între indicii de calitate inițiali și cei recalculați

		CCME			WQIR
CCME (NO ₃)	Pearson	,999**	WQIR (NO ₃)	Pearson Correlation	,991**
	Correlation Sig. (2-tailed)	,000		Sig. (2-tailed)	,000
CCME (DO)	Pearson	,999**	WQIR (DO)	Pearson Correlation	,994**
	Correlation Sig. (2-tailed)	,000		Sig. (2-tailed)	,000
CCME (EC)	Pearson	,816**	WQIR (EC)	Pearson Correlation	,867**
	Correlation Sig. (2-tailed)	,000		Sig. (2-tailed)	,000
CCME (pH)	Pearson	,999**	WQIR (pH)	Pearson Correlation	,994**
	Correlation Sig. (2-tailed)	,000		Sig. (2-tailed)	,000
CCME (temp)	Pearson	,995**	WQIR (temp)	Pearson Correlation	,995**
	Correlation Sig. (2-tailed)	,000		Sig. (2-tailed)	,000
CCME (TOC)	Pearson	,519**	WQIR (TOC)	Pearson Correlation	,485**
	Correlation Sig. (2-tailed)	,000		Sig. (2-tailed)	,000
CCME (turb)	Pearson	,985**	WQIR (turb)	Pearson Correlation	,976**
	Correlation Sig. (2-tailed)	,000		Sig. (2-tailed)	,000

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

4.3. Studiul de caz III - Investigarea modificărilor calității apei potabile în rețeaua de distribuție a Municipiului Iași, cu ajutorul sistemului de monitorizare on-line

Prezentul studiu de caz prezintă dezvoltarea unei aplicații privind supravegherea în timp real, continuu, a turbidității apei potabile în rețeaua de distribuție, prin intermediul sistemului de monitorizare on-line implementat în municipiul Iași, precum și eficiența senzorilor de turbiditate on-line pentru monitorizarea calității apei la ieșirea din stația de tratare și a modificărilor de calitate, care au loc în sistemul de distribuție.

Starea actuală a rețelelor de distribuție din municipiul Iași, din punct de vedere al vechimii, a materialelor din care sunt construite, a modului de exploatare, este principala cauză a nivelului ridicat al pierderilor din rețea (între 30 și 50%), precum și a numeroaselor plângeri ale consumatorilor cu privire la calitatea apei, înregistrate anual. Dintre toți indicatorii de calitate, turbiditatea crescută este principalul aspect

reclamat de către consumatori, iar cheia înțelegerii proceselor care duc la apariția evenimentelor de "apă tulbure", procese care sunt legate de mobilizarea particulelor acumulate în conducte, o reprezintă cunoașterea factorilor istorici asociați rețelelor de distribuție. Sistemul de distribuție a apei potabile acționează ca un reactor alimentat continuu, în care au loc reacții fizico – chimice (floculare, coroziune, consumarea clorului liber, sedimentare etc.) (Kirmeyer et al., 2000; Stephenson, 1989) sau biologice (proliferarea bacteriană) (Le Chevallier et al., 1987; van der Kooij, 2000), în masa de apă sau la interfața apă – conductă. Modificarea calității apei este dependentă de tipul de rețea (transport sau de distribuție), de materialul din care este construită și regimurile hidraulice (Vreeburg, 2007). Toate aceste procese contribuie la formarea de depozite în rețeaua de distribuție, care pot fi mobilizate odată cu schimbarea condițiilor hidraulice (direcția și/sau viteza de curgere) (Verberk și colab., 2009).

4.3.1. Particularități ale sistemelor de monitorizare și control a calității apei

Procedurile tradiționale de monitorizare, prin analize de laborator pe probe prelevate punctual, s-au dovedit a fi utile și joacă un rol important pentru evaluarea conformității parametrilor apei distribuită consumatorilor, la cerințele de calitate, și faptul că aceasta nu creează riscuri pentru sănătatea populației. Cu toate acestea, crearea și utilizarea de instrumente moderne de monitorizare, ca parte a programelor de monitorizare, poate să sprijine și să completeze verificarea calității apei prin analize punctuale, prin furnizarea de informații suplimentare, cu scopul de a obține o imagine mai reprezentativă a calității apei. Trecerea de la analizele punctuale la monitorizarea în timp real, on-line, este esențială pentru evaluarea mai rapidă și mai completă, din punct de vedere al rezoluției spațiale și temporale, a calității apei. Legătura dintre datele de monitorizare colectate și utilizarea acestora în managementul calității apelor este un element important în succesul oricărei aplicații de monitorizare.

Pentru a interpreta un set de măsurători, în sensul indicării unui eveniment de contaminare, este necesară o înțelegere aprofundată a schimbărilor care pot apărea în funcționarea sistemului (de exemplu, deschiderea sau închiderea unor vane, spălarea unor tronsoane de rețea sau a unor rezervoare, adăugând dezinfectante etc.), precum identificarea caracteristicilor care pot fi folosite pentru a diferenția contaminanții.

Pentru companiile de apă, este mult mai util să ia în considerare posibilitatea de a controla procesele care au loc în cadrul sistemului de distribuție, astfel încât să

reducă la minimum riscul expunerii cetățenilor unor pericole asociate distribuției de apă potabilă contaminată. Acest concept abordează sistemul de distribuție a apei ca fiind conectorul tuturor proceselor care conlucrează pentru a menține debitul, presiunea și calitatea apei (pompare, contorizare, transmisie, distribuție, depozitare și controlul coroziunii).

Evenimentele cu turbiditate mare sunt dificil de studiat în sistemele reale, deoarece acestea apar adesea pe perioade scurte, aparent din motive imprevizibile, iar modificările concentrațiilor indicatorilor de calitate sunt subtile. În astfel de evenimente, indicatorul măsurabil care necesită investigație este turbiditatea, care este o măsură a substanțelor coloidale/particulelor solide în suspensie din apă. În timpul transportului prin rețele, particulele sunt, pe de o parte, separate prin decantare sau, pe de altă parte, produse de procesele de coroziune sau de formare a biofilmului, rezultând o diferență între caracteristicile apei la intrarea și la ieșire din rețea, și în consecință, o diferență în citirea turbidității (Vreeburg, 2007). Astfel, controlul continuu al turbidității în sistemele de distribuție este utilizat pentru a monitoriza calitatea apei, a analiza transportul particulelor și pentru a estima evenimente asociate de mare turbiditate. Principalul obiectiv al acestui studiu este de a prezenta modul în care un sistem automat de monitorizare a apei potabile poate facilita culegerea de informații în vederea întocmirii/ajustării planurilor de acțiune necesare asigurării nivelului de calitate al apei potabile impus de cerințele legislative în vigoare .

Studiul de caz include o analiză a datelor înregistrate prin monitorizarea continuă a turbidității, precum și dezvoltarea unui plan de acțiune, ca răspuns la evenimentele identificate în timpul monitorizării.

4.3.3. Interpretarea datelor de turbiditate

În Fig. 4-11 ÷ Fig. 4-17, datele înregistrate pentru turbiditate, în cele două puncte din care apa pleacă în rețeaua de distribuție a municipiului Iași: SP Aurora (stație de pompare și punct de clorinare pentru apa din sursa subterană Timișești) și SP Chirița (stație de tratare a apei din sursa de suprafață râul Prut), precum și în alte două puncte importante ale rețelei: CFR (rețea de transport) și PT 13 CUG (capăt de rețea de distribuție), sunt prelucrate grafic, cu valorile indicatorilor monitorizați reprezentați pe axa verticală și timpul pe axa orizontală.

Stația de tratare Chirița

În Fig. 4-11, linia albastră ilustrează o variație tipică a turbidității după tratare. Un nivel scăzut și constant al turbidității (valori între 0,2 și 0,3 NTU), la ieșirea din stația de tratare, indică o funcționare corespunzătoare a proceselor de tratare în perioada monitorizată, luna octombrie 2009. Totuși, în cursul anului 2009, monitorizarea conținutului de particule în efluentul stației a înregistrat repetate vârfuri, peste 1 NTU (Fig. 4-12), fapt care indică prezența unor factori, de-a lungul treptelor de tratare, care influențează calitatea finală a apei.

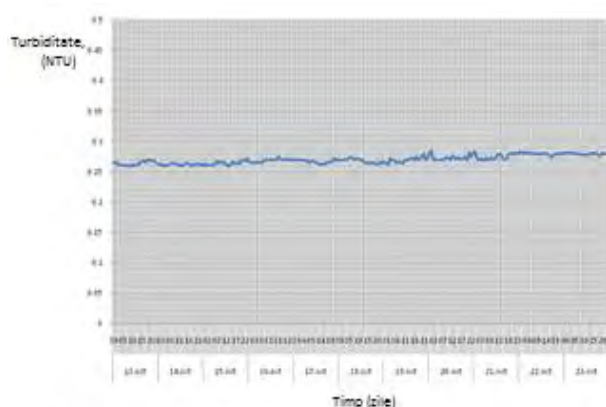


Fig. 4-11. Variația turbidității, Octombrie 2009,
PS Chirita

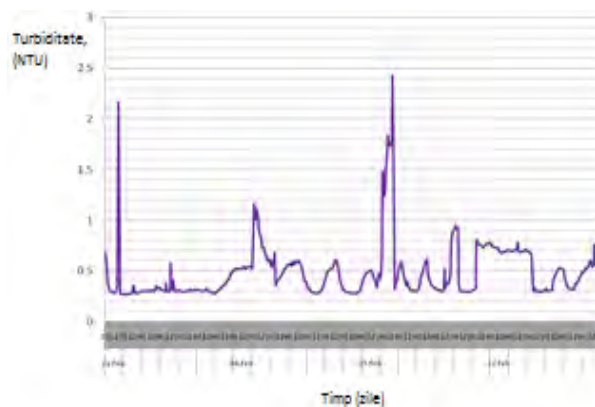


Fig. 4-12. Variația turbidității, Februarie 2009,
PS Chirita

O parte dintre particulele prezente în apa tratată pot fi compuși organici sau anorganici existenți în mod natural în sursa de apă și, ca urmare a unei rețineri/eliminări incomplete în treptele de tratare, pot pătrunde în sistemul de distribuție, în timp ce altele pot fi adăugate în apă chiar în procesele de tratare, ca nisip, cărbune, flocoane de fier. Având în vedere că îndepărtarea insuficientă a particulelor în timpul proceselor de coagulare – floculare, sedimentare – decantare și filtrare poate afecta eficiența dezinfecției, există riscul apariției unor cazuri de îmbolnăviri cauzate de germenii atașați particulelor (prezența particulelor în apă poate împiedica distrugerea germenilor de către dezinfectant). Totodată, numeroase studii, realizate până în prezent, au demonstrat că una dintre sursele importante de particule în sistemul de distribuție este chiar stația de tratare (Kirmeyer și alții, 2000; Slaats și alții, 2002; Ellison și alții, 2001; Vreeburg, 2007). Prin urmare, controlând procesele de tratare și calitatea apei tratate pentru a minimiza pătrunderea în rețeaua de distribuție

a nutrienților microbiali și a compușilor care formează depozite și sedimente, pot fi prevenite proliferarea microbiană, apariția fenomenelor de „apă tulbure”, a gustului și a mirosului neplăcut al apei

Stația de pompare Aurora

Analizând datele înregistrate în celălalt punct de intrare a apei potabile în rețeaua de distribuție a municipiului Iași, SP Aurora, pentru indicatorul turbiditate se constată o încărcare constant crescută în suspensii, cu valori între 1 și 1,5 NTU și chiar vârfuri cuprinse între 2 și 2,5 NTU (Fig. 4-13).

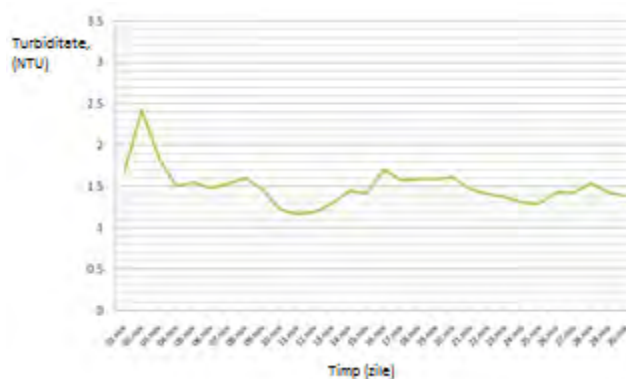


Fig. 4-13. Variația turbidității la SP Aurora, Noiembrie 2009

Cauza cea mai probabilă a acestei încărcări este decantarea, respectiv resuspensia sedimentelor acumulate în rezervor. La SP Aurora, apa provine din sursa subterană Timisesti, la aproximativ 100 de km de Iași, iar această conductă alimentează, de asemenea, alte comunități/sate de-a lungul traseului. Sursa de apă Timișești este în funcțiune din 1906, iar rețeaua de transport este destul de veche. În consecință, există acumulări de sedimente în conducte și la capătul rețelei de transport, iar turbiditatea crescută poate fi asociată antrenării sedimentelor, odată cu creșterea vitezei apei. Conform cerințelor igienico-sanitare specifice sistemelor de alimentare cu apă, se impune curățarea periodică a rezervoarelor de apă potabilă (la data efectuării investigațiilor, s-a constatat că, ultima procedură de spălare a rezervoarelor Aurora au fost aplicate cu un an înaintea efectuării studiului).

Punct CFR

Urmărind curba care trasează variația turbidității în punctul de monitorizare imediat următor stației de pompare Aurora, CFR (linia albatră din Fig. 4-14), se

observă o scădere a turbidității. Acest fapt este în concordanță cu observația potrivit căreia turbiditatea scade în direcția de curs a apei, ca urmare a sedimentării particulelor pe pereții conductelor. Totodată, instabilitatea condițiilor de distribuție (presiune, debit/viteză) din această locație, determină o calitate variabilă a apei potabile, din punct de vedere al turbidității. Creșterea vitezei apei, ca urmare a unor evenimente hidraulice (deschidere vane, pornire pompe etc.), cauzează resuspensia sedimentelor acumulate în conductă, ceea ce duce la înregistrarea unor vârfuri de turbiditate.

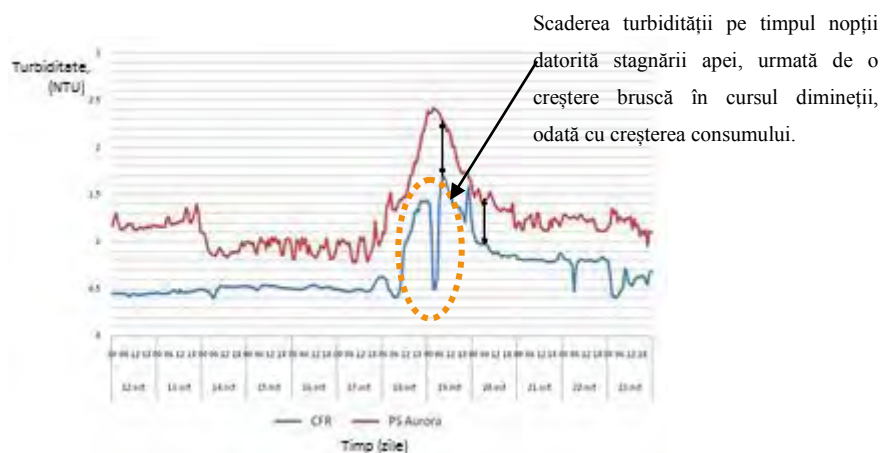


Fig. 4-14. Variația turbidității la CFR, Octombrie 2009

Prezentăm, ca exemplu, situația înregistrată în locația CFR, în ziua de 3 decembrie 2009, când creșterea vitezei apei a dus la creșterea turbidității până la 3,8 NTU (Fig. 4-15). Acest maxim a fost transmis în rețea și poate fi observat și în punctele următoare monitorizate - PS CUG și PT 13 CUG. Urmărirea maximelor de turbiditate în locații succesive, poate fi utilizată ca trasor natural pentru monitorizarea, pe de o parte, a timpului de retenție a apei în rețea, respectiv vitezei medii a apei în timpul transportului, dacă este cunoscută distanța dintre locații, iar pe de altă parte, pentru identificarea originii apei în anumite puncte din rețea.

Punctul Termic 13 CUG (PT 13 CUG)

Dacă în locațiile analizate anterior au fost prezentate exemple de monitorizare a calității apei la intrarea în sistemul de distribuție, respectiv în rețeaua de transport a apei, în punctul de măsurare PT 13 CUG poate fi prezentat un exemplu tipic de monitorizare a calității apei în rețeaua de distribuție, pe conducte de mici dimensiuni, de 150 mm sau mai mici, conducte de branșament, care fac legătura între rețeaua publică de distribuție și rețeaua interioară a utilizatorului.

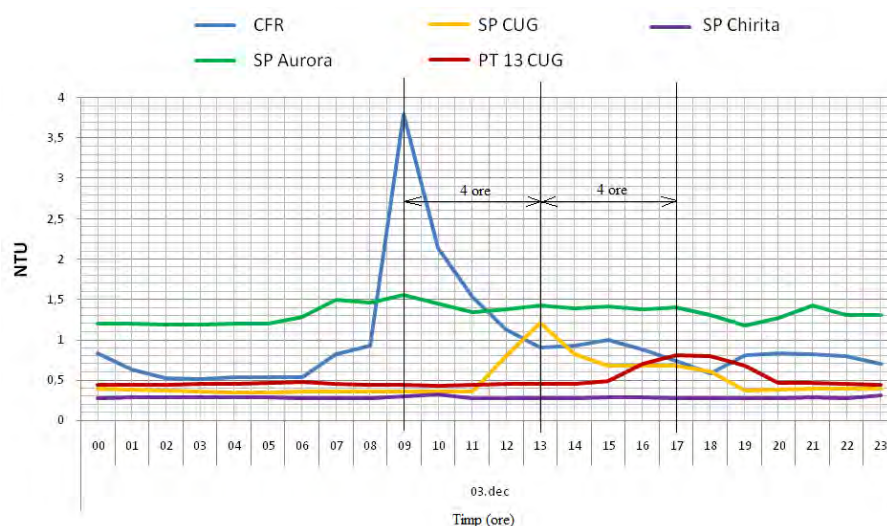


Fig. 4-15. Variația turbidității în punctele de monitorizare din rețea

Nivelul de turbiditate în această locație este influențat de cerința de apă de-a lungul unei zile. Astfel, în perioadele zilei în care se înregistrează un consum crescut de apă, se observă o creștere a turbidității, ca urmare a antrenării particulelor acumulate în conducte (Fig. 4-16). Acest aspect este în concordanță cu observația referitoare la separarea particulelor din masa de lichid, ca urmare a stagnării apei (reducerii consumului) pe durata nopții, urmată de o resuspensie, odată cu creșterea consumului, respectiv a vitezei apei, în timpul zilei. Faptul că au fost înregistrate maxime de peste 2 NTU (Fig. 4-16 și Fig. 4-17) indică acumulări importante de sedimente în rețea, ceea ce impune curățarea acesteia.

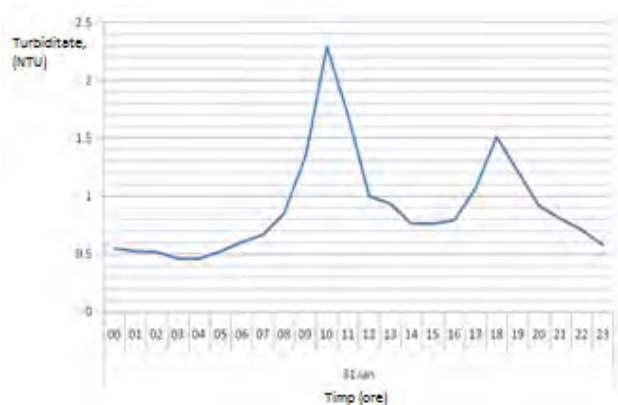


Fig. 4-16. Variația orară a turbidității la PT 13 CUG



Fig. 4-17. Variația turbidității la PT 13 CUG

4.3.4. Elaborarea planului de acțiuni

În baza informațiilor desprinse din interpretarea datelor înregistrate prin monitorizarea continuă a turbidității, au fost realizate investigații pentru identificarea cauzelor cele mai probabile care au generat evenimentele (turbiditate mare) prezentate mai sus. Ca urmare, au fost propuse acțiunile necesare pentru a reduce sau a elimina consecințele posibile ale acestor evenimente (Tabel 4-13).

Tabel 4-13. Plan de acțiuni

Locația	Evenimentul detectat	Informația generată	Acțiunea propusă
Stația de tratare Chirița	Repetate vârfuri de turbiditate, peste 1 NTU, înregistrate la ieșirea din stația de tratare	Existența unor factori perturbatori, de-a lungul treptelor de tratare, care influențează calitatea efluentului stației	Efectuarea unui studiu privind eficiența proceselor de tratare din stația Chirița, studiu care să evalueze abilitatea proceselor de tratare de a minimiza pătrunderea în rețeaua de distribuție a compușilor care formează depozite și sedimente și a nutrienților microbiali.
Justificarea și descrierea acțiunii Deoarece stația de tratare este parte a unui sistem, orice modificare a condițiilor de operare, ca urmare a variației cerințelor de apă, precum și a variațiilor sezoniere de debit și/sau calitate a apei la sursă, introduce perturbații care afectează calitatea finală a apei tratate. Deoarece posibilitățile de eliminare/diminuare a perturbațiilor care apar într-o anumită etapă de tratare sunt limitate, acestea sunt propagate către treapta următoare. În acest fel, eficiența unei etape de tratare va afecta, în mod corespunzător, și celelalte etape. De exemplu, performanțele proceselor de coagulare – floclare și sedimentare pot afecta filtrarea (particulele nesedimentate, dacă sunt de foarte mici dimensiuni și nefloclate pot să treacă prin filtre, ori flocoanele neîndepărtate pot să colmateze filtrele mult mai rapid), precum și dezinfecția (materia organică din apă utilizează mai mult dezinfectant, reducând partea necesară pentru dezinfecție și determinând, în anumite situații, apariția de sub-produși de dezinfecție). În studiul propus, eficiența proceselor de tratare va fi apreciată alegând ca și criteriu de performanță, un nivel scăzut și constant al turbidității efluentului stației (0,2 – 0,3 NTU). Orice creștere a turbidității peste nivelul stabilit va fi considerat „eveniment” și va fi folosit ca și indicator surogat pentru aprecierea calității apei. Astfel, mai puține evenimente vor indica o eficiență mai mare a proceselor de tratare, respectiv o calitate mai bună a apei. Din analiza acestor date se urmărește identificarea evenimentelor care sunt asociate cu creșterea turbidității în timpul filtrării, precum și înainte și după spălarea filtrelor; dacă evenimentele înregistrate la intrarea în stație, sau după sedimentare traversează prin filtre, sau dacă acestea se schimbă înainte sau după filtrare. De asemenea, va fi analizată magnitudinea și durata evenimentelor în diferite etape ale procesului de tratare.			
Stația de pompare Aurora	O încărcare constant crescută în suspensii, de 1 – 1,5 NTU și chiar vârfuri cuprinse între 2 și 2,5 NTU, apei la ieșirea din rezervor	Acumularea de sedimentelor în rezervor, ceea ce impune, conform cerințelor igienico-sanitare specifice sistemelor de alimentare cu apă, curățarea periodică a acestuia.	Realizarea unui studiu prin care să fie analizată influența prezenței particulelor asupra eficienței procesului de dezinfecție și a biostabilității apei. Această investigație va lua în considerare, de asemenea, propunerea unui program lunar pentru a determina frecvența de curățare a rezervoarelor, împreună cu un program de monitorizare a indicatorilor de calitate a apei pentru a determina potențialul de re-creștere microbiană.
Justificarea și descrierea acțiunii Studiul impune realizarea de determinări pe probe de apă și sedimente colectate în timpul procedurii de spălare a rezervoarelor, precum și în condiții normale de distribuție, înainte și după spălarea rezervoarelor. Astfel, pentru analiza biostabilității apei sunt necesare determinări privind conținutul de materie organică în apă, determinări microbiologice, necesarul de clor și clorul rezidual. Pentru caracterizarea sedimentelor sunt necesare determinări privind natura și tipul acestora, compoziția (Mn, Fe, Al, Si), precum și analize microbiologice.			

Locația	Evenimentul detectat	Informația generată	Acțiunea propusă
PT 13 CUG	Creșterea turbidității, odată cu creșterea consumului de apă	Acumulări importante de sedimente în rețeaua distribuție	Întocmirea unei proceduri de lucru în vederea stabilirii modului de realizare a curățării și dezinfecției conductelor.
Justificarea și descrierea acțiunii Vor fi avute în vedere atât conductele noi, înainte de punerea în funcțiune, dar și conductele deja existente, conform unui Program lunar de curățare și dezinfecție sau în urma lucrărilor planificate și a avariilor apărute în sistemul public de alimentare cu apă, avându-se în vedere asigurarea calității serviciilor, mediului, precum și securității și sănătății la locul de muncă.			

Capitolul 5. Analiza organizațională și a percepției părților interesate privind calitatea serviciului de alimentare cu apă

5.1. Studiul de caz IV - Analiza capacității instituționale a operatorului regional APAVITAL SA

Acest studiu de caz realizează o analiză a strategiilor, practicilor și instrumentelor de management aplicate de către furnizorul de servicii de apă și de canalizare din județul Iași, APAVITAL SA, cu scopul de a determina un status-quo a capacității sale instituționale, în calitate de furnizor de servicii de alimentare cu apă, precum și de a formula o serie de recomandări pentru astfel de instituții, atât pentru îmbunătățirea calității produselor/serviciilor lor, pentru a crește satisfacția clienților, precum și pentru consolidarea poziției lor ca actori-cheie în cadrul sistemului de management a resurselor de apă.

5.1.1. Structura organizațională

În județul Iași, Asociația de Dezvoltare Intercomunitară (ADI) este formată de către un consorțiu de 95 de entități locale (Fig. 5-1), care includ orașul Iași, toate comunele și 3 din cele 4 orașe din județul Iași, Pașcani fiind singurul care nu a dorit să participe la această asociere, precum și o comună din județul Vaslui (Apavital, 2012). Compania Regională de Operare (ROC) a serviciilor de alimentare cu apă și de canalizare (operatorul regional) a fost înființată în anul 2008, prin reorganizarea fostei regii autonome județene de apă și apă uzată (RAJAC Iasi), într-o societate pe acțiuni numită "APAVITAL SA". Membrii ADI sunt acționari ai ROC, Consiliul Județean Iași fiind acționarul majoritar (aprox. 99,7%).

REGIONALIZARE

Eligibilitate instituțională

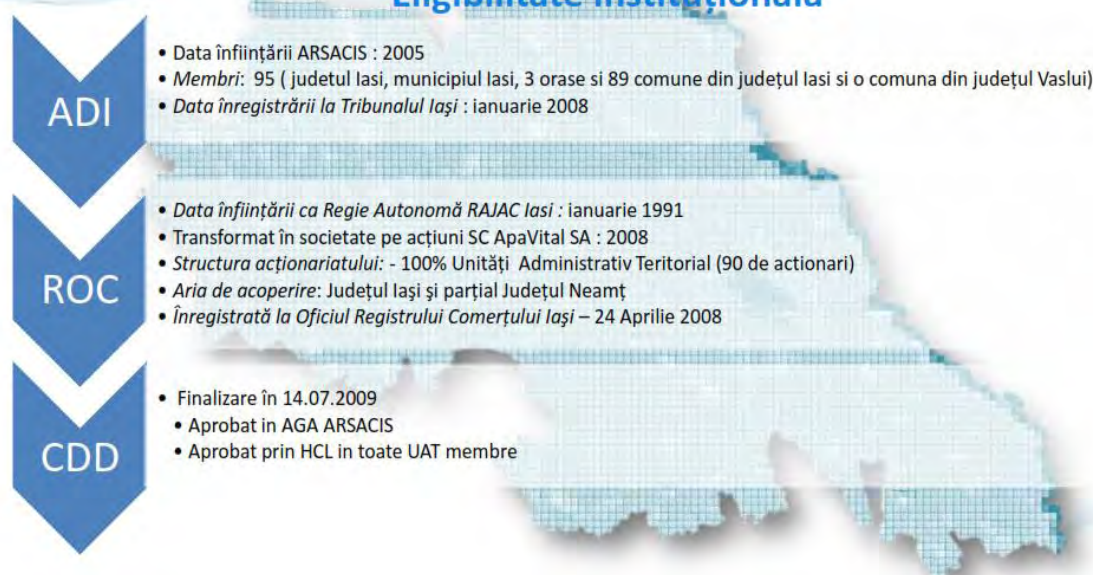


Fig. 5-1 Organizarea serviciului de apă din județul Iași

Din fericire, în județul Iași, cea mai mare parte a serviciilor de apă au fost deja organizate la nivel județean, fosta regie autonomă operând deja în Iași și în mai multe orașe și comune, ceea ce face din APAVITAL SA cel mai mare și cel mai experimentat furnizor de servicii de apă din județ. Reorganizarea în societate pe acțiuni a împuternicit toți noii membrii ADI pentru a participa la procesele de decizie cu drepturi egale de vot. Pe de altă parte, procesul de reorganizare a extins responsabilitatea ROC de a asigura obiectivele de mediu pentru o suprafață mult mai mare a județului, ceea ce a adăugat câteva provocări majore: întărirea capacității sale pentru strângerea de fonduri și consolidarea capacității manageriale și tehnice pentru implementarea de proiecte mari și complexe de infrastructură.

5.1.2. Experiența Operatorului Regional

La reorganizarea sa, APAVITAL SA Iași a avut deja o experiență semnificativă în atragerea de granturi și fonduri externe pentru elaborarea și implementarea proiectelor mari de investiții pe scară largă, acesta fiind încă un motiv pentru care APAVITAL a fost numit ca ROC pentru serviciile de apă din județul Iași. APAVITAL a pus în aplicare deja mai multe proiecte mari de infrastructură, în special în Zona Metropolitană Iași (Apavital, 2010), folosind diferite scheme de finanțare, aspect care recunoaște capacitatea managerială și operațională a ROC de a implementa cu

succes aceste tipuri de proiecte. Un proiect finanțat de ISPA (aprox. 50 milioane Euro), a fost implementat pentru reabilitarea stației de epurare a municipiului Iași, reabilitarea stației de tratare Chirita și a stațiilor de pompare apă potabilă din orașul Iași.

Cu toate acestea, pentru a îndeplini obiectivele UE privind aprovizionarea cu apă (cu termen 2015), prin extinderea sistemului de alimentare cu apă în zonele rurale, și prin modernizarea/dezvoltarea de sisteme de colectare a apelor uzate și de epurare (cu termen 2018), mai trebuie depuse eforturi semnificative. Cele mai importante provocări legate de aceste obiective se referă la:

- evaluarea în profunzime a situației curente;
- identificarea, analiza și prioritizarea opțiunilor de dezvoltare;
- elaborarea planului de acțiuni;
- găsirea de soluții de finanțare durabilă;
- implementarea activităților propuse.

În ceea ce privește aspectele financiare, APAVITAL are posibilitatea de a aplica pentru finanțare din partea UE, în cadrul Programului Operațional Sectorial - Mediu, care este cel mai important instrument financiar prin care UE sprijină noile state membre în rezolvarea problemelor de mediu.

În cadrul unui proiect de asistență tehnică, APAVITAL SA Iași, în strânsă colaborare cu Consiliul Județean Iași și o firmă de consultanță, a elaborat un Master Plan și un studiu de fezabilitate. Aceste documente prezintă situația actuală cu privire la sistemele de alimentare cu apă și canalizare în județ și o atentă evaluare a opțiunilor posibile de dezvoltare (ILF, 2009). Conform acestor documente, soluția cea mai fezabilă pentru îndeplinirea obiectivelor de mediu a reprezentat-o definirea unui număr de 4 aglomerări în jurul celor mai importante centre urbane din județ (Iași, Hârlău, Podu Iloaiei și Târgu Frumos), și modernizarea și extinderea infrastructurii lor legate de apă. Această abordare are ca scop o rată de conectare de 100% pentru alimentarea cu apă în zonele urbane, ceea ce va duce la o conectivitate globală de 55%, iar pentru atingerea obiectivului de 70%, alte 18 aglomerări rurale vor fi prevăzute cu sisteme de alimentare cu apă, ceea ce corespunde unei rate de conectare de 83% până în 2015.

Pe lângă îndeplinirea obiectivelor UE, un alt obiectiv important al acestui plan de dezvoltare constă în îmbunătățirea considerabilă a eficienței tehnice și financiare a

sistemelor de apă, deoarece pierderile din rețea reprezintă cel mai important regres economic.

5.1.3. Performanța managementului

Un alt răspuns al APAVITAL SA pentru îndeplinirea obiectivelor de dezvoltare stricte, constă în îmbunătățirea constantă a sistemului de management integrat. Acest sistem de management complex a fost inițiat în 2004 și cuprinde în prezent un total de cinci componente majore: asigurarea calității (ISO 9001), management de mediu (ISO 14001), sănătate și securitate ocupațională (OHSAS 18001), securitatea informațională (ISO 27001) și siguranța alimentară (ISO 22000), toate fiind certificate în conformitate cu standardele de referință. Cele mai importante caracteristici ale acestui sistem de management integrat sunt: activitățile orientate spre client și asigurarea obiectivelor de mediu. Acestea sunt traduse în obiectivele principale ale companiei și sunt, prin urmare, abordate în toate activitățile sale, într-o manieră integrată.

Pe lângă activitățile principale, de alimentare cu apă de înaltă calitate și de colectare și epurare a apelor uzate, APAVITAL SA lași s-a concentrat în mod constant pe îmbunătățirea continuă a relațiilor cu cetățenii, oferindu-le acestora multiple facilități comunicaționale. În plus, sistemele de monitorizare a calității apei on-line, la sursă și în rețeaua de distribuție, împreună cu un control de supraveghere și sistem de achiziție de date (SCADA), în prezent în curs de implementare, va contribui nu numai la îmbunătățirea satisfacției cetățenilor, dar, de asemenea, a performanțelor tehnice și economice ale întregii societăți.

Deși sistemul de management integrat al APAVITAL SA funcționează corespunzător, există unele provocări legate de dezvoltarea sa viitoare, având în vedere extinderea constantă a activităților companiei, în special în zonele rurale. Aceste provocări sunt legate în principal de includerea în programele de management a noilor obiective de dezvoltare, prin definirea obiectivelor specifice și activităților, prin stabilirea de responsabilități, indicatori de performanță și termene țintă.

5.1.4. Recomandări de dezvoltare

După cum s-a văzut în secțiunile anterioare, cu scopul de a îndeplini obiectivele de mediu ale UE, APAVITAL SA lași se confruntă cu o serie de provocări foarte stricte privind dezvoltarea, în viitorul apropiat. Deși s-au făcut progrese importante, mai ales

În evaluarea situației actuale și adoptarea unui plan de dezvoltare detaliat, există unele probleme care mai trebuie rezolvate.

Una dintre principalele provocări este asigurarea unui flux financiar constant pentru a pune în aplicare măsurile de dezvoltare identificate în Master Plan, pentru că nevoile de investiții se ridică la mai mult de 100 de milioane de euro, doar pentru prima fază a Master Planului (cu termen, 2015).

O altă provocare în dezvoltarea cu succes a infrastructurii de apă și canalizare în județul Iași este legată de poziția și relațiile APAVITAL cu alte părți implicate în managementul resurselor de apă. Acest lucru implică dezvoltarea și consolidarea unor relații de cooperare funcționale, nu numai cu birourile guvernamentale locale (care deja fac parte din Asociația de Dezvoltare Intercomunitară), dar și cu alte instituții implicate în managementul apei și dezvoltării regionale: autoritățile de gospodărire a apelor și de protecție a mediului la nivel regional și local, agenții de dezvoltare regionale și locale, asociații ale cetățenilor, mediul academic. Această nevoie pentru o mai bună cooperare provine din faptul că dezvoltarea sectorului serviciilor de apă afectează un număr mare de părți interesate. Mai mult decât atât, o mare parte dintre deciziile legate de proiectele de dezvoltare sunt luate de către alte părți, cum ar fi: Primării, Consilii Județene, Autorităților de Ape sau Mediu etc. (de exemplu, autorizații de utilizare a terenurilor, permisele de mediu, cotele de alocare de apă).

5.2. Studiul de caz V - Analiza performanței serviciului de alimentare cu apă prestat de APAVITAL

5.2.1. Măsurarea performanței companiei prin evaluarea satisfacției cetățenilor

În contextul procesului de aliniere la cerințele de calitate și de performanță în domeniul serviciilor publice, la nivel european, compania APAVITAL SA și-a făcut publică intenția de a acționa în vederea satisfacerii cerințelor cetățenilor (www.apavital.ro). În acest sens, având ca obiectiv îmbunătățirea calității serviciului prestat, principalul mod de abordare a activităților desfășurate în cadrul organizației este orientarea către cetățeni, în vederea înțelegerii nevoilor lor de bază, referitoare la serviciul de alimentare cu apă și satisfacerii cerințelor privind calitatea.

În acest context, realizarea obiectivelor strategice ale companiei este strâns legată de evoluția performanțelor tehnice, iar performanța în cadrul companiei este evaluată prin implementarea managementului bazat pe indicatori de performanță,

integrat managementului orientat către rezultate. Chiar dacă performanța ar putea fi analizată ca un concept multidimensional, nu există un acord științific cu privire la obiectivele urmărite de companiile de apă care ar trebui să fie considerate ca repere de performanță, precum și metodele de măsurare a acestora (Prokofy 2005, Madrigall et al. 2010). O posibilitate în acest sens este de a măsura performanța prin intermediul evaluării directe a satisfacției cetățenilor cu privire la diferite aspecte ale serviciului de apă, cum ar fi calitatea apei de la robinet.

Activitățile de producție și exploatare a sistemului de alimentare, ca activități care contribuie la menținerea credibilității companiei de apă, alături de activitatea de investiții, ca unică modalitate de a asigura competitivitatea față de companiile care operează pe piața de profil, influențează în mod decisiv calitatea serviciilor prestate, precum și modul în care societatea este percepută de cetățeni. Pornind de la această premisă, se evidențiază necesitatea cunoașterii impactului eforturilor realizate de APAVITAL SA, pentru îmbunătățirea serviciilor sale și creșterii performanței, asupra cetățenilor orașului, necesitate care generează o serie de întrebări de cercetare:

- Care sunt factorii, dependenți și/sau independenți, care influențează percepția cetățenilor privind calitatea?
- În ce măsură calitatea produsului - apa potabilă, sau calitatea serviciilor auxiliare realizate de companie, respectiv relația dintre companie și cetățeni, influențează percepția acestora asupra calității serviciului?
- Care sunt dimensiunile activității companiei care generează satisfacție și care sunt acelea ale căror performanță trebuie îmbunătățită?

Pornind de la aspectele prezentate, se justifică demersul de realizare a unui studiu pentru stabilirea gradului de satisfacție al cetățenilor din municipiul Iași, cu privire la calitatea serviciului de alimentare cu apă prestat de APAVITAL SA, precum și analiza factorilor care influențează semnificativ percepția cetățenilor privind modul în care operatorul sistemului de alimentare cu apă răspunde nevoilor și cerințelor sale.

Pentru atingerea obiectivului propus au fost parcurse următoarele etape:

- Identificarea factorilor determinanți ai calității percepute de cetățeni cu impact asupra satisfacției acestora;
- Proiectarea metodologiei și instrumentului de măsurare a satisfacției cetățenilor privind calitatea serviciului de alimentare cu apă;
- Testarea validității și fidelității instrumentului de măsurare pe un eșantion pilot;
- Statistica descriptivă a datelor și testarea ipotezelor de cercetare.

5.2.2. Factorii determinați ai satisfacției cetățenilor privind calitatea serviciului de alimentare cu apă

Pentru identificarea factorilor determinanți ai satisfacției cetățenilor privind calitatea serviciului de alimentare cu apă, în vederea dezvoltării unei metodologii de evaluare, trebuie luate în considerare caracteristicile specifice serviciului, referitoare la tangibilitate și la gradul de interacțiune cu cetățenii (Rushton și Carson, 1985), și anume:

- un nivel mai ridicat de interacțiune între furnizorul serviciului și cetățean în cadrul serviciilor auxiliare, cum ar fi: încasarea contravalorii serviciilor, furnizarea de informații către cetățeni, tratarea reclamațiilor etc., și mai scăzut în cadrul serviciului de bază, de furnizare a apei potabile;
- un nivel mai scăzut de tangibilitate al serviciilor auxiliare, față de serviciul de bază (procesul de furnizare a apei este dominat de elemente tangibile asociate apei, ca produs, prin intermediul cărora cetățeanul este în măsură să evalueze nivelul de calitate al serviciului, pe baza propriei experiențe);
- inseparabilitatea producției și consumului - rezultatul tehnic al procesului de producție este ceea ce primește cetățeanul, ca urmare a interacțiunii cu furnizorul de servicii.

Prin urmare, pentru a dezvolta un model adecvat evaluării calității serviciului de alimentare cu apă trebuie realizată o distincție între serviciul de bază (calitatea tehnică – rezultatul realizării serviciului, sau ceea ce clientul primește) și serviciile auxiliare (calitatea funcțională – felul în care serviciul este furnizat). Calitatea tehnică constituie setul de parametri fizici măsurabili ai aspectelor concrete ale serviciului, așa cum sunt percepute de către clienți, de exemplu nivelul de puritate și presiunea apei potabile, iar din cauza lipsei de interacțiune cu cetățenii în cadrul serviciilor de bază pentru alimentarea cu apă, este rezonabil să admitem că serviciile auxiliare (de exemplu: încasarea, furnizarea de informații ș.a.) sunt în totalitate determinante ale calității funcționale.

5.2.3. Modelul de cercetare

Pentru conceptualizarea constructului *Calitatea serviciului de alimentare cu apă*, în studiul de față au servit ca referință modelul Nordic al lui Grönroos (1984) și modelul ierarhic multidimensional propus de Brady și Cronin (2001). Este propus și testat un model de măsurare a satisfacției cetățenilor (Tabel 5-1), privind calitatea serviciului de

alimentare cu apă, care combină abordarea tradițională pe baza celor două dimensiuni propuse de modelul Nordic, respectiv calitatea tehnică și calitatea funcțională, cu conceptualizarea pe mai multe niveluri de calitate a serviciilor, în care fiecare dintre cele două dimensiunile ale calității serviciului, adaptate sistemelor de alimentare cu apă, este definită prin o serie de variabile (Brady and Cronin, 2001). Sunt propuse cinci variabile ale serviciului de alimentare cu apă, și anume: **Calitatea apei potabile; disponibilitatea serviciului de alimentare cu apă; promptitudinea soluționării sesizărilor cetățenilor; comunicarea cu cetățenii; sistemul de încasare a contravalorii serviciului.** Fiecare variabilă este evaluată prin intermediul unor elemente măsurate direct prin anchetă socială.

Tabel 5-1. Modelul de cercetare multidimensional al calității serviciului de alimentare cu apă

Construct	Dimensiuni	Variabile	Elementele scalei de măsurare
Calitatea serviciului de alimentare cu apă	Calitatea tehnică (calitatea serviciului de bază)	Calitatea apei	Gustul apei
			Culoarea apei
			Mirosul apei
		Disponibilitatea serviciului	Presiunea apei
			Continuitatea serviciului
			Ritmul dezvoltării infrastructurii de alimentare cu apă
	Calitatea funcțională (calitatea serviciilor auxiliare)	Promptitudinea, viteza de reacție	Operativitatea intervențiilor
			Solicitudinea preluării solicitărilor cetățenilor
			Calitatea lucrărilor de intervenție
		Comunicarea cu cetățenii	Ușurința contactării de către cetățeni a companiei
			Disponibilitatea companiei de a răspunde solicitărilor cetățenilor
			Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate
		Sistemul de încasare a contravalorii serviciilor	Distanța până la punctul de încasare
			Timpul de așteptare pentru plată
			Tariful apei

Au fost enunțate următoarele **ipoteze de cercetare**:

H₀₁ (Ipoteza nulă): Cetățenii din municipiul Iași, în general, nu sunt satisfăcuți de calitatea serviciului de alimentare cu apă;

H₁ (ipoteza alternativă): Cetățenii din municipiul Iași sunt, în general, satisfăcuți de calitatea serviciului de alimentare cu apă;

H₀₂ (ipoteza nulă): Calitatea serviciului de bază nu influențează semnificativ gradul de satisfacție al cetățenilor față de serviciul de alimentare cu apă

H₂ (ipoteza alternativă): Calitatea serviciului de bază influențează semnificativ gradul de satisfacție al cetățenilor față de serviciul de alimentare cu apă;

H₀₃ (ipoteza nulă): Calitatea serviciilor auxiliare nu influențează semnificativ gradul de satisfacție al cetățenilor față de serviciul de alimentare cu apă

H₃ (ipoteza alternativă): Calitatea serviciilor auxiliare influențează semnificativ gradul de satisfacție al cetățenilor față de serviciul de alimentare cu apă.

H₀₄ (ipoteza nulă): Nu există diferențe între cetățenii din diferite sectoare ale orașului sub aspectul calității percepute a serviciului de alimentare cu apă:

H₄ (ipoteza alternativă): Satisfacția cetățenilor asupra calității serviciului de alimentare cu apă diferă semnificativ în funcție de zona de rezidență;

H₀₅ (ipoteza nulă): Nu există diferențe între cetățenii de la blocuri cu patru, respectiv zece etaje și cei de la case sub aspectul calității percepute a serviciului de alimentare cu apă;

H₅ (ipoteza alternativă): Satisfacția cetățenilor asupra calității serviciului de alimentare cu apă diferă semnificativ în funcție de tipul de locuință;

H₀₆ (ipoteza nulă): Categoria de vârstă a cetățenilor nu influențează semnificativ gradul de satisfacție față de serviciul de alimentare cu apă;

H₆ (ipoteza alternativă): Categoria de vârstă a cetățenilor influențează semnificativ gradul de satisfacție față de serviciul de alimentare cu apă;

Ipotezele cercetării pot fi sprijinite sau nu de evoluția ipotezelor nule. Astfel, dacă ipoteza nulă este respinsă, atunci ipoteza alternativă este sprijinită de datele obținute, iar dacă ipoteza nulă nu este respinsă, atunci ipoteza alternativă nu este sprijinită de datele obținute (Sava, 2011).

5.2.4. Testarea validității și fidelității instrumentului de măsurare

5.2.4.1. Testarea validității și fidelității subscalelor

Scala de măsurare a fost testată pentru stabilirea unidimensionalității prin Analiză Factorială Exploratorie (EFA). Testul a fost realizat pe un eșantion pilot de 200 de subiecți, un lot de persoane de omogenitate medie, proveniți din toate sectoarele incluse în evaluare, aparținând tuturor categoriilor de vârstă și tipului de locuință.

Gradul de adecvare a eșantionului utilizat a fost testat prin metoda KMO (Kaiser – Meyer – Olkin) prezentă în *SPSS Factor – Descriptives*, obținându-se valoarea de 0,838, ceea ce demonstrează adecvarea eșantionului ales pentru aplicarea analizei factoriale (Field, 2000). Totodată, testul de sfericitate al lui Bartlett a condus la un

rezultat semnificativ statistic, indicând analiza factorială ca fiind potrivită pentru a fi aplicată pentru validarea scalei de măsurare.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,838
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1232,804
	df	105
	Sig.	,000

De asemenea, adecvarea eșantionului pentru fiecare variabilă în parte a fost testată prin obținerea unei *anti-imagini* (Tabel 5-2), opțiune disponibilă în SPSS. În matricea obținută, valorile de pe diagonala principală au îndeplinit condiția eliminatorie de a fi mai mari decât 0,50 pentru fiecare variabilă (Sava, 2011). Prin urmare, toate elementele incluse în analiză au fost păstrate.

Tabel 5-2. Matricea de corelații anti-image

(a. Measures of Sampling Adequacy (MSA))

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Culoare(1)	,872 ^a														
Gust (2)	-,451	,811 ^a													
Miros (3)	-,238	-,547	,857 ^a												
Presiune (4)	-,007	,034	-,018	,743 ^a											
Continuitate (5)	-,040	-,045	-,038	-,580	,797 ^a										
ritm_modern_a (6)	-,050	-,030	-,011	-,147	-,077	,929 ^a									
Contact (7)	-,011	,044	-,082	,196	-,076	-,082	,827 ^a								
Disponib (8)	-,067	,066	-,005	-,138	-,023	-,083	-,533	,850 ^a							
Anunt (9)	,069	-,053	-,037	,079	-,119	-,113	-,057	-,063	,858 ^a						
Distanta (10)	,078	-,150	,021	,044	-,011	-,157	,039	-,042	,051	,735 ^a					
Timp (11)	-,038	,065	-,046	-,115	-,047	,023	-,142	,122	-,236	-,596	,784 ^a				
Tarife (12)	-,066	-,028	-,037	-,016	,117	-,065	,113	-,118	-,098	-,059	,006	,925 ^a			
preluare_s (13)	-,034	-,137	,134	-,052	,024	,066	-,227	-,027	,160	,078	-,142	-,170	,813 ^a		
Operativitate (14)	,118	,031	-,170	-,012	-,006	-,014	-,053	-,107	-,057	,023	,052	-,017	-,625	,832 ^a	
calit_lucrari (15)	-,233	,108	,059	-,067	,041	,044	,061	-,001	-,233	-,034	-,038	-,071	-,153	-,218	,888 ^a

Pentru testarea unidimensionalității scalei, au fost stabilite valorile prag ale indicatorilor statistici după cum urmează (Field, 2000; Hair et al., 1998; Sava, 2011; Balog, 2011):

- indicele Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) > 0,6;
- varianța totală explicată de factorii extrași > 60 %;
- gradul de comunalitate > 0,4;

- gradul de saturație a elementelor în factori $> 0,6$.

De asemenea, conform recomandărilor din literatura de specialitate (Hair et al., 1998), datele colectate au fost analizate cu softul SPSS Statistics v.21, în vederea verificării condițiilor de aplicabilitate a metodelor de analiză multivariată (lipsa valorilor aberante, normalitatea distribuțiilor).

A. Testarea validității sub-scalelor

Pentru fiecare subscală a fost aplicată analiza factorială exploratorie, pentru testarea unidimensionalității, utilizând metoda verosimilității maxime (Maximum Likelihood) și rotația oblică Direct Oblimin. A fost extras un singur factor pentru fiecare subscală, care explică în fiecare caz mai mult de 60% (valoarea prag) din dispersie (Tabel 5-3). Procentele de dispersie explicată obținute variază de la 63,27% pentru constructul *Promptitudine*, la 85,31% pentru *Calitatea apei*. Excepție face constructul *Sistemul de încasare a contravalorii serviciilor*, care explică un procent de 59,62% din dispersie. Valoarea procentului saturației explicate, precum și indicele KMO indică necesitatea îmbunătățirii acestei subscale.

Tabel 5-3. Rezultatele testului de validare a subscalelor

Variabila/Element	Medie	Abatere standard	Comunalități	Saturații
Calitatea apei (KMO=0,753; saturația explicată: 85,31%)				
<i>Gustul apei</i>	3,63	0,816	0,703	0,934
<i>Culoarea apei</i>	3,54	0,862	0,872	0,878
<i>Mirosul apei</i>	3,59	0,864	0,770	0,838
Disponibilitatea serviciului (KMO=0,616; saturația explicată: 64,73%)				
<i>Presiunea apei</i>	3,90	0,882	0,746	0,860
<i>Continuitatea serviciului</i>	3,98	0,802	0,755	0,864
<i>Ritmul dezvoltării infrastructurii de alimentare cu apă</i>	3,54	0,873	0,441	0,664
Promptitudinea, viteza de reacție (KMO=0,671; saturația explicată: 76,56%)				
<i>Operativitatea intervențiilor</i>	3,92	0,640	0,834	0,918
<i>Solicitudinea preluării solicitărilor cetățenilor</i>	3,83	0,740	0,843	0,913
<i>Calitatea lucrărilor de intervenție</i>	3,53	0,826	0,620	0,787
Calitatea comunicării cu cetățenii (KMO=0,609; saturația explicată: 63,27%)				
<i>Ușurința contactării de către cetățeni a companiei</i>	4,01	0,743	0,780	0,883
<i>Disponibilitatea companiei de a răspunde solicitărilor cetățenilor</i>	3,93	0,773	0,776	0,881
<i>Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate</i>	3,98	0,853	0,402	0,615
Sistemul de încasare a contravalorii serviciilor (KMO=0,549; saturația explicată: 59,62%)				
<i>Distanța până la punctul de încasare</i>	4,13	0,708	0,761	0,885
<i>Timpul de așteptare pentru plată</i>	4,21	0,563	0,784	0,872
<i>Tariful apei</i>	3,09	0,936	0,244	0,492

Gradul de comunalitate pentru fiecare element este mai mare decât valoarea prag de 0,40, variind de la 0,402 pentru *Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate*, la 0,872 pentru *Culoarea apei*. Excepție face elementul *Tariful apei*, a cărui comunalitate este 0,244. Acest element nu îndeplinește criteriul de acceptare nici pentru saturația în factorul extras, a cărui valoare este 0,492.

Celelalte saturații ale elementelor care compun subscalele au valori de la 0,615 pentru *Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate*, la 0,934 pentru *Gustul apei*. Avînd în vedere neîndeplinirea criteriilor de acceptare pentru elementul *Tariful apei*, a fost luată în considerare posibilitatea eliminării acestuia din subscala *Sistemul de încălzire a contravalorii serviciilor*.

B) Testarea fidelității subscalelor

Fidelitatea subscalelor a fost testată calculând coeficientul de consistență internă Cronbach alpha. Valorile obținute pentru fiecare construct sunt mai mari decât valoarea prag de 0,70 (de la 0,704 pentru *Calitatea comunicării cu cetățenii*, la 0,914 pentru *Calitatea apei*), excepție făcând încă o dată constructul *Sistemul de încălzire a contravalorii serviciilor*, a cărui valoare este 0,574 (Tabel 5-4).

Tabel 5-4. Rezultatele testului de fidelitate a subscalelor.

Variabila/Element	Corelația dintre elemente și scorul global
Calitatea apei (Cronbach α = 0,914)	
<i>Gustul apei</i>	0,796
<i>Culoarea apei</i>	0,860
<i>Mirosul apei</i>	0,825
Disponibilitatea serviciului (Cronbach α = 0,737)	
<i>Presiunea apei</i>	0,608
<i>Continuitatea serviciului</i>	0,628
<i>Ritmul dezvoltării infrastructurii de alimentare cu apă</i>	0,495
Promptitudinea, viteza de reacție (Cronbach α = 0,833)	
<i>Operativitatea intervențiilor</i>	0,765
<i>Solicitudinea preluării solicitărilor cetățenilor</i>	0,764
<i>Calitatea lucrărilor de intervenție</i>	0,585
Calitatea comunicării cu cetățenii (Cronbach α = 0,704)	
<i>Ușurința contactării de către cetățeni a companiei</i>	0,610
<i>Disponibilitatea companiei de a răspunde solicitărilor cetățenilor</i>	0,599
<i>Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate</i>	0,453
Sistemul de încălzire a contravalorii serviciilor (Cronbach α = 0,574)	
<i>Distanța până la punctul de încălzire</i>	0,469
<i>Timpul de așteptare pentru plată</i>	0,542
<i>Tariful apei</i>	0,240

Analiza de fidelitate a condus la valori ale indicatorului statistic *Corelația element-scor global* mai mari decât valoarea prag de 0,45, variind de la 0,453 pentru elementul *Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate*, la 0,860 pentru elementul *Culoarea apei*. Și de această dată face excepție elementul *Tariful apei*, care are valoarea 0,240.

5.2.4.2. Testarea validității și fidelității scalei

A. Testarea validității scalei

Luând în considerare varianta eliminării elementului *Tariful apei*, testul de validitate EFA a fost aplicat întregii scale de măsurare, înainte și după eliminarea acestuia din scală. Valoarea scăzută a comunalității elementului (0,393), la aplicarea EFA pentru întreaga scală, indică faptul că, variabila care măsoară gradul de satisfacție privind tariful apei utilizat de compania de apă este puțin influențată de acțiunea comună a factorilor extrași. Se consideră că dispersia care nu este explicată de comunalitate poate fi legată de unicitate, adică de erori și de factori specifici (Sava, 2011). Conținutul elementului este oarecum diferit de celelalte două elemente care definesc constructul *Sistemul de încasare a contravalorii serviciilor*, fiind puțin legat de acesta și de calitatea serviciului de alimentare cu apă în sine. Corelarea tuturor rezultatelor obținute pentru elementul *Tariful apei* a condus la decizia de a elimina elementul din scala de măsurare ca nefiind adecvat.

Tabel 5-5. Rezultatele testului de validare a scalei de măsurare

Element	Medie	Abatere standard	Comunalități
Calitatea serviciului de alimentare cu apă (KMO = 8,22; saturația explicată: 70,12%)			
<i>Gustul apei</i>	3,54	,862	,891
<i>Culoarea apei</i>	3,63	,816	,822
<i>Mirosul apei</i>	3,59	,864	,847
<i>Presiunea apei</i>	3,90	,882	,788
<i>Continuitatea serviciului</i>	3,98	,802	,781
<i>Ritmul dezvoltării infrastructurii de alimentare cu apă</i>	3,54	,873	,423
<i>Operativitatea intervențiilor</i>	3,83	,740	,778
<i>Solicitudinea preluării solicitărilor cetățenilor</i>	3,92	,640	,780
<i>Calitatea lucrărilor de intervenție</i>	3,53	,826	,489
<i>Ușurința contactării de către cetățeni a companiei</i>	4,01	,743	,632
<i>Disponibilitatea companiei de a răspunde solicitărilor cetățenilor</i>	3,93	,773	,628
<i>Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate</i>	3,98	,853	,413
<i>Distanța până la punctul de încasare</i>	4,13	,708	,765
<i>Timpul de așteptare pentru plată</i>	4,21	,563	,781

Analiza suplimentară a întregii scale după eliminarea elementului *Tariful apei* a condus la îmbunătățirea varianței totale explicate, de la 67,448% la 70,116 %. Testul

de sfericitate și valoarea indicelui KMO, au condus la un rezultat semnificativ statistic, indicând analiza factorială, ca fiind potrivită pentru validarea noii scale de măsurare.

Prin analiză factorială, în urma aplicării metodei verosimilității maxime și a rotației Oblimin, pentru noua scală **au fost extrași patru factori și nu cinci** așa cum ne-am fi așteptat, care explică 70,12% din dispersia totală. Saturațiile elementelor în fiecare factor extras sunt prezentate în Tabel 5-6 și arată o grupare diferită a elementelor față de constructul inițial. Elementele *gust*, *culoare* și *miros* se grupează după primul factor, elementele *operativitate intervențiilor*, *solicitudinea preluării solicitărilor*, *ușurința contactării companiei* și *calitatea lucrărilor de intervenție* după al doilea factor, elementele *timp de așteptare pentru plată*, *distanța până la punctul de plată* și *mediatizarea întreruperilor* după cel de-al treilea factor, iar elementele *continuitatea serviciului*, *presiunea* și *ritmul de modernizare a infrastructurii* după cel de-al patrulea factor. Saturarea diferită a celor patru factori în elemente, față de constructul inițial, a indicat **necesitatea redefinirii și reconstruirii scalei de măsurare** (Tabel 5-7).

Tabel 5-6. Rezultatele testului de unidimensionalitate a scalei de măsurare

(Extraction Method: Maximum Likelihood.; Rotation Method: Oblimin with Kaiser Normalization)

Pattern Matrix ^a				
	Factor			
	1	2	3	4
gust	,971			
miros	,857			
culoare	,817			
operativitate		,940		
preluare_s		,930		
contact		,828		
disponib		,685		
calit_lucrari		,678		
timp			,899	
distanța			,757	
anunt			,616	
continuitate				,847
presiune				,796
ritm_modern_a				,602

Astfel, factorul care explică varianța elementelor: *operativitatea intervențiilor*, *solicitudinea preluării solicitărilor cetățenilor*, *calitatea lucrărilor de intervenție*, *ușurința contactării companiei de către cetățeni* și *diponibilitatea companiei de a răspunde solicitărilor cetățenilor* a fost denumit "**Capacitatea de răspuns**" și definește capacitatea companiei de a soluționa prompt problemele legate de furnizarea apei și

modalitatea de tratare a solicitărilor cetățenilor, iar factorul care explică variația elementelor *distanța până la punctul de încasare, timpul de așteptare pentru plată și modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate* a fost denumit *Facilitățile asociate serviciilor* și definește facilitățile create cetățenilor de către companie, pentru asigurarea confortului în relația cu serviciul de alimentare cu apă. Dacă inițial s-a crezut că elementul *modalitatea de mediatizare a întreruperilor* este legat de constructul *Comunicarea cu cetățenii*, faptul că variația acestui element este explicată de un alt factor, cel asociat confortului creat cetățenilor, îi dă o altă interpretare, și anume: eliminarea disconfortului creat de lipsa apei, prin utilizarea tuturor căilor de mediatizare a întreruperilor planificate.

Tabel 5-7. Redefinirea scalei de măsurare

Construct inițial		Construct redefinit	
Variabile	Elementele scalei de măsurare	Variabile	Elementele scalei de măsurare
Calitatea apei	<i>Gustul apei</i>	Calitatea apei	<i>Gustul apei</i>
	<i>Culoarea apei</i>		<i>Culoarea apei</i>
	<i>Mirosul apei</i>		<i>Mirosul apei</i>
Disponibilitatea serviciului	<i>Presiunea apei</i>	Disponibilitatea serviciului	<i>Presiunea apei</i>
	<i>Continuitatea serviciului</i>		<i>Continuitatea serviciului</i>
	<i>Ritmul dezvoltării infrastructurii de alimentare cu apă</i>		<i>Ritmul dezvoltării infrastructurii de alimentare cu apă</i>
Promptitudinea viteza de reacție	<i>Operativitatea intervențiilor</i>	Capacitatea de răspuns	<i>Operativitatea intervențiilor</i>
	<i>Solicitudinea preluării solicitărilor cetățenilor</i>		<i>Solicitudinea preluării solicitărilor cetățenilor</i>
	<i>Calitatea lucrărilor de intervenție</i>		<i>Calitatea lucrărilor de intervenție</i>
Comunicarea cu cetățenii	<i>Ușurința contactării de către cetățeni a companiei</i>	Facilități asociate serviciului	<i>Ușurința contactării de către cetățeni a companiei</i>
	<i>Disponibilitatea companiei de a răspunde solicitărilor cetățenilor</i>		<i>Disponibilitatea companiei de a răspunde solicitărilor cetățenilor</i>
	<i>Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate</i>		<i>Distanța până la punctul de încasare</i>
Sistemul de încasare a contravalorii serviciilor	<i>Distanța până la punctul de încasare</i>		<i>Timpul de așteptare pentru plată</i>
	<i>Timpul de așteptare pentru plată</i>		<i>Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate</i>
	<i>Tariful apei</i>		

Cele două subscale reconstruite au fost testate pentru verificarea validității și fidelității, iar **valorile obținute ale indicatorilor statistici au demonstrat unidimensionalitatea acestor și au fost considerate acceptabile.**

Tabel 5-8. Rezultatele testului de validare pentru subscalele redefinite

Element/construct	Comunalități	Saturație
Capacitatea de răspuns (KMO: ,790; saturația totală explicată: 64,971%)		
<i>Ușurința contactării de către cetățeni a companiei</i>	,635	,797
<i>Disponibilitatea companiei de a răspunde solicitărilor cetățenilor</i>	,604	,777
<i>Solicitudinea preluării solicitărilor cetățenilor</i>	,777	,881
<i>Operativitatea intervențiilor</i>	,769	,877
<i>Calitatea lucrărilor de intervenție</i>	,464	,681
Facilitățile asociate serviciului (KMO: ,652; saturația totală explicată: 64,28%)		
<i>Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate</i>	,429	,655
<i>Distanța până la punctul de încălzire</i>	,700	,837
<i>Timpul de așteptare pentru plată</i>	,799	,894

A. Testarea fidelității scalei

Fidelitatea scalei rafinate a fost testată calculând coeficientul de consistență internă Cronbach alpha. Valoarea obținută pentru constructul *Calitatea serviciului de alimentare cu apă* este mai mari decât valoarea prag de 0,70 (0,877). Analiza de fidelitate a condus la valori ale indicatorului statistic *Corelația element-scor global* mai mari decât valoarea prag de 0,45, variind de la 0,453 pentru elementul *Distanța până la punctul de încălzire*, până la 0,647 pentru elementul *Mirosul apei*.

Tabel 5-9. Rezultatele testului de fidelitate a scalei redefinite.

Variabila/Element	Corelația dintre element și scorul global	Cronbach α dacă elementul este șters
Calitatea serviciului de alimentare cu apă (Cronbach α = 0,877)		
<i>Gustul apei</i>	,629	,864
<i>Culoarea apei</i>	,633	,864
<i>Mirosul apei</i>	,647	,863
<i>Presiunea apei</i>	,456	,874
<i>Continuitatea serviciului</i>	,520	,870
<i>Ritmul dezvoltării infrastructurii de alimentare cu apă</i>	,469	,873
<i>Operativitatea intervențiilor</i>	,604	,866
<i>Solicitudinea preluării solicitărilor cetățenilor</i>	,615	,866
<i>Calitatea lucrărilor de intervenție</i>	,510	,870
<i>Ușurința contactării de către cetățeni a companiei</i>	,574	,867
<i>Disponibilitatea companiei de a răspunde solicitărilor cetățenilor</i>	,576	,867
<i>Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate</i>	,458	,873
<i>Distanța până la punctul de încălzire</i>	,453	,875
<i>Timpul de așteptare pentru plată</i>	,558	,869

Evaluare preliminară a scalei de măsurare *Calitatea serviciului de alimentare cu apă* indică un instrument valid, unidimensional și cu consistență internă.

5.2.5. Statistica descriptivă a datelor și testarea ipotezelor de cercetare.

5.2.5.1 Analize descriptive

Pentru a ilustra variabilitatea scorurilor la nivelul fiecărei dimensiuni, a fost realizată analiza datelor cu scop descriptiv prin intermediul mediei, ca indicator al tendinței centrale, și abaterii standard, ca indicator al împrăștierii datelor.

Răspunsurile cu privire la nivelul de satisfacție a cetățenilor din municipiul Iași, deserviți de către operatorul regional APAVITAL SA, asupra calității serviciului de alimentare cu apă, sunt prezentate în Tabel 5-11 sub formă de frecvențe, procentaje și medii ale scorurilor pentru fiecare element evaluat. Elementele evaluate sunt ordonate după patru factori, care au rezultat în urma analizei exploratorii ca fiind determinanți ai calității percepute de cetățeni.

Analiza statistică descriptivă situează o serie de elemente asociate serviciului de alimentare cu apă în fruntea clasamentului aprecierilor cetățenilor, cu medii ale scorurilor peste 4 (Mulțumit). În ordine descrescătoare a mediilor, acestea sunt prezentate în Tabel 5-10.

Tabel 5-10. Elemente cu medii ale scorurilor de apreciere peste 4 – Mulțumit

Element	Medie	Abaterea standard
1. Timpul de așteptare pentru plata facturilor	4,19	0,617
2. Distanța până la punctul de încasare	4,12	0,733
3. Ușurința contactării de către cetățeni a companiei de apă	4,08	0,703
4. Disponibilitatea cu care compania de apă raspunde solicitărilor cetățenilor	4,00	0,758

Toate celelalte mediile ale scorurilor elementelor evaluate au valori cuprinse în intervalul [3 - 4], cu valori de la 3,56 pentru *ritmul de modernizare a infrastructurii de apă*, la 3,94 pentru *continuitatea serviciului de alimentare cu apă*.

5.2.5.2. Testarea ipotezelor

În cele ce urmează, percepția cetățenilor, asupra calității serviciului de alimentare cu apă realizat de APAVITAL SA, va fi evaluată în funcție de cei patru factori determinanți identificați.

Tabel 5-11. Statistici descriptive pentru cele patru dimensiuni ale scalei și variabilele conexe (N=1067)

Variabila	Foarte nemulțumit		Nemulțumit		Așa și așa		Mulțumit		Foarte nemulțumit		Media	Abaterea standard
	Frecvența	%	Frecvența	%	Frecvența	%	Frecvența	%	Frecvența	%		
Calitatea apei												
Culoarea apei	5	0,5	94	8,8	166	15,6	693	65,0	108	10,1	3,76	0,762
Gustul apei	4	0,4	102	9,7	172	16,4	669	639	100	9,6	3,73	0,777
Mirosul apei	4	0,4	82	7,7	165	15,6	700	66	109	10,3	3,78	0,746
Disponibilitatea serviciului												
Presiunea apei	20	1,9	93	8,7	96	9,0	658	61,7	200	18,7	3,88	0,880
Continuitatea serviciului	18	1,7	78	7,4	66	6,2	698	65,9	199	18,8	3,94	0,824
Ritm modernizare infrastructură apă	30	3,0	141	14,1	156	15,6	580	58,9	91	9,1	3,56	0,945
Capacitatea de răspuns												
Ușurința contactării companiei	11	1,1	32	3,1	54	5,3	690	67,8	230	22,6	4,08	0,703
Disponibilitatea companiei	13	1,3	47	4,7	75	7,5	663	66,7	196	19,7	4,00	0,758
Solicitudinea preluării solicitărilor	9	1,0	45	4,9	83	9,1	645	70,8	129	14,2	3,93	0,716
Operativitatea intervențiilor	14	1,5	59	6,3	104	11,1	626	66,9	133	14,2	3,88	0,784
Calitatea lucrărilor de intervenție	15	1,6	95	10,4	117	12,9	589	64,7	94	10,3	3,74	0,833
Facilități asociate serviciului												
Distanța față de punctul de încălzare	7	0,7	52	4,9	32	3,0	681	564,5	283	26,8	4,12	0,733
Timpul de așteptare pentru plată	4	0,4	23	2,2	21	2,0	714	67,9	289	27,5	4,19	0,617
Modalitate mediatizare întreruperi	13	1,3	113	11,0	81	7,9	624	60,8	196	19,1	3,85	0,896

Din analiza statistică descriptivă a datelor culese, au rezultat medii ale scorurilor celor patru factori determinanți ai satisfacției cetățenilor cu valori de la 3,76 pentru *Calitatea apei potabile*, la 4,10 pentru *Facilitățile asociate serviciului de alimentare cu apă* (Tabel 5-12), valori situate peste nivelul de neutralitate 3.

Tabel 5-12. Mediile scorurilor factorilor determinanți ai gradului de satisfacție a cetățenilor (N = 1067)

Factori	Media	Abaterea standard a subscalei
Calitatea apei potabile	3,76	2,114
Disponibilitatea serviciului de alimentare cu apă	3,79	2,129
Capacitatea de răspuns a companiei de apă	3,93	3,162
Facilitățile asociate serviciului de alimentare cu apă	4,10	1,778

Putem concluziona, prin urmare că, în general, cetățenii din municipiul Iași sunt mulțumiți de calitatea serviciilor de alimentare cu apă oferite de către APAVITAL SA, iar ipoteza nulă H_{01} , conform căreia, *cetățenii din municipiul Iași, în general, nu sunt satisfăcuți de calitatea serviciului de alimentare cu apă oferit de APAVITAL SA, este respinsă; este susținută ipoteza alternativă H_1 : cetățenii din municipiul Iași, în general, sunt mulțumiți de calitatea serviciului de alimentare cu apă oferit de APAVITAL SA.*

Pentru testarea celorlalte ipoteze vom investiga dacă există influențe între factori și variabilele independente (zona de rezidență, tipul de locuință, categoria de vârstă), cu ajutorul tehnicii ANOVA (*one-way analysis of variance*).

Adecvarea aplicării acestei tehnici este verificată folosind criteriile privind egalitatea numărului de subiecți și omogenitatea dispersiei în grupele de cercetare. În acest sens a fost aplicat testul Levene pentru fiecare grup și factor în parte.

Grupele de cercetare, pentru testul de față, au fost definite în funcție de variabilele independente luate în considerare în cadrul studiului și sunt prezentate în Tabel 5-13.

Tabel 5-13. Definirea grupelor de cercetare în funcție de variabilele independente

Variabila independentă	Grupe					
Zona de rezidență	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Tipul de locuință	Casă		P+4		P+10	
Categoria de vârstă	Sub 25 ani		25-40 ani		Peste 40 ani	

A) Testarea diferențelor între percepțiile cetățenilor din diferite sectoare ale orașului, sub aspectul calității serviciului de alimentare cu apă

Din rezultatele testului de comparație între percepțiile cetățenilor din diferite sectoare ale orașului, sub aspectul calității percepute a serviciului de alimentare cu apă (prezentate în Anexa 2) putem concluziona următoarele:

- Elementele care generează diferențe semnificative, în ceea ce privește gradul de satisfacție a cetățenilor din diferite sectoare ale orașului, asupra calității serviciului de alimentare cu apă sunt:
 - Presiunea apei potabile la robinet;
 - Continuitatea furnizării apei potabile;
 - Modalitatea de mediatizare a întreruperilor planificate.
- Percepția cetățenilor cu privire la *Disponibilitatea serviciului de alimentare cu apă* (componentă a serviciului de bază) și *Facilitățile asociate serviciului* (componentă a serviciilor auxiliare) sunt influențate semnificativ de zona de rezidență a cetățenilor.

Prin urmare, **ipoteza nulă H_{04}** : *Nu există diferențe între cetățenii din diferite sectoare ale orașului sub aspectul calității percepute a serviciului de alimentare cu apă – este respinsă; se susține ipoteza alternativă H_4 : există diferențe între cetățenii din diferite sectoare ale orașului, sub aspectul calității percepute a serviciului de alimentare cu apă.*

B) Testarea diferențelor între percepțiile cetățenilor, sub aspectul calității serviciului de alimentare cu apă, după tipul de locuință

Rezultatele testului de comparație între percepțiile cetățenilor care locuiesc la case, față de cei care locuiesc la blocuri cu patru, respectiv zece etaje, sub aspectul calității percepute a serviciului de alimentare cu apă (prezentate în Anexa 2), indică următoarele aspecte:

- Elementele care generează diferențe semnificative, în ceea ce privește gradul de satisfacție a cetățenilor asupra calității serviciului de alimentare cu apă sunt: *gustul și mirosul apei*;
- Percepția cetățenilor cu privire la *Calitatea apei potabile* (componentă a serviciului de bază) este influențată semnificativ de tipul de locuință.

Prin urmare, **ipoteza nulă H_{05}** : *Nu există diferențe între cetățenii de la blocuri cu patru, respectiv zece etaje și cei de la case, sub aspectul calității percepute a serviciului de alimentare cu apă – este respinsă; se susține ipoteza alternativă H_5 : există diferențe între cetățenii de la blocuri cu patru, respectiv zece etaje și cei de la case, sub aspectul calității percepute a serviciului de alimentare cu apă.*

C) Testarea diferențelor între percepțiile cetățenilor, sub aspectul calității percepute a serviciului de alimentare cu apă, după categoria de vârstă

Din rezultatele testului de comparație între percepțiile cetățenilor cu vârste sub 25 ani și cei cu vârste între 25 – 40 ani, respectiv peste 40 ani, sub aspectul calității percepute a serviciului de alimentare cu apă (prezentate în Anexa 2) reiese că:

- Elementele care generează diferențe semnificative, în ceea ce privește gradul de satisfacție a cetățenilor asupra calității serviciului de alimentare cu apă sunt:
 - presiunea apei potabile
 - continuitatea furnizării apei potabile;
 - calitatea lucrărilor de intervenție în cazul intervențiilor neplanificate.
- Percepția cetățenilor cu privire la *Disponibilitatea serviciului de alimentare cu apă* (componentă a serviciului de bază) este influențată semnificativ de categoria de vârstă;
- Percepția cetățenilor cu privire la *Capacitatea de răspuns a companiei* (componentă a serviciilor auxiliare) este influențată semnificativ de categoria de vârstă.

Prin urmare, **ipoteza nulă H_{06} : Categoria de vârstă a cetățenilor nu influențează semnificativ gradul de satisfacție față de serviciul de alimentare cu apă – este respinsă; se susține ipoteza alternativă H_6 : Categoria de vârstă a cetățenilor influențează semnificativ gradul de satisfacție față de serviciul de alimentare cu apă.**

Reprezentarea sub formă matricială (Fig. 5-2) a relațiilor dintre variabilele independente luate în considerare în evaluare (zona de rezidență, tipul de locuință și categoria de vârstă) și elementele care compun obiectul activității companiei de apă, determinante ale gradului de satisfacție a cetățenilor, evidențiază clar zonele de intersecție cu influență semnificativă asupra percepției cetățenilor privind calitatea serviciului de alimentare cu apă. Se remarcă faptul că, atât componentele serviciului de bază, evaluate prin setul de parametri fizici măsurabili ai aspectelor concrete ale serviciului, cât și cele ale serviciilor auxiliare, cu un nivel mai ridicat de interacțiune între furnizorul serviciului și cetățean, dar mai scăzut de tangibilitate, influențează semnificativ gradul de satisfacție a cetățenilor față de serviciul de alimentare cu apă.

Prin urmare, putem concluziona:

- **Ipoteza nulă H_{02} : Calitatea serviciului de bază nu influențează semnificativ gradul de satisfacție a cetățenilor față de serviciul de alimentare cu apă – este respinsă; se susține ipoteza alternativă H_2 : Calitatea serviciului de bază influențează semnificativ gradul de satisfacție a cetățenilor față de serviciul de alimentare cu apă;**

- **Ipoteza nulă H_{03} :** *Calitatea serviciilor auxiliare nu influențează semnificativ gradul de satisfacție a cetățenilor față de serviciul de alimentare cu apă – este respinsă; se susține ipoteza alternativă H_3 :* *Calitatea serviciilor auxiliare influențează semnificativ gradul de satisfacție a cetățenilor față de serviciul de alimentare cu apă*

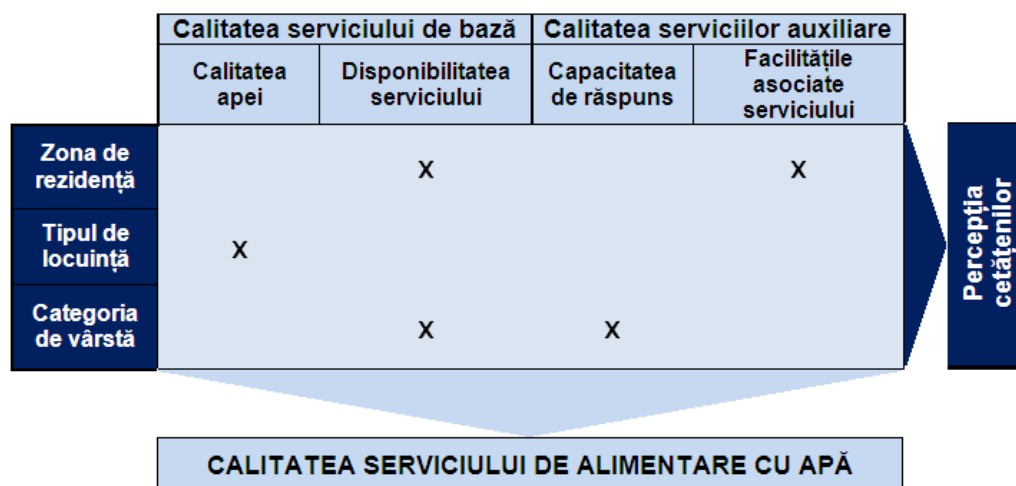


Fig. 5-2 Matricea influențelor variabilelor independente asupra percepției cetățenilor privind calitatea serviciului de alimentare cu apă

5.2.6. Rezultatele studiului

Rezultatele testelor statistice realizate pentru datele culese pe baza chestionarului de cercetare, prin anchetă socială, pe un număr de 1067 subiecți, persoane fizice din diferite sectoare administrative ale municipiului Iași, au fost ilustrate sub forma unui tablou sinoptic în Fig. 5-3. Au fost reprezentate sugestiv, cu plusuri, dimensiunile activității companiei care generează satisfacție, și cu minusuri, acelea ale căror performanță trebuie îmbunătățită.

Prin analiza și aparatul statistico-matematic ce o susține, se evidențiază următoarele aspecte:

- Gradul de satisfacție a cetățenilor cu privire la calitatea serviciului de bază, în funcție de zona de rezidență, este determinat de presiunea apei la robinet și continuitatea furnizării serviciului, și nu de calitatea apei potabile, continuitatea furnizării serviciului fiind un element de nemulțumire în mai multe sectoare ale orașului.
- Se remarcă în mod deosebit sectorul S5, unde cetățenii sunt nemulțumiți, atât de presiunea apei, cât și de continuitatea furnizării serviciului de alimentare cu apă.

La polul opus se situează sectorul S2 în care cetățenii sunt mulțumiți de cele două aspecte care definesc disponibilitatea serviciului.

		Variabile independente											
		Zona de rezidență						Tipul de locuință			Categorია de vârstă		
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	Casa	P+4	P+10	<25	25-40	>40
Variabile dependente	Calitatea serviciului de bază	Calitatea apei potabile											
		Culoarea apei											
		Gustul apei						+	-	-			
		Mirosul apei						+	-				
		Disponibilitatea serviciului											
		Presiunea apei		+	+		-					-	+
		Continuitate		+	-	-	-					-	+
		Ritm modernizare										-	+
	Calitatea serviciilor auxiliare	Capacitatea de răspuns											
		Ușurința contact											
		Disponibilitatea											
		Solicitudinea											
		Operativitatea											
		Calitatea lucrărilor										-	+
		Facilitățile asociate serviciului											
		Distanța											
		Timp așteptare											
		Mediatizarea	+	+			-	+					

Fig. 5-3 Tablou sinoptic asupra rezultatelor studiului de măsurare a satisfacției cetățenilor din municipiul Iași

- Corelând rezultatele testelor de comparație a percepției cetățenilor privind disponibilitatea serviciului, în funcție de zona de rezidență, cu cele ale testelor de comparație în funcție de categoria de vârstă, putem remarca că, percepțiile cu privire la disponibilitatea serviciului de alimentare cu apă sunt influențate și de vârsta cetățenilor, persoanele cu vârste între 25 și 40 de ani fiind semnificativ mai nemulțumite de presiunea apei și continuitatea furnizării serviciului, decât persoanele peste 40 de ani.
- Poate fi evidențiat, de asemenea, faptul că, gradul de nemulțumire al cetățenilor din sectorul S5, sub aspectul disponibilității serviciului, poate fi generat și de lipsa de mediatizare a întreruperilor planificate, aceștia exprimându-și nemulțumirea și în acest sens.

- În același timp, cetățenii din sectorul S6, chiar dacă sunt mulțumiți de modalitățile de mediatizare a întreruperilor planificate, își exprimă nemulțumirea cu privire la continuitatea furnizării apei.
- Aspectele asociate calității apei potabile, respectiv gustul și mirosul apei, generează nemulțumire locuitorilor de la blocuri, în contrast cu cei de la case, care se declară mulțumiți.

5.2.7. Recomandări de îmbunătățire

Plecând de la principalul element de nemulțumire a cetățenilor, în relația cu serviciul de alimentare cu apă din Municipiul Iași, respectiv continuitatea furnizării apei potabile, am constatat din rezultatele testelor realizate că, generarea insatisfacției cetățenilor poate fi asociată, sau nu, modalităților de avertizare asupra întreruperilor de apă.

În primul caz, pentru o analiză mai profundă a fenomenului, poate fi luată în considerare forța scăzută de penetrare, în rândul populației, a căilor de mediatizare utilizate de compania de apă, situație în care se justifică investigarea și comutarea centrului de greutate pe mijloacele de informare "agreate" de cetățeni, de exemplu: prin intermediul asociației de proprietari, de la avizierul de bloc, din presa scrisă, radio, pagina web a societății, etc.

În cel de-al doilea caz, cel al existenței nemulțumirilor legate de întreruperea apei potabile chiar dacă cetățenii au fost informați cu privire la acest eveniment, se evidențiază necesitatea transparentizării programelor de investiții derulate de către societate, cu identificarea și exprimarea clară a obiectivelor comune și beneficiilor acestor demersuri.

Astfel, se evidențiază, încă o dată, una dintre provocările companiei APAVITAL SA în realizarea unui serviciu de alimentare cu apă orientat către cetățeni, și anume: dezvoltarea și consolidarea relațiilor de colaborare cu populația, în sensul în care aceasta trebuie să fie mai mult decât informare și aprobare, ci educare și conștientizare pentru a reflecta asupra propriilor nevoi, precum și consultare și implicare în luarea deciziilor și identificarea de soluții eficiente.

Concluzii generale

Cercetările realizate pentru elaborarea tezei de doctorat cu titlul ”**Studii privind abordarea integrată a sistemelor de alimentare cu apă**” au avut ca **obiectiv general** studiul posibilităților de implementare a unui cadru de management integrat a sistemelor de alimentare cu apă, cu scopul creșterii performanței serviciilor de apă, în care performanța este privită prin prisma atingerii unui grad maxim al satisfacției cetățenilor, utilizând un set de instrumente tehnico-manageriale, în relație cu nevoile și cerințele acestora.

Pentru realizarea acestui obiectiv, a fost studiată și analizată posibilitatea dezvoltării și integrării unor instrumente tehnico-manageriale pentru măsurarea conceptului de calitate în cadrul sistemelor de alimentare cu apă, în vederea creșterii performanței și eficienței serviciului de alimentare cu apă.

Rezumatul contribuțiilor originale:

- În cadrul lucrării, **sistemul de alimentare cu apă**, cu elementele care îl definesc (captarea, tratarea și distribuția apei), **este abordat într-un mod original, în manieră integrată, multidimensională**, prin implicarea în analiza efectuată, a dimensiunilor: **tehnologică și legislativă** (abordarea într-un mod integrat a aspectelor care vizează eficientizarea tehnologiilor de tratare și a distribuției apei, cu cerințele legislative de calitate); **instituțională** (organizarea și capacitatea instituțională a furnizorului serviciului de alimentare cu apă); **spațială** (apa, de la sursă la robinetul cetățeanului), precum și dimensiunea **socială** (evaluarea calității apei și a calității serviciului de alimentare cu apă, în raport cu nevoile, cerințele și așteptările cetățenilor);
- Cercetările realizate aduc **contribuții importante la instrumentarul metodologic** propus **pentru evaluarea și măsurarea calității în cadrul sistemelor de alimentare cu apă**, fiind analizate, în acest sens:
 - **Multiple aplicații ale sistemelor de monitorizare on-line**: supravegherea calității apei și alarmare în caz de poluare, la captarea din sursa de apă; investigarea modificărilor de calitate a apei potabile și identificarea zonelor de intervenție, în rețeaua de distribuție;
 - Evaluarea calității apei prin intermediul **indicelui de calitate a apei**, care permite exprimarea componentei calitative a resurselor de apă, și acoperirea

lacunelor de comunicare din rândul specialiștilor, către factorii de decizie din diferite domenii (economic, politic, social etc.), sau către publicul larg;

- Măsurarea calității serviciilor de alimentare cu apă cu ajutorul **modelelor conceptuale**, care permit managementului să identifice problemele legate de calitate și, astfel, să planifice acțiunile necesare în cadrul programelor de îmbunătățire a calității.
- Este propus un **model original de calcul a indicelui de calitate a apei**, aplicabil datelor culese prin intermediul sistemelor de monitorizare on-line. Până în prezent, pentru calcularea indicilor de calitate a apei au fost utilizate numai valorile obținute experimental, ale concentrațiilor unui număr de diferite variabile de calitate a apei (fizice, chimice sau biologice), măsurate în cadrul programelor naționale, regionale și locale de monitorizare, pe probe prelevate manual, de obicei lunar sau anual, în funcție de cerințele legislației în vigoare. Modelul propus în cadrul tezei ține cont de **particularitățile sistemelor de monitorizare on-line** pentru a traduce datele complexe înregistrate, privind calitatea apei, în informații în timp real, prin intermediul indicilor, atât ca instrument de comunicare pentru populație, cât și ca instrument pentru control operațional, privind adecvarea apei pentru diverse folosințe (în studiul realizat, pentru potabilizare);
- Este prezentată **o abordare originală a evaluării performanței serviciilor de alimentare cu apă**, prin aplicarea în practică, în contextul serviciului public de apă, a unui instrument de analiză specific cercetării sociologice, care permite măsurarea, explicarea și identificarea posibilelor soluții, cu privire la îmbunătățirea calității serviciului de alimentare cu apă oferit cetățenilor. Aspectele importante, de noutate, ale studiului sunt legate de:
 - **dimensiunile specifice calității serviciului de alimentare cu apă**, care sunt asociate satisfacției cetățenilor, și anume: elementele tangibile - componentele serviciului de bază, evaluate prin setul de parametri fizici măsurabili ai aspectelor concrete ale serviciului, și cele ale serviciilor auxiliare, cu un nivel mai ridicat de interacțiune între furnizorul serviciului și cetățean, dar mai scăzut de tangibilitate;
 - **proiectarea instrumentului de măsurare în sensul generării de informații** precise și corecte pe care să se bazeze performanțele sistemului și măsurile de îmbunătățire.

Rezultate cercetării

Studiile realizate privind proiectarea și implementarea unui sistem de monitorizare on-line a calității apelor de suprafață (prezentate în studiul de caz I) au condus la următoarele concluzii:

1. Investigarea surselor majore de poluare, în amonte de captarea pentru alimentarea municipiului Iași și a Zonei Metropolitane, și evaluarea impactului acestora asupra calității apei râului Prut, pe baza informațiilor disponibile cu privire la conținutul de substanțe periculoase în sursa de apă, precum și a rezultatelor obținute din analiza completă (sceening) a compușilor organici prioritar periculoși, pentru probele de apă prelevate din puncte relevante pe râul Prut, au scos în evidență necesitatea analizării unor matrici din ce în ce mai complexe, pentru cunoașterea întregului potențial toxic și periculos al substanțelor existente în sursele de apă, care trebuie eliminate complet prin procesul de tratare, înainte de distribuția apei.

2. Configurația unui sistem de monitorizare on-line a calității apei la sursa de alimentare cu apă potabilă, care are rol de supraveghere a calității apei și alertare în caz de poluare, trebuie astfel proiectată, încât să permită detectarea oricărui tip de poluant nou, care ar putea pune în pericol, fie siguranța aprovizionării cu apă potabilă, fie procesul de tratare. Astfel, în premieră în România, a fost conceput un sistem de monitorizare integrat, care combină monitorizarea pe bază de efect de toxicitate (bio-monitorizarea) cu monitorizarea convențională, permițând astfel, atât detectarea unui spectru larg de contaminanți sau efecte toxice, cât și obținerea de date cantitative privind calitatea apei.

3. Implementarea cadrului propus pentru managementul captărilor de apă, prin: aplicarea sistemelor de monitorizare on-line a calității apei brute, definirea pragurilor de alertă în funcție de calitatea sursei de apă, tehnologia de tratare existentă și eficiența acesteia, și conceperea de planuri de operare în regim critic a sistemului de captare și a stației de tratare, poate constitui o soluție avantajoasă, pentru asigurarea calității apei potabile, cu consumuri specifice cât mai mici, în comparație cu investițiile de anvergură realizate pentru modernizarea și re tehnologizarea stațiilor de tratare.

Referitor la studiile privind proiectarea unui indice de calitate a apei aplicabil sistemelor de monitorizare on-line (prezentate în studiul de caz II), pot fi menționate următoarele concluzii:

1. Agregarea datelor complexe înregistrate de sistemele de monitorizare on-line, privind calitatea apei, într-un indice de calitate a apei, permite detectarea de episoade

punctuale de poluare, care ar rămâne ascunse atunci când se lucrează doar cu date discontinue, deși ar putea avea un impact semnificativ asupra calității corpului de apă, și traducerea acestor date în informații în timp real, cu privire la adecvarea apei pentru diverse folosințe (în studiul realizat, pentru potabilizare);

2. Modelul de calcul propus, care are la bază indicele de calitate a apei, CCME-WQI, preia din flexibilitatea acestuia în alegerea indicatorilor și obiectivelor de calitate, ceea ce permite includerea unor variabile suplimentare în modelul de calcul, pentru a se adapta și aborda probleme specifice de calitate a apei, astfel încât să reflecte cu acuratețe calitatea reală a corpului de apă evaluat;

3. Totodată, modelul de calcul propus ia în considerare ponderea de importanță a fiecărei variabile selectată pentru evaluare, corectând neajunsurile identificate în cazul aplicării indicelui de calitate CCME-WQI, cu privire la ambiguitate și eclipsare. În cazul modelului indicelui ponderat propus, indicatorii cu impact diferit asupra calității apei vor avea contribuții diferite la calculul indicelui de calitate, ceea ce asigură o acuratețe mai mare a evaluării calității apei.

Studiile realizate pentru dezvoltarea unei aplicații privind investigarea modificărilor calității apei potabile în rețeaua de distribuție, prin intermediul unui sistem de monitorizare on-line (prezentate în studiul de caz III), au condus la următoarele concluzii:

1. Aplicarea supravegherii în timp real, continuu, a turbidității apei potabile în rețeaua de distribuție, prin intermediul sistemului de monitorizare on-line, poate genera informații cu privire la eficiența tehnologiilor de tratare și calitatea apei potabile, produsă și distribuită, cu scopul identificării zonelor de intervenție și întocmirii/ajustării planurilor de acțiune, precum și a dezvoltării și implementării de activități integrate, în vederea optimizării tratării și a distribuției apei potabile, respectiv a soluționării problemelor privind neconformarea calității apei potabile la reglementările legale;

2. Generarea de informații, cu ajutorul datelor înregistrate de sistemele de monitorizare on-line poate asigura o bună cunoaștere, cu privire la modificările de calitate în diferite locații din rețeaua de distribuție. Cunoașterea și înțelegerea proceselor care determină modificarea calității apei potabile în rețeaua de distribuție nu va duce la o îmbunătățire imediată a calității apei furnizare, dar va oferi posibilitatea prioritizării zonelor de intervenție și luării măsurilor eficiente pentru optimizarea tratării și a distribuției apei potabile. În acest caz, elaborarea unui plan de acțiuni este o

măsură necesară pentru a remedia problemele identificate la nivelul stației de tratare sau a rețelei de distribuție.

3. Integrarea sistemelor de monitorizare on-line în cadrul sistemelor de management a calității apei potabile reprezintă un pas important care ar trebui realizat de către orice companie de apă, în vederea furnizării unei ape potabile care să satisfacă atât cerințele legale, cât și pe cele ale cetățenilor.

În cazul studiilor privind capacitatea instituțională a operatorilor de apă pentru realizarea serviciilor de alimentare cu apă (prezentată în studiul de caz IV), analiza este realizată pentru compania de apă APAVITAL SA și se concentrează pe principalele provocări și răspunsuri ale acesteia, în abordarea obiectivelor de mediu și de dezvoltare, stabilite de noua legislație a UE. Acestea sunt legate de îmbunătățirea ratei de conectivitate a populației din mediul rural la serviciile de apă și de canalizare, odată cu îmbunătățirea eficienței tehnice și economice a furnizorului de servicii de apă prin modernizarea sistemelor de producție existente.

Reorganizarea sectorului de alimentare cu apă printr-un proces de regionalizare reprezintă cel mai important răspuns la realizarea acestor obiective, dar acest proces a adăugat o serie de provocări importante pentru operatorii regionali. De asemenea, analiza evidențiază domeniile care trebuie îmbunătățite pentru a asigura cu succes obiectivele de mediu, și acestea se referă, în mod special, la asigurarea unei cooperări strânse cu agențiile de finanțare și dezvoltare, precum și îmbunătățirea relațiilor de cooperare funcționale cu alte părți interesate în gestionarea resurselor de apă și dezvoltarea regională.

Referitor la studiile privind elaborarea unei metodologii de evaluare a performanței serviciului de alimentare cu apă, prin măsurarea percepției cetățenilor cu privire la calitate (Prezentate în studiul de caz V), pot fi menționate următoarele concluzii:

1. Aplicarea în practică, în contextul serviciului public de apă, a unui instrument de analiză specific cercetării sociologice, este o abordare originală a evaluării performanței serviciilor de alimentare cu apă, care permite măsurarea, explicarea și identificarea posibilelor soluții, cu privire la îmbunătățirea calității serviciului de alimentare cu apă oferit cetățenilor.

2. Măsurarea percepției cetățenilor, cu privire la calitatea serviciului de alimentare cu apă, este prezentată ca modalitate de implicare a acestora în procesul de identificare a direcțiilor de îmbunătățire și de creștere a performanței serviciului. Ca în

cazul oricărei tehnici de măsurare, un aspect esențial în sensul atingerii scopului de îmbunătățire a calității este ***proiectarea instrumentului de măsurare în sensul generării de informații***. Prin urmare, este necesară obținerea unor date și informații precise și corecte pe care să se bazeze performanțele sistemului și măsurile de îmbunătățire. În cazul măsurării satisfacției cetățenilor, această necesitate este legată în mod esențial de identificarea principalilor factori care influențează percepția privind calitatea, precum și de verificarea, din punct de vedere metodologic și statistic, a instrumentului de măsurare.

3. Trebuie menționat, de asemenea, faptul că, deși din punct de vedere științific, un instrument complex, cu mai multe variabile, care să ofere o imagine mai completă asupra serviciului de alimentare cu apă, este de preferat, din punct de vedere practic, este recomandat un instrument mai simplu, adaptat scopului de măsurare. În acest sens, studiul realizat nu este nici pe departe epuizat, oricare altă variabilă adăugată studiului, generând noi ipoteze de cercetare, a căror elucidare poate contribui la îmbogățirea cunoașterii unui domeniu atât de important pentru creșterea calității vieții.

Bibliografie selectivă

- Abbasi, T., Abbasi, S.A., (2012), Water quality indices, Elsevier, ISBN: 978-0-444-54304-2
- Balog, A., (2011), Testing a multidimensional and hierarchical quality assessment metod for digital libraries, *Studies in informatics and control*, vol. 20, nr. 3, September 2011
- Barjoveanu G., **Dăscălescu I.G.**, Teodosiu C., (2011), Institutional capacity assessment for water and wastewater management: a case-study for Iasi County, Romania, *Proceedings of the 3rd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2011) & SECOTOX Conference*, 19-24 June 2011, Skiathos Greece, 213 – 218;
- Căilean D., Teodosiu C., Bârjoveanu G., **Dăscălescu I.G.**, Pintilie L., Păduraru C., (2014), **Technical and economical performances of ultrafiltration applied to municipal wastewater effluents**, *în curs de publicare la revista Desalination and Water Treatment*;
- Dăscălescu, I. G.**, Cohl M., Teodosiu C. (2011), Investigation of drinking water quality changes in the distribution network of Iasi city by means of an on-line monitoring system, *Environmental Engineering and Management Journal*, vol. 10, no. 11, p.1609-1800;
- Dăscălescu, I. G.**, (2011) Pilot 'development of an intake management system for the Prut and Moldova River in Iași, Romania, *Romaqua* (ISSN, 1453-6986), Anul XVII, vol. 77, no. 5/2011, p 6-16;
- Dăscălescu, I.G.**, Bârjoveanu, G. Ungureanu, F. Teodosiu, C., (2014), Development of a versatile water quality index for water supply applications, *în curs de publicare*;
- EU DWD, (1998), Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the Quality of water intended for human consumption, *Official Journal of the European Communities*, L 330/32.
- EUPAN, (2009), Îndreptar European asupra Managementului Satisfacției Clientului
- Field, A., (2000), Discovering Statistics using SPSS for Windows. London: Sage Publications.
- Grönroos, C., (1984), A service quality model and its marketing implications, *European Journal of Marketing*, vol. 18, no. 4, pp. 36 – 44;
- Hair, J. F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C. (1998), Multivariate data analysis (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- ILF Consulting Engineers, Ingineure, H., (2009) *Iasi County Feasibility Study in the Wastewater and Dinking Water Sector*, Iasi.
- Jaba, E., Grama, A., (2004), Analiza statistică cu SPSS sub Windows, Editura Polirom, Iași, ISBN: 973-681-609-5;

- Jemna, D.V., (2006), Criterii de alegere a unei metode de sondaj în cercetarea statistică, *Analele științifice ale Universității "Alexandru Ioan Cuza" din Iași*, Tomul LII/LIII, Științe Economice 2005/2006
- Kirmeyer G.J., Friedman M., Clement J., Sandvig A., (2000), *Guidance Manual for Maintaining Distribution System Water Quality*, Kirmeyer G.J. (Ed.), AWWA Research Foundation and American Water Works Association, Denver, USA;
- Le Chevallier M.W., Babcock T.M, Lee R.J., (1987), Examination and characterization of distribution system biofilms, *Applied and Environmental Microbiology*, 53, 2714 – 2724.
- Madrigal, R; Alpízar, F, Schlüter, A. (2010). Determinants of performance of community based drinking water organizations in rural Costa Rica.
- Opariuc-Dan, C., (2011), *Statistică aplicată în științele socio-umane*, Analiza asocierilor și a diferențelor statistice, Constanța, august 2011;
- Popa, D.E., (2012), *Mecanisme administrative și economice de evaluare a performanței serviciilor publice locale*, teză de doctorat, Școala Națională de Studii Politice și Administrative, Facultatea de Administrație Publică, București;
- Prokopy, L.S., (2005), The Relationship Between Participation and Project Outcomes: Evidence From Rural Water Supply Projects in India, *Food and Water Security*, 33:1801-1819
- Rushton, A.M., Carson, D.J., (1985), The Marketing of Services: Managing the Intangibles, *European Journal of Marketing*, Vol. 19 Iss: 3, pp.19 - 40
- Sava, F., (2011), *Analiza datelor în cercetarea psihologică*, Ed. A 2-a, rev., Cluj Napoca, Editura ASCR, 2011, ISBN 978-606-8244-23-5
- Stephenson G., (1989), *Removing Loose Deposits from Water Mains: Operational Guidelines*, W.R. Centre, Swindon, UK.
- Tănase, F., Popa. L., (2009), *Lucii de apă de pe raza municipiului Timișoara – un patrimoniu albastru neeploatat*, workshop;
- Teodosiu C, (2001), *Tehnologia apei potabile și industriale*, Matrix Rom Publishing House, Bucharest, 2001.
- Teodosiu C., Stanciu, Petrea M, (2001), Evaluation of drinking water quality and quantity in the city of Iasi, Romania, *European Water Management*, 4, 33-42.
- Teodosiu, C., (2007). Challenges for Integrated Water Resources Management in Romania. *Environmental Engineering and Management Journal*, 6 (5), 363-374.
- Teodosiu, C., Cojocariu, C., Musteret, C. P., **Dăscălescu, I. G.**, Caraene, I., (2009). Assessment of Human and Natural Impacts over Water Quality in the Prut River Basin, Romania. *Environmental Engineering and Management Journal*, 8 (6), 1439-1450.

- Teodosiu, C., Bârjoveanu, G., (2011), Managementul integrat al mediului, Ed. A 3-a rev., Editura Ecozone, Iași, ISBN 978-973-7645-82-1;
- 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
- Teodosiu, C., Barjoveanu G., Robu, B., Ene S.A. (2012) Sustainability in the water use cycle: Challenges in the Romanian Context, *Environmental Engineering and Management Journal* 11 (2012), 11, 1987-2000
- Terrado, M., Borrell, E., S. de Campos, Barcelo, D., Tauler, R., (2010), Surface water-quality indices for the analysis of data generated by automated sampling networks, *Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 29, No. 1, 2010;
- US EPA, (2005), Technologies and Techniques for Early Warning Systems to Monitor and Evaluate Drinking Water Quality: A State-of-the-Art Review, Office of Research and Development, National Homeland Security Research Center, EPA/600/R-05/156, Washington, DC, USA.
- van der Kooij D., (2000), Biological stability: A multidimensional quality aspect of treated water, *Water, Air, Soil Pollution*, 123, 25–34.
- Verberk J.Q.J.C., Vreeburg J.H.G., Rietveld L.C., van Dijk J.C., (2009), Particulate fingerprinting of water quality in the distribution system, *Water SA*, 35, (Special WISA 2008 edition), 192-199.
- Vreeburg J., (2007), *Discolouration in Drinking Water Systems: A Particular Approach*, PhD thesis, Technical University of Delft, Netherlands.
- WWF Scotland, (2001), Securing Ownership and Participation in the Water Framework Directive. WWF, Scotland. <http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/wfdownership.pdf>
- Zubcov, E., Bagrin. N., Ungureanu. L., Bilețchi, L., Borodin, N., Bogonin, Z., (2011), Dinamica indicilor hidrochimici și calitatea apei râului Prut;
- ***Comisia Europeană, Directiva Cadru a Apei (EC Water Framework Directive), 2000
- ***Comisia Europeană, Council Directive 75/440/EEC of 16 June 1975 concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States
- ***Comisia Europeană, Council Directive 79/869/EEC of 9 October 1979 concerning the methods of measurement and frequencies of sampling and analysis of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States
- ***Comisia Europeană, Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption
- ***Plan de management al Direcției de Apă Prut, 2008

- ***Sinteza calității apei pe bazinul hidrografic Prut-Bârlad, Direcția Apelor Prut, 2004; 2005; 2006; 2007
- ***Legea nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile - republicată în 2011 (M. O. nr. 875 din 12 decembrie 2011)
- ***Legea nr. 311/2004 pentru modificarea și completarea Legii nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile (M.O. nr. 582 din 30 iunie 2004)
- ***Ordinul nr. 161 din 16 februarie 2006 pentru aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă
- ***Normativul din 16 februarie 2006 privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă (M.O. nr. 511 din 13 iunie 2006)
- ***Norme de calitate NTPA-013 din 7 februarie 2002 pe care trebuie să le îndeplinească apele de suprafață utilizate pentru potabilizare
- ***Normativ NTPA-014 din 7 februarie 2002 privind metodele de măsurare și frecvența de prelevare și de analiză a probelor din apele de suprafață destinate producerii de apă potabilă
- ***Norma din 15 iunie 2004 de supraveghere, inspecție sanitară și monitorizare a calității apei potabile (M.O. cu nr. 669 din 26 iulie 2004)
- ***Kiwa N.V. Water Research, „A short evaluation of the Scan Spectrolyser”, BTO 2005.02;
- *** Proiectul de evaluare pentru sistemele naționale de apă-canal derulat de Republica Moldova (E1823, Raport Final, 5 martie 2008)
- ***MicroLan, „ToxControl – user manual v.02”, 2010.
- ***Apavital, 2012, Raport tehnic
- ***Apavital, 2010, Raport de performanță
- ***Apavital, 2007, Raport privind măsurarea satisfacției clienților RAJAC Iași. Sondaj de opinie realizat în perioada 17 martie – 5 aprilie pe raza Municipiului Iași
- ***SR EN ISO 7027 – Determinarea turbidității
- ***<http://www.apavital.ro>
- ***<http://www.rowater.ro/daprut>
- ***<http://chernivtsi.eu>

Prezentarea activității științifice

Articole/studii publicate în reviste de specialitate, de circulație internațională, cotate ISI cu factor de impact (I.F.= Impact Factor) - 4 lucrări (două în curs de publicare):

1. Teodosiu C., Cojocariu C., Musteret C. P., **Dascalescu I.G.**, Caraene I., (2009), **Assessment of water quality in the Prut river basin, Romania**, *Environmental Engineering and Management Journal* (ISI, Web of Science, I.F.=0,885), vol. 8, no. 6, p.1439-1450;
2. **Dascalescu I.G.**, Cohl M., Teodosiu C., (2011), **Investigation of drinking water quality changes in the network of Iasi city by means of an on-line monitoring system**, *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol.10, (11), 1789-1799. (ISI, Web of Science, I.F. = 1.435);
3. **Dascalescu I.G.**, Bârjoveanu G., Ungureanu F., Teodosiu C., (2014), **Development of a versatile water quality index for water supply applications**, *în curs de publicare la revista Environmental Monitoring and Assessment* (ISI, web of science, I.F. = 1,592);
4. Căilean D., Teodosiu C., Bârjoveanu G., **Dascalescu I.G.**, Pintilie L., Păduraru C., (2014), **Technical and economical performances of ultrafiltration applied to municipal wastewater effluents**, *în curs de publicare la revista Desalination and Water Treatment* (ISI, web of science, I.F. = 0,852)

Articole/studii publicate în volumele manifestărilor științifice internaționale - 1 lucrare:

1. Bârjoveanu G., **Dascalescu I.G.**, Teodosiu C., (2011), **Institutional capacity assessment for water and wastewater management: a case-study for Iasi County, Romania**, *Proceedings of the 3rd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics* (CEMEPE 2011) & SECOTOX Conference, 19-24 June 2011, Skiathos Greece, ISBN 978-960-6865-43-5, p. 213 – 218.

Articole/studii publicate în reviste BDI și recunoscute CNCSIS – 1 lucrare:

1. **Dascalescu I.G.** (2011) **Pilot 'development of an intake management system for the Prut and Moldova River in Iași, Romania**, *Romaqua* (ISSN, 1453-6986), Anul XVII, vol. 77, no. 5/2011, p 6-16;

Lucrări prezentate la conferințe, expoziții, simpozioane internaționale și naționale
Lucrări prezentate sub formă de comunicare orală – 4 lucrări:

1. Carmen Teodosiu, George Barjoveanu, Simona-Andreea Popa, **Ioana-Gabriela Dascalescu**, Brindusa Robu, (2013), **Environmental Assessment of Wastewater Discharges. A Comparative Study of Evaluation Methods**, Conferinta Internationala „7th International Conference on Environmental Engineering and Management - Integration Challenges for Sustainability”, 18 – 21 September 2013, Vienna, Austria
2. Carmen Teodosiu, Simona-Andreea Ene, Iulia Maria Comandaru, Elisabeta Pomeanu, **Ioana-Gabriela Dascalescu**, Brîndușa Robu, Carmen Catalina Ioan, George Bârjoveanu, (2012), **Sustainability in the water use cycle: Challenges in the Romanian context**, Conferința internațională “CENTENARY OF EDUCATION IN CHEMICAL ENGINEERING, Iași, 28-30 Noiembrie, 2012, România.
3. Bârjoveanu G., Robu B., Cojocariu C., Ene S.A, Comandaru I.M., Pomeanu E., **Dascalescu I.G.**, Teodosiu C., (2011), **New research directions in integrated water resources management**, Conferința Zilele Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului, **ZFIC VIII**, 17-18.11.2011, Iași, România.
4. Oniscu C., Catrina V., Trofin O., Grigore P., Cozma P., **Dascalescu I.G.**, Topală D. (2012), **Utilizarea turbei în epurarea apelor uzate provenite de la aglomerări cu mai puțin de 2000 de locuitori echivalenți, Experiment în instalație pilot**, Conferința Internațională Tehnico - Științifică ”Tehnologii noi de epurare a apelor uzate” Expoapa 2012, 11 – 13 iunie, București, România

Experiența acumulată în programe/proiecte naționale/internaționale, în calitate de membru în colectiv – 6 proiecte:

1. ISPA, Reabilitarea sistemului de apă și canalizare a Municipiului Iași: "Investigații asupra descărcărilor industriale în sistemul de canalizare al municipiului Iași", Inginer de mediu (2003-2006);
2. EVD/PSOM (The Netherlands) "Implementation of a water quality survey system in the water supply network of Iasi City", membru în echipa de proiect, Director de proiect: Biemond J., Olanda, (2007-2008);
3. CNMP - Programul 4 "Parteneriate in domenii prioritare" – Optimizarea sistemelor energetice inteligente de transport a apei pentru creșterea eficienței energetic și economice de energie - membru în echipa parteneră APAVITAL SA; Director de proiect: Prof. univ. dr. ing. Alexandrescu A (2008-2010);
4. STEDIWAT project: "Technical and Decision Making Support System for Sustainable Water Management", membru în echipa de proiect, Director de proiect: Prof. univ. dr. ing. Teodosiu C (2008-2011);

5. EVD (The Netherlands) "Pilot project for development of an intake Management system of the Prut and Moldova river in Iasi", membru în echipa de proiect, Director proiect, Biemond J., Olanda (2011-2012);

6. WATUSER project: "Sistem integrat pentru reducerea impacturilor și riscurilor de mediu și asupra sănătății umane în ciclul de utilizare al apei", membru în echipa de proiect, Director de proiect: Prof. univ. dr. ing. Teodosiu C (2012-2015).

Stagii în străinătate, cursuri de specializare – 3 stagii/cursuri:

1. Curs de specializare **"Monitorizarea Online a calității apei potabile"**: utilizarea senzorilor și a portalului Proficy Real-Time Informationr analiza și interpretarea datelor, organizat de Endress+Hauser și Institutul de cercetare Watercycle Research Institute Olanda, oct. 2008.

2. Stagiul de cercetare, în cadrul Programului Erasmus, la Universitatea Tehnică Delft, Olanda, pe tema **"Monitorizarea calității apei potabile în rețeaua de distribuție"**, în perioada: iunie – august 2009;

3. DEX Summer School 2010, **"Advanced Course on Waste Water Treatment"**, 04-09.07.2010, organizată de către German Experts Association of Environmental Technology and Infrastructure, Rottenbach, Austria;