



ROMÂNIA

MINISTERUL EDUCAȚIEI

UNIVERSITATEA „VASILE ALECSANDRI” DIN BACĂU

Calea Mărășești, Nr. 157, Bacău, 600115  
Tel. +40-234-542411, fax +40-234-545753  
www.ub.ro; e-mail:rector@ub.ro



**Ing. Florina Gh. FABIAN**

## **REZUMAT LA TEZA DE DOCTORAT**

# **STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA STAȚIILOR DE TRATARE A APEI ASUPRA MEDIULUI**

**COORDONATOR ȘTIINȚIFIC:**

**Prof. univ. dr. ing. dr. h. c. Valentin NEDEFF**

**Membru corespondent în Academia de Științe Agricole și Silvice  
„Gheorghe Ionescu Șișești” București, România**

**Bacău 2021**

## MULȚUMIRI

*Gratitudine tuturor celor care m-au ajutat, susținut și au făcut posibilă realizarea cercetărilor și elaborarea lucrării de doctorat.*

*Cu deosebită recunoștință și considerație, aduc mulțumiri conducătorului științific de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, Prof. univ. dr. ing. dr. h. c. **Valentin NEDEFF**, pentru îndrumarea fără cusur, pentru răbdare și nu în ultimul rând pentru suportul neconținut pe întreaga perioadă a studiilor mele de doctorat.*

*Pe parcursul pregătirii lucrării de doctorat am realizat un stagiu de cercetare de opt luni la o importantă universitate din Europa, respectiv Politecnico di Torino, Italia. Pe această cale vreau să îmi aduc recunoștința și mulțumirile pentru supervizarea și îndrumarea neprețuită pe perioada stagiului de cercetare doamnei Prof. univ. dr. chim. **Silvia Fiore** cât și regretatului Prof. univ. **Giuseppe Genon**. De asemenea vreau să mulțumesc **conducerii SMAT - Società Metropolitana Acque Torino S.p.A.** pentru colaborare și deschiderea de care au dat dovadă cât și conducerii **S.C. Compania Regională de Apă Bacău S.A.**, prin domnul șef de stație **Aldea Auruș** care a facilitat accesul în stația de tratare a apei Barați pentru colectarea datelor necesare realizării acestei teze de doctorat.*

*Totodată mulțumirile mele sunt adresate și membrilor comisiei de îndrumare, în special **S.I. dr. ing. Narcis Bârsan** și **Conf. dr. ing. Emilian Moșneguțu** pentru suportul științific necondiționat și pentru evaluarea tezei de doctorat cât și doamnei **S.I. dr. ing. Oana IRIMIA** pentru sprijinul acordat pe parcursul programului de doctorat. Mulțumiri întregului colectiv din cadrul Departamentului de Ingineria Mediului, de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău.*

*Nu în ultimul rând aș dori să mulțumesc colegilor din cadrul grupului de cercetare al domnului Prof. univ. dr. ing. dr. h. c. **Valentin NEDEFF**, pentru spiritul de echipă și pentru suportul reciproc acordat necondiționat, aici as dori să îl menționez pe **Vulpe Mihai** pentru toate orele interminabile petrecute în laborator.*

*Mulțumesc familiei mele în special **MAMEI** mele, surorilor mele **Ana** și **Maria** și fraților mei **Florin**, **Cătălin** și **Dorul DAR** mai presus de toate vreau să Îi mulțumesc Lui **DUMNEZEU** pentru toate oportunitățile oferite și pentru omul care sunt astăzi.*

*Știu sigur că de sus m-au vegheat și regretatul meu tată **Gheorghe** și regretatul meu frate pe numele lui tot **Gheorghe**.*

*Doresc să mulțumesc și unor persoane speciale din viața mea, logodnicului meu **Alin Caldare** pentru înțelegere și pentru sprijinul moral neprețuit, **Mihaelei Malai**, **Mihaelei Enea**, **Luanei Aconstantinensei**, **Claudiei Tomaș**, **Mihaelei Sofronea**, lui **Dragoș Cristian Finaru** și lui **Gabriel Carnariu**, pentru energia și susținerea specială în perioada elaborării dar mai ales a finalizării acestei teze de doctorat.*

*Dedic aceasta lucrare surorii mele, **Maria**, pentru cărămida de bază pusă în educația mea!  
Autoarea.*

<b>Cuprins</b>	<b>T/R</b>
INTRODUCERE .....	6/5
<b>CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL PRIVIND POSIBILITATEA DE EFICIENTIZARE A STAȚIILOR DE TRATARE A APEI PENTRU DIFERITE CERINȚE, ÎN VEDEREA REDUCERII IMPACTULUI NEGATIV ASUPRA MEDIULUI. ....</b>	<b>8/7</b>
1.1. Condiții de calitate a apei pentru diferite cerințe.....	8/7
1.2. Varietatea stațiilor de tratare a apei în funcție de caracteristicile zonei în care se află și factorul de emisie a acestora.....	10/8
1.3. Abordări privind apa și procesul de tratare a apei în Bacău - România .....	13/8
1.4. Abordări privind apa și procesul de tratare a apei în Torino - Italia.....	18/10
1.5. Aspecte privind evaluarea eficientizării stațiilor de tratare a apei.....	21/11
1.5.1. Raportul dintre apă și energie în procesul de tratare a apei.....	25/12
1.5.2. Sectorul apei și rolul jucat de acesta în influența asupra mediului.....	27/12
1.6. Aspecte legislative referitoare la tratarea apei pentru diferite cerințe .....	29/12
1.7. Concluzii referitoare la stadiul actual al cercetărilor privind posibilitatea de eficientizare a stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe.....	35/13
<b>CAPITOLUL 2. ASPECTE TEORETICE CU PRIVIRE LA EVALUAREA DE MEDIU A PROCESULUI DE TRATARE A APEI .....</b>	<b>38/16</b>
2.1. Concluzii privind evaluarea metodologiilor de analiză a eficientizării procesului de tratare a apei .....	45/188
<b>CAPITOLUL 3. ASPECTE CU PRIVIRE LA PROCESUL DE TRATARE A APEI DIN CADRUL STAȚIILOR DE TRATARE A APEI BACĂU, ROMÂNIA ȘI TORINO, ITALIA.....</b>	<b>48/21</b>
3.1. Aspecte cu privire la procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău, România.....	50/21
3.1.1. Estimarea consumului de energie pentru echipamentele din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău .....	57/22
3.1.2. Estimarea consumului de substanțe chimice în stația de tratare a apei Barați, Bacău .....	60/23
3.2. Aspecte referitoare la procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT Torino, Italia.....	80/24
3.2.1. Estimarea consumului de energie pentru echipamentele din cadrul stației de tratare a apei SMAT .....	85/26
3.2.2. Estimarea consumului de substanțe chimice din cadrul stației de tratare a apei SMAT .....	86/27
3.3. Concluzii cu privire la aspectele analizate din cadrul stațiilor de tratare a apei din Bacău și Torino .....	87/28

CAPITOLUL 4. APLICAREA METODOLOGIEI AMPRENTEI DE CARBON ÎN CADRUL STAȚIILOR DE TRATARE A APEI BARAȚI ȘI SMAT PENTRU ANUL 2015 .....	89/30
4.1. Aspecte generale cu privire la Amprenta de Carbon și emisiile de gaze cu efect de seră .....	90/30
4.2. Aplicarea Metodologiei Amprenței de Carbon în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău, România .....	98/32
4.2.1. Calculul consumului energetic din cadrul stației de tratare a apei Barați .....	98/32
4.2.2. Calculul consumului de substanțe chimice în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați .....	108/35
4.2.3. Calculul Amprenței de Carbon pentru procesul de tratare a apei în stația de tratare a apei Barați.....	108/36
4.3. Aplicarea Metodologiei Amprenței de Carbon în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT, Torino, Italia.....	115/37
4.3.1. Calculul consumului energetic din cadrul stației de tratare a apei SMAT ..	115/37
4.3.2. Calculul consumului de substanțe chimice în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT.....	117/39
4.3.3. Calculul Amprenței de Carbon pentru procesul de tratare a apei în stația de tratare a apei SMAT .....	121/40
4.4. Concluzii cu privire la aplicarea Metodologiei Amprenței de Carbon și la stabilirea unor corelații între cele două stații de tratare a apei Barați și SMAT pentru anul 2015 .....	133/41
CAPITOLUL 5. STAȚIILE DE TRATARE A APEI ȘI INFLUENȚA ACESTORA ASUPRA MEDIULUI.....	136/44
5.1. Procesul de tratare a apei și efectele acestuia asupra mediului.....	136/44
5.2. Sistemul de evaluare a efectelor asupra mediului a stațiilor de tratare a apei Barați și SMAT.....	138/44
5.3. Concluzii și recomandări privind analiza efectelor asupra mediului a procesului de tratare a apei .....	144/46
CAPITOLUL 6. CONCLUZII GENERALE.....	147/49
VALORIFICAREA CERCETĂRILOR REALIZATE .....	156/57
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE .....	160/61

## INTRODUCERE

Conform Protocolului Comisiei Economice a Organizației Națiunilor Unite pentru Europa (UNECE) și Organizației Mondiale a Sănătății (OMS) atunci când vorbim de apă și sănătate ar trebui să ne referim la: *“apa potabilă prin care se înțelege apa care va fi folosită sau va fi destinată consumului uman pentru băut, gătit, prepararea hranei, igienă personală sau alte scopuri similare”* [131].

Potabilizarea apei înseamnă eliminarea majorității componentelor organice, anorganice și biologice prezente în apă, astfel încât apa obținută să corespundă normelor naționale și internaționale referitoare la apa potabilă. Procesele de potabilizare a apei țin cont de sursa de proveniență a apei. Aceasta poate fi: apă de râu, apă de lac, apă subterană.

Acest studiu oferă informații pentru factorii de decizie din cadrul stațiilor de tratare a apei atunci când planifică și dezvoltă noi procese de tratare a apei și instalații, iar pe managerii stațiilor de tratare îi ajută să identifice oportunitățile de reducere a consumului de energie și substanțe chimice în stațiile de tratare.

Obiectivul acestei teze de doctorat este de a identifica cele mai eficiente metode și echipamente necesare pentru tratarea apei cu scopul de a reduce impactul asupra mediului prin diminuarea consumului de energie și substanțe chimice în procesul de tratare a apei cu ajutorul Metodologiei Amprente de Carbon. În acest sens au fost propuse următoarele etape, care au vizat:

- Identificarea a două stații de tratare a apei din zone diferite, Torino în Italia și Bacău în România (specificând numărul de locuitori, sursa de apă, capacitatea stației de tratare a apei);
- Analiza consumului de energie și substanțe chimice din stațiile de tratare a apei, care contribuie la creșterea impactului asupra mediului;
- Calculul Amprente de Carbon pentru fiecare stație de tratare a apei în parte;
- Realizarea unui studiu comparativ a stațiilor de tratare a apei luate în studiu cu ajutorul datelor obținute cu privire la consumul de energie și substanțe chimice;
- Elaborarea unor planuri pentru posibilitățile de optimizare și reducerea impactului asupra mediului generat de instalațiile de tratare a apei luate în studiu.

Este posibil să se obțină valori specifice pentru fiecare studiu de caz în parte, trebuie menționat că și condițiile locale au fost luate în considerare. De asemenea dimensiunile

stațiilor de tratare sunt considerate un aspect interesant pentru o estimare cât mai exactă a impactului asupra mediului al procesului de tratare a apei.

Instrumentele tradiționale de evaluare a stațiilor de tratare a apei se referă la eficiența de îndepărtare a indicatorilor critici cât și la evaluarea costurilor pentru activitățile operative. Când vorbim despre indicatori critici, ne referim la acei indicatori (cantitate de energie și substanțe chimice consumate) din cadrul procesului de tratare a apei, a căror valoare este foarte ridicată și odată cu această valoare au impact semnificativ asupra mediului. Acestea trebuie să fie astăzi integrate cu o verificare a compatibilității totale cu procesul de tratare a apei. S-a luat în considerare efectul cel mai mare al acestor aspecte, în special capacitatea de a genera gaze cu efect de seră (GES), consumul de energie, utilizarea substanțelor chimice care trebuie să fie analizate conform Metodologiei Ampreței de Carbon.

În acest scop, definirea și consolidarea echilibrului energetic și a celui de materiale pentru o stație de tratare a apei trebuie să fie completate cu sarcina de mediu specifică, în termenii Metodologiei Ampreței de Carbon.

Impactul schimbărilor climatice și accentuarea poluării mediului în prezent, necesită un studiu aprofundat. Nu este suficient doar studiul eficientizării procesului de tratare a apei. Schemele instalațiilor de tratare se alcătuiesc în funcție de natura și de caracteristicile apei captate deoarece un rol important îl au condițiile de calitate cerute de legislație și nevoile consumatorilor, urmărind soluțiile cele mai economice și mai sigure în exploatare [134].

În prezent, în întreaga lume, peste un miliard de oameni nu au acces la apă potabilă. Chiar și în țările industrializate, apa ca bază a nutriției devine un element din ce în ce mai prețios. Această stare de fapt nu se întâmplă doar din cauza schimbărilor climatice, ci are de asemenea de-a face cu problemele de mediu, cu diminuarea pânzei freatică și nu în ultimul rând cu creșterea cerințelor de apă odată cu creșterea populației. Prin urmare, tratarea apei și purificarea apelor uzate, precum și noile tehnologii în tratarea apei și re folosirea apelor uzate sunt de o importanță tot mai mare la nivel global [42, 48, 133, 140].

## **CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL PRIVIND POSIBILITATEA DE EFICIENTIZARE A STAȚIILOR DE TRATARE A APEI PENTRU DIFERITE CERINȚE, ÎN VEDEREA REDUCERII IMPACTULUI NEGATIV ASUPRA MEDIULUI.**

Conform prevederilor Consiliului Social și Economic al Națiunilor Unite milioane de oameni încă nu au facilități de apă potabilă și canalizare. Datele sugerează că obținerea accesului universal la un serviciu de salubritate de bază chiar până în anul 2030 ar necesita dublarea ritmului anual actual de progres [37]. Același raport ne spune că din 172 de țări, 80% au o implementare medie-mică sau mai bună a gestionării integrate a resurselor de apă. Cu toate acestea, este puțin probabil ca 60% din țări să ajungă la ținta implementării complete până în anul 2030.

Obiectivul primar al eficientizării stațiilor de tratare constă în reducerea consumului de energie și substanțe chimice folosite în procesul de tratare a apei. Acest lucru s-ar putea realiza prin elaborarea unei scheme de tratare a apei integrale din punct de vedere al impactului asupra mediului.

Pentru o caracterizare a managementului stațiilor de tratare, este necesară stabilirea unor metode de analiză. Aceste metode sunt folosite pentru obținerea unui scenariu optim din punct de vedere al consumului de energie și substanțe chimice din cadrul stațiilor de tratare a apei.

### **1.1. Condiții de calitate a apei pentru diferite cerințe**

Apa provenită din mediul natural suportă o serie de tratamente astfel încât să devină potabilă, acestea se referă la [48, 135]:

1. Decantare: coagulantul și floculantul accelerează sedimentarea particulelor în suspensie;
2. Filtrare pe nisip: sunt filtrate toate particulele în suspensie remanente în apă;
3. Ozonizare: proprietățile de oxidare ale ozonului produc dezinfectia totală a apei, prin distrugerea microorganismelor. Simultan sunt degradate moleculele cu dimensiuni mari;
4. Filtrare pe carbune activ: în etapa de filtrare secundară sunt îndepărtate orice urmă de produși organici remanenți în apă;

5. Clorinare: această etapă previne formarea germeilor în timpul livrării. Este necesar să se garanteze o apă potabilă pe întreg traseul rețelei de distribuție.

Aplicarea tehnologiilor de tratare a apei depinde de calitatea apei brute și poate varia de la procese de tratare primare, individuale până la unități de tratare complexe constând în trepte consecutive de tratare [48, 135].

Potabilizarea și tratarea apei în scopul utilizării în procese industriale nu sunt posibile fără utilizarea de echipamente moderne, fiabile și nu în ultimul rând, corect alese și dimensionate în funcție de apa ce trebuie tratată [135].

## 1.2. Varietatea stațiilor de tratare a apei în funcție de caracteristicile zonei în care se află și factorul de emisie a acestora

Situația tratării apei în diferite zone ale lumii (tab. 1) este destul de eterogenă din punct de vedere a tipului de apă brută, a cererii de apă, a consumului de energie și a schemei procesului de tratare a apei.

**Tabelul 1.** Exemple de stații de tratare a apei din diferite zone ale lumii [21, 67, 82, 87, 136].

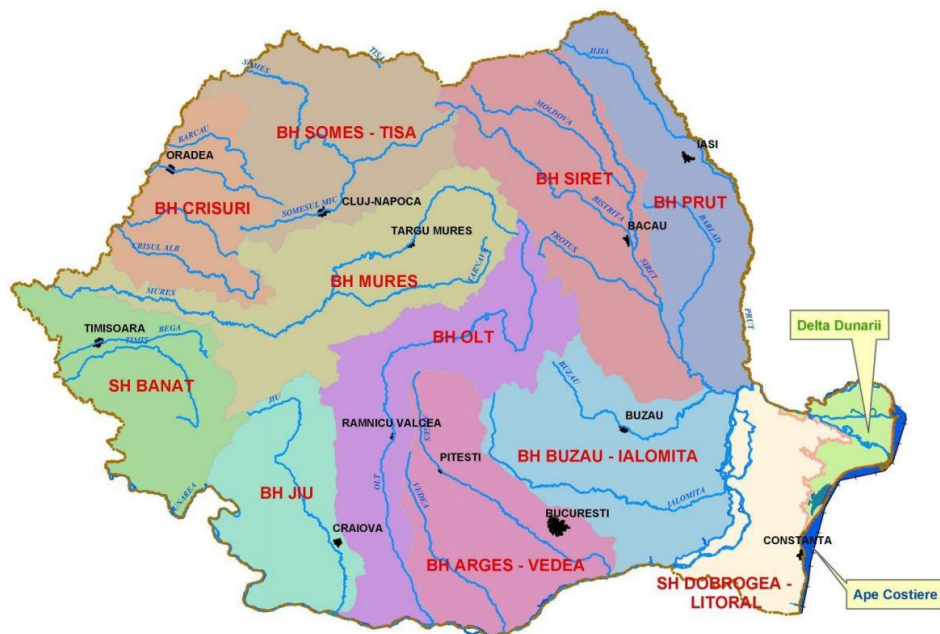
Numele stației de tratare a apei	Locație	Capacitatea producție apă potabilă (m <sup>3</sup> /an)	Energia consumată (kWh/an)
Weesperkarspel	Amsterdam, Olanda	2.787.300	77.989.490,19
NF plant of Lebel-sur-Quévillon	Abitibi-Témiscamingue district în provincia Quebec, Canada	730.000	404.712
Sydney Water	Australia	2.468.089	22.527.777
Oset WTP	Oslo, Norvegia	912.500,00	40.150,000
SMAT	Torino, Italia	477.066,01	21. 680.041,93
Barați	Bacău, România	367.920,000	411.017,000

## 1.3. Abordări privind apa și procesul de tratare a apei în Bacău - România

Teritoriul României dispune de toate tipurile de resurse de apă dulce (râuri, lacuri și din straturile subterane). Cea mai mare resursă de apă dulce provine din Dunăre și din râurile interioare. Apele interioare sunt cele mai accesibile, mai bine repartizate pe teritoriu și cu o pondere mare în privința valorificării economice. Cel mai important factor ce caracterizează resursele de apă din râuri, îl constituie stocul mediu multianual, exprimat fie sub formă de



volum scurs, fie sub formă de debit. România este împărțită în 11 bazine hidrografice, conform figurii 1 [3, 10].



**Fig. 1.** Bazinele hidrografice din România [2].

Calitatea apelor din România este urmărită conform structurii și principiilor metodologice ale Sistemului Național de Supraveghere a Calității Apelor, care cuprinde cinci subsisteme, dintre care primele patru se referă la sursele naturale de apă (apele curgătoare de suprafață, lacurile naturale și de acumulare, apele subterane și apele marine litorale), iar ultimul, la sursele de poluare a apelor și la apele uzate [37, 42, 57].

În cazul regiunilor de dezvoltare (fig. 2), ponderea cea mai mare a populației racordate la sistemul public de alimentare cu apă, s-a înregistrat în regiunea București-Ilfov (83,4%), după care urmează regiunea Sud-Est (77,8%). În partea opusă, gradul cel mai redus de racordare s-a înregistrat în regiunea Nord-Est (47,4%), urmată de regiunea Sud-Vest Oltenia (55,6%) [68].

Calitatea apelor de suprafață și subterane este în strânsă legătură cu deversările de ape uzate (menajere și industriale). O mare parte din apele uzate nu sunt epurate sau sunt insuficient epurate. Se apreciază că în anul 2017 peste 33,5% din apele uzate au ajuns în receptorii naturali, în special în râuri, fără să fie supuse procesului de epurare sau fiind insuficient epurate [68].

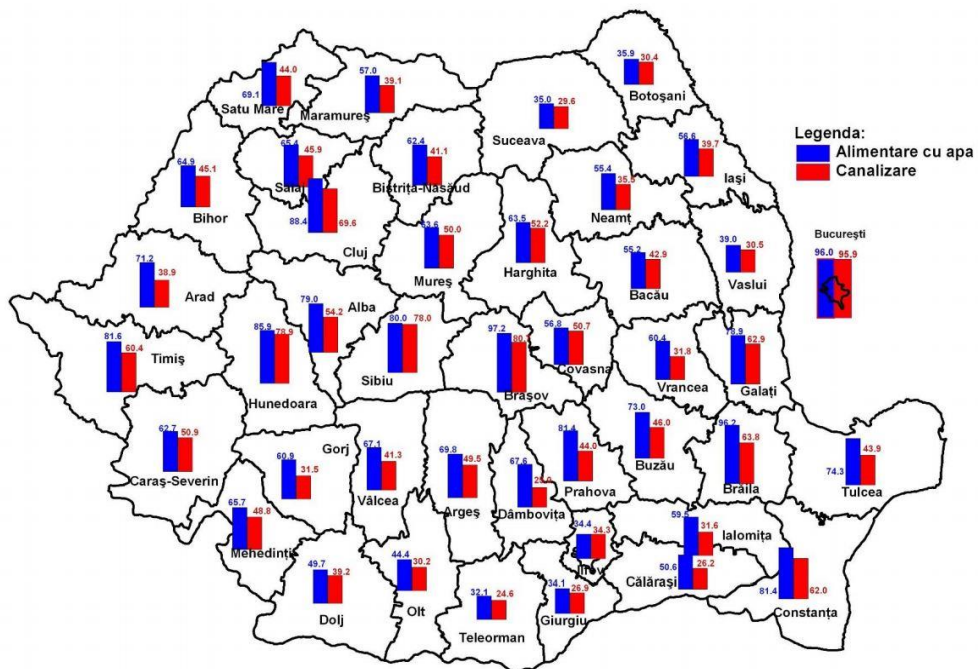


Fig. 2. Populația racordată la sistemul public de alimentare cu apă și conectată la canalizare, pe județe, în anul 2017 [68].

În ceea ce privește stația de tratare a apei care alimentează municipiul Bacău, aceasta asigură întreg sistemul de apă din municipiul Bacău și procesează un debit maxim 1.400m<sup>3</sup>/h apă brută de la barajul Poiana Uzului. Procesul principal de tratare a apei funcționează gravitațional prin amplasarea punctului de intrare a apei brute la capătul cel mai înalt al stației, ce permite apei să graviteze prin diferitele unități de tratare spre rezervoarele de înmagazinare a apei tratate, care se află la aproximativ 9m mai jos [51].

#### 1.4. Abordări privind apa și procesul de tratare a apei în Torino - Italia

Torino este un important oraș industrial și centru cultural în nordul Italiei, capitala regiunii Piemonte, localizat pe partea stângă a fluviului Po, cu o suprafață de 130 km<sup>2</sup> și o populație de 886.837 locuitori (2019) [119]. Alimentarea cu apă a acestui oraș se realizează din fluviul Po care izvorăște din Alpii Cotici în apropiere graniței Italiei cu Franța și se varsă în Marea Adriatică lângă Veneția. Cu o lungime de 652 km, este cel mai lung fluviu din Italia. fluviul are un bazin hidrografic cu o suprafață de 75.000 km<sup>2</sup> și un debit de 1.540 m<sup>3</sup>/s. De

asemenea, trebuie remarcat faptul că fluviul Po este afectat de poluarea industrială, pentru că traversează Torino și alte patru localități (Ferrara, Piacenza, Milano, Comacchio) [93].

SMAT este compania de apă care gestionează întregul ciclu de apă în orașul Torino și provincia sa, principalele activități se concentrează asupra alimentării cu apă și apă de băut, și tratarea apelor uzate.

Compania de apă SMAT a fost printre primele din Italia care a tratat apele de suprafață, datorită sistemelor de prelucrare moderne și sistemelor de control al calității. Stațiile de tratare a apei din fluviul Po sunt capabile să acopere 20% din apa produsă și distribuită de-a lungul întregului sistem de apă care are o lungime de 6.283 km cu un flux zilnic de apă de 7.000 L/sec [90].

### **1.5. Aspecte privind evaluarea eficientizării stațiilor de tratare a apei**

Aproximativ 7% din energia comercială generată (energie tranzacționată) la nivel mondial este utilizată pentru ciclul antropocentric al apei, inclusiv procesele de alimentare, distribuție și tratare a apelor uzate [32]. Un exemplu destul de evident poate fi dat din America de Nord și Europa deoarece aproximativ jumătate din toate extragerile de apă dulce sunt legate de sectorul energetic [32, 135].

Autorul Pi-Cheng Chen în articolul *Water energy nexus in city and hinterlands: Multi-regional physical input/output analysis for Hong Kong and South China* demonstrează legătura stransă care există între cererea de apă și energie pe de-o parte, iar pe de altă parte caută să arate că dacă apar schimbări la anumiți factori, cum ar fi climatul, prețul energiei, tehnologiile și populația, acestea au un impact semnificativ asupra proviziilor și cererii de apă dintr-un oraș. Prin urmare legătura dintre apă și energie implică o descriere cât mai explicită și o modelare a legăturilor dintre apă și sistemele energetice [32].

Odată cu urbanizarea și creșterea constantă a populației se pune o presiune tot mai mare pe resursele de apă cât și pe cerințele de apă potabilă, de aici a început și studiul *“Explaining the environmental efficiency of drinking water and wastewater utilities”*, studiu în care se vrea să se găsească o nouă metodă de măsurare a eficienței ajustate ecologic cât și modelarea acestora folosind gazele cu efect de seră (GES) ca fiind o “ieșire nedorită” (poluanți). Cu toate acestea, stațiile de tratare a apei pot controla intrările (substanțe chimice, energie) utilizate pentru producerea unui volum de apă tratată și ape uzate (ieșiri). Prin urmare, acest articol se concentrează pe măsurarea eficienței la intrarea în stația de tratare a apei [75].

Odată cu toate studiile realizate în a eficientiza stațiile de tratare a apei putem spune că odată cu noile abordări și procese de tratare a apei descoperite, apar și noi provocări cu care se confruntă sectorul urban de apă cum ar fi eficientizarea stațiilor de tratare a apei din punct de vedere economic, energetic care să aibă un impact minim asupra mediului.

#### **1.5.1. Raportul dintre apă și energie în procesul de tratare a apei**

Termenul de “*Energie pentru apă*” se referă la energia consumată în construcția stațiilor de tratare a apei, la fazele operaționale și de întreținere a acestora, cât și la tratarea, distribuția și epurarea apei. La nivel global este acceptată ideea conform căreia relația dintre aceste două resurse fundamentale apa-energie este una de interdependență [145].

Consumul de energie în diferitele faze ale ciclului de utilizare a apei depinde de diverși factori, cum ar fi topografia (afectează apele subterane), climă, temperatură sezonieră, precipitații medii, volumul de apă, cerința totală de apă și tehnologiile utilizate în procesul de tratare a apei. De exemplu, cantitatea de energie utilizată de unele tehnologii este mai mică decât energia utilizată de tehnologii din unele etape în ciclul de utilizare a apei [59, 66, 145].

#### **1.5.2. Sectorul apei și rolul jucat de acesta în influența asupra mediului**

Apa și energia sunt interconectate și cererea din ce în ce mai mare de apă potabilă pune o presiune substanțială pe energia consumată în tot procesul de obținere a apei potabile. Procesele de extragere a apei, a transportului, a tratării și a reutilizării apei conduc la creșterea cererii de energie, deoarece energia este consumată și în distribuția apei, în utilizarea finală și în epurarea apei [145].

Mai mult, distribuția inegală a resurselor de apă din diferite țări poate fi exacerbată ca o consecință a schimbărilor climatice [106] conducând astfel spre o creștere a exploatării apei subterane. Iar aprovizionarea descentralizată scade calitatea apei, care la rândul-i solicită mai multă energie datorită adâncimii mari și distanțelor lungi. Prin urmare, practicile de conservare a apei pot duce direct la economisirea energiei [106, 145].

### **1.6. Aspecte legislative referitoare la tratarea apei pentru diferite cerințe**

Într-un context internațional în continuă dezvoltare, procesul de tratare a apei a devenit o componentă importantă a societății în care trăim, ca urmare a cererii tot mai mari de apă, cauzată de creșterea populației, atenția trebuie îndreptată către procesul de tratare a apei în contextul creșterii cererii de apă potabilă [37].

În baza titlului XX din Tratatul cu privire la Funcționarea Uniunii Europene, legislația în domeniul protecției mediului prezintă o plajă largă de reprezentare cum ar fi: gestionarea deșeurilor, calitatea aerului și a apei, gaze cu efect de seră și substanțe chimice toxice [27].

Agenția Europeană de Mediu (AEM) este o agenție a Uniunii Europene, responsabilă de evaluarea și coordonarea acțiunilor statelor membre în domeniul protecției mediului și reducerea nivelului de poluare a căror sursă se află în statele membre. Prin intermediul Directivei Cadru a Apei (WFD - Water Framework Directive), adoptată în decembrie 2000, UE a introdus un set promițător de instrumente politice pentru a face față provocărilor.

Italia a dezvoltat un cadru politic și instituțional cuprinzător pentru gestionarea serviciilor de apă. Acest cadru a fost format în anul 1994 de către Legea Galli (Decretul 36/1994) care a contribuit la atenuarea fragmentării teritoriale a serviciilor de apă și canalizare prin agregarea și raționalizarea serviciului.

România își menține angajamentul ferm față de cadrul internațional legal dezvoltat de Organizația Națiunilor Unite – Agenda 2030 pentru Dezvoltare Durabilă, Acordul de la Paris și Convenția Cadru a ONU privind Schimbările Climatice (UNFCCC) – care pun schimbările climatice pe primele locuri în agenda ONU. Asigurarea unui mediu sănătos prin managementul eficient al sistemului de apă ține, în fond, de respectarea unui drept constituțional, dreptul la un mediu sănătos prevăzut de art. 35 din Constituția României [38].

Sistemul energetic mondial se află la răscruce. Tendințele globale actuale în furnizarea de energie este nesustenabil - ecologic, economic și din punct de vedere social. Dar asta poate și trebuie – modificat, deoarece timpul încă permite să schimbăm drumul pe care mergem [135]. Interconectarea dintre apă și energie, (EWN – energy water network) a fost anterior publicat de Gleick [59], dar în prezent primește o atenție din ce în ce mai mare din cauza preocupărilor cu privire la apa utilizată în producția de energie și la energia utilizată în sectorul apei [48].

### **1.7. Concluzii referitoare la stadiul actual al cercetărilor privind posibilitatea de eficientizare a stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe**

Asupra stării de calitate a apelor de suprafață o influență majoră o are evacuarea unei anumite cantități de apă neepurată sau care nu este epurată suficient. De asemenea o influență asupra stării de calitate a apei o au factorii naturali.

Conform unor studii în domeniu [54, 64, 75, 78, 99], eficiența stațiilor de tratare a apei este asociată cu o utilizare minimă a resurselor (intrări) pentru a ajunge la o anumită cantitate de apă tratată determinată (ieșiri) în funcție de tehnologia existentă în stația de tratare. Calitatea apei tratate trebuie să se încadreze în parametri stabiliți de legislația în vigoare.

Se observă o oarecare neglijență generală din partea autorităților care reglementează domeniul apei deoarece nu oferă stimulente companiilor de apă care operează stațiile de tratare a apei, pentru ca acestea la rândul lor să poată implementa practici operaționale mai bune și echipamente cu un consum redus de energie pentru a eficientiza stațiile de tratare.

O provocare actuală la nivel global nu este numai a manageria cât mai eficient sectorul apei sau ca populația să se adapteze la resursele actuale existente, ci deopotrivă trebuie specificat faptul că societatea ar trebui să aibă deja răspunsul la impactul pe care îl are acest sector asupra schimbărilor climatice și asupra mediului. Pentru a avea un răspuns, este obligatoriu ca actorii cu putere de decizie și nu numai în sectorul apei, să înțeleagă foarte bine ce înseamnă “eficiența de mediu a apei potabile și a utilităților apei uzate”.

Un aspect important în țările nu foarte dezvoltate și nu numai în sectorul apei îl are rețeaua de distribuție a apei tratate, deoarece prin ea se pierde aproximativ 50% în timpul aprovizionării cu apă. La nivelul Uniunii Europene pierderile de apă în faza de distribuție ating un procent de 20%.

Studiile în domeniu au indicat că aprox 55.000 de persoane care beau 2L de apă pe zi pot preveni emisia a 9000 T CO<sub>2</sub>eq pe an prin alegerea apei de rețea în locul apei îmbuteliate [23, 26].

Pe de altă parte în România cât și în Italia, există zone în care problemele legate de protecția mediului sunt foarte pregnante, de asemenea există și zone mono-industriale care contribuie la accentuarea acestor probleme. Principalele sectoare care determină poluarea locală/regională a apelor cât și a mediului în cele 2 țări menționate mai sus se referă la: exploatarea petrolieră și de minerit, industriile de prelucrare a minereurilor și petrolului, industria chimică, industria de prelucrare a lemnului și celulozei, metalurgia, siderurgia, industria electrotehnică și a construcțiilor de mașini, industria cimentului, transporturi, gospodăria urbană, agricultura etc [2, 23].

Un rol deosebit de important în eficientizarea procesului de tratare a apei îl joacă legislația în domeniu, care în prezent nu oferă mult spațiu de adaptare la schimbările globale. În schimb nu putem spune același lucru despre politica energetică care oferă mai mult spațiu de adaptare la schimbările globale.

Pentru a contribui simultan la reducerea consumului de apă și energie trebuie înțeles foarte bine consensul dintre acestea două aspecte apă și energie, pentru ca problemele să nu mai fie mutate de la o dimensiune la alta deoarece măsurilor legislative le pot lipsi deseori o documentație adecvată.

Atunci când vorbim de legislația din domeniul apei și mai ales de atenuarea schimbărilor climatice, este necesar un proces laborios de analiză pentru a ajunge la rezultate concrete care să fie transpuse în reglementări legislative dar conform studiilor, de cele mai multe ori rezultatele nu sunt puse la dispoziția opiniei publice indicând astfel o lipsă de transparență.

Prin urmare când vorbim de protejarea mediului ne referim direct la gestionarea resurselor într-o manieră durabilă, în cazul de față fiind vorba de apă. În acest sens, Uniunea Europeană ar putea fi un exemplu de bună practică deoarece are capacitatea necesară de a face procesul legislativ mult mai transparent, datorită capacității instituționale și a cooperării transfrontaliere prin partajarea noilor inovații în domeniu. Scopul ar fi acela de a accelera transferul de cunoștințe și bune practici la nivelul UE, regional și global.

## CAPITOLUL 2. ASPECTE TEORETICE CU PRIVIRE LA EVALUAREA DE MEDIU A PROCESULUI DE TRATARE A APEI

Industria apei este o potențială sursă de emisii de gaze cu efect de seră (GES), deși nivelurile de emisii de GES sunt mai mici comparativ cu alte sectoare. Totodată aceste niveluri de emisie au o tendință crescătoare odată cu apariția fenomenului de încălzirea globală cât și cu expansiunea numărului de locuitori ai Terrei. Pentru a putea realiza un bilanț al acestor gaze cu efect de seră rezultate în urma procesului de tratare a apei, studiile de specialitate folosesc o serie de metode [19]. În prezenta lucrare metodele la care se va face referire sunt:

- Metodologia Evaluării Externalităților (ExternE);
- Metodologia Înfășurării Datelor (Data Envelopment Analysis - DEA);
- Metodologia Amprentei de Carbon (CF);

**Metodologia Evaluării Externalităților** își propune să acopere toate efectele externe relevante (de exemplu, cele care sunt non neglijabile). Cu toate acestea, în stadiul actual al cunoștințelor în metodologie, există încă lacune și incertitudini. Scopul metodologiei, este de a acoperi mai multe efecte și de a reduce, astfel, lacunele și incertitudinile. În prezent, următoarele categorii de impact sunt incluse în metodologie și descrise în detaliu [19]:

1. Impactul asupra mediului;
2. Impactul încălzirii globale;
3. Accidente;
4. Securitatea energetică;

În general, costurile externe pot fi caracterizate de ecuația 1 [19]:

$$CE = MP \times VD \quad (1)$$

unde:

**CE** - reprezintă *costul externalități* - costurile externe totale pentru societate (exprimate în dolari);

**MP** - *mărimea pagubei* - exprimate în unități fizice (kg emise de CO<sub>2</sub> sau hectare de suprafață afectate);

**VD** - *valoarea daunelor aduse mediului pe unitatea de pagubă*, este exprimată în dolari pe unitate fizică de pagubă.



**Metodologia Înfășurării Datelor (DEA)** este o metodă care a fost realizată de către Charnes, Cooper și Rhodes (1978) urmând să fie aprofundată de Banker, Charnes și Cooper (1984). Scopul acestei analize este de a evalua eficiența unor unități de decizie (DMU) [142], prin utilizarea unor elemente de intrare (input-uri) care produc una sau mai multe elemente de ieșire (output-uri). Unitățile de luare a deciziilor (DMU) în contextul empiric al respectivei lucrări se referă la „utilitățile de apă potabilă și apă uzată” sau „utilitățile de apă urbană”, iar acești doi termeni sunt folosiți în mod interschimbabil [22, 142].

Formula eficienței unei unități de decizie cu o singură intrare și o singură ieșire este definită prin relația 2 [142]:

$$E = \frac{IE}{IN} \quad (2)$$

unde:

$E$  reprezintă eficiența procesului analizat;

$IE$  – ieșiri, rezultatele obținute;

$IN$  – intrări, resursele utilizate pentru procesul analizat.

Pentru mai multe ieșiri și intrări, formula eficienței unei unități de decizie este definită prin relația 3:

$$E = \frac{SP_{IE}}{SP_{IN}} \quad (3)$$

unde:

$E$  reprezintă eficiența procesului analizat;

$SP_{IE}$  – suma ponderată la ieșire, la finalul procesului analizat;

$SP_{IN}$  – suma ponderată la intrare, resursele utilizate pentru procesul analizat.

Conform literaturii științifice - **Amprenta de Carbon** se referă la “*cantitatea de gaze cu efect de seră emise în atmosferă pe parcursul ciclului de viață al oricărui produs sau al oricărei activități, exprimată în dioxid de carbon echivalent (CO<sub>2</sub> echivalent)*” [141].

Amprenta de carbon este efectul cumulat al diferitelor activități umane asupra mediului. Această estimare se realizează pe baza metodologiei stabilite prin standardul ISO 14040: 2006, *Evaluarea Ciclului de Viață: Principii și Ciclul de Viață, Evaluare: Cerințe și Orientări. Caietul de Sarcini a Publicului, disponibil (PAS 2050)* [25, 87].

Cel mai important pas pentru aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon este calculul. După cum urmează în relația 4, vom cuantifica datele pe care le-am utilizat și valorile

potențialului de încălzire globală oferite de Grupul Interguvernamental de experți în evoluția climei (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change ) pentru a le transforma în unitatea de măsură care ne interesează și anume  $CO_2$  echivalent ( $CO_2eq$ ):

$$kgCO_2eq = DED [kgGES] \times GWP \left[ \frac{kgCO_2eq}{kgGES} \right] \quad (4)$$

unde:

$kgCO_2eq$  – reprezintă cantitate de  $CO_2$  emisă în atmosferă;

$DED$  reprezintă datele de emisie directă;

$GWP$  – potențialul de încălzire globală;

$kgGES$  – cantitatea de gaze cu efect de seră emisă în atmosferă.

Comparativ cu studiile anterioare [47, 79, 87, 88, 91, 103, 116, 117, 141, 152] care se concentrau pe emisia de  $CO_2$  ca linie principală și pe includerea celor mai importante gaze cu efect de seră în calcul, această metodologie a început să devină mai cuprinzătoare (sunt mai multe gaze cu efect de seră luate în calcul) în ceea ce privește gazele cu efect de seră incluse pe parcursul etapelor unui produs sau activitate. De asemenea Metodologia Amprentei de Carbon a fost extinsă și pentru a acoperi sistemul natural, cumva pentru a putea calcula și emisiile inevitabile care au loc în urma unui proces sau activitate [47, 88, 91, 117].

În prezenta lucrare de cercetare se va utiliza Metodologia Amprentei de Carbon deoarece a ajuns să fie valorificată ca un instrument puternic care scoate în evidență reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră din cadrul activităților, afacerilor, evenimentelor etc. și este promovată ca un indicator al dezvoltării durabile.

## **2.1. Concluzii privind evaluarea metodologiilor de analiză a eficiențării procesului de tratare a apei**

Metodologia Evaluării Externalităților (ExternE) își propune să cuantifice impactul real, și utilizează preferințele individuale (exprimat ca disponibilitatea de a plăti) pentru a cântări fiecare efect dintre categoriile de impact [53]. Un dezavantaj al acestei metode este că are un număr limitat de efecte și incertitudini luate în calcul fapt care ne indică incongruența cu studiul de caz prezent în această lucrare.

Mai mult decât atât pentru a compara sau a evalua impactul asupra mediului a unei industrii prin această metodologie trebuie să se asigure convertirea unității de măsură a acelu

impact într-o unitate de măsură comună metodologiei, acest lucru nu este simplu deoarece există posibilitatea ca unele categorii de impact să nu agreeze acea unitate de măsură.

Pentru a estima cât mai exact productivitatea și eficiența sectorului apei pot fi utilizate diverse tehnici parametrice (cea mai utilizată este Analiza Frontierei Stochastice - Stochastic Frontier Analysis -SFA) și nonparametrice (Metodologia Înfășurării Datelor - DEA), pentru a analiza performanța firmelor publice și private din literatura de specialitate fără a avea o funcție de producție reală [142, 143].

După cum s-a specificat și anterior Metodologia DEA este recomandată a fi folosită mai ales în sectorul serviciilor, unde poate utiliza comparații între diferite niveluri de eficiență, poate propune modificări și îmbunătățiri în gestionarea serviciilor [143]. Ca oricare alta metodă aceasta este limitată în ceea ce privește stabilirea dimensiunii eșantionului cât și la selectarea producției, acestea conducând la diferențe mari între rezultatele obținute și nu ar putea fi explicate.

Prin urmare, având în vedere specificul studiului de caz din prezenta lucrare se recomandă utilizarea Metodologiei Amprentei de Carbon care poate evalua potențialul de încălzire globală a unei organizații, produs, proiect sau serviciu.

Dincolo de numărul variat de categorii de impact examinate, Amprenta de Carbon separă intrările în trei categorii de aplicare [25, 72, 87], ceea ce conduce la o exactitate în datele obținute, după cum urmează:

- domeniul de aplicare (1): toate emisiile directe, gaze cu efect de seră asociate cu activitățile deținute sau controlate;
- domeniul de aplicare (2): toate emisiile indirecte - achiziționarea de energie electrică, energie termică sau abur;
- domeniul de aplicare (3): alte emisii indirecte, cum ar fi activitățile legate de transport în vehicule care nu sunt deținute de companie, de eliminare a deșeurilor etc.

Datorită complexității domeniului pe care îl cuprinde, vom utiliza Metodologia Amprentei de Carbon pentru a evalua potențialul de încălzire globală generat de procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați- Bacău, România și SMAT- Torino, Italia.

Atunci când se va calcula Amprenta de Carbon este recomandat să se țină cont de toate cele 3 domenii definite de Standardul corporativ, enumerate mai sus. De asemenea când se realizează o situație a elementelor luate în considerare, aceasta este recomandată să cuprindă

fluxuri de servicii, materiale și energie care devin produsul obținut, în cazul nostru apa potabilă.

Mai trebuie specificat faptul că Metodologia Amprenteii de Carbon oferă cadrul complex de a evalua impactul asupra mediului a unui proces, în cazul de față procesul de tratare a apei. Dacă e să comparăm această Metodologie a Amprenteii de Carbon cu LCA (Evaluarea Ciclului de Viață - metodă pe care nu am specificat-o în prezenta lucrare deoarece poate fi un subiect amplu de cercetare într-o altă lucrare) se poate observa că procesele analizate cu aceste metode sunt mult mai complexe și nu mai este suficient să inventariem doar emisiile de CO<sub>2</sub>. Acest lucru poate fi observat în metodologiile de evaluare și în sistemele de management de mediu.

Dintr-o perspectivă a accesibilității, Metodologia Amprenteii de Carbon mai mult decât orice altă metodă sau alt concept a devenit un instrument care a atras atenția publicului. Putem observa la o simplă cercetare că există un număr covârșitor de site-uri web, unele chiar aparținând guvernelor unde se poate calcula impactul unei persoane și a oferi sugestii pentru compensarea sau diminuarea emisiilor.

În general această Metodologie (Amprenta de Carbon) are potențialul să atragă atenția societății și să genereze discuții despre impactul produselor și serviciilor asupra mediului, unde se poate genera un cadru mai consistent din punct de vedere al informațiilor care să conducă spre evaluarea de mediu a activităților desfășurate de către consumator.

## **CAPITOLUL 3. ASPECTE CU PRIVIRE LA PROCESUL DE TRATARE A APEI DIN CADRUL STAȚIILOR DE TRATARE A APEI BACĂU, ROMÂNIA ȘI TORINO, ITALIA**

Perioada la care se referă datele obținute din cadrul stațiilor de tratare este anul 2015 și vor fi prezentate mai detaliat în următoarele capitole. Metodologia Ampreței de Carbon utilizată pentru a afla cantitatea de CO<sub>2</sub>eq emisă în atmosferă de fiecare stație de tratare în parte se referă la anul 2015. Metodele care au fost prezentate în capitolul anterior au fost studiate și analizate pe toată perioada studiilor doctorale.

A fost aleasă pentru studiu stația de tratare a apei Bacău, România deoarece aceasta este o stație de tratare rereativ nouă, orașul Bacău fiind un oraș cu un număr mediu de locuitori. Acest aspect este specificat deoarece experiența în domeniul tratării apei este la început la Bacău iar stația de tratare a apei din Torino (SMAT), Italia vine cu o vastă experiență în domeniul tratării apei și poate fi dată ca exemplu de bună practică. Acesta fiind și principalul motiv pentru care s-a studiat procesul de tratare a apei din cadrul stației SMAT, Torino.

### **3.1. Aspecte cu privire la procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău, România**

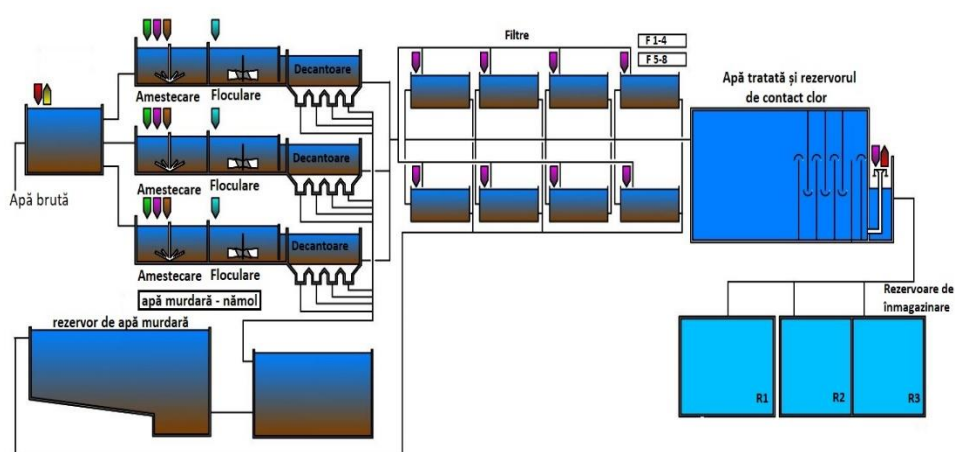
Stația de tratare a apei manageriază întreg sistemul de apă din orașul Bacău și procesează un debit maxim 1.400m<sup>3</sup>/h apă brută de la barajul Poiana Uzului. Procesul principal de tratare a debitului funcționează gravitațional prin amplasarea punctului de intrare a apei brute la capătul cel mai înalt al stației, care permite ca apa să graviteze prin diferitele unități de tratare în jos spre rezervoarele de înmagazinare a apei tratate, acestea se află la aproximativ 9m mai jos [50].

Stația de tratare a apei Bacău (STA Barați) este alcătuită din următoarele unități componente [50]:

- Priza de apă brută și camera de distribuție;
- Camere de debitmetre sub forma unor bazine îngropate, din beton armat;
- Bazine de mixare rapidă, bazine de floclare
- Decantoare lamelare;
- Filtre de nisip gravitaționale;
- Rezervor de contact clor;

- Rezervor cu apă de spălare;
- Rezervor de sedimentare apă murdară de la spălarea filtrelor;
- Clădire pentru suport procese și control servicii;
- Cameră colectare namol;
- Clădire clorinare formată din camera stocare clor, camera de pregătire a concentrației de clor, camera de neutralizare.

Procesul de tratare a apei (fig. 3) constă în [50]: coagulare, mixare, floculare, decantare, corectarea finală a pH-ului, clorurare.



**Fig. 3.** Schema procesului de tratare a apei în stația de tratare a apei Bacău [50].

O mențiune care trebuie făcută este că stația de clorinare are alocate trei camere [50]: camera de depozitare (stocare) a clorului, camera de pregătire a concentrației de clor, camera de neutralizare.

La ieșirea apei tratate din stație către distribuție, sunt prelevate probe în interiorul fiecărui rezervor pentru a urmări parametrii ceruți de legislația în vigoare: clorul rezidual, pH-ul, turbiditate, conductivitate etc., rezultatele fiind înregistrate de sistemul SCADA.

### 3.1.1. Estimarea consumului de energie pentru echipamentele din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău

După realizarea procesului de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău rezultă o cantitate de apă tratată cu diferite caracteristici fizico-chimice, care implică un consum de energie și o cantitate de substanțe chimice. Pentru stația de tratare a apei considerată în acest studiu de cercetare, pe perioada monitorizată, **anul 2015**, trebuie

specificat faptul că energia consumată pentru tratarea apei este interdependentă de turbiditatea apei brute care a înregistrat valori cuprinse între 2,76 - 27,72 NTU.

Stația de tratare a apei Barați (STA Barați), pe perioada monitorizată a celor 12 luni din anul 2015 a înregistrat un consum de energie (tab. 2) electrică de aproximativ 40.538 MWh/an.

**Tabelul 2.** Consumul de energie din cadrul STA Barați [50].

Punct	Descriere	kWh/zi	kWh/lună	kWh/an
MCC 101	Admisie și decantare	345,785	10.373,550	124.482
MCC 102	Filtrare	228,375	6.851,250	82.215
MCC 103	Clorinare	94,32	2.829,6	33.955
MCC 104	Tratarea cu substanțe chimice	268,094	8.042,82	96.513
105	Clădirea Tehnică	189,5	5.685	68.220
<b>Total kWh/zi</b>		<b>1.126,074</b>	<b>33.782,22</b>	<b>405.386,64</b>

\*MCC- centrul de control al motorului (motor control center).

### 3.1.2. Estimarea consumului de substanțe chimice în stația de tratare a apei Barați, Bacău

În general pentru tratarea chimică a apei se folosește o mare varietate de substanțe chimice, în cazul stației de tratare a apei Barați se utilizează Cl, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, polimer (tab 3).

**Tabelul 3.** Consumul de substanțe chimice/lună, stația de tratare a apei Barați.

Nr.	Substanța chimică	Unitatea de măsură	Cantitatea
1.	Clor – Cl <sub>2</sub>	kg/lună	800
2.	Sulfat de Aluminiu Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	kg/lună	30.000
3.	Polimer anionic	kg/lună	250

Cantitatea de substanțe chimice utilizate în tratarea apei în cadrul STA - Barați, Bacău este relativă și depinde de turbiditatea apei brute (min. 5 NTU), de exemplu în perioada de iarnă, apa brută din punct de vedere fizico – chimic se situează în rândul apelor cu stare foarte bună deoarece nu există modificări antropice ale valorilor și necesită doar o clorurare simplă [1, 96].

În ceea ce privește cantitatea de substanțe utilizate în procesul de tratare a apei din cadrul STA Barați în anii anteriori anului 2015 este constantă și nu diferă de la un an la altul începând cu anul 2011 până la anul de referință.

### **3.2. Aspecte referitoare la procesul de tratarea a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT Torino, Italia**

Trebuie specificat faptul că fluviului Po este afectat de poluarea industrială, deoarece traversează Torino și alte 4 localități componente, (Ferrara, Piacenza, Milano, Comacchio) [33, 69, 101].

SMAT gestionează întregul ciclu de apă în orașul Torino și provincia sa. Principalele activități se concentrează asupra alimentării cu apă, apă de băut și tratarea apelor uzate. Apa este extrasă dintr-un râu de admisie în amonte de confluența cu râul Sangone acolo existând și o instalație de acumulare, zona exactă este La Loggia [33].

De asemenea este de notat faptul că Societatea Metropolitană de Apă Torino (SMAT) este certificată ISO 14001:2005 în vederea desfășurării unor activități legate de managementul resurselor de apă.

Compania de apă SMAT a fost printre primele din Italia care a purificat apele de suprafață. Stațiile de tratare a apei considerate sunt următoarele [119, 120]:

- stația de tratare a apei PO1;
- stația de tratare a apei PO2;
- stația de tratare a apei PO3.

Primele doua stații de tratare a apei PO1-PO2 (fig. 4a) au început să funcționeze după jumătatea anilor '60 cu un potențial de 500 L/s. Acestea operează 11 luni pe an iar în luna august se efectuează mentenanța atunci când cererea de apă este scăzută și poate fi susținută doar de stația de tratare PO3.

Stația de tratare a apei PO3 (fig. 4b) a fost construită 10 ani mai târziu, bazată pe o previziune a Planului de apeducte a orașului Torino pentru o populație de 1.780.000 locuitori. Stația de tratarea a apei PO3 a fost programată pentru un potențial de 3.000 L/s. În prezent capacitatea stației PO3 este de 1.500 L/s. Aceasta folosește tehnologii diferite și mult mai eficiente decât cele folosite la stațiile de tratare a apei PO1-PO2. Fiecare etapă a procesului de tratare a apei utilizează sisteme diferite.

În stația de tratare PO1 și PO2, procesul de tratare a apei este împărțit în următoarele trepte de tratare [124]:

- decantare;
- oxidarea primară cu dioxid de clor (ClO<sub>2</sub>) și hipoclorit de sodiu (NaClO);
- sedimentare în bazine tip Accelerator;

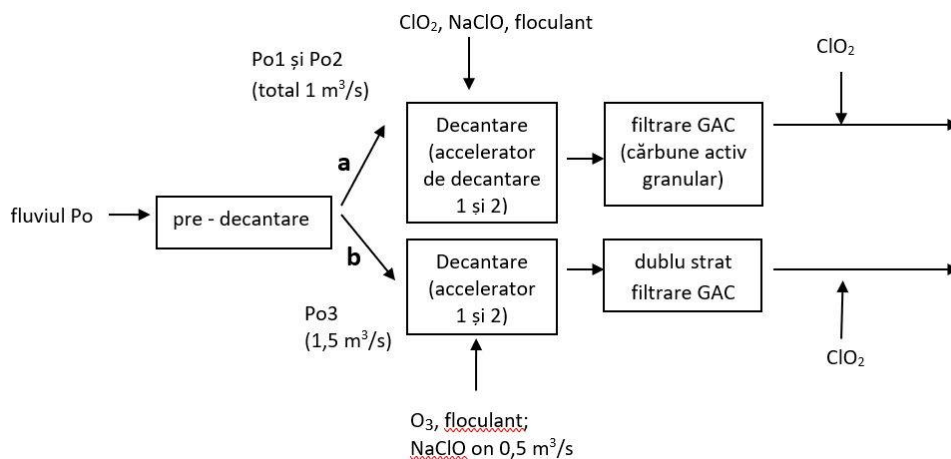


- filtrare prin carbon activ granular (GAG);
- dezinfecție finală cu  $\text{ClO}_2$ .

În stația de tratare PO3, sistemele de tratare a apei utilizate sunt diferite [120]:

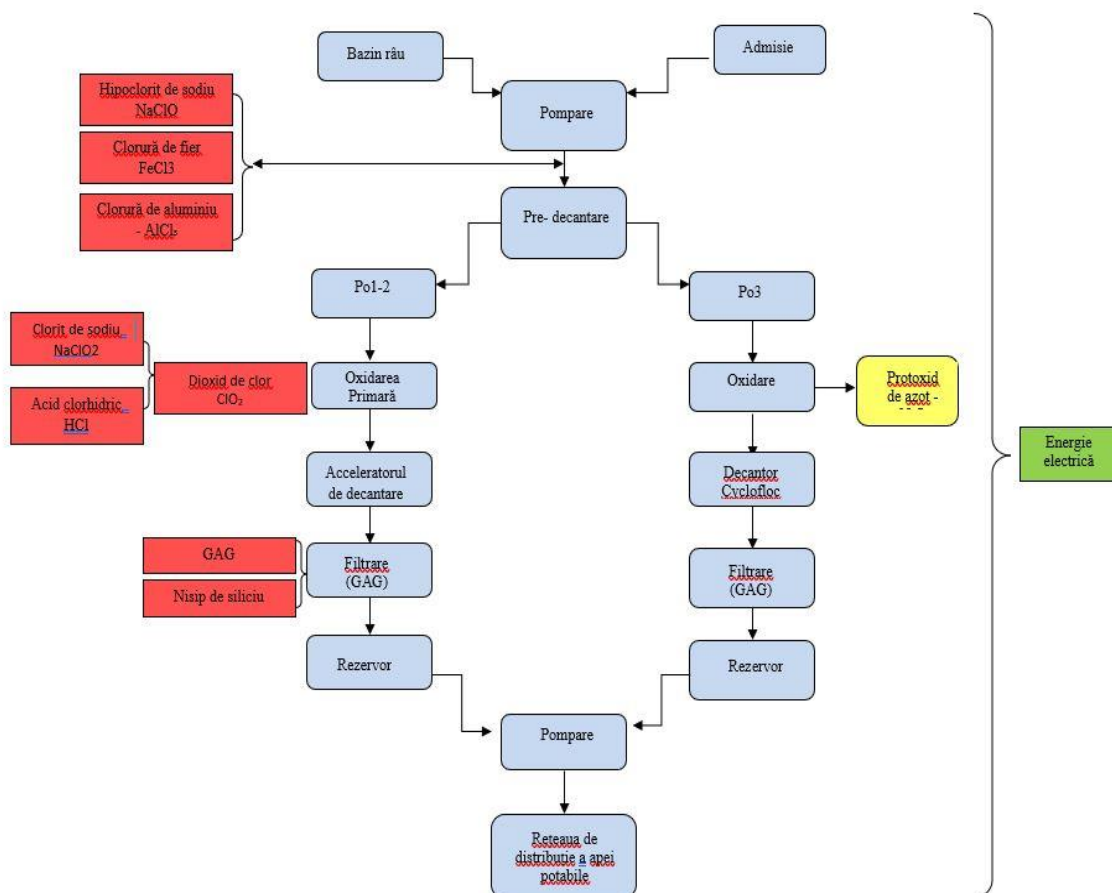
- decantare;
- oxidare;
- oxidare cu  $\text{NaClO}$ ;
- filtrare pe 2 straturi de cărbune activ granular (GAG);
- dezinfecție finală cu  $\text{ClO}_2$ .

Stația de tratare a apei SMAT, Torino este construită în ansamblu ca un sistem care este împărțit în etape de tratare a apei în așa fel încât să nu se întrerupă procesul de tratare a apei în momentul în care se face mentenanța.



**Fig. 4.** Procesul de tratare a apei PO1-PO2-PO3 – STA SMAT [120].

Procesul de tratare a apei în cadrul stației de tratare SMAT, cuprinde în general următoarele etape (fig 5) [120]: oxidarea primară, accelerator de decantare, filtrare, rezervor de înmagazinare a apei, pompare.



**Fig. 5.** Procesul de tratare a apei PO1-2-3 SMAT [120].

Tratarea apei în cadrul acestor două sisteme poate fi realizată în paralel, deoarece procesul urmează aceleași etape cu același tip de echipament, schema generală a procesului de tratare a apei poate fi observată în figura 48. Tratarea apei cuprinde o etapă de pre-clorurare, cu adăugarea de dioxid de clor ( $\text{ClO}_2$ ), hipoclorit de sodiu ( $\text{NaClO}$ ), clorură de aluminiu ( $\text{AlCl}_3$ ) și ozon rezidual din PO3, înainte ca apa care urmează să fie tratată să ajungă la acceleratorul de sedimentare a cărei funcție este de a elimina turbiditatea [120].

### 3.2.1. Estimarea consumului de energie pentru echipamentele din cadrul stației de tratare a apei SMAT

Calculul energiei electrice utilizate în cadrul STA SMAT este simplificat prin prezența unui contor de energie amplasat de compania responsabilă cu furnizarea de energia

electrică. Datele colectate sunt rezumate în tabelul 4 pentru a oferi o imagine de ansamblu asupra consumului de energie, înregistrat pentru anul 2015 [120].

**Tabelul 4.** Consum energie STA SMAT, anul 2015 [119, 120].

Stația de tratare	Energie consumată [kWh]
<b>Captare apă</b>	4.409.043,86
<b>Predecantare</b>	32.635,18
PO1	
<b>Total</b>	2.613.494,13
PO2	
<b>Total</b>	2.728.316,11
PO3	
<b>Total</b>	11.896.552,41
<b>Total PO1-PO2</b>	5.341.810,41
Total stația de tratare SMAT	21.680.041,93

Conform datelor publicate de STA SMAT [120], consumul de energie electrică pentru serviciile centrale reprezintă 1,1% din totalul global. La consumul de energie pentru PO1 și PO2 etapele procesului de tratare sunt: decantare, filtrare, înmagazinare și eliminarea nămolului rezultat în urma procesului de tratare a apei. La consumul de energie pentru procesul de tratare a apei în PO3 se mai adaugă o etapă de ozonizare. Trebuie specificat faptul că pentru camera de admisie și predecantare se înregistrează separat energia consumată deoarece este o etapă comună pentru toate cele 3 stații de tratare.

### **3.2.2. Estimarea consumului de substanțe chimice din cadrul stației de tratare a apei SMAT**

Deja în anii 90 SMAT s-a angajat într-un program de reducere a utilizării substanțelor chimice (tab. 5) utilizate în tratarea și epurarea apei prin optimizarea proceselor (de exemplu prin controale automate de tip „feedback” și „feed-forward”) și adoptarea de tehnologii ecologice (carbon activ granular, raze ultraviolete etc.) [119, 120].

**Tabelul 5.** Consum substanțe chimice, stația de tratare a apei SMAT [119, 120].

Reactivi (tone)	2011	2012	2013	2014	2015
Hipoclorit de sodiu - NaClO	1.525	1.328	1.247	1.478	1.264
Acid clorhidric - HCl	182	209	174	179	187
Clorit de sodiu - NaClO <sub>2</sub>	274	251	228	216	210
Clorură de aluminiu - AlCl <sub>3</sub>	3.006	3.178	2.869	3	2.789
Dioxid de siliciu - SiO <sub>2</sub>	45	49	42	33	20
Sare de mare granulară	393	378	366	275	341
Carbon activat reactivat	146	610	481	440	479
Carbon activ granular	208	163	135	120	129
Clorură de fier - FeCl <sub>3</sub>	26	30	125	47	8
Hidroxid de sodiu - NaOH	0	0	16	10	5

În STA Barați cât și în STA SMAT cantitatea de substanțe chimice este constantă de la un an la altul (nu există diferențe majore). Cantitatea de substanțe chimice folosită în procesul de tratare a apei este constantă de la un an la altul. Din acest motiv, anul de referință este anul 2015, deoarece acesta este o medie a cantității de substanțe chimice utilizate în general când vorbim STA SMAT.

### 3.3. Concluzii cu privire la aspectele analizate din cadrul stațiilor de tratare a apei din Bacău și Torino

Pentru ca analiza comparativă dintre cele 2 stații de tratare a apei Barați și SMAT să fie una aplicată și cât mai consolidată pe datele existente trebuie să avem în vedere câteva aspecte legate de:

- Mărimea /capacitatea de tratare a apei a stației. Acest aspect este unul foarte important deoarece fiecare stație în parte a fost construită pentru a deservi un anumit număr de locuitori, din acest punct de vedere orașul Bacău este cu mult mai mic decât orașul Torino. Prin urmare cu siguranță vor exista diferențe mari în ceea ce privește consumul de energie între cele 2 stații de tratare a apei;
- Calitatea apei brute. Aceasta joacă un rol important în estimarea consumului unei stații de tratare a apei deoarece putem spune că în cazul de față fiecare stație de tratare a apei nu pleacă din același punct de start. STA Bacău are un avantaj deoarece lacul Poiana Uzului nu este afectat de poluarea

industrială, cea ce nu putem afirma în cazul fluviului Po care traversează alte 5 localități înainte de punctul de prelevare a STA SMAT;

- Tehnologiile de tratare a apei. În ambele cazuri sunt utilizate tehnologii diferite de tratare a apei adaptate în funcție de calitatea apei brute. În acest punct trebuie să se noteze faptul că STA SMAT folosește tehnologii mai noi iar etapele din cadrul procesului de tratare a apei sunt mai numeroase comparativ cu structura procesului de tratare a apei care are loc la Bacău. Printre etapele la care ne referim sunt ozonizarea și filtrarea cu cărbune activ granular (GAG). Etapa de ozonizarea fiind un consumator de energie major;
- Capacitatea fiecărei stații de a produce energie regenerabilă. STA Barați consumă energie din sistemul public. STA SMAT are capacitatea de a produce energie regenerabilă prin amplasarea unor panouri fotovoltaice mobile (ghidate după mișcarea soarelui) pe suprafața de teren din interiorul stației cât și prin procesul de tratare a nămolului rezultat din tratarea și epurarea apei. Un avantaj major al STA SMAT este faptul că stația de tratare a apei se află în același loc cu stația de epurare a apelor uzate. În cazul STA Barați, stația de epurare a apei uzate se află la marginea orașului Bacău neavând nici un fel de conexiune cu stația de tratare a apei.

Aceste aspecte au fost enunțate cu scopul de a stabili o imagine cât mai reală asupra situației existente în fiecare stație de tratare a apei iar rezultatele obținute în urma calcului emisiei de CO<sub>2</sub>eq să țină cont de acestea, deoarece o comparație directă nu poate fi realizată ci poate doar recomandări de îmbunătățire a unor etape din procesele de tratare a apei din cadrul stațiilor de tratare prezentate.

## **CAPITOLUL 4. APLICAREA METODOLOGIEI AMPRENTEI DE CARBON ÎN CADRUL STAȚIILOR DE TRATARE A APEI BARAȚI ȘI SMAT PENTRU ANUL 2015**

Acest studiu a analizat procesul de tratare a apei din punct de vedere al consumului de energie cât și a consumului de substanțe chimice cu ajutorul Metodologiei Amprenței de Carbon cât și de a explora posibilitățile de eficientizare a procesului de tratare a apei într-o stație de tratare a apei.

Studiul de caz din cadrul acestei lucrări de cercetare s-a concentrat pe stația de tratare a apei Barați (STA Barați) și pe stația de tratare a apei SMAT (STA SMAT), unde s-a monitorizat și analizat timp de 12 luni (anul 2015) cantitatea de energie și de substanțe chimice consumate pentru procesul de tratare a apei.

### **4.1. Aspecte generale cu privire la Amprenta de Carbon și emisiile de gaze cu efect de seră**

Legătura dintre aceste gaze cu efect de seră și Amprenta de Carbon stă în faptul că Metodologia Amprenței de Carbon realizează o estimare a acestor gaze care sunt eliberate sau eliminate în mediu ca urmare a unui proces, activități, proiect într-o anumită perioadă de timp. Această estimare a Amprenței de Carbon este posibilă odată cu documentarea și cuantificarea diferitelor activități care emit în atmosferă oricare dintre aceste 4 tipuri de gaze.

Dioxidul de carbon ( $\text{CO}_2$ ) este de obicei recunoscut cu un rol crucial în poluarea atmosferică în cadrul general al încălzirii globale. Gazele cu efect de sera (GES) se referă la o listă precisă de poluanți, recunoscuți și identificați de Protocolul de la Kyoto și sunt clasificați în funcție de 6 categorii de bază: dioxid de carbon ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), protoxid de azot ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidroclorofluorcarburile (HCFC, HFC), perfluorocarburi (PFC), hexafluorură de sulf ( $\text{SF}_6$ ) (tab. 6). Din anul 1980, concentrația de GES a înregistrat o tendință de creștere, ca urmare a dezvoltării la nivel mondial a activităților industriale și tehnologice [103, 140].

Trebuie remarcat faptul că prezența gazelor cu efect de sera în atmosferă este esențială pentru existența vieții pe Pământ. Anumite gaze din atmosferă acționează ca pereții de sticlă ai unei sere: reține o parte din radiațiile infraroșii (căldura) reflectată de pe suprafața planetei și menține temperatura suficient de ridicată pentru a susține viața pe Pământ. Fără efectul de seră temperatura medie a Pământului ar fi de  $-18^\circ\text{C}$  [42, 140].

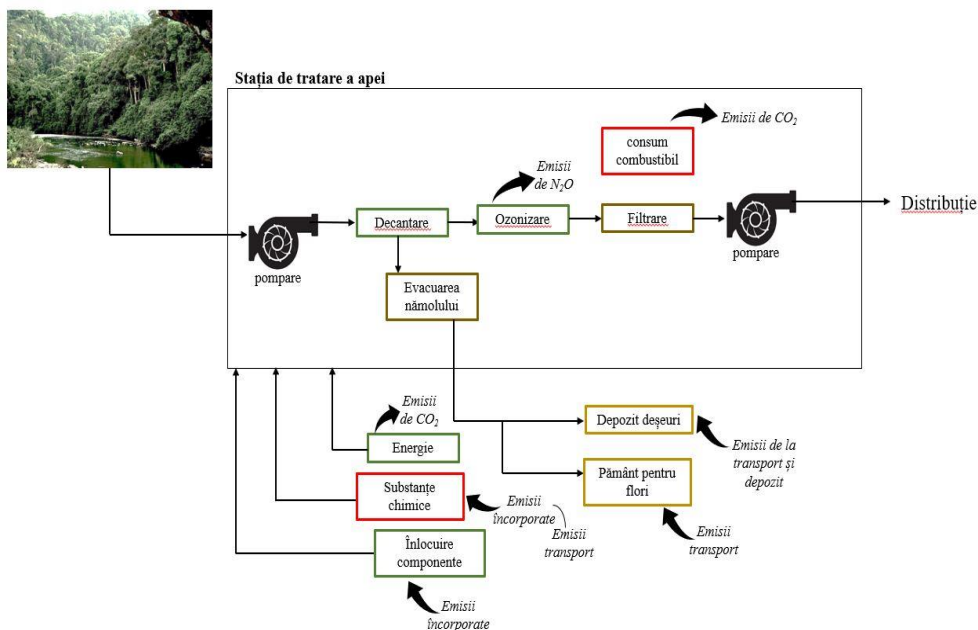
**Tabelul 6.** GES, Potențial de Încălzire Globală și sursa de producere [80, 103].

<b>Gaz cu efect de seră (GES)</b>	<b>Potențial de Încălzire Globală</b>	<b>Sursa de producere</b>
<b>Dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>)</b>	1	procese de ardere, generarea de căldură, producția de beton, defrișări
<b>Metan (CH<sub>4</sub>)</b>	25	cultivarea orezului, combustibili fosili minieri, depozite de deșeuri, procese de degradare anaerobă
<b>Protoxid de azot (N<sub>2</sub>O)</b>	298	agricultură, procese de ardere, producție de acid azotic, tratarea apei, procese de combustie
<b>Hidroclorofluorcarburile (HFCs, HCFCs)</b>	77-14.800	sistemele de refrigerare
<b>Perfluorocarburi (PFCs)</b>	7.390-17.700	sistemele de refrigerare, producția de aluminiu și magneziu
<b>Hexafluorură de sulf (SF<sub>6</sub>)</b>	22.800	producția de aluminiu și magneziu, electricitatea de înaltă tensiune

Pe de altă parte conform rapoartelor publicate de Națiunile Unite, utilizarea apei a crescut la nivel mondial cu aproximativ 1% pe an începând cu anii 1980, această creștere este determinată de o combinație de creștere a populației, dezvoltare socio-economică și schimbarea tiparelor de consum. Se preconizează că cererea globală de apă va continua să crească la o rată similară până în anul 2050, deoarece până în anul 2030, 60% din populația lumii se așteaptă să locuiască în zonele urbane [37, 146, 151].

Aplicabilitatea Metodologiei Amprentei de Carbon în stațiile de tratare a apei ajută în creionarea unei imagini de ansamblu (fig. 6) a surselor de emisie de CO<sub>2</sub> asociate procesului de tratare a apei. Trebuie avut în vedere principalele surse de emisie de CO<sub>2</sub> din cadrul stației de tratare a apei, deoarece stațiile de tratare a apei din întreaga lume au o varietate de abordări prin care evaluează Amprenta de Carbon a instalațiilor sau operațiilor pe care le compun.

O evaluare prin intermediul Metodologiei de Carbon încă reprezintă un instrument de management insuficient exploatat care poate veni în ajutorul factorilor de decizie din sectorul apei, pentru a dezvolta construcții și operațiuni durabile, de asemenea pentru viitor poate fi o resursă importantă pentru planificarea procesului de tratare a apei. Cel mai adesea Metodologia Amprentei de Carbon este folosită mai ales în procesele de epurare a apei datorită complexității procesului comparativ cu procesul de tratare a apei [126].



**Fig. 6.** Sursele de emisii provenite din producția de apă potabilă [8].

## 4.2. Aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău, România

### 4.2.1. Calculul consumului energetic din cadrul stației de tratare a apei Barați

Un obiectiv al acestui studiu este acela de a calcula cantitatea de CO<sub>2</sub>eq emis în atmosferă de cele două stații de tratare a apei din Bacău și Torino în urma consumului de energie și substanțe chimice cât și efectul avut asupra mediului a fiecărei stații de tratare cu posibilitatea de eficientizare a procesului de tratare a apei. Datele privind consumul de energie din procesul de tratare a apei au fost colectate zilnic de către centrul de control al motorului (MCC - motor control center) și pot fi rezumate în următorul tabel:

**Tabelul 7.** Consumul de energie electrică pe fiecare treaptă de tratare a apei în cadrul STA Barați [50].

Treaptă de tratare	Timpul de funcționare (h/zi)	Consum energie/zi (kw)	Energie electrică consumată an (kWh)
Admisie și decantare	24	345,785	126.211
Filtrare	24	228,375	83.357
Clorinare	24	94,32	34.427



Tratarea cu substanțe chimice	24	268,094	97.854
Clădirea Tehnică	24	189,5	69.168
<b>Total kWh/zi</b>	24	<b>1.126,074</b>	<b>411.017</b>

După cum s-a specificat în capitolul anterior în cazul STA Barați apa brută are un grad de turbiditate foarte scăzut în diferite perioade ale anului, mai exact iarna. Datorită acestui fapt diferă cantitatea de apă tratată de la o perioadă la alta a anului, prin urmare va fi diferită și cantitatea de energie necesară pentru tratarea acesteia.

O parte relevantă a procesului de calcul a Amprentei de Carbon a instalațiilor de tratare a apei este cea referitoare la consumul de energie (tab. 8) folosită în procesul de tratare a apei. Aceasta are o contribuție semnificativă în stabilirea impactului asupra mediului. Pentru a putea obține consumul energetic specific procesului de tratare a apei trebuie să se cunoască cantitatea anuală de apă tratată cât și consumul de energie înregistrat de stația de tratare a apei Barați.

**Tabelul 8.** Consum global energie electrică în STA Barați, anul 2015.

	<b>Consum de energie anual (kWh)</b>	<b>Volu m apă tratată anual (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consum energetic specific (kWh/m<sup>3</sup>)</b>
STA Barați, Bacău	411.017	12.096.000	0,033

Pentru a putea calcula emisiile produse de către procesul de tratare a apei în cadrul STA Barați, Bacău (tab. 9) s-a utilizat un factor de conversie furnizat de către Departamentul pentru Mediu, Alimentație și Afaceri Rurale (DEFRA) din Regatul Unit cât și de Agenția Internațională pentru Energie (AIE) [25, 44, 65].

**Tabelul 9.** Emisii indirecte de CO<sub>2</sub>eq STA Barați, anul 2015.

<b>Consum energie electrică consumată (kWh)</b>	<b>Emisii indirecte (kg CO<sub>2</sub>eq)</b>
411.017	13.563,56

Pentru calculul valorilor energiei electrice consumată și pierderile sistemului de transport și distribuție a apei s-a înmulțit fiecare valoare în parte cu factorul de emisie atribuit de către Departamentul pentru Mediu, Alimentație și Afaceri Rurale (DEFRA) și de Agenția Internațională pentru Energie (AIE), (tab 10).

**Tabelul 10.** Factor Emisie pentru energie în România, STA Barați, anul 2015 [25, 44, 65].

Tip de energie	Cantitate de energie (kWh)	Factorul de emisie ( $\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}}$ )
Energie electrică generată (kWh)	411.017	0,43720
Pierderi ale sistemului în transport și distribuție (T&D) cladirea tehnic)	69.167	0,08871
<b>Total</b>		<b>0,51857</b>

Datele obținute (tab. 11) se încadrează în categoria datelor procesului de activitate și sunt considerate primare deoarece se referă la măsurători făcute direct asupra procesului de tratare a apei.

**Tabelul 11.** Amprenta de Carbon în STA Barați, anul 2015.

Tip de emisie	Emisii (kgCO <sub>2</sub> eq)
Energie electrică generată	179.679,768
Pierderi ale sistemului (T&D, cladirea tehnică))	6.135,804
<b>Total</b>	<b>185.815,59</b>

Procesele de tratare a apei sunt, în general, considerate a avea un impact redus asupra mediului (tab. 12) deoarece, după cum s-a specificat anterior principalul impact asupra mediului îl are cantitatea de energia electrică consumată în procesul de tratare a apei. Din această cauză se acordă o importanță deosebită calculului consumului de energie comparativ cu cantitatea de substanțe chimice folosite în proces.

**Tabelul 12.** Materiale și procese cu intensitate ridicată și joasă în emisii de CO<sub>2</sub>eq [25].

Foarte ridicat (>5 kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Ridicat (1-3 kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Mediu (<1 kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	Scăzut (<0,1 kg CO <sub>2</sub> eq/kg)
Refrigeranți	Materiale plastice	Culturile de câmp din Marea Britanie / UE	Minerale neprocesate (pietriș, nisip)
Componente electronice	Majoritatea substanțelor chimice	Sticlă	Subproduse (paie, lemn)
Produse din carne	Combustibili	Hârtie și carton	Procesul de tratare a apei
Aluminiu	Lactate	Prelucrarea materialelor plastice	Transport <1.000 km camion
-	-	-	<20.000 km pe mare

Alte metale (excepție oțelul)	Culturi de seră	Depozite din materiale biodegradabile	Depozit de deșeuri din materiale non biodegradabile
Pigmenții/coloranții	Orez	-	-
Unele alimente concentrate	Cărbune	-	-
Spălătorie/ tratarea apei calde	Congelare	-	-
	Gătit	-	-

Trebuie menționat că, în calculul Amprentei de Carbon s-a luat în considerare consumul total de energie prezentat la începutul acestui capitol, dar s-au calculat separat și pierderile de energie din cadrul sistemului de transport și distribuție a apei.

#### 4.2.2. Calculul consumului de substanțe chimice în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei Barați

Având la dispoziție datele din cadrul stației de tratare a apei Barați, Bacău (STA Barați, Bacău) pentru anul 2015, fluxurile de materiale care intră în stația de tratare pot fi rezumate în tabelul 13. Putem observa că există un consum constant de substanțe chimice utilizate în procesul de tratare a apei, neexistând mari diferențe de consum de la o lună la alta.

După cum s-a specificat mai sus fiecare substanță chimică are un factor de emisie pentru a putea converti cantitatea de substanță chimică folosită în procesul de tratare a apei în emisii de CO<sub>2</sub>eq. Acești factori de emisie se regăsesc în diferite standarde sau baze de date. Acești factori de emisie sunt atribuiți pentru procesul de tratare a apei.

**Tabelul 13.** Cantitatea de CO<sub>2</sub>eq generată de către procesul de tratare a apei în STA Barați în urma consumului de substanțe chimice, anul 2015.

Substanța chimică	Factor de emisie ( $\frac{\text{kgCO}_2\text{eq}}{\text{kg}}$ )	Cantitatea utilizată (kg)	Emisii generate ( $\frac{\text{kgCO}_2\text{eq}}{\text{kg}}$ )
Sulfat de Aluminiu Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0,365	365.000	133.225
Var (CaO)	0,216	216.000	46.656
Polimer (anionic)	0,03	3.000	90
Clor (Cl)	0,148	9.600	1.420,8
<b>Total kgCO<sub>2</sub>eq în anul 2015 la STA Barați, Bacău</b>			<b>181.391,8</b>

Metodologia Amprentei de Carbon formează cadrul cel mai agreabil pentru a avea o unitate de măsură comună pentru emisiile de carbon în urma consumului de energie și substanțe chimice în procesul de tratare a apei. Numai pe baza acestora se pot face aprecieri

reale în ceea ce privește impactul asupra mediului al stației de tratare a apei luată în considerare.

Reactivul folosit în procesul de tratare a apei care are cea mai mare contribuție asupra emisiilor de gaze în atmosferă este sulfatul de aluminiu, acesta are o valoare de aproximativ 49% din impactul total pe categoria de impact, deoarece acest reactiv este utilizat constant. În medie pe zi se consumă aproximativ 1 tonă de sulfat de aluminiu.

#### **4.2.3. Calculul Amprentei de Carbon pentru procesul de tratare a apei în stația de tratare a apei Barați**

În cazul stației de tratare a apei Barați în anul 2015 pentru o cantitate de apă tratată de aproximativ 12.096.000 m<sup>3</sup> se emite în atmosferă o cantitate de emisii de 367.207,39 kg CO<sub>2</sub>eq.

Această valoare s-a calculat în funcție de totalul cantității de energie și substanțe chimice consumate (tab. 14) în procesul de tratare a apei. Un alt factor important, luat în considerare în prezentul calcul a fost capacitatea de tratare a apei a stației.

**Tabelul 14.** Cantitatea totală de CO<sub>2</sub>eq emis în atmosferă în urma procesului de tratare a apei STA Barați.

<b>Sursa de emisie - 2015</b>	<b>Emisii (kg CO<sub>2</sub>eq)</b>
Consum de energie	185.815,59
Consum substanțe chimice	181.391,8
<b>Total</b>	<b>367.207,39</b>

După cum putem observa în tabelul 15, pentru tratarea unui m<sup>3</sup> de apă la STA Barați, se generează aproximativ **30 gr de CO<sub>2</sub>eq**. Această valoare s-a obținut în condițiile existente în STA Barați descrise pe larg în capitolul 3. punctul 3.1. unde s-a luat în considerare contribuția fiecărei surse consumatoare de energie în procesul de tratare a apei.

După cum s-a și specificat în subcapitolul anterior, procesul de tratare a apei încă face parte din categoria industriilor cu un impact scăzut asupra mediului conform Ghidului PAS 2050 [25].

De asemenea trebuie specificat că Amprenta de Carbon variază mult în funcție de mixul de energie utilizată în procesul de tratare a apei, de timp și de locație/țară [83].

**Tabelul 15.** Amprenta de Carbon (CO<sub>2</sub>eq) generată de procesul de tratarea apei STA Barați în anul 2015.

<b>Amprenta de Carbon 2015</b>	<b>Emisii (kg CO<sub>2</sub>eq)</b>
Emisii (kg CO <sub>2</sub> eq)	367.207,39
Apă tratată (m <sup>3</sup> ) STA Barați, Bacău	12.096.000
<b>Amprentă Carbon 2015</b> ( $\frac{\text{kgCO}_2\text{eq}}{\text{m}^3}$ )	<b>0,030</b>

În România Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei (ANRE), oferă informații despre 6 surse primare de energie (tab. 16) [11]: cărbune, gaze naturale, păcură, alte surse convenționale, nucleară, și surse regenerabile, aceste informații sunt furnizate prin rețeaua inteligentă de contorizare.

**Tabelul 16.** Structura și emisiile specifice de CO<sub>2</sub>, în funcție de sursa de energie de producție a energiei electrice, în România [11].

<b>Nr.</b>	<b>Sursa de energie</b>	<b>Ponderea sursei de energie în producția totală de energie electrică (%)</b>	<b>Factor de emisie CO<sub>2</sub> (g/kWh)</b>
1.	Cărbune	24,47	910,73
2.	Gaze Naturale	14,99	395,9
3.	Păcură	0,28	593,1
4.	Alte surse convenționale	0,39	840,6
5.	Nucleară	17,49	0
6.	Surse alternative (hidro, vânt, biomasă, solară)	42,38	0

#### **4.3. Aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT, Torino, Italia**

##### **4.3.1. Calculul consumului energetic din cadrul stației de tratare a apei SMAT**

STA SMAT a fost prima stație de tratare a apei din Italia care a tratat apă de suprafață, cu o instalație care permite să extragă până la 2.500 L/s, echivalent a aprox. 18% din apă introdusă în rețea, apă extrasă din fluviul Po.

Din aceste date trebuie specificat faptul că STA SMAT funcționează 11 luni pe an deoarece în luna august se face mentenanța instalației. Din datele furnizate de către STA SMAT, se poate observa că stația PO3 poate garanta performanțe de calitate superioară și în

același timp un consum de energie specific ușor mai mic. Stația PO1 și PO2 au instalații mai vechi, de aici și consumul de energie mai mare.

Interesant de văzut este volumul de apă tratat de fiecare instalație în parte (tab 17), deoarece PO3 tratează o cantitate de apă de aproape două ori mai mare comparativ cu PO1 și PO2.

**Tabelul 17.** Consum global de energie electrică în STA SMAT, anul 2015.

	<b>Consum de energie anual (kWh)</b>	<b>Volum apă tratată anual (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consum energetic specific (<math>\frac{kWh}{m^3}</math>)</b>
STA PO1-PO2	5.341.810,24	10.319.877,00	0,517
STA PO3	11.896.552,41	29.479.924,00	0,403
<b>Total</b>	<b>17.238.362,65</b>	<b>39.799.801,00</b>	<b>0,920</b>

După modelul aplicat la calculul emisiilor de gaze cu efect de seră produse în urma procesului de tratare a apei pentru STA Barați, același model a fost aplicat la în cazul STA SMAT. S-a utilizat un factor de conversie (tab 18) furnizat de către Departamentul pentru Mediu, Alimentație și Afaceri Rurale (DEFRA) din Regatul Unit [25, 44].

**Tabelul 18.** Factor Emisie pentru energie în Italia, STA SMAT, anul 2015.

<b>Tip de energie</b>	<b>Factorul de emisie (<math>\frac{kg\ CO_2}{kWh}</math>)</b>
Energie electrică generată (kWh)	0,38641
Pierderi ale sistemului în transport și distribuție (T&D)	0,02394
<b>Total</b>	<b>0,41035</b>

După cum am specificat și în cazul STA Barați, din datele obținute (tab. 19) se observă că și în acest caz faptul că energia consumată în procesul de tratare a apei este de o importanță majoră, deoarece predomină peste orice alt reactiv chimic utilizat în diferitele faze ale procesului de tratare a apei.

**Tabelul 19.** Cantitatea de emisii generată de STA SMAT în anul 2015.

<b>Tip de emisie</b>	<b>Emisii (kg CO<sub>2</sub> eq)</b>
Energie electrică generată	2.093.559,46
Pierderi ales sistemului (T&D)	284.803,53
<b>Total</b>	<b>2.378.362,99</b>

#### 4.3.2. Calculul consumului de substanțe chimice în procesul de tratare a apei din cadrul stației de tratare a apei SMAT

Pentru cantitatea de substanțe chimice achiziționată și consumată în cadrul STA SMAT a fost necesar să se utilizeze un factor potrivit de conversie pentru a transforma valoarea greutății în unitatea de măsură luată în considerare pentru Amprenta de Carbon. Acest factor ca și pentru studiul de caz din Bacău se referă la ciclul de viață al produsului considerat, acesta nu a putut fi calculat pe baza mijloacelor disponibile (poate fi un obiectiv al unui studiu din viitor). Prin urmare acest factor a fost căutat în bazele de date adecvate puse la dispoziție de principalele agenții LCA, o parte din acestea sunt Wageningen University, Chemviron, Ecoinvent 2.2, ALCAS [16, 17, 30, 122]. Cantitatea de substanțe chimice utilizată în STA SMAT este rezumată în tabelul 20.

**Tabelul 20.** Consum substanțe chimice, stația de tratare a apei SMAT, anul 2015.

<b>Substanța chimice, anul 2015</b>	<b>(kg)</b>	<b>≈(t)</b>
Clorură de fier - FeCl <sub>3</sub>	18.723	18
Policlorură de aluminiu	2.541.672	2.541
Hipoclorit de sodiu - NaClO	871.680	871
Acid clorhidric - HCl	150.798	150
Clorit de sodiu - NaClO <sub>2</sub>	250.160	250
Carbon activ granular	50.747	50
Carbon activat reactivat	273.000	273
Nisip de siliciu	35.102	35
<b>Total</b>	<b>4.191.822</b>	<b>4.191</b>

În ceea ce privește policlorura de aluminiu după cum putem observa și în tabelul 20 are printre cel mai ridicat factor de emisie, fapt care conduce la o cantitate mare de emisii de CO<sub>2</sub>eq rezultate în urma utilizării acestuia.

Când spunem “factor de emisie” ne referim conform Directivei 2003/87CE la rata medie de emisie a unui gaz cu efect de seră raportată la datele de activitate ale unui flux de surse, presupunând că oxidarea este completă în cazul arderii și a conversiei integrale pentru toate celelalte reacții chimice [45]. După cum putem observa cea mai mare cantitate de substanță chimică consumată în procesul de tratare a apei este policlorura de aluminiu.

Cunoscând cantitatea de substanțe chimice folosită în procesul de tratare a apei la STA SMAT cât și factorul de emisie pentru fiecare substanță în parte, s-a calculat (tab. 21)

cantitatea aproximativă de CO<sub>2</sub>eq generată în urma utilizării fiecărei substanțe chimice în parte, pentru a putea avea un total general în ceea ce privește STA SMAT pentru anul 2015.

**Tabelul 21.** Cantitate CO<sub>2</sub>eq generată de procesul de tratare a apei în STA SMAT, anul 2015.

<b>Numele substanței chimice</b>	<b>Factor de emisie (<math>\frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg}}</math>)</b>	<b>Cantitatea utilizată (kg)</b>	<b>Emisii generate (<math>\frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg}}</math>)</b>
Clorură de fier (FeCl <sub>3</sub> )	0,351	18.723	6.571,773
Policlorură de aluminiu	1,43	2.541.672	3.634.590,96
Hipoclorit de sodiu (NaClO)	1,412	871.680	1.230.812,16
Acid clorhidric (HCl)	1,2	150.798	180.957,6
Clorit de sodiu (NaClO <sub>2</sub> )	0,477	250.160	119,326,32
Carbon activ granular	7	50.747	355.229
Carbon activat reactivat	2	273.000	546.000
Nisip de siliciu	0,011	35.102	386,122
<b>Total STA SMAT, Torino pentru anul 2015</b>			<b>6.073.873,93</b>

După cum putem observa și după cum s-a și specificat anterior cea mai mare cantitate de emisii de CO<sub>2</sub>eq este generată în urma utilizării policlorurii de aluminiu, acest reactiv fiind eficient conform literaturii științifice în utilizare în procesul de tratare a apei după cum urmează [92]: poate fi dozat direct; simplifică diluarea, dozarea și manipularea; este eficient la nivel de doze reduse; pentru ajustarea pH-lui reduce necesarul de substanțe chimice, poate scădea volumul de nămol, conducând la un număr redus de spălări și prelungește durabilitatea filtrelor iar în final este eficient pentru toate tipurile de apă mai ales la temperaturi scăzute.

#### **4.3.3. Calculul Amprentei de Carbon pentru procesul de tratare a apei în stația de tratare a apei SMAT**

Calculul amprentei de carbon (tab. 22) reprezintă ultima fază prin care se obține factorul Amprentei de Carbon al procesului de tratare a apei din STA SMAT pentru anul 2015, cu ajutorul valorilor calculate pentru consumul de energie și substanțe chimice utilizate în procesul de tratare a apei.



**Tabelul 22.** Cantitatea totală de CO<sub>2</sub>eq generată în urma procesului de tratarea apei în STA SMAT, anul 2015.

Sursa de emisie	Emisii (kg CO <sub>2</sub> eq)
Consum de energie	2.378.362,99
Consum substanțe chimice	6.073.873,93
<b>Total</b>	<b>8.452.236,92</b>

Factorul amprentei de carbon (tab. 23) pentru procesul de tratare a apei în cadrul STA SMAT este de aproximativ 0,212 CO<sub>2</sub>eq fapt ce dovedește încă odată că sectorul tratării apei este unul cu un impact scăzut asupra mediului comparativ cu alte industrii prezentate în Ghidul PAS 2050 [25].

**Tabelul 23.** Amprenta de Carbon (CO<sub>2</sub>eq) a procesului de tratarea apei în STA SMAT, anul 2015.

Amprenta de Carbon, anul 2015	Emisii kg CO <sub>2</sub> eq
Emisii kg CO <sub>2</sub> eq	8.452.236,92
Apă tratată (m <sup>3</sup> ) în STA SMAT, Torino	39.799.801,00
<b>Amprentă Carbon STA SMAT</b> $\left(\frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{m}^3}\right)$	<b>0,212</b>

Conform literaturii de specialitate [11, 12, 20, 25, 56, 83, 89, 101, 112] și în cazul STA SMAT impactul asupra mediului a procesului de tratare a apei este unul scăzut iar pentru tratarea unui m<sup>3</sup> de apă brută se generează 212 gr de CO<sub>2</sub>eq, în mare parte emisiile de gaze cu efect de seră generate provenind de la consumul de substanțe chimice.

#### 4.4. Concluzii cu privire la aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon și la stabilirea unor corelații între cele două stații de tratare a apei Barați și SMAT pentru anul 2015

Potrivit literaturii de specialitate și pe baza studiilor de caz analizate în această lucrare trebuie notat faptul că provocările legate de cantitatea de energie și substanțe chimice utilizate în procesul de tratare a apei cât și cantitatea de gaze cu efect de seră emisă în atmosferă în urma procesului de tratare a apei sunt provocări complexe cu o interconexiune deosebită și nu pot fi rezolvate separat.

Putem observa că pentru a furniza apă potabilă, acesta este un proces complex care implică mai mulți factori, cei mai importanți fiind energia și substanțele chimice care și generează cele mai mari cantități de CO<sub>2</sub>eq. Pentru a estima această cantitate de CO<sub>2</sub>eq,

abordarea studiilor este realizată prin intermediul Metodologiei Amprentei de Carbon, care indică faptul că este foarte important să fie consultate diverse surse de date cum ar fi protocoalele naționale, standardele etc., iar odată cu consultarea acestora vor fi automat îmbunătățite analizele anterioare din sectorul apei ale Metodologiei Amprentei de Carbon care în prezent sunt într-un număr aprox. mic.

După ce au fost prezentate și analizate cele două stații de tratare a apei Barați și SMAT se pot trasa câteva concluzii referitoare la procesul de tratare după cum urmează:

- procesele de tratare a apei sunt direct dependente de energie, energie care contribuie substanțial la impactul generat asupra mediului;
- un rol important în stabilirea cantității de substanțe chimice în procesul de tratare îl are atât calitatea apei brute, cât și mărimea liniei de producție de apă potabilă conform parametrilor de calitate, în final toți acești factori cumulează un impact major asupra mediului;
- pe viitor pentru evaluarea performanțelor unei stații de tratare a apei se recomandă o analiză precisă a datelor inventariate pentru ca rezultatele obținute să fie cât mai fidele. Atunci când vorbim de un proces de tratare a apei vorbim de un proces complex și laborios;
- în cazul ambelor stații de tratare a apei luate în studiu, reactivii folosiți în etapa de coagulare/floculare au un impact constant asupra mediului în ciuda faptului că volumul de apă tratat de fiecare stație de tratare a apei este foarte diferit, după cum s-a specificat și anterior contează foarte mult și capacitatea stației de tratare analizată.

În urma calculului Amprentei de Carbon pe fiecare stație de tratare a apei, diferența de CO<sub>2</sub>eq emis în atmosferă poate fi exprimată în cantitatea de energie electrică care este folosită pentru a trata 1m<sup>3</sup> de apă. Un alt aspect care poate să explice aceste diferențe ar fi tipul sau mixul de energie utilizată în proces, putem să considerăm acest factor ca fiind unul important care contribuie semnificativ la diferența de CO<sub>2</sub>eq generat în cele 2 stații de tratare a apei, deoarece acestea se află în țări diferite.

Pentru fiecare caz în parte, energia poate proveni din diferite surse de energie (eoliană, solară, hidroenergie, nucleară, termală etc.). În Italia de exemplu 1 kWh de energie electrică în sistemul public de distribuție a acesteia poate fi alcătuit din fracții diferite de energie (cele enumerate mai sus) [69].

Un al aspect care trebuie luat în considerare în acest studiu la STA Barați face referire la adaptarea procesului de tratare a apei în funcție de anotimp și utilizarea unor substanțe chimice în anumite perioade ale anului. Conform unor publicații de specialitate [92, 121] policlorura de aluminiu este recomandată să fie utilizată în perioadele mai reci (septembrie – aprilie) iar clorura ferică în perioadele mai calde ale anului (mai - august). În cazul STA SMAT acest aspect este deja pus în aplicare deoarece pentru tratarea unui m<sup>3</sup> de apă se utilizează aprox. 0,0002 kg de clorura ferică iar pentru policlorura de aluminiu cantitatea utilizată pentru tratarea unui m<sup>3</sup> de apă este de 0,0591 kg.

De asemenea o mențiune importantă care trebuie trecută în revistă se referă la clorura ferică utilizată în procesul de tratare a apei în STA SMAT care înlocuiește sulfatul de aluminiu, deoarece în urma mai multor studii de specialitate [58, 86, 129], s-au constatat efectele dăunătoare pe care le are această substanță asupra sănătății oamenilor până la efecte mai grave cum ar fi declanșarea sindromului Alzheimer [58]. În cazul STA Barați sulfatul de aluminiu este folosit constant, aprox. 1 t/zi fiind astfel și un factor decisiv în cantitatea de CO<sub>2</sub>eq generat în atmosferă în urma utilizării lui.

Acest studiu poate oferi metode alternative pentru sectorul apei în a diminua potențialul de a genera gaze cu efect de seră în procesul de tratare a apei și îmbunătățirea procesului de tratare a apei în alte stații de tratare. De asemenea poate contribui la aplicarea metodelor folosite în STA SMAT și în alte stații de tratare a apei inclusiv și în STA Barați.

## CAPITOLUL 5. STAȚIILE DE TRATARE A APEI ȘI INFLUENȚA ACESTORA ASUPRA MEDIULUI

### 5.1. Procesul de tratare a apei și efectele acestuia asupra mediului

Incidența activităților din cadrul procesului de tratare a apei asupra mediului (fig. 7) constă în poluarea aerului odată cu emisia de gaze cu efect de seră. Apa necesită tratare înainte de a fi utilizată dar și după utilizare. Apele uzate necesită o tratare (epurare) specială pentru a fi deversate înapoi în mediu. Dacă apa este gestionată necorespunzător, atunci alimentarea cu apă va fi afectată. Dacă apele uzate sunt deversate fără tratamentul necesar, atunci calitatea mediului va fi afectată [137].

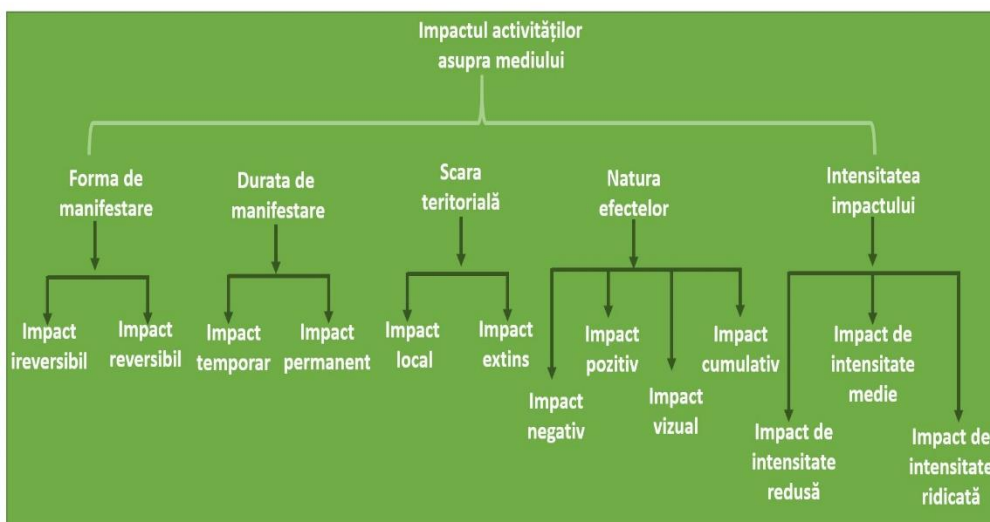


Fig. 7. Categoriile de impact ale activităților asupra mediului [34, 73].

### 5.2. Sistemul de evaluare a efectelor asupra mediului a stațiilor de tratare a apei Barați și SMAT

Atunci când vorbim de activitatea de management a resurselor de apă ne referim la:

- sistemul de tratare a apei;
- alimentarea cu apă potabilă a populației;
- sistemul de captare, distribuție și stocare a apei utilizat pentru alimentarea cu apă a populației și pentru industriei;
- colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate și meteorice.

Pentru a evalua efectul asupra mediului a stațiilor de tratare a apei, se utilizează o metodă matriceală bazată pe determinarea indicilor de calitate ai factorilor de mediu. Factorii de mediu sunt analizați din punct de vedere al impactului asupra mediului și sunt încadrați în diferite clase cu punctaj specific [34, 96, 128].

Interdependența dintre etapele procesului de tratare a apei și efectele asupra mediului înconjurător (E) se pot evidenția prin reliefarea în dreptul fiecărei etape mărimea acesteia, care se estimează printr-un sistem comun pentru tot procesul în cazul ambelor stații de tratare a apei Barați și SMAT (cu +, - sau zero), cu următoarele specificații [34, 128]:

„+” reprezintă influență pozitivă;

„0” - influență nulă;

„-” este influență negativă.

„E” – efect pozitiv sau negativ rezultat din evaluarea influențelor etapelor procesului de tratare a apei asupra calității factorilor de mediu, în raport cu normativele de reglementare.

Pentru a elabora un studiu care să determine efectele asupra factorilor de mediu a procesului de tratare a apei cât mai realist, se va acorda un punctaj fiecărei surse generatoare de poluare din cadrul procesului de tratare a apei. În final se obține un cumul de efecte rezultate în urma procesului de tratare a apei din studiile de caz analizate (tab. 24).

**Tabelul 24.** Însurarea efectelor asupra factorilor de mediu a proceselor de tratare a apei din STA Barați și SMAT pentru anul 2015.

Sursa generatoare	Efectele asupra factorilor de mediu			
	Apă	Aer	Sol	Biodiversitate
Consum de energie	0	-	0	-
Utilizarea substanțelor chimice	0	-	-	0
Gestionarea deșeurilor	-	0	-	-
Emisii noxe rezultate din funcționarea instalațiilor și echipamentelor	0	-	0	-
<b>MĂRIMEA EFECTELOR</b>	<b>-1</b>	<b>-3</b>	<b>-2</b>	<b>-3</b>

$$E_{APĂ} = -1$$

$$E_{AER} = -3$$

$$E_{SOL} = -2$$

$$E_{BIODIVERSITATE} = -3$$

Pentru a putea să se stabilească efectul mediu cumulat de toți factorii (tab. 25), se au în vedere punctajele medii care au rezultat în urma elaborării matricii. De asemenea se folosește sintagma de “efect cumulativ” deoarece se presupune că există mai multe efecte de intensitate mică și dacă se face suma acestor efecte pot produce efecte semnificative. În același timp sintagma “efecte cumulative” poate să se refere la rezultatele acumulării în timp a unui singur efect cu o constantă mică în intensitate dar care se întinde pe o perioadă lungă de timp.

**Tabelul 25.** Valorile indicelui de calitate în cadrul proceselor de tratare a apei din STA Barați SMAT pentru anul 2015.

<b>Factor de mediu</b>	<b>Valoarea efectului cumulat</b>	<b>Observație</b>
Apă	-1	influențele sunt negative iar efectele asupra mediului sunt reduse pe perioada exploatării
Aer	-3	influențele sunt negative iar efectele asupra mediului sunt majore pe perioada exploatării
Sol	-2	influențele sunt negative iar efectele asupra mediului sunt medii pe perioada exploatării
Biodiversitate	-3	influențele sunt negative iar efectele asupra mediului sunt majore pe perioada exploatării

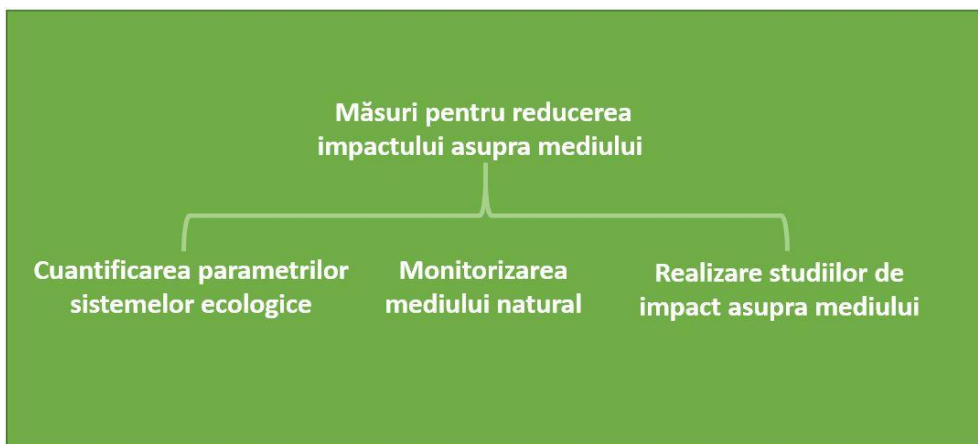
Evaluarea efectelor procesului de tratare a apei asupra mediului s-a realizat pentru perioada de exploatare a stațiilor de tratare a apei aferentă anului 2015. Conform legislației în domeniu și când vorbim despre studii de impact, acestea sunt mai ample și se realizează pentru aproximativ o perioadă de de 18-36 de luni, această perioadă variază în funcție de tipul investiției. Pentru perioada de funcționare se consideră că este valabil 30 de ani pentru construcții și 50 de ani pentru rețelele de alimentare cu apă și canalizare [34, 96, 128, 137].

### **5.3. Concluzii și recomandări privind analiza efectelor asupra mediului a procesului de tratare a apei**

Pentru studiile viitoare referitoare la impactul asupra mediului a stațiilor de tratare a apei, acestea trebuie să fie analizate la scară largă atât în perioada de execuție a lucrărilor de mentenanță a stației cât și pentru perioada de funcționare a stației de tratare a apei. Trebuie să

se aibă în vedere sursele potențiale de poluare, impactul potențial asupra fiecărei componente de mediu în parte și măsurile care trebuie aplicate pentru a reduce impactul asupra mediului.

La scară largă conform legislației în vigoare direcțiile de acțiune ce pot fi implementate pentru reducerea impactului asupra mediului la nivelul stațiilor de tratare a apei (figura 66), trebuie să cuprindă măsuri aplicate de la începutul construcției stației de tratare a apei până la etapa de colectare a apei uzate [34, 96].



**Fig. 8.** Activități pentru reducerea efectelor procesului de tratare a apei asupra mediului [34, 96, 128].

În studiile de caz analizate (STA Barați și STA SMAT) se pot face următoarele specificații referitoare la efectele asupra mediului ale acestora:

1. Ambele stații de tratare a apei se află în zone limitrofe ale orașului prin urmare efectul asupra sănătății oamenilor este nesemnificativ. Pe de altă parte în zona amplasamentului sunt plantați brazi pentru a diminua cât mai mult efectele asupra mediului a stațiilor de tratare.
2. De asemenea activitățile din cadrul proceselor de tratare a apei nu constituie surse de impact major sau semnificativ asupra factorilor de mediu sau al altor obiective din zona acestora.
3. Elementele cele mai negative ale efectului asupra mediului a procesului de tratare a apei fac referire la consumul crescut de energie și cel de substanțe chimice (cazul ambelor stații de tratare a apei).
4. În cazul STA Barați dacă se vor executa lucrări de investiții prin înlocuirea unor echipamente în vederea reducerii consumului de energie și aplicarea

unor noi tehnologii de tratare a apei pentru reducerea consumului substanțe chimice în conformitate cu noile instalații existente pe piață, analiza globală a procesului de tratare a apei în sine ar putea avea efecte benefice prin îmbunătățirea calității apei odată cu îmbunătățirea calității vieții locuitorilor, îmbunătățirea stării de sănătate a populației cât și protejarea factorilor de mediu.

5. Dacă se respectă prevederile legii în vigoare, cât și planurile de exploatare a stațiilor în perioada de exploatare, efectul asupra factorilor de mediu se va încadra în limitele admisibile și vor avea un trend descrescător, iar pe o perioadă de timp îndelungată poate deveni chiar un efect nesemnificativ.
6. Efectele secundare, sinergice, pe termen scurt, mediu și lung, permanente și temporare rezultate din procesele de tratare a apei în perioada monitorizată (anul 2015) nu afectează factorii de mediu datorită măsurilor de prevenire și diminuare a impactului specificate în documentația amintită la punctul 5.
7. În general monitorizarea procesului de tratare a apei trebuie să cuprindă două mari categorii [34, 128]: monitorizarea cu privire la respectarea legislației în vigoare și monitorizarea aplicării obiectivelor stației de tratare a apei din punct de vedere a consumului de energie și substanțe chimice. Aceste 2 categorii fiind respectate de către ambele stații de tratare a apei Barați și SMAT.
8. Pentru a putea respecta în totalitate normele și standardele în vigoare necesare protecției factorilor de mediu este recomandat să se organizeze programe de instruire a personalului din cadrul stației de tratare a apei pentru a atinge gradul de cultură necesar respectării normelor de protecție a mediului și reducerea impactului asupra mediului. Acest aspect este aplicat periodic în ambele stații de tratare a apei cu participarea personalului la conferințe, traininguri, cursuri etc., specifice sectorului apei.
9. Pentru a veni în preîntâmpinarea posibilelor situații de risc de poluare sau avarie este recomandat ca pentru fiecare etapă de tratare din cadrul procesului de tratare a apei să existe un set de măsuri alternative care să diminueze efectul situației de risc.



## CAPITOLUL 6. CONCLUZII GENERALE

Obiectivul principal al tezei de doctorat intitulată “*Studii și cercetări privind influența stațiilor de tratare a apei asupra mediului*” este identificarea celei mai eficiente metode și a celor mai eficiente echipamente folosite la tratarea apei cu scopul de a reduce impactul asupra mediului prin diminuarea consumului de energie și substanțe chimice în procesul de tratare a apei aplicând Metodologia Amprentei de Carbon.

Studiile de caz din cadrul acestei lucrări de cercetare s-au axat pe analiza și compararea a două stații de tratare a apei: stația de tratare a apei Barați care deservește orașul Bacău și stația de tratare a apei SMAT care deservește 293 municipalități din împrejurimile orașului Torino din regiunea Piemont.

În cadrul acestor 2 stații de tratare a apei s-a analizat și monitorizat timp de 12 luni (anul 2015) calitatea apei tratate la ieșirea din rezervorul de înmagazinare, cantitatea de energie și substanțe chimice utilizate în procesul de tratare a apei. Rolul aceste monitorizări a fost de a colecta datele necesare pentru a calcula cantitatea de **CO<sub>2</sub>eq** (dioxid de carbon echivalent) emis în atmosferă în urma tratării unui m<sup>3</sup> de apă. S-a folosit Metodologia Amprentei de Carbon, cu scopul eficientizării procesului de tratare a apei din punct de vedere al consumului de energie și substanțe chimice.

Procesului de producție a apei îi este necesară o anumită cantitate de energie și producerea energiei contribuie la creșterea Amprentei de Carbon astfel crescând și impactul asupra mediului a procesului de tratare a apei. Odată cu acest studiu se demonstrează o importanță deja bine cunoscută a apei și a resurselor de apă. După cum s-a mai specificat și schimbările climatice la rândul lor, au un potențial mare de a afecta aprovizionarea cu apă deoarece la fel de importantă sunt și energia electrică și reactivii utilizați în procesul de tratare a apei. Situația tratării apei în lume este destul de eterogenă din punct de vedere a tipului de apă brută, a cererii de apă, a cantității de energie consumată în procesul de tratare a apei și de schema aplicată pentru tratarea apei.

Concluziile acestui studiu iau în considerare aspectele legate de analiza celor două stații de tratare a apei (Barați - România și SMAT - Italia) din punct de vedere al consumului de energie și substanțe chimice care scot în evidență importanța sursei de apă cât și calitatea acesteia, procesul de tratare a apei urmat de fiecare stație în parte și nu în ultimul rând substanțele chimice utilizate. Toate acestea au un rol definitoriu în a stabili cantitate de **CO<sub>2</sub>eq** emis în atmosferă în urma fiecărui proces de tratare a apei.

În **Capitolul 1** se prezintă *stadiul actual privind posibilitatea de eficientizare a stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe, în vederea reducerii impactului asupra mediului* cât și o analiză a studiilor realizate în domeniul eficientizării stațiilor de tratare a apei până în prezent atât la nivel internațional cât și în cele două țări considerate. De asemenea este specificată și principala legislație existentă în domeniul apei la nivel global, european și național. În ciuda interesului tot mai crescut la nivel global în reforma structurii aprovizionării cu apă cât și în eficientizarea procesului de tratare a apei, rezultatele sunt puțin concludente deoarece nu există o dimensiune sau structură optimă a sistemului apei potabile sau a apei uzate.

În ceea ce privește *evaluarea de mediu a procesului de tratare a apei prin intermediul mai multor abordări* prezentată în **Capitolul 2** a lucrării de față s-a realizat o analiză asupra a trei metode de evaluare de mediu acestea fiind Metodologia Evaluării externalităților (ExternE), Analiza frontierei stochastice -Stochastic Frontier Analysis -SFA și Metodologia înfășurării datelor – DEA. La finalul acestui capitol a fost prezentată Metodologia Amprente de Carbon care a fost utilizată pe parcursul întregului studiu deoarece are capacitatea cea mai potrivită pentru a evalua potențialul de încălzire globală a unei stații de tratare a apei fiind și cea mai practică în studiul de caz analizat în prezenta lucrare. Studiul de caz care face referire la analiza consumului de energie și substanțe chimice utilizate în tratarea apei în stațiile de tratare Barați și SMAT.

Pentru a putea prezenta contribuțiile originale obținute în urma analizei și aplicării Metodologiei de Carbon în cele două stații de tratare a apei, în **Capitolul 3** din prezenta lucrare de cercetare s-au prezentat *aspectele referitoare la procesul de tratarea a apei din cadrul stațiilor de tratare a apei din Bacău, România (Barați) și Torino, Italia (SMAT)*, pentru a afla cantitatea totală a emisiilor de CO<sub>2</sub>eq și de alte gaze cu efect de seră, unde CO<sub>2</sub>eq reflectă potențialul de încălzire globală care corespunde diferitelor tipuri de emisii de seră generate

Pentru ca analiza celor două stații de tratare a apei Barați și SMAT să fie una aplicată s-a avut în vedere câteva aspecte legate de: mărimea/capacitatea stației de tratare a apei, calitatea apei brute, tehnologiile de tratare a apei, capacitatea fiecărei stații de a produce energie regenerabilă. Toate aceste aspecte fiind foarte diferite de la o stație de tratare la alta, prin urmare exista diferențe mari în ceea ce privește consumul de energie și substanțe chimice în cele două stații de tratare a apei.

Aceste aspecte au fost enunțate cu scopul de a stabili o imagine cât mai reală asupra situației existente în fiecare stație de tratare a apei iar rezultatele obținute în urma calculului emisiei de CO<sub>2</sub>eq scot în evidență că o comparație directă nu poate fi făcută între cele două

stații de tratare a apei. Cel mult se poate realiza o analiză pentru fiecare în parte deoarece după cum putem observa, diferențele plecând de la capacitatea stației și terminând cu lungimea rețelei de distribuție, sunt foarte mari. De exemplu atunci când vorbim de lungimea rețelei de distribuție a STA SMAT, aceasta are aprox. 12.483 km iar STA Barați are doar 255,2 km, prin urmare putem analiza și realiza o proporție a calității apei la ieșirea din stații cât și la eficiența energetică și nu neaparat o comparație.

Având în vedere aceste aspecte *aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon în stațiile de tratare a apei Bacau, Torino* prezentată în **Capitolul 4**, presupune o analiză pentru tratarea a **1 m<sup>3</sup> de apă brută** – unitatea funcțională a sistemului. S-a luat în calcul toată cantitatea de energie și substanțe chimice consumate în cadrul proceselor de tratare a apei în cele două stații de la intrarea apei brute în stația de tratare până la punctul în care apa pleacă spre distribuție din rezervorul de înmagazinare.

Metodologia Amprentei de Carbon presupune documentarea și cuantificarea etapelor procesului de tratare a apei care emit în atmosferă o anumită cantitate de gaze cu efect de seră în urma consumului de energie și substanțe chimice. Cu ajutorul acestei metodologii s-au inventariat pe parcursul unui an (anul 2015), energia și reactivii consumați într-o stație de tratare a apei. Acest inventar s-a realizat pentru o apreciere cât mai obiectivă asupra îmbunătățirii procesului de tratare a apei astfel:

- a. descrierea fiecărei stații de tratare a apei și caracterizarea procesului adoptat de fiecare în parte unde s-au inclus toate aspectele care generează impact asupra mediului;
- b. caracterizarea acestor aspecte și influența lor asupra mediului prin factorii de emisie prin care s-a calculat cantitatea de CO<sub>2</sub>eq.

După aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon și după ce s-a calculat cantitatea de CO<sub>2</sub>eq pentru stația de tratare a apei Barați se pot enunța următoarele concluzii:

1. Impactul major generat asupra mediului și contribuția substanțială la generarea de CO<sub>2</sub>eq o are energia electrică consumată, aceasta provenind din sistemul public de alimentare cu energie electrică. Emisiile generate de CO<sub>2</sub>eq în urma consumului de energie din cadrul STA Barați de aproximativ **411.017 kWh/an** este de **185.815,59 kg CO<sub>2</sub>eq/an**. Cantitate ce ar putea fi redusă dacă energia utilizată în stația de tratare a apei ar proveni și din surse regenerabile;

2. În ceea ce privesc substanțele chimice utilizate în procesul de tratare a apei, cea mai mare contribuție în cantitatea de CO<sub>2</sub>eq emisă în atmosferă este sulfatul de aluminiu fiind utilizat zilnic, (aprox. 1 t/zi). În urma utilizării lui se emit în atmosferă aprox. **133.225 kg CO<sub>2</sub> eq/an**, devenind astfel unul dintre factorii definatorii în stabilirea cantității de CO<sub>2</sub>eq emis în atmosferă în urma utilizării substanțelor chimice în procesul de tratare a apei la STA Barați. Acest reactiv având și printre cel mai ridicat factor de emisie de **0,365**;
3. Analiza în ansamblu aplicată procesului de tratare a apei din STA Barați scoate în evidență faptul că pot fi aduse modificări sistemului de tratare a apei pentru a îmbunătăți performanțele de mediu, economice și sociale iar odată cu acestea se poate asigura și sustenabilitatea stației de tratare Bacău;
4. O situație de bună practică care ar trebui să vină în întâmpinarea îmbunătățirii procesului de tratare a apei din cadrul STA Barați ar fi înlocuirea sulfatului de aluminiu cu clorura ferică. Aplicarea acestei schimbări în cadrul procesului de tratare a apei la STA Barați ar reduce atât cantitatea de CO<sub>2</sub>eq generat în atmosferă, sulfatul de aluminiu fiind cel mai mare contribuitor. Pe de altă parte se elimină și riscul apariției efectelor dăunătoare pe care le are această substanță asupra sănătății umane;
5. Valorile obținute pentru STA Barați scot în evidență faptul că au loc foarte multe pierderi de energie, substanțe chimice și apă din cauza infrastructurii învechite a sistemului de distribuție a apei, fiind afectat de: coroziune, îmbătrânirea sistemului de îmbinare a tuburilor, calitatea slabă a execuției de reabilitare etc.;
6. Privind în ansamblu stația de tratare a apei Barați, aceasta tratează un volum de apă aprox. de **12.096.000 m<sup>3</sup>/an** iar în urma procesului de tratare se generează aprox. **367.207,39 kg CO<sub>2</sub>eq**, amprenta de carbon a stației de tratare apei Barați fiind **0,030 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>**, încadrându-se astfel în categoria proceselor cu impact scăzut asupra mediului deoarece se încadrează sub valoarea de **<0,1 kg CO<sub>2</sub>eq/kg**. Dar în viitor se preconizează că această valoare se va modifica odată cu fenomenul de creștere a populației care va pune presiune tot mai mare asupra resurselor de apă de suprafață și subterane. Odată cu această presiune se va modifica și calitatea

apei brute fapt care va conduce la creșterea consumului de energie și materiale folosite în tratarea apei.

Luând în considerare toate aceste aspecte se așteaptă o creștere semnificativă a Amprenteii de Carbon a stațiilor de tratare a apei. Pentru a diminua acest fenomen trebuie să se țină cont de câteva aspecte care pot fi realizate direct în stația de tratarea, făcând referire la STA Barați, putem menționa:

- investiții în instalații cu eficiență energetică ridicată (echipamente de pompare, motoare etc.);
- monitorizarea în timp real a energiei consumate în fiecare treaptă de tratare a apei și a echipamentelor mari pentru a putea permite eficientizarea procesului de tratare a apei acolo unde poate fi intervenit. La momentul actual cantitatea de energie consumată fiind înregistrată și raportată de către furnizorul de energie;
- adaptarea periodică a procedurilor pentru întreținerea echipamentelor din stația de tratare;
- după cum s-a mai specificat și anterior realizarea concretă a unor programe de instruire a personalului din cadrul stației de tratare a apei Barați pentru a atinge gradul de cultură necesar respectării normelor de protecție a mediului și reducerea impactului asupra mediului;
- dimensionarea corectă a echipamentelor în conformitate cu fluxurile de apă tratată, deoarece atunci când a fost proiectată stația există posibilitatea ca unele echipamente să fi fost concepute pentru debite mai mari sau mai mici de apă;
- realizarea unor simulări periodice folosind diferite metode de reducere a consumului de energie electrică și substanțe chimice în funcție de cererea de apă potabilă.

În prezent, încălzirea globală implică, două probleme majore pentru omenire, pe de o parte necesitatea reducerii drastice a emisiilor de gaze cu efect de seră în vederea stabilizării nivelului concentrației acestor gaze în atmosferă care să împiedice influența antropică asupra sistemului climatic și a da posibilitatea ecosistemelor naturale să se adapteze în mod natural, iar pe de altă parte necesitatea adaptării societății la efectele schimbărilor climatice, având în

vedere că aceste efecte sunt deja vizibile și inevitabile datorită inerției sistemului climatic, indiferent de rezultatul acțiunilor de reducere a emisiilor.

În ceea ce privește aplicarea Metodologiei Amprentei de Carbon, analiza și calculul cantității de CO<sub>2</sub>eq emis în atmosferă în urma procesului de tratare a apei din cadrul STA SMAT (aceasta este formată din cele trei linii de tratare PO1, PO2, PO3) s-au urmat aceiași pași ca și în cazul STA Barați în urma cărora se pot formula următoarele concluzii:

1. În cazul STA SMAT o contribuția semnificativă la impactul asupra mediului și asupra cantității de CO<sub>2</sub>eq emis în atmosferă în urma procesului de tratare a apei o are energia consumată pentru tratarea apei, pentru anul 2015 aceasta fiind de aprox. **17.711.617,07 kWh**, în urma consumului acesteia cantitatea de CO<sub>2</sub>eq emisă în atmosferă este de **2.378.362,99 kg CO<sub>2</sub>eq**. O cantitate care clasează procesul de tratare a apei în categoria activităților cu impact redus asupra mediului.

Pe de altă parte, dacă comparăm această cantitate de CO<sub>2</sub>eq cu cea din STA Barați putem constata că diferența este uriașă dar în același timp aceste cantități sunt proporționale cu volumele de apă pe care le tratează. De asemenea trebuie specificat faptul că în cazul STA SMAT o parte din energia consumată provine și din sursele regenerabile ceea ce face cantitatea de CO<sub>2</sub>eq să aibă un impact mai scăzut asupra mediului;

1. Substanțele chimice utilizate în procesul de tratare a apei generează un impact semnificativ sau mai redus, în principal în funcție și de factorul de emisie pe care îl au dar și de cantitatea care este consumată. În acest sens cea mai mare contribuție în cantitatea de CO<sub>2</sub>eq generată în atmosferă o are policlorură de aluminiu, consumul fiind de **2.541.672 kg** care a generat o cantitate de **3.634.590,96 kg CO<sub>2</sub>eq**, de asemenea acest reactiv are și printre cei mai mari factori de emisie de **1,43**. Pe lângă contribuția majoră a utilizării policlorurii de aluminiu, în cazul STA SMAT un alt reactiv care are o importanță crescută în stabilirea cantității de CO<sub>2</sub>eq generat în atmosferă este hipocloritul de sodiu. În anul 2015 a fost consumată o cantitate de **871.680 kg** care a generat în atmosferă o cantitate de **1.230.812,16 kg CO<sub>2</sub>eq**, acest reactiv la rândul său având un factor de emisie ridicat de **1,412**;
2. Analizând în ansamblu stația de tratarea a apei SMAT, aceasta tratează un volum de apă de aprox. **39.799.801,00 m<sup>3</sup>/an** care a produs o cantitate de emisii de **8.452.236,92 kg CO<sub>2</sub>eq**. Amprenta de Carbon a acesteia fiind de **0,212**

**kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>**, astfel se încadrează în categoria proceselor cu impact mediu asupra mediului deoarece nu depășește valoarea de **<1 kg CO<sub>2</sub>eq/kg**;

3. Un factor care influențează tipul și cantitatea de reactivi utilizați în procesul de tratare a apei pot fi variațiile sezoniere și parametri fizico-chimici ai apei brute. Parametrii sunt influențați de calitatea procesului de epurare a apei și la ce nivel se află calitatea acesteia când este deversată în emisar;
4. Un element foarte important ce trebuie specificat este faptul că STA SMAT este certificată ISO 14001:2005 fapt care comparativ cu STA Barați pornește cu un avantaj în a diminua impactul pe care îl are stația de tratare a apei asupra mediului;
5. Un exemplu de bună practică care are loc în STA SMAT, este faptul că s-a înlocuit sulfatul de aluminiu cu clorura ferică, această schimbare din cadrul procesului de tratare a apei diminuează cantitatea de CO<sub>2</sub>eq generat în atmosferă, sulfatul de aluminiu fiind un contribuitor major (cazul STA Barați). Pe de altă parte elimină riscul apariției efectelor dăunătoare pe care le are această substanță asupra sănătății oamenilor dacă este folosită un timp îndelungat.

Pentru a demonstra impactul scăzut asupra mediului a procesului de tratare a apei în **Capitolul 5** s-a realizat la nivel micro, *evaluarea influenței asupra mediului a stațiilor de tratare a apei* pentru anul 2015. S-a specificat că această evaluare de impact este realizată la nivel micro deoarece pentru o evaluare de impact asupra mediului complexă trebuie să se analizeze la scară largă și aprofundată atât pentru perioada de construcție, de execuție a lucrărilor de mentenanță cât și pentru perioada de funcționare a stației de tratare a apei următorii indicatori: sursele potențiale de poluare, impactul potențial asupra fiecărei componente de mediu în parte și măsurile care trebuie aplicate pentru a reduce impactul. De asemenea se poate face recomandarea ca aceasta să fie obiectivul unei lucrări de cercetare viitoare.

Trebuie specificat faptul că activitățile din cadrul proceselor de tratare a apei care au fost analizate în studiul de caz din prezenta lucrare nu constituie surse de impact major sau semnificativ asupra factorilor de mediu sau al altor obiective din zona acestora, dar acest trend va deveni unul crescător din punct de vedere al impactului asupra mediului odată cu creșterea preconizată a populației.

Analiza globală a proceselor de tratare a apei din studiul de caz considerat prezintă impactul asupra factorilor de mediu a proceselor de tratare a apei s-a încadrat în limitele admisibile.

Valorile calculate ( 0,030 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> – STA Barați și 0,212 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> – STA SMAT) ale stațiilor de tratare a apei studiate în prezenta lucrare scot în evidență principali factori care contribuie la creșterea impactului asupra mediului din sectorul apei dar în același timp oferă și o imagine de ansamblu asupra posibilităților de diminuare a impactului asupra mediului prin îmbunătățirea tehnologiilor utilizate în cadrul unei stații de tratare.

Mai mult decât atât, datele stațiilor de tratare a apei din care au fost calculate valorile mai sus menționate au fost furnizate de către **S.C. Compania Regională de Apă Bacău S.A.** pentru STA Barați și de către **Società Metropolitana Acque Torino S.P.A., pentru STA SMAT.**

Evoluția consumului de apă dulce confirmă evoluția umană, astfel dacă la începutul secolului trecut consumul mediu era de doar 240 metrii cubi pe întreaga perioadă a vieții unui individ, în ultimii ani s-a ajuns la un consum aproape triplu, conform standardelor moderne de viață. Criza resurselor de apă este determinată de anumiți factori, printre care putem menționa explozia demografică, procesul rapid de urbanizare care a condus la mari aglomerări populaționale, dar mai ales de necesarul crescut de apă dulce din industrie și agricultură [136].

O specificație majoră care trebuie evidențiată face referire la calitatea apelor de suprafață și subterane care sunt în strânsă legătură cu deversările de ape uzate (menajere și industriale). Sunt studii care demonstrează că o mare parte din apele uzate nu sunt epurate sau sunt insuficient epurate [109, 127].

Cu certitudine, cauza principală, care a determinat curba ascendentă a necesităților și consumului de apă actual, o constituie progresul tehnic, astfel încât industria și agricultura au cea mai mare parte din consumul de apă de pe glob. Criza resurselor de apă dulce și mai ales gestionarea lor eficientă, a devenit printre cele mai importante probleme a lumii contemporane.

Totodată este binecunoscut faptul că acționa în scopul prevenirii poluării factorilor de mediu este mult mai ușor decât a trece la măsuri ameliorative și de remediere ulterioară sau în cel mai rău caz de combatere a poluării mediului.



## VALORIFICAREA CERCETĂRILOR REALIZATE

### A. ARTICOLE ÎN CURS DE PUBLICARE ÎN REVISTE COTATE ISI:

1. **Florina Fabian**, Valentin Nedeff, Narcis Barsan, Mirela Panainte-Lehadus, Emilian Florin Moşnegutu, Paul-Claudiu Cotirlet, Dana Chitimus, Claudia Tomozei, Oana Irimia, *Estimating the Carbon Footprint in water treatment. Case study: the treatment plants from Bacau, Romania and Turin, Italy*. Fresenius Environmental Bulletin and Advances in Food Sciences (FEB Journal), October Issue 2021.

### B. ARTICOLE PUBLICATE ÎN REVISTE COTATE ISI:

1. **Florina Fabian**, Silvia Fiore, Giuseppe Genon, Deborah Panepinto, Valentin Nedeff, Mirela Panainte, *Preliminary evaluation of the environmental impact of Water Treatment process*. - Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ), vol.15, nr.8, 2016.

2. **F Fabian**, V Nedeff, N Birsan, E Mosnegutu, *Energy and Chemicals Consumption Evaluation in Water Treatment Plant A comparative study between Bacau and Turin*.- Revista De Chimie, vol. 70, nr. 3, pp 881-886, 2019.

### C. ARTICOLE PUBLICATE ÎN REVISTE INDEXATE ÎN BAZE DE DATE INTERNAȚIONALE

1. **Florina Fabian**, Valentin Nedeff, Mirela Panainte-Lehadus, Oana Irimia, Silvia Racovita, *Environmental impact of water treatment process. A systematic review of evaluation method*. Journal of Engineering Studies and Research, vol.22, nr.3, pp 34-39, 2016.

2. Laurentiu Tataru, Valentin Nedeff, Narcis Barsan, Mirela Panainte-Lehadus, Emilian Mosnegutu, Dana Chitimus, **Florina Fabian**, *A comparative study between water-gap and air-gap distillation membranes for removal of salts from saline water by desalination method*. - Journal of Engineering Studies and Research, vol.24, nr.2, pp 46-57, 2018.

### D. ARTICOLE SUSȚINUTE LA CONFERINȚE ȘI PUBLICATE ÎN VOLUMELE CONFERINȚELOR:

1. **Florina Fabian**, Valentin Nedeff, Narcis Bârsan, Emilian MOSNEGUȚU, *Energy consumption Assessment in the Water Treatment Process, Bacău City Case Study*. The Annals

of “Dunarea de Jos” University of Galati. Fascicle IX, Metallurgy and Materials Science, vol. 40, nr.3, pp 5-10, 2017.

**- Conferințe internaționale în străinătate:**

**1.** Irimia Oana, Nedeff Valentin, Panainte Lehăduș Mirela, Tomozei Claudia, Țițoacă Alexandra, **Fabian Florina** – *Study regarding the measuring of particulate matter PM2.5 and PM10 in the printing house of “Vasile Alecsandri” University of Bacău*, EE&AE'2015 – VI th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, ENERGY EFFICIENCY AND AGRICULTURAL ENGINEERING, 11 – 12 November 2015, „Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria.

**2.** Barsan, N., Nedeff, V., Chitimus, D., Mosnegutu, E., **Fabian, F.**, *Increasing the wastewater treatment capacity of small sequencing batch reactor treatment plants using sequential operation*, - International Multidisciplinary Scientific GeoConference-SGEM, vol.17, nr.52, pp 523-530, Bulgaria, 2015.

**3.** Oana Irimia, Claudia Tomozei, Valentin Nedeff, Mirela Panainte-Lehadus, Alexandra Dana Chitimus, **Florina Fabian**, *Experimental results regarding the groundwater quality in Bacau city, Romania*, poster, Ecological and Environmental Chemistry (EEC), pp 56, 2017.

**- Conferințe internaționale în țară:**

**1.** **Florina Fabian**, Silvia Fiore, Giuseppe Genon, Deborah Panepinto, Valentin Nedeff, Mirela Panainte - *Preliminary evaluation of the environmental impact of water treatment process*, poster, OPROTEH 2015, Bacau, Romania.

**2.** Plenary presentation at The 12th International Conference OPROTEH, June 2-4, 2016, Bacău: **Florina Fabian**, Valentin Nedeff, Silvia Fiore, Giuseppe Genon, Mirela Panainte, Narcis Bârsan, Oana Irimia, Silvia Racovita - *Environmental impact of water treatment process. a systematic review of evaluation methods*, OPROTEH 2016, Bacau, Romania.

**3.** Racoviță S., Duca G., Gladchi V., Nedeff V., Barsan N., **Fabian F.** - *Evaluation methods for determining the surfactants in aquatic systems*, OPROTEH 2016, Bacau, Romania.

## **E. PARTICIPARE CURSURI/SEMINARII/MODULE DE STUDIU/MODULE DE CERCETARE:**

1. **Florina Fabian**, Silvia Fiore, Giuseppe Genon, Valentin Nedeff, *Studies and research increasing efficiency of water treatment plant in order to reduce environmental impact*, PHD Day, November 2015, Politecnico di Torino, Italia.

2. Managementul proiectelor de cercetare științifică. Universitatea "V. Alecsandri" din Bacău, România octombrie 2014 –februarie 2015.

3. Compatibilită ambientale dei servizi pubblici locali (Compatibilitatea ecologică a serviciilor publice locale), Politehnica din Torino, Italia, martie 2015 – iunie 2015.

4. Ingegneria dei processi biologici (Ingenieria proceselor biologice), Politehnica din Torino, Italia, martie 2015 – iunie 2015.

5. Descrizione modellistica dei meccanismi ambientali nell'ambito dell'LCIA (Life Cycle Impact Assessment) (Descrierea modelării mecanismelor de mediu în contextul evaluării impactului asupra ciclului de viață (LCIA), Politehnica din Torino, Italia, martie 2015 – iunie 2015.

## **F. BURSE DE STUDII DOCTORALE ȘI STAGII DE PREGĂTIRE:**

1. *01 Martie – 01 Octombrie 2015*: Realizarea unui stagiu de plasament Erasmus la Politehnica din Torino, Italia - "Eficientizarea procesului de tratare al apei pentru diferite cerințe"

## **G. REFERATE PREZENTATE:**

1.	<i>Eficientizarea stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe, în vederea reducerii impactului asupra mediului (Mai 2016).</i>
2.	<i>Stabilirea bazei tehnice de cercetare privind eficientizarea stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe, în vederea reducerii impactului asupra mediului (Octombrie 2016)</i>
3.	<i>Rezultate parțiale cu privire la eficientizarea stațiilor de tratare a apei pentru diferite cerințe, în vederea reducerii impactului asupra mediului (Februarie 2017)</i>

## H. EXAMENE SUSȚINUTE:

1.	<i>Modelare fizică și principii privind achiziția și prelucrarea datelor experimentale;</i>
2.	<i>Noțiuni și norme de legislație a drepturilor de proprietate intelectuală și de etică în cercetare;</i>
3.	<i>Modelare matematică și principii privind simularea numerică;</i>
4.	<i>Managementul proiectelor de cercetare științifică;</i>
<b>Proiect de cercetare științifică:</b>	
<i>1. Studii și cercetări privind eficientizarea stațiilor de tratare a apei, în scopul de a reduce impactul asupra mediului. Aplicarea metodologiei Amprente de Carbon și a Externalităților energetice (prezentare Bacău, Octombrie 2015)</i>	
<i>2. Studies and research on increasing the efficiency of water treatment for different requirements (prezentare Torino, Mai 2015)</i>	

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- [1] Administrația Bazinală de Apă Siret, [http://www.rowater.ro/dasiret/Continut% 20Site/ Acasa/Contact.aspx](http://www.rowater.ro/dasiret/Continut%20Site/Acasa/Contact.aspx). (accesat 16.04.2020).
- [2] Administrația Națională “Apele Române”, disponibil la: <https://rowater.ro/despre-noi/legislatie/>, accesat 06.03.2020.
- [3] Administrația Națională de Meteorologie, *Raport anual 2015 - caracterizarea meteorologică a anului 2015 în România*, 2016. Online la: <http://www.meteoromania.ro/despre-noi/raport-anual/raport-anual-2015/>, (accesat în 24.10.2020).
- [4] Adham S.S., J.G. Jacangelo, J.M. Lăiné, *Characteristics and costs of MF and UF plants*, Journal AWWA., 88, pp. 22-31, 1996.
- [5] Agenția Europeană de Mediu, pagina web: [http://www.eea.europa.eu/ro.](http://www.eea.europa.eu/ro/) (accesat 06.06.2020).
- [6] Allan J.A., *Virtual water: a strategic resource global solutions to regional deficits Ground Water*, 36 (4), pp. 545-546, 1998.
- [7] American Water Works Association. *Water Reuse*: Disponibil la: <https://www.awwa.org/Store/NSFAWWAANSI-416-2015-Sustainability-Assessment-for-Water-Treatment-Chemical-Products/ProductDetail/54129011> , (accesat la 24.06.2020).
- [8] Andrews, J.; Hobson, J.; Hunt, D., Shepherd D., *Carbon Accounting Methodology*., UKWIR Draft Rept, 2008.
- [9] Articol disponibil la: <https://www.oxera.com/italian-water-sector-investment-in-infrastructure/>, (accesat 06.03.2020).
- [10] Asociația Română a apei, *Strategia de Dezvoltare Durabilă a Serviciilor Publice de Alimentare cu Apă și Canalizare “România 2025”*, București, 2018.
- [11] Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei (ANRE). *Raport privind rezultatele monitorizării pieței de energie electrică în luna decembrie 2016*. Online la: <http://www.anre.ro/ro/energie-electrica/rapoarte/rezultate-monitorizare-piata-energie-electrica/20161467098100>, (accesat în 09.05.2020).
- [12] Bakhshi A.A., de Monsabert, S.M., *Estimating the carbon footprint of the municipal water cycle*, Journal - American Water Works Association, 104(5), E337-E347, 2012.
- [13] Barrios R., Siebel M., Helm A., Bosklopper K., Gijzen H., *Environmental and financial life cycle impact assessment of drinking water production at Waternet*, Journal of Cleaner Production, Amsterdam, Netherlands, vol. 16, p 471-476, 2008.
- [14] Barjoveanu G., Comandaru I.M., Gonzalo R.G., Hospido A., Teodosiu C., *Evaluation of water services system through LCA. A case study for Iasi City, Romania*, The International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 10, 2013.

[15] Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. & Palutikof, J. P., *Climate Change and Water. Technical Paper VI of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland, 2008.

[16] *Baza de date ecoinvent*, disponibilă la: <https://v36.ecoquery.ecoinvent.org/Search/Index>, (accesat 22.02.2017).

[17] *Baza de date LCA Australiană*, disponibilă la: <https://www.alcas.asn.au/>, (accesat 23.08.2016).

[18] Bazilian M, H. Rogner, M. Howells, S. Hermann, D. Arent, D. Gielen, et al. *Considering the energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach*, Energy Policy, vol.39, 2011, p 7896-7906.

[19] Bickel P., Friedrich R., *Externalities of Energy, Methodology, Update, European Commission, Stuttgart, Germany, 2005.* Available at: [http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/kina\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/kina_en.pdf) (accessed on 07/8/2015).

[20] Biswas W.K., Yek, P., *Improving the carbon footprint of water treatment with renewable energy: a Western Australian case study*, Renewables: Wind, Water, and Solar, 3:14, 2016.

[21] Bonton A., Bouchard C., Barbeau B., Jedrzejak S., *Comparative life cycle assessment of water treatment plants, Desalination*, p 42-45, 2012.

[22] Boscá J. E, V. Liern, R. Sala, A. Martíñez, *Ranking decision making units by means of soft computing DEA models*, Int. J. Uncertainty, Fuzziness Knowledge-Based Syst., 19 (1) pp. 115-134, 2011.

[23] Botto S., Niccolucci V., Rugani B., Nicolardi V., Bastianoni S., Gaggi C., *Towards lower carbon footprint patterns of consumption: The case of drinking water in Italy*, Environmental Science&Policy, vol.14, p 388-395, 2011.

[24] Braga F., L.Zaggia, D.Bellafiore, M.Bresciani, C.Giardino, G.Lorenzetti, F.Maicu, C.Manzo, F.Riminucci, M.Ravaioli, V.E.Brande, *Mapping turbidity patterns in the Po river prodelta using multi-temporal Landsat 8 imagery*, Estuarine, Coastal and Shelf Science, vol. 198, Part B, pp.555-567, 0272-7714, 2017.

[25] BSI, *The guide to PAS 2050*, 2011, disponibil la: <https://www.bsigroup.com/en-GB/our-services/developing-new-standards/Develop-a-PAS/pas-20502011-guide-thank-you-for-your-interest/>, (accesat 15.01.2016).

[26] Bukhary S., J. Batista, S. Ahmad, *Water -energy -carbon nexus approach for sustainable large-scale drinking water treatment operation*, Journal of Hydrology, vol. 587, 124953, ISSN 0022-1694, 2020.

[27] *Carta Drepturilor Fundamentale a Uniunii Europene*, Disponibil la: [http://europa.eu/pol/pdf/consolidated-treaties\\_ro.pdf](http://europa.eu/pol/pdf/consolidated-treaties_ro.pdf), (accesat 06.03.2020).

[28] Charnes A., W.W. Cooper, *Programming with linear fractional functionals*, Naval Research Logistics Quarterly, vol. 9, pp. 181-185, 1962.

[29] Charnes A., W.W. Cooper, E. Rhodes, *Measuring the efficiency of decision making units*, European Journal of Operational Research, vol. 2, pp. 429-444, 1978.

- [30] Chemviron, a Kuraray company, disponibil la: <https://www.chemviron.eu/> (accesat 23.04.2017).
- [31] Cheng Qi, Ni-Bin Chang., *Integrated carbon footprint and cost evaluation of a drinking water infrastructure system for screening expansion alternatives*, Journal of Cleaner Production, vol. 27, p 51- 63, 2012.
- [32] Chen P-C, Alvarado V, Hsu S-C., *Water energy nexus in city and hinterlands: Multiregional physical input-output analysis for Hong Kong and South China*. Appl Energy, 225:986–97, 2018.
- [33] Chiara Armeni, *The Right To Water In Italy*, International Environmental Law Research Centre, 2008, disponibil la: <http://www.ielrc.org/content/f0801.pdf>, (accesat 06.03.2020).
- [34] Ciolpan O., *Monitoring-ul integrat al sistemelor ecologice*. Ed. Ars Docendi, București, ISBN 973-558-191-4, 2005.
- [35] Climate Change Post, <https://www.climatechangepost.com/italy/references/>, (accesat 15.06.2020).
- [36] Comisia Europeana, *Raport de sinteză privind calitatea apei potabile în UE de analiză a rapoartelor statelor membre pentru perioada 2008-2010 în temeiul Directivei 98/83/CE*, Bruxelles, 2014.
- [37] Connor, Richard, Koncagül, Engin, *The United Nations world water development report 2014*, UNESCO World Water Assessment Programme, 2014.
- [38] *Constituția României*, (1991, revizuită 2003).
- [39] Cooper W.W, L.M. Seiford, K. Tone, *Data Envelopment Analysis*, Springer, New York, 2007.
- [40] CSIRO. *Climate change: science and solution for Australia*. Australia: CSIRO Publishing; 2011.
- [41] Cunningham W., & Saigo, B., *Environmental science: A global concern*. Massachussets: McGraw Hill Publishing, Boston, 2001.
- [42] Curs despre: *Schimbările climatice și efectele acestora asupra solului. Activități economice care generează emisii de gaze cu efect de seră*, p 1-5, 2010. Disponibil la: <http://www.eco-research.eu/CURS%2010%20ECO.pdf> , (accesat 17/10/2019).
- [43] Dávid Stefán, Norbert Erdélyi, Bálint Izsák, Gyula Zárar, Márta Vargha, *Formation of chlorination by-products in drinking water treatment plants using breakpoint chlorination*, Microchemical Journal, vol. 149, 104008, ISSN 0026-265X, 2019.
- [44] DEFRA, *Greenhouse gas conversion factors for company reporting: 2012 guidelines*, 2019, disponibil la: <https://www.gov.uk/government/publications/2012-greenhouse-gas-conversion-factors-for-company-reporting>, (accesat 15.01.2020).
- [45] Directiva 2003/87CE privind monitorizarea și raportarea emisiilor de gaze cu efect de seră a Parlamentului European și a Consiliului.

- [46] Drinking Water Inspectorate, *Private Water Supply Chemical Disinfection Systems*, 2015. Disponibil la: <http://dwi.defra.gov.uk/research/completed-research/2015todate.htm>, (accesat la 17.09.2017).
- [47] East, A. J., What is a carbon footprint? An overview of definitions and methodologies. In *Vegetable industry carbon footprint scoping study—Discussion papers and workshop*, Sydney: Horticulture Australia Limited, 26 September 2008.
- [48] EEA. *Water resources across Europe: Confronting water scarcity and drought*. European Environment Agency (EEA); 2009.
- [49] Environmental Protection Agency, Local Government Climate And Energy Strategy Guides, *Energy Efficiency in Water and Wastewater Facilities*, disponibil la: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/wastewater-guide.pdf>, 2013.
- [50] Environmental Protection Bacau Agency, *The Environment Agreement for the construction of water treatment plant Bacau*, Bacau, 2007.
- [51] European Commission 'Water scarcity and droughts in the European Union', August 2010. disponibil la: [http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/water\\_scarcity/it.pdf](http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/water_scarcity/it.pdf), (accesat 27/11/2019).
- [52] European Drought Observatory (EDO). *Emergency Management Service*: Disponibil la: <https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1138>, (accesat la 10.05 2016).
- [53] Fabian F., Nedeff V., Panainte-Lehadus M., Irimia O., Racovita S., *Environmental impact of water treatment process. A systematic review of evaluation method*, JESR, vol. 22, nr. 3, 2016.
- [54] Farrell M., *The Measurement of Productive Efficiency*, J. Royal Stat. Soc., Serie A 120 (3), 1957.
- [55] Federal Water Pollution Control Administration, *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*, United States Environmental Protection Agency, 1969. Online la: <https://nepis.epa.gov.com>, (accesat în 23.10.2020).
- [56] Feng K., Y.L. Siu, D. Guan, K. Hubacek, *Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach*, Applied Geography, vol. 32, 2, pp 691-701, 2012.
- [57] Fistung D., Miroiu R., Popescu T., Antonescu D., *Premisele dezvoltării durabile a regiunilor din România*, Centrul de Economie a Industriei și Serviciilor, Noiembrie 2017.
- [58] Flaten T. P., *Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water*. Brain Research Bulletin, v. 55, n. 2, p. 187-196, 2001.
- [59] Gleick P.H., *Water and energy*, Annu Rev Energy Environ, 19, pp. 267-299, 1994.
- [60] Golany B., Y. Roll, *An application procedure for DEA.*, OMEGA, 17 (3), pp. 237-250, 1989.



- [61] Gormaz-Cuevas D., J. Riffo-Rivas, L. Montastruc, M. Brüning-González, F.A. Díaz-Alvarado, *A multi-objective optimization model to plan city-scale water systems with economic and environmental objectives: A case study in Santiago, Chile*, Journal of Cleaner Production, vol. 279, ISSN 0959-6526, 2021.
- [62] Griffiths-Sattenspiel, B., Wilson, W., *The carbon footprint of water*, River Network, 2009, Disponibil la: <http://www.solaripedia.com/files/1332.pdf>, 2012, (accesat 20.10.2020).
- [63] Guo T., J.D. Englehardt, T. Wu, *Review of cost versus scale: water and wastewater treatment and reuse processes*, Water Sci. Technol-a journal of the International Association on Water Pollution Research, 69 (2), pp. 223-234, 2014.
- [64] Hernández-Sancho F., R. Sala-Garrido, *Technical efficiency and cost analysis in wastewater treatment processes: A DEA approach*, Desalination, vol 249,(1), pp 230-234, 2009.
- [65] IEA, *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion, highlights*, 2011, disponibil la: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21589332>, (accesat 15.01.2020).
- [66] IEA, World Energy Outlook, Paris, France: International Energy Agency, 2008.
- [67] Igos E., Benetto E., Baudin I., Tiruta-Barna L., Mery Y., Arbault D., *Cost-performance indicator for comparative environmental assessment of water treatment plants*, Science of the Total Environment, vol. 443, p 367-374, 2013.
- [68] INS – Institutul National de Statistică, Distribuția apei și evacuarea apelor uzate, în anul 2017. Disponibil la: <https://insse.ro/>, (accesat la 15.12.2019).
- [69] Istituto Nazionale di Statistica, <https://www.istat.it/en/>, (accesat 19.02.2019).
- [70] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate change 2014- Impacts, Adaptation, and Vulnerability*: Cambridge University Press and New York, 2014.
- [71] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate change - Impacts, and Vulnerability in Europe 2016*: European Environment Agency, Luxemburg, 2017.
- [72] International Water Association. Link available at: <https://iwa-network.org/how-can-more-water-treatment-cut-co2-emissions/> (accesat 01.07.2020).
- [73] Ives K.J., *The Scientific Basis of Flocculation*, Springer, Netherlands, 1978.
- [74] James D. Klein PhD Rita C. Richey PhD, *Improving individual and organizational performance: The case for international standards*, Perf. Improv., vol 44, ISSN1090-8811, 2005.
- [75] Jayanath Ananda, *Explaining the environmental efficiency of drinking water and wastewater utilities*, Sustainable Production and Consumption, vol. 17, pp 188-195, 2019.
- [76] Jayanath Ananda, *Productivity implications of the water-energy-emissions nexus: An empirical analysis of the drinking water and wastewater sector*, Journal of Cleaner Production, vol.196, pp1097-1105, 2018.

- [77] Kang, J.; Chae, K. J. *Estimating the energy independence of a municipal wastewater treatment plant incorporating green energy resources*. *Energy Conversion and Management*, v. 75, p. 664-672, 2013.
- [78] Kenway S. J., P. A. Lant, A. Priestley, P. Daniels; *The connection between water and energy in cities: a review*. *Water Sci Technol*, 63 (9): 1983–1990, 2011.
- [79] Kleiner, K., *The corporate race to cut carbon*. *Nature*, 3, 40–43, 2007.
- [80] Kluwer Academic Publishers, *'Handbook on Life Cycle Assessment'*, United States of America, vol.7, 2002.
- [81] Kundzewicz Z. W., Mata, L. J., Arnell, N. W., Döll, P., Kabat, P., Jiménez, B., Miller, K. A., Oki, T., Sen, Z. & Shiklomanov, I. A., *Freshwater resources and their management*. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 173–210, Cambridge University Press, Cambridge, UK 2007.
- [82] Lemos D., Dias A.C., Gabarrell X., Arroja L., *Environmental assessment of an urban water system*, *Journal of Cleaner Production*, vol. 54, 2013, p 157-165.
- [83] Levihn F., *CO2 emissions accounting: Whether, how, and when different allocation methods should be used*, *Energy*, 68, 811-818, 2012.
- [84] Lingbo Yang, Siyu Zeng, Jining Chen, Miao He, Wan Yang; *Operational energy performance assessment system of municipal wastewater treatment plants*. *Water Sci Technol*, 62 (6): 1361–1370, 2010.
- [85] Loftus, A., *Adapting urban water systems to climate change: A handbook for decision-makers and the local level*. ICLEI, UNESCOIHE and IWA, 2011.
- [86] Lo Monaco, P. A. V.; Matos, A. T.; Ribeiro, I. C. A.; Nascimento, F. S.; Sarmiento, A. P., *Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias*. *Ambi-Água*, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 222-231, 2010.
- [87] Lundie S., Peters G., Beavis C., *Life Cycle Assessment for Sustainable Metropolitan Water Systems Planning*, *Environmental Science & Technology*, vol. 38, 2004, p 3465-3473.
- [88] Maria Nadia Postorino, Luca Mantecchini, *A transport carbon footprint methodology to assess airport carbon emissions*, *Journal of Air Transport Management*, vol. 37, pp 76-86, ISSN 0969-6997, 2014.
- [89] Marín D., Juncà, S., Massagué, A., Cortina, J.L., Fonseca, I., Valero, F., *Impacts on climate change of three drinking water treatment plants supplying Barcelona Metropolitan Area*, *Proceedings of the IWA Water, Climate and Energy Congress*, 13-18 May 2012, Dublin, Ireland, 2012.
- [90] Massarutto A., Musolino D., *Drought management in a wide, densely populated and highly developed area, Po River Basin, Italy*, University Milano, 2010.
- [91] Maximilian Schueler, Sissel Hansen, Hans Marten Paulsen, *Discrimination of milk carbon footprints from different dairy farms when using IPCC Tier 1 methodology for*

*calculation of GHG emissions from managed soils*, Journal of Cleaner Production, vol. 177, pp 899-907, ISSN 0959-6526, 2018.

[92] Mășu Smaranda, *Evaluarea și aplicarea procedurii de coagulare avansată la tratarea apelor de suprafață în scop potabil*. Diss. Timișoara: Editura Politehnica, 2010.

[93] McCarthy J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D., & White, K.S., *Climate change 2001: Impacts, adaptations, and vulnerability*. Cambridge, UK:Cambridge University Press, 2001.

[94] McGivney W., S. Kawamura, *Cost Estimating Manual for Water Treatment Facilities*, 9780470260036, Wiley, 2008.

[95] Merenda A., Rovero G., *Applicazione della metodologia Carbon Footprint agli impianti di potabilizzazione*, Torino, Italy 2012.

[96] Ministerul Mediului și Pădurilor, *Ordinul nr. 135/2010 privind aprobarea Metodologiei de aplicare a evaluării impactului asupra mediului pentru proiecte publice și private*, 2010.

[97] Miranda R., *Analysis of the investment costs in municipal wastewater treatment plants in Cundinamarca*, vol.192, pp. 230-238, 2015.

[98] Mohan G. and Ardelean A., *Ecologie și protecția mediului*. Ed. Scaiul, București, 1993.

[99] Molinos-Senante M., C. Guzmán, *Benchmarking energy efficiency in drinking water treatment plants: Quantification of potential savings*, J. Clean. Prod., 176, pp. 417-425, 2018.

[100] Monaledi Modiegi, Isaac T. Rampedi, Solomon G. Tesfamichael, *Comparison of multi-source satellite data for quantifying water quality parameters in a mining environment*, Journal of Hydrology, vol. 591, 125322, ISSN 0022-1694, 2020.

[101] Muraro G., Clini C., Musu I., Gullino M.L., *Water Services and Water Policy in Italy*, Sustainable Development and Environmental Management. Springer, Dordrecht., 2008.

[102] Orive Serrano, V., Latorre Martinez, P., Artero Munoz, J.P., *Measuring the technical efficiency of public service broadcasters: An application of DEA in Spain*, Revista De Metodos Cuantitativos Para La Economía Y La Empresa, 21, 1886-516X, Spania, 2016.

[103] Pankaj B., Brown A., World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development, *Greenhouse Gas Protocol, Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*, vol 1, 2011, p.18,20, 84.

[104] Pei-Chiun Li, Hwong-wen Ma, *Evaluating the environmental impacts of the water-energy-food nexus with a life-cycle approach*, Resources, Conservation and Recycling, vol.157, 2020.

[105] Pena, H.. *Social equity and integrated water resources management*.Global Water Partnership (GWP), Technical Committee (TEC), Background Paper No 15. Global Water Partnership, Stockholm, 2011.

[106] Piao S, Ciais P, Huang Y, Shen Z, Peng S, Li J, et al. *The impacts of climate change on water resources and agriculture in China*. Nature, 467, (7311):43–51, 2010.

- [107] Plappally A.K., J.H. Lienhard V, *Energy requirements for water production, treatment, end use, reclamation, and disposal*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, 7, pp 4818-4848, 1364-0321, 2012.
- [108] Presura E., Robescu L., *Energy use and carbon footprint for potable water and wastewater treatment*, University POLITEHNICA of Bucharest, Romania, International Conference on Business Excellence, vol. 1, issue 1, ISSN: 2558 – 9652, 2017.
- [109] Proiect de reglementare tehnică, *Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare a localităților*. Indicativ NP 133–2011, disponibil la:<http://novainstal.ro/tratarea-apei-potabile/> (accesat 30/11/2016).
- [110] Prouty, C. și Zhang, Q., *How do people’s perceptions of water quality influence the life cycle environmental impacts of drinking water in Uganda?*, Conservation and Recycling. 109, 24–33., 2016.
- [111] *Raport tratarea apei*, 2014, disponibil la:<http://novainstal.ro/tratarea-apei-potabile.pdf> (accesat 30/03/2020).
- [112] Reffold E., Leighton, F., Choudhury, F., Rayner , P.S., *Greenhouse gas emissions of water supply and demand management options*, Science Report – SC070010, Environment Agency, 2008.
- [113] Roessler, W.G., and C.R. Brewer.. *Permanent turbidity standards*. *Appl. Microbiol.*, 15:1114–112, 1967.
- [114] Rojanschi V., Ocnean T., *Cartea operatorului din stații de tratare și epurare a apelor*, Edit. Tehnică, București 1989.
- [115] Sala-Garrido R., M. Molinos-Senante, *Benchmarking energy efficiency of water treatment plants: Effects of data variability*, Science of The Total Environment, vol 701, 2020.
- [116] Sergio Zubelzu, Roberto Álvarez, Adolfo Hernández, *Methodology to calculate the carbon footprint of household land use in the urban planning stage*, Land Use Policy, vol. 48, pp 223-235, ISSN 0264-8377, 2015
- [117] Sergio Zubelzu, Roberto Álvarez, *Urban planning and industry in Spain: A novel methodology for calculating industrial carbon footprints*, Energy Policy, vol. 83, pp 57-68, ISSN 0301-4215, 2015.
- [118] Shrestha E., Sajjad A., Johnson W., Batista J.R., *The carbon footprint of water management policy options*, Energy Policy, vol. 42, 2012, p 201–212.
- [119] Site oficial “La Società SMAT S.p.A”: disponibil la: <https://www.smatorino.it/>, (accesat 29.05.2017).
- [120] SMAT- Società Metropolitana d’Acque Torino, *Raport de sustenabilitate*, 2015. Disponibil la: [http://www.smatorino.it/documenti/area\\_istituzionale/SMAT-Bilancio-sost-2015.pdf](http://www.smatorino.it/documenti/area_istituzionale/SMAT-Bilancio-sost-2015.pdf), (accesat 30/11/2017).

- [121] SMAT- Società Metropolitana d'Acque Torino, *Raport de sustenabilitate*, 2017. Disponibil la: <https://www.smatorino.it/wp-content/uploads/2018/09/BILANCIO-SOSTENIBILITA - 2017- copertina-sostituuta-1.pdf> , (accesat la 27.11.2019).
- [122] Snip L.J.P., *Thesis Systems and Control, Quantifying the greenhouse gas emissions of wastewater treatment plants*, Wageningen the Netherlands, 2009.
- [123] Song M., Q. An, W. Zhang, Z. Wang, J. Wu, *Environmental efficiency evaluation based on data envelopment analysis: A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.16, 7, pp. 4465-4469, ISSN 1364-0321, 2012.
- [124] Standard de calitate a apei ISO 9297:2001, *Calitatea apei. Determinarea conținutului de cloruri. Titrare cu azotat de argint utilizând cromatul ca indicator (Metoda Mohr)*, 2001.
- [125] Standard standard de calitate a apei: SR EN ISO 10523:2012, *Calitatea apei. Determinarea pH-ului*, 2012.
- [126] Strutt J., Wilson S., Shorney-Darby H., Byers A., *Assessing the Carbon Footprint of Water Production*. Journal American Water Works Association - J AMER WATER WORK ASSN. 100. 80-91. 10.1002/j., 2008.
- [127] Toma P.D., *Consideratii privind exploatarea statiilor de tratare a apei*, Ecoterra – „Journal of Environmental – Research and Protection, nr.32, 2012.
- [128] Trîmbițașu E., *Fizico chimia mediului. Factorii de mediu și poluanții lor*. Ed. Universității din Ploiești, Ploiești, 2002.
- [129] Tukki O. H., Barminas, J. T., Osemeahon, S. A., Onwuka, J. C., Donatus, R. A., *Adsorption of colloidal particles of Moringa oleifera seeds on clay for water treatment applications*, Journal of Water Supply: Reseach and Technololy-AQUA, 61, 75-86, 2016.
- [130] Țările latine și mediul: <https://dialogochino.net/en/climate-energy/18534-an-environmental-agenda-for-brazil-and-china/>. (accesat 18.02.2020).
- [131] United Nations Economic Commission For Europe, “Transboundary flood risk management: experiences from the UNECE region”, New York and Geneva 2009. Disponibil la: [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/publications/oes/Transboundary\\_Flood\\_Risk\\_Management\\_Final.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/publications/oes/Transboundary_Flood_Risk_Management_Final.pdf), (accesat la 15.10.2015).
- [132] United Nations Framework Convention on Climate Change, *Kyoto Protocol Reference Manual. United Nations Framework Convention on Climate Change*, Available at: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol](http://unfccc.int/kyoto_protocol), in English 2008.
- [133] *United States Environmental Protection Agency*, disponibil la: <https://www.epa.gov/water-research/small-drinking-water-systems-research>, (accesat la 17.06.2017).
- [134] United States of America Protection Agency, ‘ Life Cycle Impact Assessment’. Available at: <http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/pdfs/chapter4lca101.pdf>, (accessed on 05/8/2015).

- [135] USGS. *Estimated use of water in the United States in 2010*, United States Geologic Survey (USGS); 2010.
- [136] Venkatesh G., Bratteb H., *Energy consumption, costs and environmental impacts for urban water cycle services: Case study of Oslo (Norway)*, Energy, vol. 36, p 792-800, 2011.
- [137] VILANOVA, Mateus R. N., BALESTIERI, José A. P., *Exploring the water-energy nexus in Brazil: The electricity use for water supply*. Energy, v. 85, p. 415-432, 2015.
- [138] Vitaly Gitis, Nicholas Hankins, *Water treatment chemicals: Trends and challenges*, Journal of Water Process Engineering, vol. 25, pp. 34-38, ISSN 2214-7144, 2018.
- [139] Yang Y., Ok Y. S., Kim K.-H., Kwon E. E., Tsang Y. F, *Occurrences and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water and water/sewage treatment plants: A review*, Science of The Total Environment, 596-597, 303–320. doi:10.1016/j.scitotenv.04.102, 2017.
- [140] WABAG Company, *Annual report 2015-2016* , No.17, disponibil la: <http://www.wabagindia.com/documents/report/1WABAG%20AR%20with%20notice.pdf>, (accesat 30.11.2019).
- [141] Wackernagel, M., Rees, W. E., *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*, Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [142] Wade D., Cook, K. Tone, Joe Zhu, *Data envelopment analysis: Prior to choosing a model*, Omega, vol. 44, pp.1-4, 2014.
- [143] Wade D. Cook, Larry M. Seiford, *Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on*, European Journal of Operational Research, vol.192, 1, pp.1-17, ISSN 0377-2217, 2009.
- [144] Wahidul K. Biswas, Pauline Yek, *Improving the carbon footprint of water treatment with renewable energy: a Western Australian case study*, Biswas and Yek, Renewables 3:14, DOI 10.1186/s40807-016-0036-2, 2016.
- [145] Wakeel M., B. Chen, T. Hayat, A. Alsaedi, B. Ahmad, *Energy consumption for water use cycles in different countries: A review*, Applied Energy, vol. 178, pp. 868-885, 2016.
- [146] Watertech Online, 2001. Disponibil la: <https://www.watertechusa.com/potable-water-treatment>, (accesat 03.10.2017).
- [147] Weidema B.P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J. and Løkke, S., *Carbon Footprint*, Journal of Industrial Ecology, 12: 3-6, 2008.
- [148] Whitehead G., R. L. WILBY , R. W. BATTARBEE , M. KERNAN & A. J. WADE, *A review of the potential impacts of climate change on surface water quality*, Hydrological Sciences Journal, 54:1, 101-123, 2009. Disponibil la: <https://doi.org/10.1623/hysj.54.1.101>, (accesat la 10.05.2016).
- [149] World Health Organization, *Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum*, ISBN: 978-92-4-154995-0, 2017.
- [150] World Map. Disponibil la: [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps), (accesat la 29.05.2018).

[151] World Water Assessment Programme, *UN World Water Development Report 2019: Leaving no one behind; Paris, UNESCO and London, Earthscan*, 2019. (based on United Nations 2006, World Urbanisation Prospects: The 2005 Revision. New York:Population Division, department of Economic and Social Affairs, United Nations. Disponibil la <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>), (accesat 18.05.2020).

[152] Zoran Miodrag, Jan Kaffka, Uwe Clausen, Lars Munsel, Stefan Drost, *Assessment of Emissions Caused by Logistics Handling Operations in Multimodal-terminals*, *Transportation Research Procedia*, vol. 14, pp 2754 – 2761, ISSN 2352-1465, 2016.