



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI

OIPOS DRU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI



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



STUDII PRIVIND AMPRENTA ECOLOGICA A APEI SI APLICATII IN MANAGEMENTUL INTEGRAT AL RESURSELOR DE APA

- REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT -

Conducător de doctorat:

Prof.univ.dr.ing. Carmen Teodosiu

Doctorand:

Ing. Simona-Andreea Ene

IAȘI - 2011



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOSDRU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI

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

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

Proiect finanțat în perioada 2008 - 2011.

Finanțare proiect: 14.424.856,15 RON

Beneficiar: Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași

Partener: Universitatea “Vasile Alecsandri” din Bacău

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

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

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

Către
.....

Vă facem cunoscut că în ziua de 14 octombrie 2011 la ora 10⁰⁰ în Sala de Consiliu a Facultatii de Inginerie Chimica si Protectia Mediului va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată:

**„STUDII PRIVIND AMPRENTA ECOLOGICA A APEI SI APLICATII IN
MANAGEMENTUL INTEGRAT AL RESURSELOR DE APA”**

elaborată de inginer **Simona-Andreea Ene** în vederea conferirii titlului științific de doctor.

Comisia de doctorat este alcătuită din:

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Prof. univ. dr. ing. Ioan MĂMĂLIGĂ
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași | - președinte |
| 2. Prof. univ. dr. ing. Carmen TEODOSIU
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași | - conducător științific |
| 3. Conf.dr.ing. D.C.M. AUGUSTIJN
Universitatea Twente din Olanda | - membru |
| 4. Prof. dr. ing. Camelia DRAGHICI
Universitatea Transilvania din Brasov | - membru |
| 5. Conf. dr. ing. Irina VOLF
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași | - membru |

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

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

doctorat



RECTOR,

Prof.univ.dr.ing. ION GIURMA

Ion

SECRETAR,

Cristina
Ing. Cristina NAGÎȚ

Mulumiri

*In primul rand as dori sa adresez sincere multumiri conducatorului meu de doctorat prof. univ.dr.ing **CARMEN TEODOSIU** pentru ca a acceptat sa ma indrume in toti acesti trei ani, pentru sprijinul său permanent, intelegerea si incurajarea acordate pana la finalizarea tezei de doctorat. Apreciez in mod deosebit atenta supraveghere si orientare cat si observatiile pertinente care au contribuit la formarea mea ca cercetator si pentru rolul avut in evolutia mea.*

Aş dori să adresez mulțumiri domnului prof. univ. Arjen Hoekstra și domnului Mesfin Mekonnen pentru intelegerea si pentru schimbul de cunoștințe pe această temă, contribuind astfel substantial la cercetarile prezentate in aceasta teza de doctorat. De asemenea as dori sa multumesc Departamentului de Ingineria si Managementul apelor pentru conditiile adecvate necesare desfasurarii stagiului de cercetare extern efectuat la Universitatea Twente din Olanda.

Intregul demers stiintific prezentat in aceasta lucrare nu ar fi fost posibil fara suportul financiar al proiectului POSDRU BRAIN „Burse Doctorale – O investitie in inteligenta”, ID 6681.

Aş dori să adresez mulțumiri întregului colectiv al Departamentului de Ingineria si Managementul Mediului din cadrul Facultatii de Inginerie Chimică și Protecția Mediului pentru colaborarea si sprijinul acordat si pentru contributia la formarea mea profesionala.

Le datorez sincere multumiri colegilor mei, doctoranzi și cercetatori post-doc, pentru compania lor plăcută, pentru intelegere, suport moral si sprijinul acordat in toti acesti ani.

Cele mai alese ganduri si multumiri sunt adresate familiei mele, în special părinților mei, pentru dragostea cu care ma inconjoara, pentru sprijinul si implicarea acordate si pentru intelegerea si incurajarile care mi le-au oferit in toti acesti ani.

În cele din urmă, aş dori să îi multumesc viitorului meu sot, Clyde, pentru dragostea, răbdarea, înțelegerea și sprijinul acordate de-a lungul acestor trei ani.

CUPRINS

Introducere.....	1
Scopul si obiectivele tezei de doctorat.....	2
Structura tezei.....	4
 CAPITOLUL 1 Stadiul actual al cercetărilor privind amprenta ecologica a apei ca instrument in managementul integrat al resurselor de apa.....	 7
1.1 Managementul resurselor de apa in contextul legislației europene si naționale.....	7
1.1.1 Introducere in managementul integrat al resurselor de apa (MIRA).....	8
1.1.2 Principii si instrumente ale managementului integrat al resurselor de apa.....	11
1.1.3 Legislație specifica.....	15
1.1.4 Aspecte privind cuantificarea utilizării apei in România.....	9
1.2 Conceptul de amprentă ecologică a apei – indicator al utilizării apei în raport cu consumul acesteia.....	20
1.2.1 Oportunitati pentru evaluarea amprentei ecologice a apei.....	28
1.2.2 Instrumente de cuantificare: Amprenta ecologica, Amprenta de carbon si Amprenta ecologica a apei.....	28
1.2.3. Instrumente de cuantificare a utilizarii resurselor de apa.....	31
1.2.4 Amprenta ecologică a apei a consumatorilor din România (aspecte globale).....	36
1.3 Utilizarea amprentei ecologice a apei ca instrument in gestionarea situațiilor extreme in managementul resurselor de apă	39
1.4 Descrierea generala a zonei studiate.....	41
1.4.1 Particularitățile mediului din spațiul hidrografic Prut-Bârlad.....	41
1.4.2 Resursele de apa vs. utilizarea apei.....	48
1.4.3 Evoluția calității apei în perioada 2005 - 2009 în spațiul hidrografic Prut – Bârlad.....	52
1.4.4 Identificarea principalilor utilizatori si poluatori in spațiul hidrografic Prut-Bârlad.....	53
1.4.4.1 Principalii utilizatori/poluatori de apa.....	53
1.4.4.2 Caracterizarea surselor de poluare si a agenților contaminanți.....	54
1.4.5 Sinteza principalelor probleme de management a resurselor de apă în spațiul hidrografic Prut – Bârlad.....	55
 CAPITOLUL 2 Metodologie si modele experimentale	 57
2.1 Achiziția datelor experimentale	57
2.2. Prezentarea particularitatilor modelului CROPWAT	59
2.3 Amprenta ecologica a apei pentru un proces	71
2.3.1 Amprenta de apa verde	71
2.3.2 Amprenta de apa albastra	72
2.3.3 Amprenta de apa gri	73
2.3.4. Utilizarea apei de catre culturi	74
2.3.5 Amprenta ecologica a apei pentru o cultura	76
2.4 Evaluarea amprentei ecologice a apei pentru un produs	77
2.5 Amprenta ecologica a apei pentru o zona geografica delimitata	78
2.6. Metodologia de calcul a amprentei ecologice ale apei asociata consumului national	78
2.6.1. Metoda de calcul a amprentei ecologice nationale ale apei	78
2.6.2. Amprenta ecologica a apei a consumului national	80

2.6.3. Economisirea apei asociata comertului	81
2.6.4. Dependenta nationala de apa vs. autoaprovizionarea	81
2.7 Metodologia de calcul a amprentei ecologice a apei pentru un bazin hidrografic	81
2.8. Metodologia de calcul pentru evaluarea amprentei ecologice a apei pentru o industrie ...	83
2.9 Calcularea datelor suplimentare (auxiliare) care completează evaluarea amprentei ecologice a apei.....	87
2.9.1 Cerinta de apa de catre mediu	87
2.9.2. Deficitul de apa albastra	89
2.9.3. Nivelul de poluare al apei (WPL)	90
2.9.4 Productivitatea economica a utilizarii apei	90
CAPITOLUL 3 Evaluarea amprentei ecologice a apei intr-un sector viti-vinicol	92
3.1 Industria vinului in Romania si specificatiile pietei	92
3.2 Identificarea emisiilor asociate procesului de productie a vinului	95
3.2.1. Procesul tehnologic de productie	95
3.2.2 Sursele de poluare asociate procesului de productie a vinului	97
3.3 Evaluarea amprentei ecologice a apei pentru cultura de vita de vie.....	99
3.4 Evaluarea amprentei ecologice a apei pentru o industrie producatoare de vin.....	102
3.5 Amprenta ecologica a apei raportata consumului de vin la nivel național și internațional..	104
3.5.1 Amprenta ecologica externă a apei a vinului in Romania.....	104
3.5.2. Evaluarea amprentei ecologice naționale a apei asociata consumului de vin.....	106
3.6. Managementul durabil al resurselor de apa intr-un sector viti-vinicol	107
3.6.1. Opțiuni de reducere a cantitatii de apa utilizate în etapa de creștere a vitei de vie.....	108
3.6.2. Alternative pentru imbunatatirea consumului de apa in industria de vinificatie.....	116
3.7 Concluzii partiale.....	118
CAPITOLUL 4 Evaluarea amprentei ecologice a apei in spatial hidrografic Prut-Barlad	121
4.1 Utilizarea apei in agricultura	121
4.1.1 Utilizarea terenului	121
4.1.2. Productia agricola	122
4.1.3 Cerintele de apa ale culturilor si continutul de apa virtuala in culturi.....	124
4.1.3.1. Cerinta de apa a culturilor si cerinta de irigatii.....	124
4.1.3.2. Amprenta ecologica a apei a culturilor	125
4.1.4 Evaluarea amprentei ecologice a apei pentru productia agricola	127
4.1.5 Compararea rezultatelor cu alte studii.....	130
4.1.6 Productivitatea economica a terenului (€/ha)	131
4.1.7 Productivitatea economica a apei (€/m ³)	132
4.2 Evaluarea amprentei ecologice a apei pentru populatie si pentru productia industriala	134
4.3 Comparararea amprentei ecologice a apei albastra cu disponibilitatea apei albastre	135
4.4 Compararea amprentei ecologice a apei gri cu capacitatea de asimilare	137
4.5 Evaluarea amprentei ecologice a apei gri pentru cele mai importante statii de tratare si epurare ale apelor uzate din spatiul hidrografic Prut-Barlad	139
4.5.1 Analiza critica a concentratiilor de fond (c_{nat}) si standard ale apelor uzate (c_{max}).....	139
4.5.2 Ghid de evaluare a amprentei ecologice a apei gri in contextul romanesc	141
4.5.3 Analiza amprentei ecologice a apei gri ale apelor uzate provenite de la statiile de	

tratare si epurare din spatiul hidrografic Prut-Barlad.....	143
4.5.3.1 Caracteristicile statiilor de tratare si de epurare ale apelor uzate	143
4.5.3.2 Evolutia apelor uzate deversate din statiile de tratare si epurare	145
4.5.3.3. Evaluarea amprente ecologice a apei gri	147
4.6 Concluzii partiale.....	151
CAPITOLUL 5 Dezvoltarea de scenarii si strategii pentru îmbunătățirea managementului integrat al resurselor de apa in spatial hidrografic Prut-Barlad	154
5.1 Alocarea resurselor de apa pe sectoare	154
5.2 Dezvoltarea scenariilor referitoare la evolutia cerintelor viitoare de apa	157
5.2.1 Factori ce influenteaza cerintele de apa	157
5.2.2 Date necesare elaborarii scenariilor	159
5.3 Scenarii privind cerintele de apă albastră pentru utilizarea de catre populatie si pentru productia industrială.....	165
5.3.1. Scenarii privind accesul populației la serviciile de alimentare cu apă.....	165
5.3.2. Scenarii privind cerintele de apă albastră pentru productia industrială.....	168
5.3.3. Scenarii privind cerintele de apă albastră pentru irigatii.....	171
5.3.4. Scenarii privind amprenta ecologica de apa gri de la statiile de tratare si epurare.....	172
5.3.5. Bilantul de apă în spatiul hidrografic Prut-Barlad.....	173
5.4. Strategii pentru implementarea managementului integrat al resurselor de apa in spatiul hidrografic Prut-Barlad	176
5.4.1. Strategii pentru obtinerea unui echilibru intre disponibilitatea apei si cerintele de apa	176
5.4.2. Strategii pentru atenuarea efectelor secetei	178
5.5 Concluzii partiale	181
CAPITOLUL 6 Relevanta cercetarilor pentru managementul durabil al apei	183
6.1 Strategii pentru managementul apei in Romania	183
6.2 Cresterea productivitatii apei	189
6.3 Recomandari privind reducerea amprente ecologice a apei propuse la nivel de bazin hidrografic.....	192
6.3.1 Recomandari pentru consumatori.....	192
6.3.2 Recomandari pentru industrii.....	193
6.3.3 Recomandari pentru agricultori.....	195
6.3.4 Recomandari pentru investitori.....	196
6.3.5 Recomandari pentru guvern.....	196
CAPITOLUL 7 Concluzii generale.....	200
Referinte bibliografice.....	207
ANEXE.....	222
Lista de Tabele	244
Lista de Figuri	246
Lista de Anexe.....	250
Activitate stiintifica	251

Introducere

Apa este esentiala pentru viata de pe planeta. Atat existenta noastra cat si activitatile noastre economice sunt total dependente de acesta resursa inegalabila. Si totusi, la nivel global apa este adeseori o resursa limitata.

Importanta apei pentru viata si ca o componenta a ecosistemului global devine din ce in ce mai clar. Este o resursa care, nu numai ca furnizeaza nevoile de baza pentru populatie, reprezinta cheia pentru dezvoltare in particular si sustine economia prin agricultura, pescuitul comercial, generarea energiei, industrie, transport si turism, dar totodata apa este vitala pentru toate ecosistemele globale. Totusi, se constata ca infruntam o criza globala de apa. In afara de problema rezervelor de apa, apar si aspecte asociate care au un impact deosebit asupra dezvoltarii: secete, inundatii, epidemii datorita bolilor hidrice sau a dezastrelor naturale (GWP, 2002).

Datorita numeroaselor presiuni asupra resurselor de apa, este vital ca instrumentele legislative eficiente sa se adreseze direct problemelor si sa ajute la securizarea acestor resurse pentru generatiile urmatoare. Directiva Cadru pentru Ape extinde scopul protectiei apei pentru toate sursele si stabileste obiective clare prin care sa se ajunga la o „stare buna” pentru toate apele din Europa pana in anul 2015 si totodata, sa fie asigurata utilizarea durabila a apei in toata Europa (EC WFD, 2000).

Asigurarea resurselor de apa de calitate si a serviciilor de salubritate, precum si managementul eficient al resurselor de apa reprezinta aspecte prioritare pentru o dezvoltare durabilă a managementului resurselor de apă. In acest moment, la nivelul Uniunii Europene, exista cateva organizatii si asociatii de organizatii care abordeaza probleme ale resurselor de apa (cercetare, investitii, infrastructura) cum sunt: European Water Partnership, EU Water Initiative, Water Supply and Sanitation Technology Platform, European Network of Freshwater Research Organizations, etc) (Europe, Water and the World, 2006) care au drept principal scop dezvoltarea și implementarea de instrumente necesare realizării obiectivelor specifice managementului resurselor de apă

În acest context complex, în care cooperarea eficienta între o multitudine de părți interesate reprezintă factorul determinant în crearea unor procese de management eficient a resurselor de apă, crearea și implementarea unor concenpte și instrumente tehnologice, operaționale și de management pentru evaluare și pentru sprijin decizional în cadrul managementului resurselor de apă reprezintă un demers științific pe deplin justificat. Un astfel de concept îl reprezintă *amprenta ecologica a apei* (engl. *water footprint*) și care într-un timp foarte scurt a stârnit un real interes în cadrul comunității științifice din domeniul managementului resurselor de apă. Utilizarea acestui concept, dezvoltat de către prof. Arjen Hoekstra (2004) de la Twente University (Olanda), se află în plină expansiune, cercetările de până acum fiind în special îndreptate către calculul amprentelor de apă ale produselor și ramurilor industriale, precum și către studiul transferurilor de apă virtuală prin aceste produse. Cercetările din această lucrare abordează aceeași direcție de cercetare aducând o serie de contribuții originale conceptului de *amprentă ecologică a apei*, și a utilizării acestuia în special ca instrument

specific managementului resurselor de apă, în conformitate cu obiectivele prezentate succint în continuare.

Scopul și obiectivele studiului

Obiectivul principal al acestei teze îl reprezintă **studiul conceptului de amprenta ecologica a apei dezvoltat și adaptat astfel încât să faciliteze o alocare eficientă sau conservare a resurselor de apă și, de asemenea, să ofere un cadru interdisciplinar pentru managementul integrat al resurselor de apă la nivel de bazin hidrografic.**

În vederea atingerii acestui obiectiv, au fost urmate două **direcții de cercetare principale:**

1. Studii privind evaluarea amprentei ecologice a apei și a componentelor sale, în spațiul hidrografic Prut-Bârlad și pentru o industrie viti-vinicola;
2. Studii privind strategiile de dezvoltare și recomandări pentru o utilizare eficientă a resurselor de apă.

Pentru realizarea obiectivelor menționate mai sus, au fost efectuate următoarele **activități:**

1. Realizarea unui studiu de literatura privind managementul integrat al resurselor de apă, amprenta ecologica a apei și o scurtă descriere a zonei studiate;
2. Evaluarea amprentei ecologice a apei pentru un sector viti-vinicol în România prin:
 - identificarea amprentei ecologice de apă *albastra*, *verde* și *gri* pentru cultivarea vitei de vie;
 - evaluarea amprentei ecologice de apă *albastra* și *gri* pentru etapele de aprovizionare și operaționale din cadrul industriei;
 - evaluarea potențialului socio-economic al comerțului cu vin, estimând schema națională a amprentei ecologice ecologice a apei referitoare la producția și consumul de vin din România;
 - propunerea unor alternative de economisire a apei în contextul sectorului viti-vinicol și de evaluare a diferitelor opțiuni de irigații, în scopul de a economisi apa în procesul de cultivare a vitei de vie.
3. Evaluarea amprentei ecologice a apei la nivel local (județele Botoșani, Iași, Vaslui și Galați), precum și la nivel de bazin hidrografic (spațiul hidrografic Prut-Bârlad), prin:
 - evaluarea amprentei ecologice de apă *albastra*, *verde* și *gri* pentru producția agricolă,
 - evaluarea amprentei ecologice de apă *albastră* pentru consumul uman și pentru producția industrială;
 - estimarea productivității economice a apei și a terenului;
 - evaluarea amprentei ecologice de apă *gri* pentru stațiile de epurare a apelor uzate în spațiul hidrografic Prut-Bârlad pentru prima dată în lume, în scopul de a conserva /a menține calitatea apei.
4. Estimarea cerințelor de apă *albastra* pentru irigații, consumul domestic și pentru producția industrială și a amprentei ecologice de apă *gri* în stațiile de epurare a apelor uzate pentru perioadele 2010-2020, în spațiul hidrografic Prut-Bârlad.

5. Propunerea de recomandări pentru consumatori, industrii producătoare, agricultori, investitori și guvern, în scopul de a crește gradul de conștientizare a populației asupra efectelor considerabile ale utilizării apei, și pentru a realiza o utilizare mai eficientă a resurselor de apă.

Studiile referitoare la amprenta ecologică de apă *gr* s-au realizat prin cuantificarea indicatorilor de calitate a apei relevanți pentru poluarea industrială și agricolă (CBO_5 , CCO-Cr , NH_4^+ , fenoli și detergenți) și variația anuală a acestora.

Reducerea amprentei ecologice a apei ale utilizatorilor este foarte importantă, deoarece poate contribui la promovarea unui management al resurselor de apă în bazinele hidrografice mai performant, inclusiv prin promovarea unor practici agricole mai eficiente și o mai bună alocare a resurselor de apă între diferiții utilizatori.

Structura tezei de doctorat

Teza este structurată pe cinci părți diferite: "Motivația studiului și definirea conceptelor", "Evaluarea amprentei ecologice a apei", "Scenarii și strategii de dezvoltare pentru managementul integrat al resurselor de apă", "Recomandări pentru părțile interesate" și "Concluzii", cercetările fiind concepute într-un cadru unitar și coerent, așa cum este ilustrat în figura 1.

Teza de doctorat este organizată în șapte capitole, însumând 248 de pagini, 97 de figuri, 37 tabele, 19 anexe și 287 de referințe bibliografice.

În **Introducere** a fost realizată o scurtă prezentare a presiunilor asupra resurselor de apă și a crizei de apă la nivel global, subliniind importanța dezvoltării și implementării de instrumente specifice managementului integrat al resurselor de apă, în special a **ampreței ecologice a apei**, care scoate în evidență legătura dintre consumul uman și utilizarea apei, precum și între comerțul global și managementul resurselor de apă. De asemenea au fost evidențiate obiectivele principale, direcțiile de cercetare și activitățile specifice care au fost urmărite pentru realizarea obiectivelor propuse.

În **Capitolul 1** al tezei care abordează *Stadiul actual al cunoașterii în domeniu*, au fost prezentate sintetic și analizate critic datele de literatură referitoare la principalele direcții în ceea ce privește managementul integrat al resurselor de apă cu o abordare sistematică și actualizată a aspectelor teoretice fundamentale referitoare la cuantificarea resurselor de apă în contextul legislației Europene și naționale. De asemenea a fost definit conceptul de amprentă ecologică a apei și a fost studiată posibilitatea utilizării acestuia în contextul managementului integrat al resurselor de apă. Capitolul 1 se încheie cu o scurtă descriere a spațiului hidrografic Prut-Bârlad, zona luată în studiu în această lucrare și a principalelor probleme de management al resurselor de apă în România și la nivel de bazin hidrografic.

Analiza literaturii de specialitate a pus în evidență necesitatea utilizării într-un context integrat a ampreței ecologice a apei, ca instrument de cuantificare a utilizării apei în managementul integrat al resurselor de apă.

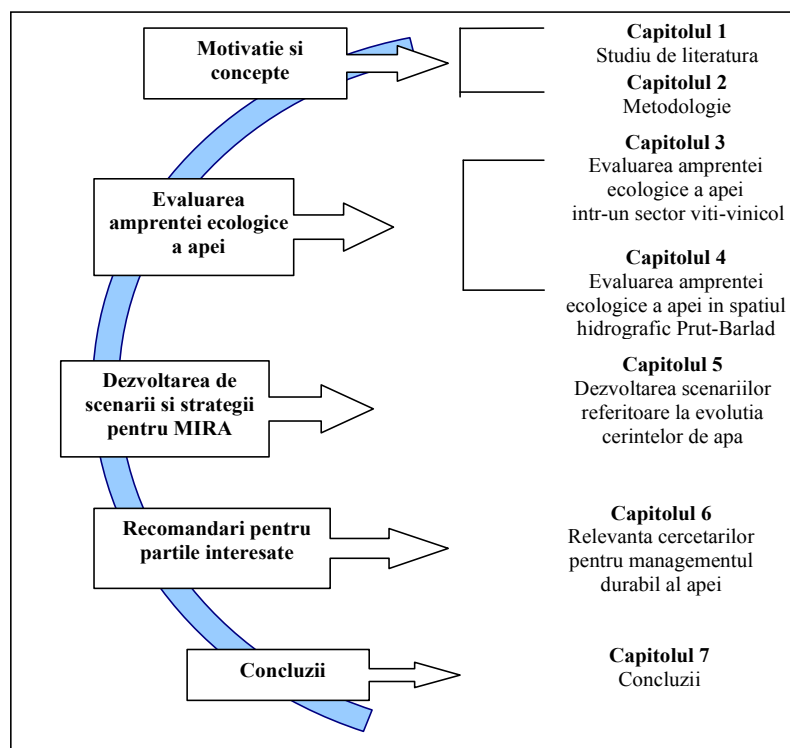


Figura 1 Structura tezei și abordarea cercetărilor

În Capitolul 2 al tezei de doctorat sunt prezentate aspectele metodologice ale realizării cercetărilor, fiind descrise în detaliu metodologiile de calcul ale amprentelor de apă pe baza celor elaborate de Hoekstra și colaboratorii (2009, 2011). De asemenea este prezentat și modelul CROPWAT 8.0 care a fost utilizat pentru a estima necesarul de apă al culturilor și a cerințelor de apă necesare pentru irigații, utilizând date referitoare la climă, caracteristicile solului, și ale culturilor. În ultima parte a acestui capitol sunt descrise metodologiile de calcul a datelor suplimentare: necesarul de apă pentru mediu (minimum environmental flow, deficitul de apă albastră, nivelele de poluare, productivitatea economică a apei). Trebuie remarcat că pentru realizarea acestui studiu a fost necesar un volum mare de date, informațiile exacte provenind de la autoritățile naționale, regionale și locale.

Partea a doua a tezei, constituită din capitolele 3, 4 și 5, prezintă contribuțiile originale ale cercetărilor.

Capitolul 3, intitulat **Evaluarea amprentei ecologice a apei într-o industrie viti-vinicolă** cuprinde rezultatele originale legate de evaluarea amprentei ecologice a apei pentru producția de struguri (*prima evaluare de acest tip din România*), precum și pentru industria de vinificație (*prima evaluare în lume*). Au fost evaluate la nivel național consumurile de apă, precum și economisirea apei bazată pe exportul și importul de vin. O altă contribuție originală din cadrul acestui capitol se referă la evaluarea diferitelor alternative de economisire a apei și a diferitelor opțiuni de irigare care ar putea fi aplicate pentru o utilizare mai eficientă a resurselor de apă.

Prin evaluarea utilizării apei în întregul proces de producție, luând în calcul amprenta ecologica de apă *verde*, *albastra* și *gri*, sunt evidentiata etapele de productie în care apa este utilizata în mod intensiv, putând servi ca punct de plecare pentru formularea strategiilor în vederea reducerii consumul de apă în industria viti-vinicola. Modelul CROPWAT a testat eficienta diferitelor strategii de irigare în condiții climatice diferite, fiind util pentru planificarea irigațiilor, în condiții diferite de alimentare cu apă, precum și estimarea producției în conditii favorabile sau în cazul deficitelor de irigații. Rezultatele simulării au sugerat că, în cazul în care cerințele de apă pentru struguri a depășit cantitatea de apă aplicata, cu ajutorul utilizării Planificării Irigațiilor efective, pierderile de productie ar putea fi reduse în mod semnificativ.

În Capitolul 4, intitulat **Evaluarea amprentei ecologice a apei în spatiul hidrografic Prut-Bârlad**, prezinta situatia impactului asupra resurselor de apă, evaluat în conformitate cu tipul de apă consumata (albastra, verde și gri), în producția agricolă, pentru scop domestic și în productia industrială în perioada 2005-2008.

Una dintre contribuțiile originale ale acestui studiu a fost faptul că nu a fost realizat nici o evaluare a amprentei ecologice a apei la nivel local sau de bazin hidrografic în România. Rezultatele acestui studiu furnizeaza informații importante pentru factorii de decizie referitoare la deciziile strategice de realocare și de conservare a utilizării apei pentru diferite culturi produse în fiecare județ din cadrul spatiului hidrografic Prut-Barlad.

Evaluarea amprentei apei a fost realizata la nivel local și pentru întreg spatiul hidrografic, pentru a evidientia diferențele în practicile de producție, consum de apă și de management în spatiul hidrografic; acesta fiind primul studiu la nivel global unde sunt amprenta ecologica a apei este evaluată la nivel local și de bazin hidrografic. În cadrul acestui studiu, a fost luat în considerare un aspect foarte important, productivitatea economica a apei, identificand utilizările de apă care nu sunt sustinute în condiții de eficiență economică sau nu realizeaza o alocare eficientă a resurselor de apă.

Una dintre cele mai importante contribuții originale ale acestei teze de doctorat o reprezintă ***utilizarea conceptului de amprentă de apă gri ca instrument de evaluare și cuantificare a impacturilor deversării de ape uzate asupra apelor de suprafață***, prin calculul amprentei de apă gri a stațiilor de epurare a apelor uzate din spatiul hidrografic Prut-Barlad, fiind primul studiu de acest gen din lume. Au fost evaluate performanțele a 22 stații de epurare a apelor uzate, din trei județe în cadrul spatiului hidrografic Prut-Barlad. Pentru fiecare statie de epurare au fost luati în considerare cinci indicatori de calitate (CBO5, CCO-Cr, amoniu, fenoli și detergenti), pe o bază lunară și anuală în perioada 2006-2007. Principalele elemente de originalitate constau în faptul că prin acest gen de evaluare sunt luate în considerare atât dimensiunea impacturilor generate de volumele de ape uzate și concentrațiile poluanților, dar și vulnerabilitatea corpului de apă receptor. Calculul amprentei ecologice a apei *gri evidențiază* problemele poluatorilor definind astfel punctele critice din bazinul hidrografic și oferind o imagine a impactului, exprimat ca volumul necesar de apă pentru a dilua poluanții în scopul de a menține calitatea apei în conformitate cu cerintele Directivei Cadru Apa.

Capitolul 5, intitulat **Dezvoltarea de scenarii și strategii pentru managementul integrat al resurselor de apă**, prezintă dezvoltarea și simularea unor scenarii privind evaluarea disponibilității de apă și a cerințelor de apă albastră pentru diversele categorii de utilizatori, precum și pentru întreg spațiul hidrografic Prut-Bârlad. Scenariile sunt planificate considerând procese ca setarea perioadei de simulare și a domeniului de aplicare pentru analiza, prezentarea tendințelor și a factorilor de influență, definirea scenariilor, evaluarea, cuantificarea și interpretarea acestora. *Una dintre contribuțiile originale ale acestui capitol este faptul că au fost luat în considerare pentru prima oară o sinteză a resurselor de apă în spațiul hidrografic Prut-Bârlad, prin estimarea amprentei ecologice de apă albastră și gri, și dezvoltarea unor strategii flexibile pe termen lung pentru o utilizare mai eficientă a resurselor de apă.* Au fost estimate cerințele de apă albastră pentru populație (urbane și rurale), producția industrială, irigații, precum și amprenta ecologică de apă gri din stațiile de epurare a apelor uzate în cadrul spațiului hidrografic Prut-Bârlad pentru perioada 2010-2020. Calculele de bilanț au fost efectuate pentru anii 2015 și 2020, utilizând anul 2008 ca an de referință.

Capitolul 6, intitulat **Relevanța cercetărilor pentru managementul durabil al apei** debutează cu o trecere în revistă a strategiilor actuale pentru managementul resurselor de apă în România, și continuă cu o serie de recomandări strategice pentru consumatori, companii, agricultori, investitori și guvern pentru a asigura o utilizare durabilă a resurselor de apă, din punctul de vedere a producției industriale și a consumurilor de apă.

Capitolul 7 prezintă principalele concluzii generale ale cercetărilor realizate în cadrul acestei teze de doctorat cu evidențierea elementelor de originalitate.

Rezultatele originale ale tezei de doctorat au fost diseminate astfel: **2** articole publicate, **1** articol acceptat spre publicare și **1** articol în curs de evaluare în reviste cotate ISI Web of Science, **2** articole publicate în reviste de circulație națională recunoscute, **4** lucrări prezentate sub formă de comunicări orale și **4** lucrări prezentate sub formă de postere la conferințe naționale și internaționale.

CAPITOLUL 2. Metodologie și modele experimentale

2.2. Prezentarea particularităților modelului CROPWAT

Componentele modelului CROPWAT

Modelul CROPWAT 8.0 a fost dezvoltat de către FAO Land and Water Development Division (Smith, 1992), conține un model simplu de bilanț al apei care permite simularea dezvoltării culturilor în condiții de stres hidric și evaluarea scaderii producției având la bază metodologia de evaluare a evapotranspirației culturilor (Allen et al, 1998.) și reacția culturilor la apă (Doorenbos și Kassam, 1979).

Scopul principal al modelului CROPWAT (Fig. 2.1). este de a calcula cerințele de apă ale culturilor și planificarea programului de irigare pe baza datelor furnizate de către utilizator (date climă, sol și de culturi).

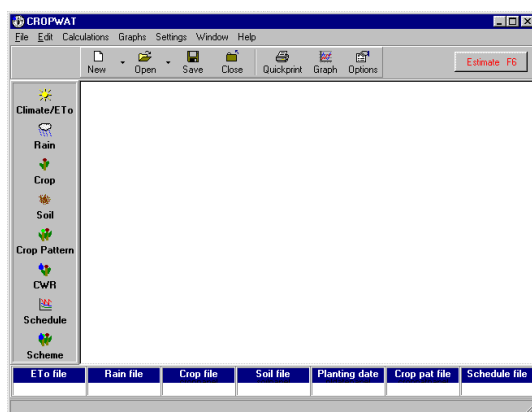


Figura 2.1 Interfața programului CROWAT 8.0

Algoritmul modelului (a se vedea Fig. 2.2) permite elaborarea de programe de irigare pentru situații de management diferite.

Planificarea irigațiilor

În modelul CROPWAT, este posibilă setarea opțiunilor pentru reglarea în timp a irigațiilor, cerințele de irigare și eficiența programelor de irigare (detaliate în appendicele 2.9).

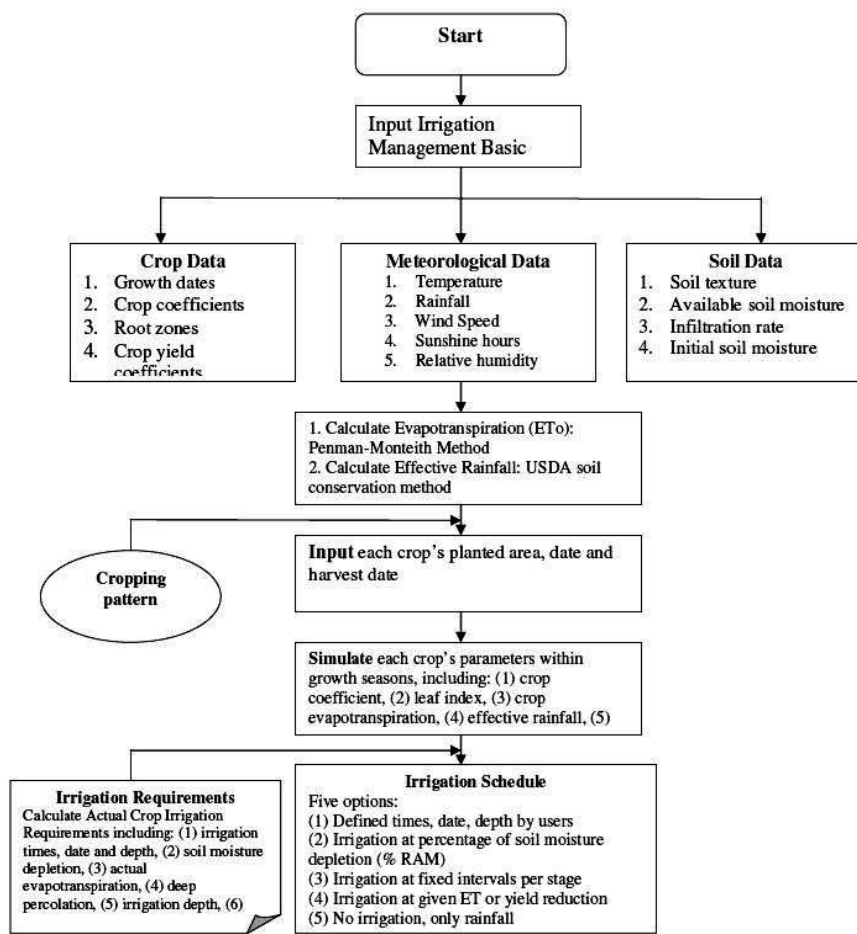


Figura 2.2 Diagrama de evaluare a cerințelor de apă cu ajutorul modelului CROPWAT (FAO,1998)

2.3 Amprenta ecologica a apei

Amprenta ecologica a apei este un concept diferit de modul tradițional de evaluare a cerintelor de apă în ceea ce privește volumul prelevărilor de apă pentru producție sau pentru consumul de apă pentru diferite sectoare (Fig. 1.3), cum ar fi utilizarea apei în industrie, agricultura și de către populație (Chapagain și Hoekstra, 2007a; Chapagain et al., 2006).

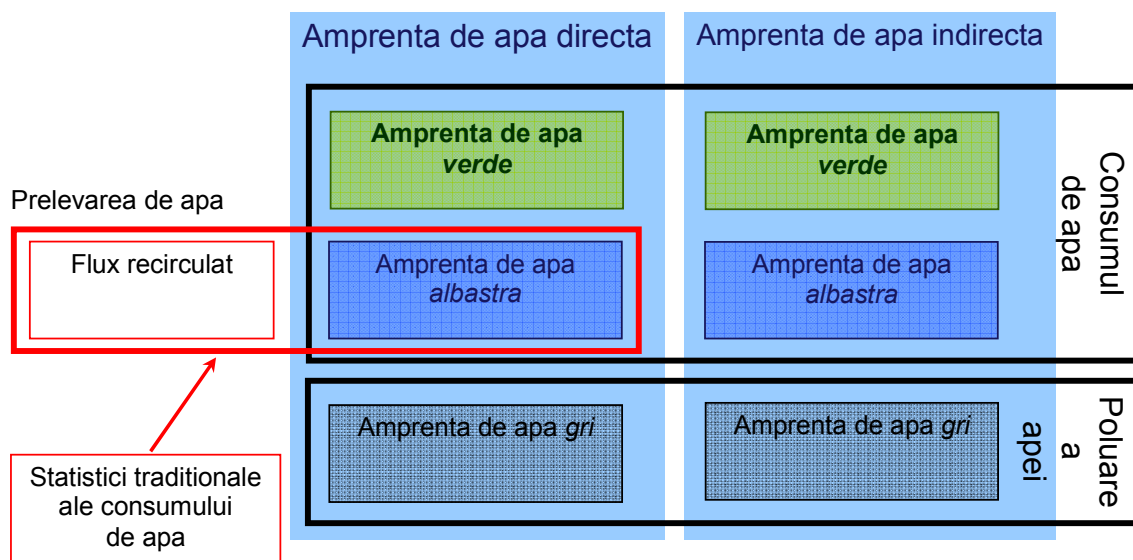


Figura 1.3 Componentele amprentei ecologice a apei (WWF, 2008)

CAPITOLUL 3. Evaluarea amprentei ecologice a apei din sectorul viti-vinicol

3.3 Evaluarea amprentei ecologice a apei a strugurilor

Amprenta ecologica a apei pentru cultura de via de vie în perioada 2005-2008, unde anul 2005 a fost considerat un an „normal” din punct de vedere hidrologic pentru producția agricolă și 2007, un an excesiv de „secetos” mai ales din luna iulie până la sfârșitul lunii august (cel mai important pentru agricultura), este prezentată în Fig. 3.9.

Producția totală de struguri în județul Iași a fost 0.042 milioane tone/an, rezultând o amprenta ecologica totală a apei de 58.8 milioane de metri cubi pe an.

Amprenta ecologica medie de apă *verde* pentru producția de struguri în județul Iași este 1149 m³/tonă, amprenta ecologica de apă *albastră* este de 40 m³/tonă și amprenta ecologica de apă *gri* 212 m³/tonă. Diferența mare dintre amprenta ecologica de apă *verde* și cea *albastră* se datorează cantității de apă necesare și furnizate de către sistemele de irigare. Vita de vie este una dintre culturile crescute în principal cu apă *verde*, irigațiile fiind utilizate numai în timpul secetei severe din 2007.

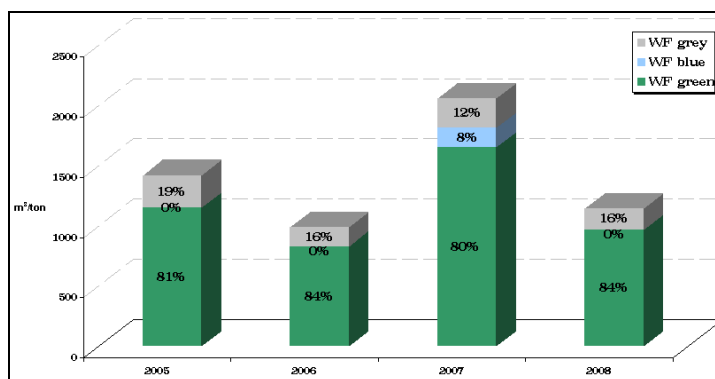


Figura 3.9 Amprenta ecologica a apei pentru productia de struguri în perioada 2005-2008

Componenta *gri* a fost calculată și s-a dovedit a fi 19% în 2005 și 12% în 2007, ca urmare a ratei de aplicare de îngrășăminte pe baza de azot de 315 kg N / ha, respectiv, 191 kg N / ha.

3.4 Evaluarea amprentei ecologice a apei pentru o industrie producătoare de vin

Calcululele referitoare la amprenta ecologica a apei pentru o industrie vinicola din județul Iași au fost efectuate după metodologia elaborată de Gerbens-Leenes și Hoekstra (2008) urmând șase pași.

Pentru realizarea activității specifice a acestui studiu, s-a presupus că 1 litru de vin este realizat din 1,3 kg de struguri, și 2 l de apă utilizați în principal, pentru spălarea și curățarea echipamentelor (Teodosiu et al., 2011).

Industria producătoare de vin este descrisă în unități operaționale, specificând datele de intrare și de ieșire din fiecare unitate operațională (Fig. 3.11).

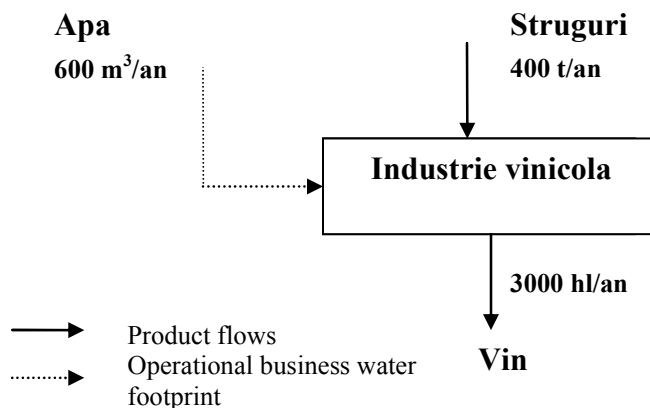


Figura 3.11 Bilanț de materiale pentru o industrie vinicola

Unele dintre componentele procesului de producție (de exemplu, transportul, consumul de energie, cantități mici de materii prime), precum și materiale necesare pentru ambalare au fost ignorate din cauza lipsei de date.

Conform metodologiei, amprenta ecologica a apei a companiei de vin a fost calculată pe baza datelor exacte provenite de la industria analizată. Industria producătoare de vin preleva anual în

medie (2005-2008) o cantitate de 600.000 de litri de apa, din care 62.000 de litri nu se mai întorc în sistemul hidrologic din care a fost prelevat (de exemplu, se evaporă sau este încorporat în produse). Apa verde este utilizata în procesul de productie și fluxul de apa uzata este suficient epurata înainte de evacuare (așa cum sunt descrise etapele de productie a vinului și identificarea emisiilor), asadar amprenta ecologica de apă *gri* în etapa operaționala este zero.

Amprenta ecologica a apei pentru o sticla de vin, asociata procesului de producție, însumand utilizarea indirecta a apei în etapa de aprovizionare și utilizarea directa a apei în etapa operationala, este de 1844 l apa/l vin (Fig. 3.12). Diferitele valori ale amprentei ecologice a apei de-a lungul perioadei analizate au fost identificate ca urmare a amprentei ecologice a apei din etapa de aprovizionare (în special pentru producția de struguri), care au fluctuat în perioada analizată, fiind influentate în special de conditiile climaterice zona analizata.

Trebuie remarcat faptul că, spre deosebire de producția de bere (și a altor băuturi spirtoase), în general, apa nu este utilizata ca și ingredient în procesul de vinificatie, aceasta fiind utilizata în mare parte pentru spălarea instalațiilor și a sticlelor.

Amprenta ecologica a apei rezultata pentru industria de vinificație a indicat utilizarea a aproximativ 99% din amprenta ecologica totala a apei în etapa de aprovizionare, iar restul de 1% aparține utilizarea apei în etapa operaționala din cadrul industriei producatoare.

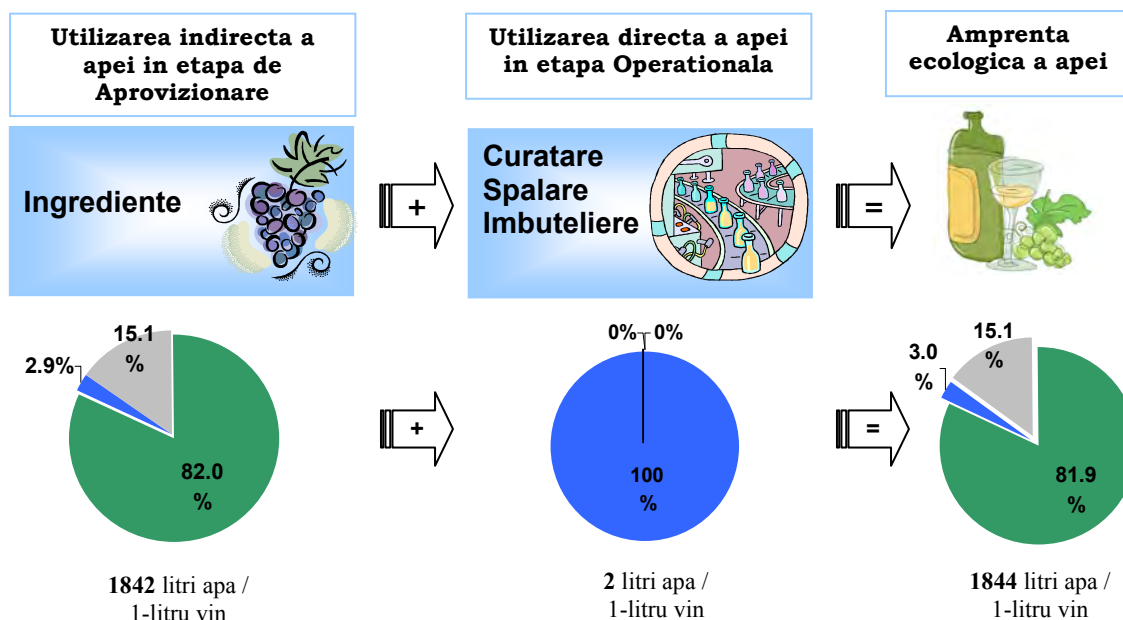


Figura 3.12 Amprenta ecologica directa și indirecta a apei asociata productiei de vin

Astfel, prin însumarea componentelor *verde*, *albastră* și *gri* ale amprentei ecologice a apei rezulta o amprentă totală de apă pentru un pahar de vin ce a variat între 165 l apă/pahar de vin în 2006 (an „normal” din punct de vedere climatic) și 343 l apă/pahar de vin în 2007 (an „secetos” din

punct de vedere climatic), după cum se poate observa în Fig. 3.13. Amprenta ecologica totală a apei pentru producția de vin este distribuită după cum urmează: 82% *verde*, 3% *albastră* și 15% *gri*.

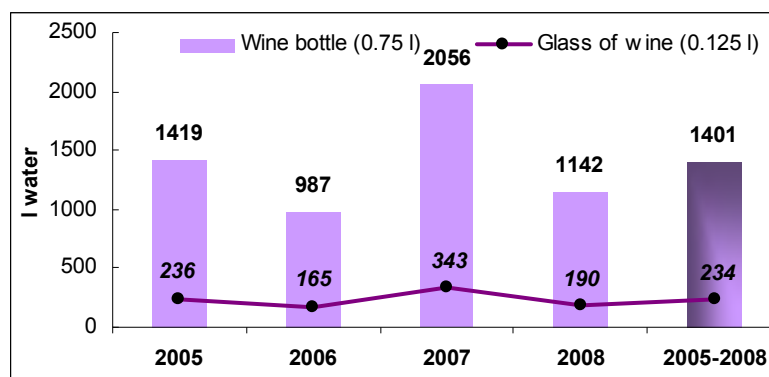


Figura 3.13 Producția de vin amprenta ecologica a apei calculat pentru o sticla si un pahar de vin

În cazul în care amprenta ecologica de apă *gri* nu este luată în considerare, aceasta poate fi comparată cu alte studii realizate de Water Footprint Network. De exemplu, în 2006, amprenta ecologica de apă *verde* și *albastră* în județul Iași a fost estimata ca fiind 830 de litri de apa pentru o sticlă de vin și 138 litri de apa pentru un pahar de vin, în comparație cu media globală a amprentei ecologice a apei de până la 120 de litri de apă pentru un pahar de vin.

Condițiile meteorologice nu afectează numai calitatea și tipul de vin, dar și variațiile semnificative în cantitatea de produs obtinuta.

3.5 Amprenta ecologica a apei raportata consumului de vin la nivel național și internațional

3.5.1 Amprenta ecologica externă a apei a productiei de vin din Romania

Pentru estimarea amprentei ecologice a apei asociata comerțului cu vin cu alte țări în anul 2008, a fost utilizata metodologia prezentata de către Hoekstra și colab. (2009), datele privind comerțul internațional fiind obtinute de la Asociatia Producatorilor și Exportatorilor de Vinuri (APEV, 2009).

În 2008, sa înregistrat o producție totală de 6300 mii hl, pentru care s-a calculat o amprenta ecologica a apei a producției de vin în România de 811.44 Mm³. Exportul total de apă brută virtuala în vin (Fig. 3.14) a fost 17.77 Mm³/year, România fiind în principal exportator de vin către Germania (27%), China (13%), Marea Britanie (11%) și Rusia (11%).

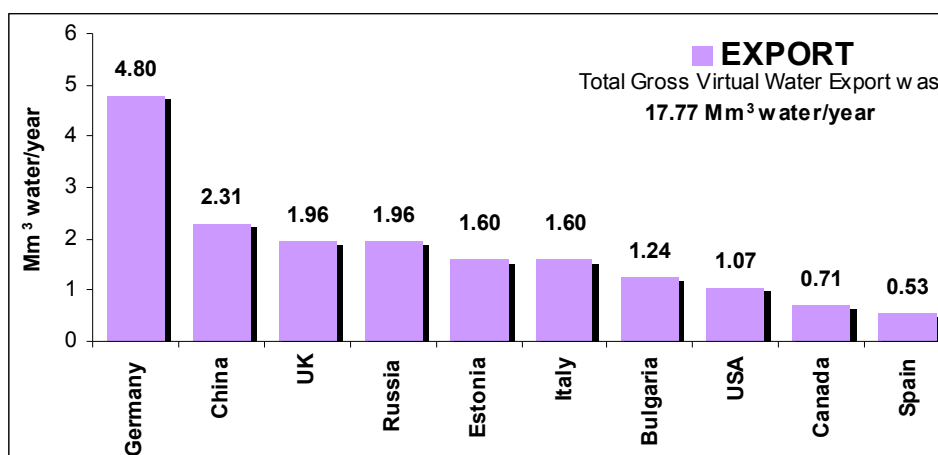


Figura 3.14 Exportul total de apă virtuală în vin în anul 2008

În prezent importurile în România (Fig. 3.15) sunt în special din Italia (26%), Franța (25%) și Spania (24%), cu un total de apă virtuală de 36.89 Mm³/year.

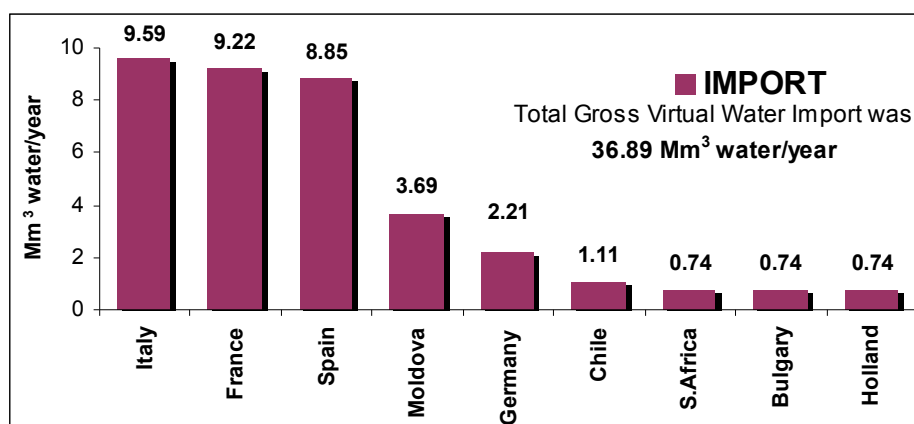


Figura 3.15 Importul total de apă virtuală în vin în anul 2008

Diferența mare dintre amprenta ecologică externă a apei referitoare la produse vitivinicole (36.12 Mm³/yr) și amprenta ecologică internă a apei (794.44 Mm³/yr) asigură o măsură de autoaprovizionare și dependența de apă virtuale din import, care confirmă poziția României ca fiind dependentă de resursele externe de apă în ceea ce privește consumul de vin.

Economisirea de apă în România, ca rezultat al comerțului cu vin, calculat pentru anul 2008, este prezentată în figura 3.15, constatând că, în Italia și Spania, prin intermediul comerțului cu vin au fost economisiți 11,26 Mm³/an, respectiv 11,34 Mm³/an, în timp ce în Bulgaria s-a observat o pierdere de apă de 0,25 Mm³/an.

În teorie, o țară ar putea conserva resursele interne de apă prin importul de produse care utilizează cantități mari de apă ca o alternativă în producerea acestora pe piața internă. Comerțul internațional ar putea economisi apa la nivel global în cazul în care un bun sau produs ce utilizează

cantitati mari de apa este produs într-o regiune in care resursele de apă sunt importante și sa comercializeze bunurile si produsele într-o regiune cu resurse de apă mai putine.

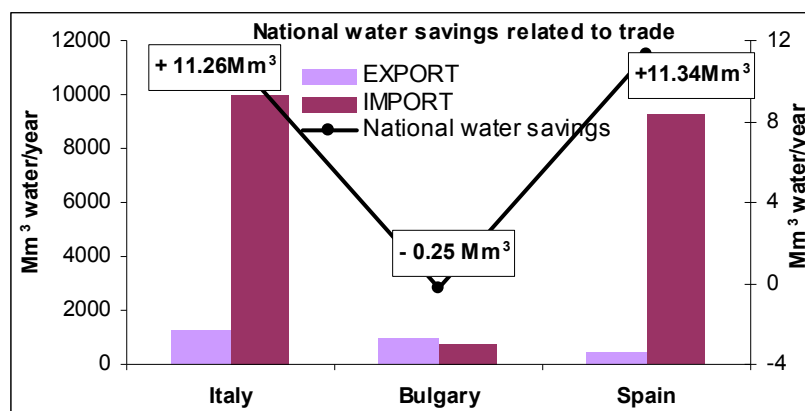


Figura 3.16 Economisirea națională de apă realizata cu ajutorul comerțului cu vin

3.5.2. Evaluarea amprentei ecologice naționale de apă asociata consumului de vin

O prezentare pe scurt a evaluării amprentei ecologice a apei asociata consumului, producției și comerțului cu vin in România este ilustrata în figura 3.17.

Amprenta ecologica a apei a consumului de vin național a fost estimat la 830.56 Mm³/an, cu o amprenta ecologica medie a apei pe cap de locuitor de 35,6 m³/an, o valoare destul de mare fiind a cincea în comparație cu alte țări europene, în ceea ce privește consumul de vin, după Portugalia (83.61 m³/cap/an), Spania (55.81 m³/loc/an), Franța (41.93 m³/loc/an), Croația (41.48 m³/loc/an) și Italia (37.66 m³/loc/an).

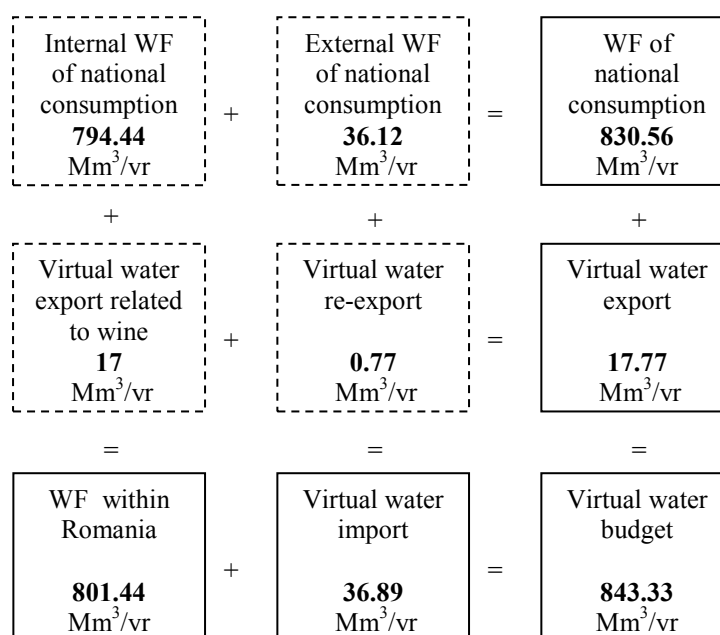


Figura 3.17 Evaluarea la nivel național a amprentei ecologice a apei asociata consumului, producției si comertului cu vin

3.6. Managementul durabil al apei într-o industrie vinicolă

3.6.1. Opțiuni de reducere a cantitatii de apă utilizate în etapa de creștere a vitei de vie

Modelul CROPWAT 8.0 a fost utilizat pentru a efectua o simulare cu privire la Programarea irigațiilor, pentru o utilizare mai eficientă a apei. Prin urmare, datele rezultate pentru cultura de vita de vie, pentru județul Iași în anii 2007 (an „secetos”) și 2008 (an „umed”), sunt prezentate în Anexa 3.1.

Cerințele de apă pentru irigații au fost estimate utilizând opt scenarii diferite, definite și explicate în Anexa 2.9.

În figura de mai jos este prezentată evoluția evapotranspirației și a cerințelor de irigații pentru cultura de vita de vie în cadrul sezonului de creștere, pentru a evidenția diferențele dintre un an „secetos” (2007 - Fig 3.20 a.) și un an „umed” (2008 - figura 3.20 b) în județul Iași. În 2007, cerințele de apă înregistrate de către culturi au fost mult mai mari decât în anul 2008 (de la 593.2 mm/ decada la 483 mm/decada), indicând o creștere a necesarului de umiditate în sol, precum și necesitatea unei Programări de irigații pentru o mai bună alimentare cu apă

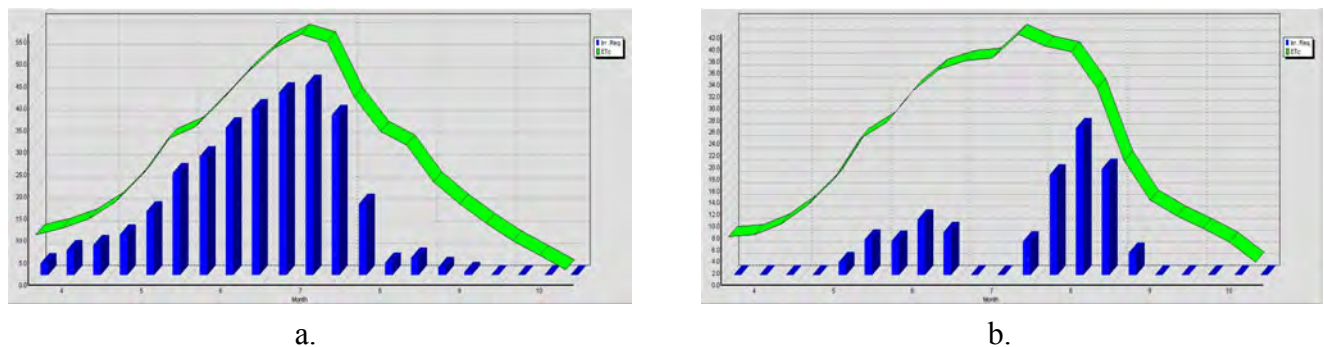
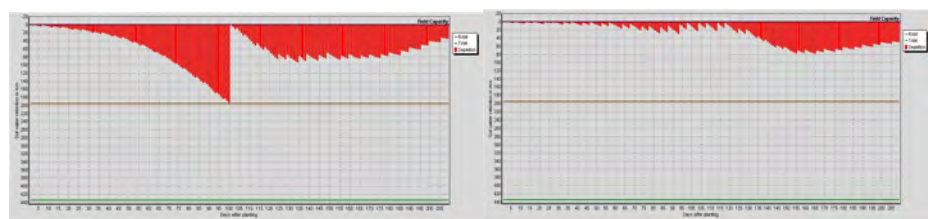


Figura 3.20 Evoluția evapotranspirației culturii de vita de vie (ETc) pentru sezonul de creștere pe o bază lunară, în anii a. 2007 și b. 2008

Punctul maxim al evapotranspirației de referință s-a înregistrat în anul de secetos (56.9 mm/zi), în etapa de la mijlocul sezonului de creștere (iulie), scăzând spre sfârșitul sezonului (octombrie) până ce a ajuns la 3.6 mm/zi. Creșterea umidității relative poate scădea valorile evapotranspirației de referință.

Utilizarea Planificării irigațiilor

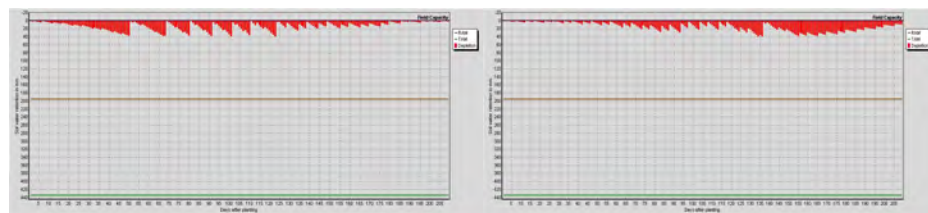
O parte importantă a acestui capitol este dedicată analizei diferitelor opțiuni de reducere a cantităților de apă necesare creșterii culturii de vita de vie. Una dintre contribuțiile originale ale acestui studiu a fost selecția scenariilor de planificare a irigațiilor, analiza indicând rezultate diferite, în funcție de scenariul ales și a anului luat în calcul.



(2007)

a.

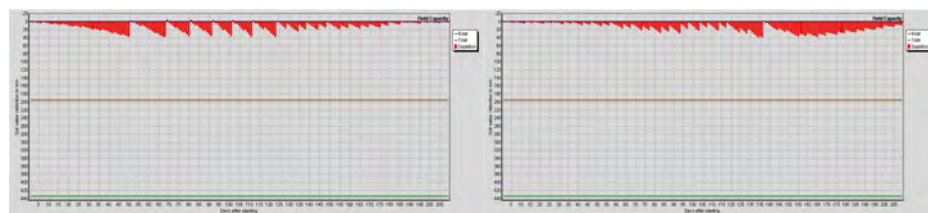
(2008)



(2007)

b.

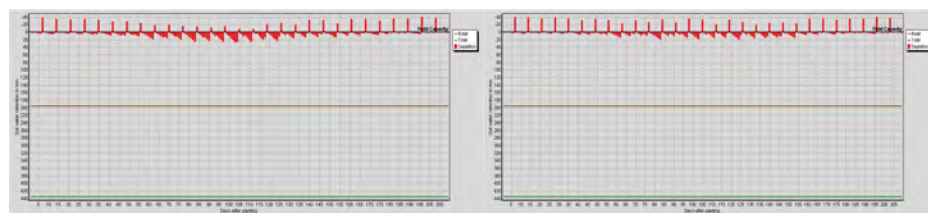
(2008)



(2007)

c.

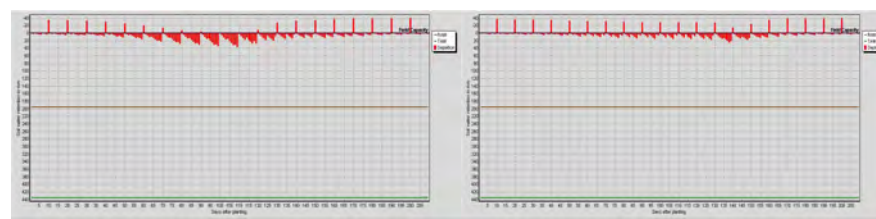
(2008)



(2007)

d.

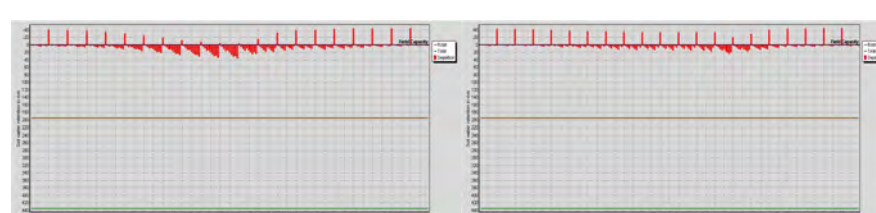
(2008)



(2007)

e.

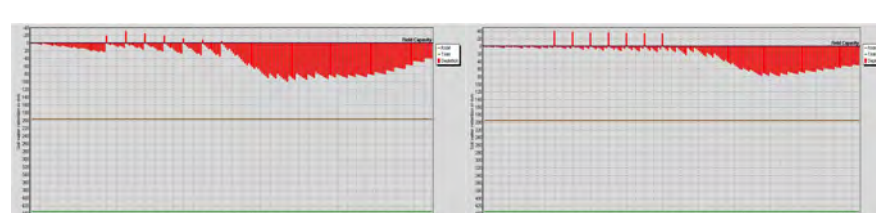
(2008)



(2007)

f.

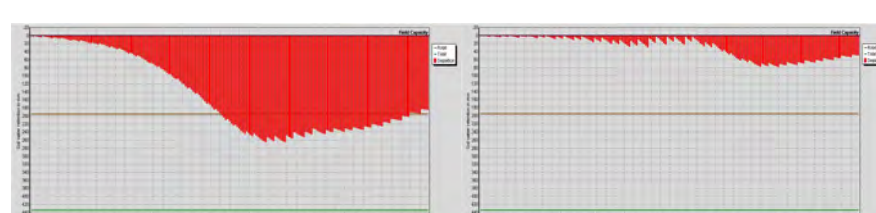
(2008)



(2007)

g.

(2008)



(2007)

h.

(2008)

Fig. 3.21 Diagramele rezultate din Planificarea Irigatiilor cu ajutorul modelului CROPWAT pentru cultura de vita de vie pentru un an secetos (2007)si unul umed (2008)

În figurile de mai sus (Fig. 3.21 a - h) sunt ilustrate simularile efectuate cu ajutorul modelului CROPWAT a celor opt scenarii de irigare pentru cultura de vita de vie într-un an secetos (2007) și un an umed (2008) în județul Iași.

Planificarea irigațiilor a fost realizată prin aplicarea modelului CROPWAT, în scopul de a evalua corect volumul de apă folosit pe teren și perioada precisă de aplicare astfel încât apa să fie utilizată într-un mod eficient.

Irigare la capacitatea maxima de absorbtie a solului (1) - Această opțiune reprezintă modul clasic de a stabili un regim de irigații, utilizând o cantitate minimă de irigații, aplicate la intervale neregulate de irigare, ceea ce necesită un sistem de irigare flexibil. Conform graficelor, atunci când nivelul apei atinge minimul (Umiditatea productivă disponibilă - RAM, stabilită de către utilizatori pentru fiecare sezon și adaptată la nevoile culturilor), irigațiile trebuie aplicate până ce capacitatea de câmp este atinsă.

Irigare la intervale fixe de saturatie a solului (2) s-au înregistrat diferite valori ale cantităților de irigații aplicate cu diferite norme de udare.

Când a fost aplicat scenariul (3) (*fara irigații*), s-a observat că, cultura de vita de vie a fost supusă unui deficit de irigații, pretinzând un deficit de umiditate, depășindu-se umiditatea productivă a solului în mai multe stagii de dezvoltare a culturii.

În schimb, în scenariile 4, 5 și 6 au fost înregistrate cele mai mari valori ale cantităților de irigații aplicate înregistrând cea mai mică eficiență. De aceea nici unul dintre acestea nu este potrivit pentru o utilizare eficientă a apei, irigațiile aplicate fiind în exces.

CAPITOLUL 4. Evaluarea amprentei ecologice a apei în spațiul hidrografic Prut-Barlad

4.1.3 Cerințele de apă și conținutul de apă virtuală ale culturilor

4.1.3.1. Cerințele de apă și cerințele de irigații

Necesarul de apă pentru principalele culturi produse în județele din spațiul hidrografic Prut-Barlad sunt prezentate în Fig. 4.6, ilustrate pentru fiecare județ analizat, divizând consumul de apă *verde* și *albastră*. Producția de culturi în partea de sud a spațiului hidrografic Prut-Barlad (46.483 m³/ha în județul Galați) a înregistrat cerințe mai mari de apă decât culturile produse în partea de nord (36.960 m³/ha în județul Botoșani). Culturile de grâu, cartofi și floarea-soarelui au înregistrat cerințele cele mai mari de apă. Așa cum era de așteptat, au existat variații vizibile în utilizarea apă *verde* și *albastră* în anii analizați, cu fluctuații climatice diferite, utilizarea apei *albastre* de către culturi fiind mai mare în anii secetoși decât în anii umezi, întrucât utilizarea de apă *verde* ilustrează modelul invers.

Mai mult decât atât, cea mai mare cererinta de apă *albastră* pentru culturi s-a înregistrat în partea de sud a bazinului, insumand pana la 9730 m³/ha pentru întreaga producție ca medie pentru 2005-2008, comparativ cu partea de nord, cu un total de 1443 m³/ha.

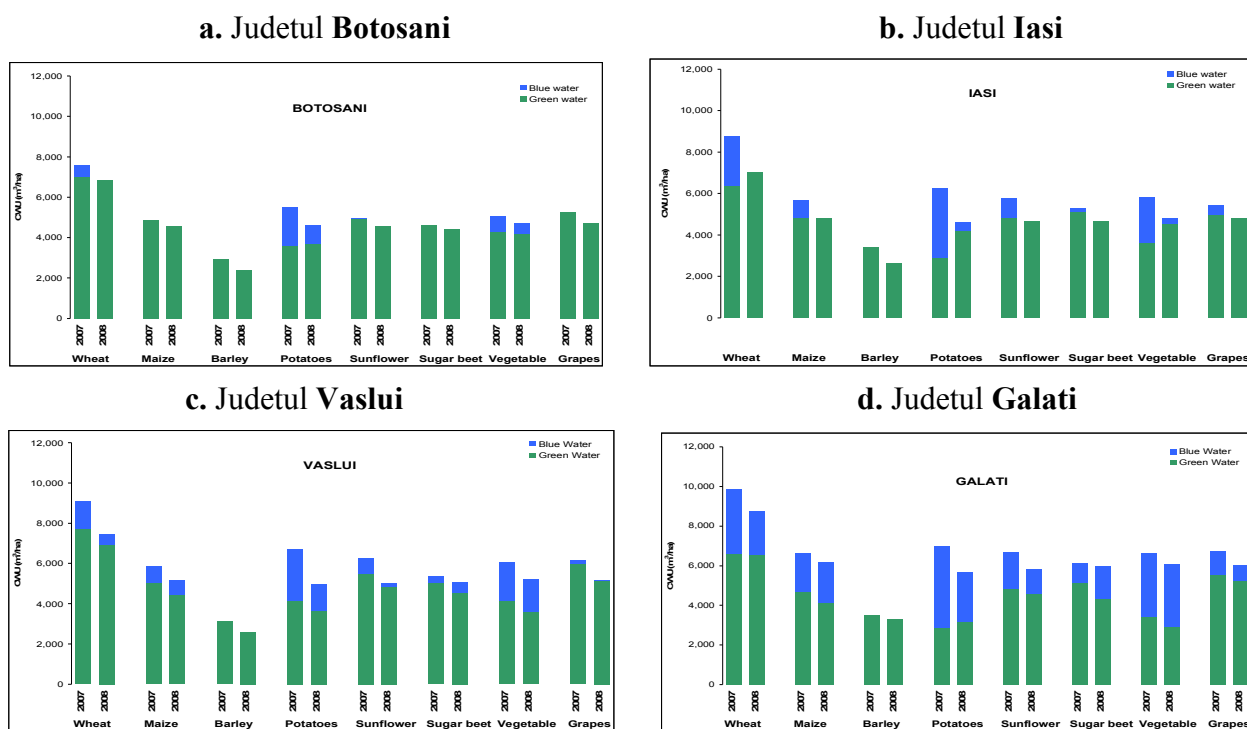


Figura 4.6 Cerintele de apa de catre culturi (m³/ha) în spatiul hidrografic Prut-Barlăd

Este evidentiata diferenta mare dintre consumul de apă într-un an secetos si intr-un an umed, în special apa *albastră*, de exemplu, în județul Galați, în 2007, cerința de apă pentru irigații a insumat 16.490 m³/ha, iar în 2008 a fost 13.620 m³/ha, pe de altă parte, în județul Botoșani valoarea totală a cerințelor de apă de irigare a fost 1450 m³/ha în 2008 și 3310 m³/ha în 2007.

4.1.3.2. Amprenta ecologica a apei pentru cresterea culturilor

În Figura 4.7 este prezentat conținutul mediu anual de apă virtuala (m³/tonă), calculat conform metodologiei elaborate de Hoekstra si colab. (2008), în diferite judete din cadrul spatiului hidrografic Prut-Bârlad, pentru diferite culturi.

După cum se poate observa, dintre culturile analizate, plantele industriale, cum ar fi floarea-soarelui (3300-4400 m³/ton) și cerealele, cum ar fi grâul (2800-3800 m³/tonă) și porumb (1600-2900 m³/tonă) prezintă cel mai ridicat continut de apă virtuala, reprezentând aproape 70% din consumul total de apă virtuala al culturilor, cele mai mari valori înregistrându-se în județul Galați.

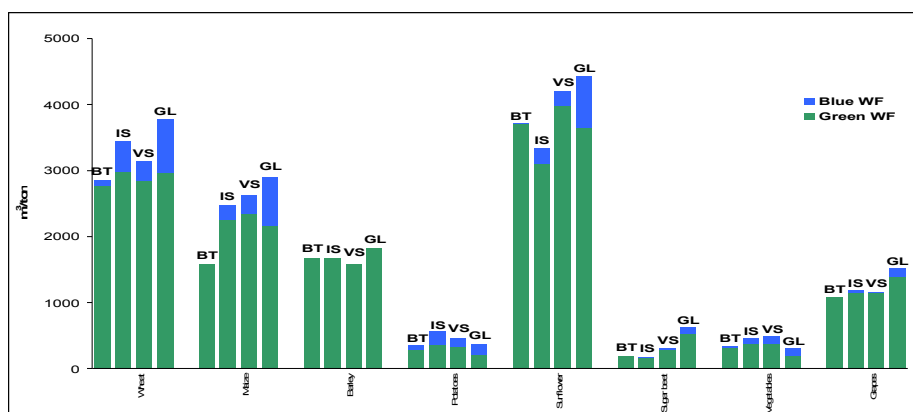


Figura 4.7 Amprenta ecologica medie a apei pentru producția agricolă (m^3/ton) în spatiul hidrografic Prut-Barlad

Cu toate acestea, sfecla de zahăr ($170\text{-}600 \text{ m}^3/\text{ton}$) și cartofii ($340\text{-}600 \text{ m}^3/\text{ton}$) prezintă cel mai mic conținut de apă virtuală, probabil din cauza producției ridicate înregistrate.

Componenta *verde* are cea mai mare contribuție la amprenta ecologica totală a apei a culturilor, deoarece în aceste județe nu există un sistem de irigații bine dezvoltat, astfel încât cele mai multe culturi sunt, în principal, cultivate cu apă din precipitații.

Variația amprentei ecologice a apei pe tonă pentru culturile analizate este în mare măsură determinată de diferența de producție, temperatura și cantitatea de precipitații, disponibilitatea apei în sol și cantitatea de apă necesară și furnizată pentru irigații.

În general, influența climei asupra magnitudinii amprentei ecologice a apei pe tonă este mare, o rată de evapotranspirație mai mare conduce la o cerință mai mare de apă a culturilor și, prin urmare, la o mai mare utilizare a apei de către cultură.

Pentru a analiza amprenta ecologica de apă *gri*, au fost luate în considerare îngrășămintele pe baza de azotat. Așa cum nu ne așteptam, amprenta ecologica de apă *gri* a fost foarte mare pentru orz și sfeclă de zahăr decât de grâu, porumb sau cartofi (Fig. 4.9).

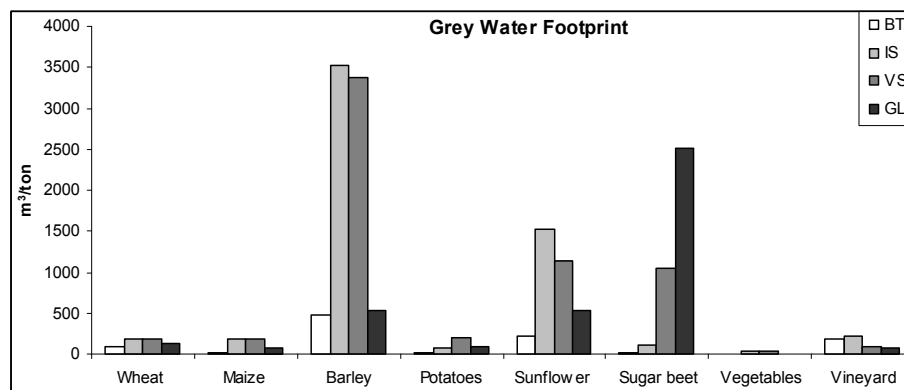


Figura 4.9 Amprenta ecologica de apă *gri* pentru culturile din spatiul hidrografic Prut-Barlad (m^3/ton)

4.1.4 Amprenta ecologica a apei asociata producției agricole

În figura 4.10 este ilustrata contribuția totală a apei *albastră* și *verzi* la amprenta ecologica a apei pentru culturi în milioane m³/an, observând că amprenta ecologica de apă *verde* contribuie cu aproximativ 80-90% la amprenta ecologica totală a apei, amprenta ecologica de apă *albastră*, in partea de sud a bazinul hidrografic are cea mai mare pondere (18%).

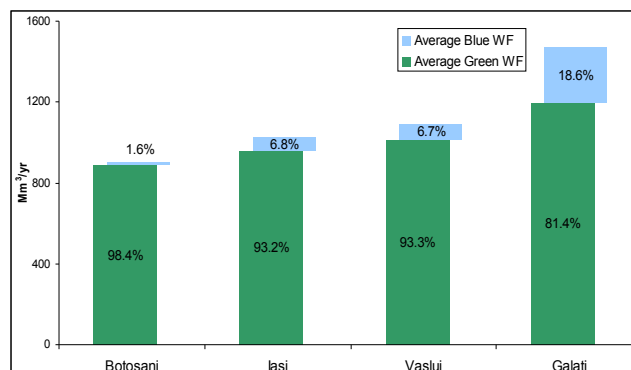


Figura 4.10 Amprenta ecologica de apă *albastră* și *verde* ale culturilor din cadrul spatiului hidrografic Prut-Barlad

Amprenta ecologica totala de apă *verde*, *albastră* și *gri* referitoare la producția agricolă este ilustrată în Figura 4.12, indicând faptul că amprenta ecologica de apă *verde* a culturilor a scăzut în 2007 (anul secetos), cu aproximativ 30% decât în 2005 (an mediu), cea mai mare diferenta fiind observata în județul Vaslui, scazand de la 1240 Mm³/an în 2005 la 780 Mm³/an în 2007.

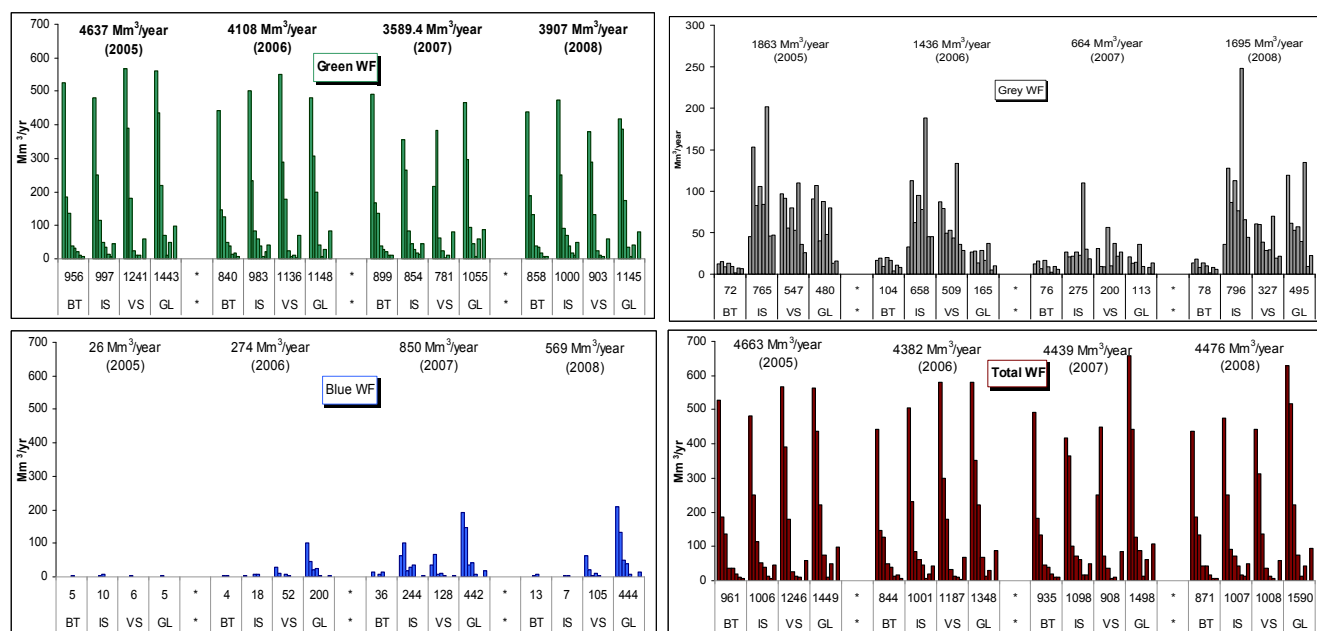


Figura 4.12 Amprenta ecologica totală de apă *verde* (stânga sus), *albastră* (stânga jos), *gri* (la dreapta), și totala pentru productia agricola (*verde* și *albastră*) (dreapta jos) (Mm³/an) în perioada 2005-2008 în spatiul hidrografic Prut-Barlad.

Amprenta ecologica totala a apei referitoare la producția agricola este ilustrată în Figura 4.13, identificand ponderile componentelor albastra, verde si gri a amprentei ecologice a apei totale în spatiul hidrografic Prut-Barlad.

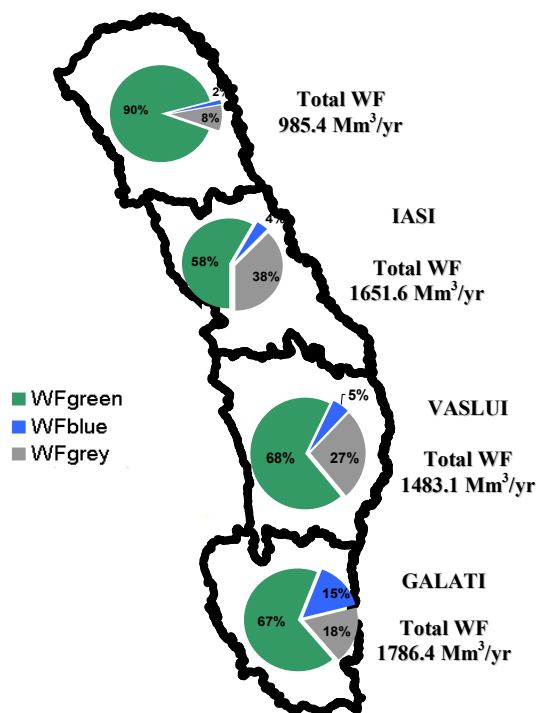


Figura 4.13 Ponderea medie amprentei ecologice de apa *verde*, *albastra* si *gri* în agricultură (Mm³/year) în perioada 2005-2008, în spatiul hidrografic Prut-Barlad

În plus, cea mai mare amprenta ecologica de apa *albastra* a fost înregistrat în 2007, în județul Galați (442 Mm³/an), fiind cu 90% mai mare decât valorile înregistrate în partea de nord a bazinului (Judetul Botosani - 36 Mm³/year). Amprenta ecologica medie totala a apei (*verde* și *albastră*), raportata la producția agricolă, pentru perioada 2005-2008 a fost perioada 4500 Mm³/an în spatiul hidrografic Prut-Barlad.

4.1.7 Productivitatea economica a apei (€/m³)

În cadrul acestui studiu, productivitatea economica a apei (productivitate aparenta a apei) este un aspect important de luat in calcul, deoarece identifica utilizările posibile de apă care nu sunt utilizate în condiții de eficiență economică sau care nu realizeaza o alocarea eficientă a resurselor de apă.

Așa cum este ilustrat în Figura 4.16, productivitatea economica a apei diferă in functie de culturi, ani și regiune analizata, ca urmare a condițiilor climatice, caracteristicilor solului, producției realizate și prețul pe tona de produs. Legumele (0.9 - 1.4 €/m³) și cartofii (0.3 - 0.6 €/m³), sunt culturile cele mai profitabile din spatiul hidrografic Prut-Barlad, folosind o cantitate mică de apă și având cea mai mare productivitate economica a apei, fiind observata in special în anul umed.

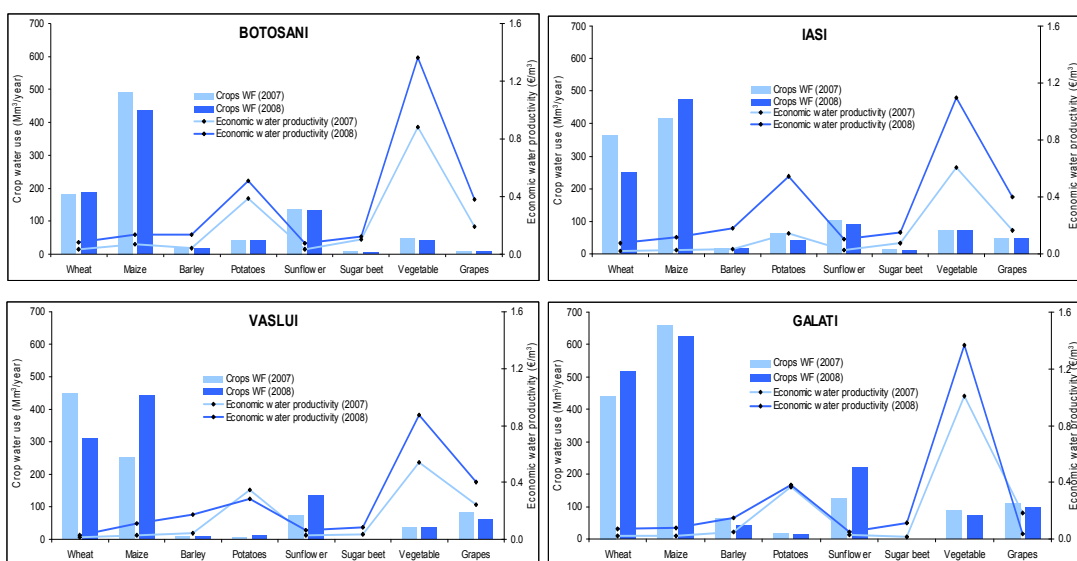


Figura 4.16 Productivitatea economică a apei (€/m^3) pentru producția agricolă obținută într-un an secetos (2007) și unul umed (2008)

Diferite culturi (de exemplu, strugurii), care au costuri de oportunitate mai mici (nu sunt irigate sau rareori irigate), utilizează umiditatea solului provenită din precipitații (apa *verde*), având, de obicei, o influență negativă mai mică asupra mediului decât utilizarea de apă *albastră* (provenită din apele de suprafață sau subterane sub formă de irigații).

Cu toate acestea, culturile de porumb și grâu sunt cele mai mari utilizatoare de apă din spațiul hidrografic, obținând un preț scăzut per produs și, respectiv o valoare scăzută, având, prin urmare, una dintre cele mai mici productivități economice ale apei ($0,02$ respectiv $0,08 \text{ €/m}^3$).

După cum se poate observa, productivitatea economică a apei în spațiul hidrografic Prut-Barlad are cea mai mare valoare în anul umed (2008), datorită condițiilor climatice favorabile și a producției mai mari realizată anual.

Județul cu cea mai mică valoare a productivității este județul Vaslui, care a înregistrat în anul 2007, 58 milioane €/an, din cauza producției obținute, care a fost mult mai mică în comparație cu anul 2008, când a fost înregistrată o valoare a producției de 126 de milioane €/an. Situația deficitului de apă din 2007 a complicat foarte tare atât producția de alimente la nivel local cât și alte tipuri de dezvoltare economică în județul Iași. Mai mult decât atât, județul Galați este regiunea cu cea mai mare valoare a productivității în spațiul hidrografic Prut-Barlad, înregistrând o valoare de 211 milioane €/an, având o productivitate economică totală a apei de 2.24 €/m^3 .

Analiza economică a culturilor agricole este o problemă foarte importantă, deoarece poate ține sub control culturile cultivate de către agricultori și amprenta ecologică a apei asociată acestora. Acest aspect ar putea avea un efect important asupra cantităților totale de apă utilizate la nivel de bazin hidrografic. Agricultorii ar putea alege să treacă de la culturile ce utilizează cantități mari de apă, cu o valoare economică mică, la culturi ce utilizează cantități mici de apă și au o valoare economică mai mare.

4.2 Evaluarea amprente ecologice a apei pentru utilizatorii casnici și pentru producția industrială

În spatiul hidrografic Prut-Bârlad, principalul sector care utilizează apă *verde* și *albastra* este agricultura, care a însumat aproximativ 70 - 90% din totalul utilizărilor de apă la nivelul spatiului hidrografic analizat (Figura 4.13).

Urmatorul mare utilizator de apă din spatiul hidrografic este industria (15%), care are o tendință ascendentă din partea de nord spre sudul bazinului, cel mai mare consum de apă *albastră* fiind înregistrat în județul Galați (Figura 4.18), ca și medie pentru perioada 2005-2008, de 72 milioane m³/an. Alimentare cu apă pentru populație reprezintă 10% din consumul total de apă *albastră* în spatiul hidrografic.

În consecință, chiar dacă alimentarea cu apă pentru populație și utilizările pentru producția industrială au o importanță economică și socială evidentă, producția agricolă, care este utilizatorul celei mai mari cantități de apă (75%) este soluția pentru managementul resurselor de apă în spatiul hidrografic analizat.

În perioada 2005-2008, utilizarea apei de către populație a avut o tendință crescătoare datorită numărului tot mai mare de locuitori brașari la sistemele de alimentare cu apă, cerințelor aferente și, eventual, din cauza pierderilor din rețea (aproximativ 30-40% din debitul zilnic de apă este asociat cu scurgerile din rețea), cauzate de îmbătrânirea infrastructurii (conducte deteriorate și fluctuații de înaltă presiune în rețeaua de distribuție a apei) (Ene et al., 2009).

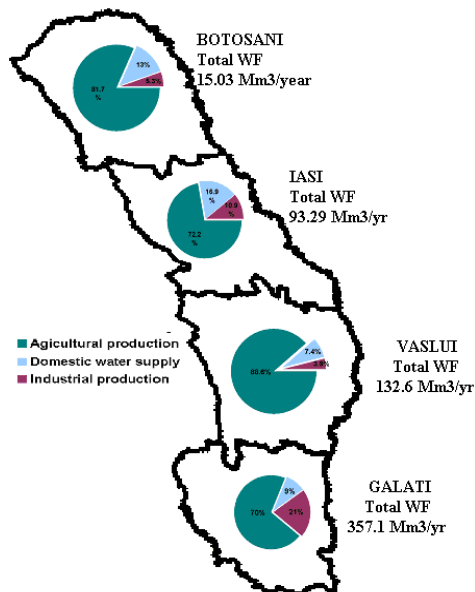


Figura 4.18 Amprenta ecologică medie de apă *albastră* (pentru producția agricolă, în scopuri domestice și pentru producția industrială, %) (Mm³/year) pentru perioada 2005-2008

Consumul de apă industrială a scăzut foarte mult în ultimii ani, datorita faptului ca multe industrii mici, nu au reușit să supraviețuiască în contextul noii piețe, din cauza tehnologiilor depășite și a problemelor legate de modernizarea instalațiilor de producție.

4.3 Compararea amprentei ecologice de apă albastră cu disponibilitatea de apă albastră

Comparația dintre disponibilitatea internă a apei albastre și amprenta ecologică de apă *albastră* (Figura 4.19) pentru un an „normal” din punct de vedere climatologic și un an „secetos”, pe o bază lunară, ilustrează depășiri substanțiale ale limitelor disponibilității locale de apă *albastră* în anul „secetos”, prin utilizarea apei albastre în exces, fiind în mare parte observată în partea de sud a spațiului hidrografic (județele Vaslui și Galați), regiuni care sunt predispuse la deficitul de apă. Graficele de mai jos indică un impact mare asupra disponibilității resurselor de apă (pe o bază lunară), fiind observată preponderent în anul „secetos” (2007), din iulie până în septembrie, când temperaturile au fost relativ mari, iar precipitațiile au fost reduse.

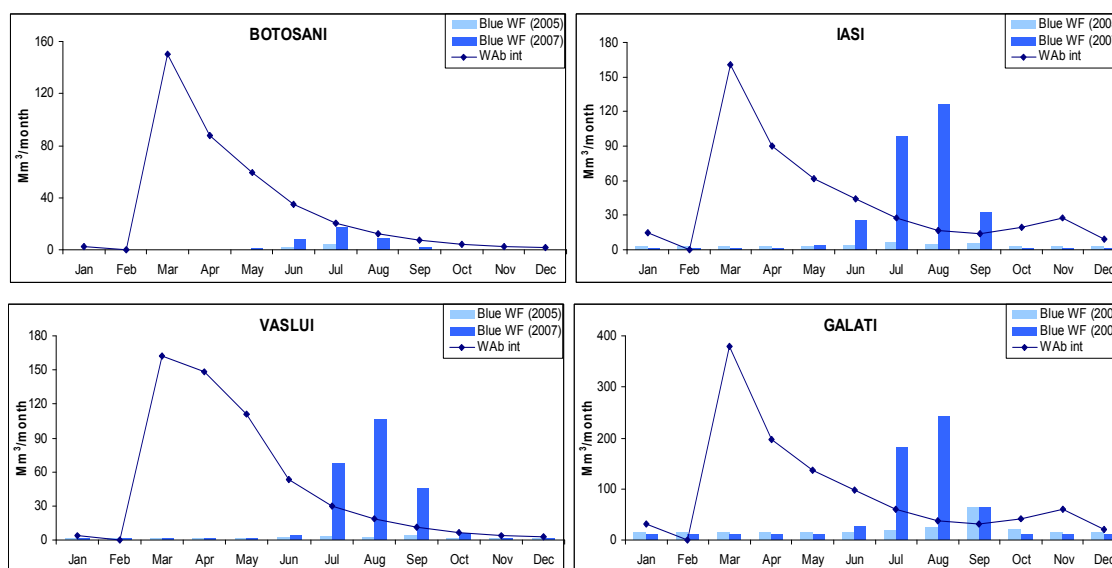


Figura 4.19 Comparația între disponibilitatea de apă *albastră* și amprenta ecologică de apă albastră pe regiuni în cadrul spațiului hidrografic Prut-Barlad

Depășirile disponibilității de apă *albastră* de către consumul de apă *albastră* indică, de asemenea, o utilizare ineficientă a irigațiilor care pot fi îmbunătățite printr-un mai bun management la nivel de fermă. Această comparație ilustrează impactul cumulativ pe care consumul de apă îl are asupra resurselor de apă disponibile într-un bazin hidrografic și pot fi rezolvate printr-un mai bun management al apei la nivel local.

4.4 Compararea amprentei ecologice de apă gri cu capacitatea de asimilare

Nivelul de poluare al apei pentru aplicarea îngrășamintelor pe baza de azot în agricultură, nu depășește limita anuală de 100%, dar calculat pe baza lunară, scurgerea de suprafață este depășită în ianuarie, septembrie, octombrie și decembrie din județele Iasi și Galați (Figura 4.22).

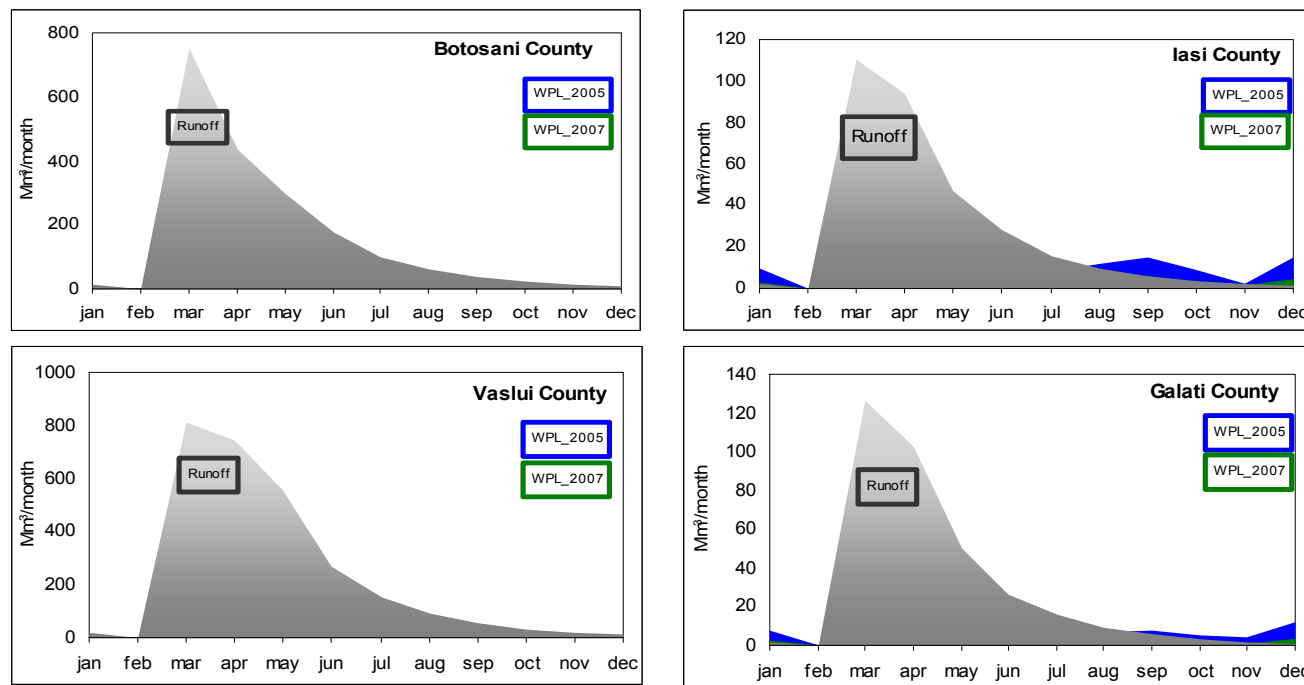


Figura 4.22 Nivelul de poluare al apei în anii 2005 și 2007, comparat cu scurgerea de suprafață în spatiul hidrografic Prut-Bârlad

4.5 Evaluarea amprentei ecologice de apă gri pentru principalii poluatori industriali în spatiul hidrografic Prut-Barlad

4.5.3 Identificarea amprentei ecologice de apă gri în stațiile de epurare a apelor uzate în spatiul hidrografic Prut-Barlad

4.5.3.1 Caracteristicile stațiilor de epurare a apelor uzate analizate

Caracteristicile evacuărilor de poluanți provenite de la fiecare stație de epurare a apelor uzate, precum și starea de calitate a corpului de apă receptor au fost descrise în capitolul 1.4 (secțiunea 1.4.4).

În tabelul de mai jos (Tabelul 4.2) sunt exemplificate principalele stații de epurare a apelor uzate din cadrul spatiului hidrografic Prut-Barlad, care influențează calitatea apei receptoare, prin evacuări directe sau evacuări indirecte (ape uzate industriale, evacuate în sistemul de canalizare) (Ene și Teodosiu, 2011b).

Evaluarea amprentei ecologice de apă *gri* a stațiilor de epurare a apelor uzate din cadrul spațiului hidrografic Prut-Barlad, care sunt deversate în receptorii naturali, a fost realizată luând în considerare o serie de 5 indicatori de calitate, prezentați în Tabelul 4.3.

Tabelul 4.2 Caracterizarea stațiilor de tratare și epurare a apelor uzate în spațiul hidrografic Prut-Barlad

NR	STATIA DE EPURARE	Q _{MED} (M ³ /S)		LOCALIZAREA STATIILOR DE EPURARE A APELOR UZATE ÎN SPATIUL HIDROGRAFIC PRUT-BARLAD	RECEPTOR NATURAL
		2006	2007		
1	RAJ Apa - SE Rachiti	398.7	365.3		Sitna (Jijia)
2	Apa Grup (GOSCOM) Dorohoi	70	68		Jijia
3	Apa Grup (CONACET) Saveni	6.63	8		Baseu
4	Apa Grup (DECATERM) Darabani	3.18	3.54		Podriga (Baseu)
5	Apa Grup SP Tulbureni	385.1	360		Teascu (Jijia)
6	Apa Grup SP Catamarasti	57.5	44.6		Sitna (Jijia)
7	RAJAC Iasi (mec+bio)	1766	1789		Bahlui
8	RAJAC Iasi (mec)	233.4	258.1		Bahlui
9	St. de ep. Tg Frumos	54.3	79		Bahluet
10	St. de ep. Pd Iloaiei	8.9	5.9		Bahluet
11	St. de ep. Raducaneni	3.57	6.13		Bohotin
12	St. de ep. Vladeni	0.89	1.81		Jijia
13	St. de ep. Belcesti	1.5	3.4		Bahlui
14	St. de ep. Harlau	11.3	12.1		Bahlui
15	GOSCOM Vaslui	163.5	163.5		Barlad
16	St. de ep. Barlad	200.5	200		Barlad
17	GOSCOM Husi	43.4	43.4		Prut-Dranceni
18	GOSCOM Racova	10.1	10.1		Vaslui
19	GOSCOM Spatar Angheluta	3.67	3.67		Vaslui
20	GOSCOM Delea	6.25	6.25		Barlad
21	St. de ep. Barlad - Iaz retentie II	16.6	16.6		Valea Seaca
22	R.A.G.C.L. Barlad-St. trat Crang	6.15	6.15		Valea Seaca

Concentrațiile maxime admise a poluanților în corpul de apă receptor (*MAC*), sunt reglementate de legislația națională, prin Hotărârea Guvernului nr. 352/2005 (HG, 2005: NTPA 001, 2005), concentrația maximă acceptabilă pentru poluant în corpurile de apă receptoare în

conformitate cu cerințele Directivei Cadru Apa (EC WFD, 2000) (C_{max}) și concentrația poluantului care ar avea loc în lipsa intervenției umane (C_{nat}) a fost considerată ca fiind concentrația de clasă de calitate I așa cum este reglementată prin Ordinul 161, 2006 fiind, de asemenea, specificate în tabelul de mai jos.

Tabelul 4.3 Indicatorii de calitate ai apelor uzate analizați

NR.	INDICATOR	SIMBOL	UM	MAC ¹	C _{MAX} ²	C _{NAT} ³
1.	Consum biochimic de oxigen	CBO ₅	mg/L	25	5	3
2.	Consum chimic de oxigen	CCO-Cr	mg/L	125	25	10
3.	Amoniu	NH ₄ ⁺	mg/L	2	0.8	0.4
4.	Fenoli	PHE	mg/L	0.3	0.005	0.001
5.	Detergenti	DET	mg/L	0.5	0.2	0.1

¹ Conform Hotararii Guvernului 325/ 2005: NTPA 001, 2005

² Conform Ordin 161, 2006 (clasa II)

³ Conform Ordin 161, 2006 (clasa I)

4.5.3.3. Evaluarea amprentei ecologice de apa gri

Obiectivul principal al acestui studiu a fost de a identifica și prioritiza punctele critice din cadrul spațiului hidrografic Prut-Bârlad, luând în considerare evaluarea performanțelor a 22 de stații de tratare și de epurare a apelor uzate municipale din trei județe.

Factorii negativi de diluție calculat au fost ignorați în evaluarea ulterioară a amprentei ecologice de apă gri (a fost adoptată ca fiind zero, mai ales atunci când $c_{effl} < c_{act}$). Factorul mediu de diluție calculat pe o bază lunară, pentru poluanții analizați în stațiile de epurare a apelor uzate pentru anii 2006 și 2007 este listat în tabelul 4.4.

Factorul de diluție asociat poluării cu amoniu s-a dovedit a fi cel mai mare, deoarece stațiile de tratare și epurare ale apelor uzate nu sunt prevăzute cu treapta terțiara de tratare pentru îndepărtarea azotului ($c_{effl} \gg c_{act}$). S-a constatat că stațiile de epurare 4 (Botoșani) și 12 (Iasi) au înregistrat cel mai mare factor diluție pentru toți poluanții analizați, care demonstrează faptul că aceste stații de epurare nu funcționează corespunzător. Stația de epurare 18 (Vaslui) a înregistrat un factor de diluție negativ, deoarece concentrația efluentului evacuat a fost mai mică decât concentrația de poluant în receptorul natural.

Tabelul 4.4 Factorul mediu de diluție în stațiile de epurare a apelor uzate analizate

JUDET	STATIA DE EP.	CBO ₅		CCO-CR		NH ₄ ⁺		PHE		DET	
		2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Botosani	1	4.5	5.9	2.4	1.7	24.4	34.3	3.9	3.7	2.7	3.6
	2	20.4	13.8	8.4	5.4	41.4	40.6	9.9	6.9	8.7	14.8
	3	49.5	23.4	18.2	8.3	59.1	66.5	13.1	12.0	8.5	17.0
	4	95.6	99.1	32.6	32.9	105.6	235.5	17.0	24.8	8.8	22.3
	5	28.7	39.0	11.2	12.4	43.8	47.7	10.5	7.7	5.1	15.9

	6	1.0	0.7	0.5	0.2	0.6	0.3	4.3	1.1	0.0	0.0
Iasi	7	2.1	2.4	1.3	0.7	0.0	0.1	1.6	0.7	2.8	0.1
	8	30.2	14.9	6.4	6.1	42.1	36.9	2.7	1.7	19.0	6.8
	9	14.3	39.6	4.2	12.9	47.0	84.8	1.1	5.0	2.5	4.2
	10	37.2	36.1	12.5	9.9	64.9	74.9	7.1	7.9	14.4	19.7
	11	16.9	28.0	5.2	8.2	60.1	118.9	4.2	0.9	5.7	6.9
	12	47.6	47.7	18.0	13.0	291.0	228.6	14.4	16.0	54.7	48.8
	13	9.5	15.6	2.7	5.3	54.4	67.2	0.8	2.4	1.1	4.4
	14	6.8	7.1	2.6	2.4	1.4	6.7	0.5	1.8	0.4	0.6
Vaslui	15	14.9	16.1	4.9	4.9	32.3	19.7	0.7	0.2	4.9	10.9
	16	12.0	12.1	3.5	3.7	30.8	21.5	0.2	0.2	2.3	6.2
	17	17.3	19.6	5.8	6.7	43.7	55.5	0.3	3.5	8.5	19.6
	18	0.2	0.0	0.1	0.0	0.6	0.0	0.8	0.4	1.0	0.0
	19	43.9	44.2	15.0	16.5	73.1	85.2	1.9	5.9	15.0	44.5
	20	0.6	1.3	0.0	0.4	1.3	0.2	0.4	0.0	0.2	0.0
	21	21.0	18.1	7.5	6.3	73.4	57.8	0.4	0.9	7.2	12.5
	22	3.3	3.1	0.9	2.2	0.2	0.3	31.6	0.0	0.0	0.1

Factorul de diluție evidențiază contribuția poluantului la calitatea efluentului, cu toate acestea, acesta nu are nici o influență asupra îmbunătățirii calității râului receptor. Factorul de diluție este mare atunci când concentrația poluanților în efluent și în receptorul natural este mai mare.

Amprenta ecologica de apă *gri* a fost calculată pe o bază lunară și una anuală, folosind factorul de diluție și debitul efluenților evacuați în receptorii naturali. Amprenta ecologica de apă *gri* mai mare decât zero, nu indică faptul că standardele de calitate a apei sunt depășite, ci dovedeste o capacitate de asimilare a râului care a fost parțial consumată.

Cu toate acestea, amprenta ecologica de apă *gri* a înregistrat cele mai ridicate valori la stațiile de epurare 1 și 5 (județul Botoșani), 7 și 8 (jud. Iasi), și 15 și 16 (județul Vaslui) ca urmare a debitului mare de efluent evacuate în receptorii naturali.

Cel mai important aspect corespunde evacuărilor de poluanți pe baza pe amoniu care, în spațiul hidrografic Prut-Barlad, în anul 2007, a însumat 1980 Mm³/an necesari pentru diluarea poluantului amoniu, astfel încât calitatea apei receptoare să rămână aceeași. În ceea ce privește indicatorii de calitate CBO₅, CCO-Cr, detergenți și fenoli, valorile amprentei ecologice de apă *gri* pentru stațiile de tratare și de epurare a apelor uzate analizate, s-a constatat a fi 1166, 369, 463 și 227 Mm³/an. Aceste valori nu indică cantitatea totală de apă poluată, ci reprezintă intensitatea poluării apei, exprimată în termeni de volum de apă necesar pentru a dilua poluanții la niveluri acceptabile.

Amprenta ecologica totală de apă *gri*, calculată anual, pentru anii 2006 și 2007 este prezentată în Figura 4.25. Cea mai mare contribuție în anul 2007 a poluanților analizați a fost înregistrată în

județul Botoșani, cu un total de 2195 Mm³/an, urmat de județul Iași cu 1248 Mm³/an, și județul Vaslui cu 764 Mm³/an.

Rezultatele, de asemenea, au evidențiat faptul că toate stațiile de tratare și epurare care evacuează cantități însemnate de apă în receptorii naturali au prezentat valori majore ale amprentei ecologice de apă *gri*.

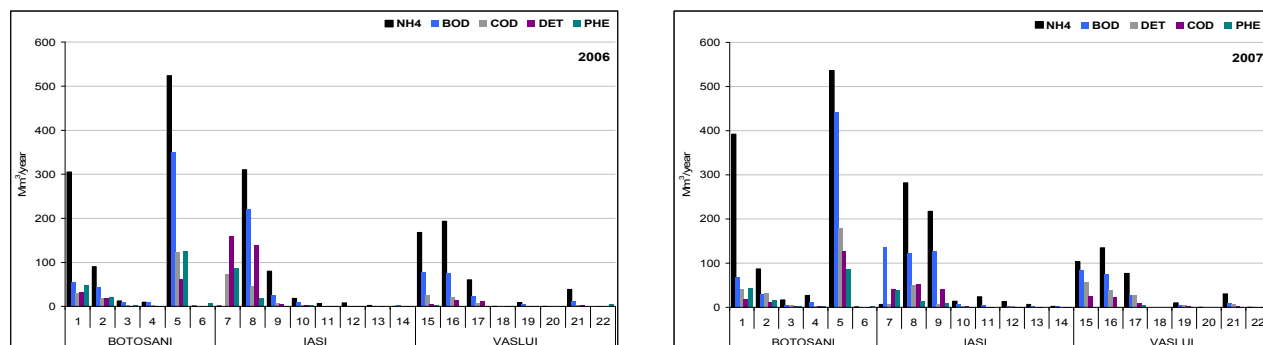


Figura 4.25 Amprenta ecologica de apă *gri* calculata anual pentru poluanții analizați (Teodosiu et al., 2011)

Amprenta ecologica de apă *gri* evaluează performanțele stațiilor de tratare și de epurare a apelor uzate, prin calitatea efluentului, ținând cont de condițiile corpurilor de apă receptoare, și, de asemenea, a debitelor de ape uzate evacuate (Q_{eff}).

Figura 4.26 prezintă punctele critice identificate prin utilizarea instrumentului de amprenta ecologica de apă *gri* în spațiul hidrografic Prut-Bârlad, pentru evaluarea efectuată pentru cele 22 stații de tratare și epurare ale apelor uzate din cele trei județe analizate.

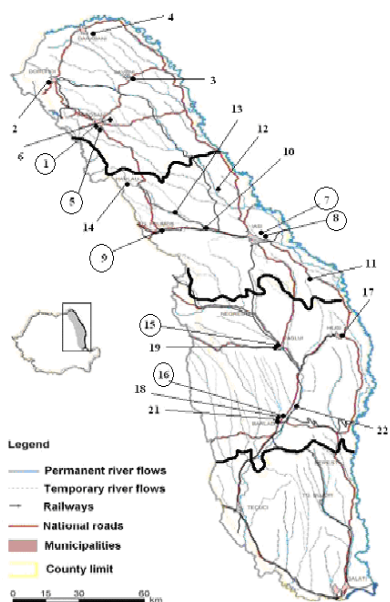


Figura 4.26 Clasificarea punctelor critice identificate în spațiul hidrografic Prut- Bârlad

Cele mai multe dintre punctele critice sunt situate în partea de est a spațiului hidrografic, acolo unde stațiile și de epurare a apelor uzate nu respecta standardele de calitate pentru evacuarea poluanților în receptorii naturali. În plus, având în vedere faptul că aceste stații și epurare evacuează ape uzate în receptorii naturali, care au o calitate bună, atunci impactul acestora asupra calității apei este foarte mare.

Evaluarea amprente ecologice de apă *gri* ia în considerare atât dimensiunea impacturilor generate de volumele de ape uzate și concentrațiile poluanților, dar și vulnerabilitatea corpului de apă receptor. Calculul amprente ecologice a apei *gri* *evidențiază* problemele poluatorilor definind astfel punctele critice din bazinul hidrografic și oferind o imagine a impactului, exprimat ca volumul necesar de apă pentru a dilua poluanții în scopul de a menține calitatea apei în conformitate cu cerințele Directivei Cadru Apă.

CAPITOLUL 5. Dezvoltarea de scenarii și strategii pentru managementul integrat al resurselor de apă

5.2 Dezvoltarea de scenarii pentru evoluția cerințelor de apă

Ca și obiective pentru acest studiu s-au avut în vedere următoarele:

- Realizarea și menținerea echilibrului dintre cerințele de apă ale folosintelor și disponibilul de resurse de apă;
- Diminuarea efectelor negative ale fenomenelor naturale asupra vieții, sănătății, bunurilor și activităților umane și mediului (inundații, exces de umiditate, secete, eroziunea solului etc);
- Gestionarea resurselor de apă în condițiile schimbărilor climatice.

Potentialul resurselor de apă din spațiul hidrografic Prut-Barlad este de 1900 m³/cap/an, fiind mult mai mic decât media europeană de 4500 m³/cap/an, fiind necesar un management mai bun al resurselor de apă.

Prelevarile de apă pentru populație și pentru industrie a scăzut continuu în ultimii zece ani. Prelevarile de apă pentru consumul uman a scăzut cu mai mult de 60% (2003-2010).

Evoluția prelevării apei pentru agricultura prezintă o tendință ascendentă în ultimii zece ani, cumulând prelevarea de apă pentru irigații, creșterea animalelor și acvacultură, apa necesară pentru irigații are ponderea cea mai mare în utilizarea apei în agricultură, fiind influențată de ani umezi sau secetoși.

Factorii care influențează cerințele de apă sunt numeroși. Utilizarea apei *albastre* variază în special prin:

1. Clima, în regiunile mai umede exista o rezerva considerabila de apă *verde* (precipitații), și din această cauză este nevoie de cantitati minime pentru irigații sau deloc;
2. Tehnologia are un impact major (o tehnică de irigare eficienta este de irigare prin picurare, care poate reduce consumul de apă albastră în mod semnificativ).

Pentru elaborarea scenariilor privind evolutia viitoare a cerintelor de apa, au fost utilizate următoarele surse de date statistice și prognoze:

- Strategia Nationala pentru Dezvoltarea Durabila a Romaniei, Orizonturi 2013 – 2020 – 2030;
- Programul Operational Sectorial Mediu si Documentul Cadru de Implementare a acestuia;
- Programul Operational Regional 2007 – 2013;
- Planul National de Dezvoltare 2007 – 2013;
- Planul National de Dezvoltare Rurala;
- Strategiile sectoriale existente;
- Raportul final al proiectului privind reabilitarea si reforma sistemului de irigații in Romania;
- Documente ale Administratiei Nationale pentru Imbunatatiri Funciare (ANIF) privind suprafetele maxime ce se pot iriga;
- Date furnizate de Administratia Nationala Apele Romane si Administratia Bazinala Prut-Barlad;
- Alte informatii au fost obtinute de la Institutului National de Statistica si din portalul de Statistica al Uniunii Europene, EUROSTAT, in special in ceea ce priveste evolutia demografica a Romaniei.

Avand in vedere obiectivele tinta extrase din strategiile, planurile si programele mentionate si perioada de prognoza aleasa 2010-2020, s-au elaborat scenariile privind evolutia cerintelor de apa ale folosintelor care au fost descrise si cuantificate.

O evoluție demografică pentru spatiul hidrografic Prut-Barlad a fost realizat prin luarea în considerare a cifrelor demografice publicate de EUROSTAT pentru perioada 2008 - 2060, fiind folosit ca si bază pentru această etapă de analiză și de asemenea a datelor provenite de la Institutul Național de Statistică privind evoluția demografică în România, Regiunea Nord Est, Sud-Est Regiunea și judetele Botoșani, Iasi, Vaslui și Galați în perioada 2002-2008.

În plus, toate estimarile demografice publicate recent în România (INS, 2004; 2005) inclusiv ipotezele optimiste de evolutie, denota o tendință continuă demografica descendenta. Figura 5.5 prezinta evolutia demografică în spatiul hidrografic Prut-Barlad pentru perioada 2004 - 2007 și a populației estimate pentru următorul deceniu, în conformitate cu previziunile demografice ale EUROSTAT.

Evolutia viitoare a populatiei indica un trend descendent datorita:

- Ratei de fertilitate scazuta;
- Cresterii sperantei de viata la nastere;
- Modificari in structura de varsta a populatiei;
- Bilantul negativ al migratiei externe.

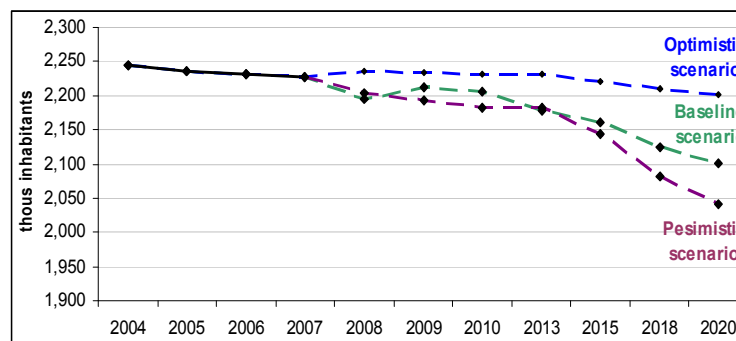


Figura 5.5 Statisticile și estimările demografice din spatiul hidrografic Prut-Barlad

Predictiile referitoare la creșterea populației în spatiul hidrografic Prut-Barlad cat și a cerintelor de apă pentru perioada de prognoza aleasa (2010 – 2020), sunt necesare pentru a determina cerințele viitoare de alimentare cu apă în zona analizata.

5.3 Scenarii privind cerintele de apă *albastră* pentru utilizarea de catre populatie si pentru productia industrială

5.3.1. Scenarii privind accesul populației la serviciile de alimentare cu apă

În acest sens, s-a urmarit atingerea urmatoarelor tintes:

- asigurarea serviciilor de alimentare cu apa si canalizare in majoritatea zonelor urbane pana in anul 2015, iar proportia populatiei Romaniei conectate la serviciile de apa in sistem regional sa reprezinte 88%;
- pana in anul 2015 sa aiba acces la sistemele centralizate de alimentare cu apa si la sistemele publice de canalizare, 50% din populatia rurala;
- pana in anul 2020 se preconizeaza ca 80% din populatia rurala sa aiba acces la sistemele centralizate de alimentare cu apa

Prognoza pentru evolutia cerințelor de apă *albastră* pentru populație (Anexa 5.1), utilizând metoda de cerinței de apă pe cap de locuitor de 95 m³/an pentru mediul urban și 128 m³/an pentru mediul rural au dus la următoarele volume de apă care vor trebui prelevate, pentru scenariile de bază, optimist și pesimist în 2013, 2015, 2018 și 2020 (Figura 5.6 și 5.7).

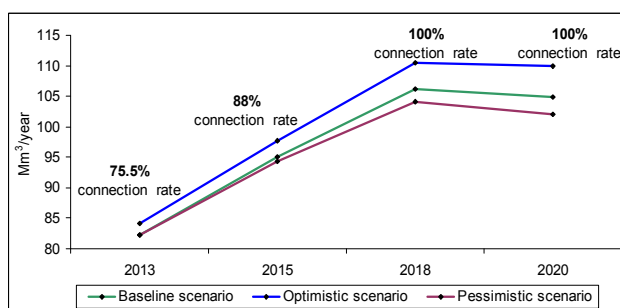


Fig. 5.6 Prognoza privind volumele de apă *albastră* furnizate pentru populația din mediul urban

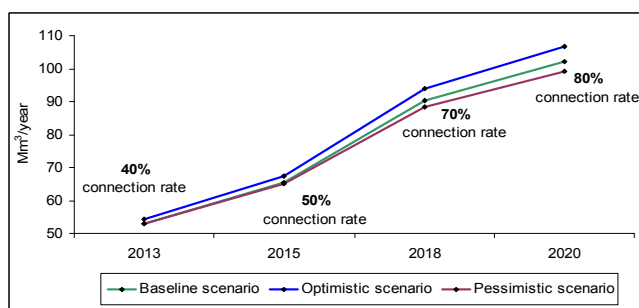


Fig. 5.7 Prognoza privind volumele de apă *albastră* furnizate pentru populația din mediul rural

5.3.2. Scenarii privind cerintele de apă albastră pentru productia industrială

Cerințele de apă albastră pentru industrie sunt influentate de:

- tipul de industrie și intensitatea utilizării apei;
- costurile prezente și viitoare de apă;
- prețul surselor alternative;
- calitatea și eficiența;
- costul de tratare și eliminare a apelor uzate;
- cerințele legislative.

S-a urmărit atingerea următorului obiectiv:

➤ S-a presupus că volumul de apă *albastră* pe cap de locuitor, care va fi captată în scopuri industriale va crește cu aceeași rată ca și creșterea economică (6,1% pe an între 2008-2015 și 5,8% pe an între 2016 - 2020), luând în considerare creșterea populației prognozată anterior pe cele 3 scenarii, considerând anul 2008 ca și referință – conform Comisiei Naționale de Prognoza (figura 5.10).

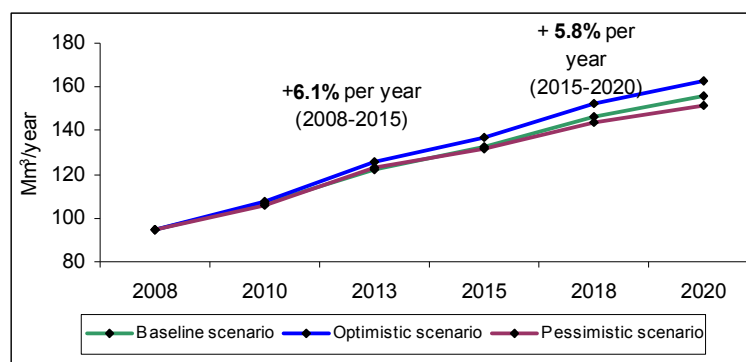


Figure 5.10 Prognoza privind volumele de apă *albastră* furnizate pentru industrie

5.3.3. Scenarii privind cerintele de apă albastră pentru irigații

Principalii factori care influențează necesarul de apă pentru irigații sunt:

- tipul de cultură;
- perioada de irigare;
- caracteristicile fizice ale sistemelor de colectare a apei, de transport și de irigare;
- prețul de piață al produselor agricole;
- politica de prețuri privind importurile și exporturile de produse agricole;
- schimbările climatice.

S-au propus următoarele scenarii (Figura 5.11):

- Optimist – suprafețele irigate vor crește cu 4% (2015) și cu 12% (2020); norma de irigare constantă de 2350 m³/ha/an

- De baza – norma de irigare constanta pana in 2015; si in perioada 2015-2020 va creste cu 50% (schimbari climatice);
- Pesimist – norma de irigare pentru ani secetosi de 3525 m³/ha/an.

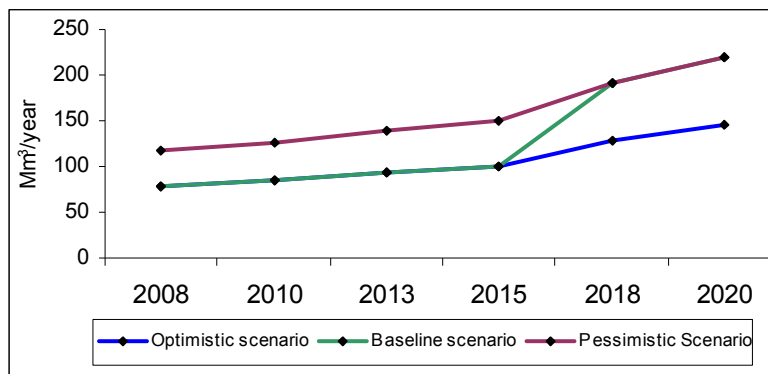


Figure 5.11 Evolutia cerintelor de apa pentru irigatii

5.3.5. Bilantul de apă în spatiul hidrografic Prut-Barlad

În urma calculelor de bilant efectuate a rezultat ca nu exista deficite de apă în anii de prognoza în spatiul hidrografic Prut-Barlad dacă debitul mediu multi-annual de 16m³/s a fost luat în calcul. Cu toate acestea, dacă este considerat debitul multi-annual pentru ani secetosi (6,4 m³/s, în 2007) în bazinul hidrografic Prut-Barlad se va înregistra în perioada 2015-2020 un deficit de apă unde resursele de apă va să fie sub presiune.

CAPITOLUL 6. Relevanta cercetarilor pentru managementul durabil al apei

Cei mai responsabili pentru dimensiunea utilizării resurselor de apă sunt consumatorii, fiind, de asemenea, raspunzatori pentru utilizarea indirecta apei, fiind astfel necesară implementarea de măsuri strategice pentru asigurarea durabilității resurselor de apă. Este recunoscut faptul că toți consumatorii, producătorii, investitorii și guvernele au o responsabilitate comună de a minimiza consumurile de apă.

6.3.1 Recomandari pentru consumatori

Consumatorii pot reduce amprenta ecologica lor directa a apei (utilizarea apei în gospodării), prin înființarea toaletelor economice, prin utilizarea economica a apei de duș și prin descărcarea oricarui fel de medicamente, vopsele sau orice alte substanțe diferite direct în chiuvetă. Există, de obicei, două opțiuni principale, în scopul de a reduce amprenta ecologica *indirecta* a apei. În primul rând adaptabilitatea la un mod de consum, prin înlocuirea unui produs care are o amprenta ecologica a apei mai mare, cu unul care are una mai mica.

Desigur, acest lucru implică faptul că consumatorii ar trebui să aibă informații precise, pentru a face alegerea corectă. Având în vedere faptul că, informațiile referitoare la proveniența produsului sau amprenta ecologică a apei a acestuia, de obicei nu sunt ușor accesibile, consumatorii ar trebui să solicite informații complete de la firmele producătoare și măsuri din partea guvernelor. În cazul în care informațiile vor fi disponibile, consumatorii vor identifica cele mai bune alegeri cu privire la produsele pe care le cumpara și le folosesc de obicei.

6.3.2 Recomandări pentru industriile producătoare

După cum am văzut în capitolul 3 al acestei lucrări, etapele productive pot genera amprente ale apei destul de mari, în special pentru componenta gri. Din acest motiv, este necesară implementarea unor măsuri specifice, într-un cadru coerent și eficient care să asigure minimizarea amprentei ecologice de apă *albastră* și *gri*, de exemplu prin prevenirea, reducerea, recircularea și epurarea completă înainte de deversare.

Amprenta ecologică de apă *albastră* și *gri* în etapa operațională poate fi minimizată cu ajutorul unor strategii care ar putea implica diferite obiective și activități, cum ar fi:

- reducerea amprentei ecologice de apă *albastră*, prin scăderea utilizării apei în procese cu ajutorul recirculării, folosind instrumentele de economisire a apei, înlocuirea proceselor ce folosesc cantități mari de apă cu cele ce folosesc cantități mai mici;
- reducerea amprentei ecologice de apă *albastră* în punctele critice identificate în regiunile analizate în care cerințele de apă pentru mediu au fost depășite și în cazul în care nivelul apei subterane și din lacuri sunt în scădere;
- reducerea amprentei ecologice de apă *gri* prin scăderea cantității de apă uzată, prin reciclarea produselor chimice, prin epurarea apelor uzate înainte de deversare (amprenta ecologică de apă *gri* este un indicator foarte important de luat în considerare, deoarece ia în considerare calitatea corpului de apă receptor);

Reducerea amprentei ecologice a apei se poate transforma într-o secțiune a strategiei de mediu, exact ca și scăderea amprentei de carbon. În plus, diverse organizații au înregistrat un risc mare asociat deficitului de apă în procese sau în etapele de aprovizionare. Aplicarea de măsuri în scopul de a diminua amprenta ecologică a apei poate fi de ajutor pentru industriile producătoare pentru a anticipa restricțiile reglementate de către guvern. În cele din urmă, diferite industrii producătoare ar trebui să înțeleagă că acest fel de strategie de diminuare a amprentei ecologice a apei poate fi utilizată în scopul de a consolida imaginea firmei lor.

6.3.3 Recomandări pentru agricultori

În agricultură, amprenta ecologică de apă *gri* poate fi redusă la zero, prin interzicerea aplicării de îngrășăminte artificiale sau produse chimice excesive pe teren. Acest fapt poate fi diminuat considerabil prin utilizarea unei cantități mai mici de produse chimice și prin utilizarea unor tehnici îmbunătățite și a perioadelor propice de aplicare (în acest mod o cantitate mai mică de produse

chimice vor ajunge în corpul de apă prin scurgerile de duprafata sau prin percolare). În agricultură, amprenta ecologica de apă *verde* și *albastra* ($\text{m}^3/\text{tonă}$) ar putea fi reduse prin creșterea productivității de apă *verde* și *albastra* ($\text{tonă}/\text{m}^3$).

În general, obiectivul principal în agricultură este de a maximiza productivitatea solului (tone/ha). În situația productivității de apă *albastra*, care presupune aplicarea unei cantitati mai mici de irigații, aceasta poate contribui la o productie mai mare pe metru cub de apă evaporată.

Amprenta ecologica de apă *gri* poate fi redusă la zero prin intermediul a agriculturii ecologice, în teorie, în ciuda faptul că, în practică, va fi o provocare, care implică o perioadă importantă înainte ca agricultura traditionala sa fie înlocuită cu agricultura ecologică.

6.3.5 Recomandari pentru guverne

Elaborarea și implementarea unor politici pentru utilizarea durabilă a resurselor de apă este doar o mică parte pentru un management al apei bine informat, aceasta implicand, de asemenea, transpunerea obiectivelor principale ale utilizării durabile a apei.

În scopul de a reduce amprenta ecologica a apei la nivel național, regional sau nivel de bazin hidrografic, guvernul trebuie să:

- realizarea evaluării amprentei ecologice a apei la nivel național cu scopul de a oferi cunoștințe de baza pentru a formula decizii bine informate utilizate ca suport în pregătirea strategiilor la nivel național și la nivel de bazin hidrografic;
- creșterea eficienței utilizării apei în bazinul hidrografic prin alocarea resurselor de apă in scopuri cu cele mai importante beneficii sociale;
- să stabilească în mod legal și sa implementeze ulterior punerea în aplicare a unei politici de apă, care necesită un management integrat al resurselor de apă și o alocare a cantitatilor de apă corespunzătoare produselor, cu respectarea evacuărilor în corpurile de apă subterane și de suprafață, dar, de asemenea, de a pedepsi, în cazul nerespectării;
- sa evalueze, în cadrul strategiilor naționale de dezvoltare pentru produsele agricole sau industriale, importul de produse cu un conținut mare de apă virtuală, în loc de a le produce sau chiar de a le exporta. Unele țări precum Maroc, Iordania, Israel sau Egipt (toate importatoare de apă virtuala), au inclus deja comerțul cu apă virtuală în politicile lor de apă și in strategiile de dezvoltare pentru a reduce exportul de produse ce utilizeaza o cantitate mare de apă.

Instrumentul "*amprenta ecologica a apei*" nu înlocuiește în mod clar managementul integrat al resurselor de apă la nivel de bazin hidrografic, ci poate fi considerat ca un instrument analitic pentru obținerea de informații relevante pentru luarea deciziilor în cadrul acestor procese, după cum s-a demonstrat și în capitolul 4.

Evaluarea amprentei ecologice a apei extinde domeniul de aplicare convențional în analiza deficitului de apă prin introducerea noțiunii de lanț de aprovizionare și prin implicarea deficitului de

apă și a poluării asociate comerțului internațional, contribuind astfel la decizii bine-informate, care pot fi efectuate în contextul de management a apelor.

CAPITOLUL 7 Concluzii generale

Studiile efectuate în cadrul tezei de doctorat intitulată **Studii asupra amprentei ecologice a apei cu aplicatii in management integrat al resurselor de apă** au avut ca obiectiv principal **studiul conceputului de amprenta ecologica a apei dezvoltat si adaptat pentru a facilita alocarea eficienta si conservarea resurselor de apa si furnizarea unui cadru interdisciplinar pentru managementul integrat al resurselor de apa la nivel de bazin hidrografic**

Pentru realizarea acestui obiectiv au fost studiate și aplicate modele de simulare pentru estimarea cerințelor de apă a culturilor și a cerințelor de irigații pe baza datelor de clima, și caracteristicile solului și a culturilor, precum și metodologiile referitoare la evaluarea amprentei ecologice a apei elaborate de Hoekstra și colab. (2009; 2011).

Rezumatul contribuțiilor originale

Amprenta ecologica a apei este un concept relativ nou și evaluarea amprentei ecologice a apei este un instrument nou de cuantificare a apei. Având în vedere faptul că resursele de apă dulce sunt limitate, amprenta ecologica a apei este un instrument foarte util, deoarece arata când, unde și cum au fost utilizate resursele de apa de catre consumatori și producători.

Cercetarea a scos în evidență următoarele contribuții originale:

- **A fost luată în considerare pentru prima dată utilizarea instrumentului de amprenta ecologica a apei în managementul integrat al resurselor de apa** pentru a scoate în evidență impacturile asociate utilizărilor ineficiente ale apei, atât din punct de vedere cantitativ, cât și din punct de vedere calitativ;
- Referitor la **amprenta ecologica de apă verde, albastră și gri** pentru producția agricolă din spațiul hidrografic Prut-Barlad, aceasta **a fost realizată pentru prima dată în România, la nivel local și de bazin hidrografic**, luând în considerare datele măsurate (nu estimate);
- **Amprenta ecologica a apei pentru etapele de aprovizionare și operaționale din cadrul unui sector vitivinicol nu a mai fost cercetat anterior;**
- De asemenea evaluarea **ampreței ecologice naționale a apei asociată comerțului cu vin este primul studiu de acest gen din lume;**
- **Analiza diferitelor opțiuni de reducere a cantităților de apă necesare creșterii culturii de via de vie, de asemenea selecția scenariilor de planificare a irigațiilor și simularea**

cerințelor de apă ale culturilor, pentru ani diferiți din punct de vedere climatologic, cu ajutorul modelului CROPWAT este o altă contribuție originală a acestui studiu;

- Evaluarea amprente ecologice a apei *albastră* în spațiul hidrografic Prut-Barlad pentru producția agricolă, consumul de către populație și producția industrială;
- Una dintre contribuțiile originale ale studiului, foarte importantă, este **evaluarea amprente ecologice de apă *gri* pentru stațiile de epurare a apelor uzate în spațiul hidrografic Prut Bârlad**, pentru perioada 2006-2007, în scopul de a conserva/a menține calitatea apei;
- **Realizarea de scenarii și strategii de dezvoltare în ceea ce privește cerințele de apă *albastră* pentru irigații, utilizări de către populație și industriale, precum și amprenta ecologică de apă *gri* pentru stațiile de epurare a apelor uzate pentru perioada 2010-2020 în bazinul hidrografic Prut-Barlad.**

Cercetările realizate în cadrul lucrării de doctorat au urmărit **îmbunătățirea eficienței utilizării apei cu ajutorul instrumentului de amprentă ecologică a apei care analizează utilizarea apei atât din punct de vedere cantitativ cât și calitativ**. Au fost prezentate pe scurt presiunile asupra resurselor de apă la nivel global și a criza de apă, subliniind importanța instrumentului de amprentă ecologică a apei, care scoate în evidență legătura dintre consumul uman și utilizarea apei, precum și între comerțul global și managementul resurselor de apă.

Evaluarea amprente ecologice a apei la nivel local, la nivel de bazin hidrografic poate furniza informații referitoare la utilizarea terenului și la planificarea resurselor de apă, la informarea și constientizarea publicului, a guvernului și a partilor interesate cu privire la impactul asupra mediului generat de activitățile sociale, datorită faptului că acest instrument este explicit din punct de vedere geografic, indicând locația și cât de multă apă a fost folosită pentru un anumit produs sau serviciu. În plus, atunci când se calculează la nivel de bazin hidrografic sunt evidențiate tendințele producției agricole locale sau regionale și a productivității, în plus față de variațiile climatice.

În Capitolul al doilea al tezei de doctorat au fost prezentate în detaliu definițiile, metodologia și modelele utilizate în această cercetare. Modelul CROPWAT a fost utilizat pentru a estima necesarul de apă al culturilor și a cerințelor de apă pentru irigații având la bază date referitoare la sol, climă și caracteristici ale culturilor. În plus, pentru realizarea acestui studiu a fost necesar un volum foarte mare de informații, achiziția datelor a avut la bază informații exacte provenite de la autoritățile naționale, regionale și locale. Metodologia utilizată care a stat la baza studiului de evaluare a amprente ecologice a apei este cea elaborată de Hoekstra și colab. (2009; 2011).

În capitolul 3, una dintre contribuțiile originale constă în **evaluarea amprente ecologice a apei pentru creșterea viței de vie, fiind primul studiu de acest gen din România, și pentru o industrie vinicolă fiind prima abordare din lume**.

- Vita de vie este una dintre culturile care este, în principal crescută cu apă *verde*, irigațiile fiind utilizate doar în cazurile speciale cum a fost seceta severă din 2007. Amprenta ecologică totală a apei pentru perioada 2005-2008 pentru producția de struguri a fost estimată, după însumarea

componentelor *verde*, *albastra* și *gri* ca fiind 1401 m³/tonă (AA_{verde} - 1149 m³/ton, AA_{albastra} - 40 m³/tonă și AA_{gri} - 212 m³/tonă);

➤ Astfel, prin însumarea componentelor *verde*, *albastră* și *gri* ale amprentei ecologice a apei a rezultat o amprentă ecologică totală de apă pentru un pahar de vin ce a variat între 165 l apă/pahar de vin în 2006 la 343 l apă/pahar de vin în 2007, diferența este explică prin variația climatică. Amprenta ecologică totală a apei pentru producția de vin este distribuită după cum urmează: 82% *verde*, 3% *albastra* și 15% *gri*;

➤ Dependența națională de apă asociată producției de vin este de 4,34% în timp ce apa națională de auto-aprovizionare este de 95.66%, ceea ce indică faptul că aproape toată apa necesară pentru producția de vin este disponibilă și, practic, luată de pe teritoriul propriu.

➤ **O parte importantă a acestui capitol a fost dedicat analizei diferitelor opțiuni de reducere a cantității de apă utilizate în etapa de creștere a vitei de vie, cu ajutorul Planificării irigațiilor prin utilizarea modelului CROPWAT**, precum și pentru industria de vinificație;

➤ Planificarea irigațiilor a fost realizată, în scopul de a evalua corect volumul de apă folosit pe teren și perioada precisă când ar trebui aplicate pentru a utiliza apa în mod eficient, simularea producției de via de vie s-a realizat pentru opt scenarii definite, pentru un an secetos (2007) și unul umed (2008), analiza a demonstrat că, cultura a suferit deficit de irigații în perioada de secetă în anumite stagii de creștere ale culturii, atunci când nu s-au aplicat irigații, iar scenariile în care irigațiile au fost aplicate la intervale de 7 respectiv 10 zile au înregistrat cele mai mari valori ale cantităților de irigații folosite, irigațiile aplicate fiind în exces, nefiind potrivite pentru o utilizare mai eficientă a resurselor de apă.

Evaluarea amprentei ecologice a apei poate constitui un punct de plecare pentru o raportare sustenabilă a industriei producătoare, prin propunerea unor direcții privind strategiile de conservare a apei în industrie, municipalități și mediu. Prin estimarea utilizării apei în întregul proces de producție, incluzând utilizarea apei *verde*, *albastra* și *gri*, ofera publicului și sectorului vitivinicol *conștientizare* asupra etapelor de producție în care se utilizează apă în cantități mai mari, fiind necesar pentru luarea deciziilor în formularea strategiilor în vederea reducerii consumului de apă.

Scopul principal care a fost urmărit în capitolul 4 a fost analizarea impactului asupra resurselor de apă, în funcție de tipul de apă consumată (apă *albastră*, *verde* și *gri*), în agricultură (evaluarea a opt culturi dintre cele mai importante din regiunile analizate), apa consumată de către populație și pentru producția industrială în perioada 2005-2008. Utilizarea instrumentului de amprentă de apă la nivel local și la nivel de bazin hidrografic s-a realizat pentru prima dată în România, subliniind importanța evaluării volumului de apă într-un mod explicit din punct de vedere geografic, în scopul de a evidenția punctele critice din cadrul spațiului hidrografic și de a identifica diferențele dintre regiuni și de-a lungul perioadei analizate.

Rezultatele acestui studiu poate furniza informații pentru factorii de decizie referitoare la deciziile strategice de realocare și de conservare a utilizării apei pentru culturile analizate produse în fiecare județ, în cadrul spațiului hidrografic Prut-Bârlad.

➤ Comparația dintre amprenta ecologica de apă *verde* și *albastră* ale culturilor într-un an secetos și unul umed, a indicat, cum era de așteptat, diferențe foarte mari între ani și între regiuni, amprenta ecologica de apă fiind mai mare în anii secetoși decât în anii umezi și în partea de sud decât partea de nord din cauza climatului arid existent în acea zonă.

➤ Amprenta ecologica medie totală a apei (*verde* și *albastră*), referitoare la producția agricolă, pentru perioada 2005-2008 a însumat $4500 \text{ Mm}^3/\text{an}$ în spațiul hidrografic Prut-Bârlad.

➤ În cadrul acestui studiu, **productivitate economică a terenurilor și apei** (productivitatea aparentă a apei) a fost un aspect foarte important de luat în considerare, deoarece au fost identificate posibilele utilizări de apă care nu sunt realizate în condiții de eficiență economică sau nu se efectuează o alocare eficientă a resurselor de apă. Utilizarea analizei economice a amprentei ecologice a apei poate sprijini managerii în identificarea resurselor de apă insuficiente din cadrul bazinului care sunt alocate culturilor ce utilizează cantități mari de apă și au o productivitate economică scăzută, sugerând luarea de măsuri de către factorii de decizie din regiune în scopul utilizării și alocării cantităților de apă cât mai eficient.

➤ În spațiul hidrografic Prut-Bârlad, agricultura este utilizatorul cel mai important al resurselor de apă, însumând aproximativ 75% ($448.5 \text{ Mm}^3/\text{yr}$) din amprenta ecologica totală a apei, fiind urmată de producția industrială, cu aproximativ 15% ($89.7 \text{ Mm}^3/\text{yr}$) și consumului de apă de către populație cu 10% ($59.8 \text{ Mm}^3/\text{yr}$), acest studiu fiind considerat o contribuție originală foarte importantă deoarece, transferurile de apă între utilizatori nu au fost cuantificate pana acum în România.

➤ **Una dintre cele mai importante contribuții originale ale acestui studiu a fost evaluarea amprentei ecologice de apă *gri* a stațiilor de tratare și de epurare a apelor uzate din cadrul spațiului hidrografic Prut-Bârlad, fiind primul de acest gen din lume.** Pentru această evaluare, s-a propus un cadru general în scopul de a stabili concentrația poluantului care ar avea loc în lipsa intervenției umane (c_{nat}) și concentrația maximă acceptabilă a poluantului în râu (c_{max}).

➤ Au fost evaluate performanțele a 22 stații de epurare a apelor uzate din trei județe în cadrul spațiului hidrografic Prut-Bârlad. Pentru fiecare stație de epurare s-au luat în considerare cinci indicatori de calitate (CBO_5 , CCO-Cr , NH_4^+ , fenoli și detergenți), pe o bază lunară și anuală pe o perioadă de 2 ani. Cea mai mare contribuție în 2007 a poluanților analizați a fost înregistrată în județul Botoșani, cu un total de $2195 \text{ Mm}^3/\text{year}$, urmat de județul Iași cu $1248 \text{ Mm}^3/\text{year}$ și județul Vaslui cu $764 \text{ Mm}^3/\text{year}$.

Evaluarea amprentei ecologice de apă *gri* ia în considerare atât dimensiunea impacturilor generate de volumele de ape uzate și concentrațiile poluanților, dar și vulnerabilitatea corpului de apă receptor. **Calculul amprentei ecologice a apei *gri* evidențiază problemele poluatorilor definind astfel punctele critice din bazinul hidrografic și oferind o imagine a impactului,**

exprimat ca volumul necesar de apă pentru a dilua poluanții în scopul de a menține calitatea apei în conformitate cu cerințele Directivei Cadru Apa.

În capitolul 5, planificarea scenariilor a fost interpretată printr-o serie de analize ca setarea perioadei și a intervalului de aplicare pentru analiză, identificarea tendințelor și a factorilor de influență, definirea scenariilor, cuantificarea, evaluarea și interpretare rezultatelor. Acest capitol prezintă o altă contribuție originală prin estimarea cerințelor de apă *albastră* pentru consumul populației, producția industrială și pentru irigații și de asemenea estimarea amprente ecologice de apă *gri* din stațiile de tratare și de epurare a apelor uzate în cadrul spațiului hidrografic Prut-Bârlad.

➤ Rezultatele au arătat că nu există deficite de apă în anii prognozați în spațiul hidrografic Prut-Bârlad, dacă este luat în considerare un debit mediu multi-anual de $16 \text{ m}^3/\text{s}$ (debit corespunzător unui an normal din punct de vedere climatologic).

➤ Cu toate acestea, dacă pentru realizarea bilanțului de apă a fost considerat un debit de apă multi-anual de $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (debit corespunzător unui an secetos din punct de vedere climatologic cum a fost anul 2007), în spațiul hidrografic Prut-Bârlad, în 2020 se va înregistra un deficit de apă, resursele de apă fiind sub presiune.

➤ De aceea, în ultima parte a acestui capitol, au fost identificate strategii pentru o utilizare durabilă a resurselor de apă.

În ultima parte a tezei, capitolul 6, au fost propuse câteva strategii de recomandare pentru consumatori, industrii producătoare, agricultori, investitori și guvern în vederea minimizării amprente ecologice a apei și pentru a garanta o producție și un consum cât mai sustenabile.

Din rezultatele prezentului studiu, se poate concluziona faptul că deficitul de apă din spațiul hidrografic Prut-Bârlad se datorează în principal alocării ineficiente a resurselor de apă și a managementului defectuos în sectorul agricol, cum ar fi utilizarea unor cantități mari de apă virtuală *albastră* pentru culturi cu o valoare economică mică.

În general, se pare că există suficiente resurse de apă pentru a satisface nevoile viitoare ale utilizatorilor la nivelul spațiului hidrografic Prut-Bârlad, dar este necesară realizarea unei alocări eficiente și a unui management integrat al resurselor de apă. Acest lucru poate fi realizat prin implicarea guvernului român, prin adoptarea transparenței industriilor și a produselor și prin încurajarea participării active și efective a publicului (fapt ce este în prezent aplicat în Spania).

Evaluarea amprente ecologice a apei, atât hidrologic cât și economic, la nivel local și de bazin hidrografic facilitează o alocare eficientă a resurselor de apă diferitelor cerințe economice și de mediu, evidențiindu-se tendințele producției agricole locale sau regionale și a productivității în funcție de variațiile climatice. Contextul românesc este caracterizat prin diferențe regionale cu privire la disponibilitatea resurselor de apă *verde* și *albastră*. De aceea, studiile referitoare la evaluarea amprente ecologice a apei, luând în considerare nu numai amprenta ecologica a apei *verde* și *albastră*, dar, de asemenea, și politicile comerciale în ceea ce privește comerțul de apă virtuală incorporată în produse, pot contribui la un mai bun management integrat al resurselor de apă.

Bibliografie selectiva

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - *FAO Irrigation and drainage paper* **56**. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy
- ANAR, (2008), National Water Administration "Apele Romane" – Prut - Barlad River Basin Management Plan, Prut Water Directorate (DAP) On line at: www.rowater.ro.
- Barjoveanu G., Cojocariu C., Robu B., Teodosiu C., (2010a), Integrated assessment of wastewater treatment plants for sustainable river basin management, *Environmental Engineering and Management Journal*, **9** (9), 1251-1258
- Barjoveanu G., Comandaru I. M., Teodosiu C., (2010), Life cycle assessment of water and wastewater treatment systems: an overview, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, LVI(LX)*, (4), Sectia Chimie si Inginerie Chimica, 73-86
- Chapagain, A. K. and Hoekstra, A. Y., (2003), Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products, *Value of Water Research Report Series* No.13, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands, www.waterfootprint.org/Reports/Report13.pdf
- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y., (2008), 'The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products', *Water International*, **33**(1):19–32.
- Cojocariu C., Robu B., Barjoveanu G., Teodosiu C., 2011 Environmental assessment of pollution with detergents in the Prut River Basin, Romania. *AES Bioflux* **3**(2):129-139.
- EC WFD, (2000), Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy', EU, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0060:20090113:EN:PDF>
- Ene S.A.**, Teodosiu C., (2009), Water footprint and challenges for its application to integrated water resources management in Romania, *Environmental Engineering and Management Journal*, **8**(6):1461-1469.
- Ene S.A.**, Musteret C.P. and Teodosiu C., (2009), Overview of the Water Footprint concept Applied for the Efficient Use of Water Resources, *The Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi*, Tomul LV (LIX), Fasc. 4, Chemistry and Chemical Engineering Section, pag. 209-218
- Ene S.A.**, Teodosiu C., (2011a), Grey water footprint assessment and challenges for its implementation, *Environmental Engineering and Management Journal*, **10**(3):333-340.
- Ene S.A.** and Teodosiu C., (2011b), Grey water footprint assessment of the wastewater treatment plants in the Prut-Barlad catchment, *Bul. Instit. Politehnic din Iasi*, Chemistry and Chemical Engineering Section, Tomul LVII (LXI), Fasc. 2, 127-143.
- Ene S.A.** and Teodosiu C., (2011c), *Water Footprint analysis for Prut-Barlad catchment*, at World's Large Rivers Conference, International Conference on the Status and Future of the World's Large Rivers, 11-14 April 2011, Vienna, Austria .
- Ene S.A.**, Hoekstra A.Y., Mekonnen M.M., Teodosiu C., (2011d), Water Footprint Assessment in North Eastern region of Romania: A case study for Iasi County, at *Journal of Environmental Protection and Ecology*, *accepted for publication*.
- FAO, (2009), CROPWAT 8.0 Model. Food and Agriculture Organization. Rome. Available from: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html [Accessed 12 October 2009].
- GD, (2005) [Government Decision no. 352/2005 for modifying Government Decision no.188/2002 for approving conditions of discharging wastewaters into aquatic environments], Romanian Official Monitor, 398. [In Romanian].
- Gerbens-Leenes, P.W. and Hoekstra, A.Y., (2008), Business water footprint accounting, *Value of Water Research Report Series* No.27, UNESCO-IHE.

Hoekstra A.Y. and Hung P.Q., (2002), Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. In: *Value of Water Research Report Series* No. **11**, Delft, the Netherlands: UNESCO-IHE.

Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K., (2007a), Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern, *Water Resources Management*, **21**(1):35–48.

Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K., (2008), *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*, Blackwell Publishing, Oxford.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M., (2009a), *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*, Water Footprint Network, Enschede, the Netherlands.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M., (2011), *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*, Earthscan, London, UK.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y., (2011), National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, *Value of Water Research Report Series* No. **50**, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Order 161, (2006), Order of the Ministry of Environment and Water Management No. 161/2006 about surface water quality classification to establish water body ecological status, Romanian Official Monitor, 511.

Teodosiu C., Barjoveanu G., Teleman D., (2003), Sustainable Water Resources Management 1. River Basin Management and the EC Water Framework Directive. *Environmental Engineering and Management Journal*, **2**(4), 377-394.

Teodosiu C., (2006), *Sustainable Water Management. 1. Water Treatment for Drinking and Industrial Purposes*, (in Romanian), Ecozone Publishing House, Iași, Romania

Teodosiu C., (2007), Challenges for Integrated Water Resources Management in Romania, *Environmental Engineering and Management Journal*, **6**, 363-374.

Teodosiu STEDIWAT Technical Report, 2008

Teodosiu C., Cojocariu C., Musteret C.P., Dascalescu 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**, 1439-1450.

Teodosiu, C., **Ene, S.A.**, Volf, I., (2011a), Water Footprint Assessment in Wine Making Industry: Case Study for Romanian Small and Medium Production Plant, *Send for publication*.

Teodosiu C., Barjoveanu G., **Ene S.A.**, Cojocariu C., Robu B., (2011b), *Integrated Water Resources Management: Support Tools for Implementation in Romania*, prezentata la 1st International Conference on „Sustainable Watershed Management” (SuWaMa), 19-22 September 2011, Istanbul, Turkey.

Volf, I., Teodosiu, C., (2004), Wastewater from winemaking industry: Monitoring and possibilities to decrease pollution loads. *Environmental Engineering and Management Journal*, **3** (2), 129-137.

Activitate științifică

Articole publicate în reviste de specialitate internaționale cotate ISI

1. Simona-Andreea Ene, Carmen Teodosiu (2009), Water footprint and challenges for its application to integrated water resources management in Romania, *Environmental Engineering and Management Journal*, (ISI, Web of Science, factor de impact 0,885), vol. **8**, no. **6**, p. 1461-1469.

2. **Simona-Andreea Ene**, Carmen Teodosiu (2011), Grey Water Footprint Assessment and Challenges for its Implementation, *Environmental Engineering and Management Journal*, (ISI, Web of Science, factor de impact 1,450)vol. 10, no. 3, p. 333-340.
3. **Simona-Andreea Ene**, Arjen Y. Hoekstra, Mesfin M. Mekonnen, Carmen Teodosiu, (2011), Water Footprint Assessment in North Eastern region of Romania: A case study for Iasi County, at *Journal of Environmental Protection and Ecology*, acceptat spre publicare.
4. Carmen Teodosiu, **Simona-Andreea Ene**, Irina Volf, Water Footprint assessment in wine-making industry: A case study for small and medium production plants, *Journal of Cleaner Production*, trimis spre publicare (2011).

Articole publicate în reviste de circulație națională recunoscute

1. **Simona-Andreea Ene**, Corina Petronela Musteret and Carmen Teodosiu, (2009), Overview of the Water Footprint concept Applied for the Efficient Use of Water Resources, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi*, Tomul LV (LIX), Fasc. 4, Secția Chimie și Inginerie Chimică, pag. 209-218.
2. **Simona-Andreea Ene**, Carmen Teodosiu (2011), Grey water footprint assessment of the wastewater treatment plants in the Prut-Barlad catchment, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi*, Tomul LVII (LXI), Fasc. 2, Secția Chimie și Inginerie Chimică, pag. 127-143.

Lucrări prezentate la conferințe, simpozioane naționale și internaționale sub formă de comunicare orală

1. **Simona-Andreea Ene**, Carmen Teodosiu (2011), *Uncertainties in Grey Water Footprint assessment*, la International Symposium of Control and Metrology of Environmental Quality Factors, CMEQF 01, 23 – 27 Noiembrie 2010, Iasi, Romania.
2. Iulia Maria Comandaru, George Barjoveanu, Claudia Cojocariu, **Simona-Andreea Ene** and Carmen Teodosiu (2010), *Life cycle assessment for wastewater treatment systems*, at „The 90th Anniversary of the Birth of Prof. Acad. Cristofor Simionescu” Conference the Faculty of Chemical Engineering and Environmental Protection Science Days, ZFICPM 07, 19th-21st November 2010, Iasi, Romania.
3. Carmen Teodosiu, George Barjoveanu, **Simona-Andreea Ene**, Claudia Cojocariu, Brandusa Robu, (2011), *Integrated water resources management: Support tools for implementation in Romania*, la 1st International Conference on „Sustainable Watershed Management” (SuWaMa), 19-22 Septembrie 2011, Istanbul, Turcia.

Lucrări prezentate la conferințe, simpozioane naționale și internaționale sub formă de poster

1. **Simona-Andreea Ene** and Carmen Teodosiu, (2009), *Water footprint and its application to integrated water resources management*, la 5th International Conference of Environmental Engineering and Management (ICEEM 05), 15-19 September 2009, Tulcea, Romania.

2. Claudia Cojocariu, Carmen Teodosiu, Luminita Lupu, **Simona-Andreea Ene** and Corina Petronela Musteret, (2009), *Institutional capacities assesment for cooperation on the Prut river basin management*, Romania, at the 5th International Conference on Environmental and Engineering Management (ICEEM 05), 15 – 19 September 2009, Tulcea, Romania.
3. **Simona-Andreea Ene**, Corina Petronela Musteret and Carmen Teodosiu, (2009), *Overview of the Water Footprint concept applied for the efficient use of water resources*, Faculty of Chemical Engineering and Environmental Protection Days conference, 18 - 20 November 2009, Iași, Romania.
4. **Simona-Andreea Ene** and Carmen Teodosiu, (2011), *Water Footprint analysis for Prut-Barlad catchment*, at World's Large Rivers Conference, International Conference on the Status and Future of the World's Large Rivers, 11-14 April 2011, Vienna, Austria .

Stagii de cercetare si training-uri de specialitate

1. Stagiu de cercetare la Departmentul Water Engineering & Management, Universitatea Twente, Enschede, Olanda, sub coordonarea Prof.dr.ir. A.Y. Hoekstra in perioada 1 Aprilie – 30 Iunie 2010.
2. **Congresul World Water Week 2010**, Stockholm, Suedia, organizat de Stockholm International Water Institute (SIWI), 5.09.2010-11.09.2010
3. **International Training Workshop on Concepts in Environmental Science and Engineering**, in cooperare cu Universitatea Tehnica “Gheorghe Asachi” din Iasi, cursuri tinute de Profesor Thomas Voice si Profesor David Long, de la Universitatea Michigan, Romania, 1.06-4.06.2009.