

# **CONTRIBUȚII PRIVIND RETEHNOLOGIZAREA FLUXULUI DE POTABILIZARE A APEI DE SUPRAFAȚĂ CARACTERIZATĂ PRIN TURBIDITATE MICĂ**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea "Politehnica" din Timișoara  
în domeniul INGINERIE CHIMICĂ  
de către

**Ing. ILIE PISOI**

Conducător științific:  
Referenți științifici:

Prof.univ.dr.ing. Georgeta BURTICĂ  
Prof.univ.dr.ing. Cristina COSTACHE  
Dr.fiz.CSI. Ioan GROZESCU  
Conf.univ.dr.ing. Florica MANEA

Ziua susținerii tezei: 10.11.2011

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Automatică                               | 8. Inginerie Industrială                   |
| 2. Chimie                                   | 9. Inginerie Mecanică                      |
| 3. Energetică                               | 10. Știința Calculatoarelor                |
| 4. Ingineria Chimică                        | 11. Știința și Ingineria Materialelor      |
| 5. Inginerie Civilă                         | 12. Ingineria sistemelor                   |
| 6. Inginerie Electrică                      | 13. Inginerie energetică                   |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 14. Calculatoare și tehnologia informației |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2011

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Pisoi, Ilie

**Contribuții privind re tehnologizarea fluxului de potabilizare a apei de suprafață caracterizată prin turbiditate mică**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 4 , Nr. 53, Editura Politehnica, 2011, 152 pagini, 89 figuri, 27 tabele.

ISSN:1842-8223

ISBN:978-606-554-377-5

Cuvinte cheie: coagulare-floculare, flotația

**Rezumat:**

Scopul prezentului studiu îl reprezintă îmbunătățirea tehnologiei de potabilizare a apei de suprafață provenită din Dunăre, o tehnologie convențională care se bazează pe coagulare-sedimentare utilizând sulfatul de aluminiu (SA) ca agent de coagulare, prin înlocuirea/introducerea unor etape care să permită obținerea unei ape potabile care să nu prezinte riscuri de neconformări și de influență negativă asupra sănătății umane. Rezultatele programului de monitorizare a caracteristicilor de calitate ale apei brute de Dunăre, au evidențiat neconformități privind calitatea apei potabile în special în perioadele caracterizate prin temperaturi scăzute, constatandu-se depășiri ale concentrației maxime admisibile pentru turbiditate și mai ales pentru aluminiu dizolvat rezidual din apa potabilă. Studiul experimental la scară de laborator a permis selectarea unui agent de coagulare prehidrolizat precum și optimizarea condițiilor de operare a procesului de coagulare în vederea introducerii unitații de coagulare utilizand policlorura bazică de aluminiu(PAC)-flotație pentru obținerea unei ape potabile de calitate superioară valorilor normativelor legislative în vigoare atât la nivel national cât și european. Monitorizarea comparativă a calității apei potabile rezultată din cele două fluxuri tehnologice, convențional și nou introdus și propus reclamă superioritatea PAC ca agent de coagulare și a etapei de flotație și-l recomandă pentru aplicațiile industriale de potabilizare. Rezultatele de monitorizare operațională și de supraveghere a calității apei tratate validează utilitatea practică a acestei tehnologii nou propusă și implementată pentru potabilizarea apei în condițiile utilizării apei de suprafață cu încărcare mică și medie.

## Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul societății de potabilizare și distribuție a apei potabile în municipiul Drobeta-Turnu-Severin.

Doresc să aduc sincere mulțumiri conducătorului științific, doamnei **Prof. dr. ing. Georgeta BURTICĂ**, pentru încrederea acordată și atenta îndrumare manifestată pe parcursul stagiului de doctorat.

Cele mai alese gânduri de recunoștință și mulțumire se îndreaptă spre doamna **Conf. dr. ing. Florica MANEA**, pentru altruismul și răbdarea pe care le-a manifestat pe tot parcursul perioadei de pregătire a tezei de doctorat.

Mulțumesc doamnei **Prof.dr.ing. Rodica PODE** care cu răbdare și profesionalism a încurajat permanent conținutul științific al cercetării mele.

Mulțumesc familiei mele pentru dragostea cu care mă înconjoară, pentru sprijinul constant și înțelegere, pentru că au fost "realiști și au făcut imposibilul" ori de câte ori a fost nevoie.

Și nu în ultimul rând vreau să mulțumesc soției mele, **Eleonora PISOI**, fiicelor mele **Otilia și Mădălina PISOI** pentru susținerea, înțelegerea pe care mi le-au acordat în perioada de pregătire a tezei de doctorat.

Timișoara, noiembrie 2011

Ing. Ilie PISOI

## CUPRINS

|  |    |
|--|----|
| Notații, abrevieri, acronime. ....   | 7  |
| Lista de tabele. ....  | 8  |
| Lista de figuri. ....  | 10 |
| Introducere. ....  | 14 |
| 1. Considerații generale privind sursele de apă utilizate în tehnologia de potabilizare a apei. .... | 16 |
| 1.1. Importanța apei în natură. ....   | 16 |
| 1.2. Principalele surse de apă din natură. ....  | 17 |
| 1.2.1. Surse de apă subterană. ....  | 17 |
| 1.2.2. Surse de apă de suprafață. ....   | 18 |
| 1.3. Condițiile de calitate impuse apei potabile. ....   | 21 |
| 1.4. Calitatea apei potabile și efectele poluanților asupra stării de sănătate a populației. ....    | 25 |
| 1.4.1. Aluminiul (Al) din apă. ....  | 26 |
| 1.4.2. Fluorul (F). ....   | 27 |
| 1.4.3. Plumbul (Pb) ....   | 27 |
| 1.4.4. Arsenul (As). ....  | 28 |
| 1.4.5. Manganul (Mn). ....   | 28 |
| 1.4.6. Fierul (Fe). ....   | 29 |
| 1.4.7. Amoniacul (NH <sub>3</sub> ). ....  | 29 |
| 1.4.8. Azotii (nitriții). ....   | 29 |
| 1.4.9. Turbiditatea apei. ....   | 30 |
| 1.4.10. Temperatura apei. ....   | 30 |
| 1.4.11. Trihalometani (THM). ....  | 30 |
| 1.4.12. Hidrocarburile aromatice policiclice (HAP). ....   | 31 |
| 2. Tehnologii de potabilizare a apei. ....   | 32 |
| 2.1. Generalități. ....  | 32 |
| 2.2. Tehnologii de tratare a apei provenită din surse subterane. ....                                | 33 |
| 2.2.1. Procese tehnologice de tratare pentru apele subterane aerobe. ....                            | 33 |
| 2.2.2. Procese tehnologice de tratare pentru apele subterane anaerobe. ....                          | 33 |
| 2.3. Tehnologii de tratare a apei provenită din surse de suprafață. ....                             | 34 |
| 2.3.1. Tehnologii de tratare convențională a apei. ....  | 34 |
| 2.3.2. Tehnologii de tratare avansată a apei. ....   | 35 |
| 3. Coagularea și flotația. ....  | 38 |
| 3.1. Coagularea–Flocularea. ....   | 38 |
| 3.1.1. Considerații generale privind procesul de coagulare floculare. ....                           | 38 |
| 3.1.2. Descrierea procesului de coagulare–floculare. ....  | 40 |
| 3.1.2.1. Etapele procesului de coagulare–floculare. ....   | 40 |
| 3.1.2.2. Mecanisme ce contribuie la destabilizarea sistemelor coloidale. ....                        | 40 |
| 3.1.3. Factorii care influențează procesul de coagulare – floculare. ....                            | 42 |
| 3.1.4. Agenți de coagulare – floculare. ....   | 45 |
| 3.2. Flotația ....   | 52 |
| 3.2.1. Considerații generale ....  | 52 |
| 3.2.2. Tehnici de flotație. ....   | 53 |
| 3.2.3. Tehnica flotației cu aer dizolvat DAF. ....   | 54 |

## 6 Cuprins

---

|   |     |
|---|-----|
| 3.2.3.1. Factorii care influențează procesul de flotație cu aer dizolvat. ....  | 56  |
| 3.2.4. Aplicații ale tehnicii de flotație. ....   | 57  |
| 3.2.5. Factorii care influențează randamentele de îndepărtare prin tehnica<br>de flotație. ....                                     | 59  |
| 4. Motivația, scopul și obiectivele studiului. ....   | 60  |
| 5. Monitorizarea calității apei pe fluxul tehnologic convențional de potabilizare a<br>apei în perioada 2005–2009 . ....            | 62  |
| 5.1. Caracteristicile apelor de suprafață. ....   | 62  |
| 5.2. Monitorizarea calității apei brute și a apei potabile pentru anul 2005. ....   | 64  |
| 5.3. Monitorizarea calității apei brute și potabile pe anii 2006, 2007, 2008 și<br>2009. ....                                       | 74  |
| 6. Studii experimentale la nivel de laborator privind selectarea agentului de<br>coagulare prehidrolizat. ....                      | 82  |
| 6.1. Generalități. ....   | 82  |
| 7. Studii experimentale comparative de laborator privind stabilirea dozei optime<br>de coagulanți (PAC și SA) . ....                | 86  |
| 7.1. Caracteristicile apei brute. ....  | 86  |
| 7.2. Evoluția procesului de coagulare utilizând sulfat de aluminiu (SA) comparativ<br>cu policlorură bazică de aluminiu (PAC). .... | 87  |
| 7.2.1. Modul de lucru. ....   | 87  |
| 7.2.2. Evoluția procesului de coagulare utilizând sulfat de aluminiu. ....  | 88  |
| 7.2.3. Evoluția procesului de coagulare utilizând policlorură bazică<br>de aluminiu. ....   | 96  |
| 7.3. Stabilirea dozelor optime pentru sulfat de aluminiu (SA) comparativ<br>cu policlorura de aluminiu (PAC). ....                  | 104 |
| 8. Monitorizarea comparativă a calității apei pe fluxul convențional și fluxul nou<br>propus. ....                                  | 116 |
| 8.1. Generalități. ....   | 116 |
| 8.2. Rezultate experimentale . ....   | 117 |
| 9. Monitorizarea calității apei pe fluxul tehnologic nou introdus . ....  | 126 |
| 9.1. Monitorizarea calității apei brute și potabile . ....  | 126 |
| 10. Concluzii generale . ....   | 138 |
| Bibliografie. ....  | 143 |

## **NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME**

**UV** – domeniul de lungime de undă ultraviolet  
**BCV** – bolile cardio-vasculare  
**THM** – trihalometani  
**DF** - flotația cu aer dispersat  
**DAF** - flotația cu aer dizolvat  
**EF** – etroflotația  
**ECF** – ectroflotocoagulare  
**CMA** – concentrația maxim admisă în apa potabilă  
**PAC** – policlorura de aluminiu  
**SA** – sulfat de aluminiu  
**NOM** – materia organică naturală  
**TOC** – carbon organic total  
**CCO-Mn** – consum chimic de oxigen  
**SUVA** – absorbanta specifică UV  
**AB** – apă brută  
**AP** – apă potabilă  
**AP-PAC** – apă potabilă tratată cu policlorura de aluminiu  
**AP-SA** – apă potabilă tratată cu sulfat de aluminiu

## Lista tabele

- Tabelul 1.1.** Surse de contaminare a apei subterane
- Tabelul 1.2.** Clasificarea apelor după duritate
- Tabelul 1.3.** Valorile maxim admise ale indicatorilor toxici, prezentate comparativ
- Tabelul 5.1.** Valorile limiă precizate pentru fiecare clasă de calitate
- Tabelul 5.2.** Valorile minime ale parametrilor fizico-chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa brută în anul 2005
- Tabelul 5.3.** Valorile minime ale parametrilor fizico-chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa potabilă pe anul 2005
- Tabelul 5.4.** Valorile maxime ale parametrilor fizico-chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa brută pe anul 2005
- Tabelul 5.5.** Valorile maxime ale parametrilor fizico-chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa potabilă pe anul 2005
- Tabelul 5.6.** Valorile medii ale parametrilor fizico-chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa brută pe anul 2005
- Tabelul 5.7.** Valorile medii ale parametrilor fizico-chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa potabilă pe anul 2005
- Tabelul 5.8.** Valorile parametrilor fizico-chimici critice pentru apa brută și potabilă pe anul 2006
- Tabelul 5.9.** Valorile parametrilor fizico-chimici critice pentru apa brută și potabilă pe anul 2007
- Tabelul 5.10.** Valorile parametrilor fizico-chimici critice pentru apa brută și potabilă pe anul 2008
- Tabelul 5.11.** Valorile parametrilor fizico-chimici critice pentru apa brută și potabilă pe anul 2009
- Tabelul 6.1.** Caracteristicile tehnice ale coagulanților prehidrolzați luați în studiu
- Tabelul 6.2.** Caracteristicile fizico chimice ale apei brute
- Tabelul 6.3.** Influența condițiilor de lucru asupra eficienței de îndepărtare a turbidității și a încărcării organice utilizând SA, PAC, PAX și PP, turbiditatea inițială 29 NTU și  $t = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tabelul 6.4.** Variația eficienței de îndepărtare a turbidității și a încărcării organice la doza optimă de coagulant PAC și SA pentru apa brută cu turbiditatea  $T=201\text{ NTU}$  și  $\text{CCO-Mn}=5,4\text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ .
- Tabelul 7.1.** Calitatea apei brute utilizate pentru studiul de laborator
- Tabelul 7.2.** Rezultatele Jar-test privind determinarea dozelor optime de aluminiu utilizând diferite doze de sulfat de aluminiu (SA)
- Tabelul 7.3.** Rezultatele Jar-test privind determinarea dozelor optime de aluminiu utilizând diferite doze de poli-hidroxi-clorură bazică de aluminiu (PAC).
- Tabelul 7.4.** Dozele optime de sulfat de aluminiu, SA, stabilite experimental
- Tabelul 7.5.** Dozele optime de poli-hidroxi-clorură bazică de aluminiu, PAC, stabilite experimental
- Tabelul 8.1.** Monitorizarea comparativă stația actuală pe bază de poli-clorură bazică de aluminiu PAC ( $\text{DO} = 1\text{ mg Al}\cdot\text{L}^{-1}$ ) și stația veche pe bază de sulfat de aluminiu SA ( $\text{DO} = 5\text{ mg Al}\cdot\text{L}^{-1}$ ).



**Tabelul 8.2.** Monitorizarea comparativă stația actuală pe bază de policlorură de aluminiu PAC ( $DO = 0,5 \text{ mg Al} \cdot \text{L}^{-1}$ ) și stația veche pe bază de sulfat de aluminiu SA ( $DO = 5 \text{ mg Al}^{3+} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

**Tabelul 9.1.** Caracteristicile de calitate ale apei brute și potabile în perioada de studiu

**Tabelul 9.2.** Caracteristicile de calitate ale apei brute și potabile în perioada de studiu.

## LISTA FIGURI

- Figura 2.1.** Schema tehnologică de tratare a apelor subterane aerobe
- Figura 2.2.** Schema tehnologică de tratare a apelor subterane anaerobe
- Figura 2.3.** Schema tehnologică de tratare a apelor subterane anaerobe, în cazul când ionii de fier ( $Fe^{2+}$ ) sunt legați de compuși organici
- Figura 2.4.** Schema tehnologică de tratare convențională a apelor de suprafață
- Figura 2.5.** Schema tehnologică de tratare avansată a apelor de suprafață
- Figura 2.6.** Schema tehnologică de tratare avansată a apelor de suprafață
- Figura 2.7.** Schema tehnologică de tratare avansată a râului Rhin
- Figura 3.1.** Destabilizarea sistemelor coloidale prin adsorbție: a) adsorbție-coagulare, b) coagulare tip „punte”, c) restabilizare (supradozare)
- Figura 3.2.** Diagrame de echilibru ale aluminiului dizolvat în apă
- Figura 3.3.** Mecanisme de coagulare cu sulfat de aluminiu 1-coagulare prin coprecipitare; 2-coagulare prin adsorbție agregare; 3-coagulare prin reacție chimică.
- Figura 3.4.** Diagrame de echilibru ale fierului dizolvat în apă
- Figura 3.5.** Mecanisme de coagulare cu clorură ferică 1 – coagulare prin coprecipitare; 2 – coagulare prin reacție chimică; 3 – zonă de restabilizare
- Figura 3.6.** Utilizarea  $Mg(HCO_3)_2$  ca agent de coagulare reciclabil
- Figura 3.7.** Adeziunea bulei de aer
- Figura 3.8.** Aerul în ascensiune se atașează la structura flocoanelor
- Figura 3.9.** Retinerea în structura floconului în timpul formării
- Figura 3.10.** Presurizare totală
- Figura 3.11.** Presurizare parțială
- Figura 3.12.** Flux de potabilizare care include DAF
- Figura 5.1.** Schema tehnologică a procesului de tratare.
- Figura 5.2.** Variația turbidității apei brute (2005)
- Figura 5.3.** Variația parametrului CCO-Mn în apa brută (2005)
- Figura 5.4.** Variația turbidității apei potabile (2005)
- Figura 5.5.** Variația parametrului CCO-Mn în apa potabilă (2005)
- Figura 5.6.** Variația aluminiului rezidual în apa potabilă (2005)
- Figura 5.8.** Variația turbidității, valorile maxime, în apa brută
- Figura 5.9.** Variația turbidității, valorile maxime, în apa potabilă
- Figura 5.10.** Variația încărcării organice (CCO-Mn), valorile maxime, în apa brută
- Figura 5.11.** Variația încărcării organice (CCO-Mn), valorile maxime, în apa potabilă
- Figura 5.12.** Variația concentrației aluminiului rezidual, valorile maxime, în apa potabilă
- Figura 5.13.** Variația temperaturii, valorile minime, în apa brută
- Figura 7.1.** Efectul dozei de SA asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminiului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5.65 NTU.
- Figura 7.2.** Efectul dozei de SA asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminiului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU.

- Figura 7.3.** Efectul dozei de SA asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminiului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU.
- Figura 7.4.** Efectul dozei de SA asupra consumului chimic de oxigen (CCO-Mn) (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5,65 NTU.
- Figura 7.5.** Efectul dozei de SA asupra consumului chimic de oxigen (CCO-Mn) (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU.
- Figura 7.6.** Efectul dozei de SA asupra consumului chimic de oxigen (CCO-Mn) (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU.
- Figura 7.7.** Efectul dozei de SA asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5.65 NTU.
- Figura 7.8.** Efectul dozei de SA asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU.
- Figura 7.9.** Efectul dozei de SA asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU.
- Figura 7.10.** Efectul dozei de PAC asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminiului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5,65 NTU
- Figura 7.11.** Efectul dozei de PAC asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminiului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU
- Figura 7.12.** Efectul dozei de PAC asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminiului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU
- Figura 7.13.** Efectul dozei de PAC asupra CCO-Mn (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5,65 NTU
- Figura 7.14.** Efectul dozei de PAC asupra CCO-Mn (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU
- Figura 7.15.** Efectul dozei de PAC asupra CCO-Mn (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU
- Figura 7.16.** Efectul dozei de PAC asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5,65 NTU
- Figura 7.17.** Efectul dozei de PAC asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU
- Figura 7.18.** Efectul dozei de PAC asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU
- Figura 7.19.** Evoluția comparativă a turbidității pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mici (5-7 °C)
- Figura 7.20.** Evoluția comparativă a turbidității pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi medii (13-15 °C)
- Figura 7.21.** Evoluția comparativă a turbidității pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mari (24-27 °C)
- Figura 7.22.** Evoluția comparativă a CCO-Mn pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mici (5-7 °C)
- Figura 7.23.** Evoluția comparativă a CCO-Mn pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi medii (13-15 °C)
- Figura 7.24.** Evoluția comparativă a CCO-Mn pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mari (24-27 °C)

- Figura 7.25.** Evoluția comparativă a TOC pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mici (5-7 °C)
- Figura 7.26.** Evoluția comparativă a TOC pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi medii (13-15 °C)
- Figura 7.27.** Evoluția comparativă a TOC pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mari (24-27°C)
- Figura 7.28.** Evoluția comparativă a Al rezidual pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mici (5-7 °C)
- Figura 7.29.** Evoluția comparativă a Al rezidual pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi medii (13-15 °C)
- Figura 7.30.** Evoluția comparativă a Al rezidual pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mari (24-27°C)
- Figura 7.31.** Evoluția absorbantelor comparativ pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mici (5-7 °C)
- Figura 7.32.** Evoluția absorbantelor comparativ pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi medii (13-15 °C)
- Figura 7.33.** Evoluția absorbantelor comparativ pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mari (24-27°C)
- Figura 8.1.** Schema fluxurilor tehnologice de tratare: a-fluxul tehnologic convențional; b-fluxul tehnologic nou
- Figura 8.2.** Eficiente de reducere a turbidității pe cele două procedee de potabilizare a apei.
- Figura 8.3.** Eficiente de reducere a CCO-Mn pe cele două procedee de potabilizare a apei.
- Figura 8.4.** Eficiente de reducere a TOC pe cele două procedee de potabilizare a apei.
- Figura 8.5.** Eficiențe de reducere a turbidității pe cele două procedee de potabilizare a apei.
- Figura 8.6.** Eficiențe de reducere a CCO-Mn pe cele două procedee de potabilizare a apei.
- Figura 8.7.** Eficiențe de reducere a TOC pe cele două procedee de potabilizare a apei.
- Figura 8.8.** Eficiențe de reducere a turbidității în cazul utilizării coagulantului PAC la cele două doze (0,5 mgAl\*L<sup>-1</sup> și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup>).
- Figura 8.9.** Eficiențe de reducere a CCO-Mn în cazul utilizării coagulantului PAC la cele două doze (0,5 mgAl\*L<sup>-1</sup> și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup>).
- Figura 8.10.** Eficiențe de reducere a TOC în cazul utilizării coagulantului PAC la cele două doze (0,5 mgAl\*L<sup>-1</sup> și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup>).
- Figura 8.11.** Evoluția aluminiului rezidual în cazul utilizării coagulantului PAC la cele două doze (0,5 mgAl\*L<sup>-1</sup> și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup>).
- Figura 9.1.** Variația turbidității apei brute pe perioada de studiu.
- Figura 9.2.** Variația turbidității apei potabile pe perioada de studiu.
- Figura 9.3.** Eficiența de reducere a turbidității
- Figura 9.4.** Variația CCO-Mn a apei brute și potabile pe perioada de studiu
- Figura 9.5.** Eficiența de reducere a CCO-Mn
- Figura 9.6.** Variația TOC al apei brute și potabile pe perioada de studiu.
- Figura 9.7.** Eficiența de reducere a TOC
- Figura 9.8.** Variația comparativă a aluminiului rezidual și a dozei de PAC pentru apa potabilă pe perioada de studiu.
- Figura 9.9.** Variația turbidității apei brute pe perioada de studiu.
- Figura 9.10.** Variația turbidității apei potabile pe perioada de studiu.

**Figura 9.11.** Eficiența de reducere a turbidității

**Figura 9.12.** Variația CCO-Mn a apei brute și potabile pe perioada de studiu.

**Figura 9.13.** Eficiența de reducere a CCO-Mn

**Figura 9.14.** Variația comparativă a aluminiului rezidual și a dozei de PAC-tratare pentru apa potabilă pe perioada de studiu

## INTRODUCERE

Apa are un rol esențial în întreținerea vieții. Fără apă nu ar putea exista viața. În organism apa intră în compoziția organelor, țesuturilor și lichidelor biologice. Ea dizolvă și transportă substanțele asimilate și dezasimilate; menține constantă concentrația sărurilor în organism și, evaporându-se pe suprafața corpului, ia parte la reglarea temperaturii. Apa contribuie la fenomenele osmotice din plante și are o deosebită importanță în procesul de fotosinteză.

Apele de suprafață dulci reprezintă majoritatea rezervei de apă dulce lichidă. Ele formează rețeaua hidrografică, morfologic, ele dau impresia unui sistem vascular al pământului, ceea ce în anumite privințe și sunt.

Apele dulci de suprafață sunt folosite *in situ* (navigație, îmbăiere, sporturi nautice, piscicultură, hidroenergetică etc), dar mai ales captate și folosite *ex situ* pentru nevoile cele mai diverse: potabilizare, industrie, transporturi, agricultură etc. Din diversele utilizări, crucială pentru oameni rămâne satisfacerea nevoilor populației, fiind interzisă prin lege limitarea accesului ei în detrimentul altor folosințe. La fel de importantă ar trebui să devină și asigurarea apei necesare vieții sălbatice. În România, apele de suprafață constituie sursa majoră pentru necesitățile umane, inclusiv pentru apa potabilă.

Rețeaua de râuri a țării este de 115.000 Km cursuri de apă permanente, cu o densitate medie de 0,5 km/km<sup>2</sup>. Debitul mediu a tuturor râurilor interioare este de 1070 m<sup>3</sup>/s, la care se adaugă cel al Dunării de 5400 m<sup>3</sup>/s la Orșova și 6330 m<sup>3</sup>/s la Tulcea.

Resursele de apă de suprafață din râurile interioare au un volum mediu multianual de 33,6 miliarde m<sup>3</sup>, iar Dunărea aduce 200 miliarde m<sup>3</sup> anual.

Prognoza demografică mondială indică o creștere rapidă a populației. Se poate afirma că dacă nu se vor lua măsurile corespunzătoare înainte ca această populație să sufere de lipsă de combustibil, energie sau de foame, ea va suferi de sete. Statisticile oficiale indică faptul că, 200 milioane de locuitori din 75 de țări în curs de dezvoltare sunt lipsiți de o sursă elementară de apă potabilă. Organizația Mondială a Sănătății estimează că, pe plan mondial, cca 80% din cazurile îmbolnăvirilor își au sursa în apa poluată.

Apele de suprafață constituie principala sursă pentru obținerea apei potabile, dar în ele sunt deversate majoritatea apelor reziduale. Apa de suprafață nu trebuie să conțină poluanții care dăunează sănătății și care nu pot fi eliminați în stațiile de potabilizare a apei. Este necesară o analiză amănunțită a tuturor poluanților din apă pentru a se stabili metodele optime de eliminare din punct de vedere tehnologic și economic. Cunoașterea locului de apariție al poluanților permite alegerea variantei optime de îndepărtare a acestora, fie prin eliminarea lor din apa respectivă, fie în decursul procesului de potabilizare.

În apele de suprafață îndeosebi în ultimele decenii, datorită dezvoltării industriei și a diversificării produselor mai ales a celor chimice pe lângă substanțele organice biodegradabile sunt prezente numeroase substanțe organice greu biodegradabile sau nebiodegradabile rezultând pe cursul inferior o acumulare ridicată în compuși organici greu biodegradabili.

Obținerea apei potabile din apele de suprafață este condiționată de compoziția fizico-chimică a acesteia, compoziție care determină metodele și costul potabilizării apei.

Complexitatea metodelor de tratare a apei în vederea asigurării caracterului potabil, costul ridicat al acestor tehnici sau tehnologii, impune un moment de opțiune, de a stabili în ce direcție ar urma să se dezvolte alimentarea cu apă.

Tratarea apelor din diferite surse de alimentare se realizează prin operații și procese unitare, care au scopul de a asigura indicatorii de calitate ceruți de consumator. Fluxul tehnologic de tratare realizează eliminarea poluanților indezirabili sau toxici din apă, fiecare procedeu de tratare fiind destinat să îmbunătățească unul sau mai mulți indicatori calitativi. Procedeu de tratare ales este specific tipului de sursă de alimentare și scopului urmărit, producerea de apă potabilă.

Accentuarea poluării surselor de apă corelată cu necesitatea îmbunătățirii calitative în conformitate cu standardele în vigoare, a condus, în special, pentru obținerea apei potabile din ape de suprafață, la obligativitatea includerii în schema tehnologică a procedeelor de tratare avansată.

Scopul tezei de doctorat îl constituie îmbunătățirea calității apei destinate consumului uman în vederea asigurării stării de sănătate a populației.

# 1. CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND SURSELE DE APĂ UTILIZATE ÎN TEHNOLOGIA DE POTABILIZARE A APEI

## 1.1. Importanța apei în natură

Apa este elementul fundamental al vieții. Comunitățile umane se constituie în jurul unei surse de apă.

Apa este cea mai răspândită substanță compusă și reprezintă trei pătrimi din suprafața globului terestru. Ca și aerul, ea constituie factorul principal al menținerii vieții pe pământ. Apa este o resursă naturală esențială cu rol multiplu în viața economică.

Peste două treimi din suprafața terestră este ocupată de mări și oceane, care formează Oceanul Planetar. Datorită acestui fapt, Terra este supranumită și "planeta albastră". Din suprafața totală a pamântului, evaluată la 510,10 mil. km<sup>2</sup>, apa Oceanului Planetar ocupă 361,07 mil. km<sup>2</sup>, aproximativ 70,8 %. Omenirea dispune doar de apele de la suprafața solului – adică de aproximativ 30.000 km<sup>3</sup>, ceea ce înseamnă circa 0,002 % din total, restul fiind greu accesibil.

Din volumul total de circa 1400 milioane km<sup>3</sup> de apă, 97,2 % se găsește sub formă de apă sărată, improprie oricărei utilizări directe, 2,15 % este "apă dulce" imobilizată în ghețari și calote glaciare și numai 0,65% este apa disponibilă pentru om, adică apa lacurilor, râurilor, a izvoarelor și a pânzelor freatice. Din volumul total omenirea dispune direct de numai  $2 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^4$  km<sup>3</sup> de apă, în resurse care sunt distribuite neuniform în spațiu și timp.

Cea mai mare parte din apa de pe Terra este apă de suprafață. Rezerva de apă dulce și apă potabilă se obține de cele mai multe ori din ape dulci de suprafață.

Domeniile principale de consum al apei sunt în ordine crescătoare, cel menajer urmat de cel industrial și agricol. La nivel mondial sectorului domestic îi revine numai 8,5 %, celui industrial 22,5 % și cea mai mare cantitate de apă este folosită în agricultură pentru irigații [1, 2, 3].

În Europa cel mai mare consum de apă este înregistrat de industrie cu 53,7 %, urmată de America de Nord cu 42,1 %. În cele mai multe zone ale globului, consumul de apă este preponderent pentru agricultură, mai ales în Africa (88 %) și Asia (88 %) [4].

În ultimul secol, consumul mondial de apă a crescut de mai mult de 2 ori față de rata de creștere a populației [2, 5, 6].

Dezvoltarea impetuoasă a activităților industriale și energetice, intensificarea utilizării apei în agricultură și creșterea numerică a populației sporesc cerințele de apă. Rezervoarele de apă dulce însă, se micșorează sistematic datorită poluării cu ape epurate necorespunzător sau neepurate [7, 8, 9].

Multă vreme apa a fost considerată drept un element, și anume până în anul 1783, când Lavoisier dovedește pe cale experimentală că apa este o substanță compusă, trecând vaporii de apă peste fier înroșit. [10, 11, 12]

Din punct de vedere fizico-chimic apa, substanță chimică cu formula H<sub>2</sub>O, cum masa moleculară 18,02, este un lichid incolor în strat subțire și albastru-verzui în straturi groase, fără gust și fără miros.



## 1.2. Principalele surse de apă din natură

În natură apa se găsește sub toate stările ei de agregare:

- solidă (gheață, zăpadă, grindină),
- lichidă (apa de ploaie, apa subterană, oceane, mării, fluvii, râuri, etc.),
- gazoasă (vapori de apă din atmosferă).

Sursele naturale de apă utilizate în potabilizare sunt:

- surse de apă subterană
- surse de apă de suprafață constituită din:
  - ape curgătoare: râuri, afluenți și fluvii

### 1.2.1. Surse de apă subterană

Apele subterane apar în formațiuni geologice diverse, aproape toate rocile din partea superioară a scoarței terestre posedând goluri în care se poate acumula apă. Cursurile de apă subterană pot fi alimentate de: apele provenite din precipitații, apele care curg la suprafață (râuri, lacuri), apele de condensare provenite de la mari adâncimi, sau ape infiltrate artificial.

După modul de cantonare (dispunere în straturile de sol) și scurgere a apei în subteran, straturile subterane se clasifică în patru categorii:

**a) Straturi acvifere freatice de mică adâncime** (până la 20 m), cantonate în roci granulare sau fisurate:

- fără influența directă a unei ape de suprafață alimentate din bazine subterane întinse;
- sub influența directă a apelor de suprafață și a precipitațiilor.

**b) Straturi acvifere de mare adâncime**, cantonate în roci granulare și roci fisurate, la adâncimi mari (100 – 500 m). De cele mai multe ori, apa aflată în aceste straturi se află sub presiune, având caracter ascensional.

**c) Straturi acvifere alimentate prin infiltrații artificiale** în scopul îmbunătățirii stratului de apă subteran. Aceste straturi sunt cantonate în roci granulare, nisip și pietriș. Infiltrațiile artificiale se realizează prin aportul apelor de suprafață.

**d) Izvoare**, provenite din straturi acvifere aflate sub nivelul pânzei de apă subterană, care se manifestă ca preaplinuri ale acestor pânze [13].

Apa subterană este stocată sau circulată în straturile permeabile libere sau captive. Dacă întâlnesc straturi impermeabile apele subterane se adună, formând pânza freatică. Ieșind la suprafața pământului, dizolvând săruri, apele subterane formează *izvoare minerale*. Când temperatura acestora este ridicată, uneori până la 100 °C, ele se numesc *izvoare termale* [14, 15]

Aceasta reprezintă o sursă importantă deoarece, spre deosebire de apele de suprafață, sunt de regulă mai puțin sau deloc poluate și pot fi potabilizate cu măsuri minimale, uneori doar cu dezinfecție sau fără vreo prelucrare [16].

Deși, în general, calitatea chimică a apelor subterane este bună, prezența unor constituenți în concentrații mari poate cauza probleme [17, 18].

Acviferele freatice din luncile râurilor, cu o mare conductivitate a depozitelor permeabile și în contact hidrodinamic direct cu rețeaua hidrografică au o mare vulnerabilitate la poluare [19].

Percolând solul și rocile, apa dizolvă minerale cu conținut de fier și mangan. Acești ioni cauzează probleme estetice, și pot avea repercursiuni asupra sănătății [20 – 22].

Alte caracteristici ale apei subterane sunt turbiditatea redusă, temperatura constantă, absența aproape totală a oxigenului. De asemenea, apa subterană, în anumite situații, prezintă o puritate biologică [23].

În tabelul 1.1. sunt prezentate sursele de contaminare a apei subterane.

**Tabelul 1.1.** Surse de contaminare a apei subterane.

| Surse municipale                        | Surse industriale    | Surse agricole                     | Surse individuale                            |
|---|----------------------|------------------------------------|--|
| Infiltrații                             | Conducte             | Rezervoarele depozitelor subterane | Tancuri septice                              |
| Rețele de canalizare vechi și degradate | Rezervoare subterane | Rezervoare părăsite                | Rezervoare construite defectuos sau părăsite |

### 1.2.2. Surse de apă de suprafață

Apele de suprafață dulci reprezintă majoritatea rezervei de apă dulce lichidă. Acestea sunt în general mult mai abundente față de sursele de apă subterană [24].

Apele de suprafață se clasifică în:

- *ape stătătoare* (mări și oceane, lacuri etc.),
- *ape curgătoare* (izvor - pârâu - râu - fluviu) [16].

**Râurile** reprezintă principala sursă de apă potabilă pentru România, fiind caracterizate prin fenomene de curgere (care influențează cantitatea de materii în suspensie și coloidale, caracteristicile fizico-chimice, forma albiei, variația debitului și a nivelului apei) și de suprafața de contact apă-atmosferă (care influențează capacitatea de oxigenare, variația de temperatură zilnică și pe anotimpuri) și de capacitatea de autoepurare. Condițiile climatice și regimul de precipitații fiind factori importanți care contribuie la variația regimului de curgere [25].

Râurile sunt caracterizate de prezența următoarelor impurități existente în stare naturală, compoziția specifică fiind însă dependentă de natura solurilor traversate de cursul de apă, a solurilor din bazinul de recepție, a apelor uzate deversate de diferiți utilizatori și a capacității de dizolvare a gazelor din atmosferă:

- *săruri dizolvate* (bicarbonați, cloruri, azotați, fosfați, sulfați de:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) – provenite din eroziunea rocilor, solurilor și datorită precipitațiilor;
- *materii în suspensie și coloidale* (argile, nisip, silice) – apărute ca urmare a eroziunii, inundațiilor, schimbărilor climatice;
- *compuși organici biogeni* – proveniți din descompunerea materiei organice și vegetale antrenate de curgerea apei sau proprie ecosistemului;
- *copuși poluanți toxici*, de natură organică sau anorganică, - proveniți din deversarea unor efluenți insuficient epurați;
- *detergenții* – au efecte negative asupra procesului de autoepurare și asupra eficienței stațiilor de tratare;
- *uleiurile și grasimile* – provin din deversări ale reziduurilor de combustibili, poluării accidentale, operații de curățire a utilajelor industriale;
- *microorganismele, virusurile, protozoarele* – provin din deversări ale apelor uzate contaminate cu dejecții umane sau animale, microorganisme proprii ecosistemului.

Apa râurilor prezintă o temperatură variabilă funcție de anotimp. Aceasta, deși este puternic influențată de poluanți, reprezintă principala sursă de apă potabilă și industrială pentru România [26, 27].

**Lacurile naturale și artificiale**, sunt formate prin bararea naturală sau artificială a unui curs de apă, fiind complet înconjurată de suprafețe uscate și fără acces direct la mare. Din punct de vedere al originii lor lacurile se pot clasifica în:

- lacuri glaciare – sunt înconjurată sau acoperite de gheață, foarte numeroase în regiunile montane și sub-arctice;
- lacuri tectonice – formate în urma unor mișcări tectonice care au condus la admisia apei în denivelări ale scoarței terestre;
- lacuri fluviale – create de către meandrele râurilor în interiorul câmpiilor, sau datorate barării naturale a cursurilor fluviilor datorită depunerii excesive a sedimentelor;
- lacuri de coastă – formate prin pătrunderea apei de mare în zone de uscat și bararea ulterioară a acestora datorită excesului de sedimente;
- lacuri vulcanice – apărute în craterele vulcanilor inactivi datorită colectării apei meteorice;
- lacuri carstice – apărute în cavitățile create prin erodarea unor roci solubile;
- lacuri artificiale – create prin bararea cursurilor de apă pentru alimentarea continuă a stațiilor de tratare sau pentru generarea energiei electrice (hidrocentrale)

Lacurile se caracterizează printr-o suprafață de contact apă-atmosferă cvasi- imobilă și prezintă modificări ale indicatorilor de calitate comparativ cu efluentul principal, datorită fenomenelor de stagnare a apei și de stratificare (vara și iarna) și respectiv destratificare (primăvara și toamna). Aceste fenomene se manifestă atât din punct de vedere termic, cât și al compoziției apei în lac.

Stagnarea apei în lacuri conduce la decantarea naturală a materiilor în suspensie și parțial a celor coloidale [28].

Stratificarea termică și minerală a apei în lacuri se datorează diferenței de temperatură, densitate și respectiv adâncimii lacurilor. Densitatea apei, influențată în mod direct de temperatură conduce la o separare de natură fizică a masei de apă, separare care influențează ulterior și procesele fizice, chimice și biologice care au loc în lacuri.

Stratificarea termică, combinată la lacurile adânci și cu o stratificare minerală, conduce, vara și iarna, la excluderea aproape completă a circulației apei pe verticală. Efectele directe ale stratificării sunt:

- scăderea concentrației de oxigen dizolvat la partea inferioară a lacului
- apariția proceselor anaerobe la partea inferioară a lacului și, respectiv, creșterea conținutului de compuși organici, săruri de azot și fosfor precum și apariția H<sub>2</sub>S.

În perioada de destratificare termică (primăvara, toamna) are loc circulația apei pe verticală și uniformizarea calitativă a apei și îmbogățirea cu substanțe organice și nutrienți a apei din zonele superioare. Aceste aspecte combinate cu insolația puternică, conduc la dezvoltarea unei biomase fito și zoo-planctonice apreciabile, cu efecte nefavorabile asupra alimentărilor cu apă.

Apa lacurilor este caracterizată prin prezența următorilor impurificatori: săruri minerale, compuși organici biogeni, materii în suspensie și coloidale, nutrienții (compuși cu azot și fosfor), compuși poluanți toxici (în masa apei sau în sedimente), biomasă și microorganisme [29, 30].

Din punct de vedere al impurificatorilor, comparativ cu apa râurilor, apa lacurilor prezintă valori mai mari de compuși organici biogeni, nutrienți, biomasă și ceva valori mai reduse pentru materiile în suspensie și coloidale (datorită fenomenului natural de sedimentare) [31,32]. Din punct de vedere al tratării apei, efectele favorabile ale preluării apelor din lacurile de acumulare (conținut mai mic de suspensii, temperatura relativ constantă, eliminarea pericolului înghețului), pot fi contrabalansate de influențele defavorabile (dezvoltării masive de biomasă, apariția colorației apei datorată dezvoltării algelor) [33].

Următoarele fenomene caracteristice, în general, apelor de suprafață apar foarte frecvent în lacuri:

- **eutrofizarea** – fenomen de îmbogățire a apei cu substanțe nutritive (nutrienți: compuși cu azot, fosfor, potasiu) care conduce la dezvoltarea excesivă a plantelor acvatice și, respectiv, la diminuarea concentrației de oxigen dizolvat, transparenței apei precum și la apariția unei colorații specifice (verzuie).

- **acumularea compușilor poluanți toxici în sedimente** – cu influențe directe asupra proceselor de bio-acumulare în lanțul trofic. Majoritatea compușilor poluanți toxici cu solubilitate redusă în apă sunt preferențial adsorbiți de particulele solide, de origine anorganică sau biologică, care se găsesc în sedimentele din lacuri. O parte dintre acești compuși toxici este preluată de către organismele acvatice și astfel încorporată în lanțul trofic.

- **acidifierea lacurilor** – este datorată ploilor acide, a căror apariție este legată în principal de arderea combustibililor fosili, respectiv generarea de oxizi de sulf și azot, oxizi care în combinație cu precipitațiile atmosferice conduc la formarea acizilor sulfuric și azotic. În afara existenței precipitațiilor cu caracter acid, o condiție esențială în acidifierea lacurilor o constituie conținutul scăzut al acestora în săruri dizolvate și în special în săruri de calciu și magneziu.

**Apa mărilor și oceanelor** este caracterizată de o mineralizare puternică care îi conferă o agresivitate deosebită. Sărurile frecvent întâlnite sunt: NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, valorile salinității variază mult în funcție de zonele geografice și de contribuția apelor de suprafață. Câteva valori ale salinității pentru diferite mări sunt: Marea Baltică 17 g\*L<sup>-1</sup>, Marea Neagră 38 g\*L<sup>-1</sup>, Marea Moartă 270 g\*L<sup>-1</sup> [34].

Măriile și oceanele constituie cea mai răspândită sursă din rezerva de apă a globului și sursa cea mai puțin utilizată actualmente pentru consumul uman. Pentru țările care nu au rezerve mari de apă de suprafață sau subterane cum ar fi: Africa de sud, Arabia Saudită, Kuwait, Israel, Japonia, S.U.A. în zonele sudice, apele marine reprezintă o sursă de alimentare importantă.

Procedeul de tratare a apelor marine în scopul obținerii apei potabile se numește desalinizare și se poate realiza prin reținerea materiilor solide și în suspensie, a sărurilor, compușilor organici și microorganismelor utilizând procedee de membrană (ultrafiltrarea, osmoza inversă, electrodializa), în combinație cu procedee de tratare convențională (sedimentare, dezinfecție) [35].

Principalii impurificatorii prezenți în apele mărilor și oceanelor sunt: sărurile dizolvate, compușii organici biogeni, materiile în suspensie și coloidale, compușii poluanți toxici (datorită poluărilor accidentale), microorganisme.

Sărurile frecvent întâlnite în apa mărilor și oceanelor sunt: NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, valorile salinității variază în funcție de zonele geografice și de contribuția apelor de suprafață. [36, 37].

Spre deosebire de apele subterane, apele de suprafață sunt de regulă mai puțin mineralizate, mai bogate în elemente biologice, mai influențabile de către alți factori (naturali și antropici), mai ușor poluabile, mai puțin stabile în caracteristici, dar totodată au și capacități mai crescute de a-și automenține calitatea. În România, apele de suprafață constituie sursa majoră pentru necesitățile umane, inclusiv pentru apa potabilă.

### **1.3. Condițiile de calitate impuse apei potabile**

Apa destinată consumului uman trebuie să posede următoarele calități, legate atât de cerințele consumatorului, cât și a furnizorului de apă :

- să nu conțină nici un fel de agenți patogeni sau alte microorganisme și să fie lipsită de risc de contaminare (să nu existe virusuri, bacterii, protozoare, spori sau chiști);
- să fie incoloră, insipidă și inodoră;
- să prezinte "atractivitate" pentru băut (temperatură scăzută, lipsa turbidității);
- concentrațiile factorilor indezirabili sau toxici să fie foarte scăzute;
- să nu formeze depozite de depuneri sau pete

Apa furnizată de sistemele de alimentare cu apă diverselor folosințe trebuie să îndeplinească anumite condiții de calitate prescrise în normative [38, 39]. Aceste condiții se obțin prin tratarea apelor provenite din sursele naturale (de suprafață / subterane). Pentru România, Legea 311/2004 fixează condițiile de calitate a unei ape potabile [40].

Apa destinată consumului uman nu trebuie să conțină nici un fel de substanțe chimice sau organisme care să aducă prejudicii sănătății [41].

Indicatorii de calitate a apei potabile pot fi împărțiți în următoarele grupe de factori:

- factori organoleptici;
- factorii fizico-chimici, generali
- factori indezirabili și toxici;
- factori microbiologici;
- factori biologici;
- factori radioactivi [24].

#### ***Factori organoleptici***

Pentru a fi potabilă o apă trebuie să aibă un aspect agreabil, adică să fie limpede și să nu aibă culoare. De asemenea, temperatura trebuie să fie adecvată. O deosebită importanță au gustul și mirosul. Apa nu trebuie să aibă un gust sau miros dezagreabil, semne ale prezenței unor substanțe care pot prejudicia caracterul potabil al apei.

#### ***Factori fizico-chimici***

Principalele caracteristici fizico-chimice ale apelor sunt: pH-ul, clorurile, substanțele organice totale, alcalinitatea, formele de azot, fosfații, sulfații, siliciul, duritatea, substanțele anorganice [42].

Concentrația și natura substanțelor anorganice depinde de formațiunile geologice de unde provin apele precum și de apele reziduale care se descarcă în apa naturală. [43]

**pH-ul** – concentrația ionilor de hidrogen este un parametru important în studiul calității apelor reziduale și al apelor naturale. Limitele între care poate varia această concentrație sunt destul de mici astfel încât viața biologică să nu fie afectată.

Concentrația ionilor de hidrogen se exprimă uzual prin pH care este logaritmul cu semn schimbat al concentrației ionilor de hidrogen:

$$pH = -\log[H^+]$$

pH-ul unui sistem apos poate fi măsurat cu ajutorul pH-metrului sau cu diferite hârtii indicatoare de pH. [44, 45]

**Clorurile** – sunt un alt parametru important pentru calitatea apei. În apele naturale clorurile provin din rocile cu care apa vine în contact, iar în zonele marine din amestecul cu apa marină. Apele reziduale descărcate în apele de suprafață sunt o sursă de cloruri.

Deoarece metodele convenționale de tratare nu înlătură clorurile, concentrația acestora poate fi luată ca un parametru de uzură a apelor. Infiltrațiile apelor reziduale în pânza freatică duc la creșterea concentrației clorurilor și a sulfatilor [46].

**Substanțele organice** – provin din resturi de plante și animale și reprezintă pentru apă poluantul principal. Mulți compuși organici pătrund în apă ca rezultat al activităților umane [47]. Substanțele organice consumă oxigenul din apă atât pentru dezvoltare, cât și după moarte. Oxigenul este necesar proceselor aerobe de autoepurare, respectiv bacteriilor aerobe care oxidează substanțele organice.

Compușii organici aromatici absorb lumina la lungimea de undă în ultraviolet (UV). Absorbanța UV la 254 nm este o bună tehnică de determinare a prezenței materiei organice naturale, precum substanțele humice, deoarece sunt forma dominantă a materiei organice prezente în apele naturale [48].

Conținutul de substanțe organice din apă este un indicator de calitate foarte important, deoarece substanțele organice servesc ca suport nutritiv pentru bacterii, virusuri și alte organisme vii [41].

#### **Aciditatea și alcalinitatea.**

Aciditatea apelor naturale este datorată de cele mai multe ori dioxidului de carbon liber. Acizii humici apar în apă în perioada viiturilor și la trecerea apelor peste anumite soluri bogate în humus. Fenomenele de fermentație anaerobă duc la apariția în ape a acizilor organici.

Alcalinitatea apelor rezultă din prezența bicarbonaților și în mai mică măsură din cauza fosfaților. Practic alcalinitatea totală se datorește bicarbonaților de calciu și magneziu.

**Compușii azotului** – se găsesc în apă sub formă organică sau anorganică (nitriți, amoniac, nitrați)

- *amoniacul* rezultă în apă din degradarea incompletă a substanțelor organice care conțin azot, sau pot proveni din sol. El reprezintă primul stadiu de descompunere a substanțelor organice și de aceea indică o poluare.

- *nitrații* din apă provin din sol, dar mai ales în urma mineralizării substanțelor organice poluante de natură proteică din utilizarea fertilizatorilor și a pesticidelor ce conțin azot. Ei pot avea o acțiune directă asupra organismului prin blocarea hemoglobinei cu formare de methemoglobină, dar și indirectă prin scăderea rezistenței generale a organismului. Nitrații pot constitui un factor de dezvoltare a algelor sau a altor vegetale acvatice.

- *nitriții* pot proveni din reducerea nitraților în prezența unei flore reducătoare și a temperaturii mediului mai ridicate [49].

**Sulfatii.** Ionul sulfat este unul din ionii majoritari care se găsesc în apele naturale. Acesta intră în sinteza proteinelor și este eliberat prin degradarea lor.

La concentrații mari, sulfatii imprimă un gust amar apei, reduc aciditatea gastrică și puterea peptică a acesteia [16, 49].

**Fierul** – se găsește în special în apele subterane, sub formă de diferiți compuși, mai frecvent bicarbonat feros. În contact cu aerul, compușii ferosi devin ferici, punându-se în evidență hidroxidul feric. Fierul din apă favorizează dezvoltarea bacteriilor care obturează conductele

**Manganul** – în apă se găsește sub formă solubilă, în suspensie și complexat. Este implicat în modificarea gustului și aspectului apei. În prezența substanțelor organice constituie un mediu prielnic pentru dezvoltarea bacteriilor. Ca și fierul, manganul contribuie la turbureala unor ape datorită oxidării Mn (II) la Mn (III) sub influența oxigenului din aer.

**Fosforul** – este de asemenea esențial pentru creșterea algelor și a altor organisme biologice. Deoarece fosforul produce dezvoltarea exagerată a algelor în apele de suprafață, concentrația lui trebuie strict supravegheată.[16]

**Siliciul** – se găsește în apele naturale sub formă de acid metasilicic și sărurile acestuia.

**Duritatea** reprezintă proprietatea apei datorată compușilor de calciu și magneziu (carbonați, bicarbonați, sulfati, cloruri, azotați, fosfați sau silicați), care pot fi dizolvați în apă în diferite proporții [50].

După mărimea durității lor, apele naturale pot fi clasificate, după cum este prezentat în tabelul 1.2. [23].

**Tabelul 1.2.** Clasificarea apelor după duritate.

| <b>Caracteristica apei</b> | <b>Duritate (grade germane)</b> |
|----------------------------|---------------------------------|
| Foarte moale               | 0 - 4                           |
| Moale                      | 4 - 8                           |
| Semidură                   | 8 - 12                          |
| Destul de dură             | 12 - 18                         |
| Dură                       | 18 - 30                         |
| Foarte dură                | > 30                            |

#### **Factori indezirabili**

În această grupă intră substanțele a căror prezență în apă indică o poluare cu caracter periculos pentru sănătatea consumatorului sau a altor elemente de origine naturală, dar care prin depășirea unei anumite concentrații pot produce inconveniente consumatorului.

Prezența factorilor indezirabili în apa potabilă implică un risc pe termen mediu.

#### **Factori toxici**

Această grupă cuprinde substanțele care prezintă un risc imediat pentru consumatori, cu consecințe deosebit de grave.

În tabelul 1.3. sunt prezentați indicatorii toxici cu risc mare pentru consumatori.

**Tabelul 1.3.** Valorile maxim admise ale indicatorilor toxici, prezentate comparativ

| <b>Indicatori</b> | <b>Unități de măsură</b>          | <b>Directiva Consiliului CEE</b> |                           | <b>Legea apei potabile 458/2002</b> |                           |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
|                   |                                   | <b>Conc. recomandate</b>         | <b>Conc. Maxim admise</b> | <b>Conc. recomandate</b>            | <b>Conc. Maxim admise</b> |
| Arsen             | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | -                                | 50                        | -                                   | 10                        |
| Cadmium           | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | -                                | 5                         | -                                   | 5                         |

Continuare

|                          |                                   |   |     |   |     |
|--------------------------|-----------------------------------|---|-----|---|-----|
| Cianuri                  | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | - | 50  | - | 10  |
| Crom total               | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | - | 50  | - | 50  |
| Mercur                   | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | - | 1   | - | 1   |
| Nichel                   | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | - | 50  | - | 20  |
| Plumb                    | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | - | 50  | - | 10  |
| Stibiu                   | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | - | 10  | - | 5   |
| Seleniu                  | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | - | 10  | - | 10  |
| Pesticide                | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | - | 0,1 | - | 0,1 |
| Hidrocarburi policiclice | $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | - | 0,2 | - | 0,1 |

**Factori microbiologici**

Acești indicatori prezintă o importanță deosebită pentru apa potabilă, deoarece identificarea bacteriilor obișnuite sau patogene aduce informații asupra necesarului de tratare, cât și asupra potențialului epidemiologic al surselor de apă. Cei mai importanți indicatori se referă la: numărul total de bacterii care se dezvoltă la 37°C, numărul de bacterii coliforme, virusuri, paraziți.

Din punct de vedere al controlului calității apei, bacteriile prezente în apă se pot clasifica în:

- bacterii obișnuite – deși sunt inofensive față de organismul uman, trebuie limitate ca număr în apa potabilă;
- bacterii patogene – aflate la originea declanșării bolilor hidrice, trebuie înlăturate complet din apa tratată pentru potabilizare

**Factori biologici**

Analizele biologice determină existența organismelor animale și vegetale și aduc informații despre calitatea surselor naturale și respectiv despre gradul acestora de poluare. În apa potabilă nu este permisă prezența vreunui organism animal sau vegetal.[51]

**Factorii radioactivi**

Substanțele radioactive din apă au efecte dăunătoare asupra sănătății oamenilor. Aceste efecte pot fi:

- imediate – boala de iradiere – manifestată prin afecțiuni gastro-intestinale, sau efecte asupra sistemului nervos central
- întârziate – tumori maligne
- cronice – cataracte, sterilitate

Caracterizarea surselor de apă se face atât din punct de vedere al radioactivității globale cât și al conținutului de radionuclizi. Concentrațiile maxime admise pentru radioactivitate corespund dozei maxime de iradiere de 5 mrem/an la un consum zilnic de 2 L de apă.

Radionuclizii se clasifică în:

- radionuclizi naturali: uraniu natural, thoriu natural, poloniu, plumb, radon
- radionuclizi artificiali: cobalt, stronțiu, iod, plutoniu

acești indicatori se determină în laboratoarele de specialitate.[34]



#### **1.4. Calitatea apei potabile și efectele poluanților asupra stării de sănătate a populației.**

Apa folosită în scop potabil trebuie să respecte condițiile chimice de calitate conform legislației în vigoare: Legea 458/2002 privind calitatea apei potabile (modificată și completată de Legea 311/2004).[40]

Respectarea condițiilor de calitate presupune:

- Protecția sanitară a surselor și instalațiilor de aprovizionare cu apă potabilă contra poluării chimice;
- Prelucrarea corectă și eficace a apei în vederea potabilizării, cu reglementarea precisă a calității substanțelor dezinfectante (de exemplu: acceleratorii de coagulare sub forma de polielectroliti cu conținut de polimeri de acrilamidă și acrilamidă nepolimerizată, clorul cu conținut de tetraclorură de carbon)
- Lupta împotriva coroziunii rețelei de apă atât metalică cât și din material plastic.[52]

În condițiile poluării mediului, calitatea apei folosită de populație poate constitui un important factor de îmbolnăvire. În afara bolilor care au drept cauză diverse microorganisme, apa poate influența starea de sănătate a colectivităților umane și prin conținutul său în elemente minerale participând activ în procesele sale vitale.

Între problemele de mediu cu influență asupra morbidității populației prin boli netransmisibile se înscrie calitatea chimică a apei potabile. Sub acest aspect se știe că apa are o compoziție chimică foarte variată, conținând un mare număr de elemente chimice dizolvate. Compoziția naturală a apei cuprinde diverse substanțe minerale care se găsesc și în organismul uman, unele în cantități relativ mari, macroelementele (săruri de calciu și de magneziu, sodiu, potasiu, cloruri etc.), altele în cantități foarte mici, microelementele (iod, fluor, crom, seleniu, vanadiu etc.). Ele sunt definite ca substanțe biogene, vitale pentru funcționarea organismului. Carența sau excesul lor perturbă această funcționalitate cu posibila apariție a unor probleme de sănătate publică.

Bolile cardio-vasculare (BCV) reprezintă afecțiunile cele mai răspândite la ora actuală în întreaga lume, dar cu precădere în țările dezvoltate, unde la ora actuală dau cel mai ridicat procent de mortalitate. După cum se știe etiologia bolilor cardio-vasculare este multifactorială cuprinzând factorii: genetici, alimentari, psihici, metabolici, obiceiuri etc.

Diversi cercetători au studiat rolul apei în etiologia BCV. În orașele în care apa era lipsită sau carentată în săruri de calciu și magneziu, mortalitatea și morbiditatea prin BCV erau mult crescute.

S-a stabilit astfel o relație inversă între duritatea apei (concentrația în săruri de calciu și magneziu) și morbiditatea cardio-vasculară. De asemenea, s-a arătat că relația cu calciul este mai evidentă decât cu magneziul, iar dintre BCV, cardiopatia ischemică este cea mai elocventă.

Nu întotdeauna însă relația între duritatea apei și morbiditatea cardio-vasculară a putut fi corelată. De aici a apărut ipoteza că și alte elemente minerale din apă pot interveni în producerea și dezvoltarea BCV.

Astfel, cadmiul s-a dovedit a induce tensiunea arterială la animalele de experiență; mecanismul de acțiune se pare că este enzimatic, influențând metabolismul colesterolului cu depunerea pe vase, inducând ateroscleroza. Strâns legat de acțiunea cadmiului este și cea a zincului, dar în sens invers. Administrat la animale cu hipertensiune, zincul a redus nivelul acesteia, de aceea cercetătorii înclină să acorde un rol în etiopatogenia BCV nu zincului și cadmiului separat, ci raportului dintre ele.

Cuprul este un alt element cu acțiune în BCV. El are o putere catalitică mare influențând activ oxidările celulare și favorizând transformarea conversă a plăcilor ateromatoase în plăci fibroase.

Cromul acționează și el asupra colesterolului, crescând catabolismul acestuia și în consecință reduce nivelul acestuia, de aceea lipsa de crom din apă poate fi însoțită de producerea aterosclerozei.[53, 54]

Dar apa poate fi poluată și cu substanțe toxice, cum sunt: nitrații, pesticidele, detergenții și metale grele: plumb, mercur, aluminiu, cupru.[55]

Riscurile pentru sănătate datorate prezenței substanțelor chimice toxice diferă de riscurile contaminării microbiologice ale apei potabile.

Efectele biologice ale substanțelor din apă pot fi grupate în trei categorii:

- **substanțe toxice cu efect de prag:** sunt toxice numai peste o anumită concentrație (prag); sub aceasta nu se observă efecte asupra sănătății. Astfel de substanțe sunt *cianurile sau nitrații, care devin toxice peste o anumită concentrație* și pentru care e nevoie de doză crescută deoarece nu se acumulează, sau diverse *metale care sunt toxice peste concentrația-prag*, aceasta putând fi atinsă și treptat prin *fenomenul de bioacumulare*.

- **substanțe genotoxice** sunt substanțe toxice ce produc efecte nocive: *carcinogene* (produc cancer), *mutagene* (produc mutații genetice) sau *teratogene* (produc malformații) posibil la orice concentrație, deci pentru care nu s-a putut stabili existența unui prag sub care să nu fie nocive. În categoria substanțelor genotoxice pentru om intră arsenul, unele substanțe organice sintetice, mulți compuși organici halogenati, unele pesticide etc. [56]

- **elementele esențiale:** sunt substanțe care trebuie să facă parte obligatoriu din dieta organismului. Unele din acestea sunt aduse predominant sau exclusiv prin apă și de aceea lipsa lor sau cantitatea prea redusă afectează sănătatea organismului. Totodată însă și concentrațiile prea crescute sunt nocive. Astfel de substanțe esențiale pentru om sunt: *seleniul, fluorul, iodul* etc.[57]

#### 1.4.1. Aluminiul (Al) din apă

Factorii de mediu au o contribuție importantă la apariția bolii Alzheimer. Rata de apariție a acestei boli este mult mai frecventă în SUA decât în Europa.

Există tot mai multe dovezi care ne sugerează că boala se suprapune zonelor în care apa potabilă conține cantități mari de aluminiu (în special forma monomerică) și cantități scăzute de calciu și magneziu. Aceste condiții se întâlnesc în zonele în care apele de suprafață cu o alcalinitate scăzută nu pot acționa ca un tampon împotriva ploilor acide ce pot provoca o solubilitate crescută a aluminiului. În astfel de regiuni caracterizate de alcalinitate scăzută și ploi acide, nivelul crescut de aluminiu dizolvat provoacă mari pagube ecologice. Se pare că același element, aluminiul dizolvat este factorul de risc predominant în boala Alzheimer.

În anul 1988 s-a dovedit clar că excesul de aluminiu din apa potabilă este responsabil de afectarea memoriei. Un incident produs la instalația de distribuție a apei din Cornwall Anglia a provocat creșterea enormă a nivelului de sulfat de aluminiu în apa potabilă. Toți cei care au consumat apa contaminată s-au plâns de pierderi de memorie. Un alt studiu realizat în Ontario în care s-au analizat 668 cazuri de Alzheimer a demonstrat legătura dintre demență și aluminiu.

Apa potabilă cu un nivel ridicat de aluminiu, cu deficit de acid silicic, magneziu și calciu este periculoasă. Fluorul este de asemenea un cunoscut element de neutralizare a aluminiului și ar putea fi folosit în apa potabilă cu pH mare pentru a oferi o protecție împotriva bolii Alzheimer, dar fluorul în cantități mari poate provoca alte probleme de sănătate.[58]

Se sugerează faptul ca aluminiul de origine naturală prezent în unele surse subterane se află într-o formă care nu este ușor asimilată de organism și nu provoacă efecte negative asupra sănătății. În timpul procesului de tratare cu sulfat de aluminiu, acesta este transformat într-o formă care poate fi ușor asimilată.

Absorbția crescută de aluminiu mai poate provoca anemia, osteomalacia (oase moi sfărâmiatoase din cauza tulburărilor profunde în metabolismul fosforului și al calciului), infarctele. Scleroza laterală amiotrofică (SLA) și boala Parkinson sunt boli neurodegenerative care au fost de asemenea asociate expunerii la un nivel crescut de aluminiu.[59]

#### 1.4.2. Fluorul (F)

Printre microelementele cu o largă răspândire în natură și care reprezintă o importanță deosebită pentru organism se numără și fluorul. Acesta este localizat în oase și dinți. Necesarul de fluor se asigură prin apă și prin alimente (pești, crustacei, mugurii arborelui de ceai). Se apreciază ca optime concentrațiile de fluor între 0,7-1,2 mg\*L<sup>-1</sup>. Pe glob peste 75% dintre sursele de apă sunt deficitare în fluor.

Caria dentară reprezintă o afecțiune cu largă răspândire la toate vârstele și la ambele sexe. S-a dovedit că există o strânsă corelație între caria dentară și concentrația fluorului din apă. Cu cât concentrația fluorului este mai scăzută, cu atât frecvența persoanelor cu carii dentare e mai mare. O concentrație de fluor în apă sub 0,5 mg\*dm<sup>-3</sup> favorizează apariția cariei dentare.

În cazul concentrațiilor crescute de fluor, studiile efectuate în SUA au demonstrat apariția fluorozei dentare, care constă în apariția unor pete pe suprafața smalțului dentar.

Studiile de sănătate mai demonstrează faptul că expunerea la nivele crescute de fluor pot scadea IQ la copii și induce deficitul ponderal. Numeroase studii evidențiază relația dintre fluorul din apă și mortalitatea prin cancer osos.[60]

#### 1.4.3. Plumbul (Pb)

Plumbul este un metal moale care a cunoscut multe aplicații de-a lungul timpului. A fost folosit foarte mult pentru aplicații în produse metalice, cabluri și țevi, dar și în vopseluri și pesticide.

Plumbul este unul din cele patru metale care are cel mai distructiv efect asupra sănătății umane. Poate intra în organismul uman prin hrană (în proporție de 65%), apă (în proporție de 20%) și aer (în proporție de 15%).

Fructele, legumele, carnea, cerealele, fructele de mare, băuturile ușoare și vinul pot conține cantități semnificative de plumb. Fumul țigărilor conține de asemenea cantități mici de plumb.

Plumbul poate ajunge în apa potabilă prin coroziunea țevelor. Aceasta se întâmplă când apa este puțin acidă. De aceea, sistemele publice de tratare a apei sunt obligate sa efectueze ajustări de pH în apă cu scopul de a îi îmbunătăți potabilitatea.

Plumbul poate cauza o serie de efecte nedorite, cum ar fi:

- distrugerea biosintezei hemoglobinei și anemie
- creșterea presiunii sângelui;
- afecțiuni ale rinichilor;
- avorturi;
- distrugerea sistemului nervos;
- afecțiuni cerebrale;
- scăderea fertilității la bărbați;
- diminuarea capacității de învățare a copiilor;

- afectarea comportamentului la copii, ca agresiuni, comportament impulsiv și hiperactivitate.

Proveniența Pb în apă poate fi datorată poluării apei cu reziduuri industriale care contin Pb sau pătrunderii în apă a Pb din conducte, în cazul în care acestea sunt confecționate din acest metal. Se pare că și unele materiale plastice din care sunt confecționate conductele de apă pot conține Pb în cantități mici.

Absorbția Pb din apă este mai mică decât a celui din aer. Pb traversează ficatul, unde suferă un fenomen de detoxifiere, motiv pentru care nu se descriu fenomene de intoxicație acută cu Pb pe calea apei, decât în cazuri excepționale. În schimb, pot apărea intoxicații cronice sau tulburări importante ca urmare a consumului îndelungat a unei ape încărcate cu Pb.

Absorbția gastro-intestinală a Pb este mai crescută la copii (40-50 %) decât la adulți (3-10 %).

Principalele simptome ale intoxicației cronice cu Pb prin apă constau din:

- oboseală nejustificată,
- paloare,
- anorexie,
- diaree sau mai frecvent constipație,
- dureri articulare.

Unii autori au descris și apariția unor tulburări cardio-vasculare, în special creșterea tensiunii arteriale, manifestări renale, avort spontan la femei, sterilitate la bărbați și arierație mintală la copii (la care s-au evidențiat niveluri sanguine de peste 400  $\mu\text{g Pb}\cdot\text{L}^{-1}$ ). [57, 61, 62]

#### **1.4.4. Arsenul (As)**

În urma cercetărilor efectuate în ultimii ani referitoare la efectele As asupra stării de sănătate a populației s-au adus contribuții importante la elucidarea mecanismelor de acțiune. As se poate găsi uneori în concentrații crescute în apele naturale. Se cunosc regiuni din lume unde concentrația As este foarte mare (America de Sud, Noua Zeelandă). Poluarea cu As a apelor se realizează atât prin industrie, cât și prin agricultură (insecticide, fungicide, raticide).

Absorbția As prin tubul digestiv este mai mare decât pentru plumb, mercur sau cadmiu, dar el se elimină relativ repede prin urină. Restul se concentrează în organism la nivelul ficatului, splinei, plămânilor și rinichilor. Produce tulburări metabolice în organism prin inhibarea unor enzime, inducând simptome ca: cefalee, vertij, oboseală, iar la concentrații mai mari: dureri abdominale, vărsături, inflamații ale mucoasei digestive.[52 ,63]

#### **1.4.5. Manganul (Mn)**

În contact cu oxigenul, manganul formează oxizi insolubili ce determină colorarea apei, formarea de depozite negre, detașabile în rețeaua de distribuție și modificări de gust, miros și turbiditate.

Valoarea recomandată pentru apa potabilă este de 0,1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Nu s-au înregistrat efecte asupra sănătății publice în cazul ingestiei zilnice de Mn prin apă, alimente sau aer. [64]

#### 1.4.6. Fierul (Fe)

Metal foarte răspândit în scoarța terestră; în condiții naturale, apa conține Fe în concentrații de 0,5 – 50 mg\*L<sup>-1</sup>.

În apele de adâncime s-au constatat nivele peste 1 mg\*L<sup>-1</sup>, prezența Fe în apele naturale putând fi atribuită dizolvării rocilor, mineralelor și infiltrărilor provenind din industria metalurgică.

În apa potabilă se întâlnesc nivele sub 0,3 mg\*L<sup>-1</sup>. Fierul din apa poate să provină din folosirea coagulanților cu fier (la tratarea apei), a coroziunii conductelor de distribuție din oțel și fontă. Fierul favorizează dezvoltarea bacteriilor prin transformarea ionului feros în ion feric. La concentrații de fier peste 0,3 mg\*L<sup>-1</sup>, apa se colorează, afectează lenjeria și accesoriile sanitare din plumb.

La ingestii crescute de Fe s-a constatat apariția hemocromatozei, manifestată și prin dereglări biochimice importante. De asemenea unii cercetători raportează faptul că indivizii cu un aport crescut de fier și de mangan au o predispoziție crescută de a dezvolta Boala Parkinson.[65]

#### 1.4.7. Amoniacul (NH<sub>3</sub>)

Amoniacul rezultă din oxidarea parțială a substanțelor organice naturale și poluante, de asemenea este legat de utilizarea cloraminei ca dezinfectant.

Concentrația naturală în apele subterane și de suprafață nu depășește 0,2 mg\*L<sup>-1</sup>. În apele subterane, în condiții de aerobioză, poate ajunge la 3 mg\*L<sup>-1</sup>, în urma reducerii nitriților. În apele de suprafață amoniacul poate atinge concentrații crescute, în acest caz indicând posibilitatea unei poluări microbiologice. El reprezintă prima treaptă de mineralizare a substanțelor organice sub acțiunea microorganismelor, apărând într-un interval de 24 – 48 de ore de la poluarea apei cu substanțe organice.

Cantitatea crescută de amoniac poate compromite eficacitatea dezinfecției apei (crește necesarul de clor al apei), determină formarea nitriților (prin oxidare) în rețeaua de distribuție, micșorează eliminarea magneziului prin filtrare și poate crea probleme organoleptice. [59]

#### 1.4.8. Azotiții (nitriții)

Sunt compuși chimici labili, rezultați din oxidarea incompletă a substanțelor organice. În condiții aerobe se transformă în nitrați, iar în condiții anaerobe, în amoniac.

În apele de profunzime nitriții pot fi în concentrație crescută, acolo unde se folosesc fertilizante azotate în agricultură. În apele de suprafață concentrația crescută indică posibilitatea poluării biologice. Nitriții reprezintă a doua treaptă de mineralizare a substanțelor organice, cu apariție la 3-5 zile după poluare.

Creșterea concentrației nitraților, nitriților în apa de fântână se datorează și surselor de poluare din jurul fântânii.[66] După perioade cu ploi abundente, apa se infiltrează în sursele locale de apă potabilă. Un alt motiv îl constituie fertilizarea solului cu îngrășăminte pe bază de azot. Nitrații se transformă în cavitatea bucală în nitriți (fenomen accentuat la copii mici datorită pH-ului mai alcalin al salivei lor) și se leagă în sânge de hemoglobină formând methemoglobina [67]. Aceasta blochează celulele roșii ale sângelui provocând "cianoza" iar la copiii mici poate cauza chiar moartea ("maladia copilului albastru"). De asemenea, un risc major îl constituie prezența nitraților și nitriților în legume în mediul rural, cu posibilitatea formării în timp a nitrozaminelor, substanțe cu mare potențial cancerigen și mutagen [68, 69].

#### **1.4.9. Turbiditatea apei**

Turbiditatea apei este dată de particule în suspensie organice (în apele de suprafață) și anorganice (în apele de adâncime), prezența particulelor fiind legată de tratamentul ineficient al apei, de antrenarea sedimentului din rețeaua de distribuire a apei.

O turbiditate crescută poate favoriza dezvoltarea microorganismelor și poate proteja microorganismele de efectele dezinfecției, suspensiile constituind un suport pentru adsorbția acestora.

Pentru eficiența dezinfecției turbiditatea apei trebuie să fie suficient de scăzută: turbiditatea medie mai mică sau egala decât un grad turbiditate și orice probă de apă să aibă maximum 5 grade turbiditate.

Turbiditatea poate avea o acțiune considerabilă asupra calității microbiologice a apei potabile, împiedicând detectarea atât a bacteriilor dar și a virusurilor. La nivele crescute de turbiditate a fost evidențiată prezența coliformilor chiar și după clorinare. Este necesară și o coagulare și filtrare a apei, prealabilă clorinării. O valoare scăzută a turbidității apei demonstrează eficacitatea procedurilor de coagulare, de sedimentare și de filtrare. [70]

#### **1.4.10. Temperatura apei**

Are o dublă valoare sanitară.

- în primul rând influențează direct organismul uman și consumul de apă. Apa rece cu o temperatură sub 5°C produce o scădere a rezistenței organismului față de infecții, favorizând producerea de amigdalite, faringite, laringite etc. De asemenea, asupra tubului digestiv produce o creștere a tranzitului intestinal.

- apa caldă cu o temperatură peste 17°C are un gust neplăcut datorită pierderii gazelor dizolvate în primul rând a oxigenului și nu satisface senzația de sete. Temperatura crescută a apei favorizează creșterea microorganismelor și accentuarea corozivității. De aceea temperatura apei trebuie să fie cuprinsă între 7 și 15°C.

Temperatura are însă și un rol indirect ca indicator de poluare a apei. Sub acest aspect se știe că apa de suprafață împrumută temperatura aerului, iar apa subterană își păstrează constantă temperatura. Dacă temperatura apei subterane variază în paralel cu temperatura aerului, înseamnă că există o legătură cu exteriorul prin care apa se poate polua.

Caracteristicile microbiologice ale apei potabile depind de temperatură care condiționează mecanismele de tratare (dezinfecția). În general o temperatură crescută favorizează dezinfecția. Asupra bacteriei E. Coli, s-a observat o eficacitate bactericidă a clorului de 5 ori mai crescută între 20 și 25°C, decât între 2 și 5°C. Rezultate asemănătoare au fost constatate și la virusuri. Inactivarea acestora prin ozon este direct proporțională cu creșterea temperaturii. Creșterea temperaturii apei favorizează de asemenea supraviețuirea chiștilor parazitari.

Viteza de formare a trihalometanilor crește o dată cu temperatura în apele potabile tratate cu clor.[71]

#### **1.4.11. Trihalometani (THM)**

Se consideră că produsele pentru dezinfecție sunt cea mai mare amenințare privind starea de sănătate din punctul de vedere al resurselor de apă.

Folosirea clorului la tratarea apei pentru a reduce riscul bolilor infecțioase poate fi responsabilă pentru o parte substanțială a riscului de cancer asociat cu consumul apei potabile.

Trihalometanii sunt asociați unui risc crescut de cancer al vezicii urinare și de cancer rectal.

În prezent, filtrarea prin carbune este singura modalitate cunoscută de înlăturare a trihalometanilor cancerigeni și a altor produse de dezinfecție periculoase din apa potabilă.[72, 73]

#### **1.4.12. Hidrocarburile aromatice policiclice (HAP)**

Concentrația lor în apele de suprafață este foarte scăzută și variază între 0,12 – 3,1  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . S-a studiat prezența acestora în apele subterane și în rezervoarele de distribuție și s-a constatat faptul că, în apa potabilă, concentrația globală a acestora nu depășește 0,05  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Aceste substanțe induc apariția hipercheratozei, a hiperplaziei și la dispariția glandelor sebacee în epidermă. În același timp HAP cancerigene nu produc în general semne evidente de toxicitate, decât în cazul unor doze mari de HAP care induc formarea tumorilor.

Datele referitoare la efectele teratogene sunt foarte limitate, acestea apărând doar la doze crescute de benz-piren.

S-au formulat următoarele recomandări pentru reducerea concentrației HAP din apă:

- tratamentul corespunzător al apei pentru reducerea turbidității, ceea ce diminuează la minimum concentrația HAP (corelație dovedită între concentrația HAP și suspensiile din apă);
- evitarea contaminării apei în sectorul înmagazinării și de distribuire a apei, prin abandonarea utilizării izolației de gudron la rezervoarele și conductele de apă;
- stabilirea unor indicatori specifici pentru controlul concentrației acestor substanțe;
- în caz de contaminare a apei, atât substanța cât și sursa trebuie identificate;
- O valoare indicativă de 0,01  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  a fost propusă ca valoare limită pentru benz-piren în apele potabile.[74]

## 2. TEHNOLOGII DE POTABILIZARE A APEI

### 2.1. Generalități

Necesitatea tratării apelor din surse naturale, în vederea obținerii apei potabile, este impusă de calitatea apei de sursă și de valorile indicatorilor calitativi ai apei tratate.

Procesul tehnologic de tratare reprezintă ansamblul operațiilor și proceselor unitare, aranjate într-o succesiune logică, pentru a realiza eliminarea poluanților din apa provenită din diferite surse naturale și, respectiv, încadrarea în normativele de calitate ale apei tratate.

Schema tehnologică de tratare este reprezentarea grafică a procesului tehnologic de tratare al apei cu un anumit grad de poluare. Reprezentarea grafică se realizează respectând ordinea operațiilor/proceselor din procesul tehnologic de tratare, pornind de la sursă către apa tratată.

Factorii ce influențează stabilirea procesului tehnologic de tratare și a schemei tehnologice sunt:

- **calitatea apei brute și cerințele calitative ale apei tratate** – calitatea apei din sursele naturale și corelarea cu scopul tratării influențează decisiv complexitatea procesului de tratare.
- **Stabilirea schemei primare a procesului tehnologic de tratare**, considerând operațiile și procesele unitare care pot realiza corectarea indicatorilor calitativi. Ulterior această schemă preliminară se poate definitiva considerând și alte aspecte importante cum ar fi: rezultatele experimentelor de laborator sau la scară pilot, costul instalațiilor de tratare, posibilitățile de exploatare a utilajelor și folosirea personalului existent, impactul diferitelor procese/operații unitare asupra mediului înconjurător.
- **Stabilirea condițiilor** privind debitele de apă prelucrate și circulația apei în stația de tratare.
- **Stabilirea condițiilor de proces care asigură performanțele optime** pentru fiecare etapă de tratare.
- **Evaluarea condițiilor de producere a unei eventuale poluări secundare și metodele de prevenire** – se pot considera eventualele poluări secundare cu compuși cu aluminiu, compuși organici clorurați sau nămol rezultat de la sedimentare.
- **Evaluarea principalelor cheltuieli de investiție și operare**
- **Considerarea dezvoltării sau modernizării ulterioare a stației de tratare** ca urmare a creșterii necesarului de apă sau îmbunătățire a indicatorilor calitativi.

Pentru a avea o calitate corespunzătoare, apele sunt supuse unor procese de tratare în vederea potabilizării, pentru eliminarea substanțelor chimice, substanțelor organice și organismelor care pot fi dăunătoare sănătății umane. Tratatamentul este ales în funcție de caracteristicile apei, de costul operării și al întreținerii. Toți acești factori pot influența în mare măsură performanța sistemului de tratare a apei în vederea potabilizării [75].



## 2.2. Tehnologii de tratare a apei provenită din surse subterane

Indicatorii calitativi, care pot fi îmbunătățiți prin tratare, se stabilesc în funcție de compoziția apei de sursă și se referă la: microorganisme, conținutul de  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  (agresivitate), oxigenul dizolvat (apele subterane pot fi aerobe sau anaerobe), compușii organici.

### 2.2.1. Procese tehnologice de tratare pentru apele subterane aerobe

Apele subterane care au concentrații de oxigen corespunzătoare standardelor de calitate (minim  $6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) și nu sunt impurificate cu compuși organici sau anorganici nu necesită o tratare deosebită, ci doar aplicarea dezinfecției pentru distrugerea microorganismelor (figura 2.1.).

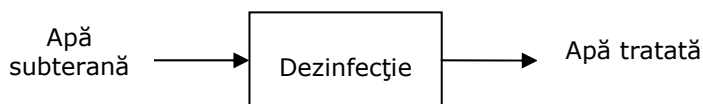


Figura 2.1. Schema tehnologică de tratare a apelor subterane aerobe

### 2.2.2. Procese tehnologice de tratare pentru apele subterane anaerobe

Apele subterane anaerobe conțin, de obicei, compuși cu  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{O}_2$  dizolvat (în concentrații situate sub limita admisă de standardele de calitate) și concentrații mici de  $\text{CH}_4$  și  $\text{H}_2\text{S}$ . În acest caz se poate practica aerarea pentru precipitarea compușilor cu  $\text{Fe}^{2+}$  și  $\text{Mn}^{2+}$  și pentru îmbunătățirea conținutului de oxigen dizolvat, respectiv, eliminarea  $\text{CH}_4$  și  $\text{H}_2\text{S}$ . [76]

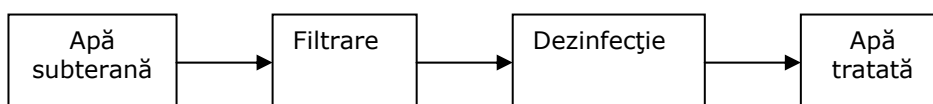
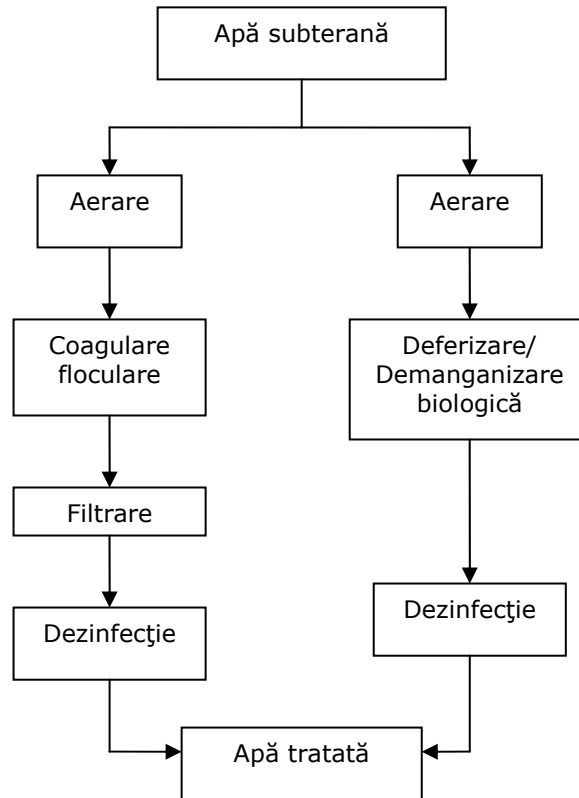


Figura 2.2. Schema tehnologică de tratare a apelor subterane anaerobe

În cazul când ionii de fier ( $\text{Fe}^{2+}$ ) sunt legați de compuși organici, procedeele de aerare nu prezintă o eficiență corespunzătoare. În acest caz, se recomandă folosirea proceselor (figura 2.3.): de oxidare chimică, cu clor, permanganat de potasiu sau ozon, sau de coagulare-floculare.[77, 78]



**Figura 2.3.** Schema tehnologică de tratare a apelor subterane anaerobe, în cazul când ionii de fier ( $Fe^{2+}$ ) sunt legați de compuși organici

## 2.3. Tehnologii de tratare a apei provenită din surse de suprafață

### 2.3.1. Tehnologii de tratare convențională a apei

Compoziția apelor de suprafață depinde de calitatea sursei din care sunt preluate și de posibilele poluării accidentale în amonte de stația de tratare.

Caracteristicile principale ale apelor de suprafață care trebuie îmbunătățite prin tratare sunt:

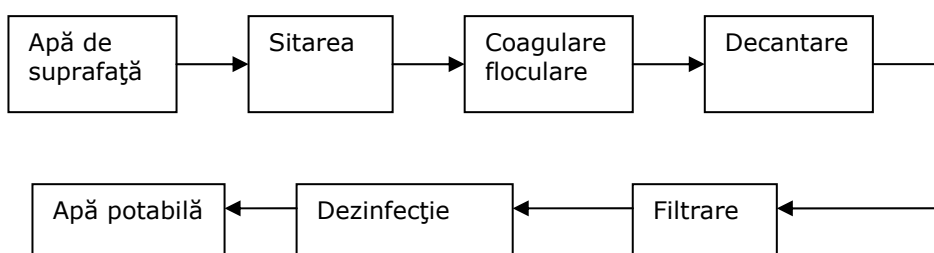
- conținutul de microorganisme și organisme vii;
- materiile solide în suspensie și coloidale;
- compușii organici de origine naturală sau sintetici, care conferă apei colorația specifică și uneori gust și miros neplăcut
- compușii anorganici: sulfați, cloruri, azotați [79].

Tratarea apelor de suprafață, referindu-se la râuri, ridică probleme de tratare, cum sunt :

- eliminarea materialului plutitor de dimensiuni mai mari sau mai mici (se folosește sitarea),

- eliminarea suspensiilor grosiere printr-o simplă staționare relativă (presedimentarea),
- eliminarea suspensiilor coloidale, fapt ce necesită eliminarea, coagularea, flocularea și decantarea,
- limpezirea finală, prin instalații de filtrare,
- dezinfectia apei limpezite, când este necesară obținerea apei potabile [80].

Schema convențională de tratare a apei de suprafață este prezentată în figura 2.4 [77].

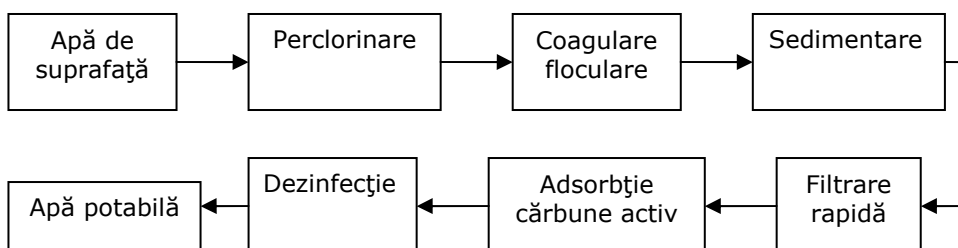


**Figura 2.4.** Schema tehnologică de tratare convențională a apelor de suprafață

### 2.3.2. Tehnologii de tratare avansată a apei

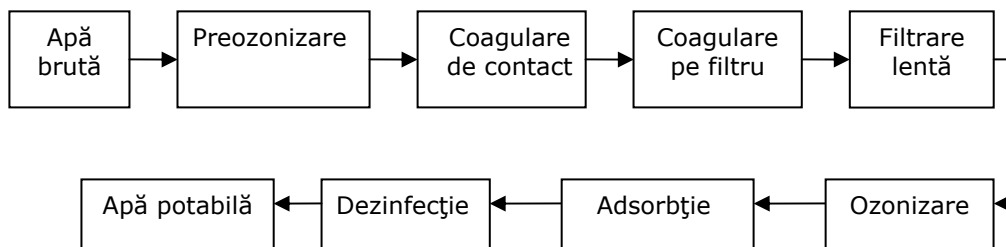
Procesele de tratare avansată care completează tehnologia de tratare convențională, se realizează pe baza unei analize a eficienței acestora corelată cu condițiile de calitate ale apei de sursă și cerințele impuse de consumator, în vederea alegerii variantei tehnologice de modernizare a stației de potabilizare.

În condițiile în care apele de suprafață sunt impurificate cu o serie de micropoluantți cum ar fi: ierbicide, pesticide, compuși organici sintetici (fenoli sau hidrocarburi aromatice), se recomandă utilizarea unei scheme de tratare avansată (figura 2.5.).[34]



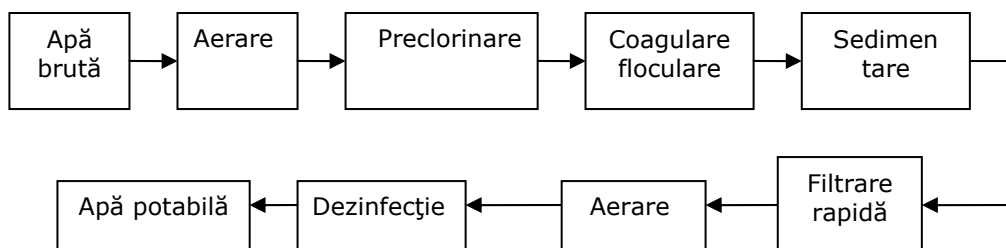
**Figura 2.5.** Schema tehnologică de tratare avansată a apelor de suprafață

Un studiu realizat de Welte și colaboratori [81] a urmărit eliminarea pesticidelor, prin utilizarea unor procedee de tratare avansată, în vederea obținerii unor concentrații mai mici de  $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  în apa potabilă. Schema tehnologică propusă este prezentată în figura 2.6.



**Figura 2.6.** Schema tehnologică de tratare avansată a apelor de suprafață

În cazul râului Rhin procesul tehnologic de tratare, în scopul obținerii apei potabile, cuprinde un număr mare de etape având în vedere și încărcarea poluantă a acestui râu, conform figurii 2.7. [82] În cadrul acestui proces tehnologic aerarea are loc în aeratoare de tip cascadă, coagularea se realizează cu compuși ferici, în prezența cărbunelui activ pulbere, iar etapele de flocurare și sedimentare au loc într-un decantor suspensional. Corecția de pH este făcută cu soluție de  $\text{Ca(OH)}_2$ .



**Figura 2.7.** Schema tehnologică de tratare avansată a râului Rhin

Baudin și colaboratorii [83] au analizat eficiența procesului CRISTAL de tratare a apelor de suprafață în scopul obținerii apei potabile.

CRISTAL este un procedeu nou, care combină ultrafiltrarea cu adsorbția pe cărbune activ pulbere, utilizat pentru a răspunde exigențelor mari privind calitatea apei potabile (microorganisme, turbiditate, micropoluanți organici).

Aspecte ce au dus la necesitatea folosirii procedurii CRISTAL:

- prezența compușilor organici halogenați în apa tratată, ca urmare a dezinfecției cu clor;
- modificarea periodică a gustului și mirosului, fenomen asociat cu proliferarea algelor în apa brută și, respectiv, incapacitatea reținerii acestora;
- imposibilitatea reținerii micropoluanților organici din apa brută;
- reținerea insuficientă a materiilor naturale și apariția fenomenelor de degradare a acestora în rețeaua de distribuție.

Avantajele procesului CRISTAL constau în:

- calitate îmbunătățită și constantă a efluentului;
- facilitatea operării pentru condiții de variație sezonieră a calității apei brute;
- proces automat și compact.

Kruithof și colaboratorii [84] au realizat un studiu privind analiza sistemului combinat ultrafiltrare / ozmoză inversă pentru a trata o apă brută ce prezintă variații sezoniere mari de temperatură (0 – 25 °C). Procesul tehnologic include coagularea, sedimentarea și filtrarea în sens ascendent. După această primă etapă de tratare convențională, apa este supusă unui tratament combinat ultrafiltrare și ozmoză inversă la presiune foarte scăzută.

Pentru evaluarea etapei de tratare avansată (UF/OI) s-au urmărit aspecte legate de:

- productivitatea instalației;
- eliminarea microorganismelor, inclusiv controlul procesului de „bio-colmatare” a membranelor;
- eliminarea produșilor secundari ai dezinfecției;
- eliminarea altor compuși anorganici;
- evoluția colorației, carbonului organic dizolvat.

În urma experimentelor efectuate s-a constatat că microorganismele care mai erau prezente în urma tratării convenționale, au fost reduse, prin ultrafiltrare, sub limita de detecție și s-a concluzionat că procedeul combinat UF/OI la presiune scăzută constituie o barieră sigură de dezinfecție a apei, atâta timp cât sistemul este menținut în condițiile de integritate corespunzătoare.

Garcia-Villanova și colaboratorii [85] au studiat două procese tehnologice de tratare cu privire la formarea și evoluția tri-halometanilor (THM) în apa potabilă datele obținute fiind corelate statistic cu următorii indicatori calitativi: concentrația compușilor humici în apa brută, dozele de pre- și postclorinare, absorbanta UV, pH-ul și temperatura.

## 3. COAGULAREA ȘI FLOTAȚIA

### 3.1. Coagularea–Flocularea

#### 3.1.1. Considerații generale privind procesul de coagulare-floculare

Procesele de coagulare și floculare sunt metode de tratare a apelor, care facilitează eliminarea particulelor coloidale din apele brute, prin adăugarea de agenți chimici, aglomerarea particulelor coloidale, și respectiv, separarea lor ulterioară prin sedimentare, flotație, filtrare. În afară de eliminarea coloizilor și reducerea turbidității din apele de suprafață, prin coagulare se reduc parțial colorația, gustul, mirosul și conținutul de microorganisme.

Coagularea-flocularea se aplică în special pentru apele de suprafață sau pentru apele uzate.

Procesul de coagulare este definit în mod clasic de majoritatea cercetătorilor ca fiind procesul prin care se destabilizează materia aflată sub formă de suspensie din apă.[86, 87] Letterman și colaboratori [88], definesc coagularea ca proces aplicat pentru mărirea tendinței particulelor mici în suspensie apoasă de a se atașa unele de altele sau de suprafețe.

Procesul de coagulare-floculare este unul foarte vechi în tehnica tratării apelor, iar agenții de coagulare utilizați au fost dintre cei mai diferiți: pulbere de migdale – în Egipt, nuci măcinate – în India, sulfat dublu de aluminiu și potasiu (alaun) – în China.

În anul 1843, James Simpson (Anglia) folosește experimental alaunul, iar din anul 1884, acest procedeu este utilizat în practica industrială. După anul 1920, se acceptă importanța ionilor de  $Fe^{3+}$  și  $Al^{3+}$  în procesul de coagulare, iar din 1952 se folosesc polielectrolizii ca adjuvanți de floculare.

Coloizii sunt agregate de molecule cu dimensiuni de 0,001–0,1  $\mu m$ , care au sarcina electrică negativă și grad foarte mare de stabilitate, fiind foarte greu de eliminat prin sedimentare, datorită dimensiunilor foarte mici și a vitezelor foarte mici de sedimentare, eficiența procesului de sedimentare fiind foarte mică în lipsa adaosului de agenți de coagulare. [89]

Sub denumirea generică de coloizi sunt definite o serie de impurități cu dimensiuni foarte mici, de proveniență diferită:

- particule coloidale provenind din compuși anorganici, la suprafața acestor particule putând fi adsorbite uneori și molecule organice;
- molecule polare organice, cu dimensiuni de 0,003 – 0,01  $\mu m$ , provenite din compuși de origine naturală, cum ar fi: acizii humici și fulvici sau compuși organici de sinteză, acestea contribuind la culoarea apelor naturale;
- bacterii, viruși sau microalge au dimensiuni apropiate de cele ale particulelor coloidale, deși sunt eliminate într-o oarecare măsură în procesul de coagulare-floculare, este mai avantajos ca distrugerea microorganismelor să se realizeze înainte de etapa de coagulare prin pre-clorinare;

- molecule de detergenți, care, având în vedere proprietățile tensioactive, se pot atașa cu ușurință de particulele hidrofobe, oferindu-le un caracter hidrofil și fiind astfel mult mai greu de eliminat din sistem.[90]

Maltzen în 1928 [91] a fost primul care a arătat că produșii de hidroliză ai aluminiului și fierului sunt mai importanți decât ionii trivalenți ca atare, deși această abordare a fost unanim acceptată și introdusă în chimia coagulării doar cu 30 de ani mai târziu.

Black și colab [92] au efectuat o serie de studii privind efectul pH-ului și diferiților anioni asupra timpului de formare a flocoanelor. Pentru următorii câțiva ani preocuparea principală a cercetării privind coagularea a fost studierea metodelor mecanice necesare pentru a produce o floclare mai bună și căutarea unor adjuvanți de coagulare: bentonita, silicați, var și mult mai târziu polielectroliti organici.

La sfârșitul anilor '40 s-a dezvoltat o nouă teorie a coagulării de către Langelier și Ludwing [93] care disting două mecanisme pentru îndepărtarea impurităților coloidale:

- a) *comprimarea stratului dublu electric* – un proces care permite particulelor să învingă forțele de repulsie și astfel să se aglomereze și să precipite;
- b) *înglobarea în precipitat* – un proces în care particulele mici sunt fizic înglobate de către precipitatele metalice când acestea se formează și decantează.

Aceste două mecanisme au fost elaborate și fundamentate teoretic de LaMar și Healy [94], care au propus termenii de coagulare pentru cele două mecanisme de îndepărtare a impurităților coloidale.

Aprofundându-se studiile asupra coagulării se ajunge, în anii '70 [95] și '80 [96], să se extindă teoriile asupra coagulării la 4 mecanisme față de cele 2 menționate cu 20 de ani înainte [93]:

- compresia stratului dublu electric,
- neutralizarea sarcinii,
- formarea punților interparticule
- floclarea precipitatelor (înglobarea în precipitat).

Aceste procese pot avea loc separat sau concomitent pentru destabilizarea particulelor coloidale, facilitând îndepărtarea lor.

Cercetările lui Amertharajah și Mills [97] au demonstrat că mecanismele coagulării sunt funcție de pH și concentrația de coagulant, în primul rând. Cele mai multe stații de tratare convențională a apei operează în domeniile unde floclarea precipitatelor este mecanismul predominant al coagulării [98].

Studierea mecanismelor coagulării și abordările privind îmbunătățirea performanțelor coagulării sunt întotdeauna legate de nevoile de a respecta standardele de calitate a apei. Acest lucru a fost ilustrat în anii '70 când haloformii și alți compuși organici halogenati (de ex. trihalometanii, THMs) au fost descoperiți pentru prima dată în apele tratate [99] ca un rezultat al proceselor de dezinfectie, respectiv al reacției substanțelor organice naturale (NOM) cu dezinfectantul clor. Reducerea conținutului de NOM a devenit cel mai important subiect al coagulării-floclării [100].

Încercând o punte între concepțiile asupra coagulării, se poate spune că aceasta fiind definită ca un proces, cel mai adesea de „combinare a particulelor mici în agregate mai mari”[98]. Coagularea s-a redefinit mai recent ca „un proces de combinare a materiilor coloidale și particulelor mici în agregate mai mari și de adsorbție a materiilor organice dizolvate pe aceste agregate, facilitând astfel înlăturarea lor în etapele ulterioare de sedimentare, flotație și filtrare” [101].

### 3.1.2. Descrierea procesului de coagulare–floculare

#### 3.1.2.1. Etapele procesului de coagulare-floculare

Procesul de coagulare floculare are loc în trei etape:

##### 1. Neutralizarea sarcinilor electrice prin adausul de agenți de coagulare

În această etapă a procesului de coagulare–floculare, se realizează îmbunătățirea posibilităților de aglomerare sub agitare intensă, într-un timp foarte scurt 30 secunde – 1 minut. Amestecarea intensă este necesară pentru distribuirea speciilor adsorbite la toate particulele coloidale și pentru prevenirea restabilizărilor locale.

##### 2. Formarea microflocoanelor prin aglomerarea particulelor lipsite de sarcina lor inițială.

Aglomerarea se face întâi în microflocoane și apoi în flocoane voluminoase, separabile prin sedimentare. Acest proces se numește floculare. După modul în care se realizează aglomerarea particulelor, flocularea este de două tipuri:

- *flocularea pericinetică* – în care coalescența particulelor se realizează ca urmare a mișcării browniene, această fază începe imediat după terminarea agitării rapide și se produce numai pentru particulele mai mici de 1 μm, nefiind suficientă pentru a asigura vitezele de procesare a apei tratate;
- *flocularea ortocinetică* – care conduce la formarea de macroflocoane și se produce în practică datorită unui gradient de viteză produs prin curgerea lichidului sau prin agitarea mecanică, această fază se realizează prin agitare lentă timp de 15 – 30 minute, și are ca rezultat formarea de flocoane mari, dense și ușor sedimentabile.

##### 3. Separarea flocoanelor prin sedimentare, filtrare sau flotație

Sedimentarea sau flotația se pot realiza în același utilaj în care s-a făcut flocularea sau în utilaje separate. Filtrarea se realizează de obicei după sedimentare, într-un utilaj separat.[102]

#### 3.1.2.2. Mecanisme ce contribuie la destabilizarea sistemelor coloidale

Principalele mecanisme care explică destabilizarea sistemelor coloidale prin coagulare se referă la neutralizarea sarcinilor electrice ale particulelor coloidale și sunt:

**Coagularea electrostatică** – are la bază teoria neutralizării sarcinilor electrice ale particulelor coloidale de către contracationii aparținând agentului de coagulare. Numărul de contracationi, necesari pentru a destabiliza sistemul coloidal, este proporțional cu sarcina electrică a acestora, coagularea fiind cu atât mai eficientă cu cât valența cationului este mai mare.

$$n_i = \left( \frac{1}{q_i} \right)^6 \quad 3.1.$$

în care:

$n_i$  – număr de contracationi necesari pentru neutralizarea sarcinilor particulelor coloidale

$q_i$  – sarcina contracationilor

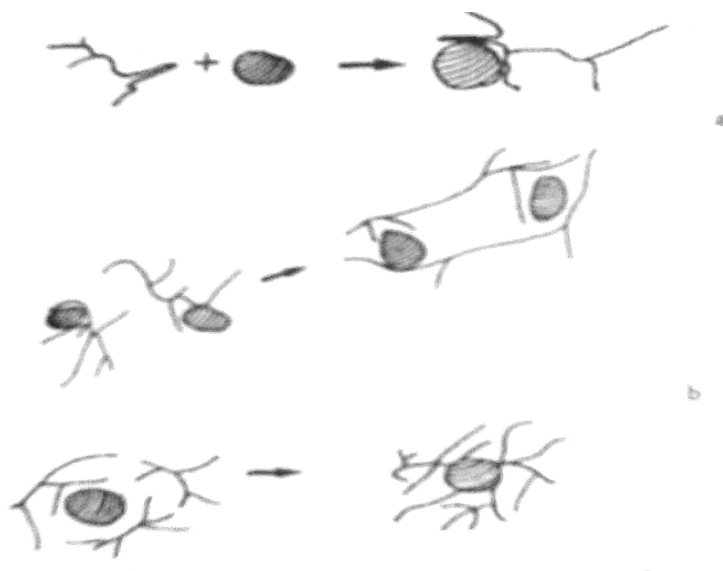


În coagularea electrostatică, potențialul zeta are un rol important, deoarece acesta depinde de tăria ionică a soluției și repulsia electrostatică a particulelor coloidale. [103]

**Coagularea prin reacție chimică** – agenții de coagulare reacționează cu grupările ionizate de la suprafața particulelor coloidale, cu formare de produși cu solubilitate mică sau insolubili, reacția chimică fiind dependentă de pH-ul mediului.[104]

**Coagularea prin adsorbție-agregare** – acest mecanism presupune adsorbția contraionilor agentului de coagulare pe suprafața particulei coloidale, încărcată negativ, având ca rezultat neutralizarea sarcinilor electrice a coloizilor și precipitarea lor ulterioară. Deoarece adsorbția este nespecifică, este posibilă apariția unui exces de sarcini pozitive la suprafața coloidului, care contribuie la o inversare a potențialului zeta de la valori negative la valori pozitive și la o mărire a volumului particulei coloidale, cu rezultate favorabile asupra eficienței procesului de coagulare în ansamblul său.[105]

În practică, eficiențe mărite ale procesului de coagulare se obțin chiar dacă valoarea potențialului zeta nu este redusă la zero, acest aspect fiind explicat prin modelul de tip punte elaborat de Stumm și O'Melia în 1968. Acest model presupune adsorbția moleculei de polimer la suprafața particulei coloidale în unul sau mai multe puncte, astfel încât, o parte din molecula polimer să rămână în soluție. Atât grupările funcționale ale coloidului, cât și acelea ale coagulantului sau agentului de floclare contribuie mult la mărirea gradului de adsorbție. Condițiile optime de destabilizare a sistemelor coloidale presupun ocuparea numai a unei porțiuni din suprafața particulei coloidale prin adsorbție, lăsând astfel poziții libere pentru legăturile de tip punte. În cazul în care dozele de coagulant sunt depășite pot apare fenomene de restabilizare a coloidului, datorită faptului că nu mai sunt poziții libere la suprafața coloidului care să mai poată fi active pentru coagulare prin adsorbție sau legături de tip punte (figura 3.1).



**Figura 3.1.** Destabilizarea sistemelor coloidale prin adsorbție: a) adsorbție-coagulare, b) coagulare tip „punte”, c) restabilizare (supradozare)

Acest tip de mecanism explică și fenomenele care au loc în procesul de coagulare-floculare atunci când se utilizează drept agenți de floculare compuși macro moleculari. [106]

**Coagularea prin coprecipitare** – acest mecanism explică apariția fenomenului de coprecipitare în timpul floculării, sau atunci când se utilizează săruri de calciu și magneziu și se formează compuși insolubili.

Eficiența procesului de coagulare-floculare este maximă atunci când solubilitatea compușilor rezultați prin coagulare-floculare este foarte mică. Duritatea apei influențează de asemenea procesul de coagulare, de exemplu creșterea concentrației ionilor de sulfat duce la scăderea timpului necesar coagulării-floculării, și respectiv la scăderea valorilor pH-ului pentru care se realizează destabilizarea sistemului coloidal.[107]

În procesul de floculare, particulele coloidale, a căror sarcină electrică a fost neutralizată, se combină pentru a forma aglomerări de particule (flocoane), care se pot separa mai ușor prin operații ulterioare (sedimentare, filtrare, flotație).

Flocularea este un proces în care contactul dintre particule este foarte important, acesta fiind mult influențat de: gradul de agitare al apei, timpul de agitare și temperatura apei.

**Flocularea pericinetică** – procesul natural de agitație termică are cea mai mare importanță în realizarea contactului dintre particule și respectiv coalescenței particulelor.

Flocularea pericinetică se produce numai pentru particule mai mici de 1 μm, are ca rezultat formarea microflocoanelor, iar probabilitatea apariției acestui mecanism scade pe măsură ce crește dimensiunea particulelor.

**Flocularea ortocinetică** – în acest caz contactul dintre particule este indus de gradientul de viteză creat în masa lichidului.

În practică flocularea ortocinetică se produce datorită unui gradient de viteză creat prin agitare mecanică, existând o legătură între probabilitatea de ciocnire și cea de aglomerare.[108]

### 3.1.3. Factorii care influențează procesul de coagulare – floculare

Eficiența procesului de coagulare-floculare este influențată de următorii factori:

- gradientul de viteză (aportul energetic);
- timpul de staționare/agitare;
- pH-ul;
- doza de agent de coagulare-floculare;
- temperatura;
- efctele ionice.

#### Gradientul de viteză

În faza de coagulare, principalul aspect tehnologic este crearea unui gradient mare de viteză și a unui timp de contact mic, condiții care se pot realiza prin diferite modalități de agitare.

Gradientul de viteză se calculează cu formula:

$$G = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M_t}{\eta \cdot V}} [s^{-1}] \quad 3.2.$$

în care:  $n$  – numărul de rotații pe secundă [ $s^{-1}$ ],  
 $M_t$  – momentul de torsiune creat de agitator [ $N \cdot m$ ],  
 $V$  – volumul de apă din bazin [ $m^3$ ],  
 $H$  – vâscozitatea dinamică a apei [ $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$ ]

Gradientul de viteză este funcție de aportul energetic, volumul floclatorului, vâscozitatea apei și, respectiv, temperatură. Amestecul apei cu coagulantul se poate realiza prin: agitare mecanică sau agitare hidraulică în camere de amestec turbionare sau cu salt hidraulic.[109]

### **Timpul de staționare**

Timpul de staționare are foarte mare importanță, atât pentru etapa de coagulare, cât și pentru cea de floclare, deoarece influențează în mod direct probabilitatea ciocnirii particulelor coloidale, destabilizarea sarcinilor electrice și formarea flocoanelor.

Coagularea este un proces ireversibil și necesită un timp de reacție destul de mic, dacă agitarea este realizată corespunzător. Se recomandă pentru etapa de coagulare, timpi de staționare în camerele de amestec de 50–300 secunde.

În floclare se utilizează o agitare mai lentă, timp mai îndelungat pentru a permite creșterea numărului și volumului flocoanelor și a permite omogenizarea dimensiunilor lor.[110]

### **Influența pH-ului**

Influența pH-ului este importantă prin stabilitatea speciilor ionice și a precipitatelor formate, respectiv mecanismele de coagulare–floclare care intervin în acest proces. pH-ul optim se determină experimental prin metoda jar-test, în funcție de condițiile de lucru specifice: caracteristicile calitative ale apei, agenții de coagulare-floclare utilizați.[111]

pH-ul soluției înainte și după adăugarea coagulanților este foarte important în determinarea eficienței destabilizării coloidale. pH-ul acid determină caracterul materiilor organice naturale (NOM) în soluție, precum și tendința NOM de a reacționa cu polimerii metalici.

Speciile polimerice metal-hidroxizi formate instantaneu la adăugarea coagulantului sunt afectate de pH-ul inițial [108]. De asemenea, solubilitatea speciilor de hidroxizi metalici este influențată de pH-ul soluției (speciile solubile suferă schimbări prin variația pH-ului de la 4 la 8).

### **Doza optimă de agenți de coagulare-floclare**

În alegerea coagulantului trebuie să se țină seama de o serie de considerații ca: natura colorizilor prezenți în apă, coagulantul să aibă o viteză și o capacitate de hidroliză cât mai mare, să formeze floccule mari, consistente, grele ușor sedimentabile, care să asigure un efect de limpezire cât mai bun și o eliminare cât mai completă a culorii.[112]

Cantitatea de coagulant adăugat este un factor important în determinarea speciilor finale formate, de metal-hidroxizi. Eficiența destabilizării este de asemenea dependentă de cantitatea de coagulant. Pentru fiecare tip de coagulant există o doză optimă determinată de natura specifică a apei și de compoziția suspensiilor la care coagularea particulelor este optimă. O doză prea mică poate produce o destabilizare insuficientă pentru a determina agregarea particulelor sau destabilizarea. La o doză prea mare, sistemul coloidal se poate restabili prin creșterea concentrației de contraioni.[113,114]

Injectia coagulantului este necesară să se facă extrem de energetic, pentru a se dispersa rapid și uniform în întreaga masă de apă. Aceasta este necesar, atât din punct de vedere al realizării contactului cu particulele coloidale, cât și datorită instabilităților speciilor policationice care au tendința de a hidroliza, ceea ce defavorizează total procesul de coagulare [115].

Este indicat ca injectarea să se facă într-un loc turbulent, caracterizat de un gradient al vitezei.

Într-un proces complex, viteza întregului proces este determinată de faza cea mai lentă a procesului. În vederea stabilirii fazei celei mai lente a procesului de coagulare, faza care constituie starea limitativă a procesului și asupra căreia trebuie acționat, pentru a mări viteza întregului proces, trebuie să se țină seama de fazele elementare ale procesului de coagulare.

Fazele elementare ale procesului de coagulare sunt:

- procesul de destabilizare, care presupune:
  - a. formarea hidroxocomplecșilor mono sau polinucleari, prin hidroliza coagulantului și polimerizarea produșilor de hidroliză
  - b. destabilizarea sistemului coloidal prin difuzia hidroxocomplecșilor la suprafața particulelor coloidale și interacțiunea lor
- procesul de transport

Viteza de destabilizare, ce cuprinde punctele "a" și "b" este mult mai mare decât viteza procesului de transport.

Așadar, procesul de transport constituie faza limitativă a coagulării. Pentru a mări viteza procesului de coagulare trebuie acționat asupra procesului de transport, care este un proces fizic, determinat de factori fizici. Rezultă că, factorii fizici determină viteza coagulării, factorii chimici, care guvernează mai ales destabilizarea, determină eficacitatea procesului [115].

### **Temperatura**

Temperatura afectează vitezele de reacție, vâscozitatea și caracteristicile structurale ale flocoanelor formate [116]. S-a constatat că temperaturi mai scăzute determină reducerea eficienței de îndepărtare a turbidității. Viteza de sedimentare a flocoanelor este de asemenea scăzută la temperaturi mai reduse, datorită creșterii vâscozității apei.

Temperatura influențează procesul de coagulare prin acțiunea pe care o exercită asupra hidrolizei. Viteza de hidroliză crește cu creșterea temperaturii. În special este influențată viteza de hidroliză a coagulanților de aluminiu și mai puțin de fier. În cazul coagulanților de aluminiu la temperaturi de 10°C hidroliza se înrăutățește și este îngreunat sensibil procesul de coagulare [117].

### **Efecte ionice**

Activitatea ionică din soluția apoasă poate afecta hidroliza coagulanților metalici. Hundt și O'Melia, [118] au studiat îndepărtarea acizilor fulvici cu coagulanți pe bază de Al și au observat că prezența  $SO_4^{2-}$  în soluții poate afecta formarea speciilor de Al. În domeniul pH-urilor scăzute (pH<4,5), unde există specii polimerice solubile de Al, prezența sulfatilor poate determina formarea precipitatelor. Sulfatul mărește probabilitatea de apariție a precipitatului datorită formării polimerilor cu speciile monomere aluminiu-apă.

### 3.1.4. Agenți de coagulare – floculare

Cei mai utilizați agenți de coagulare sunt cei minerali, explicația acestui fapt fiind legată de necesitatea neutralizării sarcinilor electrice ale coloidului, care se poate realiza prin creșterea concentrației de cationi în apa de tratat [119].

Alegerea reactivilor de coagulare-floculare se realizează ținând cont de următoarele aspecte:

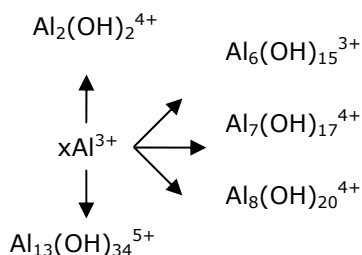
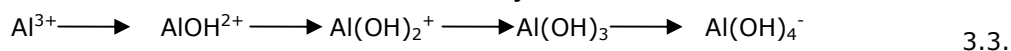
- gradul de toxicitate al produsului format,
- costul agenților de coagulare-floculare,
- eficiența procesului exprimată prin gradul de tratare calculat în funcție de turbiditate, culoare și compuși organici.

În practica tratării apelor de suprafață se utilizează frecvent următorii agenți de coagulare – floculare:

*Sulfatul de aluminiu*  $Al_2(SO_4)_3$ , [120] – este un produs comercial solid, se folosește sub forma hidratată  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ .

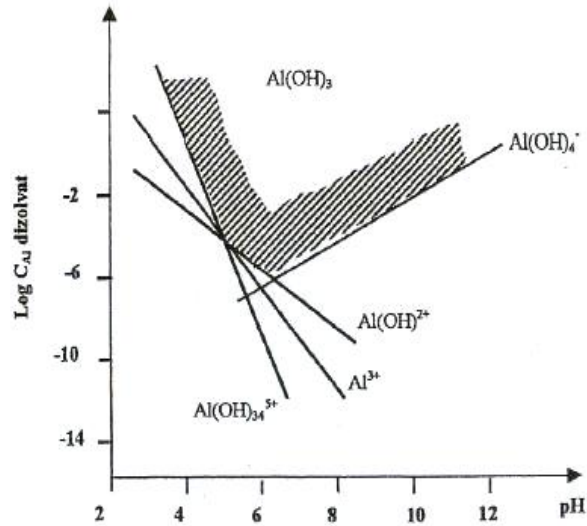
Se recomandă utilizarea soluțiilor de sulfat de aluminiu cu concentrație de 5–100 g·m<sup>-3</sup>, concentrația optimă fiind funcție de compoziția apei tratate, adaosul de agenți de floculare și modalitatea de realizare a procesului.

Ionul de aluminiu există în apă în forma hexahidratată  $Al(H_2O)_6^{3+}$ , pentru simplificarea acestui ion fiind scris în continuare sub forma  $Al^{3+}$ . Hidroliza sulfatului de aluminiu are loc conform următoarelor reacții:



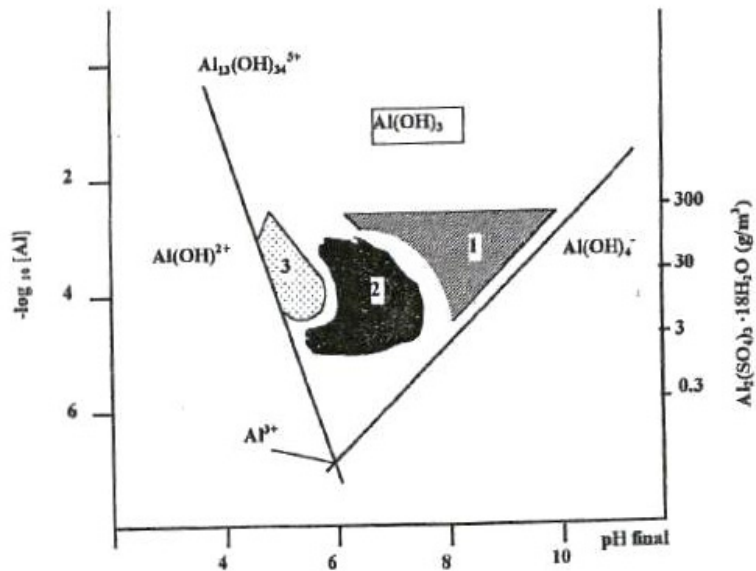
3.4.

Existența ionilor hidratați complecși de aluminiu depinde atât de pH-ul apei cât și de compoziția chimică a apei de tratat. Speciile ionice care sunt prezente în concentrație mai mare, în echilibru cu hidroxidul de aluminiu  $Al(OH)_3$  solid format, sunt:  $Al^{3+}$ ,  $2Al(OH)^{2+} \leftrightarrow Al_2(OH)_2^{4+}$ ,  $Al(OH)_4^-$ , așa cum se poate observa și din diagrama de echilibru prezentată în figura 3.2.[34]



**Figura 3.2.** Diagrame de echilibru ale aluminiului dizolvat în apă

Ionii complecși de aluminiu sunt activi în procesul de coagulare intervenind prin adsorbție, cu sau fără efect de punte, la suprafața particulelor coloidale. Coagularea apare în zona în care se realizează precipitarea optimă a hidroxidului de aluminiu, adică în domeniul de pH:5-8. În figura 3.3. sunt prezentate mecanismele propuse pentru coagularea cu sulfat de aluminiu.

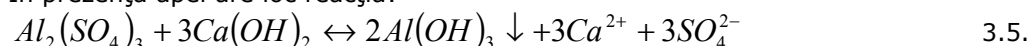


**Figura 3.3.** Mecanisme de coagulare cu sulfat de aluminiu  
 1-coagulare prin coprecipitare; 2-coagulare prin adsorbție agregare;  
 3-coagulare prin reacție chimică.

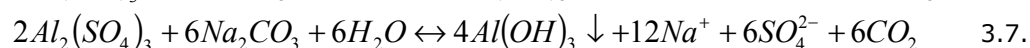
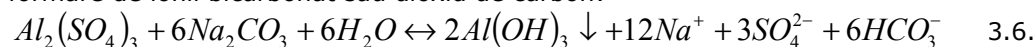
*Sulfatul de aluminiu cu adaos de hidroxid de calciu [Ca(OH)<sub>2</sub>]*

Hidroxidul de calciu se utilizează în procesul de coagulare pentru a diminua scăderea de pH înregistrată prin utilizarea numai a sulfatului de aluminiu. Doza de hidroxid de calciu se alege astfel ca să regleze pH-ul și de obicei e 33% din doza de Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.

În prezența apei are loc reacția:

*Sulfatul de aluminiu cu adaos de carbonat de sodiu [Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]*

În funcție de doza de Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> pot avea loc două tipuri de reacții, cu formare de ionii bicarbonat sau dioxid de carbon:



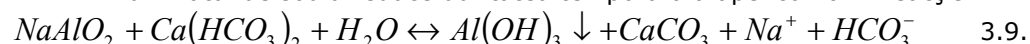
Doza optimă de carbonat de sodiu este de 50–100 % din doza de sulfat de aluminiu solid, produs comercial.

*Aluminatul de sodiu NaAlO<sub>2</sub>*

Aluminatul de sodiu, spre deosebire de celelalte săruri de aluminiu, creează un mediu bazic în apa supusă tratării, putând fi utilizat în combinație cu sulfatul de aluminiu pentru corectarea pH-ului în procesul de coagulare-floculare .



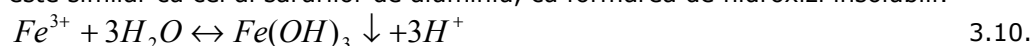
Aluminatul de sodiu reduce duritatea temporară a apei conform reacției:



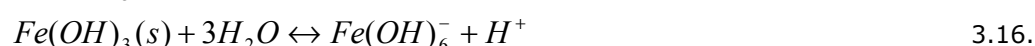
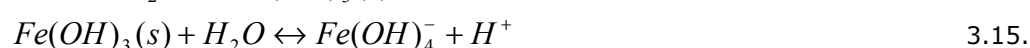
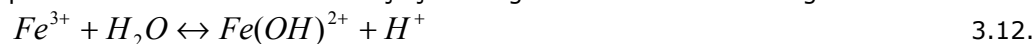
Doza optimă pentru tratarea apelor de suprafață este de 5 – 50 g\*m<sup>-3</sup> de reactiv comercial cu conținut de 50 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

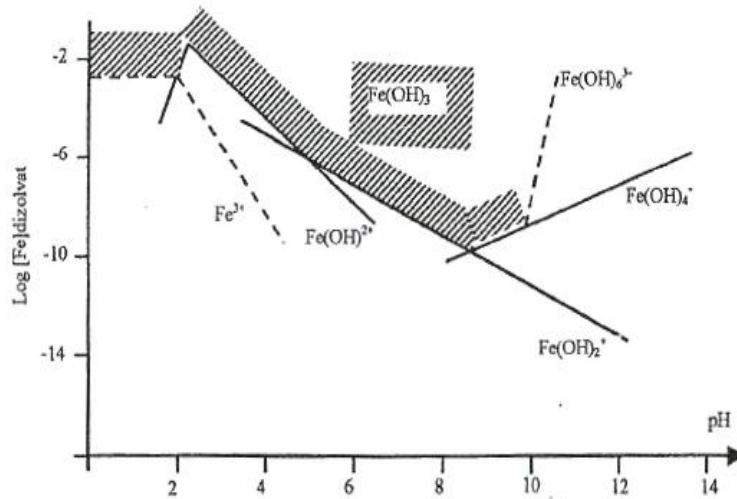
*Sărurile de fier*

Mecanismul de coagulare a particulelor coloidale în prezența sărurilor de fier este similar cu cel al sărurilor de aluminiu, cu formarea de hidroxizi insolubili:



Speciile ionice care sunt prezente în soluție prin hidroliza sărurilor ferice sunt prezentate în următoarele reacții și în diagrama de echilibru din figura 3.4.





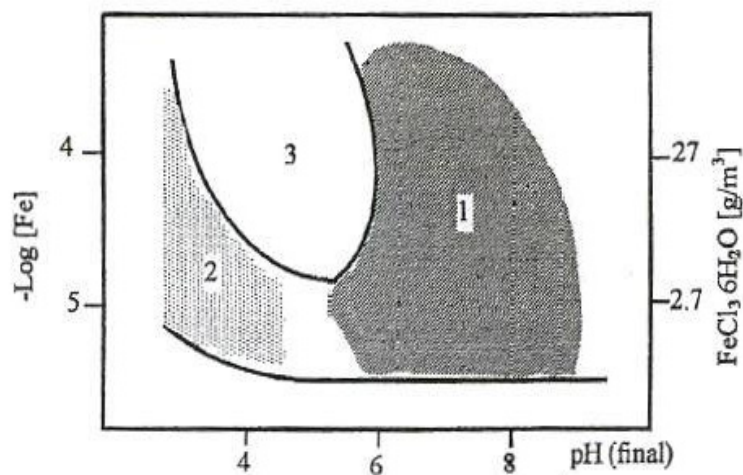
**Figura 3.4.** Diagrame de echilibru ale fierului dizolvat în apă

Avantajele sărurilor de fier constau în:

- domeniul de pH pentru operare mai larg,  $\text{pH}=5,5 - 9,0$
- viteza de hidroliză a sărurilor ferice mai mare, datorită formării  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  cu proprietăți autocatalitice.

Dezavantajul este acela că ionul feric induce o colorare apei tratate.

Sunt recomandate săruri ferice atunci când limpezirea se face în decantoare cu nămol recirculat, deoarece predomină floclarea și se reduc astfel dozele de reactivi utilizați. Mecanismele de coagulare în prezența clorurii ferice sunt prezentate în figura 3.5.

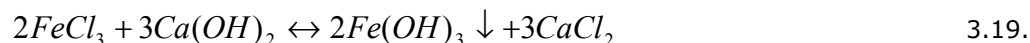
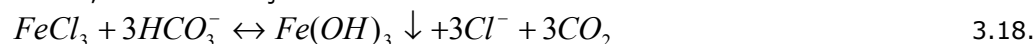


**Figura 3.5.** Mecanisme de coagulare cu clorură ferică  
 1 – coagulare prin co-precipitare; 2 – coagulare prin reacție chimică;  
 3 – zonă de restabilizare



- *Clorura ferică cu sau fără ados de hidroxid de calciu*

Clorura ferică se utilizează în doze de 5 – 30 g\*m<sup>-3</sup> pentru tratarea apelor de suprafață. Hidroxidul de calciu se adaugă pentru a diminua aciditatea apei tratate, conform reacțiilor următoare:



Utilizarea clorurii ferice conduce la reducerea durității temporare și respectiv la creșterea durității permanente. Adaosul de hidroxid de calciu se recomandă la tratarea apelor cu încărcare mare de coloizi, dozele de Ca(OH)<sub>2</sub> fiind de 50–500 g\*m<sup>-3</sup>, corespunzător la doze de 50 – 300 g\*m<sup>-3</sup> FeCl<sub>3</sub> produs comercial solid.

- *Alte săruri de fier utilizate:* sulfatul feric Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, cu sau fără adaos de Ca(OH)<sub>2</sub>; cloro-sulfatul feric FeClSO<sub>4</sub>, cu sau fără adaos de Ca(OH)<sub>2</sub> sau clor.

Jian și Graham [121] propun folosirea coagulanților de tip sulfat poliferic, datorită proprietăților lor superioare comparativ cu sulfatul feric. Acestea includ: viteza mai scăzută de formare și creștere a flocoanelor, sarcinii cationice mari și precipitate cu structuri polimerice care îmbunătățesc activitatea de suprafață, respectiv eficiența coagulării.

*Compușii anorganici pre-polimerizați*

Sinteza și utilizarea compușilor de aluminiu și fier pre-polimerizația apărut ca o necesitate a creșterii eficienței procesului de coagulare-floculare, care în varianta clasică, cu săruri de Al<sup>3+</sup> și Fe<sup>3+</sup>, prezintă o serie de neajunsuri:

- controlul redus asupra naturii speciilor ionice formate, cu influențe asupra destabilizării sistemelor coloidale, în special când apa tratată prezintă variații de compoziție și temperatură;
- necesitatea menținerii pH-ului într-un domeniu restrâns de valori, în special, pentru doze mici de coagulanți, pentru a evita interacțiunea acestora cu alte impurități din apă, sau fenomenele de destabilizare a sistemelor coloidale.

Avantajele utilizării compușilor anorganici pre-polimerizați:

- stabilitate pe un domeniu mai larg de pH;
- eficiență mărită în eliminarea turbidității și a substanțelor organice, chiar în condițiile unei compoziții și temperatură variabile a apei brute, fără a fi necesară schimbarea dozei de coagulant.
- sunt eficienți în procesele de floculare, prin efecte de adsorbție și formarea de legături tip punte.

Compușii de aluminiu și fier pre-polimerizați sunt obținuți prin hidroliza în mediu acid a soluțiilor de clorură de aluminiu sau clorură ferică, și sunt denumiți PAC-policlorură de aluminiu [122], respectiv PFC-policlorură ferică [123].

Alți compuși pre-polimerizați care au mai fost utilizați în tratarea apei sunt:

- polisilicat-sulfat de aluminiu (PASS) [124];
- polisulfat feric (PFS) [125];
- polisulfat alumino-feric (PAFS) [126,127]
- policlorura de aluminiu și fier (PAFC) [128].

*Coagulanți pe bază de compuși de aluminiu și fier prehidrolizați*

Coagulanții pe bază de aluminiu prehidrolizați sunt recomandați de către majoritatea cercetătorilor. Comparați cu sarcinile convenționale de aluminiu (AlCl<sub>3</sub> și Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>), coagulanții de aluminiu polimerizați au avantajul de a fi eficienți pe un domeniu larg de pH și de a produce agregarea particulelor cu viteză mare.

Datorită încărcării mari electrice a polimerilor de aluminiu și fier, dozele utilizate sunt mai mici astfel că rezultatul sedimentare este mai redus. Acești coagulanți pot realiza înlăturarea eficientă a unei turbidități mai mari decât sărurile de aluminiu tradiționale, deoarece gradul de hidroliză a polimerului poate fi controlat pe durata preparării pentru a obține speciile dorite care rămân stabile în timp în apa de tratat. În contrast sărurile tradiționale de aluminiu, hidrolizează și precipită rapid după dozare în apa de tratat.

J. Gregory și J. Duan [129] au studiat eficiența sărurilor hidrolizate de aluminiu ca și agent de coagulare. Policlorura bazică de aluminiu (PAC) conține tridecamerul  $Al_{13}$ , considerat mai eficient decât sulfatul de aluminiu la temperaturi joase și că produce volum mai mic de nămol, are efecte mai mici asupra pH-ului apei și reduce necesarul de agent de corecție. Produsul dă o floclare mai rapidă și flocoane mai mari la doze echivalente cu cele de sulfat de aluminiu.

Chen Z. și colaboratorii [130] au determinat că specia  $Al_{13}$  are capacitate mare de neutralizare de sarcini, stabilitate structurală mare. O altă specie formată în soluția de hidroxopolimeri de aluminiu este  $Al_{30}$  care este un polimer cu structură Keggin compus din: două agregate de  $\delta-Al_{13}$  conectate prin patru monomeri.

$Al_{30}$  este o specie mai rezistentă la temperatură, mai puțin sensibilă la variații de pH decât specia  $Al_{13}$ . Se obțin rezultate bune la coagularea cu PCBA- $Al_{30}$  (policlorura bazică de aluminiu – specia  $Al_{30}$ ), acesta are capacitatea mai mare de a atenua descreșterea pH-ului comparativ cu  $AlCl_3$ .  $Al^{3+}$  din  $AlCl_3$  hidrolizează rapid polimerizează și precipită după dozare și se obține ultima specie  $Al(OH)_3$  comparativ cu acesta formele prepolimerizate de  $Al_{13}$  din PCBA- $Al_{13}$  și  $Al_{30}$  din PCBA- $Al_{30}$  sunt mai stabile și prezintă oportunități pentru adsorbție pe particule coloidale negative și neutralizare de sarcini negative.

Chen Z. și colaboratorii [130] au demonstrat că policlorura de aluminiu cu conținut de 76,8 %  $Al_{30}$  are performanțe mai bune de coagulare. Rezultatele arată că acest coagulant determină o scădere mai mică a pH-ului decât alți coagulanți pe bază de aluminiu. Capacitatea de neutralizare este ușor mai scăzută comparativ cu  $Al_{13}$  la  $pH > 6,8$  și mai mare la  $pH < 6,5$ .

Prezența materiei organice naturale din apele de suprafață afectează calitatea apelor iar tratamentele tradiționale nu pot înlătura cu randamente foarte bune unii compuși prezenți în apă [131]. De aceea este necesar a se găsi cât mai repede noi coagulanți care să îmbunătățească performanțele procesului de coagulare a apei potabile și să reducă costurile operației. Adăugul de săruri de aluminiu și fier în apă determină hidroliza rapidă și formarea unor specii care joacă un rol esențial în coagulare. Recent, interesul s-a îndreptat spre agenți de coagulare prehidrolizați, bazați pe ionii trivalenți de aluminiu și fier.

Prepararea unui agent de coagulare nou pe bază de policlorură și sulfat bazic de aluminiu a avut ca bază performanțele care sau obținut în cazul utilizării PCBA.[132]

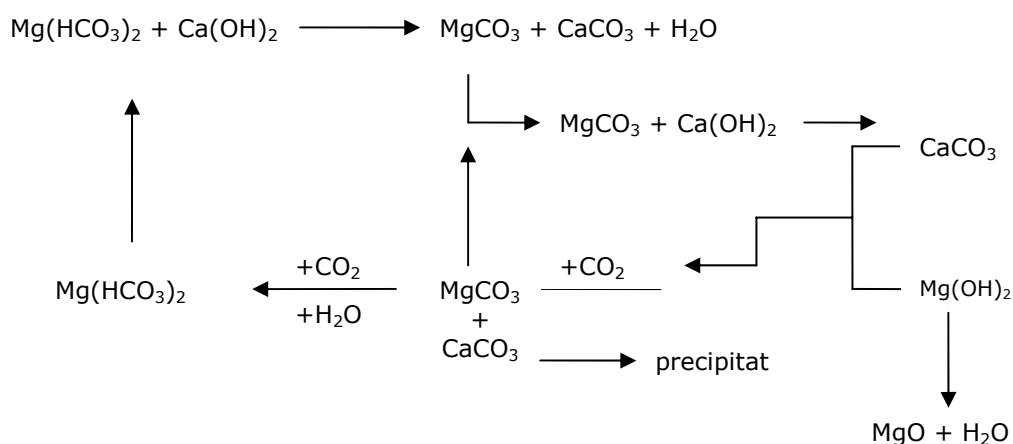
Y.B. Gao și colaboratori [133] au studiat influența unui polimer de tip aluminosilicat în procesul de coagulare a apelor de suprafață în scop potabil. Polimerul poate încetini precipitarea hidroxidului de aluminiu prin diluare și în consecință permite ca speciile polimerice încărcate, formate la hidroliza policloruri bazice de aluminiu să se mențină în soluție un timp mai îndelungat, măbind astfel capacitatea de neutralizare de sarcini.

Avantajele polimerilor preformați sunt viteza de agregare mare, formare de flocoane mari și grele, doze și preț de cost mici.

*Coagulanți minerali*

- *Sulfatul de cupru* – este foarte puțin folosit, fiind scump, se utilizează în special pentru tratarea apelor provenind din lacuri.

- *Sărurile de calciu și magneziu, CaO, Ca(OH)<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>*, - utilizate ca reactivi pentru dedurizarea apei, pot fi utilizate și ca agenți de coagulare, produsele insolubile formate (CaCO<sub>3</sub> și MgO) înglobând și coloizii în structura lor. Bicarbonatul de magneziu poate fi utilizat ca agent de coagulare, mult mai eficient decât carbonatul de magneziu. Schema de reacție este prezentată în figura 3.6. și presupune o dublă precipitare a carbonatului de calciu, urmată de precipitarea oxidului de magneziu și de descompunerea ulterioară a carbonatului de magneziu solubil și regenerarea bicarbonatului.



**Figura 3.6.** Utilizarea Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ca agent de coagulare reciclabil

#### Coagulanți organici de sinteză

Coagulanți organici de sinteză sunt molecule organice, cu caracter cationic și masă moleculară mare (10<sup>4</sup> – 10<sup>5</sup>), care se folosesc în soluție apoasă și prezintă o serie de avantaje comparativ cu coagulanți minerali [134]:

- sunt utilizabili direct, fără o stație de preparare
  - pot înlocui total sau parțial coagulantul mineral
  - au influență mică asupra pH-ului și, respectiv, gradului de mineralizare a apei tratate
  - nămolul rezultat este mai dens, mai redus ca volum.
- Principalii coagulanți organici de sinteză utilizați în tratarea apelor sunt:
- melamin-formaldehidele;
  - epiclorhidrina-dimetilamina (EPIDMA) [135];
  - policlorură de dialil-dimetilamoniu (POLYDADMAC).

#### Adjuvanți de floclare

Adjuvanți de coagulare-floclare sunt compuși organici sau anorganici care pot accelera agregarea particulelor coloidale a căror sarcină electrică a fost neutralizată, pentru a realiza formarea unor flocoane mai mari, mai dense și mai ușorsedimentabile. Acești compuși sunt de obicei utilizați în procesul de floclare și pot fi clasificați după natura lor în:

a. *Agente de floclare minerali*: silicea activă (silicagelul), aluminosilicați naturali (argile).

**b. Agenți de floclare organici:**

- naturali: derivații de amidon (cartofi, cereale) și algiții de sodiu (obținuți din algele marine);

- sintetici: polielectroliți, care au masă moleculară mare și sunt obținuți prin asocierea de monomeri sintetici, dintre care unii posedă grupări ionizabile.

*Polielectroliți* – reprezintă clasa de compuși cu cea mai largă utilizare în procesul de floclare, dar și pentru eficientizarea procesului de coagulare-floclare în ansamblul său, mecanismul acțiunii lor fiind adsorbția și formarea legăturilor de tip punte [136].

După tipul grupărilor ionizabile existente polielectroliți sunt:

- *polielectroliți anionici* – caracterizați de existența grupărilor negative care pot adsorbi grupările ionizate pozitive, ceea ce duce la extinderea polimerilor. Cei mai utilizați polielectroliți din această clasă sunt copolimerii de acrilamidă formați prin hidroliză sau metilare-sulfonare.
- *polielectroliți neionici* – nu au grupări ionizate în moleculă, se utilizează de obicei poli-acrilamidele.
- *polielectroliți cationici* – se obțin prin cuaternizarea grupării amidice, sau din poliamide cuaternare, obținute după reducerea grupării amidice, exemple de polielectroliți cationici: metacrilatul de dimetil-amino-etil (MADAM), acrilatul de dimetil-amino-etil (ADAM).

În tratarea apei, cei mai utilizați sunt polielectroliți de tip acril, care se obțin prin copolimerizarea acril amidei cu diverși monomeri.

Polielectroliții se pot folosi sub formă: solidă, emulsie sau soluție apoasă. Alegerea polielectroliților se face în funcție de pH-ul apei tratate și treapta de tratare în care aceștia se utilizează.

## 3.2. Flotația

### 3.2.1. Considerații generale

În cadrul operațiilor unitare de tratare a apei potabile, precedate de coagulare-floclare cu reactivi chimici, procedeele de separare a fazelor (decantare/flotație) joacă un rol important.

Metodele de separare fizice, chimice sau fizico-chimice se bazează în general pe diferența dintre proprietăți, luând în considerare o anumită proprietate pentru ansamblul de componente din sistem.

Flotația este procesul unitar de separare din apă, sub acțiunea forțelor gravitaționale, a particulelor cu densitate medie mai mică decât a apei. Astfel de particule pot fi constituite din materiale omogene sau din asocieri de materiale cu densități diferite. În procesul de flotație naturală, particulele mai ușoare decât apa (uleiuri, grăsimi, hidrocarburi) formează asociații cu bule de aer sau gaz din procesele microbiologice ridicându-se la suprafața apei care staționează sau care se află în curgere liberă [137].

Flotația este procesul prin care particulele mai grele decât apa sunt antrenate la suprafață, datorită asocierii lor cu bulele de aer, ce sunt suflate în apă prin partea inferioară a bazinului. Această asociere cu bule de aer are consecințe pozitive deoarece particulele mai grele decât apa capătă o viteză ascensională datorită particulelor de aer.[138,139]

Tehnicile de separare a impurificatorilor din ape potabile prin flotație au cunoscut o dezvoltare rapidă datorită *avantajelor* specifice comparativ cu procedeul clasic de separare prin coagulare-floclare-decantare:

- dimensiuni reduse ale instalației,

- separare rapidă a fazelor, consum redus de reactivi,
- posibilitatea cuplării simultane a mai multor procedee de tratare (coagulare, oxidare),
- flexibilitate în operare funcție de caracteristicile apei brute,
- eficiențe relativ constante la temperaturi scăzute.

Prezintă *dezavantajul* unor costuri suplimentare necesare producției de aer presurizat [140, 141].

### 3.2.2. Tehnici de flotație

Generarea unor bule de gaz cu stabilitate, caracteristici dimensionale și cinetice favorabile procesului de flotație reprezintă o problemă centrală a flotației [142].

În practică, dispersia bulelor de gaz se realizează prin următoarele metode:

- dispersia bulelor mari de aer prin agitarea mecanică a mediului;
  - introducerea aerului prin porii unei membrane;
  - degajarea aerului din soluție sub acțiunea unei suprasaturări prealabile cu aer prin comprimare și apoi destindere bruscă;
  - degajarea de hidrogen și oxigen sub formă de bule prin electroliză.
- Pe baza modului de generare a bulelor de gaz tehnicile de flotație au fost grupate în următoarele categorii [143,144]:
- flotația cu aer dispersat (DF);
  - flotația cu aer dizolvat (DAF) cu variantele:
    - flotația cu vid,
    - microflotația,
    - flotația sub presiune;
  - electroflotația (EF);
  - electroflotocoagulare (ECF).

Dintre acestea, tehnica de flotație DAF cunoaște cele mai multe aplicații în domeniul potabilizării.

În flotația cu aer, aerul este introdus fie sub formă de bule, obținute prin trecerea aerului prin difuzoare poroase, fie prin degazarea aerului dizolvat în apă, ca urmare a unei detente, când se produce scăderea bruscă a presiunii gazului, aflată în echilibru în apă.

Flotația cu aer dispersat se utilizează la prepararea minereurilor și la îndepărtarea materiilor grase din apele uzate. Diametrul bulelor de aer este de 1-2 mm. La aceste dimensiuni bulele de aer au o viteză ascensională foarte mare și pot provoca distrugerea suspensiei coagulate din apă. Bulele mai fine (cu diametrul mai mic decât 0,1 mm) se pot obține prin destinderea apei sau prin suprasaturarea apei cu aer.

Flotația cu aer dizolvat este un proces de separare solid-lichid foarte eficient, introdus ca alternativă a sedimentării, în scopul scăderii concentrației speciilor insolubile din sisteme apoase. [145]

În flotația cu aer dizolvat, bulele sunt produse prin depresurizarea apei saturate cu aer, pe baza variației solubilității aerului în apă, cu presiunea și temperatura. Dacă presiunea scade, cantitatea de aer care este în exces se degajă sub formă de bule foarte fine cu diametre în general sub 100 μm.

### 3.2.3. Tehnica flotației cu aer dizolvat DAF

Flotația cu aer dizolvat constă dintr-un proces de coagulare chimică, floculare timp de 20 – 30 min și injecție de aer dizolvat înainte de bazinul de flotație [146]. Apa rezultată este apoi supusă filtrării.

Sunt cunoscute trei configurații operaționale pentru tehnica flotației cu aer dizolvat DAF [147, 148]:

■ **Influentul este presurizat integral** și apoi este trecut în tancul de flotație unde se formează bulele (nu necesită floculare dar necesită un volum mare de bule de aer);

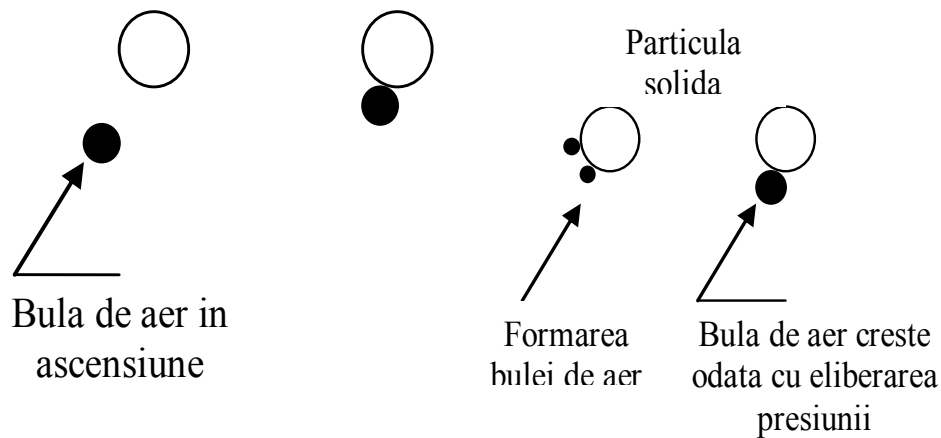
■ **Presurizarea unei părți din debitul de influent**, care este introdus direct în tancul de flotație (pentru acele particule aflate în suspensie la concentrații mici și care nu necesită concentrații mari de aer);

■ **Presurizarea unei părți din influent care este recirculată** în tancul de flotație care este folosită în general când intervin coagularea și flocularea.

Flotația cu aer dizolvat crește randamentul de separare a particulelor cu greutate specifică ușor mai mică decât a apei, și poate fi folosită deasemenea pentru a flotabiliza particulele cu greutate specifică mult mai mare prin adeziunea bulelor de gaz cu densitate mică (aer) la materialul agregat.

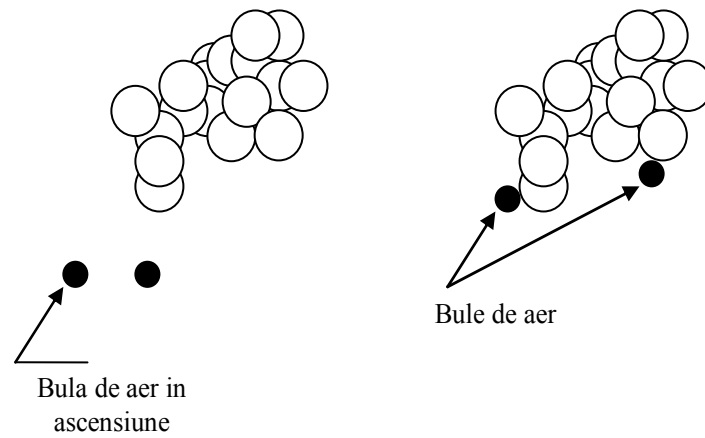
Ridicarea particulelor insolubile în apă, de către bulele de aer, este rezultatul asocierilor reciproce, ce are loc în două moduri:

- încorporarea de bule de aer în interiorul particulei floculate cu structură afânată;
- aderarea particulelor insolubile la suprafața bulei de aer (gaz).

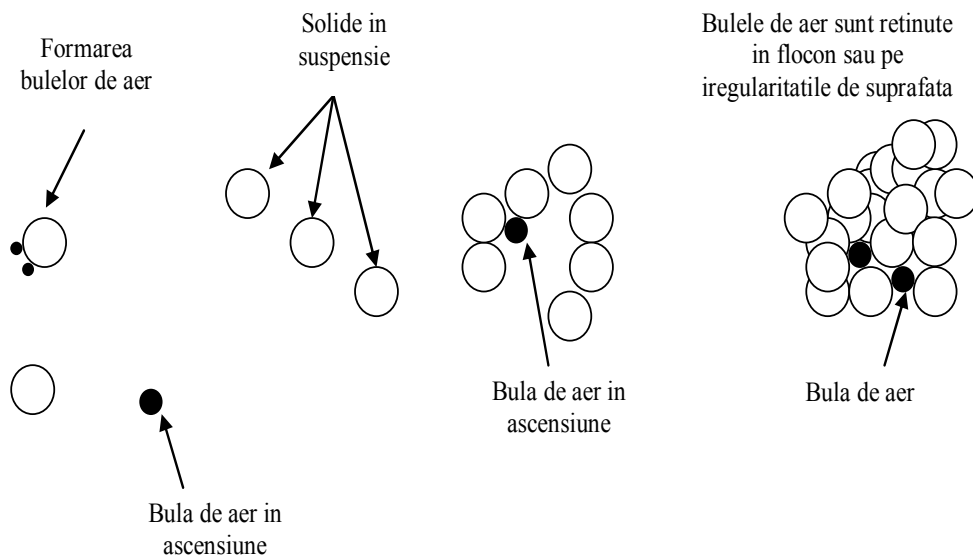


**Figura 3.7.** Adeziunea bulei de aer

- a) Precipitarea aerului pe suprafața solidă      b) Coliziunea bulei de aer în ascensiune cu solidele în suspensie



**Figura 3.8.** Aerul în ascensiune se atașează la structura flocoanelor



**Figura 3.9.** Retinerea în structura floconului în timpul formării

Mărimea bulelor generate într-un sistem DAF influențează semnificativ performanța flotației. Bulele generate într-un sistem DAF sunt de mărime microscopică, distribuția tipică a mărimii diametrelor bulelor variază între 10–100  $\mu\text{m}$ .

Mărimea forțelor care rețin particule insolubile pe interfața apă-aer sau apă-gaz depind de mărimea suprafeței particulelor și de prezența unei substanțe tensioactive, ce are tendința de acumulare și orientare a moleculelor pe interfețe.

În practică, în cazul separării prin flotație cu aer nu este suficient doar ridicarea particulelor la suprafață ci este necesară și formarea unei spume uilizând substanțe spumante. Astfel de substanțe pot fi chiar unii constituenți din apele uzate, iar când aceștia nu există în apă trebuiesc adăugați. Capacitate de spumare mare au apele uzate din industria celulozei, textilă, industria de prelucrare a proteinelor și în industriile fermentative.

Pentru realizarea bulelor de gaz într-un sistem DAF sunt utilizate trei metode: flux sub presiune total, partial si recirculat [149,150].

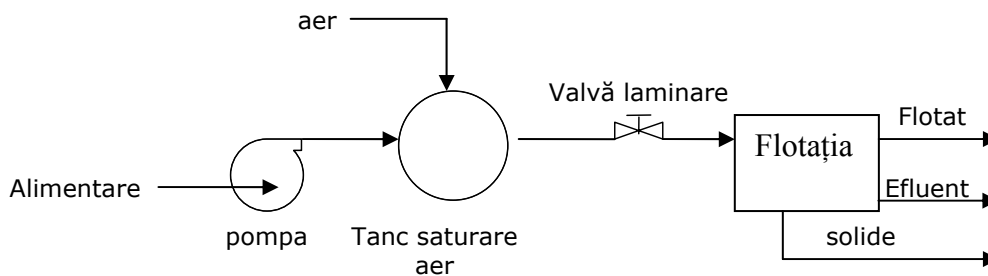


Figura 3. 10. Presurizare totală

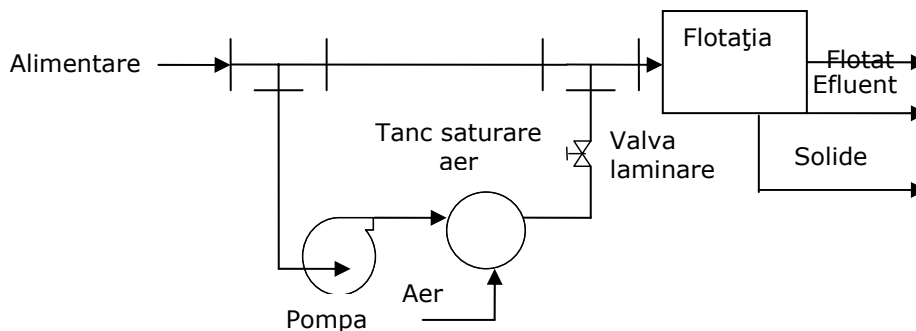


Figura 3.11. Presurizare parțială

### 3.2.3.1. Factorii care influențează procesul de flotație cu aer dizolvat [151, 152]

Factorii care influențează procesul de flotație cu aer dizolvat sunt:

- **factori caracteristici influentului** – concentrația solidelor în suspensie și a materiilor coloidale, pH-ul apei, prezența altor compuși poluanți;
- **factori caracteristici agregatelor bule de aer-flocoane** – diametrul și omogenitatea bulelor de aer, încărcarea electrică de suprafață a bulelor, dimensiunea flocoanelor;
- **condițiile de operare și tipul tratamentelor preliminare** – intensitatea agitării, timpul de staționare, tipul și dozele de agenți de coagulare și floculare, utilizarea pre-clorinării sau pre-ozonizării.

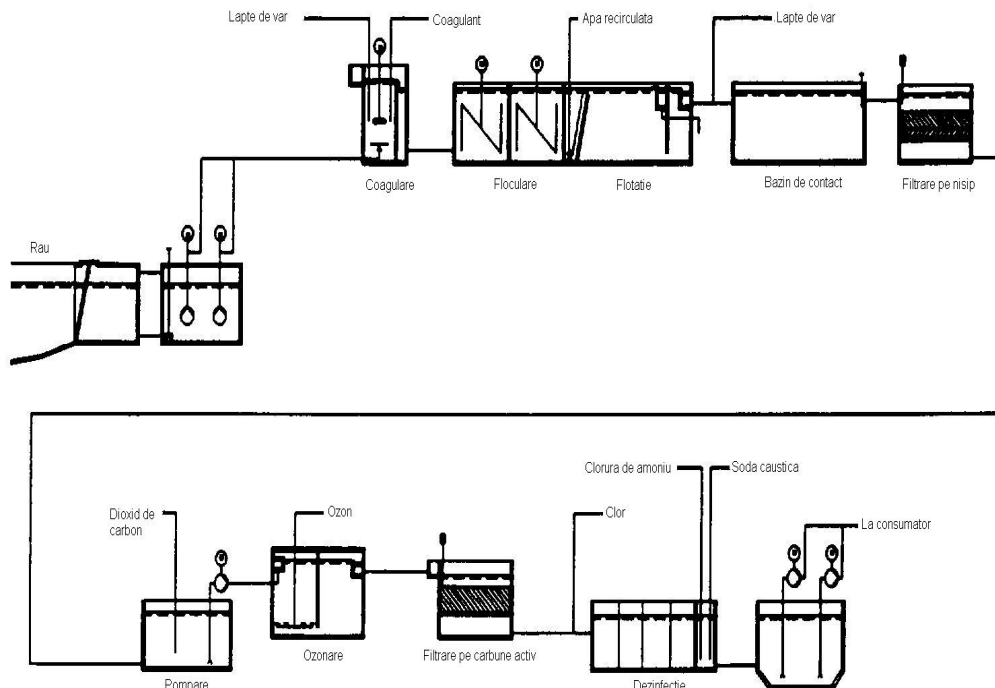


### 3.2.4. Aplicații ale tehnicii de flotație

Flotația este frecvent utilizată în epurarea apelor uzate (eliminarea materiilor în suspensie, a uleiurilor și grăsimilor, concentrarea nămolurilor) dar, în ultimi 30 de ani, a devenit o metodă aplicată și în tratarea apelor în vederea obținerii apei potabile. Împreună cu ozonizarea, procedeele de membrană și adsorbția pe cărbune activ, flotația reprezintă una dintre metodele care au influențat foarte mult tehnologiile de tratare în vederea obținerii apei potabile.

Procedeul flotației cu aer dizolvat, DAF, este primul procedeu de flotație utilizat la începutul anilor '30 la epurarea apelor uzate menajere și industriale, rezultate din industria celulozei și hârtiei, iar în anul 1950 procedeul a fost aplicat în Suedia pentru tratarea apelor de suprafață cu conținut mare de compuși humici [153] și care a fost implementat în anii '60 în Africa de Sud, pentru îndepărtarea algelor din surse de suprafață, și în Suedia la o stație de potabilizare. În Marea Britanie prima instalație a fost construită în anii '70, iar în Finlanda în 2000 (sistemul Aqua DAF) [154].

În prezent, în Finlanda există peste 60 de uzine de apă care utilizează flotația pentru limpezire și îndepărtează cu succes substanțele humice. Fluxurile de tratare includ trepte de coagulare-floculare cu clorura ferică sau sulfat de aluminiu, adăugare de colectori pentru a crește hidrofobicitatea, DAF, filtrare. Schema unui flux tehnologic de potabilizare ce include DAF este prezentată în figura 3.12.



**Figura 3.12.** Flux de potabilizare care include DAF

Prima uzină de potabilizare din Olanda care a implementat procedeul de flotație cu aer dizolvat (DAF) a fost construită în 1979 –Uzina Zevenbergen– pentru tratarea apei din râul Meuse fiind urmată în 1990 de uzina Scheveningen. Flotația cu aer dizolvat este eficientă la îndepărtarea algelor, în condițiile unor turbidități scăzute în apa brută (20–100 NTU). În acest context compania WBE (Rotterdam) a cercetat posibilitatea înlocuirii decantării cu procedeul flotației cu aer dizolvat (DAF) pentru îndepărtarea algelor și microorganismelor în cadrul stațiilor de potabilizare aflate în subordine [155].

În Africa de Sud, flotatia este utilizată în fluxurile de potabilizare de peste 35 de ani existând la dispoziția furnizorilor de apă potabilă un ghid DAF și o serie de studii pentru optimizarea treptei de flotație din cadrul stațiilor existente [156].

În anii '90, în Malaezia a început construcția mai multor stații de potabilizare bazate pe tehnologie DAF având capacități de 9 – 454 m<sup>3</sup>\*zi<sup>-1</sup>.

În cazul acestor stații, tehnologia DAF se bazează pe:

- presurizarea unei părți din efluent care este recirculată;
- și pe introducerea unei trepte de coagulare-floculare (5-20 min.) opționale funcție de caracteristicile apei brute, înainte de flotație [157].

În cazul particular al stației Bertam (Malaezia) fluxul de tratare conține următoarele faze [158]:

- predozare var urmată de aerare pentru oxidarea manganului și îndepărtarea mirosului;
- dozare coagulant-omogenizare;
- floculare;
- DAF și filtrare în același tanc (primul de acest tip din Malaezia);
- clorinare (dezinfecție) și fluorizare;
- corecție pH cu var.

Eficiența de tratare apă brută, pentru acest studiu de caz, la indicatorul turbiditate este de max. 98% (apa brută 30 NTU, apa filtrată 0,5 NTU).

În Singapore, flotația cu aer dizolvat (DAF) se constituie în etapa de pretratare a apei de mare înainte de desalinizare prin osmoza inversă. În cadrul stației SingSpring Tuas fluxul utilizat este: sitare–flotație–filtrare pe nisip–osmoza inversă [159].

În Europa, la uzina Joinville din Paris 15% din apa potabilă este obținută pe baza următorului flux de tratare: coagulare-floculare–flotație–prefiltrare–filtrare lentă pe nisip–ozonare–filtrare pe cărbune activ–dezinfecție [160].

În cazul particular al stației Bertam (Malaezia) fluxul de tratare conține următoarele faze:

- predozare var urmată de aerare pentru oxidarea manganului și îndepărtarea mirosului;
- dozare coagulant-omogenizare;
- floculare;
- DAF și filtrare în același tanc (primul de acest tip din Malaezia);
- clorinare (dezinfecție) și fluorizare;
- corecție pH cu var.

Eficiența de tratare a apei brute, pentru acest studiu de caz, la indicatorul turbiditate este de max. 98% (apa brută 30 NTU, apa filtrată 0,5 NTU).

În Coreea există în prezent două stații de potabilizare care utilizează tehnologia DAF la îndepărtarea algelor, după sedimentarea materiilor anorganice în suspensie (care pot influența negativ separarea prin flotație a materiei organice).

### 3.2.5. Factorii care influențează randamentele de îndepărtare prin tehnica de flotație

Datorită eficiențelor de îndepărtare a materiilor în suspensie prin tehnologia DAF, în ultimii ani, mai multe colective de cercetători au contribuit la completarea cunoștințelor teoretice și practice despre fenomenele care au loc în timpul flotației și despre factorii care influențează randamentele de separare [161].

Principalii factori care influențează randamentele de îndepărtare prin flotație a impurificatorilor din apa destinată consumului uman sunt [162,163]:

- parametrii etapei anterioare de coagulare-floculare:
  - matricea de impurificare a apei brute: încărcarea organică/anorganică, turbiditatea, etc.;
  - temperatura apei brute;
  - natura și dozele de coagulanți: clorura ferică, sulfat de aluminiu (eficienți în sezonul cald), policlorura de aluminiu (eficientă în sezonul rece);
  - pH-ul;
  - natura și dozele de flocluant: polielectrolit anionic/cationic/neionic;
  - timpii de reacție corespunzători proceselor de coagulare-floculare;
  - sistemul de agitare.
- parametrii specifici treptei de flotatie cu aer dizolvat:
  - caracteristicile flocoanelor din efluentul rezultat din treapta de coagulare-floculare (natura, dimensiuni, hidrofobicitate, potențial zeta, pH);
  - parametrii constructivi ai tancului de flotație (dimensiuni zone de reacție și de separare, sistem de generare-saturator/injecție bule de aer);
  - raportul aer/solide;
  - timpul de flotație (cumulat în cazul flotației în trepte).

Raportul aer/solide este un parametru important care influențează performanța flotației cu aer dizolvat, DAF. Poate fi exprimat ca debitul masic de aer corespunzător debitului masic de solide care trebuie flotate - rapoarte A/S în intervalul 0,01 - 0,4 kg aer\*(kg subst. Solide)<sup>-1</sup>. [164]

Deși flotația, comparativ cu decantarea prezintă avantajul separării eficiente și în cazul unor flocoane cu dimensiuni mici, specialiștii recomandă, în cazul tehnologiilor de potabilizare, introducerea în treapta DAF a unor flocoane cu o distribuție a particulelor în domeniul 10–30 μm. De asemenea, timpii de flotație corespunzători eficiențelor maxime de separare sunt sub 10 minute (unele uzine de apă cu treapta de tratare DAF utilizează un timp de flotație de 2 minute - uzinele Kammenniemi și Rusko din Finlanda). [165]

Introducerea treptei de flotație cu aer dizolvat reprezintă o soluție fiabilă în cazul extinderii/modernizării stațiilor clasice de tratare a apei deoarece protejează și crește eficiența filtrelor existente fără a fi necesară suplimentarea acestora [166, 167].

## **4. MOTIVAȚIA ȘI OBIECTIVELE GENERALE ALE STUDIULUI**

Rezultatele programului de monitorizare de supraveghere a calității apei potabile corelat cu cel al calității sursei de apă de suprafață provenită din fluviul Dunărea, Drobeta Turnu-Severin, au arătat existența unor probleme de calitate a apei potabile și implicit, de risc asupra sănătății populației, în special prin prezența aluminiului dizolvat în apa tratată. De asemenea, s-au constatat neconformități privind calitatea apei potabile în perioadele caracterizate prin temperaturi scăzute. În plus, punerea în funcțiune a lacului de acumulare de la Porțile de Fier I a condus la modificarea calității apei brute, în special prin dezvoltarea unor specii de alge care a influențat compoziția chimică a apei brute. Astfel, turbiditatea și conținutul de substanțe organice au scăzut foarte mult dar a predominat procentul de substanțe organice dizolvate.

Pentru eliminarea acestor neajunsuri și implicit, pentru îmbunătățirea calității apei potabile s-au căutat soluții de re tehnologizare prin implementarea fondurilor europene prin programul ISPA. În vederea realizării investițiilor susținute de acest program, prezentul studiu de cercetare are ca scop îmbunătățirea tehnologiei de potabilizare a apei provenită din Dunăre pentru obținerea unei ape potabile de calitate ridicată.

Pornind de la neajunsurile și problemele identificate în cadrul tehnologiei convenționale existente, prezentul studiu își propune următoarele obiective generale:

- Proiectarea și realizarea unor programe de monitorizare operațională a calității apei potabile corelate cu calitatea apei brute în scopul identificării parametrilor critici și a selectării parametrilor operaționali;
- Identificarea și selectarea tipului de agent de coagulare;
- Evaluarea comparativă la scară de laborator a performanțelor agentului de coagulare prehidrolizat selectat față de sulfatul de aluminiu, care este utilizat în cadrul tehnologiei convenționale de potabilizare;
- Modificarea fluxului tehnologic de potabilizare prin înlocuirea etapei de decantare cu unitatea de flotație pe baza caracteristicilor de calitate a apei brute legate de turbiditate scăzută și prezența algelor;
- Monitorizarea comparativă a calității apei potabile rezultată din cele două fluxuri tehnologice, convențional și nou introdus și propus;
- Validarea performanței fluxului tehnologic implementat.

Pe baza obiectivelor generale mai sus prezentate s-au stabilit următoarele obiective specifice:

- Elaborarea unui program de monitorizare de supraveghere a calității apei potabile comparativ cu calitatea apei brute pe o perioadă de un an calendaristic pentru identificarea și selectarea parametrilor de calitate neconformi și operaționali;
- Extinderea programului de monitorizare a parametrilor neconformi și operaționali în vederea stabilirii diagnozei corecte;
- Selectarea parametrilor critici și operaționali în vederea îmbunătățirii tehnologiei de potabilizare prin procesul de coagulare;

- Testarea unor agenți de coagulare pe bază de aluminiu prehidrolizat caracterizați prin diferite bazicități;
  - Selectarea agentului de coagulare prehidrolizat pe baza performanțelor de coagulare;
- Stabilirea dozelor optime de agent de coagulare prehidrolizat comparativ cu sulfatul de aluminiu;
- Evaluarea performanțelor agentului de coagulare prehidrolizat comparativ cu sulfatul de aluminiu în procesul de coagulare pe baza eficiențelor de reducere a turbidității și încărcării organice corelate cu prezența aluminiului rezidual dizolvat în apă;
  - Introducerea noului agent de coagulare prehidrolizat și înlocuirea etapei de decantare cu unitatea de flotație;
  - Evaluarea comparativă a performanțelor celor două fluxuri tehnologice de potabilizare prin monitorizarea calității apei potabile rezultată;
  - Validarea performanței fluxului tehnologic implementat prin monitorizarea parametrilor caracteristici calității apei potabile.

## **5. MONITORIZAREA CALITĂȚII APEI PE FLUXUL TEHNOLOGIC CONVENȚIONAL DE POTABILIZARE A APEI ÎN PERIOADA 2005–2009**

### **5.1. Caracteristicile apelor de suprafață**

Din cele mai vechi timpuri viața și activitatea oamenilor au fost legate și în mare măsură condiționate: de distribuția pe pământ a resurselor de apă, de lipsa sau de abundența de apă.

Prin contactul cu mediul înconjurător, apa se impurifică ajungând să conțină o serie de substanțe dizolvate sau în suspensie care imprimă apei proprietățile organoleptice, fizice, chimice, biologice și bacteriologice.

Proprietățile apei în starea ei naturală nu satisfac de cele mai multe ori (mai ales în cazul apelor de suprafață) condițiile de calitate cerute de consumatori. Corectarea calității apei în vederea satisfacerii condițiilor impuse de diverse utilizări, se realizează prin procedee de tratare determinate de natura și starea de dispersie a substanțelor minerale sau organice conținute în apă.

Substanțele minerale sau organice se pot găsi în apă în trei stări de dispersie: substanțe dizolvate, suspensii coloidale și suspensii gravimetrice.

Substanțele dizolvate în apă sunt dispersii moleculare, particulele fiind ca mărime sub 1 m $\mu$ . În apă pot fi dizolvate substanțe minerale (cloruri, carbonați sau bicarbonați, sulfăți, oxizi, azotați de sodiu, potasiu, calciu, magneziu, fier, siliciu), substanțe organice (resturi de plante și animale, compuși conținând carbon, hidrogen și uneori oxigen și azot) sau gaze (oxigen, azot, dioxid de carbon). Substanțele dizolvate imprimă apei reacția caracteristică (pH) care are o deosebită importanță, în special în tratarea apei cu coagulanți.

Suspensiile coloidale sunt constituite din cele două faze, apa și substanțele în suspensie care se prezintă sub formă de particule de mai multe molecule cu mărimea între 1–100  $\mu$ m (compuși de aluminiu, siliciu, fier și compuși organici). Datorită forțelor superficiale de la suprafața de separație între apă și particule, suspensiile coloidale nu au decât o slabă tendință de depunere și pentru separarea lor din apă este necesar să se trateze apa în prealabil cu un coagulant care are proprietatea de a aglomera aceste suspensii coloidale, aducându-le în stare de suspensie gravimetrică, pentru a fi astfel separate din apă prin decantare și filtrare.

Particulele în suspensie gravimetrică cu mărimea de peste 100  $\mu$ m constituie sisteme în care faza solidă se separă din apă în timp relativ scurt, fie prin decantare în cazul particulelor cu greutate specifică mai mare decât a apei (nisip, argile, resturi de vegetale), fie prin ridicarea la suprafața apei în cazul particulelor cu greutate specifică mai mică decât a apei (uleiuri și grasimi).

În general apele de suprafață au un conținut ridicat de oxigen dizolvat. Concentrația acestuia depinde în afara presiunii și temperaturii și de numeroase fenomene fizice, chimice și biologice care însoțesc ciclul vieții acvatice. Astfel în urma proceselor de degradare în care se consumă oxigen, poate apărea un deficit de oxigen care poate provoca dispariția vieții aerobe.

Valoarea pH-ului determină în mare măsură atât procesele biologice și chimice, cât și o serie de caracteristici ale apei precum caracterul coroziv al acesteia. Pentru desfășurarea normală a proceselor biochimice este necesar un domeniu de pH cuprins între 6,5 - 8,5.

În cazul apelor naturale pH-ul este influențat de unii compuși existenți în aceste ape.

Apele de suprafață se clasifică conform Normativului privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață Nr.1146/2002, în funcție de valorile limită ale parametrilor fizico-chimici, în 5 clase de calitate: I, II, III, IV și V.

Valorile limită precizate pentru fiecare clasă de calitate sunt prezentate în tabelul 5.1.

**Tabelul 5.1.** Valorile limită precizate pentru fiecare clasă de calitate

| Valori limită pe clase                   | Unitatea de măsură                | Clase de calitate               |      |      |       |        |
|--|-----------------------------------|---------------------------------|------|------|-------|--------|
|  |                                   | I                               | II   | III  | IV    | V      |
| <b>A.1. Indicatori fizici</b>            |                                   |                                 |      |      |       |        |
| Temperatura                              |                                   | Nu se normează                  |      |      |       |        |
| pH                                       |                                   | Cuprins în intervalul 6,5 – 8,5 |      |      |       |        |
| <b>A.2. Regimul Oxigenului</b>           |                                   |                                 |      |      |       |        |
| Oxigen dizolvat                          | mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> | 7,0                             | 6,0  | 5,0  | 4,0   | <4,0   |
| CBO <sub>5</sub>                         | mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> | 3,0                             | 5,0  | 10,0 | 25,0  | >25,0  |
| CCO-Mn                                   | mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> | 5,0                             | 10,0 | 20,0 | 50,0  | >50,0  |
| CCO-Cr                                   | mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> | 10,0                            | 25,0 | 50,0 | 125,0 | >125,0 |
| <b>A.3. Nutrienți</b>                    |                                   |                                 |      |      |       |        |
| Amoniu                                   | mgN*L <sup>-1</sup>               | 0,2                             | 0,3  | 0,6  | 1,5   | >1,5   |
| Azotiți                                  | mgN*L <sup>-1</sup>               | 0,01                            | 0,06 | 0,12 | 0,3   | >0,3   |
| Azotați                                  | mgN*L <sup>-1</sup>               | 1,0                             | 3,0  | 6,0  | 15,0  | >15,0  |
| Fosfor total                             | mgP*L <sup>-1</sup>               | 0,1                             | 0,2  | 0,4  | 1,0   | >1,0   |
| <b>A.4. Ioni generali, salinitate</b>    |                                   |                                 |      |      |       |        |
| Calciu (Ca <sup>2+</sup> )               | mg*L <sup>-1</sup>                | 75                              | 150  | 200  | 300   | >300   |
| Cloruri (Cl <sup>-</sup> )               | mg*L <sup>-1</sup>                | fond                            | 100  | 250  | 300   | >300   |
| Magneziu (Mg <sup>2+</sup> )             | mg*L <sup>-1</sup>                | fond                            | 25   | 50   | 100   | >100   |
| Sulfatți(SO <sup>2-</sup> <sub>4</sub> ) | mg*L <sup>-1</sup>                | 80                              | 150  | 250  | 300   | >300   |

Normele de calitate NTPA-013 reglementează cerințele de calitate pe care apele dulci de suprafață utilizate în potabilizare, trebuie să le îndeplinească după o tratare corespunzătoare.

Apele de suprafață se clasifică, în funcție de valorile limită ale parametrilor fizico-chimici, în 3 categorii: A1, A2 și A3. Fiecărei categorii îi corespunde o tehnologie standard adecvată de tratare:

**Categoria A1.**

Tratarea fizică simplă și dezinfecția (ex: filtrare rapidă și dezinfecție).

**Categoria A2.**

Tratare normală: fizică, chimică și dezinfecție (ex: preclorinare, coagulare, floculare, decantare, filtrare, dezinfecție).

**Categoria A3.**

Tratare fizică, chimică avansată, preclorinare și dezinfecție (ex: clorinare intermediară, coagulare, floculare, decantare, filtrare prin adsorbție pe cărbune activ, dezinfecție, clorinare finală).

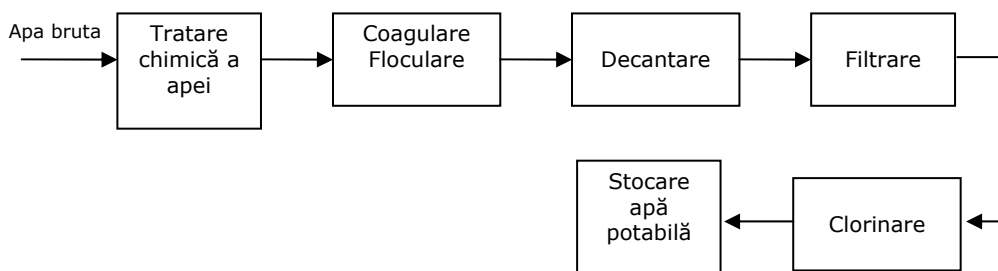
Apele de suprafață ce prezintă caracteristici fizice, chimice și microbiologice peste limitele obligatorii prevăzute pentru categoria A3 nu vor fi utilizate pentru potabilizare.

Sursa de apă brută folosită pentru alimentarea orașului Drobeta Turnu Severin este fluviul Dunărea. Caracteristicile Dunării din zona de captare a stației de apă potabilă se încadrează în categoria A2 și îndeplinește normele de calitate pentru potabilizare prevăzute de lege NTPA-013.

Orașul Drobeta Turnu Severin este situat la o distanță de 933 km de gura fluviului Dunărea, între cele două baraje Porțile de Fier I și II. Luând în considerare poziția orașului Drobeta Turnu Severin este garantat un nivel minim al apei. Date fiind instrucțiunile de funcționare care se aplică barajelor Porțile de fier I și II, nivelul apei nu variază excesiv.

Debitul provenind din barajul Porțile de Fier I este aproape egal cu debitul de ieșire din barajul Porțile de Fier II. Acesta asigură anumite viteze minime care limitează sedimentarea în zona orașului Drobeta Turnu Severin. De asemenea prezența lacului de acumulare de pe barajul Porțile de Fier I permite o sedimentare accentuată astfel încât în zona de captare a Stației de apă din Drobeta Turnu Severin calitatea apei Dunării să fie bună și să poată fi încadrată în categoria A2 conform normelor de calitate NTPA-013.

Fluxul de potabilizare aplicat în stația de tratare este de tip convențional specific pentru sursele de suprafață, fiind prezentat în figura 5.1. Tratarea chimică a apei se realizează utilizând drept reactiv de coagulare sulfatul de aluminiu.



**Figura 5.1.** Schema tehnologică a procesului de tratare.

## 5.2. Monitorizarea calității apei brute și a apei potabile pentru anul 2005

Pentru a urmări variația parametrilor de calitate a apei brute de Dunăre respectiv a apei potabile, s-au monitorizat parametri fizico-chimici și microbiologici, pe parcursul anului 2005.

În tabelele 5.2., 5.4. și 5.6. sunt prezentate caracteristicile de calitate a apei brute respectiv în tabelele 5.3, 5.5. și 5.7. caracteristicile apei potabile.

Din tabelele 5.2., 5.4. și 5.6. care redau variația temperaturii apei brute, se disting trei domenii de temperatură care pot fi evidențiate astfel:

- temperaturi scăzute (1,0 – 5,0 °C) – specifice sezonului iarnă-primăvară;
- temperaturii medii (5,0 – 15,0 °C) – caracteristice perioadei de primăvară-toamnă;
- temperaturi ridicate (15,0 – 24,0 °C) – specifice sezonului de vară.

Rezultă că timp de șapte luni pe an, apa brută prezintă temperaturi scăzute, care influențează procesul ulterior de coagulare a apei, în special în cazul utilizării sulfatului de aluminiu, când viteza de hidroliză a acestuia este scăzută.



**Tabelul 5.2.** Valorile minime ale parametrilor fizico–chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa brută în anul 2005

| Parametru                | U.M.                              | CMA<br>Luna | 1     | 2      | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9      | 10     | 11     | 12     |
|--------------------------|-----------------------------------|-------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
|                          |                                   |             | 3     | 1      | 3     | 7     | 13    | 18    | 24    | 22    | 19     | 13     | 4      | 4      |
| Temp.                    | °C                                | 25          | 3     | 1      | 3     | 7     | 13    | 18    | 24    | 22    | 19     | 13     | 4      | 4      |
| Turbiditate              | N.T.U                             |             | 5,14  | 5,19   | 15,2  | 100,0 | 16,90 | 5,10  | 4,42  | 7,76  | 12,81  | 6,06   | 4,51   | 7,0    |
| Alcalinitate             | mvali*L <sup>-1</sup>             |             | 3,10  | 3,30   | 2,60  | 2,60  | 3,0   | 3,20  | 3,0   | 2,90  | 3,28   | 3,10   | 3,36   | 3,16   |
| pH                       | -                                 | 6,5–8,5     | 7,61  | 7,73   | 7,10  | 7,03  | 7,27  | 7,33  | 7,37  | 7,59  | 7,55   | 7,57   | 7,14   | 7,28   |
| Durit.totală             | grd.Ge                            |             | 10,75 | 11,74  | 11,42 | 8,59  | 9,96  | 10,51 | 9,40  | 10,41 | 10,64  | 11,53  | 11,24  | 10,07  |
| Calciu                   | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 54,40 | 59,20  | 59,20 | 52,20 | 52,8  | 55,20 | 49,60 | 56,0  | 51,68  | 58,4   | 64,0   | 54,40  |
| Magneziu                 | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 4,85  | 8,73   | 7,76  | 5,44  | 5,76  | 7,27  | 6,79  | 8,24  | 10,67  | 8,73   | 10,18  | 8,73   |
| Cloruri                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 200         | 17,70 | 21,76  | 17,07 | 17,19 | 15,0  | 15,80 | 15,45 | 17,54 | 15,10  | 18,78  | 19,65  | 16,41  |
| CCO-Mn.                  | mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> | 20          | 2,53  | 2,46   | 3,56  | 4,58  | 2,90  | 2,95  | 2,82  | 2,67  | 2,98   | 2,89   | 2,28   | 2,50   |
| Fe total                 | mg*L <sup>-1</sup>                | 1-2         | 0,26  | 0,17   | 0,85  | 1,06  | 0,35  | 0,15  | 0,048 | 0,16  | 0,40   | 0,15   | 0,11   | 0,20   |
| Mangan                   | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,1         | 0,04  | 0,043  | 0,048 | 0,17  | 0,021 | 0,02  | 0,03  | 0,031 | 0,046  | 0      | 0,08   | 0,56   |
| Amoniu                   | mg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 0,15  | 0,2    | 0,27  | 0,10  | 0,076 | 0,082 | 0,049 | 0,046 | 0,055  | 0,036  | 0,057  | 0,12   |
| Azotiți                  | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,075 | 0,02   | 0,05  | 0,067 | 0,065 | 0,074 | 0,08  | 0,043 | 0,035  | 0,037  | 0,045  | 0,071  |
| Azotați                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 3,10  | 3,2    | 4,50  | 3,80  | 3,20  | 3,30  | 2,20  | 1,80  | 3,60   | 2,8    | 3,30   | 3,40   |
| Fosfor total             | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,069 | 0,037  | 0,127 | 0,124 | 0,11  | 0,13  | 0,05  | 0,035 | 0,15   | 0,091  | 0,084  | 0,042  |
| Fosfați                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,7         | 0,061 | 0,057  | 0,078 | 0,048 | 0,047 | 0,08  | 0,07  | 0,053 | 0,091  | 0,035  | 0,035  | 0,055  |
| Sulfați                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 250         | 30,0  | 36,0   | 32,0  | 36,0  | 38,0  | 26,0  | 28,0  | 18,0  | 26,0   | 28,0   | 19,0   | 26,0   |
| Oxigen diz.              | mg*L <sup>-1</sup>                | 20          | 10,51 | 11,6   | 9,45  | 9,39  | 6,82  | 5,87  | 5,55  | 6,08  | 6,27   | 7,27   | 6,42   | 9,55   |
| Saturatie O <sub>2</sub> | %                                 | >50         | 82,10 | 78,14  | 77,60 | 80,79 | 72,98 | 66,47 | 65,53 | 70,01 | 69,76  | 76,50  | 57,93  | 76,52  |
| CBO <sub>5</sub>         | mg*L <sup>-1</sup>                | <5          | 0,55  | 0,94   | 1,07  | 1,11  | 0,95  | 0,74  | 0,54  | 1,03  | 0,15   | 0,34   | 0,89   | 0,65   |
| Fenoli                   | μg*L <sup>-1</sup>                | 1-5         | 1,0   | 2,0    | 3,0   | 3,0   | 0,70  | 2,0   | 0     | 2,0   | 3,6    | 1,2    | 0      | 1,0    |
| Detergenți               | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,2         | 0,013 | 0,012  | 0,012 | 0,015 | 0,011 | 0,02  | 0,004 | 0,013 | 0,025  | 0,01   | 0,022  | 0,011  |
| Flor                     | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,7-1,7     | 0,28  | 0,24   | 0,38  | 0,35  | 0,35  | 0,31  | 0,3   | 0,21  | 0,44   | 0,22   | 0,25   | 0,24   |
| Crom                     | μg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 6,0   | 5,0    | 17,0  | 28,0  | 28,0  | 11,0  | 17,0  | 10,0  | 8,0    | 10,0   | 11,0   | 12,0   |
| Cupru                    | μg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 2,0   | 4,0    | 4,0   | 4,0   | 3,0   | 2,0   | 1,0   | 2,0   | 1,0    | 2,0    | 4,0    | 2,0    |
| Mercur                   | μg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 0     | 0,0004 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,0002 | 0,0005 | 0,0005 | 0      |
| Cadmium                  | μg*L <sup>-1</sup>                | 1-5         | 2,0   | 0      | 3,0   | 0     | 4,0   | 0     | 3,0   | 0     | 5,0    | 1,0    | 2,0    | 3,0    |
| Plumb                    | μg*L <sup>-1</sup>                | 5,0         | 4,0   | 5,0    | 2,0   | 3,0   | 5,0   | 4,0   | 2,0   | 6,0   | 3,0    | 4,0    | 5,0    | 2,0    |
| Cond.el.                 | μS*cm <sup>-1</sup>               |             | 240,0 | 220,0  | 320,0 | 312,0 | 332,0 | 392,0 | 368,0 | 390,0 | 404,0  | 408    | 376,0  | 404,0  |
| Germani                  | UFC*cm <sup>-3</sup>              |             | 435,0 | 360,0  | 730,0 | 360,0 | 570,0 | 380,0 | 380,0 | 510,0 | 730,0  | 580    | 560,0  | 970,0  |
| Colif.tot.               | lr*100cm <sup>-3</sup>            | 5000        | 330,0 | 78,0   | 460,0 | 78,0  | 490,0 | 310,0 | 85,0  | 790,0 | 2400   | 1300   | 430,0  | 2100,0 |

**Tabelul 5.3.** Valorile minime ale parametrilor fizico–chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa potabilă pe anul 2005

| Parametru                | U.M.                              | CMA<br>Luna | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6      | 7     | 8     | 9      | 10    | 11    | 12     |
|--------------------------|-----------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
| Temp.                    | grd.C                             |             | 3     | 1     | 3     | 7     | 13    | 18     | 24    | 22    | 19     | 13    | 7     | 4      |
| Turbiditate              | N.T.U                             | 5           | 1,02  | 1,49  | 0,89  | 0,82  | 0,74  | 0,48   | 0,49  | 0,9   | 0,98   | 0,78  | 2,6   | 2,5    |
| Alcalinitate             | mvali*L <sup>-1</sup>             |             | 2,7   | 2,9   | 2,2   | 2     | 2,4   | 2,29   | 2,5   | 2,15  | 2,5    | 2,9   | 3,03  | 2,9    |
| pH                       |                                   | 6,5-9,5     | 7,12  | 7,12  | 6,38  | 6,35  | 6,66  | 6,86   | 7,08  | 7,25  | 7,09   | 7,16  | 7,26  | 6,87   |
| Durit.totala             | grd.Ge                            | 5           | 10,3  | 11,24 | 10,95 | 8,21  | 5,85  | 9,85   | 9,18  | 9,96  | 10,45  | 11,08 | 11,87 | 9,45   |
| Calciu                   | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 56    | 63,2  | 56    | 48,5  | 50,4  | 53,7   | 48    | 52,8  | 52,5   | 55,2  | 64    | 52,8   |
| Magneziu                 | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 8,73  | 8,73  | 6,79  | 4,85  | 5,82  | 7,27   | 7,27  | 6,49  | 10,45  | 9,21  | 9,7   | 8,24   |
| Cloruri                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 250         | 17,7  | 22,02 | 21,78 | 19,25 | 15,49 | 16,68  | 17,53 | 18,91 | 16,2   | 20,21 | 20,7  | 19,3   |
| CCO-Mn.                  | mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> | 5           | 1,58  | 1,58  | 1,19  | 1,31  | 1,56  | 1,67   | 1,66  | 1,47  | 1,69   | 1,61  | 1,81  | 1,55   |
| AL rez.                  | mgAl*L <sup>-1</sup>              | 0,2         | 0,11  | 0,09  | 0,06  | 0,04  | 0,06  | 0,11   | 0,14  | 0,15  | 0,08   | 0,11  | 0,05  | 0,12   |
| Fe total                 | mg*L <sup>-1</sup>                | 2           | 0,048 | 0,04  | 0,032 | 0,016 | 0,015 | 0,016  | 0,012 | 0,014 | 0,0095 | 0,013 | 0,016 | 0,0015 |
| Mangan                   | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,5         | 0,015 | 0,037 | 0,027 | 0,009 | 0,006 | 0,014  | 0,013 | 0,012 | 0      | 0     | 0,026 | 0,011  |
| Amoniu                   | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,5         | 0,072 | 0,068 | 0,028 | 0,031 | 0,018 | 0,028  | 0,002 | 0,018 | 0,031  | 0,012 | 0,061 | 0,05   |
| Azotiti                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,5         | 0,002 | 0     | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0005 | 0,001 | 0     | 0      | 0,001 | 0,001 | 0,003  |
| Azotati                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 3     | 3,5   | 4,4   | 4,4   | 4,2   | 3,3    | 2,35  | 1,55  | 3,35   | 2,5   | 2,3   | 3,4    |
| Fosfor total             | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,016 | 0,034 | 0,051 | 0,014 | 0,021 | 0,05   | 0,018 | 0,066 | 0,013  | 0,025 | 0,06  | 0,021  |
| Fosfati                  | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,005 | 0,034 | 0,011 | 0,012 | 0,003 | 0,04   | 0,01  | 0,012 | 0,011  | 0,005 | 0,027 | 0,021  |
| Sulfati                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 250         | 38    | 39    | 31    | 30    | 32    | 28     | 32    | 26    | 33     | 24    | 3     | 35     |
| Oxigen diz.              | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 11,74 | 12,14 | 10,81 | 10,06 | 8,8   | 7,3    | 7,37  | 7,16  | 7,5    | 8,12  | 10,14 | 10,3   |
| Saturatie O <sub>2</sub> | %                                 |             | 92,16 | 86,08 | 88,80 | 89,86 | 87,40 | 83,70  | 86,40 | 84,80 | 85,86  | 85,02 | 86,60 | 82,53  |
| Fenoli                   | μg*L <sup>-1</sup>                |             | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      |
| Detergenti               | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,045 | 0,009 | 0,024 | 0,015 | 0,021 | 0,016  | 0,022 | 0,015 | 0,023  | 0,009 | 0,015 | 0,011  |
| Flor                     | mg*L <sup>-1</sup>                | 1,2         | 0,54  | 0,35  | 0,52  | 0,44  | 0,46  | 0,33   | 0,32  | 0,32  | 0,51   | 0,048 | 0,035 | 0,054  |
| Crom                     | μg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 0     | 0     | 2     | 4     | 6     | 2      | 2     | 3     | 1      | 2     | 0     | 0      |
| Cupru                    | μg*L <sup>-1</sup>                | 100         | 2     | 1     | 1     | 1     | 0     | 0      | 2     | 1     | 1      | 0     | 1     | 1      |
| Mercur                   | μg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      |
| Cadmium                  | μg*L <sup>-1</sup>                | 5,0         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      |
| Plumb                    | μg*L <sup>-1</sup>                | 10          | 1     | 0     | 1     | 2     | 1     | 0      | 0     | 1     | 0      | 1     | 0     | 0      |
| Germei                   | U.F.C*cm <sup>-3</sup>            |             | 0     | 10    | 0     | 10    | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      |
| Colif.tot.               | Nr*100cm <sup>-3</sup>            | 0           | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      |

**Tabelul 5.4.** Valorile maxime ale parametrilor fizico-chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa brută pe anul 2005

| Parametru               | U.M.                              | CMA<br>Luna | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Temp.                   | °C                                | 25          | 4     | 3     | 7     | 12    | 20    | 24    | 24    | 24    | 22    | 19    | 13    | 7     |
| Turbiditate             | N.T.U                             |             | 15,9  | 37,13 | 209   | 284   | 112,5 | 11,95 | 34,85 | 35    | 65,5  | 25,73 | 7,96  | 22,3  |
| Alcalinitate            | mvali/l                           |             | 4,2   | 4,3   | 3,9   | 3,3   | 3,3   | 3,5   | 3,4   | 3,5   | 3,8   | 3,6   | 3,73  | 3,7   |
| pH                      | -                                 | 6,5-8,5     | 7,96  | 7,94  | 7,78  | 7,35  | 7,48  | 7,71  | 7,68  | 7,71  | 7,68  | 7,82  | 7,8   | 7,82  |
| Durit.totală            | grd.Ge                            |             | 12,99 | 13,65 | 12,76 | 12,66 | 13,27 | 12,43 | 11,64 | 12,65 | 12,76 | 12,87 | 13,88 | 13,77 |
| Calciu                  | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 75,2  | 78,4  | 72    | 70,4  | 69,6  | 69,5  | 63,2  | 67,2  | 68    | 71,2  | 79,2  | 74,4  |
| Magneziu                | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 18,43 | 17,46 | 16,49 | 15,52 | 15    | 17,87 | 14,06 | 20,67 | 18,91 | 16,49 | 18,92 | 17,6  |
| Cloruri                 | mg*L <sup>-1</sup>                | 200         | 22,4  | 28,82 | 28,49 | 27,02 | 20,39 | 19,94 | 19,94 | 21,22 | 2,56  | 21,76 | 25,71 | 25,01 |
| CCO-Mn.                 | mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> | 20          | 3,32  | 3,71  | 6,79  | 6,75  | 5,79  | 3,61  | 3,38  | 3,53  | 3,93  | 3,30  | 3,28  | 3,10  |
| Fe total                | mg*L <sup>-1</sup>                | 1-2         | 0,34  | 0,85  | 5,76  | 6,14  | 2,84  | 0,51  | 1,34  | 2,11  | 3,6   | 0,7   | 0,28  | 0,5   |
| Mangan                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,1         | 0,21  | 0,049 | 0,144 | 0,397 | 0,022 | 0,021 | 0,031 | 0,031 | 0,046 | 0,0   | 0,089 | 0,0   |
| Amoniu                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 0,29  | 0,69  | 0,64  | 0,37  | 0,25  | 0,21  | 0,32  | 0,6   | 0,37  | 0,28  | 0,25  | 0,59  |
| Azotiți                 | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,093 | 0,076 | 0,109 | 0,1   | 0,098 | 0,18  | 0,19  | 0,096 | 0,073 | 0,075 | 0,094 | 0,14  |
| Azotați                 | mg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 8,5   | 8,2   | 9,2   | 8,7   | 5,8   | 4,8   | 4,3   | 4,9   | 5     | 4,5   | 4,9   | 5,1   |
| Fosfor total            | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,099 | 0,1   | 0,226 | 0,155 | 0,108 | 0,13  | 0,11  | 0,035 | 0,15  | 0,091 | 0,15  | 0,102 |
| Fosfați                 | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,7         | 0,1   | 0,068 | 0,096 | 0,08  | 0,047 | 0,08  | 0,07  | 0,053 | 0,091 | 0,035 | 0,035 | 0,082 |
| Sulfați                 | mg*L <sup>-1</sup>                | 250         | 32    | 42    | 42    | 54    | 76    | 26    | 48    | 30    | 26    | 36    | 35    | 32    |
| Oxigen diz.             | mg*L <sup>-1</sup>                | 20          | 11,39 | 13,17 | 11,68 | 10,55 | 9,3   | 7,1   | 6,55  | 6,68  | 7,23  | 8,59  | 9,84  | 9,96  |
| SaturatieO <sub>2</sub> | %                                 | >50         | 90,60 | 94,40 | 95,97 | 96,25 | 92,91 | 76,00 | 77,04 | 75,65 | 79,87 | 88,19 | 80,93 | 79,24 |
| CBO <sub>5</sub>        | mg*L <sup>-1</sup>                | <5          | 0,68  | 1,98  | 1,96  | 3,47  | 1,69  | 1,85  | 1,16  | 1,43  | 1,98  | 1,01  | 1,3   | 1,37  |
| Fenoli                  | μg*L <sup>-1</sup>                | 1-5         | 2     | 2     | 6     | 3     | 0,7   | 2     | 0,8   | 2     | 4     | 1,2   | 1     | 2     |
| Detergenți              | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,2         | 0,033 | 0,019 | 0,022 | 0,022 | 0,011 | 0,02  | 0,019 | 0,013 | 0,025 | 0,021 | 0,025 | 0,021 |
| Flor                    | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,7-1,7     | 0,43  | 0,24  | 0,39  | 0,49  | 0,36  | 0,31  | 0,3   | 0,21  | 0,44  | 0,37  | 0,22  | 0,25  |
| Crom tot                | μg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 8     | 17    | 19    | 49    | 28    | 11    | 17    | 11    | 8     | 10    | 11    | 7     |
| Cupru                   | μg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 1     | 5     | 9     | 6     | 3     | 2     | 3     | 8     | 3     | 3     | 4     | 4     |
| Mercur                  | μg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 1,7   | 0,4   | 0     | 1     | 0     | 0     | 0,2   | 0     | 0,8   | 0,5   | 0,2   | 0     |
| Cadmium                 | μg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 0,5   | 0,7   | 0,2   | 0     | 0,3   | 0     | 3     | 0     | 5     | 1     | 2     | 1     |
| Plumb                   | μg*L <sup>-1</sup>                | 5,0         | 3     | 5     | 6     | 9     | 7     | 4     | 2     | 1     | 2     | 6     | 4     | 2     |
| Cond.el.                | μS*cm <sup>-1</sup>               |             | 392   | 398   | 400   | 336   | 336   | 400   | 414   | 408   | 413   | 424   | 401   | 412   |
| Germei                  | U.F.C*cm <sup>-3</sup>            |             | 1650  | 3100  | 2800  | 3100  | 2500  | 960   | 1500  | 1900  | 2100  | 2900  | 1350  | 2300  |
| Colif.tot.              | Nr*100cm <sup>-3</sup>            | 5000        | 5400  | 5400  | 16000 | 5400  | 16000 | 3500  | 5400  | 16000 | 16000 | 16000 | 1700  | 3500  |

**Tabelul 5.5.** Valorile maxime ale parametrilor fizico-chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa potabilă pe anul 2005

| Parametru    | U.M.                              | CMA<br>Luna | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7      | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--------------|-----------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Temp.        | °C                                |             | 4     | 3     | 7     | 12    | 20    | 24    | 24     | 24    | 22    | 19    | 13    | 7     |
| Turbiditate  | N.T.U                             | 5           | 4,85  | 5,72  | 6,21  | 2,46  | 2,46  | 1,9   | 1,81   | 2,82  | 2,57  | 2,4   | 3,61  | 5,3   |
| Alcalinitate | mvali*L <sup>-1</sup>             |             | 3,9   | 4     | 3,5   | 2,9   | 3,2   | 3,3   | 3,21   | 3,2   | 3,68  | 3,36  | 3,6   | 3,5   |
| pH           |                                   | 6,5-9,5     | 7,56  | 7,62  | 7,2   | 6,88  | 7,14  | 7,56  | 7,34   | 7,44  | 7,3   | 7,53  | 7,64  | 7,62  |
| Durit.totala | grd.Ge                            | 5           | 12,54 | 13,1  | 12,09 | 11,75 | 15,79 | 11,64 | 15,13  | 12,2  | 12,54 | 12,32 | 13,55 | 13,32 |
| Calciu       | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 72    | 72,8  | 70,4  | 67,2  | 68,16 | 64,8  | 60,8   | 64    | 65,6  | 68    | 74,8  | 72    |
| Magneziu     | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 19,93 | 17,46 | 16,49 | 15,03 | 16    | 16,97 | 15,52  | 16,97 | 12,54 | 16,49 | 18,43 | 19,66 |
| Cloruri      | mg*L <sup>-1</sup>                | 250         | 24,11 | 29,23 | 29,95 | 28,39 | 21,77 | 21,32 | 21,32  | 22,18 | 21,98 | 24,11 | 27,4  | 26,4  |
| CCO-Mn.      | mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> | 5           | 2,05  | 2,28  | 2,21  | 2,09  | 2,05  | 2,17  | 1,96   | 1,93  | 2,10  | 2,16  | 2,21  | 2,17  |
| AL rez.      | mgAl*L <sup>-1</sup>              | 0,2         | 0,23  | 0,22  | 0,25  | 0,21  | 0,23  | 0,26  | 0,25   | 0,22  | 0,22  | 0,21  | 0,22  | 0,21  |
| Fe total     | mg*L <sup>-1</sup>                | 2           | 0,15  | 0,21  | 0,19  | 0,08  | 0,17  | 0,19  | 0,19   | 0,07  | 0,13  | 0,08  | 0,10  | 0,12  |
| Mangan       | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,5         | 0,032 | 0,039 | 0,033 | 0,022 | 0,008 | 0,014 | 0,015  | 0,012 | 0,035 | 0,054 | 0,086 | 0,065 |
| Amoniu       | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,5         | 0,16  | 0,18  | 0,14  | 0,12  | 0,18  | 0,22  | 0,13   | 0,11  | 0,18  | 0,12  | 0,17  | 0,26  |
| Azotiti      | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,5         | 0,011 | 0,009 | 0,015 | 0,004 | 0,006 | 0,01  | 0,0075 | 0,004 | 0,008 | 0,05  | 0,007 | 0,009 |
| Azotati      | mg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 7,8   | 6,6   | 8,4   | 7,8   | 5,35  | 4,95  | 4,1    | 5,35  | 6,15  | 4,4   | 4,3   | 4,9   |
| Fosfor total | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,059 | 0,052 | 0,051 | 0,057 | 0,021 | 0,05  | 0,055  | 0,066 | 0,013 | 0,025 | 0,14  | 0,024 |
| Fosfati      | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,06  | 0,035 | 0,018 | 0,016 | 0,003 | 0,04  | 0,04   | 0,012 | 0,011 | 0,005 | 0,029 | 0,021 |
| Sulfati      | mg*L <sup>-1</sup>                | 250         | 40    | 48    | 52    | 60    | 52    | 28    | 36     | 46    | 33    | 42    | 45    | 40    |
| Oxigen diz.  | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 12,49 | 14,06 | 12,43 | 11,14 | 10,6  | 8,6   | 8,2    | 8,18  | 8,12  | 9,59  | 10,54 | 10,95 |
| Saturatie O2 | %                                 |             | 97    | 101   | 100   | 100   | 100   | 90    | 95     | 90    | 92    | 95    | 91    | 85    |
| Fenoli       | μg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,1   | 0,2   | 1     | 1     | 0,5   | 0,6   | 0,3    | 0,5   | 0,3   | 0,2   | 0,5   | 0,8   |
| Detergenti   | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,05  | 0,012 | 0,025 | 0,02  | 0,021 | 0,016 | 0,029  | 0,015 | 0,023 | 0,024 | 0,022 | 0,026 |
| Flor         | mg*L <sup>-1</sup>                | 1,2         | 0,44  | 0,35  | 0,53  | 0,57  | 0,76  | 0,33  | 0,32   | 0,32  | 0,51  | 0,45  | 0,65  | 0,59  |
| Crom         | μg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 0     | 1     | 12    | 12    | 6     | 2     | 7      | 2     | 2     | 10    | 11    | 5     |
| Cupru        | μg*L <sup>-1</sup>                | 100         | 1     | 2     | 3     | 1     | 1     | 1     | 2      | 1     | 1     | 2     | 2     | 1     |
| Mercur       | μg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 0,2   | 0,3   | 0,1   | 0,2   | 0     | 0     | 0      | 0     | 0,1   | 0,1   | 0,2   | 0,2   |
| Cadmium      | μg*L <sup>-1</sup>                | 5,0         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Plumb        | μg*L <sup>-1</sup>                | 10          | 4     | 2     | 3     | 2     | 3     | 2     | 2      | 1     | 0     | 1     | 2     | 2     |
| Cond.el.     | μS*cm <sup>-1</sup>               |             | 392   | 392   | 392   | 360   | 368   | 416   | 408    | 400   | 400   | 416   | 408   | 408   |
| Germezi      | U.F.C*cm <sup>-3</sup>            |             | 25    | 20    | 20    | 20    | 15    | 20    | 10     | 15    | 18    | 28    | 20    | 25    |
| Colif.tot.   | Nr*100cm <sup>-3</sup>            | 0           | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

**Tabelul 5.6.** Valorile medii ale parametrilor fizico-chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa brută pe anul 2005

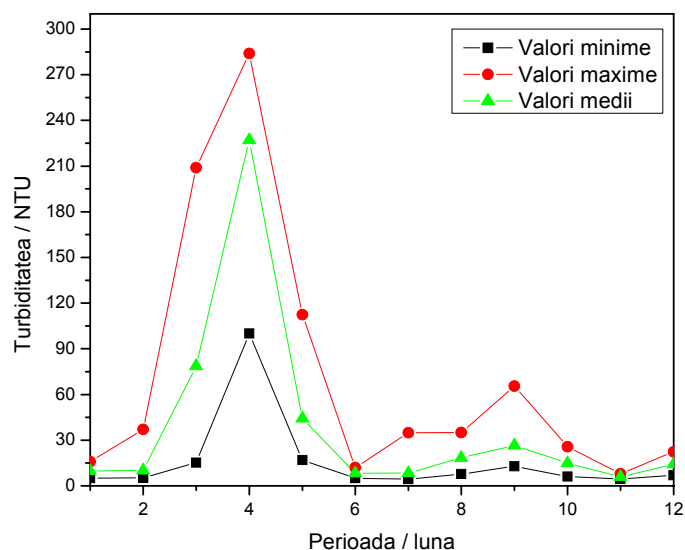
| Parametru                | U.M.                              | CMA<br>Luna | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|--------------------------|-----------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Temp.                    | °C                                | 25          | 3,5    | 2      | 5      | 9      | 16,9   | 20,9   | 24    | 23    | 21    | 15,7  | 9,4   | 5,5   |
| Turbiditate              | N.T.U                             |             | 9,89   | 10,08  | 78,8   | 227    | 44,43  | 8,31   | 8,51  | 18,4  | 26,5  | 14,9  | 5,87  | 14,18 |
| Alcalinitate             | mvali*L <sup>-1</sup>             |             | 3,8    | 4,33   | 3,4    | 2,95   | 3,08   | 3,38   | 3,57  | 3,3   | 3,54  | 3,4   | 3,37  | 3,45  |
| pH                       |                                   | 6,5-8,5     | 7,73   | 7,84   | 7,56   | 7,14   | 7,37   | 7,44   | 7,56  | 7,64  | 7,62  | 7,71  | 7,71  | 7,57  |
| Durit.totală             | grd.Ge                            |             | 12,02  | 12,66  | 11,98  | 11,24  | 10,89  | 11     | 10,47 | 11,53 | 11,74 | 12,13 | 12,44 | 12,53 |
| Calciu                   | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 61,62  | 69,95  | 63,4   | 63,95  | 60,45  | 60,42  | 58,51 | 61,31 | 61,58 | 65,6  | 72,36 | 67,54 |
| Magneziu                 | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 11,54  | 12,72  | 12,1   | 11,08  | 10,82  | 11,2   | 11,76 | 12,7  | 11,74 | 12,87 | 12,33 | 13,19 |
| Cloruri                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 200         | 20,24  | 22,91  | 24,31  | 22,32  | 17,95  | 17,27  | 18,24 | 18,9  | 18,84 | 20,2  | 22,37 | 20,16 |
| CCO-Mn.                  | mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> | 20          | 2,86   | 3,06   | 5,89   | 5,12   | 3,91   | 3,17   | 3,05  | 3,05  | 3,40  | 3,17  | 2,81  | 2,82  |
| Fe total                 | mg*L <sup>-1</sup>                | 1-2         | 0,3    | 0,34   | 3,11   | 3,27   | 1,48   | 0,34   | 0,61  | 0,68  | 0,91  | 0,35  | 0,16  | 0,32  |
| Mangan                   | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,1         | 0,13   | 0,046  | 0,081  | 0,3    | 0,021  | 0,02   | 0,03  | 0,031 | 0,046 | 0,056 | 0,058 | 0,032 |
| Amoniu                   | mg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 0,22   | 0,35   | 0,44   | 0,24   | 0,15   | 0,15   | 0,16  | 0,17  | 0,13  | 0,15  | 0,19  | 0,3   |
| Azotiți                  | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,084  | 0,061  | 0,103  | 0,087  | 0,076  | 0,11   | 0,1   | 0,079 | 0,015 | 0,013 | 0,062 | 0,091 |
| Azotați                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 5,6    | 5,8    | 6,33   | 6,3    | 4,68   | 4,5    | 3,3   | 3     | 4,33  | 3,6   | 4,6   | 4,3   |
| Fosfor total             | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,084  | 0,068  | 0,177  | 0,14   | 0,108  | 0,13   | 0,1   | 0,035 | 0,15  | 0,091 | 0,098 | 0,13  |
| Fosfați                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,7         | 0,081  | 0,063  | 0,087  | 0,063  | 0,047  | 0,08   | 0,045 | 0,053 | 0,091 | 0,035 | 0,035 | 0,04  |
| Sulfați                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 250         | 31     | 39     | 37,3   | 45     | 52     | 26     | 38    | 24    | 26    | 32    | 30    | 29    |
| Oxigen diz.              | mg*L <sup>-1</sup>                | 20          | 11,1   | 13,14  | 10,55  | 9,71   | 8,77   | 6,43   | 6,21  | 6,23  | 6,61  | 7,95  | 8,56  | 9,7   |
| Saturație O <sub>2</sub> | %                                 | >50         | 85,50  | 84,59  | 84,96  | 89,22  | 87,80  | 70,62  | 72,12 | 72,93 | 74,27 | 82,39 | 60,90 | 77,10 |
| CBO <sub>5</sub>         | mg*L <sup>-1</sup>                | <5          | 0,62   | 1,5    | 1,45   | 2,2    | 1,32   | 1,3    | 1,52  | 1,22  | 0,69  | 0,71  | 1,1   | 0,85  |
| Fenoli                   | μg*L <sup>-1</sup>                | 1-5         | 1      | 2      | 4      | 3      | 0,7    | 2      | 0,7   | 2     | 3,6   | 1,2   | 1     | 1     |
| Detergenți               | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,2         | 0,023  | 0,016  | 0,017  | 0,018  | 0,011  | 0,02   | 0,012 | 0,013 | 0,025 | 0,022 | 0,023 | 0,02  |
| Flor                     | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,7-1,7     | 0,21   | 0,24   | 0,385  | 0,42   | 0,35   | 0,31   | 0,3   | 0,21  | 0,44  | 0,35  | 0,32  | 0,3   |
| Crom                     | μg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 10     | 11     | 18     | 34     | 28     | 11     | 7     | 10    | 8     | 10    | 12    | 12    |
| Cupru                    | μg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 3,5    | 4,5    | 6,5    | 5      | 3      | 2      | 1,5   | 5     | 1,5   | 2     | 3     | 3,5   |
| Mercur                   | μg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 0,3    | 0,4    | 0      | 0,6    | 0      | 0      | 0     | 0     | 0,4   | 0,2   | 0,2   | 0,2   |
| Cadmiu                   | μg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 0,5    | 2      | 0,5    | 6      | 0,6    | 2      | 0,5   | 0     | 5     | 2     | 0,8   | 1     |
| Plumb                    | μg*L <sup>-1</sup>                | 5,0         | 2      | 5      | 3      | 6      | 3      | 4      | 2     | 3     | 5     | 2     | 2     | 5     |
| Cond.el.                 | μS*cm <sup>-1</sup>               |             | 304    | 286,29 | 354    | 322    | 334    | 395    | 402   | 399   | 412   | 415   | 389   | 407   |
| Germeți                  | UFC*cm <sup>-3</sup>              |             | 963,38 | 1121,2 | 1650,5 | 1121,2 | 1124,5 | 609,76 | 701   | 960   | 1400  | 1230  | 780   | 1750  |
| Colif.tot.               | Nr*100cm <sup>-3</sup>            | 5000        | 1320,5 | 1381   | 3611,9 | 1381   | 4389   | 1076,6 | 580   | 5400  | 9200  | 5400  | 580   | 790   |

5.2. Monitorizarea calității apei brute și a apei potabile pentru anul 2005 69

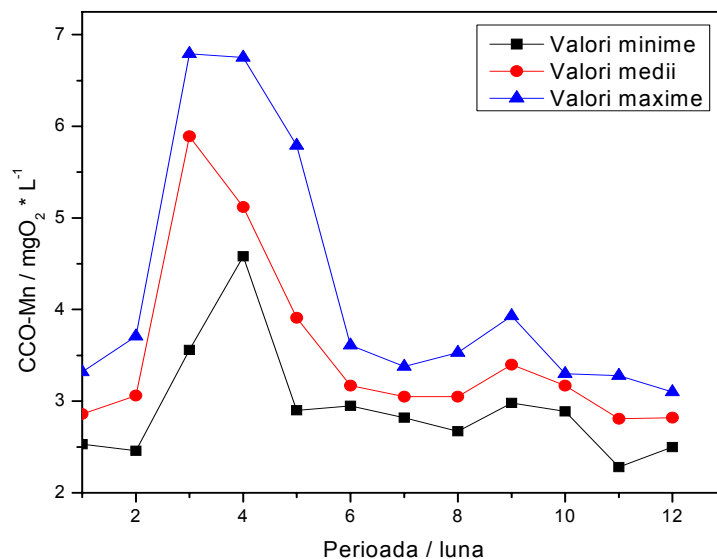
**Tabelul 5.7.** Valorile medii ale parametrilor fizico-chimici și microbiologici determinați în laborator, pentru apa potabilă pe anul 2005

| Parametru                | U.M.                              | CMA<br>Luna | 1     | 2      | 3      | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12     |
|--------------------------|-----------------------------------|-------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Temp.                    | °C                                |             | 3,5   | 2      | 5      | 9     | 16,9  | 20,9  | 24    | 23    | 21    | 15,7  | 9,4   | 5,5    |
| Turbiditate              | N.T.U                             | 5           | 2,11  | 3,85   | 3,42   | 1,29  | 1,4   | 1,15  | 0,99  | 1,22  | 1,54  | 1,75  | 2,82  | 3,8    |
| Alcalinitate             | mvali*L <sup>-1</sup>             |             | 3     | 3,4    | 2,7    | 2,39  | 2,7   | 3,07  | 2,96  | 2,94  | 3,12  | 3,1   | 3,22  | 3,1    |
| pH                       |                                   | 6,5-9,5     | 7,34  | 7,45   | 6,64   | 6,72  | 7,01  | 6,95  | 7,17  | 7,32  | 7,2   | 7,31  | 7,36  | 7,38   |
| Durit.totala             | grd.Ge                            | 5           | 11,21 | 11,75  | 11,62  | 10,8  | 10,66 | 10,84 | 10,15 | 11,05 | 11,26 | 11,98 | 12,85 | 12,16  |
| Calciu                   | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 64,1  | 66,31  | 60,2   | 59,08 | 57,9  | 63,11 | 55,13 | 58,62 | 58,91 | 62,51 | 64,4  | 65     |
| Magneziu                 | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 13,56 | 12,52  | 10,84  | 10,85 | 10,3  | 10,84 | 11,51 | 11,64 | 11,26 | 12,57 | 13,43 | 13,36  |
| Cloruri                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 250         | 21,25 | 24,97  | 26,8   | 24,55 | 19,9  | 18,22 | 19,96 | 20,41 | 20,5  | 21,89 | 24,57 | 21,89  |
| CCO-Mn.                  | mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> | 5,0         | 1,89  | 1,98   | 1,68   | 1,66  | 1,79  | 1,93  | 1,82  | 1,77  | 1,90  | 1,88  | 1,94  | 1,84   |
| AL rez.                  | mgAl*L <sup>-1</sup>              | 0,2         | 0,16  | 0,18   | 0,12   | 0,08  | 0,16  | 0,18  | 0,21  | 0,18  | 0,15  | 0,18  | 0,15  | 0,18   |
| Fe total                 | mg*L <sup>-1</sup>                | 2           | 0,066 | 0,1    | 0,084  | 0,04  | 0,053 | 0,069 | 0,041 | 0,038 | 0,051 | 0,05  | 0,075 | 0,0058 |
| Mangan                   | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,5         | 0,024 | 0,038  | 0,031  | 0,013 | 0,007 | 0,014 | 0,014 | 0,012 | 0     | 0,036 | 0,056 | 0,025  |
| Amoniu                   | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,5         | 0,082 | 0,1    | 0,073  | 0,077 | 0,077 | 0,097 | 0,048 | 0,063 | 0,11  | 0,066 | 0,12  | 0,11   |
| Azotiti                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 0,5         | 0,006 | 0,004  | 0,006  | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,01  | 0,003 | 0,005  |
| Azotati                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 5,4   | 4,9    | 6,6    | 6,2   | 4,64  | 4,51  | 3,42  | 3,15  | 4,84  | 3,6   | 3,8   | 4,2    |
| Fosfor total             | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,038 | 0,043  | 0,051  | 0,029 | 0,021 | 0,05  | 0,056 | 0,066 | 0,013 | 0,025 | 0,101 | 0,032  |
| Fosfati                  | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,033 | 0,034  | 0,015  | 0,014 | 0,003 | 0,04  | 0,022 | 0,012 | 0,011 | 0,005 | 0,028 | 0,023  |
| Sulfati                  | mg*L <sup>-1</sup>                | 250         | 39    | 43,5   | 40,3   | 45    | 44,3  | 28    | 34    | 36    | 33    | 33    | 36    | 37     |
| Oxigen diz.              | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 12,1  | 13,52  | 11,83  | 10,49 | 10,13 | 8,08  | 7,79  | 7,55  | 7,82  | 9,84  | 10,32 | 10,53  |
| Saturatie O <sub>2</sub> | %                                 |             | 93,70 | 96,00  | 95,60  | 96,31 | 95,60 | 86,73 | 90,46 | 87,14 | 88,03 | 89,65 | 89,90 | 83,27  |
| Fenoli                   | μg*L <sup>-1</sup>                |             | 1     | 0      | 0      | 1     | 1     | 0     | 1     | 0     | 1     | 0     | 1     | 1      |
| Detergenti               | mg*L <sup>-1</sup>                |             | 0,048 | 0,011  | 0,0245 | 0,017 | 0,021 | 0,016 | 0,025 | 0,015 | 0,023 | 0,025 | 0,021 | 0,018  |
| Flor                     | mg*L <sup>-1</sup>                | 1,2         | 0,36  | 0,35   | 0,525  | 0,36  | 0,61  | 0,33  | 0,32  | 0,32  | 0,51  | 0,51  | 0,32  | 0,4    |
| Crom                     | μg*L <sup>-1</sup>                | 50          | 3     | 5      | 2      | 10    | 0,6   | 2     | 3     | 2     | 2     | 4     | 3     | 4      |
| Cupru                    | μg*L <sup>-1</sup>                | 100         | 1     | 1,5    | 2      | 1     | 0     | 0,5   | 0,5   | 2     | 2     | 1     | 2     | 1      |
| Mercur                   | μg*L <sup>-1</sup>                | 1,0         | 0     | 1      | 0      | 0,5   | 1     | 0     | 0     | 0     | 0,5   | 1     | 0     | 0      |
| Cadmium                  | μg*L <sup>-1</sup>                | 5,0         | 0     | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      |
| Plumb                    | μg*L <sup>-1</sup>                | 10          | 1     | 2      | 3      | 2     | 4     | 0     | 1     | 2     | 4     | 2     | 4     | 1      |
| Cond.el.                 | μS*cm <sup>-1</sup>               |             | 333   | 314,86 | 348    | 339   | 364   | 387   | 395,2 | 390   | 400   | 409   | 405   | 403    |
| Germei                   | U.F.C*cm <sup>-3</sup>            |             | 12    | 15     | 9      | 15    | 1     | 4     | 2     | 6     | 9     | 15    | 10    | 17     |
| Colif.tot.               | Nr*100cm <sup>-3</sup>            | 0           | 0     | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      |

Pe baza datelor experimentale obținute și prezentate în tabelele 5.1.; 5.3. și 5.5. sunt redate grafic în figurile 5.2. și 5.3. variațiile turbidității și a încărcării organice exprimată prin parametrul CCO-Mn a apei brute.



**Figura 5.2.** Variația turbidității apei brute (2005)



**Figura 5.3.** Variația parametrului CCO-Mn în apa brută (2005)

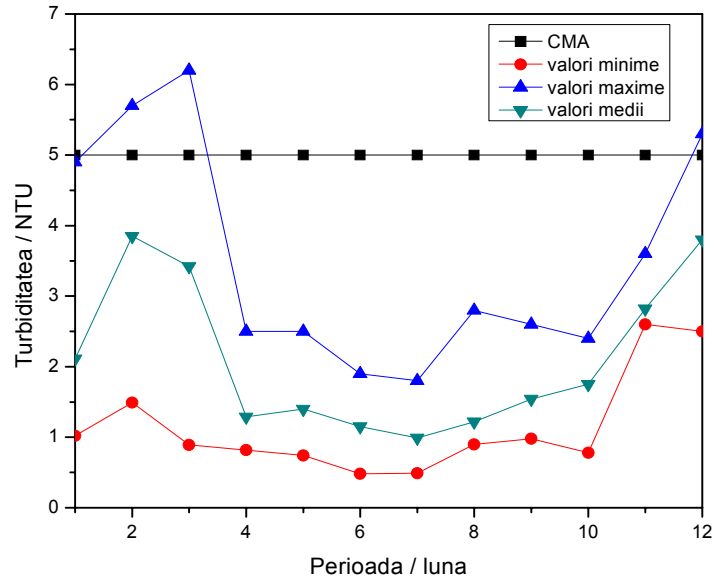


Figura 5.4. Variația turbidității apei potabile (2005)

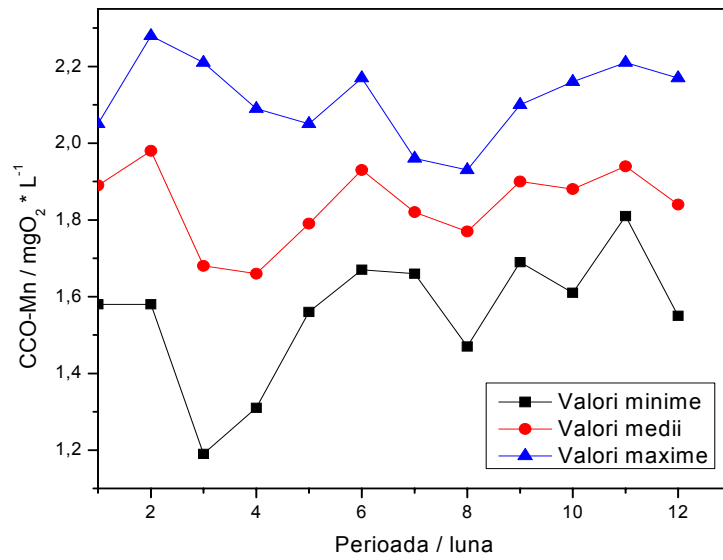


Figura 5.5. Variația parametrului CCO-Mn în apa potabilă (2005)



Variația turbidității apei brute (figura 5.2) evidențiază existența a două situații critice:

- turbidității ridicate (200 – 280 NTU) înregistrate în perioada martie-mai, caracterizate de temperaturi scăzute și cel mult medii;
- turbidități scăzute (< 10 NTU) specifice perioadei de iarnă, caracterizate de temperaturi scăzute.

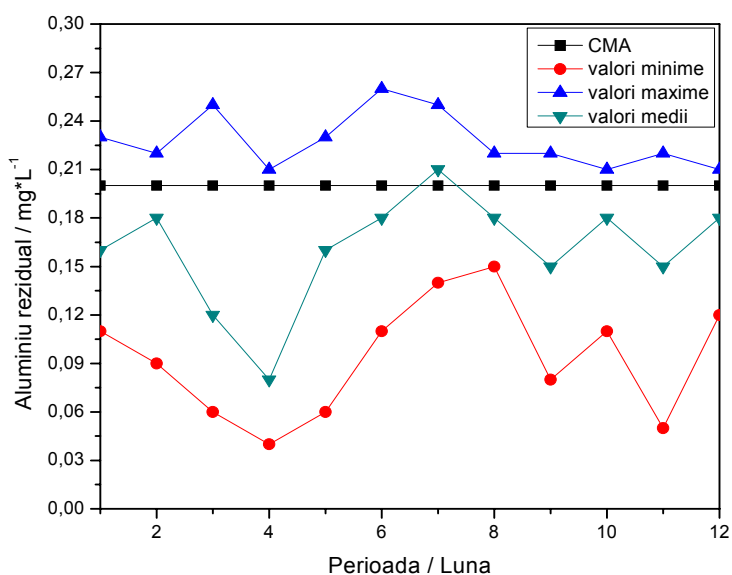
În aceste situații, este de așteptat ca procesul de coagulare convențional să nu permită atingerea valorii de turbiditate impuse de legislația caracteristică apei potabile. [40]

În figura 5.4 este prezentată variația turbidității apei potabile observându-se depășiri ale concentrației maxime admise în apa potabilă în situațiile mai sus prezentate, caracterizate de turbidități ridicate sau foarte scăzute la temperaturi mici.

Încărcarea organică [168, 169] a apei brute exprimată prin CCO-Mn (fig. 5.3) prezintă valori medii cuprinse între 2,8 – 5,8  $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ , valori maxime cuprinse între 3,2 – 6,8  $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ , respectiv valori minime cuprinse între 2,2 – 4,6  $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ .

Din variația încărcării organice a apei potabile (figura 5.5) nu se remarcă depășiri ale concentrației maxime admise în apa potabilă pentru acest parametru.

În figura 5.6 este redată variația concentrației aluminiului rezidual în apa potabilă, observându-se depășiri ale concentrației maxime admise în apă ( $0,2 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ ) pentru acest indicator.



**Figura 5.6.** Variația aluminiului rezidual în apa potabilă (2005)

### **Concluzii parțiale**

Pe baza studiilor întreprinse în anul 2005 privind monitorizarea caracteristicilor de calitate ale apei brute de Dunăre, se evidențiază ca parametri critici: temperatura scăzută a apei ( $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), turbiditatea scăzută ( $< 5\text{ NTU}$ ) și foarte ridicată (200 – 280 NTU) și încărcarea organică exprimată prin parametrul CCO-Mn depășesc concentrația maxim admisă în apă.

Datele experimentale de monitorizare a calității apei potabile corelate cu cele ale apei brute au permis identificarea și selectarea turbidității și a aluminului rezidual dizolvat ca și parametri de control al procesului de potabilizare. În plus, pentru asigurarea siguranței calității apei potabile, s-a selectat ca și parametru de control încărcarea organică exprimată prin CCO-Mn, datorită în special potențialului de formare a trihalometanilor în etapa de dezinfecție.

Datorită problemelor identificate prin monitorizarea calității apei brute și potabile pe parcursul anului 2005, se impune continuarea monitorizării caracteristicilor de calitate a apei brute și potabile doar pentru parametri critici evidențiați și selectați în vederea îmbunătățirii fluxului de potabilizare pentru o diagnoză corectă.

### **5.3. Monitorizarea calității apei brute și potabile pe anii 2006, 2007, 2008 și 2009**

În tabelele 5.8 – 5.11 sunt prezentate valorile minime, maxime și medii ale parametrilor fizico-chimici identificați și selectați în cadrul programului de monitorizare, de supraveghere a calității apei.

Rezultatele programului de monitorizare de supraveghere a calității apei brute și potabile din anul 2005 au impus proiectarea unui program de monitorizare operațional pentru parametri fizico-chimici identificați și selectați ca și parametri de control ai procesului de potabilizare.

Acest program s-a desfășurat pe o perioadă de patru ani (2006 - 2009).

În tabelele 5.8.-5.11. sunt prezentate valorile acestor parametri comparativ pentru apa brută și potabilă.

**Tabelul 5.8.** Valorile parametrilor fizico-chimici critici pentru apa brută și potabilă pe anul 2006

| Luna       | Caracteristici apă brută |     |       |                    |      |       |   |     |       | Caracteristici apă potabilă |     |       |   |     |       |                                     |      |       |
|------------|--------------------------|-----|-------|--------------------|------|-------|---|-----|-------|-----------------------------|-----|-------|---|-----|-------|-------------------------------------|------|-------|
|            | Temperatura [°C]         |     |       | Turbiditatea [NTU] |      |       | CCO – Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] |     |       | Turbiditatea [NTU]          |     |       | CCO – Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] |     |       | Al rezidual [mgAl*L <sup>-1</sup> ] |      |       |
|            | min                      | max | mediu | min                | max  | mediu | min   | max | mediu | min                         | max | mediu | min   | max | mediu | min                                 | max  | mediu |
| <b>CMA</b> |                          |     |       |                    |      |       |   | 20  |       |                             | 5   |       |   | 5   |       |                                     | 0,2  |       |
| <b>1</b>   | 1                        | 4   | 2,8   | 10,5               | 46,9 | 25,5  | 3,1   | 3,9 | 3,5   | 2,5                         | 6,4 | 2,4   | 1,5   | 2,4 | 1,9   | 0,11                                | 0,25 | 0,18  |
| <b>2</b>   | 0,5                      | 3   | 1,6   | 5,3                | 54,9 | 15,8  | 3,0   | 3,9 | 3,3   | 2,1                         | 5,4 | 3,4   | 1,6   | 2,5 | 2,1   | 0,15                                | 0,25 | 0,18  |
| <b>3</b>   | 3                        | 9   | 5,3   | 38,7               | 280  | 132,3 | 3,1   | 6,4 | 5,0   | 0,2                         | 6,7 | 1,7   | 1,6   | 2,2 | 1,8   | 0,04                                | 0,27 | 0,12  |
| <b>4</b>   | 9                        | 14  | 12,3  | 42,4               | 167  | 86,2  | 4,1   | 6,2 | 5,1   | 1,5                         | 6,1 | 1,8   | 1,5   | 2,0 | 1,7   | 0,03                                | 0,2  | 0,14  |
| <b>5</b>   | 14                       | 20  | 15,3  | 5,3                | 50,3 | 25,8  | 3,1   | 4,5 | 3,7   | 0,9                         | 5,1 | 1,3   | 1,6   | 2,1 | 1,9   | 0,09                                | 0,25 | 0,17  |
| <b>6</b>   | 17                       | 25  | 21,0  | 5,4                | 75,5 | 27,4  | 2,7   | 4,4 | 3,6   | 1,0                         | 5,2 | 1,5   | 1,7   | 2,1 | 1,9   | 0,09                                | 0,28 | 0,17  |
| <b>7</b>   | 25                       | 26  | 25,5  | 3,43               | 16,4 | 7,7   | 2,9   | 3,6 | 3,1   | 0,8                         | 3,2 | 1,9   | 1,8   | 2,3 | 2,0   | 0,08                                | 0,19 | 0,15  |
| <b>8</b>   | 21                       | 27  | 23,0  | 2,95               | 9,11 | 5,7   | 2,7   | 3,1 | 2,9   | 1,4                         | 4,8 | 2,9   | 1,6   | 2,2 | 2,0   | 0,10                                | 0,15 | 0,11  |
| <b>9</b>   | 15                       | 20  | 18,0  | 3,26               | 6,56 | 4,7   | 2,2   | 3,1 | 2,9   | 0,4                         | 0,9 | 0,7   | 1,5   | 2,2 | 1,7   | 0,10                                | 0,17 | 0,12  |
| <b>10</b>  | 14                       | 19  | 17,0  | 4,24               | 7,68 | 5,7   | 2,3   | 2,8 | 2,7   | 0,3                         | 0,9 | 0,5   | 1,7   | 2,2 | 1,9   | 0,10                                | 0,18 | 0,14  |
| <b>11</b>  | 5                        | 15  | 9,2   | 2,56               | 6,35 | 4,9   | 2,2   | 3,2 | 2,8   | 1,0                         | 2,1 | 1,6   | 1,8   | 2,3 | 2,1   | 0,09                                | 0,22 | 0,11  |
| <b>12</b>  | 6                        | 10  | 8,2   | 4,02               | 5,48 | 4,6   | 2,5   | 2,9 | 2,7   | 0,6                         | 0,9 | 0,8   | 1,7   | 2,2 | 1,8   | 0,08                                | 0,23 | 0,12  |

**Tabelul 5.9.** Valorile parametrilor fizico-chimici critici pentru apa brută și potabilă pe anul 2007

| Luna       | Caracteristici apă brută |     |       |                    |      |       |   |     |       | Caracteristici apă potabilă |     |       |   |     |       |                                     |      |       |
|------------|--------------------------|-----|-------|--------------------|------|-------|---|-----|-------|-----------------------------|-----|-------|---|-----|-------|-------------------------------------|------|-------|
|            | Temperatura [°C]         |     |       | Turbiditatea [NTU] |      |       | CCO – Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] |     |       | Turbiditatea [NTU]          |     |       | CCO – Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] |     |       | Al rezidual [mgAl*L <sup>-1</sup> ] |      |       |
|            | min                      | max | mediu | min                | max  | mediu | min   | max | mediu | min                         | max | mediu | min   | max | mediu | min                                 | max  | mediu |
| <b>CMA</b> |                          |     |       |                    |      |       |   | 20  |       |                             | 5   |       |   | 5   |       |                                     | 0,2  |       |
| <b>1</b>   | 4                        | 7   | 5     | 3,2                | 10,1 | 7,0   | 2,3   | 3,0 | 2,7   | 0,8                         | 2,3 | 1,6   | 1,9   | 2,2 | 2,0   | 0,11                                | 0,22 | 0,16  |
| <b>2</b>   | 5                        | 7   | 6     | 11,8               | 46,5 | 24,4  | 2,5   | 3,6 | 2,9   | 1,7                         | 5,9 | 2,7   | 1,5   | 1,9 | 1,7   | 0,13                                | 0,31 | 0,25  |
| <b>3</b>   | 5                        | 10  | 8,7   | 17,3               | 43,6 | 28,2  | 2,9   | 3,6 | 3,1   | 1,3                         | 5,1 | 2,0   | 1,5   | 1,8 | 1,6   | 0,09                                | 0,28 | 0,17  |
| <b>4</b>   | 10                       | 16  | 13    | 3,9                | 25,7 | 9,9   | 2,6   | 3,3 | 3,0   | 0,9                         | 2,6 | 1,8   | 1,5   | 2,4 | 2,0   | 0,14                                | 0,29 | 0,22  |
| <b>5</b>   | 17                       | 22  | 19    | 3,0                | 5,1  | 3,6   | 2,6   | 3,0 | 2,9   | 1,1                         | 3,6 | 1,4   | 1,8   | 2,2 | 2,0   | 0,15                                | 0,19 | 0,17  |
| <b>6</b>   | 19                       | 24  | 20    | 3,6                | 7,1  | 4,0   | 2,6   | 3,0 | 2,9   | 1,0                         | 2,5 | 1,3   | 1,8   | 2,1 | 2,0   | 0,14                                | 0,17 | 0,16  |
| <b>7</b>   | 26                       | 27  | 26,5  | 3,1                | 4,9  | 4,1   | 2,6   | 3,0 | 2,8   | 1,0                         | 2,1 | 1,4   | 1,8   | 2,1 | 1,9   | 0,16                                | 0,18 | 0,17  |
| <b>8</b>   | 24                       | 26  | 24,7  | 2,3                | 4,8  | 3,3   | 2,4   | 3,2 | 2,6   | 0,4                         | 0,9 | 0,6   | 1,5   | 1,9 | 1,8   | 0,06                                | 0,16 | 0,11  |
| <b>9</b>   | 17                       | 25  | 20,1  | 3,2                | 18,2 | 8,1   | 2,5   | 3,5 | 2,8   | 0,4                         | 1,9 | 0,8   | 1,6   | 2,2 | 1,8   | 0,1                                 | 0,23 | 0,15  |

Continuare

|           |    |    |      |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
|-----------|----|----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| <b>10</b> | 13 | 17 | 15,0 | 5,0 | 12,8 | 6,7  | 2,7 | 3,2 | 2,9 | 0,4 | 1,1 | 0,6 | 1,7 | 2,1 | 1,9 | 0,08 | 0,22 | 0,14 |
| <b>11</b> | 5  | 15 | 9,2  | 2,7 | 6,4  | 4,9  | 2,2 | 3,2 | 2,8 | 1,0 | 2,1 | 1,6 | 1,8 | 2,3 | 2,1 | 0,09 | 0,3  | 0,16 |
| <b>12</b> | 4  | 6  | 5,3  | 7,0 | 56,9 | 21,7 | 3,0 | 3,6 | 3,1 | 1,7 | 5,4 | 2,4 | 1,6 | 2,1 | 1,8 | 0,18 | 0,31 | 0,22 |

**Tabelul 5.10.** Valorile parametrilor fizico-chimici critice pentru apa brută și potabilă pe anul 2008

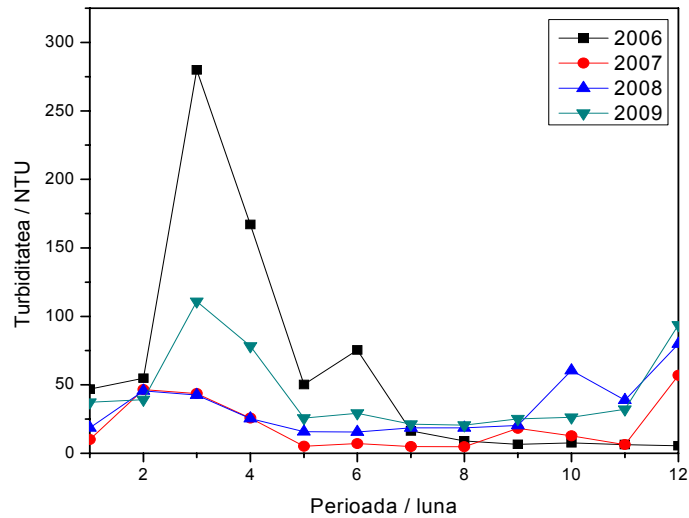
| Luna       | Caracteristici apă brută |      |       |                    |      |       |   |     |       | Caracteristici apă potabilă |     |       |   |     |       |                                     |      |       |
|------------|--------------------------|------|-------|--------------------|------|-------|---|-----|-------|-----------------------------|-----|-------|---|-----|-------|-------------------------------------|------|-------|
|            | Temperatura [°C]         |      |       | Turbiditatea [NTU] |      |       | CCO – Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] |     |       | Turbiditatea [NTU]          |     |       | CCO – Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] |     |       | Al rezidual [mgAl*L <sup>-1</sup> ] |      |       |
|            | min                      | max  | mediu | min                | max  | mediu | min   | max | mediu | min                         | max | mediu | min   | max | mediu | min                                 | max  | mediu |
| <b>CMA</b> |                          |      |       |                    |      |       | 20  |     |       | 5                           |     |       | 5   |     |       | 0,2                                 |      |       |
| <b>1</b>   | 3                        | 6,0  | 4,5   | 3,6                | 18,6 | 11,5  | 1,9   | 3,3 | 2,7   | 0,9                         | 3,1 | 1,3   | 1,6   | 2,3 | 1,9   | 0,12                                | 0,25 | 0,21  |
| <b>2</b>   | 4                        | 7,0  | 5,6   | 2,8                | 45,6 | 23,6  | 2,2   | 3,9 | 3,2   | 1,8                         | 5,3 | 2,7   | 1,3   | 2,0 | 1,8   | 0,15                                | 0,33 | 0,23  |
| <b>3</b>   | 6                        | 9,0  | 8,2   | 10,3               | 42,6 | 15,2  | 2,9   | 3,9 | 3,1   | 1,6                         | 5,3 | 2,1   | 1,1   | 1,8 | 1,6   | 0,10                                | 0,32 | 0,18  |
| <b>4</b>   | 9                        | 15,0 | 12,0  | 5,6                | 25,3 | 15,6  | 2,2   | 3,6 | 3,0   | 0,9                         | 2,9 | 2,0   | 1,3   | 2,1 | 1,8   | 0,12                                | 0,29 | 0,20  |
| <b>5</b>   | 16                       | 25,5 | 18,5  | 2,6                | 15,8 | 10,6  | 2,8   | 3,5 | 2,9   | 1,2                         | 3,7 | 1,7   | 1,3   | 1,9 | 1,8   | 0,12                                | 0,31 | 0,18  |
| <b>6</b>   | 21                       | 25,0 | 22,5  | 3,5                | 15,6 | 10,8  | 2,4   | 3,6 | 2,9   | 0,7                         | 2,9 | 1,3   | 1,4   | 2,0 | 1,7   | 0,15                                | 0,30 | 0,21  |
| <b>7</b>   | 25                       | 27,0 | 27,0  | 2,6                | 18,6 | 10,3  | 2,4   | 3,5 | 2,8   | 1,0                         | 2,3 | 1,3   | 1,5   | 2,1 | 1,8   | 0,13                                | 0,25 | 0,19  |
| <b>8</b>   | 25                       | 26,0 | 23,9  | 2,9                | 18,6 | 10,1  | 2,4   | 3,4 | 2,8   | 0,9                         | 2,2 | 1,1   | 1,4   | 1,9 | 1,8   | 0,14                                | 0,23 | 0,21  |
| <b>9</b>   | 16                       | 24,0 | 21,5  | 3,7                | 20,5 | 9,8   | 1,9   | 3,4 | 2,8   | 0,8                         | 2,0 | 1,6   | 1,4   | 2,1 | 1,8   | 0,11                                | 0,24 | 0,18  |
| <b>10</b>  | 12                       | 18,0 | 16,0  | 4,6                | 60,5 | 11,2  | 2,5   | 3,2 | 2,9   | 1,1                         | 5,7 | 1,7   | 1,3   | 2,1 | 1,8   | 0,12                                | 0,26 | 0,16  |
| <b>11</b>  | 5                        | 12,0 | 10,5  | 3,9                | 38,9 | 9,8   | 1,6   | 3,2 | 2,7   | 1,1                         | 2,1 | 1,5   | 1,4   | 2,3 | 2,0   | 0,10                                | 0,35 | 0,17  |
| <b>12</b>  | 3                        | 5,0  | 4,5   | 4,8                | 79,8 | 38,2  | 2,7   | 3,6 | 3,1   | 1,2                         | 6,6 | 2,0   | 1,3   | 2,2 | 1,9   | 0,16                                | 0,38 | 0,21  |

**Tabelul 5.11.** Valorile parametrilor fizico-chimici critice pentru apa brută și potabilă pe anul 2009

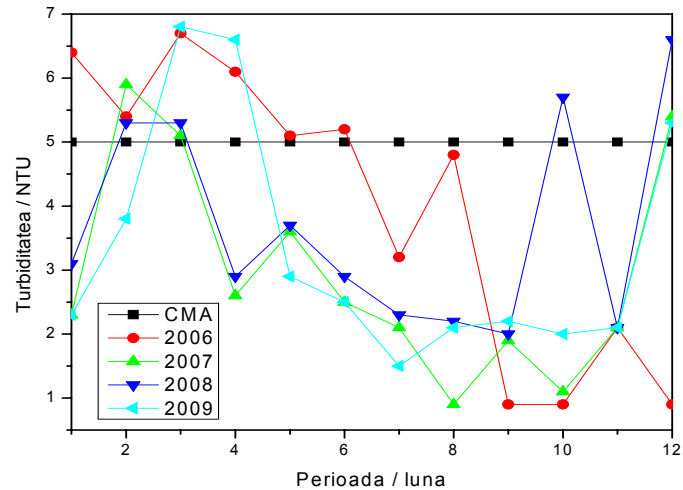
| Luna       | Caracteristici apă brută |      |       |                    |      |       |   |     |       | Caracteristici apă potabilă |     |       |   |     |       |                                     |      |       |
|------------|--------------------------|------|-------|--------------------|------|-------|---|-----|-------|-----------------------------|-----|-------|---|-----|-------|-------------------------------------|------|-------|
|            | Temperatura [°C]         |      |       | Turbiditatea [NTU] |      |       | CCO – Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] |     |       | Turbiditatea [NTU]          |     |       | CCO – Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] |     |       | Al rezidual [mgAl*L <sup>-1</sup> ] |      |       |
|            | min                      | max  | mediu | min                | max  | mediu | Min   | max | mediu | min                         | max | mediu | Min   | max | Mediu | min                                 | max  | mediu |
| <b>CMA</b> |                          |      |       |                    |      |       | 20  |     |       | 5                           |     |       | 5   |     |       | 0,2                                 |      |       |
| <b>1</b>   | 4                        | 7,0  | 5     | 4,6                | 37,2 | 14,3  | 2,4   | 3,4 | 2,8   | 0,8                         | 2,3 | 1,1   | 1,8   | 2,2 | 1,9   | 0,11                                | 0,34 | 0,25  |
| <b>2</b>   | 5                        | 8,0  | 6     | 10,2               | 39,2 | 25,4  | 2,6   | 3,6 | 2,8   | 0,6                         | 3,8 | 1,4   | 1,5   | 2,0 | 1,8   | 0,13                                | 0,28 | 0,23  |
| <b>3</b>   | 5                        | 11,0 | 8,7   | 9,3                | 111  | 18,2  | 2,8   | 3,9 | 2,9   | 0,6                         | 6,8 | 1,5   | 1,5   | 1,8 | 1,7   | 0,15                                | 0,26 | 0,20  |
| <b>4</b>   | 10                       | 15,0 | 13,0  | 9,6                | 78,3 | 15,1  | 2,4   | 3,3 | 2,9   | 0,6                         | 6,6 | 1,1   | 1,5   | 2,1 | 1,8   | 0,14                                | 0,27 | 0,21  |
| <b>5</b>   | 17                       | 20,0 | 19,0  | 2,9                | 25,8 | 8,7   | 2,3   | 2,9 | 2,6   | 0,8                         | 2,9 | 1,2   | 1,8   | 2,1 | 1,9   | 0,12                                | 0,21 | 0,18  |
| <b>6</b>   | 19                       | 25,0 | 20,0  | 4,2                | 29,3 | 10,6  | 2,1   | 2,8 | 2,3   | 0,6                         | 2,5 | 1,1   | 1,8   | 2,1 | 1,9   | 0,14                                | 0,19 | 0,15  |
| <b>7</b>   | 26                       | 27,0 | 26,5  | 6,1                | 21,3 | 11,5  | 2,3   | 3,0 | 2,4   | 0,5                         | 1,5 | 1,5   | 1,8   | 2,1 | 1,9   | 0,17                                | 0,20 | 0,18  |
| <b>8</b>   | 24                       | 26,0 | 24,7  | 4,9                | 20,6 | 12,3  | 2,1   | 2,5 | 2,3   | 0,5                         | 2,1 | 1,2   | 1,8   | 1,9 | 1,8   | 0,12                                | 0,16 | 0,15  |
| <b>9</b>   | 17                       | 24,0 | 20,1  | 6,3                | 25,2 | 11,2  | 2,0   | 2,6 | 2,3   | 0,9                         | 2,2 | 1,3   | 1,8   | 2,1 | 1,9   | 0,15                                | 0,23 | 0,20  |
| <b>10</b>  | 13                       | 19,0 | 15,0  | 5,3                | 26,3 | 10,3  | 2,3   | 2,7 | 2,6   | 0,4                         | 2,0 | 1,0   | 1,7   | 1,9 | 1,8   | 0,04                                | 0,22 | 0,10  |
| <b>11</b>  | 5                        | 14,0 | 9,2   | 5,4                | 32,2 | 9,9   | 2,7   | 3,1 | 2,9   | 0,5                         | 2,1 | 0,9   | 1,8   | 1,9 | 1,8   | 0,04                                | 0,20 | 0,10  |
| <b>12</b>  | 4                        | 7,0  | 5,3   | 5,3                | 93,7 | 17,2  | 3,0   | 3,3 | 3,0   | 0,4                         | 5,3 | 1,0   | 1,6   | 1,9 | 1,8   | 0,05                                | 0,19 | 0,09  |

Figurile 5.8 și 5.9. prezintă variațiile turbidității pentru apa brută și potabilă pentru perioada selectată.

Se observă depășirea concentrației maxime admise în apă pentru acest parametru în situația în care apa brută este caracterizată de valori ridicate de turbiditate și temperatură scăzută.

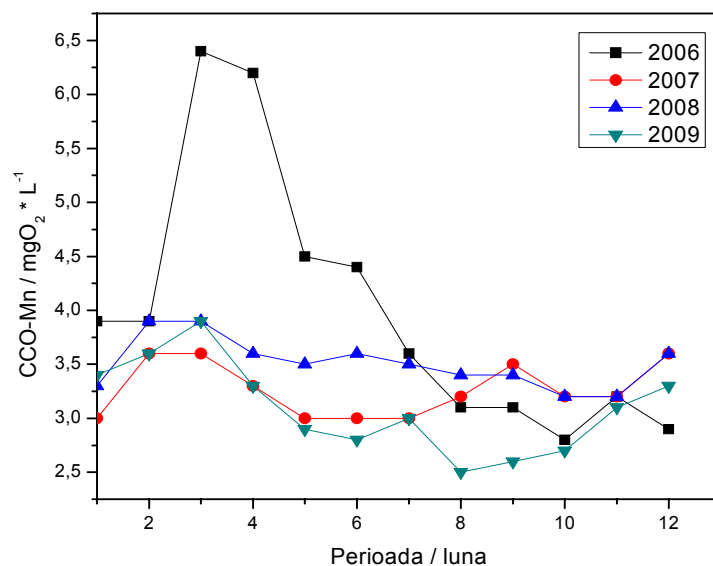


**Figura 5.8.** Variația turbidității, valorile maxime, în apa brută

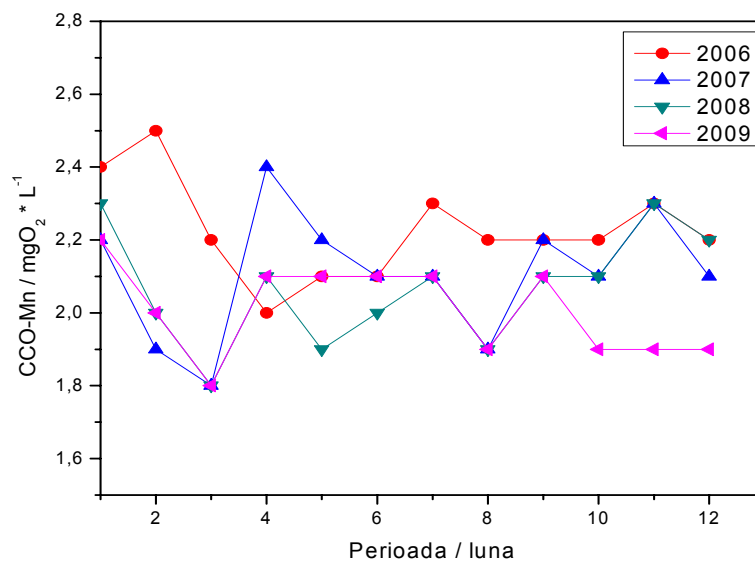


**Figura 5.9.** Variația turbidității, valorile maxime, în apa potabilă

În figurile 5.10. și 5.11. sunt prezentate variațiile parametrului CCO-Mn pentru apa brută și apa potabilă, observându-se depășiri ale acestui parametru pe toată perioada.



**Figura 5.10.** Variația încărcării organice (CCO-Mn), valorile maxime, în apa brută



**Figura 5.11.** Variația încărcării organice (CCO-Mn), valorile maxime, în apa potabilă

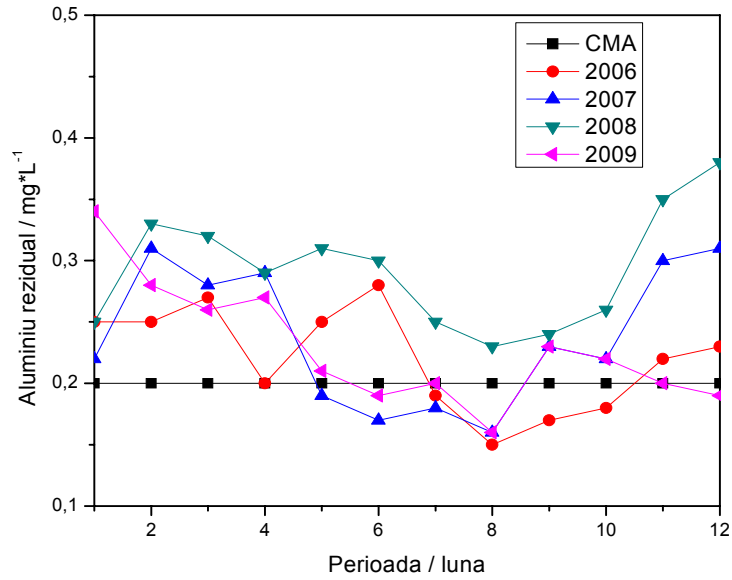


Figura 5.12. Variația concentrației aluminului rezidual, valorile maxime, în apa potabilă

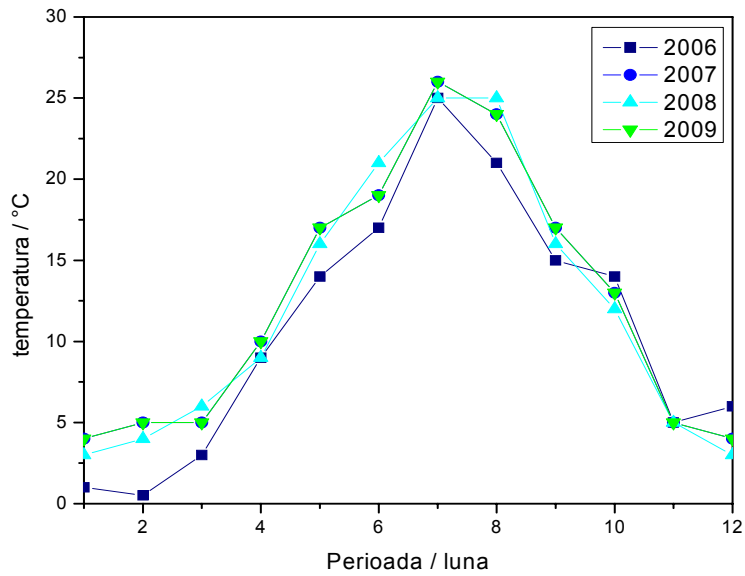


Figura 5.13. Variația temperaturii, valorile minime, în apa brută



Rezultatele monitorizării parametrului aluminiu rezidual în apa potabilă prezentate în figura 5.12. arată o concentrație a aluminiului mai mare decât concentrația maxim admisă în apă. Prin corelarea cu variația temperaturii pe durata studiului prezentată în figura 5.13. se remarcă o dependență a creșterii concentrației aluminiului rezidual cu scăderea temperaturii (figura 5.13.).

Pentru temperaturi scăzute concentrația aluminiului rezidual în apa potabilă este de aproximativ 1,5 ori mai mare decât concentrația maxim admisă în apă, iar pentru temperaturi ridicate valoarea aluminiului rezidual este în jurul valorii concentrației maxim admisă în apă.

### **Concluzii parțiale**

Programul de monitorizare de supraveghere a calității apei potabile în relație cu calitatea apei brute efectuat în anul 2005 a permis identificarea și selectarea parametrilor critici care au stat la baza proiectării programului de monitorizare operațional vizând îmbunătățirea calității apei potabile în orașul Drobeta Turnu Severin.

Programul de monitorizare operațional desfășurat pe perioada 2006 – 2009 a evidențiat următoarele aspecte:

- s-au înregistrat depășiri pentru turbiditatea apei potabile în situațiile în care apa brută a fost caracterizată de turbidități ridicate și temperaturii scăzute;
- concentrația aluminiului rezidual din apa potabilă a fost mai mare decât concentrația maxim admisă în apa potabilă datorită dozelor ridicate de agent de coagulare, de sulfat de aluminiu, impuse prin fluxul convențional de potabilizare aplicat în această perioadă.

## **6. STUDII EXPERIMENTALE LA NIVEL DE LABORATOR PRIVIND SELECTAREA AGENTULUI DE COAGULARE PREHIDROLIZAT**

### **6.1. Generalități**

Experimentele efectuate la nivel de laborator au avut drept scop evaluarea eficienței unor coagulanți prehidrolizați pe bază de aluminiu, în diverse condiții de lucru, pentru reducerea turbidității și a încărcării organice.

În acest context, s-au testat trei coagulanți prehidrolizați, comercializați pe piața și anume: PAC – SACHTOKLAR (Firma Sachtleben Chemie GmbH), KEMWATER PAX 18 (Firma Custal SRL) și PLUSPAC FD 1465 (Firma Pure Water), pentru diferite caracteristici de calitate ale surselor de apă destinate potabilizării, potriviți și pentru domeniul de temperaturi scăzute.

Cercetările experimentale au fost orientate în următoarele direcții:

- studii comparative privind eficiența de reducere a turbidității și încărcării organice în prezența sulfatului de aluminiu (coagulantul utilizat în fluxul de tratare pe instalația industrială) și respectiv în prezență de policlorură de aluminiu de tip: SACHTOKLAR (PAC), PAX 18 (PAX) și PLUS PAC (PP) la temperaturi scăzute și turbidități variabile ale apei brute (29 – 200 UNT);
- evaluarea influenței pH-ului asupra eficienței coagulantului prehidrolizat;
- stabilirea dozelor și condițiilor optime de lucru în cazul utilizării coagulanților prehidrolizați pentru tratarea apei brute cu turbidități moderate (29 NTU), la temperaturii scăzute (6 °C).

Condițiile de lucru, în cazul studiilor experimentale au fost următoarele:

- metoda Jar-Test;
- volumul de probă 1L;
- diferite doze de coagulanți;
- durata de agitare 2 minute rapid (160 ture/min) + 5 minute lent (50 ture/min);
- timp de sedimentare – 20 minute.

Pentru a evalua eficiența de tratare s-au efectuat determinări ale calității apei brute și ale apei tratate (supernatantul decantării), urmărinduse indicatorii: pH, turbiditate, oxidabilitate și aluminiu rezidual.

Metodele de analiză utilizate sunt:

- pH – pH-metru de laborator tip WTW cu electrod combinat;
- turbiditate – turbidimetru de laborator tip HACJ 2100N;
- substanțe organice – indice de permanganat (CCO-Mn) – metoda de încercare SR EN ISO 8467 – 2001;
- aluminiu rezidual (solubil) – metoda de încercare STAS 6326 – 1990.

Caracteristicile tehnice ale coagulanților prehidrolizați sunt prezentate în tabelul 6.1., în conformitate cu datele din fișele de produs.

**Tabelul 6.1.** Caracteristicile tehnice ale coagulanților prehidrolzați luați în studiu

| Tip | FIRMA<br>PRODUCĂTOARE        | pH  | Densitatea la<br>20 °C<br>[Kg*dm <sup>-3</sup> ] | Bazicitatea<br>[%] | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al<br>[%] | Cl <sup>-</sup> [%] | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>[%] | Cd<br>[mg*Kg <sup>-1</sup> ] | Cr<br>[mg*Kg <sup>-1</sup> ] | Pb<br>[mg*Kg <sup>-1</sup> ] |
|-----|------------------------------|-----|--|--------------------|---|---------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| PAC | Sachtleben<br>Chemie<br>GmbH | 2,6 | 1,20   | 45                 | 10/5,36                                   | 10,2                | 2,8                                  | -                            | -                            | -                            |
| PAX | Custal<br>SRL                | 1,0 | 1,36   | 41                 | 17 / 9                                    | -                   | -                                    | <0,05                        | < 1,0                        | < 1,0                        |
| PP  | Pure Water                   | 1,7 | 1,35   | 65                 | 14/7,41                                   | -                   | -                                    | < 0,2                        | < 2,4                        | < 3,2                        |

Conținutul de substanță activă exprimat în aluminiu variază în domeniul 5,36 – 9 %, iar bazicitatea se situează în intervalul 41 – 65 %.

Testele de coagulare-floculare [170] au fost efectuate în condiții de temperatură scăzută a apei brute datorită deficiențelor înregistrate în sistemul clasic de tratare cu suflat de aluminiu (doze mari de coagulant, turbiditate remanentă ridicată cu implicații asupra funcționării corespunzătoare a filtrării).

Testele efectuate la nivel de laborator au avut drept scop evaluarea eficienței coagulantului prehidrolizat în procesul de tratare a apei brute la temperaturi scăzute comparativ cu SA. Calitatea apei a fost similară în cazul ambelor tipuri de coagulanți, iar caracteristicile apei sunt prezentate în tabelul 6.2.

**Tabelul 6.2.** Caracteristicile fizico chimice ale apei brute

| Nr. crt. | Proba           | T [°C] | pH   | Turbiditate,<br>[NTU] | CCO-Mn<br>[mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] |
|----------|-----------------|--------|------|-----------------------|--|
| 1        | AB <sub>1</sub> | 6      | 7,62 | 29,1                  | 3,6  |
| 2        | AB <sub>2</sub> | 6      | 7,57 | 201                   | 5,40   |

Referitor la dozele utilizate în procesul de tratare se menționează următoarele:

- pentru SA s-au utilizat dozele stabilite anterior pe fluxul tehnologic funcție de turbiditatea apei
- pentru agenții de coagulare prehidrolizați s-au stabilit dozele optime în funcție de turbiditatea apei
- evaluarea comparativă a performanței agenților de coagulare în scopul selectării agentului optim pentru utilizarea practică s-a realizat la dozele optime ale acestora.

Deoarece procesul de coagulare prezintă deficiențe la turbidități scăzute, evaluarea comparativă a agenților de coagulare s-a realizat pentru apa brută cu turbiditate de 29,1 NTU. În tabelul 6.3. sunt prezentate comparativ eficiența de îndepărtare a turbidității utilizând cele trei tipuri de agenți de coagulare prehidrolizați (PAC, PAX și PP) și a sulfatului de aluminiu, pentru apa brută caracterizată prin turbiditate de 29 NTU.

**Tabelul 6.3.** Influența condițiilor de lucru asupra eficienței de îndepărtare a turbidității și a încărcării organice utilizând SA, PAC, PAX și PP, turbiditatea inițială 29 NTU și  $t = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 

| Nr. Crt. | Proba   | Doza, $\text{mgAl}\cdot\text{L}^{-1}$ | pH   |      | Turbiditatea, NTU |       | $\eta$ turbiditate, % |
|----------|---------|---------------------------------------|------|------|-------------------|-------|-----------------------|
|          |         |                                       | i    | f    | i                 | f     |                       |
| 1        | SA      | 0,45                                  | 7,62 | 7,18 | 29                | 5,80  | 80,0                  |
| 2        | PAC     | 0,32                                  | 7,62 | 7,56 | 29                | 2,61  | 91,0                  |
| 3        | PAX 1.2 | 0,6                                   | 8,21 | 8,11 | 29                | 18,26 | 37,0                  |
| 4        | PAX 2.3 | 1,2                                   | 8,15 | 8,07 | 29                | 6,54  | 77,4                  |
| 5        | PP1     | 0,5                                   | 8,11 | 8,07 | 29                | 10,10 | 65,2                  |
| 6        | PP3     | 1                                     | 8,11 | 8,07 | 29                | 4,02  | 86,1                  |

Pe baza rezultatelor testelor privind eficiențele agenților de coagulare prehidrolizați prezentate în tabelul 6.3 se observă că utilizarea agentului de coagulare PAC a permis obținerea celor mai bune eficiențe de îndepărtare a turbidității (91 %) în condițiile aplicării celei mai mici doze pentru sursa de apă caracterizată de turbidități scăzute (29 NTU).

Se remarcă necesitatea utilizării unor doze mai mari comparativ cu sulfatul de aluminiu pentru agenți de coagulare prehidrolizați PAX și PP, obținându-se eficiențe de îndepărtare a turbidității mai mici.

Aceste rezultate au condus la selectarea ca agent de coagulare prehidrolizat optim a PAC, care a fost testat de asemenea comparativ cu SA și pentru coagularea unei surse de apă caracterizată prin turbidități foarte ridicate (201 NTU). Rezultatele eficiențelor PAC și SA în cele două situații de turbiditate sunt prezentate în tabelul 6.4.

**Tabelul 6.4.** Variația eficienței de îndepărtare a turbidității și a încărcării organice la doza optimă de coagulant PAC și SA pentru apa brută cu turbiditatea  $T=201\text{ NTU}$  și  $\text{CCO-Mn}=5,4\text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ .

| Tip agent de coagulare | Doza $\text{mgAl}\cdot\text{L}^{-1}$ | pH   |      | Eficiența %  |        | Aluminiu rezidual $[\text{mgAl}\cdot\text{L}^{-1}]$ |
|------------------------|--------------------------------------|------|------|--------------|--------|---|
|                        |                                      | i    | f    | Turbiditatea | CCO-Mn |   |
| SA                     | 1,36                                 | 7,57 | 6,69 | 97           | 50     | 0,45  |
| PAC                    | 0,32                                 | 7,57 | 7,41 | 98           | 52     | 0,11  |

Sursa de apă caracterizată prin turbidități ridicate (201 NTU) caracteristică situațiilor de viituri a impus utilizarea unei doze de SA mai mare ( $1,36\text{ mgAl}\cdot\text{L}^{-1}$ ) comparativ cu doza de SA necesară sursei de apă cu turbidități scăzute ( $0,45\text{ mgAl}\cdot\text{L}^{-1}$ ). În cazul agentului de coagulare prehidrolizat PAC, doza s-a menținut aceeași mult mai scăzută față de cea a SA ( $0,32\text{ mgAl}\cdot\text{L}^{-1}$ ) și a permis obținerea unor eficiențe foarte bune similare cu cele obținute prin utilizarea dozei mai mari de SA.

Un alt aspect foarte important îl reprezintă aluminiul rezidual, care în cazul utilizării PAC a fost sub CMA față de utilizarea SA, situație în care s-a depășit CMA.

Rezultatele testelor privind selectarea agentului de coagulare optim comparativ cu agentul de coagulare convențional SA au condus la următoarele **concluzii parțiale:**

- Utilizarea unei surse de apă caracterizată de turbidități diferite în procesul de coagulare convențional folosind agentul de coagulare SA impune doze direct proporționale cu turbiditatea, care conduc la concentrații ale aluminiului rezidual ce depășesc CMA în special la turbidități ridicate.

- Selectarea agentului de coagulare prehidrolizat optim s-a realizat comparativ cu performanțele SA în aceleași condiții de turbiditate relativ scăzută (29 NTU) aleasă datorită problemelor pe care le ridică procesul de coagulare convențional
- S-au testat trei tipuri de agenți de coagulare prehidrolizați PAC, PAX și PP în condițiile apei brute caracterizată de turbiditate 29 NTU.
- Pe baza rezultatelor privind eficiența de îndepărtare a turbidității comparativ cu cele obținute prin utilizarea SA s-a selectat PAC care a permis atingerea celor mai bune performanțe de îndepărtare a turbidității.
- S-au evaluat performanțele procesului de coagulare utilizând PAC comparativ cu SA și în condițiile tratării unei ape brute caracterizată de turbidității foarte ridicate (situații de viituri). În cazul agentului de coagulare prehidrolizat PAC, doza s-a menținut aceeași mult mai scăzută față de cea a SA ( $0,32 \text{ mgAl}\cdot\text{L}^{-1}$ ) și a permis obținerea unor eficiențe foarte bune similare cu cele obținute prin utilizarea dozei mai mari de SA. Utilizarea SA în aceste condiții de turbidități ridicate a necesitat doză optimă ridicată ( $1,36 \text{ mgAl}\cdot\text{L}^{-1}$ ), care a condus la concentrații de aluminiu rezidual mai mari decât CMA.

Toate aceste rezultate de evaluare comparativă a performanței procesului de coagulare prin parametrii: turbiditate, CCO-Mn și aluminiu rezidual utilizând agenți de coagulare prehidrolizați: PAC, PAX, PP și agentul de coagulare convențional SA au permis selectarea ca agent de coagulare optim PAC.

Aceste rezultate constituie premiza cercetărilor experimentale de laborator care vizează stabilirea condițiilor optime de coagulare utilizând agentul de coagulare prehidrolizat selectat – PAC, ce vor fi prezentate detaliat în continuare.

## 7. STUDII EXPERIMENTALE COMPARATIVE DE LABORATOR PRIVIND STABILIREA DOZEI OPTIME DE COAGULANȚI (PAC ȘI SA)

Confirmarea selecției corecte și stabilirea dozei optime de agent de coagulare prehidrolizat s-a realizat prin studii experimentale sistematice de laborator utilizând metoda Jar-test și agentul de coagulare prehidrolizat PAC pentru o apă brută caracterizată prin trei domenii de turbidități și trei temperaturi. Pentru comparație, toate experimentele de Jar-test s-au realizat și pentru agentul de coagulare sulfat de aluminiu (SA).

### 7.1. Caracteristicile apei brute

Pe baza rezultatelor programelor de monitorizare privind calitatea apei brute corelată direct cu calitatea apei potabile, caracteristicile de calitate ale apei brute au fost urmărite pentru trei domenii de temperaturi și turbidități diferite, care să cuprindă situația reală în decursul unui an, inclusiv situațiile critice de inundații și viituri.

Principali parametrii caracteristici calității apei brute s-au determinat conform metodelor standardizate, iar rezultatele experimentale obținute sunt prezentate în tabelul 7.1.

**Tabelul 7.1.** Calitatea apei brute utilizate pentru studiul de laborator

| Seria | Temperatura [°C] | Turbiditatea [NTU] | Oxidabilitate [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | pH   | TOC [mgC*L <sup>-1</sup> ] | Absorbanța       |                  |
|-------|------------------|--------------------|--|------|----------------------------|------------------|------------------|
|       |                  |                    |  |      |                            | A <sub>254</sub> | A <sub>436</sub> |
| 1     | 5-7              | 5,65               | 2,65   | 7,95 | 4,12                       | 0,31             | 0,025            |
| 2     |                  | 26,87              | 3,29   | 7,98 | 5,32                       | 0,52             | 0,075            |
| 3     |                  | 165,0              | 5,89   | 8,01 | 6,29                       | 0,96             | 0,79             |
| 4     | 13-15            | 4,96               | 2,53   | 7,97 | 4,13                       | 0,29             | 0,009            |
| 5     |                  | 25,32              | 3,11   | 7,96 | 5,11                       | 0,50             | 0,08             |
| 6     |                  | 160,0              | 5,73   | 7,98 | 6,1                        | 1,0              | 0,54             |
| 7     | 24-27            | 5,12               | 2,62   | 7,98 | 4,22                       | 0,30             | 0,005            |
| 8     |                  | 25,63              | 3,36   | 8,01 | 5,23                       | 0,51             | 0,09             |
| 9     |                  | 172,0              | 6,21   | 8,08 | 6,63                       | 0,90             | 0,52             |

## 7.2. Evoluția procesului de coagulare utilizând sulfat de aluminiu (SA) comparativ cu policlorură de aluminiu (PAC)

Studiile experimentale efectuate în laborator au avut ca obiectiv determinarea dozelor și condițiilor optime de coagulare pentru reactivi de coagulare: sulfatul de aluminiu (SA) și policlorură de aluminiu (PAC), utilizând apă brută cu turbiditate cuprinsă între 5 – 170 NTU.

pH-ul este un parametru important al procesului de coagulare deoarece afectează câteva aspecte importante responsabile de mecanismul de coagulare, ca de exemplu: solubilitatea coagulantului, sarcina de suprafață a coloizilor, sarcina grupărilor funcționale ale materiei organice naturale (NOM). Pentru coagulanții pe bază de aluminiu, pH-ul optim de coagulare este dat de pH-ul corespunzător solubilității minime a acestora. În condițiile de tratare a apei, chimismul SA și a PAC poate fi descris de speciile dizolvate în echilibru cu faza solidă amorfă  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Speciile dizolvate sunt similare pentru ambii agenți de coagulare,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$  și  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ , exceptând faptul că PAC conține specii de aluminiu polimeric puternic încărcate, de tipul  $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}^{7+}$  [171, 172]. Ținând cont de faptul că influența pH-ului asupra unui tratament efectiv este diferit în funcție de parametrii de control (turbiditate, CCO-Mn, TOC, aluminiu rezidual dizolvat) și că solubilitatea minimă a coagulantului este asigurată pentru un domeniu de pH cuprins între 6 și 8 funcție de tipul coagulantului, toate experimentele de coagulare au fost conduse la pH 7,5, selectat ca și pH optim.

Experimentele de coagulare comparative utilizând SA și PAC s-au realizat pentru stabilirea dozelor optime de agent de coagulare în condițiile de temperatură și turbiditate selectate anterior. Doza de coagulant și condițiile de proces sunt selectate pe baza cerințelor apei potabile (turbiditate, CCO-Mn, concentrația aluminiului dizolvat). De asemenea, ținând cont că prezența materiei organice naturale (NOM) influențează doza de agent de coagulare vor fi monitorizate absorbanta înregistrată la 254 nm ( $A_{254}$ ) și carbonul organic total (TOC), parametrii care caracterizează cantitativ NOM din apă.

Pentru obținerea pH-ului optim de coagulare s-a utilizat ca reactiv de corecție pH, acidul sulfuric de concentrație 25 %.

### 7.2.1. Modul de lucru

Procesele de coagulare, floclare și sedimentare din cadrul tehnologiei de potabilizare au fost simulate la scară de laborator utilizând procedura Jar-test. Studiile de coagulare-floclare au fost realizate într-un sistem convențional Jar-test cu 6 agitatoare, echipat cu 6 pahare Berzelius cu volum de 1000 mL. Probele de apă brută au fost prelevate din fluviul Dunăre în fiecare sezon climatic pentru a acoperi simularea întregului domeniu de situații reale. Înaintea procesului de coagulare-floclare, probele de apă au fost agitate pentru a evita posibilitatea de sedimentare a solidelor în suspensie. Procedeu experimental a constat dintr-o etapă de amestecare rapidă care s-a realizat prin agitare la 160 rpm timp de 2 min, urmată de faza de amestecare lentă pentru 10 min la 50 rpm și etapa de sedimentare finală timp de 20 min. După etapa de sedimentare, probe de apă din supernatant au fost supuse analizei.

## 88 Studii experimentale privind stabilirea dozei optime de coagulanți - 7

Performanța procesului de coagulare-floculare a fost evaluată prin monitorizarea următorilor parametri: turbiditate (T), carbon organic total (TOC), consum chimic de oxigen (CCO-Mn) și absorbanta înregistrată la lungimea de undă de 254 nm ( $A_{254}$ ). Turbiditatea a fost măsurată utilizând un turbidimetru Hach Ratio/XR model 43900, pH-ul a fost determinat utilizând un pH-metru Radiometer PHM 95. TOC a fost măsurat utilizând analizorul TOC\TN multi N\C 3100, Analytik Jena AG, și CCO-Mn a fost determinat în concordanță cu metoda standardizată românească. Paramaterul  $A_{254}$  a fost măsurat și înregistrat utilizând spectrofotometrul UV-VIS SPECORD PC 205, Analytik Jena AG. Concentrația aluminiului dizolvat a fost determinată utilizând spectrofotometrul AAS ZENIT 700, Analytik Jena AG.

### **7.2.2. Evoluția procesului de coagulare utilizând sulfat de aluminiu**

În tabelul 7.2. sunt prezentate rezultatele experimentale privind determinarea dozelor de sulfat de aluminiu SA ( $\text{mg Al}\cdot\text{L}^{-1}$ ) prin metoda Jar-test, pentru probe de apă brută cu turbidități cuprinse între 5 - 170 NTU.



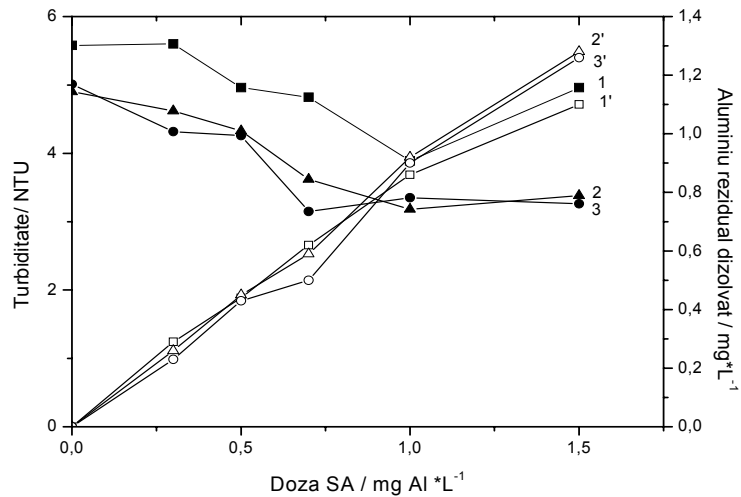
**Tabelul 7.2.** Rezultatele Jar-test privind determinarea dozelor optime de aluminiu utilizând diferite doze de sulfat de aluminiu (SA)

| Seria | Caracteristici apă brută |                   |   |      |                            | Doza de SA [mgAl*L <sup>-1</sup> ] | Caracteristici apă tratată |   |                            |                          |
|-------|--------------------------|-------------------|---|------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|---|----------------------------|--------------------------|
|       | Temperatura [°C]         | Turbiditate [NTU] | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | pH   | TOC [mgC*L <sup>-1</sup> ] |                                    | Turbiditate [NTU]          | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | TOC [mgC*L <sup>-1</sup> ] | Al [mg*L <sup>-1</sup> ] |
| 1     | 5-7                      | 5,65              | 2,65  | 7,95 | 4,12                       | 0,00                               | 5,58                       | 2,65  | 4,11                       | 0,0                      |
|       |                          |                   |   |      |                            | 0,30                               | 5,60                       | 2,56  | 4,10                       | 0,29                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 0,50                               | 4,96                       | 2,42  | 3,98                       | 0,44                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 0,70                               | 4,82                       | 2,52  | 3,96                       | 0,62                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 1,00                               | 3,89                       | 2,38  | 3,95                       | 0,86                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 1,50                               | 4,96                       | 2,41  | 3,98                       | 1,10                     |
| 2     |                          | 31,20             | 3,36  | 7,93 | 5,11                       | 0,0                                | 29,90                      | 3,31  | 5,09                       | 0,0                      |
|       |                          |                   |   |      |                            | 2,2                                | 11,20                      | 3,29  | 5,08                       | 1,74                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 2,4                                | 10,40                      | 3,29  | 5,07                       | 2,05                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 2,6                                | 4,60                       | 3,28  | 5,06                       | 1,93                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 2,8                                | 10,60                      | 3,30  | 5,05                       | 2,32                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 3,0                                | 11,2                       | 3,30  | 5,05                       | 2,49                     |
| 3     |                          | 160,0             | 5,88  | 7,96 | 6,28                       | 0,00                               | 155,0                      | 5,88  | 6,25                       | 0,0                      |
|       |                          |                   |   |      |                            | 2,2                                | 10,6                       | 5,88  | 6,24                       | 1,72                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 2,4                                | 9,8                        | 5,86  | 6,25                       | 1,92                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 2,6                                | 4,96                       | 5,84  | 6,23                       | 1,72                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 2,8                                | 5,69                       | 5,86  | 6,24                       | 2,28                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 3,0                                | 8,90                       | 5,88  | 6,25                       | 2,42                     |
| 4     | 13-15                    | 4,96              | 2,53  | 7,97 | 4,13                       | 0,00                               | 4,90                       | 2,51  | 3,96                       | 0,0                      |
|       |                          |                   |   |      |                            | 0,30                               | 4,62                       | 2,52  | 3,99                       | 0,26                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 0,50                               | 4,33                       | 2,40  | 3,96                       | 0,45                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 0,70                               | 3,62                       | 2,51  | 3,92                       | 0,59                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 1,00                               | 3,18                       | 2,36  | 3,90                       | 0,92                     |
|       |                          |                   |   |      |                            | 1,50                               | 3,38                       | 2,43  | 3,95                       | 1,28                     |

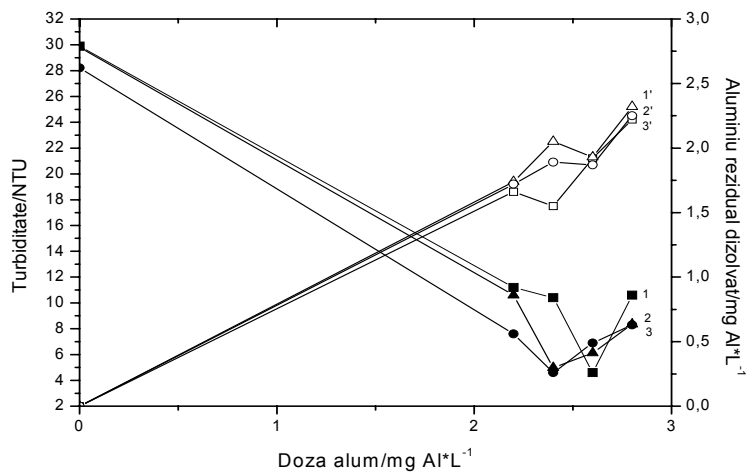
Contiuare

|   |       |       |      |      |      |      |       |      |      |      |
|---|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| 5 |       | 30,30 | 3,28 | 7,93 | 5,08 | 0,00 | 29,80 | 3,26 | 4,99 | 0,0  |
|   |       |       |      |      |      | 2,2  | 10,60 | 3,26 | 4,97 | 1,72 |
|   |       |       |      |      |      | 2,4  | 9,60  | 3,27 | 4,96 | 1,89 |
|   |       |       |      |      |      | 2,6  | 4,98  | 3,25 | 4,82 | 1,87 |
|   |       |       |      |      |      | 2,8  | 6,12  | 3,26 | 4,92 | 2,25 |
|   |       |       |      |      |      | 3,0  | 8,36  | 3,26 | 4,96 | 2,40 |
| 6 |       | 162,0 | 5,86 | 7,95 | 6,22 | 0,0  | 157,0 | 5,86 | 6,19 | 0,0  |
|   |       |       |      |      |      | 2,2  | 9,90  | 5,86 | 6,18 | 1,78 |
|   |       |       |      |      |      | 2,4  | 8,60  | 5,86 | 6,15 | 1,82 |
|   |       |       |      |      |      | 2,6  | 4,36  | 5,84 | 6,10 | 1,68 |
|   |       |       |      |      |      | 2,8  | 5,41  | 5,85 | 6,16 | 2,22 |
|   |       |       |      |      |      | 3,0  | 6,90  | 5,86 | 6,16 | 2,42 |
| 7 | 24-27 | 5,12  | 2,62 | 7,98 | 4,22 | 0,00 | 5,01  | 2,56 | 4,12 | 0,0  |
|   |       |       |      |      |      | 0,30 | 4,32  | 2,32 | 3,98 | 0,23 |
|   |       |       |      |      |      | 0,50 | 4,26  | 2,26 | 4,11 | 0,43 |
|   |       |       |      |      |      | 0,70 | 3,15  | 2,18 | 3,89 | 0,50 |
|   |       |       |      |      |      | 1,00 | 4,06  | 2,21 | 3,91 | 0,90 |
|   |       |       |      |      |      | 1,50 | 3,26  | 2,21 | 3,90 | 1,26 |
| 8 |       | 28,78 | 3,35 | 7,96 | 5,22 | 0,0  | 28,2  | 3,31 | 5,20 | 0,0  |
|   |       |       |      |      |      | 2,2  | 7,60  | 3,29 | 5,06 | 1,66 |
|   |       |       |      |      |      | 2,4  | 4,60  | 3,26 | 4,96 | 1,55 |
|   |       |       |      |      |      | 2,6  | 6,90  | 3,30 | 5,08 | 1,92 |
|   |       |       |      |      |      | 2,8  | 8,30  | 3,30 | 5,12 | 2,22 |
|   |       |       |      |      |      | 3,0  | 9,30  | 3,30 | 5,13 | 2,40 |
| 9 |       | 166,0 | 5,91 | 7,96 | 6,29 | 0,0  | 160,0 | 5,90 | 6,25 | 0,0  |
|   |       |       |      |      |      | 2,0  | 11,60 | 5,88 | 6,20 | 1,62 |
|   |       |       |      |      |      | 2,2  | 10,90 | 5,86 | 6,21 | 1,71 |
|   |       |       |      |      |      | 2,4  | 4,23  | 5,80 | 6,18 | 1,59 |
|   |       |       |      |      |      | 2,6  | 11,90 | 5,83 | 6,20 | 2,02 |
|   |       |       |      |      |      | 2,8  | 12,60 | 5,86 | 6,21 | 2,30 |

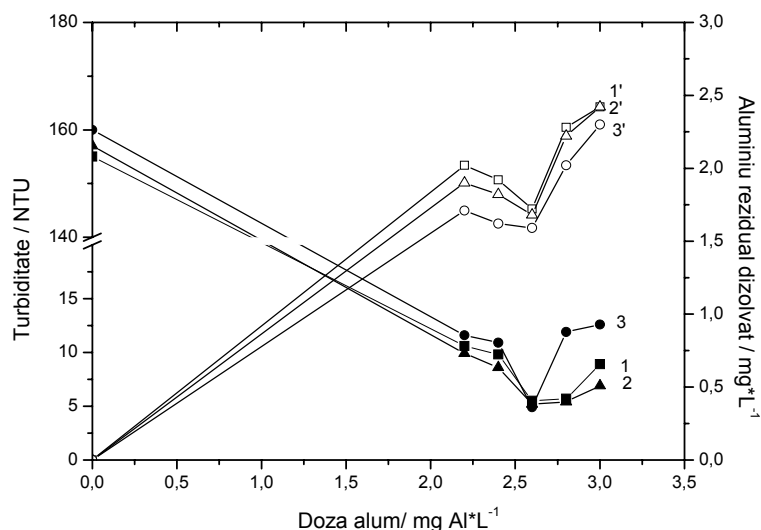
Pe baza datelor experimentale prezentate în tabelul 7.2. sunt redată grafic în figurile 7.1.; 7.2. și 7.3 variațiile turbidității și a concentrației de aluminiu rezidual, funcție de dozele de aluminiu adăugate pentru trei domenii de temperatură (5 – 7; 13 – 15; 24 – 27 °C).



**Figura 7.1.** Efectul dozei de SA asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5.65 NTU.



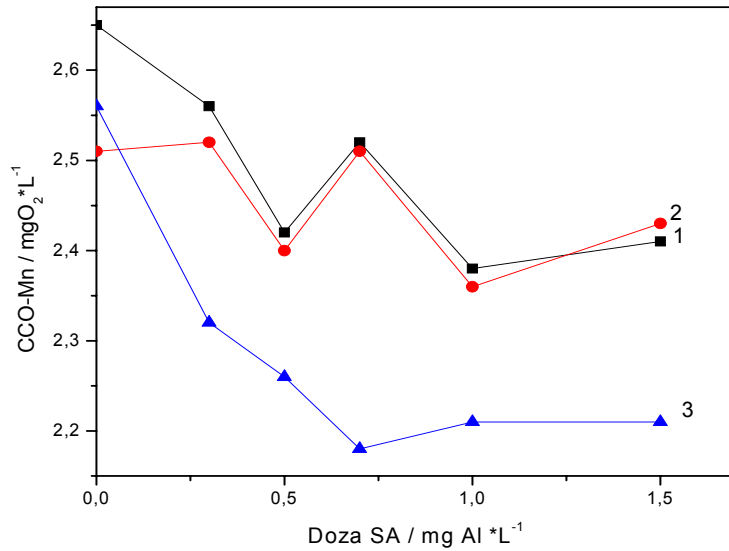
**Figura 7.2.** Efectul dozei de SA asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU.



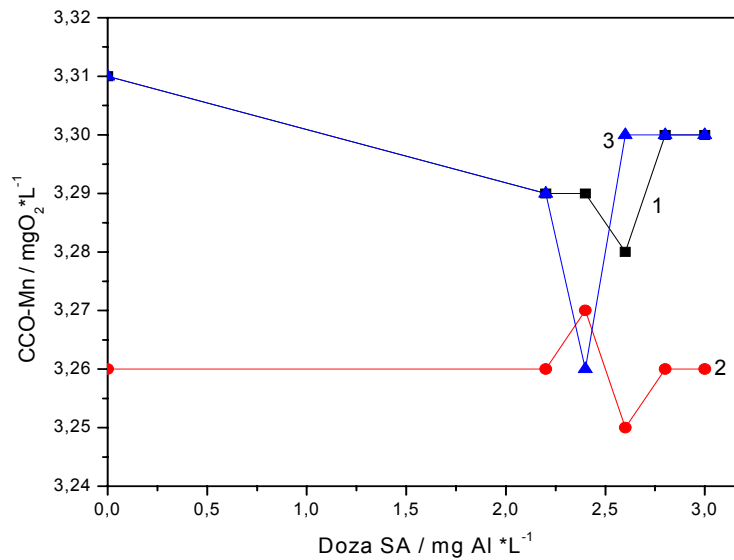
**Figura 7.3.** Efectul dozei de SA asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU.

Doza optimă de SA a variat între 0,75 și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup> funcție de temperatură pentru turbiditate scăzută și medie, și 2,5 mg Al\*L<sup>-1</sup> pentru turbiditate ridicată, independent de temperatură. După cum ne-am așteptat, temperatura scăzută a influențat negativ eficiența coagulării, cea mai slabă eficiență de îndepărtare a turbidității fiind obținută la temperatura cea mai scăzută. Acest efect se datorează faptului că temperatura scăzută afectează solubilitatea agentului de coagulare și întârzie cinetica procesului de hidroliză. Trebuie subliniat faptul că în cazul utilizării agentului de coagulare SA în aplicarea procesului de coagulare la îndepărtarea turbidității din apă nu s-au îndeplinit cerințele pentru apa potabilă, neatingându-se turbidități mai mici decât 5 NTU. De asemenea, pentru toate condițiile studiate, concentrația aluminului rezidual dizolvat a depășit CMA în apa potabilă impusă prin Legea Apei Potabile nr. 311/2004. Prezența aluminului dizolvat în apa potabilă este nedorită datorită riscului pe care îl prezintă asupra sănătății prin boala Alzheimer de care este răspunzător [172].

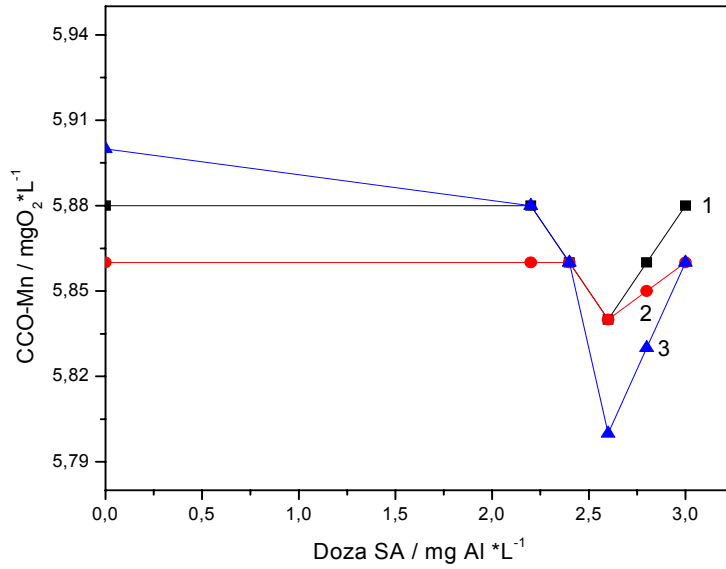
Ținând cont de definiția coagulării avansate, care presupune de fapt strategia de coagulare legată de necesitatea înlăturării materiei organice naturale (NOM) din apă, s-au monitorizat și parametrii carbon organic total (TOC) și consum chimic de oxigen (CCO-Mn), prezentați de asemenea în tabelul 7.2. Pe baza acestor rezultate s-au redat grafic variația acestor parametri cu doza de SA. Astfel, în figurile 7.4. – 7.9. sunt prezentate evoluțiile concentrației TOC și CCO-Mn pentru apa tratată funcție de dozele de aluminiu adăugate pentru trei domenii de temperatură (5 – 7; 13 – 15; 24 – 27 °C).



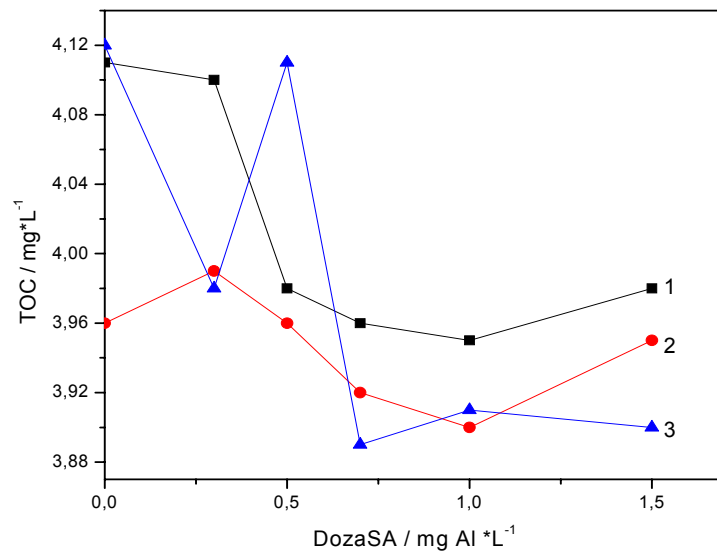
**Figura 7.4.** Efectul dozei de SA asupra consumului chimic de oxigen (CCO-Mn) (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5,65 NTU.



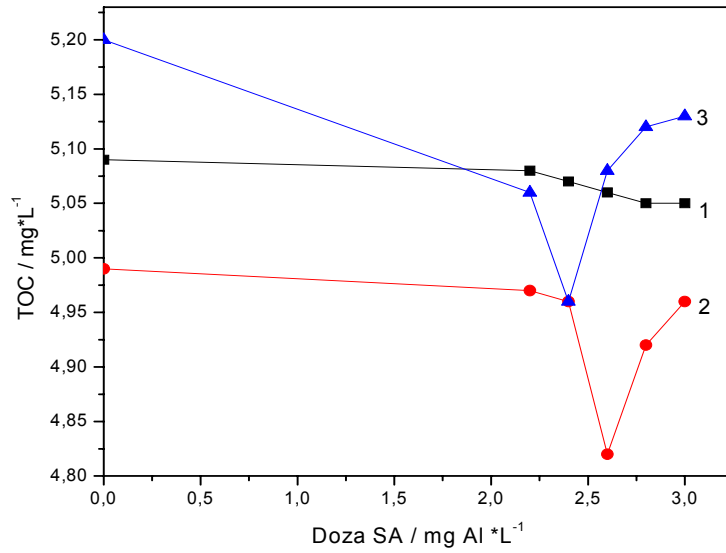
**Figura 7.5.** Efectul dozei de SA asupra consumului chimic de oxigen (CCO-Mn) (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU.



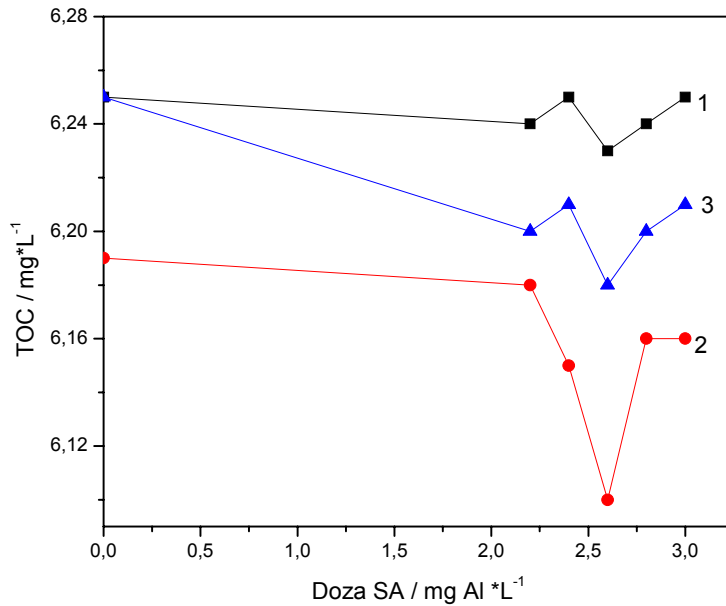
**Figura 7.6.** Efectul dozei de SA asupra consumului chimic de oxigen (CCO-Mn) (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU.



**Figura 7.7.** Efectul dozei de SA asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5.65 NTU.



**Figura 7.8.** Efectul dozei de SA asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU.



**Figura 7.9.** Efectul dozei de SA asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU.

Din figurile 7.4 – 7.9 se observă că agentul de coagulare SA prezintă o performanță foarte redusă în ceea ce privește reducerea TOC și CCO-Mn pentru toate situațiile studiate. Chiar dacă legislația privind calitatea apei potabile nu impune CMA pentru TOC, CMA pentru CCO-Mn este 5 mgO<sub>2</sub>/L. În condițiile utilizării apei brute cu turbidități mici și medii, CCO-Mn este mai mic decât CMA. Totuși, pentru apa brută caracterizată de CCO-Mn mai mare decât 5, procesul de coagulare utilizând SA nu a permis reducerea consumului chimic de oxigen la valori care să corespundă cerințelor de calitate a apei potabile. Nici în condițiile aplicării procesului de coagulare la temperaturi mai ridicate nu s-au obținut reduceri semnificative ale acestor parametri. În legea propusă de USEPA 1999, pentru înlăturarea precursorilor compușilor cancerigeni, determinați prin TOC și CCO-Mn, coagularea avansată este definită ca procesul cu adaos de doze în exces de agenți de coagulare pentru obținerea de eficiențe de reducere mai mari vs. eficiențele de reducere a acestora obținute în probe tratate prin procese convenționale. Aplicarea unui exces de doză de agent de coagulare față de doza stabilită pe baza variației turbidității nu reprezintă o soluție viabilă pentru studiul nostru deoarece concentrația aluminiului rezidual dizolvat depășește CMA în apa tratată impusă de legislația care vizează calitatea apei potabile.

### 7.2.3. Evoluția procesului de coagulare utilizând policlorură de aluminiu

**Policlorură de aluminiu (PAC)** – are formula chimică  $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$  este un reactiv de coagulare prehidrolizat și polimerizat, bazat pe clorură de aluminiu.

Caracteristicile tehnice ale poli-clorururi de aluminiu (PAC) sunt:

- pH-ul=2,6;
- densitatea la 20°C =1,2 Kg\*dm<sup>-3</sup>;
- bazicitatea = 45 %;
- Al = 5,36 %;
- Cl<sup>-</sup> = 10,2 %;
- $SO_4^{2-}$  = 2,8 %.

În tabelul 7.3. sunt prezentate rezultatele experimentale privind determinarea dozelor de PAC (mgAl\*L<sup>-1</sup>) prin metoda Jar-test, pentru aceleași probe de apă pentru care a fost testat și agentul de coagulare SA, turbidități cuprinse între 5 – 170 NTU.



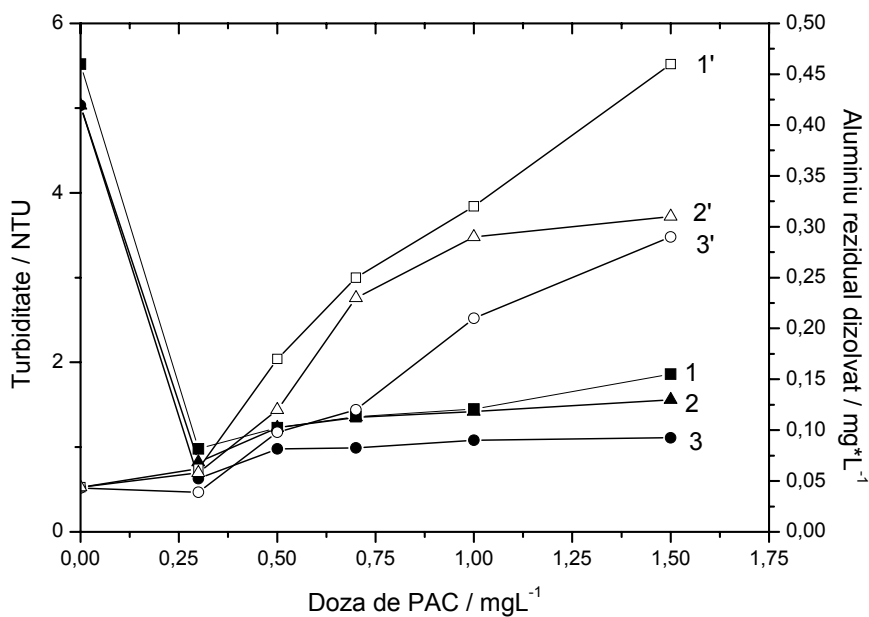
**Tabelul 7.3.** Rezultatele Jar-test privind determinarea dozelor optime de aluminiu utilizând diferite doze de poli-hidroxi-clorură bazică de aluminiu (PAC).

| Seria | Temperatura [°C] | Caracteristici apă brută |   |      |                            | Doza de PAC [mgAl*L <sup>-1</sup> ] | Caracteristici apă tratată |   |                            |                          |
|-------|------------------|--------------------------|---|------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---|----------------------------|--------------------------|
|       |                  | Turbiditate [UNT]        | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | pH   | TOC [mgC*L <sup>-1</sup> ] |                                     | Turbiditate [NTU]          | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | TOC [mgC*L <sup>-1</sup> ] | Al [mg*L <sup>-1</sup> ] |
| 1     | 5-7              | 5,65                     | 2,65  | 7,95 | 4,12                       | 0,00                                | 5,52                       | 2,62  | 4,10                       | 0,0                      |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,30                                | 0,98                       | 1,98  | 3,26                       | 0,062                    |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,50                                | 1,23                       | 2,21  | 3,36                       | 0,17                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,70                                | 1,36                       | 2,18  | 3,29                       | 0,25                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 1,00                                | 1,45                       | 2,16  | 3,31                       | 0,32                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 1,50                                | 1,86                       | 2,15  | 3,42                       | 0,46                     |
| 2     |                  | 26,87                    | 3,29  | 7,98 | 5,32                       | 0,00                                | 26,12                      | 3,12  | 5,28                       | 0,0                      |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,30                                | 4,26                       | 2,98  | 4,36                       | 0,14                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,50                                | 3,26                       | 2,76  | 4,11                       | 0,09                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,70                                | 4,25                       | 2,86  | 4,44                       | 0,15                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 1,00                                | 5,21                       | 2,98  | 4,36                       | 0,28                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 1,50                                | 4,99                       | 3,11  | 4,56                       | 0,31                     |
| 3     |                  | 165,0                    | 5,89  | 8,01 | 6,29                       | 0,00                                | 158,0                      | 5,82  | 6,25                       | 0,0                      |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,30                                | 8,21                       | 5,63  | 6,11                       | 0,10                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,50                                | 7,36                       | 5,56  | 6,09                       | 0,12                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,70                                | 7,96                       | 5,46  | 5,96                       | 0,15                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 1,00                                | 4,70                       | 4,80  | 5,02                       | 0,12                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 1,50                                | 6,65                       | 5,42  | 5,91                       | 0,19                     |
| 4     | 13-15            | 4,96                     | 2,53  | 7,97 | 4,13                       | 0,00                                | 4,90                       | 2,51  | 3,96                       | 0,0                      |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,30                                | 0,82                       | 1,96  | 3,24                       | 0,058                    |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,50                                | 1,23                       | 2,19  | 3,32                       | 0,12                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 0,70                                | 1,35                       | 2,16  | 3,28                       | 0,23                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 1,00                                | 1,42                       | 2,15  | 3,29                       | 0,29                     |
|       |                  |                          |   |      |                            | 1,50                                | 1,56                       | 2,13  | 3,36                       | 0,31                     |

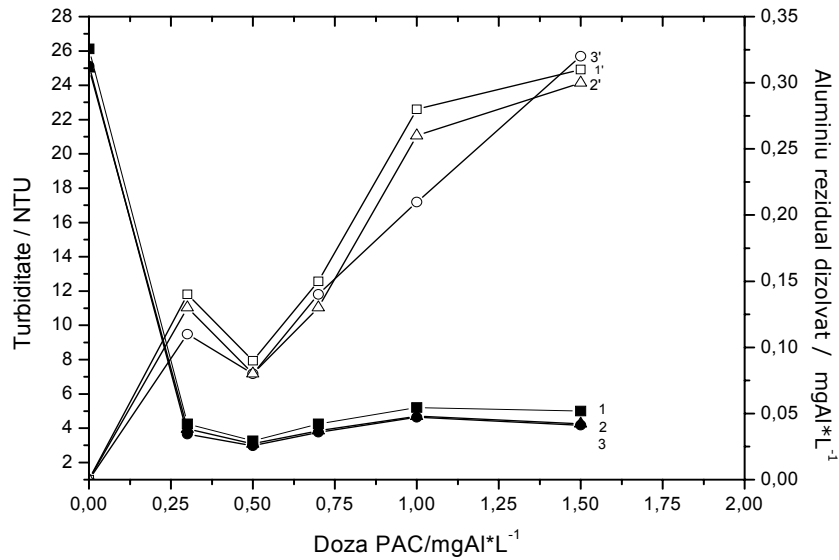
Continuare

|   |       |       |      |      |      |      |       |      |      |       |
|---|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| 5 |       | 25,32 | 3,11 | 7,96 | 5,11 | 0,00 | 24,96 | 2,98 | 4,96 | 0,0   |
|   |       |       |      |      |      | 0,30 | 3,95  | 2,98 | 4,28 | 0,13  |
|   |       |       |      |      |      | 0,50 | 3,08  | 2,68 | 4,06 | 0,08  |
|   |       |       |      |      |      | 0,70 | 3,86  | 2,82 | 4,39 | 0,13  |
|   |       |       |      |      |      | 1,00 | 4,69  | 2,96 | 4,38 | 0,26  |
|   |       |       |      |      |      | 1,50 | 4,26  | 3,08 | 4,55 | 0,3   |
| 6 |       | 160,0 | 5,73 | 7,98 | 6,1  | 0,00 | 158,0 | 5,66 | 6,02 | 0,0   |
|   |       |       |      |      |      | 0,30 | 7,6   | 5,59 | 5,96 | 0,08  |
|   |       |       |      |      |      | 0,50 | 6,8   | 5,52 | 5,94 | 0,10  |
|   |       |       |      |      |      | 0,70 | 5,82  | 5,36 | 5,96 | 0,13  |
|   |       |       |      |      |      | 1,00 | 3,65  | 4,54 | 4,98 | 0,10  |
|   |       |       |      |      |      | 1,50 | 6,18  | 5,38 | 5,26 | 0,17  |
| 7 | 24-27 | 5,12  | 2,62 | 7,98 | 4,22 | 0,00 | 5,03  | 2,58 | 3,98 | 0,0   |
|   |       |       |      |      |      | 0,30 | 0,63  | 1,82 | 3,26 | 0,039 |
|   |       |       |      |      |      | 0,50 | 0,98  | 2,06 | 3,32 | 0,098 |
|   |       |       |      |      |      | 0,70 | 0,99  | 1,96 | 3,31 | 0,12  |
|   |       |       |      |      |      | 1,00 | 1,08  | 1,99 | 3,29 | 0,21  |
|   |       |       |      |      |      | 1,50 | 1,11  | 2,12 | 3,31 | 0,29  |
| 8 |       | 25,63 | 3,36 | 8,01 | 5,23 | 0,00 | 25,12 | 3,21 | 5,11 | 0,0   |
|   |       |       |      |      |      | 0,30 | 3,65  | 2,89 | 4,26 | 0,11  |
|   |       |       |      |      |      | 0,50 | 2,98  | 2,66 | 4,03 | 0,08  |
|   |       |       |      |      |      | 0,70 | 3,76  | 2,80 | 4,32 | 0,14  |
|   |       |       |      |      |      | 1,00 | 4,63  | 2,93 | 4,36 | 0,21  |
|   |       |       |      |      |      | 1,50 | 4,18  | 2,99 | 4,52 | 0,32  |
| 9 |       | 172,0 | 6,21 | 8,08 | 6,63 | 0,00 | 168,0 | 6,18 | 6,59 | 0,0   |
|   |       |       |      |      |      | 0,30 | 6,89  | 5,62 | 6,21 | 0,065 |
|   |       |       |      |      |      | 0,50 | 6,78  | 5,56 | 6,11 | 0,086 |
|   |       |       |      |      |      | 0,70 | 3,76  | 4,42 | 4,90 | 0,054 |
|   |       |       |      |      |      | 1,00 | 5,08  | 4,79 | 5,23 | 0,11  |
|   |       |       |      |      |      | 1,50 | 6,23  | 5,59 | 6,20 | 0,14  |

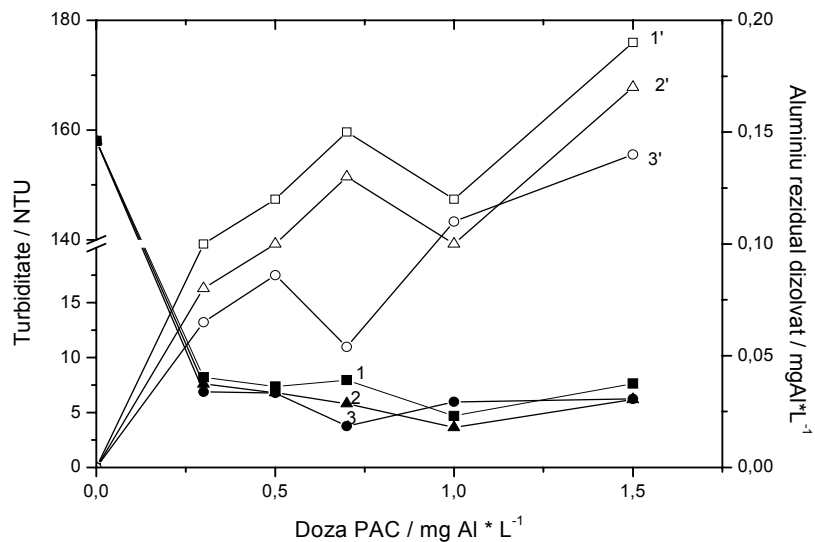
Pe baza datelor experimentale prezentate în tabelul 7.3. sunt redată grafic figurile 7.10 – 7.18. în care sunt prezentate variațiile turbidității, concentrației de aluminiu rezidual, TOC și CCO-Mn pentru apa tratată funcție de dozele de aluminiu adăugate pentru trei domenii de temperatură (5-7°C; 13-15°C; 24-27°C).



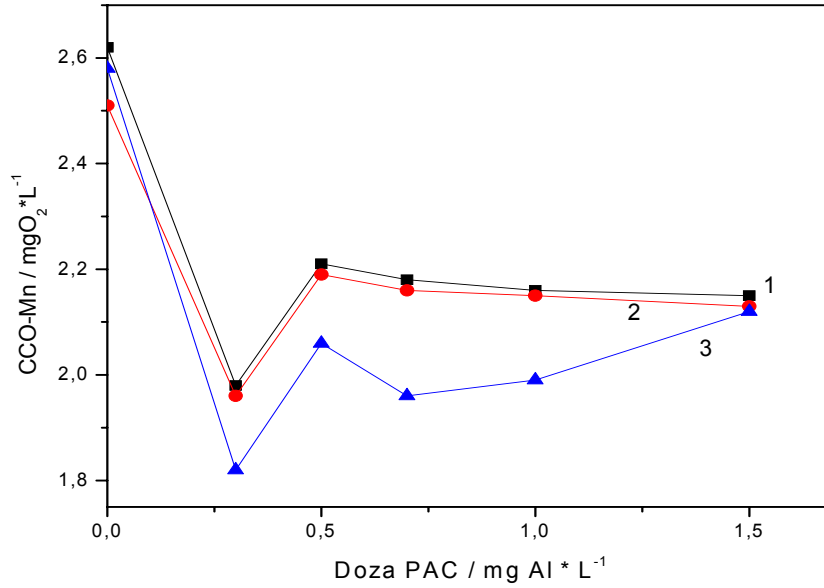
**Figura 7.10.** Efectul dozei de PAC asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5,65 NTU



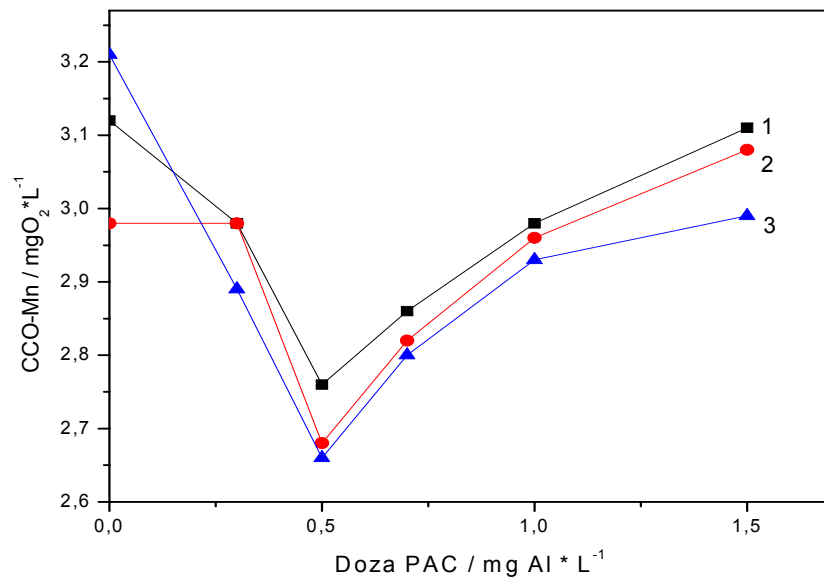
**Figura 7.11.** Efectul dozei de PAC asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU



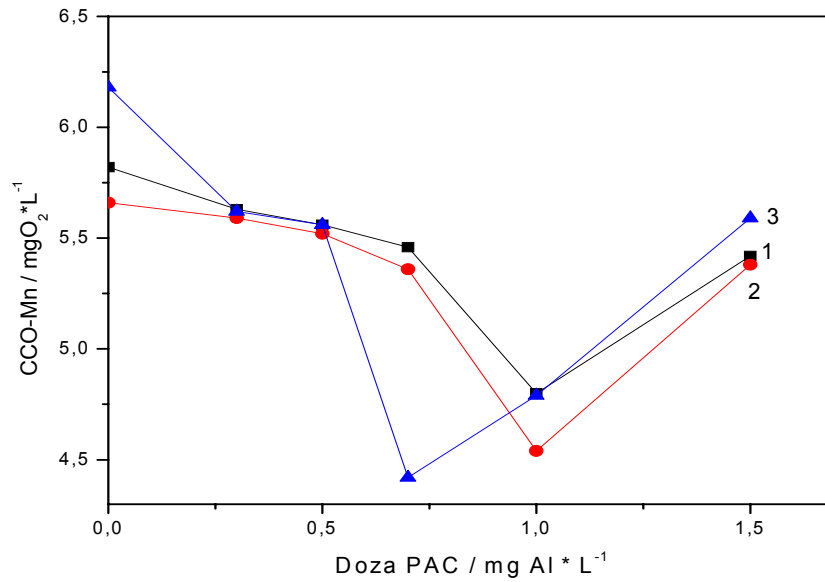
**Figura 7.12.** Efectul dozei de PAC asupra turbidității reziduale (curbele 1, 2, 3) și concentrația aluminului rezidual (curbele 1', 2', 3') la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU



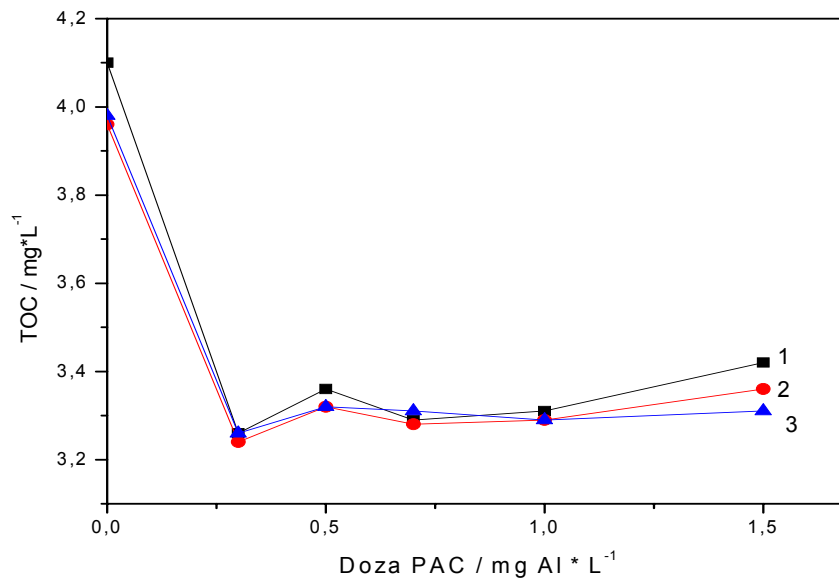
**Figura 7.13.** Efectul dozei de PAC asupra CCO-Mn (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5,65 NTU



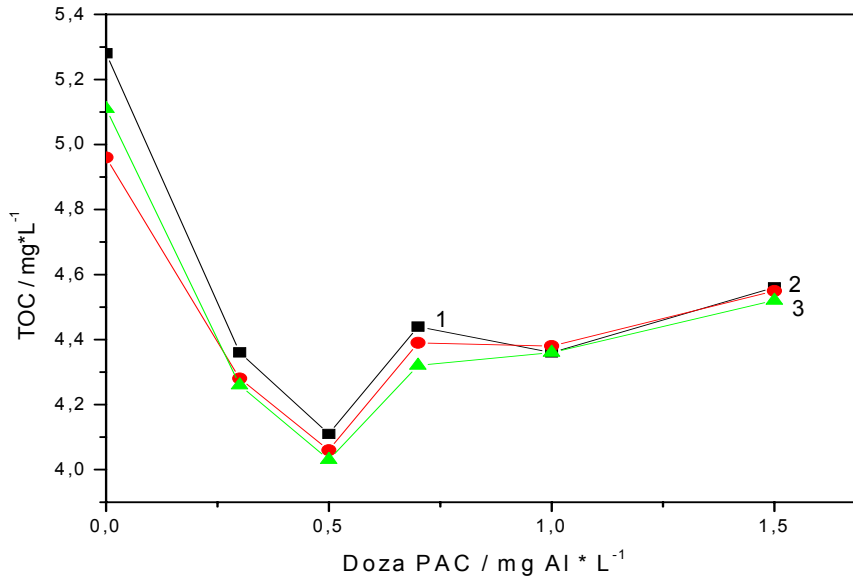
**Figura 7.14.** Efectul dozei de PAC asupra CCO-Mn (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU



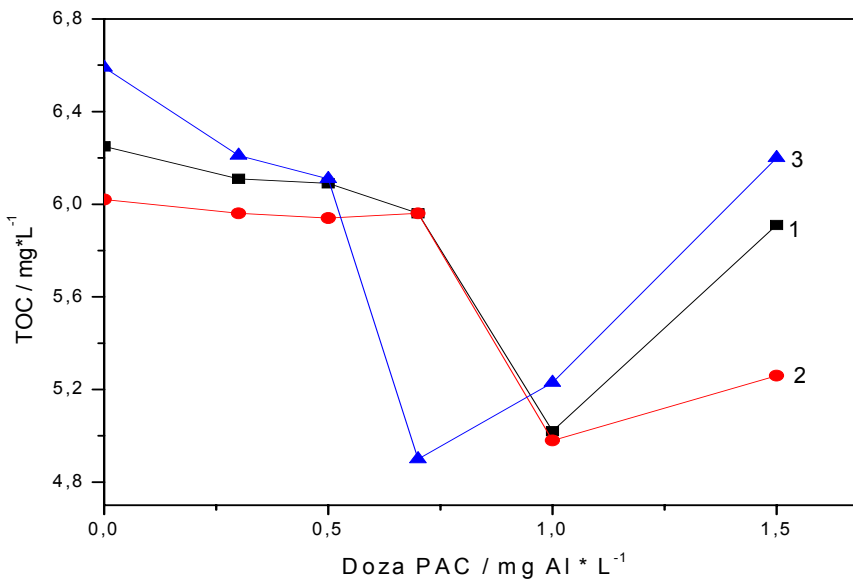
**Figura 7.15.** Efectul dozei de PAC asupra CCO-Mn (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU



**Figura 7.16.** Efectul dozei de PAC asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 5,65 NTU



**Figura 7.17.** Efectul dozei de PAC asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 25 NTU



**Figura 7.18.** Efectul dozei de PAC asupra TOC (curbele 1, 2, 3) la temperaturi variate: 1-6°C; 2-15 °C; 3-25 °C; Turbiditatea inițială 165 NTU

În cazul apelor caracterizate prin încărcări mici de turbiditate, doza optimă de coagulant care a condus la cea mai mică turbiditate reziduală a fost de  $0,3 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$  independent de temperatură. Totuși, în comparație cu rezultatele aplicării agentului de coagulare SA, temperatura a afectat foarte puțin eficiența de îndepărtare a turbidității. Pentru apa caracterizată prin turbiditate ridicată, turbiditatea reziduală mai mică de 5 NTU a fost obținută la doze optime de coagulant cuprinse între  $0,75$  și  $1,0 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ , funcție de temperatură. Valorile concentrațiilor aluminiului rezidual au fost mai mici decât CMA pentru toate situațiile caracterizate de temperaturi diferite. Parametrii CCO-Mn și TOC la aceleași doze de coagulant au aceeași evoluție ca și turbiditatea, după cum se observă din figurile 7.13 – 7.18.

O diferență importantă față de aplicarea SA se observă pentru valoarea concentrației aluminiului rezidual la doza optimă, care în această situație a utilizării agentului de coagulare PAC se încadrează în cerințele Legii Apei Potabile [40].

### **7.3. Stabilirea dozelor optime pentru sulfat de aluminiu (SA) comparativ cu policlorura de aluminiu (PAC)**

Capacitatea reactivilor de a destabiliza coloizii asigură posibilitatea de limpezire a apelor cu suspensii foarte fine și reducerea culorii de natură coloidală. Se impune o atenție deosebită asupra factorilor care influențează în mare măsură procesul de reacție cum ar fi: doza de coagulant, sisteme de amestecare și agitare, realizarea condițiilor hidrodinamice optime și amestecare rapidă între apă și reactivi.

Doza optimă de coagulant sa stabilit pe baza unor cercetări experimentale, care au urmărit alegerea reactivului de coagulare-floculare corespunzător pentru îndepărtarea impurităților din apă și determinarea dozei optime de coagulare. În general, doza optimă de agent de coagulare poate fi definită ca și orice cantitate de agent de coagulare care conduce la o limpezire optimă, sau cea mai mică cantitate de agent de coagulare adăugat la care se atinge o anumită performanță de coagulare. În acest studiu, criteriul de selecție al dozei optime a fost ales în funcție de caracteristicile apei brute. Pentru ape caracterizate de turbidități mici, doza optimă de agent de coagulare a fost considerată doza la care s-au obținut cele mai bune eficiențe de îndepărtare a turbidității și a materiei organice naturale iar în cazul apei brute caracterizate de turbidități medii și ridicate, doza optimă a fost considerată cea mai mică doză la care s-au îndeplinit criteriile de calitate a apei impuse de legislația apei potabile.

Studiile experimentale au urmărit evoluția procesului de coagulare utilizând comparativ cei doi reactivi de coagulare (sulfat de aluminiu (SA) și policlorură de aluminiu (PAC)). Rezultatele experimentale efectuate în laborator pentru turbidități ale apei cuprinse între 5 – 170 NTU, privind stabilirea dozei optime de coagulare sunt prezentate în tabelele 7.4. și 7.5.



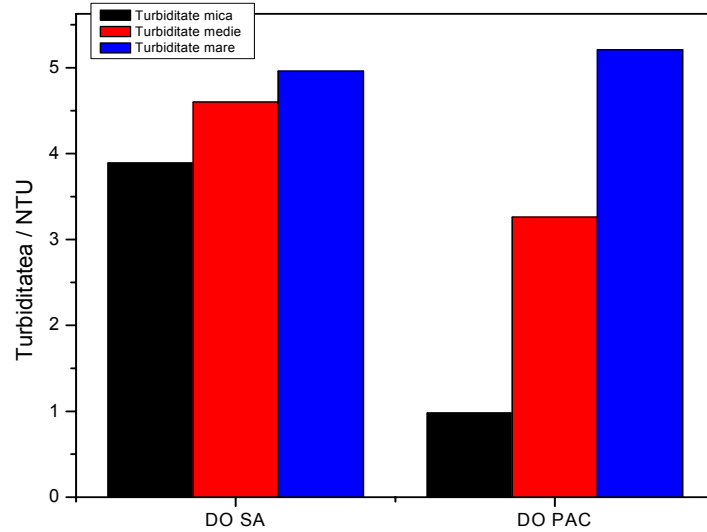
**Tabelul 7.4.** Dozele optime de sulfat de aluminiu, SA, stabilite experimental

| Temperatura [°C] | Turbiditatea [NTU] | SA                                  | Caracteristici apă tratată obținută la doza optimă |   |                            |                            |                  |
|------------------|--------------------|-------------------------------------|--|---|----------------------------|----------------------------|------------------|
|                  |                    | Doza optimă [mgAl*L <sup>-1</sup> ] | Turbiditatea [NTU]                                 | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | TOC [mgC*L <sup>-1</sup> ] | Al [mgAl*L <sup>-1</sup> ] | A <sub>254</sub> |
| 5-7              | 5,65               | 1,0                                 | 3,89   | 2,38  | 3,95                       | 0,86                       | 0,216            |
|                  | 31,20              | 3,0                                 | 4,60   | 3,28  | 5,06                       | 1,93                       | 0,390            |
|                  | 160,0              | 2,6                                 | 4,96   | 5,84  | 6,23                       | 1,92                       | 0,793            |
| 13-15            | 4,96               | 1,0                                 | 3,18   | 2,36  | 3,90                       | 0,92                       | 0,236            |
|                  | 30,3               | 2,6                                 | 4,98   | 3,10  | 4,82                       | 1,87                       | 0,429            |
|                  | 162,0              | 2,6                                 | 4,36   | 5,70  | 6,1                        | 1,68                       | 0,698            |
| 24-27            | 5,12               | 0,7                                 | 3,15   | 2,18  | 3,89                       | 0,50                       | 0,261            |
|                  | 28,78              | 2,4                                 | 4,60   | 3,26  | 4,96                       | 1,55                       | 0,390            |
|                  | 166,0              | 2,4                                 | 4,23   | 5,80  | 6,18                       | 1,59                       | 0,952            |

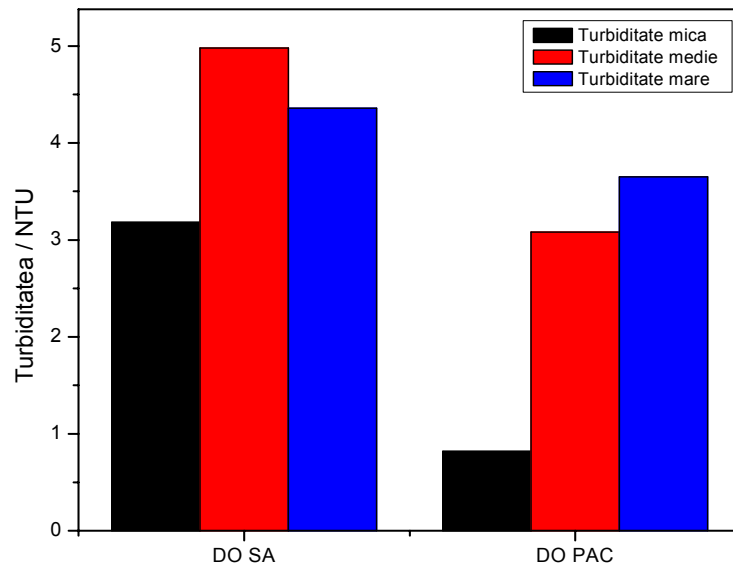
**Tabelul 7.5.** Dozele optime de poli-hidroxi-clorură bazică de aluminiu, PAC, stabilite experimental

| Temperatura [°C] | Turbiditatea [NTU] | PAC                                 | Caracteristici apă tratată obținută la doza optimă |   |                            |                            |                  |
|------------------|--------------------|-------------------------------------|--|---|----------------------------|----------------------------|------------------|
|                  |                    | Doza optimă [mgAl*L <sup>-1</sup> ] | Turbiditatea [UNT]                                 | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | TOC [mgC*L <sup>-1</sup> ] | Al [mgAl*L <sup>-1</sup> ] | A <sub>254</sub> |
| 5-7              | 5,65               | 0,3                                 | 0,98   | 1,98  | 3,26                       | 0,062                      | 0,202            |
|                  | 26,87              | 0,5                                 | 3,26   | 2,76  | 4,11                       | 0,090                      | 0,380            |
|                  | 165,0              | 1,0                                 | 4,70   | 4,80  | 5,02                       | 0,120                      | 0,589            |
| 13-15            | 4,96               | 0,3                                 | 0,82   | 1,96  | 3,24                       | 0,058                      | 0,209            |
|                  | 25,32              | 0,5                                 | 3,08   | 2,68  | 4,06                       | 0,080                      | 0,372            |
|                  | 160,0              | 1,0                                 | 3,65   | 4,54  | 4,98                       | 0,100                      | 0,450            |
| 24-27            | 5,12               | 0,3                                 | 0,63   | 1,82  | 3,26                       | 0,039                      | 0,252            |
|                  | 25,63              | 0,5                                 | 2,98   | 2,66  | 4,03                       | 0,080                      | 0,376            |
|                  | 172,0              | 0,7                                 | 3,76   | 4,42  | 4,90                       | 0,054                      | 0,421            |

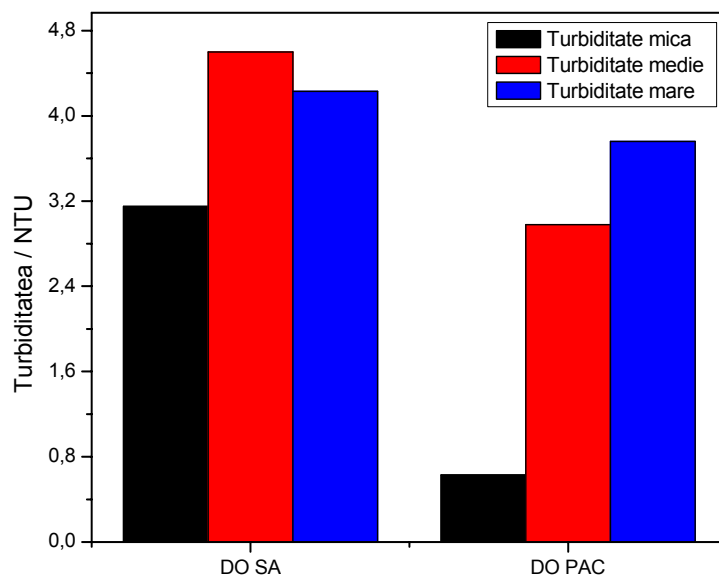
Figurile 7.19.–7.33. prezintă comparativ performanțele celor doi agenți de coagulare în ceea ce privește îndepărtarea turbidității, oxidabilității, carbonului organic total și absorbanta la 254 nm (A<sub>254</sub>) din apă în scopul potabilizării, în toate condițiile de turbiditate și temperatură studiate.



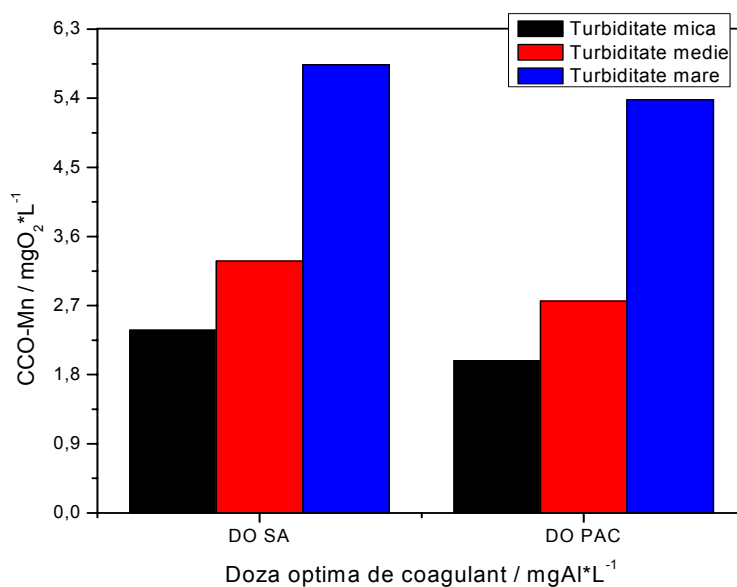
**Figura 7.19.** Evoluția comparativă a turbidității pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mici (5-7 °C)



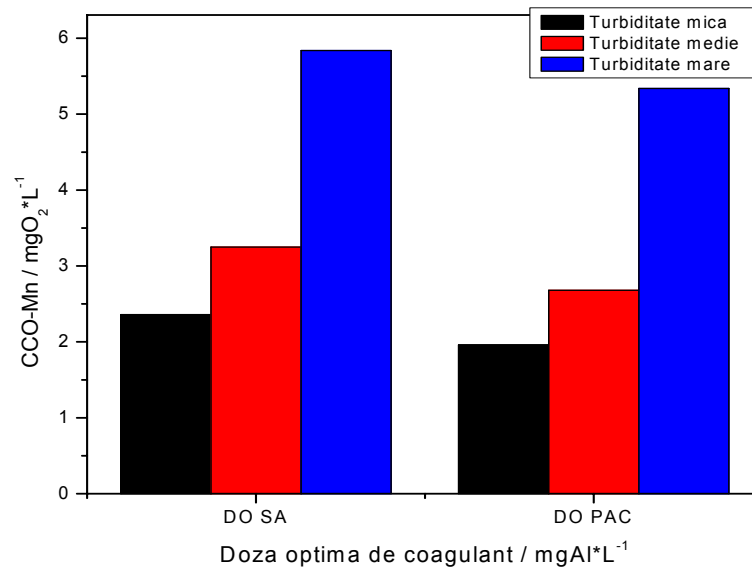
**Figura 7.20.** Evoluția comparativă a turbidității pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi medii (13-15 °C)



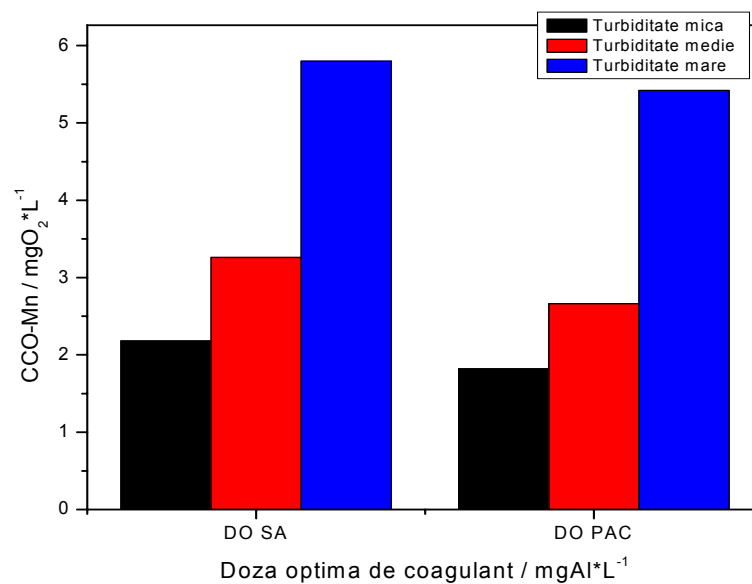
**Figura 7.21.** Evoluția comparativă a turbidității pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mari (24-27 °C)



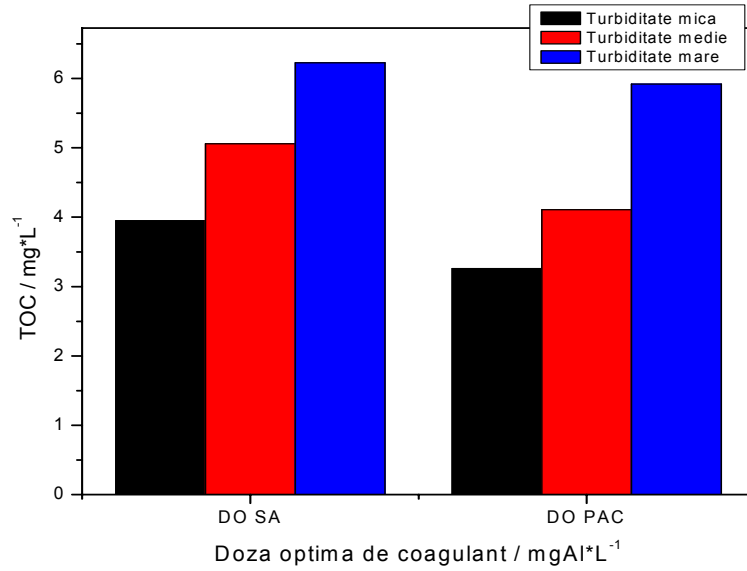
**Figura 7.22.** Evoluția comparativă a CCO-Mn pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mici (5-7 °C)



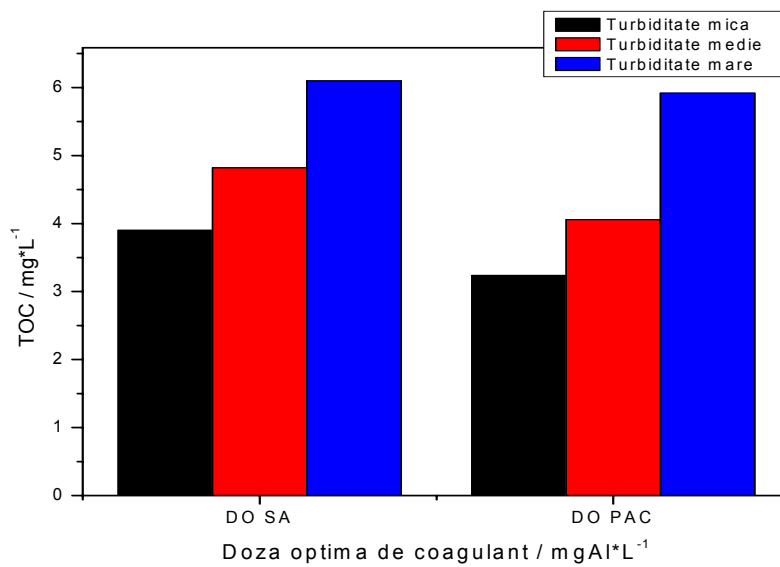
**Figura 7.23.** Evoluția comparativă a CCO-Mn pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi medii (13-15 °C)



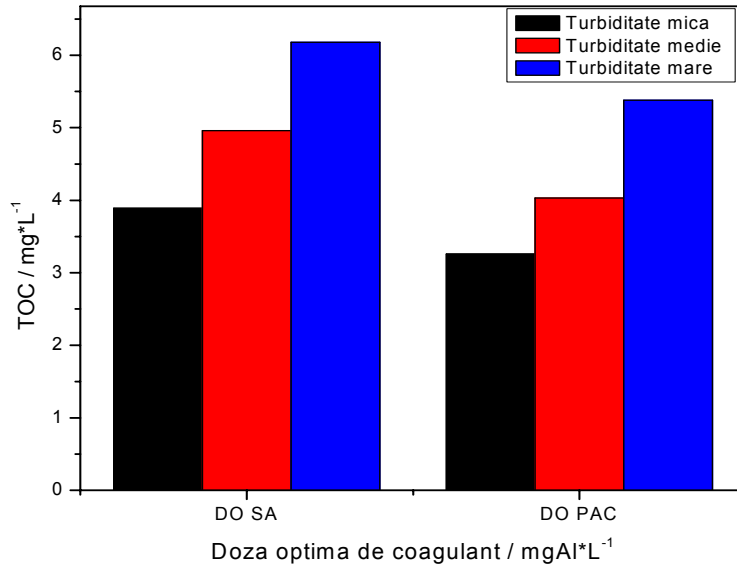
**Figura 7.24.** Evoluția comparativă a CCO-Mn pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mari (24-27 °C)



**Figura 7.25.** Evoluția comparativă a TOC pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mici (5-7 °C)



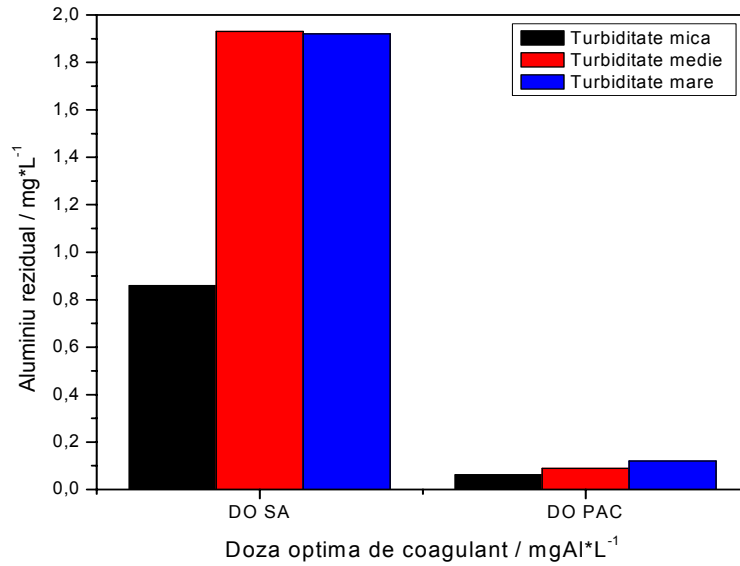
**Figura 7.26.** Evoluția comparativă a TOC pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi medii (13-15 °C)



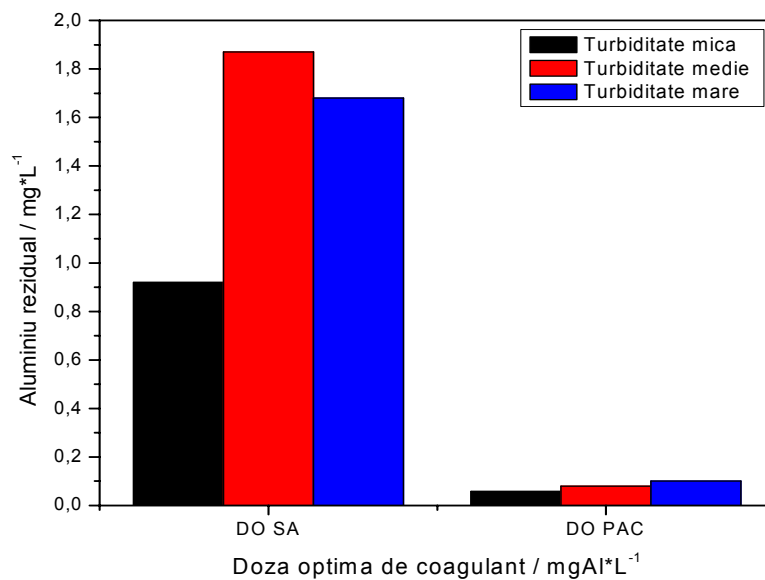
**Figura 7.27.** Evoluția comparativă a TOC pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mari (24-27°C)

În cazul aplicării dozei optime de SA pe baza rezultatelor prezentate se observă superioritatea agentului de coagulare prehidrolizat în ceea ce privește atingerea unor eficiențe de reducere mai ridicate pentru cei trei parametri selectați pentru toate condițiile studiate. Se observă că în situația aplicării procesului de coagulare utilizând SA pentru ape caracterizate de încărcări ridicate nu s-au atins cerințele impuse de legislația românească, în timp ce utilizarea PAC nu a condus în nici o situație la depășiri ale acestor parametri.

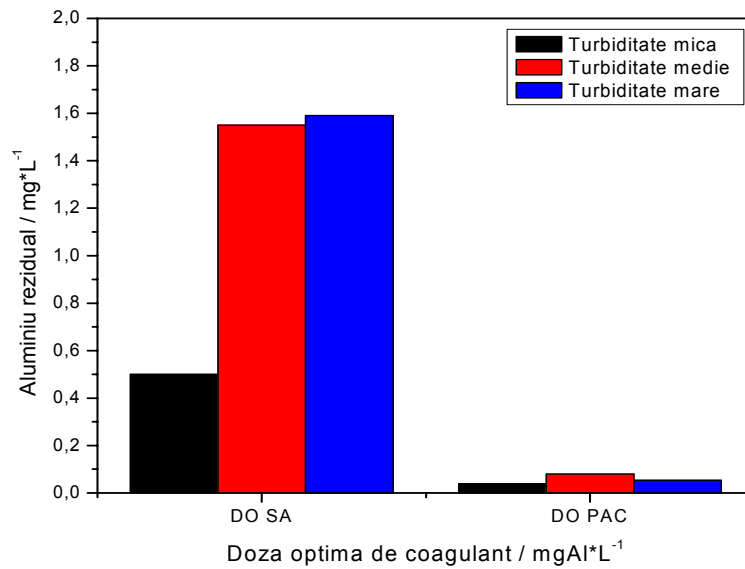
Figurile 7.28. – 7.30. prezintă concentrația aluminiului rezidual dizolvat pentru dozele optime selectate pe baza eficiențelor de îndepărtare a turbidității, CCO-Mn și a carbonului organic total.



**Figura 7.28.** Evoluția comparativă a Al rezidual pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mici (5-7 °C)



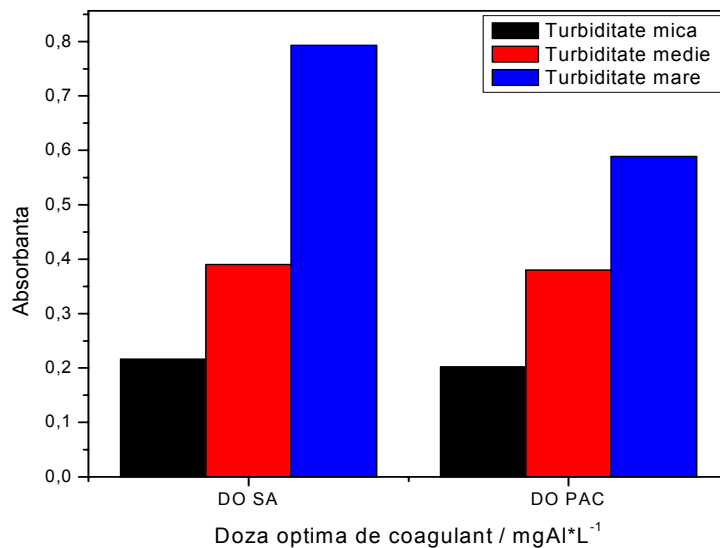
**Figura 7.29.** Evoluția comparativă a Al rezidual pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi medii (13-15 °C)



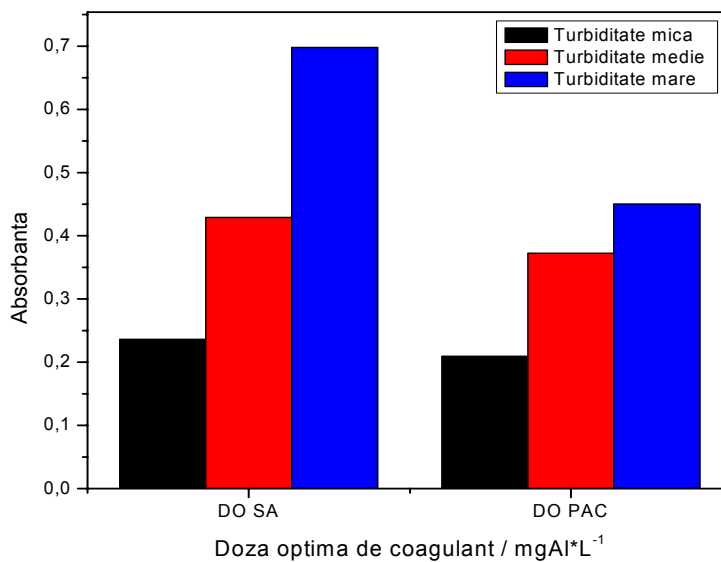
**Figura 7.30.** Evoluția comparativă a Al rezidual pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mari (24-27°C)

Trebuie subliniat faptul că pentru toate dozele optime de SA stabilite în funcție de caracteristicile apei brute concentrația aluminiului rezidual dizolvat depășește CMA, în timp ce pentru policlorura de aluminiu concentrația aluminiului rezidual dizolvat este sub CMA pentru toate situațiile studiate.

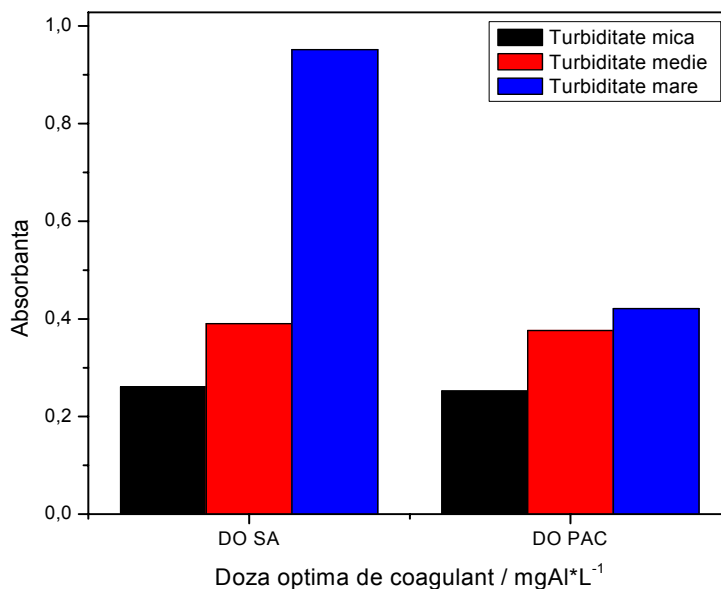




**Figura 7.31.** Evoluția absorbantei comparativ pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mici (5-7 °C)



**Figura 7.32.** Evoluția absorbantei comparativ pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi medii (13-15 °C)



**Figura 7.33.** Evoluția absorbantei comparativ pentru cei doi agenți de coagulare (SA, PAC), la doza optimă pentru temperaturi mari (24-27°C)

Influența prezenței NOM asupra procesului de coagulare este verificată prin parametru operațional absorbanta specifică UV (SUVA), care oferă o caracterizare simplă a naturii NOM pe baza măsurării absorbantei UV și a parametrului TOC. Valoarea SUVA, definită ca raportul dintre  $A_{254}$  și concentrația TOC determină caracterul NOM. Valoarea ridicată a SUVA indică un aport ridicat a componentei hidrofobice iar o valoare scăzută a SUVA arată că NOM este constituită preponderant din componenta hidrofilică, caracterizată prin densitate de sarcină scăzută [173-175].

Pentru probele de apă studiate valorile SUVA au fost foarte variate, între 0,4 și 16,4. În concordanță cu literatura [172], se poate afirma că pentru SUVA mai mic decât 2, NOM nu va controla doza de coagulant, dar pentru SUVA mai mare decât 2, este nevoie de un exces de coagulant pentru a asigura îndepărtarea NOM din apă. În timpul procesului de coagulare, reducerile NOM exprimate prin parametrul  $A_{254}$  au variat între 0 și 28 % la dozele optime de SA și între 25 și 60 % la doza optimă da PAC, funcție de temperatură și caracterul NOM. Pentru apele caracterizate prin SUVA mai mic decât 2, predicția pentru îndepărtarea CCO-Mn este mai mică decât 25 %, și pentru cele caracterizate prin SUVA mai mare decât 4 prezența NOM controlează procesul de coagulare, se estimează o eficiență de îndepărtare a CCO-Mn mai mare decât 50 %. Corelarea eficiențelor de îndepărtare a NOM exprimate prin  $A_{254}$  cu cele de îndepărtare a CCO-Mn confirmă estimările date de valoarea parametrului SUVA. Comparativ cu parametrul TOC, s-a observat o reducere mai semnificativă a parametrului  $A_{254}$ , sugerând că procesul de coagulare permite o mai bună îndepărtare a părții organice aromatice față de fracțiunile NOM [176 - 178]

## Concluzii parțiale

Cercetările experimentale au fost conduse comparativ pentru cele două tipuri de agenți de coagulare, policlorura bazica de aluminiu (PAC), selectat în studiile anterioare față de sulfatul de aluminiu (SA) prin metoda Jar-test.

Doza optimă de coagulant s-a stabilit funcție de caracteristicile de calitate a apei brute legate de turbiditate, CCO-Mn, TOC și concentrația aluminiului dizolvat rezidual din apă. S-a urmărit de asemenea și componenta materie organică naturală (NOM) determinată prin absorbanta înregistrată la lungimea de undă de 254 nm precum și de parametrul SUVA (absorbanta specifică).

Pentru ape caracterizate de turbidități mici, doza optimă de agent de coagulare a fost considerată doza la care s-au obținut cele mai bune eficiențe de îndepărtare a turbidității și a materiei organice naturale iar în cazul apei brute caracterizate de turbidități medii și ridicate, doza optimă a fost considerată cea mai mică doză la care s-au îndeplinit criteriile de calitate a apei impuse de legislația apei potabile.

Doza optimă de SA a variat între 0,75 și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup> funcție de temperatură pentru turbiditate scăzută și medie, și 2,5 mgAl\*L<sup>-1</sup> pentru turbiditate ridicată, independent de temperatură. În cazul utilizării agentului de coagulare SA în aplicarea procesului de coagulare la îndepărtarea turbidității din apă nu s-au îndeplinit cerințele pentru apa potabilă, neatingându-se turbidități mai mici decât 5 NTU. De asemenea, pentru toate condițiile studiate, concentrația aluminiului rezidual dizolvat a depășit CMA în apa potabilă impusă prin Legea Apei Potabile nr. 311/2004.

Doza optimă de PAC a fost de 0,3 mgAl\*L<sup>-1</sup> în cazul apelor caracterizate de încărcări mici de turbiditate, doza optimă de coagulant selectată ca doza care a condus la cea mai mică turbiditate reziduală. În comparație cu rezultatele aplicării agentului de coagulare SA, temperatura a afectat foarte puțin eficiența de îndepărtare a turbidității. Pentru apa caracterizată prin turbiditate ridicată, turbiditatea reziduală mai mică de 5 NTU a fost obținută la doze optime de coagulant cuprinse între 0,75 și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup>, funcție de temperatură. Valorile concentrațiilor aluminiului rezidual au fost mai mici decât CMA pentru toate situațiile caracterizate de temperaturi diferite. Parametrii CCO-Mn și TOC și absorbanta înregistrată la lungimea de undă de 254 nm au evoluție ca și turbiditatea.

Pe baza evaluării influenței materiei organice naturale (NOM) prin parametrul SUVA, determinat prin raportul dintre absorbanta apei înregistrată la lungimea de undă de 254 nm și parametrul carbon organic dizolvat, care prezintă parametrul operațional în cazul coagulării avansate, corelate cu valoarea parametrului TOC și cu evoluția acestora în procesul de tratare s-a găsit că nu se impune aplicarea procesului de coagulare avansată, adică stabilirea unor doze în exces de reactivi de coagulare pentru a îndepărta NOM din ape, care este răspunzătoare de formarea trihalometanilor în etapa de dezinfecție din cadrul tehnologiei de potabilizare. Astfel, se poate afirma că doza optimă de agent de coagulare trebuie determinată pe baza turbidității, selectată ca și parametru operațional în procesul de coagulare.

O diferență importantă față de aplicarea SA se observă pentru valoarea concentrației aluminiului rezidual la doza optimă, care în această situație a utilizării agentului de coagulare PAC se încadrează în cerințele Legii Apei Potabile.

## 8. MONITORIZAREA COMPARATIVĂ A CALITĂȚII APEI PE FLUXUL CONVENȚIONAL ȘI FLUXUL NOU PROPUȘ

### 8.1. Generalități

Tehnicile de separare a impurităților din apele potabile prin flotație au cunoscut o dezvoltare rapidă comparativ cu procedeul clasic de separare prin coagulare-floculare-decantare.

Avantajele utilizării tehnicilor de separare prin flotație sunt:

- dimensiuni reduse a instalației;
- separare rapidă a fazelor;
- consum redus de reactivi;
- posibilitatea cuplării simultane a mai multor procedee de tratare (coagulare, oxidare);
- flexibilitate în operare funcție de caracteristicile apei brute;
- eficiențe constante la temperaturi scăzute.

Dezavantajul acestor tehnici constă în costuri suplimentare necesare producției de aer presurizat.

Sulfatul de aluminiu s-a dovedit un coagulant eficace, dar în cazul apelor reci performanțele sale sunt scăzute datorită vitezei de hidroliză scăzute, regăsindu-se în apa tratată o concentrație mare de aluminiu rezidual.

Pe baza rezultatelor comparative la scară de laborator privind utilizarea a două tipuri de agenți de coagulare, sulfat de aluminiu și policlorura bazică de aluminiu, s-a demonstrat superioritatea agentului de coagulare prehidrolizat în special în situațiile caracterizate de temperatură scăzută și în situațiile critice de viituri și inundații.

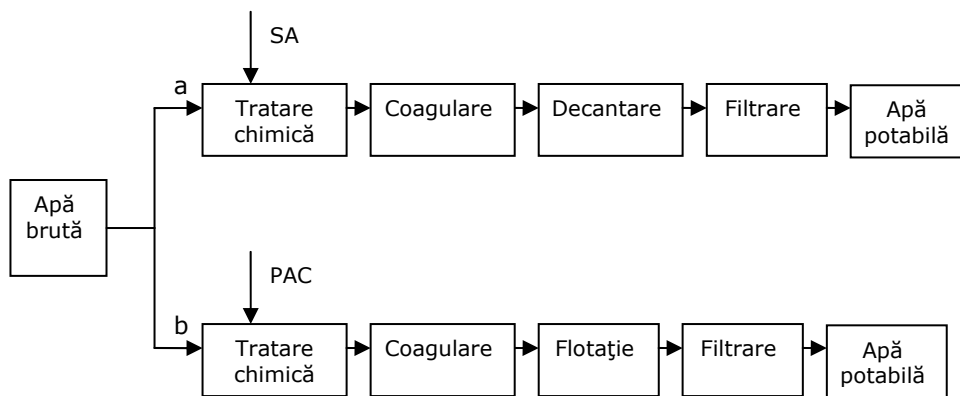
#### **Avantajele utilizării reactivului de coagulare poli-clorură de aluminiu (PAC) comparativ cu sulfatul de aluminiu (SA)**

- doza de PAC necesară pentru obținerea unei eficiențe echivalente este mai mică cu 30 – 40 % decât doza de SA;
- coagulantul PAC se poate folosi într-un domeniu mai larg de pH, turbiditate, temperatură și încărcare organică;
- doza optimă de PAC este mai puțin sensibilă la variații ale calității apei comparativ cu doza de SA;
- viteza de sedimentare a flocculelor formate este mai mare, iar acestea sunt mai puțin abundente și mai rezistente, ca urmare durata de viață a filtrelor crește;
- aciditatea PAC este mai redusă decât a SA, influențând mai puțin pH-ul apei, permițând desfășurarea procesului de tratare a apei fără adaos de bază, pe domenii largi ale dozei de coagulant;
- concentrația de aluminiu rezidual dizolvat este foarte mică datorită necesarului unei dozei de PAC scăzută.

Utilizarea agentului de coagulare prehidrolizat în aplicațiile industriale a impus monitorizarea comparativă a fluxului tehnologic nou propus și a fluxului tehnologic existent convențional.

Trebuie precizat că fluxul tehnologic nou presupune înlocuirea etapei de decantare cu etapa de flotație, care a fost propusă pe baza studiilor de monitorizare a calității apei tratate corelate cu calitatea apei brute, caracterizate în general de turbiditate scăzută și medie. Se știe că procesul de flotație este potrivit tratării apei de suprafață puternic colorate, caracterizate de turbiditate relativ scăzută și este foarte eficient la îndepărtarea algelor. Selectarea acestui proces unitar ia în considerare și încărcarea organică caracterizată prin parametru TOC, care poate fi maxim cuprins între 8 – 10 mgC\*L<sup>-1</sup>. Un conținut mai ridicat de carbon organic necesită o coagulare avansată care se realizează prin adăugarea în exces a agentului de coagulare, ducând la formarea unor flocoane grele, care nu pot fi flotate ci au tendința de a sedimenta [179].

În figura 8.1. sunt prezentate cele două fluxuri tehnologice:



**Figura 8.1.** Schema fluxurilor tehnologice de tratare: a–fluxul tehnologic convențional; b–fluxul tehnologic nou

## 8.2. Rezultate experimentale

S-a urmărit calitatea apei tratate pe stația veche comparativ cu stația nouă de tratare în raport cu doza optimă de agent de coagulare funcție de calitatea apei brute

Dozele de agent de coagulare utilizate în cele două fluxuri tehnologice au fost stabilite în laborator prin jar-test:

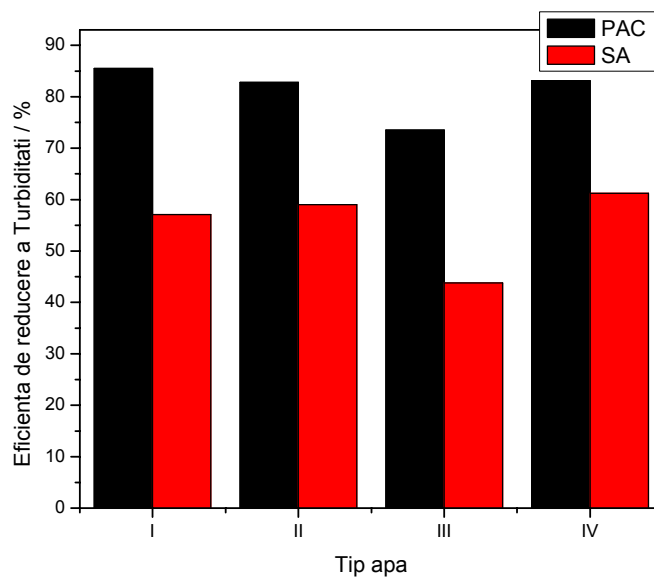
- pe fluxul convențional:
  - doza de sulfat de aluminiu, SA, este de 5 mgAl\*L<sup>-1</sup>
- pe fluxul tehnologic nou:
  - doza de policlorură de aluminiu, PAC, este de 1 mgAl\*L<sup>-1</sup>

Rezultatele experimentale obținute sunt prezentate în tabelele 8.1 și 8.2.

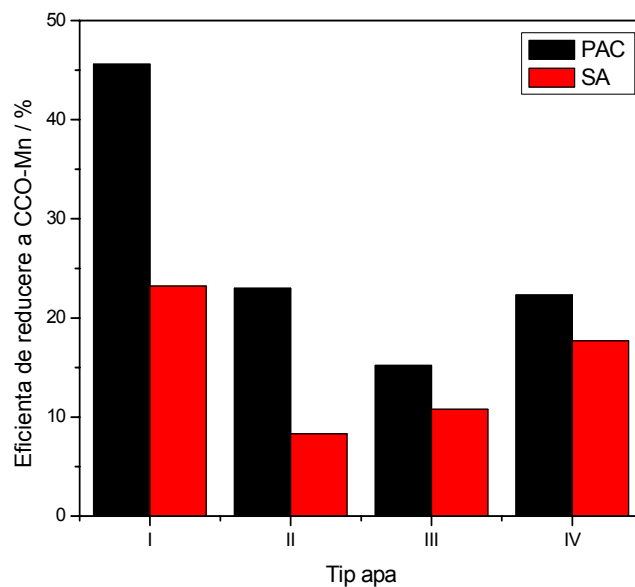
**Tabelul 8.1.** Monitorizarea comparativă stația actuală pe bază de poli-clorură bazică de aluminiu PAC ( $DO = 1 \text{ mg Al} \cdot \text{L}^{-1}$ ) și stația veche pe bază de sulfat de aluminiu SA ( $DO = 5 \text{ mg Al} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

| Nr. Crt. | Tip apă | Turbiditatea [NTU] | pH  | CCO-Mn [ $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ ] | TOC [ $\text{mgC} \cdot \text{L}^{-1}$ ] | Aluminiu rezidual [ $\text{mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ ] |
|----------|---------|--------------------|-----|---|--|---|
| I.1      | AB      | 4,6                | 7,6 | 2,5   | 2,6                                      | -   |
| I.2      | AP-PAC  | 0,7                | 7,6 | 1,4   | 2,1                                      | 0,14  |
| I.3      | AP-SA   | 2,0                | 7,6 | 1,9   | 2,4                                      | 0,26  |
| II       | AB      | 6,2                | 7,6 | 2,4   | 2,6                                      | -   |
| II       | AP-PAC  | 1,1                | 7,5 | 1,9   | 2,4                                      | 0,15  |
| II       | AP-SA   | 2,6                | 7,5 | 2,2   | 2,5                                      | 0,31  |
| III      | AB      | 3,97               | 7,7 | 2,5   | 2,62                                     | -   |
| III      | AP-PAC  | 1,1                | 7,7 | 2,1   | 2,6                                      | 0,17  |
| III      | AP-SA   | 2,2                | 7,7 | 2,2   | 2,5                                      | 0,30  |
| IV       | AB      | 4,0                | 7,7 | 2,7   | 2,58                                     | -   |
| IV       | AP-PAC  | 0,7                | 7,7 | 2,2   | 2,56                                     | 0,12  |
| IV       | AP-SA   | 1,6                | 7,7 | 2,1   | 2,45                                     | 0,28  |

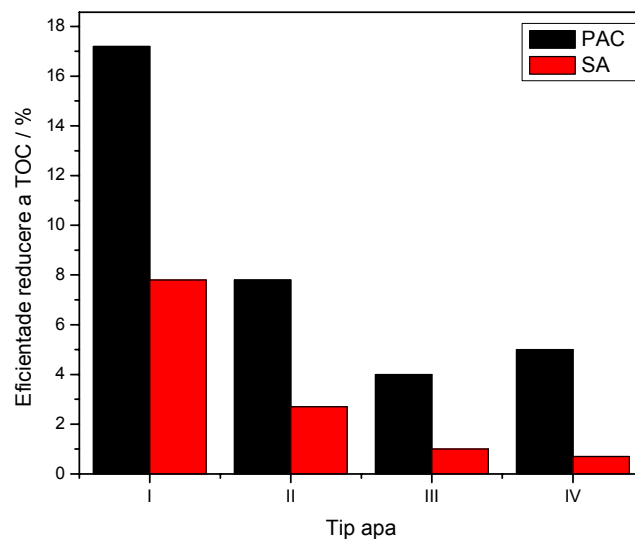
Pe baza rezultatelor experimentale prezentate în tabelul 8.1. s-au reprezentat grafic eficiențele de reducere a: turbidității, oxidabilității și TOC (figurile 8.2, 8.3 și 8.4).



**Figura 8.2.** Eficiente de reducere a turbiditatii pe cele doua procedee de potabilizare a apei.



**Figura 8.3.** Eficiente de reducere a CCO-Mn pe cele doua procedee de potabilizare a apei.



**Figura 8.4.** Eficiente de reducere a TOC pe cele doua procedee de potabilizare a apei.

Din rezultatele obținute se observă că utilizarea unei doze de PAC de 1 mgAl\*L<sup>-1</sup> a permis atingerea unor eficiențe de reducere a turbidității [179], CCO-Mn și TOC-ului mai ridicate decât cele atinse prin utilizarea unei doze de sulfat de aluminiu de 5 mg\*L<sup>-1</sup>.

În condițiile testate se remarcă o concentrație de aluminiu rezidual mai mare decât concentrația maxim admisă (CMA) în cazul utilizării sulfatului de aluminiu, iar în cazul utilizării PAC, concentrația aluminiului rezidual este puțin sub CMA.

Din acest motiv următoarele experimente s-au realizat în condițiile micșorării dozei de PAC la 0,5 mgAl\*L<sup>-1</sup>.

Performanțele de îndepărtare a turbidității, încărcării organice exprimate prin CCO-Mn și TOC atinse prin utilizarea sulfatului de aluminiu nu au permis reducerea dozei acestuia.

Astfel studiile comparative au presupus utilizarea următoarelor doze:

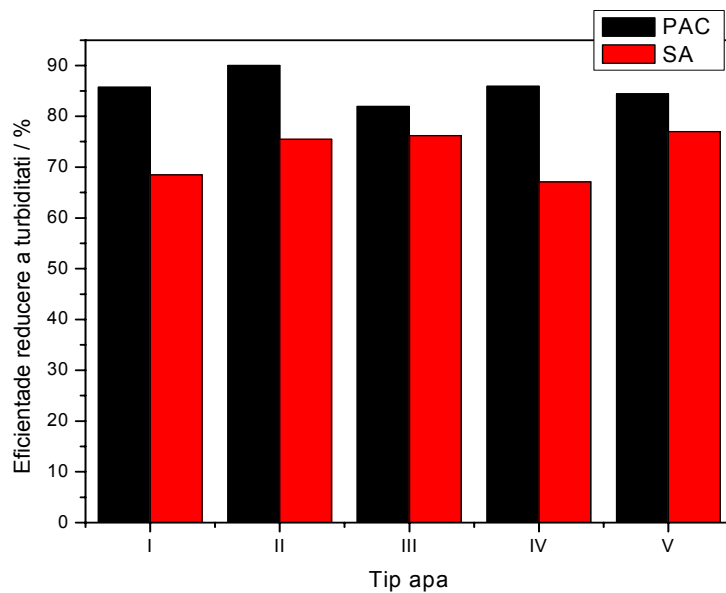
- pe fluxul convențional – doza de sulfat de aluminiu a fost de 5 mgAl\*L<sup>-1</sup>;
- pe fluxul nou – doza de PAC 0,5 mgAl\*L<sup>-1</sup>.

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 8.2. și figurile 8.5, 8.6 și 8.7.

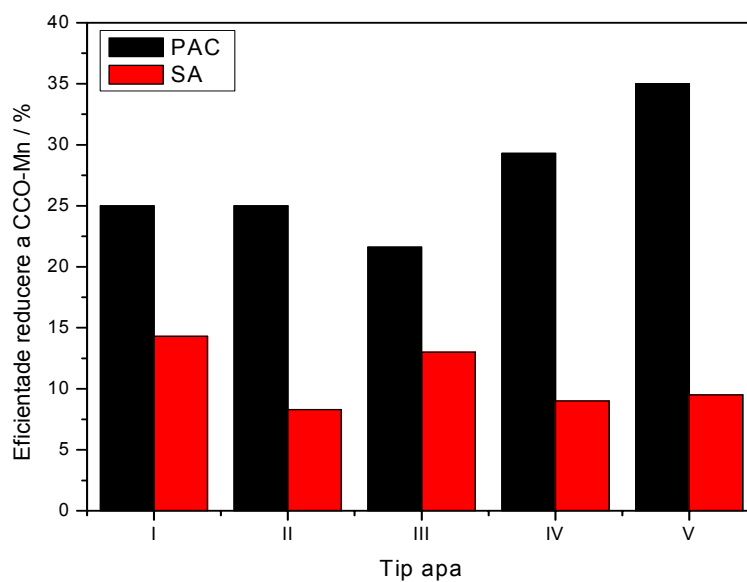
**Tabelul 8.2.** Monitorizarea comparativă stația actuală pe bază de policlorură de aluminiu PAC (DO = 0,5 mg Al\*L<sup>-1</sup>) și stația veche pe bază de sulfat de aluminiu SA (DO = 5 mg Al<sup>3+</sup> \* L<sup>-1</sup>).

| Nr. Crt. | Tip apă | Turbiditatea [NTU] | pH  | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | TOC [mgC*L <sup>-1</sup> ] | Aluminiu rezidual [mgAl*L <sup>-1</sup> ] |
|----------|---------|--------------------|-----|---|----------------------------|---|
| I.1      | AB      | 3,8                | 7,8 | 2,2   | 2,65                       | -   |
| I.2      | AP-PAC  | 0,6                | 7,1 | 1,7   | 2,58                       | 0,05                                      |
| I.3      | AP-SA   | 1,2                | 7,8 | 1,92  | 2,62                       | 0,26                                      |
| II       | AB      | 5,2                | 7,9 | 2,2   | 2,54                       | -   |
| II       | AP-PAC  | 0,5                | 7,2 | 1,6   | 2,49                       | 0,07                                      |
| II       | AP-SA   | 1,3                | 7,8 | 2,0   | 2,50                       | 0,21                                      |
| III      | AB      | 4,7                | 7,9 | 2,3   | 2,55                       | -   |
| III      | AP-PAC  | 0,9                | 7,1 | 1,8   | 2,48                       | 0,07                                      |
| III      | AP-SA   | 1,1                | 7,9 | 2,0   | 2,50                       | 0,24                                      |
| IV       | AB      | 4,0                | 7,9 | 2,8   | 2,50                       | -   |
| IV       | AP-PAC  | 0,6                | 7,1 | 2,0   | 2,47                       | 0,06                                      |
| IV       | AP-SA   | 1,3                | 7,8 | 2,5   | 2,48                       | 0,19                                      |
| V        | AB      | 5,3                | 7,8 | 3,1   | 2,52                       | -   |
| V        | AP-PAC  | 0,8                | 7,1 | 2,0   | 2,47                       | 0,06                                      |
| V        | AP-SA   | 1,2                | 7,7 | 2,8   | 2,50                       | 0,21                                      |

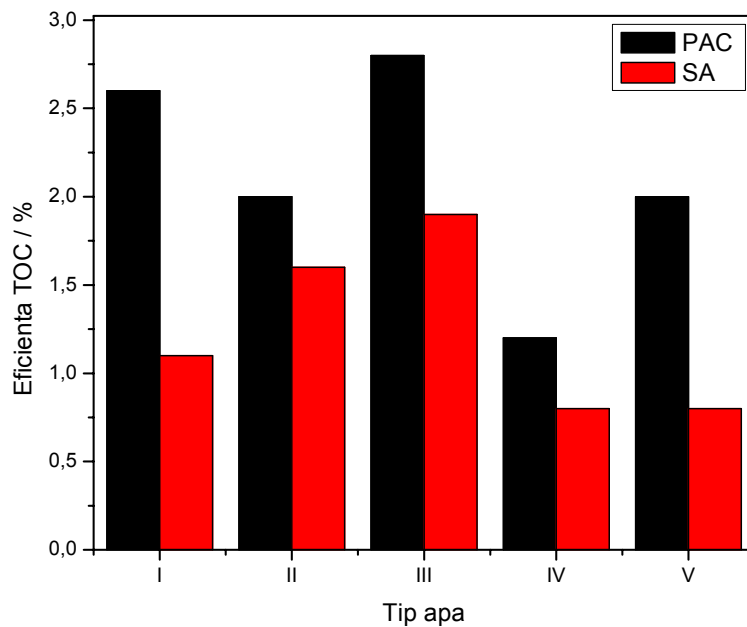




**Figura 8.5.** Eficiențe de reducere a turbidității pe cele doua procedee de potabilizare a apei.

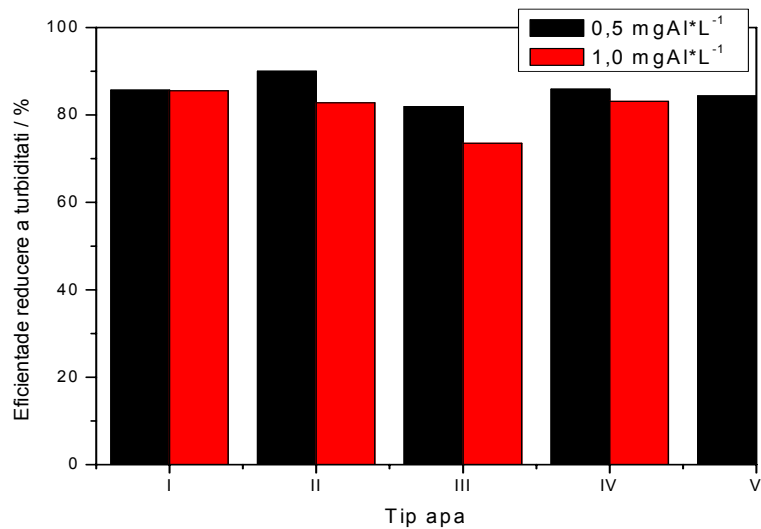


**Figura 8.6.** Eficiențe de reducere a CCO-Mn pe cele doua procedee de potabilizare a apei.

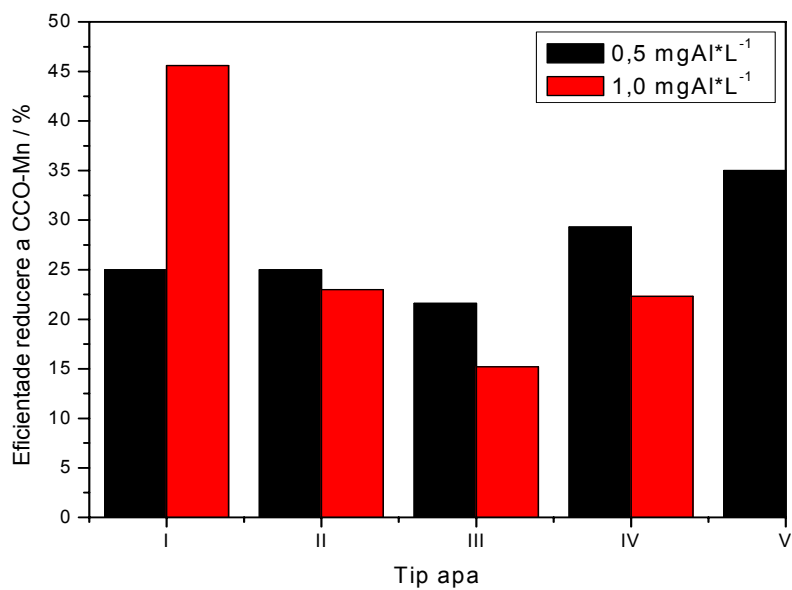


**Figura 8.7.** Eficiențe de reducere a TOC pe cele două procedee de potabilizare a apei.

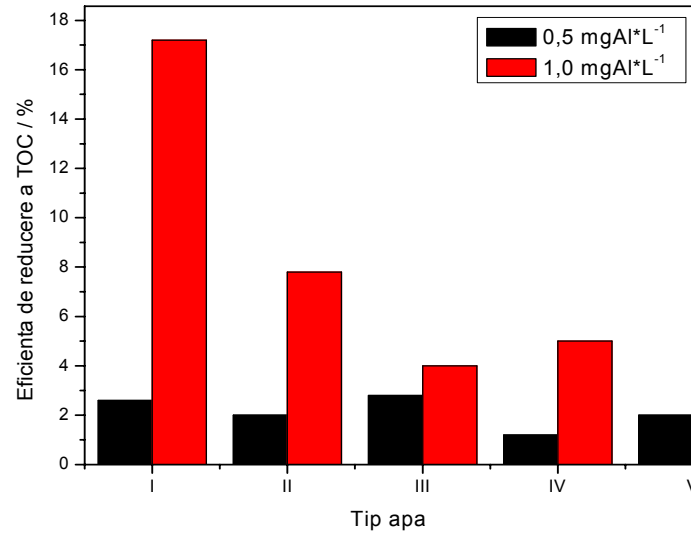
Figurile 8.8 – 8.11 prezintă rezultatele privind eficiența de îndepărtare a turbidității, încărcării organice, TOC și evoluția aluminului rezidual în cazul utilizării agentului de coagulare PAC la cele două doze ( $0,5 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$  și  $1,0 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ ).



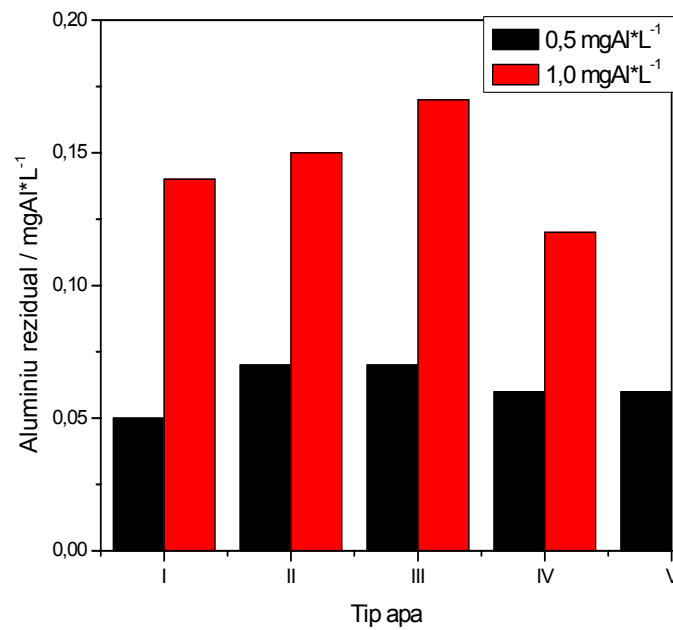
**Figura 8.8.** Eficiențe de reducere a turbidității în cazul utilizării coagulantului PAC la cele două doze (0,5 mgAl\*L<sup>-1</sup> și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup>).



**Figura 8.9.** Eficiențe de reducere a CCO-Mn în cazul utilizării coagulantului PAC la cele două doze (0,5 mgAl\*L<sup>-1</sup> și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup>).



**Figura 8.10.** Eficiențe de reducere a TOC în cazul utilizării coagulantului PAC la cele două doze (0,5 mgAl\*L<sup>-1</sup> și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup>).



**Figura 8.11.** Evoluția aluminiului rezidual în cazul utilizării coagulantului PAC la cele două doze (0,5 mgAl\*L<sup>-1</sup> și 1,0 mgAl\*L<sup>-1</sup>).

Reducerea dozei de PAC a condus la obținerea unor eficiențe de reducere a turbidității similare, iar pentru reducerea CCO-Mn și TOC, eficiențele au fost puțin mai reduse, dar cei doi parametri sau încadrat în limitele impuse de legislație.

Se remarcă o scădere semnificativă, care nu mai prezintă riscul atingerii sau depășirii concentrației maxim admise pentru concentrația aluminiului rezidual dizolvat din apa tratată.

Toate aceste rezultate susțin utilizarea agentului de coagulare prehidrolizat PAC la doza de  $0,5 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$  pentru acest tip de apă brută caracterizată prin încărcare mică.

### Concluzii parțiale

În urma monitorizării celor două fluxuri tehnologice în condițiile tratării apei brute caracterizată de turbidități mici rezultă următoarele concluzii:

1. Utilizarea dozei de sulfat de aluminiu ( $5 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ ) pe stația veche a condus la atingerea unor performanțe satisfăcătoare de îndepărtare a turbidității și încărcării organice, dar în condițiile prezenței aluminiului rezidual în apa tratată la concentrații care depășesc CMA impus de legislația în vigoare. Acest motiv a susținut rezultatele la scară de laborator care au propus înlocuirea acestui agent de coagulare în vederea îmbunătățirii performanței procesului de coagulare.

2. Se observă o creștere a eficienței de îndepărtare a încărcării organice de la 10 – 25 % pe stația veche la 15 – 45 % pe stația nouă.

3. Utilizarea dozei de  $1 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$  PAC determinată într-o primă etapă pe fluxul tehnologic nou a condus la scăderea concentrației aluminiului rezidual în jurul CMA existând riscul depășirii acesteia, comparativ cu utilizarea SA pentru care concentrația aluminiului rezidual a depășit CMA. Reducerea dozei de PAC utilizată la  $0,5 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$  a permis atingerea unor performanțe comparabile în ceea ce privește turbiditatea și CCO-Mn. Eficiențe puțin mai mici au fost atinse pentru TOC, dar toți parametrii urmăriți s-au încadrat în limitele impuse de normativele legislative în vigoare. Utilizarea acestei doze de PAC a condus la prezența aluminiului rezidual în apa tratată la concentrații mult mai mici ( $0,05\text{--}0,07 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ ), care nu mai prezintă riscul atingerii CMA ( $0,2 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

Toate aceste rezultate reclamă superioritatea PAC ca agent de coagulare și-l recomandă pentru aplicațiile industriale de potabilizare.

## 9. MONITORIZAREA CALITĂȚII APEI PE FLUXUL TEHNOLOGIC NOU INTRODUS

### 9.1. Monitorizarea calității apei brute și potabile

Rezultatele evaluării comparative a celor două fluxuri tehnologice de potabilizare convențional și nou propus au evidențiat superioritatea performanțelor fluxului tehnologic nou, care presupune schimbarea agentului de coagulare și introducerea treptei de flotație în locul celei de decantare.

Funcționarea continuă la scară industrială a noului flux tehnologic necesită o monitorizare operațională suplimentară care își propune să valideze performanțele pe care le poate atinge fluxul nou introdus.

Inițial, perioada de monitorizare operațională propusă a fost de un an (2010) pentru a acoperi tot spectrul de caracteristici de calitate a apei brute în relație cu turbiditatea și încărcarea organică în relație cu variațiile climatice sezonale. Doza de agent de coagulare prehidrolizat utilizată a fost doza optimă determinată în studiile anterioare.

Tabelul 9.1. prezintă rezultatele monitorizării operaționale a calității apei potabile pentru parametrii turbiditate, CCO-Mn și TOC, determinați ca valori medii săptămânale, în relație cu calitatea apei brute, doza agentului de coagulare impusă de calitatea acesteia. De asemenea, sunt prezentate și concentrația aluminiului rezidual pentru fiecare doză utilizată.

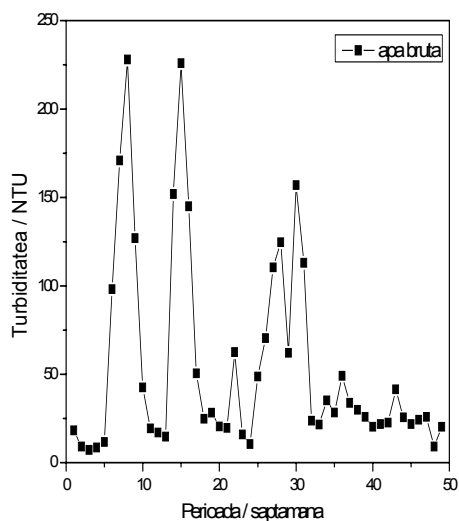
**Tabelul 9.1.** Caracteristicile de calitate ale apei brute și potabile în perioada de studiu

| Săpt. | AB                 |   |                            | AP                 |   |                            |                                |                                  |
|-------|--------------------|---|----------------------------|--------------------|---|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
|       | Turbiditatea [NTU] | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | TOC [mgC*L <sup>-1</sup> ] | Turbiditatea [NTU] | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | TOC [mgC*L <sup>-1</sup> ] | Al rez [mgAl*L <sup>-1</sup> ] | Doza PAC [mgAl*L <sup>-1</sup> ] |
| 1     | 18,30              | 3,25  | 3,26                       | 1,14               | 2,36  | 3,10                       | 0,12                           | 0,56                             |
| 2     | 9,21               | 2,98  | 3,12                       | 0,71               | 2,65  | 3,08                       | 0,13                           | 0,54                             |
| 3     | 7,25               | 3,22  | 3,45                       | 0,59               | 1,89  | 2,90                       | 0,08                           | 0,41                             |
| 4     | 8,60               | 2,79  | 3,16                       | 0,51               | 2,07  | 2,63                       | 0,07                           | 0,38                             |
| 5     | 11,74              | 2,71  | 3,13                       | 1,15               | 1,97  | 2,50                       | 0,12                           | 0,39                             |
| 6     | 98,20              | 4,64  | 3,45                       | 6,47               | 2,08  | 2,89                       | 0,10                           | 0,75                             |
| 7     | 171,0              | 5,36  | 5,98                       | 6,22               | 1,60  | 3,26                       | 0,12                           | 1,57                             |
| 8     | 228,0              | 5,39  | 5,46                       | 5,40               | 1,87  | 2,96                       | 0,11                           | 1,72                             |
| 9     | 127,0              | 4,88  | 4,69                       | 3,35               | 1,92  | 2,98                       | 0,09                           | 1,44                             |
| 10    | 42,60              | 3,48  | 4,36                       | 2,34               | 2,16  | 2,69                       | 0,07                           | 1,13                             |
| 11    | 19,40              | 3,80  | 4,13                       | 1,76               | 2,44  | 2,69                       | 0,10                           | 0,84                             |
| 12    | 17,0               | 3,76  | 4,10                       | 2,01               | 1,87  | 2,42                       | 0,09                           | 0,82                             |
| 13    | 14,70              | 2,96  | 3,52                       | 1,32               | 2,03  | 2,36                       | 0,07                           | 0,96                             |
| 14    | 152,0              | 6,0   | 5,09                       | 2,95               | 1,84  | 2,39                       | 0,10                           | 1,27                             |
| 15    | 226,0              | 7,58  | 4,62                       | 3,73               | 2,11  | 2,23                       | 0,14                           | 1,95                             |
| 16    | 145,0              | 6,16  | 4,49                       | 1,52               | 2,16  | 2,39                       | 0,10                           | 1,26                             |

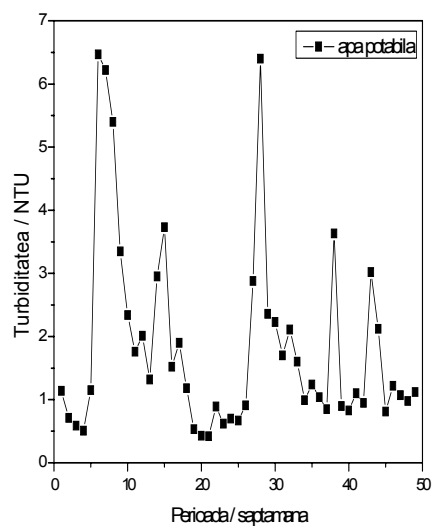
## Continuare

|    |        |      |      |      |      |      |      |      |
|----|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 17 | 50,50  | 4,24 | 4,38 | 1,90 | 2,30 | 2,26 | 0,16 | 1,01 |
| 18 | 24,80  | 3,60 | 3,87 | 1,18 | 2,52 | 2,31 | 0,10 | 0,71 |
| 19 | 28,20  | 3,50 | 3,59 | 0,53 | 2,04 | 2,26 | 0,08 | 0,37 |
| 20 | 20,50  | 3,37 | 3,36 | 0,43 | 2,02 | 2,12 | 0,10 | 0,65 |
| 21 | 19,60  | 3,85 | 3,25 | 0,42 | 2,24 | 2,36 | 0,12 | 0,65 |
| 22 | 62,60  | 3,75 | 3,11 | 0,89 | 2,16 | 2,12 | 0,10 | 0,93 |
| 23 | 16,0   | 3,64 | 3,11 | 0,62 | 2,45 | 2,19 | 0,11 | 0,55 |
| 24 | 10,50  | 3,15 | 2,89 | 0,70 | 2,24 | 2,23 | 0,14 | 0,32 |
| 25 | 48,70  | 3,10 | 2,93 | 0,67 | 2,26 | 2,82 | 0,12 | 0,51 |
| 26 | 70,50  | 4,56 | 3,68 | 0,91 | 2,19 | 2,53 | 0,17 | 1,10 |
| 27 | 110,50 | 5,86 | 4,08 | 2,88 | 2,69 | 2,49 | 0,12 | 1,20 |
| 28 | 124,70 | 6,40 | 4,23 | 6,40 | 3,31 | 2,62 | 0,23 | 1,57 |
| 29 | 62,18  | 5,76 | 3,98 | 2,36 | 2,90 | 2,66 | 0,22 | 1,10 |
| 30 | 157,0  | 6,58 | 4,69 | 2,23 | 3,69 | 2,72 | 0,21 | 1,20 |
| 31 | 113,0  | 7,0  | 4,89 | 1,70 | 3,23 | 2,60 | 0,13 | 1,31 |
| 32 | 23,70  | 3,36 | 3,96 | 2,11 | 2,87 | 2,52 | 0,16 | 0,77 |
| 33 | 21,58  | 4,76 | 3,75 | 1,60 | 3,20 | 2,68 | 0,20 | 0,61 |
| 34 | 35,20  | 4,82 | 3,42 | 0,99 | 2,56 | 2,50 | 0,19 | 0,47 |
| 35 | 28,40  | 3,31 | 3,29 | 1,24 | 2,03 | 2,40 | 0,13 | 0,38 |
| 36 | 49,10  | 3,34 | 3,26 | 1,04 | 2,50 | 2,56 | 0,16 | 0,68 |
| 37 | 33,82  | 3,47 | 3,19 | 0,85 | 2,12 | 2,42 | 0,17 | 0,69 |
| 38 | 29,86  | 3,68 | 2,96 | 3,63 | 2,55 | 2,29 | 0,14 | 0,61 |
| 39 | 26,0   | 3,91 | 3,26 | 0,90 | 2,53 | 2,23 | 0,12 | 0,52 |
| 40 | 20,32  | 4,08 | 3,11 | 0,83 | 2,89 | 2,42 | 0,15 | 0,56 |
| 41 | 21,86  | 3,78 | 3,21 | 1,10 | 2,43 | 2,46 | 0,16 | 0,60 |
| 42 | 22,73  | 3,78 | 3,21 | 0,95 | 2,51 | 2,40 | 0,12 | 0,67 |
| 43 | 41,50  | 3,84 | 3,36 | 3,02 | 2,32 | 2,29 | 0,10 | 0,63 |
| 44 | 25,64  | 2,90 | 2,91 | 2,12 | 3,14 | 2,21 | 0,09 | 0,60 |
| 45 | 21,82  | 2,66 | 2,69 | 0,81 | 2,50 | 2,23 | 0,15 | 0,56 |
| 46 | 24,36  | 2,69 | 2,76 | 1,22 | 2,59 | 2,23 | 0,09 | 0,55 |
| 47 | 26,0   | 2,72 | 2,69 | 1,07 | 1,30 | 1,96 | 0,09 | 0,56 |
| 48 | 9,18   | 3,23 | 2,50 | 0,98 | 1,32 | 1,86 | 0,09 | 0,61 |
| 49 | 20,32  | 3,65 | 2,56 | 1,12 | 1,23 | 1,86 | 0,09 | 0,72 |

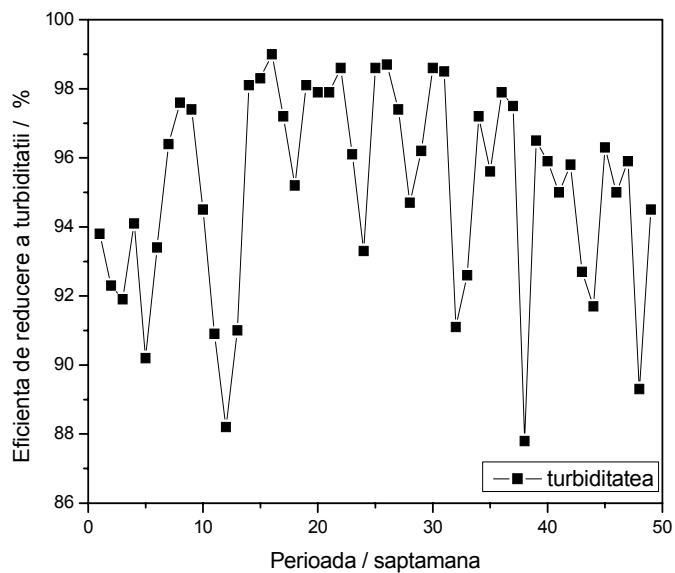
Pe baza rezultatelor programului de monitorizare prezentate în tabelul 9.1. s-au reprezentat grafic atât variațiile parametrilor: turbiditate, CCO-Mn, TOC și aluminiu rezidual în figurile 9.1., 9.2., 9.4., 9.6 și 9.8 cât și eficiențele de îndepărtare a turbidității, CCO-Mn și TOC în figurile 9.3, 9.5 și 9.7 pentru a evidenția atât valorile concentrațiilor reziduale ale parametrilor de calitate urmăriți cât și performanțele atinse de noul flux tehnologic funcție de caracteristicile de calitate ale apei brute.



**Figura 9.1.** Variația turbidității apei brute pe perioada de studiu.



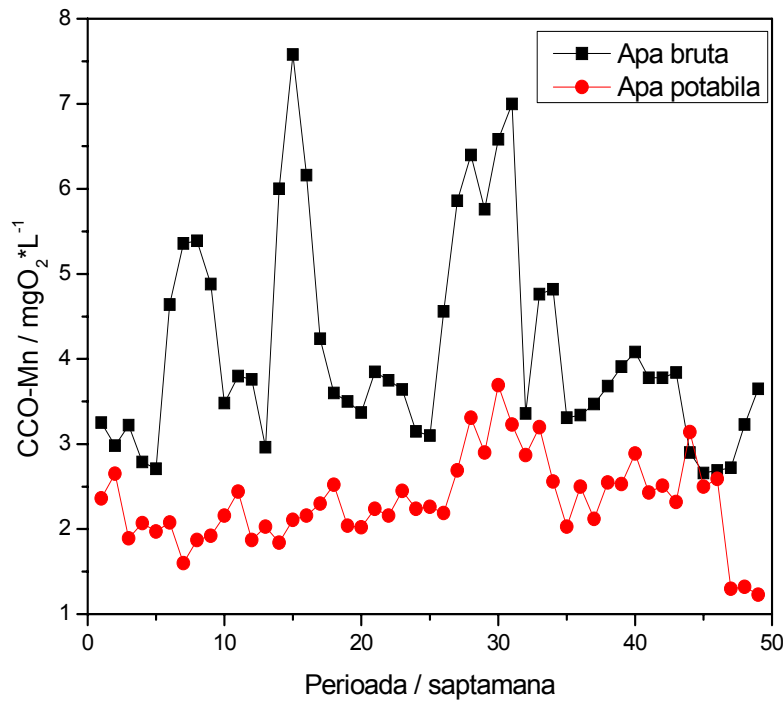
**Figura 9.2.** Variația turbidității apei potabile pe perioada de studiu.



**Figura 9.3.** Eficiența de reducere a turbidității



Pe baza rezultatelor privind îndepărtarea turbidității se observă că s-au obținut eficiențe de îndepărtare a turbidității ridicate (88-99%), cu depășiri sporadice doar în foarte puține situații caracterizate prin turbidități ridicate. Aceste depășiri sunt explicabile și de așteptat ținând cont de faptul că procesul de flotație nu este caracteristic tratării apelor de suprafață caracterizate prin turbiditate ridicată. Totuși, pe baza rezultatelor de monitorizare de supraveghere a fluxului tehnologic vechi și ținând cont că aceste situații de neconformitate cu cerințele legislative sunt foarte rare, se poate afirma că noul flux propus și introdus care are în componență procesul de flotație și utilizează agentul de coagulare prehidrolizat este eficient în îndepărtarea turbidității din apă în scopul potabilizării [180].



**Figura 9.4.** Variația CCO-Mn a apei brute și potabile pe perioada de studiu

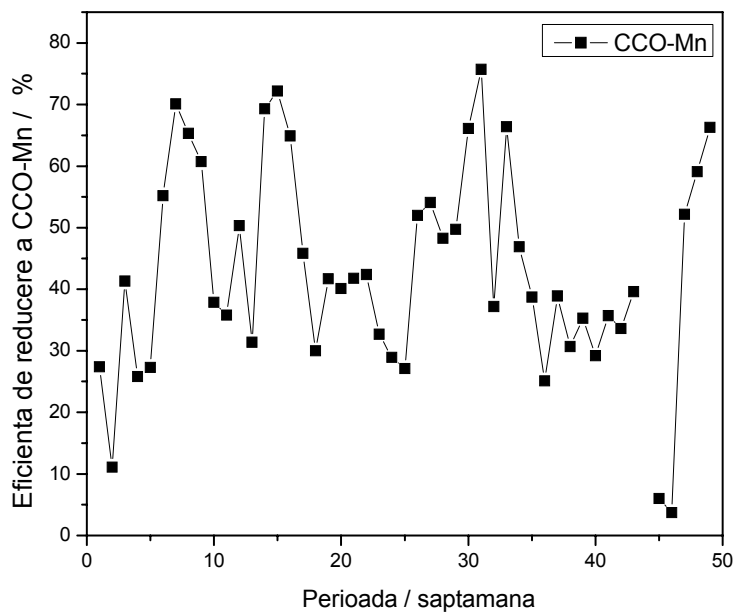


Figura 9.5. Eficiența de reducere a CCO-Mn

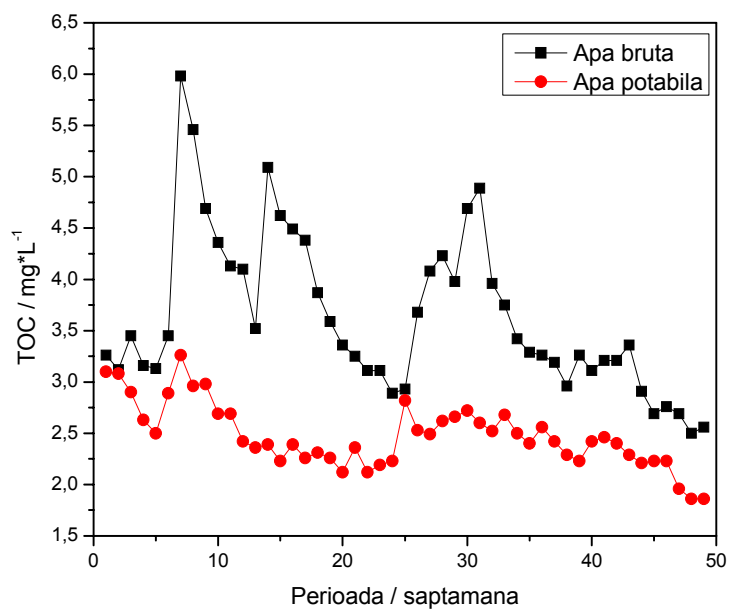
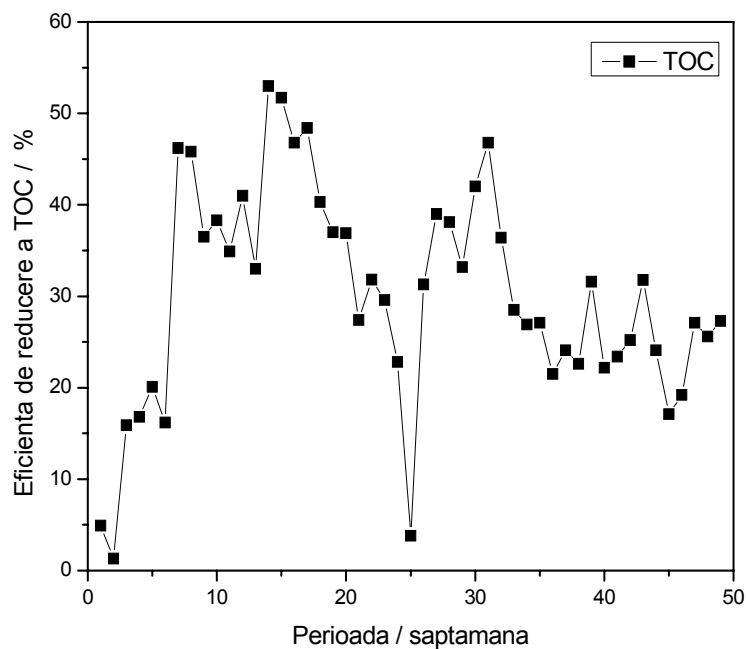
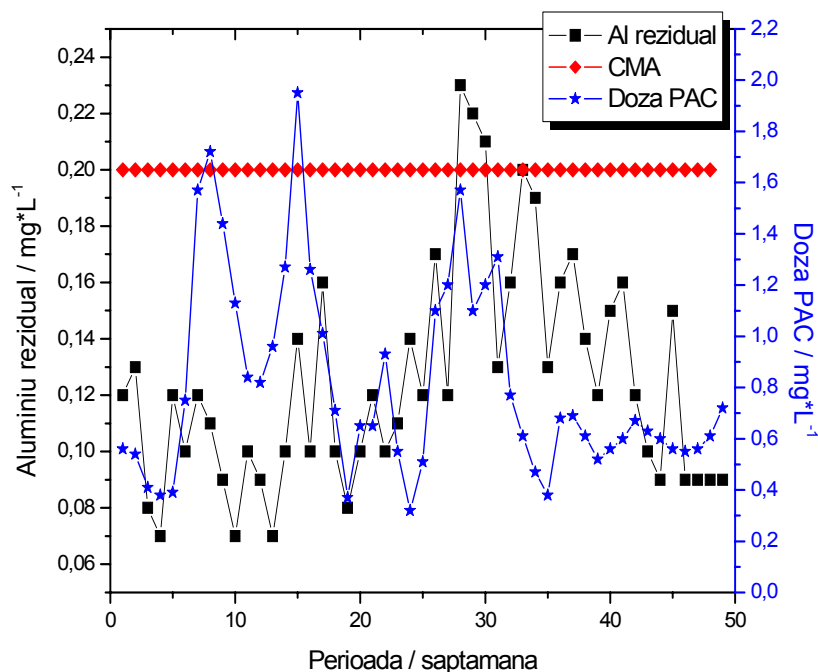


Figura 9.6. Variația TOC al apei brute și potabile pe perioada de studiu.



**Figura 9.7.** Eficiența de reducere a TOC

Pentru toată perioada studiată, pe durata unui an, s-a constatat că apa brută este caracterizată de încărcare organică medie, care nu a impus aplicarea procesului de coagulare avansată, și nici utilizarea în exces a agentului de coagulare. Prin aplicarea acestui nou flux nu s-au înregistrat depășiri ale CMA pentru oxidabilitate iar eficiențele de reducere au fost între 5-70% pentru CCO-Mn și între 3-55 % pentru TOC, funcție de caracteristicile materiei organice din apa.



**Figura 9.8.** Variația comparativă a aluminului rezidual și a dozei de PAC pentru apa potabilă pe perioada de studiu.

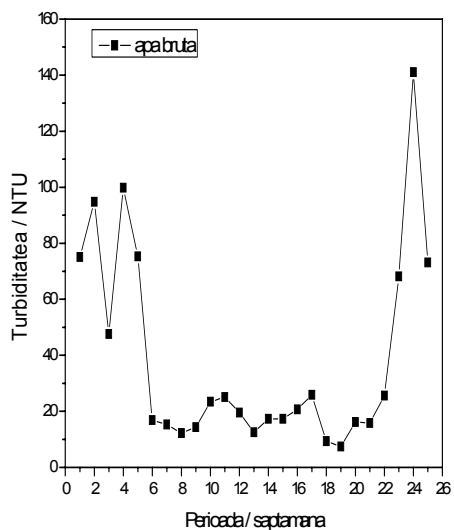
De asemenea, s-au înregistrat foarte puține depășiri ale CMA pentru Al rezidual, ceea ce dovedește eficacitatea și superioritatea noului flux tehnologic care include flotația și utilizarea agentului de coagulare prehidrolizat față de fluxul tehnologic convențional care presupune utilizarea SA și a treptei de decantare.

În continuare, s-a propus aplicarea unui program de monitorizare de supraveghere pentru încă șase luni (1.01.-1.06.2011) în scopul validării performanței fluxului tehnologic nou propus și introdus. Astfel, tabelul 9.2. prezintă rezultatele monitorizării calității apei potabile pentru parametri turbiditate, CCO-Mn și TOC, determinați ca valori medii săptămânale, în relație cu calitatea apei brute, doza agentului de coagulare impusă de calitatea acesteia. De asemenea sunt prezentate și concentrația aluminului rezidual pentru fiecare doză utilizată.

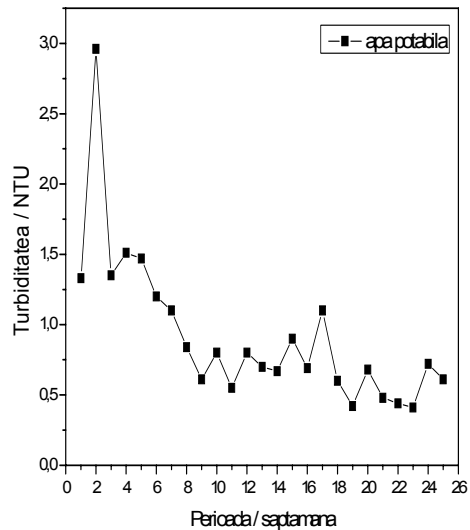
**Tabelul 9.2.** Caracteristicile de calitate ale apei brute și potabile în perioada de studiu.

| Nr. săptămâni | AB                 |   | AP                 |   |                                | Doza PAC [mgAl*L <sup>-1</sup> ]<br>tratare |
|---------------|--------------------|---|--------------------|---|--------------------------------|---|
|               | Turbiditatea [NTU] | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | Turbiditatea [NTU] | CCO-Mn [mgO <sub>2</sub> *L <sup>-1</sup> ] | Al rez [mgAl*L <sup>-1</sup> ] |   |
| 1             | 75,10              | 5,19  | 1,33               | 2,43  | 0,09                           | 1,2   |
| 2             | 94,80              | 5,76  | 2,96               | 2,85  | 0,17                           | 1,57  |
| 3             | 47,64              | 5,21  | 1,35               | 2,64  | 0,17                           | 1,1   |
| 4             | 99,80              | 5,88  | 1,51               | 2,95  | 0,16                           | 1,2   |
| 5             | 75,30              | 6,09  | 1,47               | 2,77  | 0,12                           | 1,31  |
| 6             | 16,88              | 3,11  | 1,20               | 2,60  | 0,15                           | 0,77  |
| 7             | 15,29              | 3,98  | 1,10               | 2,90  | 0,15                           | 0,61  |
| 8             | 12,20              | 4,21  | 0,84               | 2,30  | 0,15                           | 0,47  |
| 9             | 14,32              | 2,80  | 0,61               | 1,96  | 0,12                           | 0,38  |
| 10            | 23,40              | 3,15  | 0,80               | 2,07  | 0,14                           | 0,68  |
| 11            | 25,12              | 3,21  | 0,55               | 1,95  | 0,11                           | 0,69  |
| 12            | 19,54              | 3,51  | 0,80               | 2,46  | 0,12                           | 0,61  |
| 13            | 12,46              | 3,70  | 0,70               | 2,39  | 0,10                           | 0,52  |
| 14            | 17,34              | 3,18  | 0,67               | 1,90  | 0,10                           | 0,56  |
| 15            | 17,30              | 3,52  | 0,90               | 2,06  | 0,14                           | 0,6   |
| 16            | 20,68              | 2,98  | 0,69               | 1,94  | 0,10                           | 0,67  |
| 17            | 25,84              | 2,80  | 1,10               | 2,10  | 0,07                           | 0,63  |
| 18            | 9,36               | 2,32  | 0,60               | 1,70  | 0,10                           | 0,56  |
| 19            | 7,42               | 2,65  | 0,42               | 1,12  | 0,12                           | 0,42  |
| 20            | 16,13              | 2,86  | 0,68               | 1,08  | 0,10                           | 0,42  |
| 21            | 15,86              | 2,36  | 0,48               | 1,56  | 0,07                           | 0,57  |
| 22            | 25,60              | 2,53  | 0,44               | 1,68  | 0,07                           | 0,81  |
| 23            | 68,13              | 3,67  | 0,41               | 2,18  | 0,09                           | 1,04  |
| 24            | 141,0              | 4,12  | 0,72               | 1,33  | 0,08                           | 1,35  |
| 25            | 73,11              | 3,84  | 0,61               | 1,12  | 0,13                           | 1,04  |

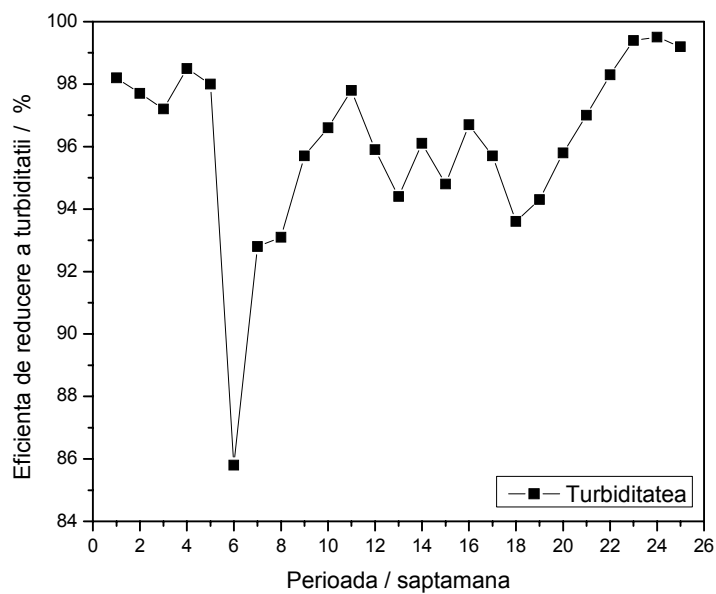
Pe baza rezultatelor programului de monitorizare prezentate în tabelul 9.2. s-au reprezentat grafic atât variațiile parametrilor: turbiditate, CCO-Mn și aluminiu rezidual în figurile 9.9, 9.10, 9.12 și 9.14 cât și eficiențele de îndepărtare a turbidității, CCO-Mn și în figurile 9.11 și 9.13.



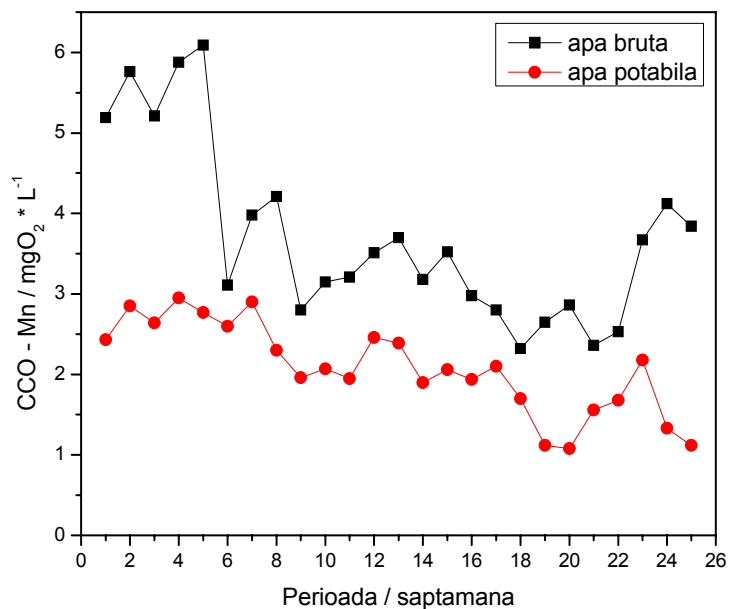
**Figura 9.9.** Variația turbidității apei brute pe perioada de studiu.



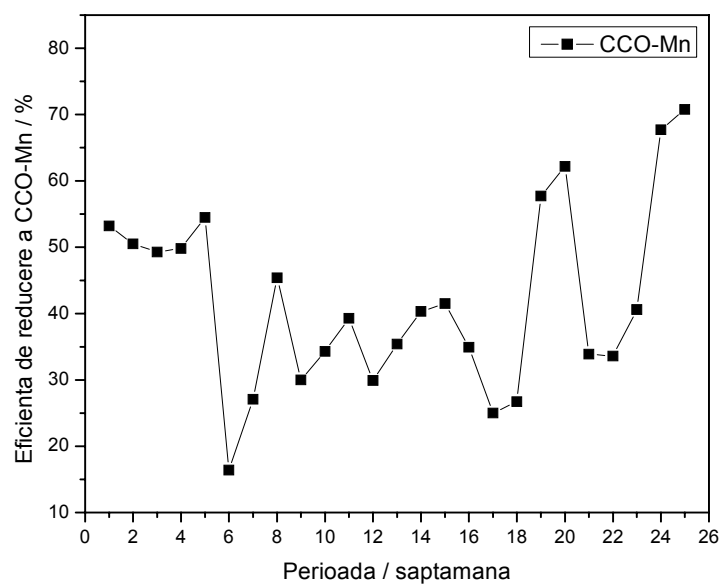
**Figura 9.10.** Variația turbidității apei potabile pe perioada de studiu.



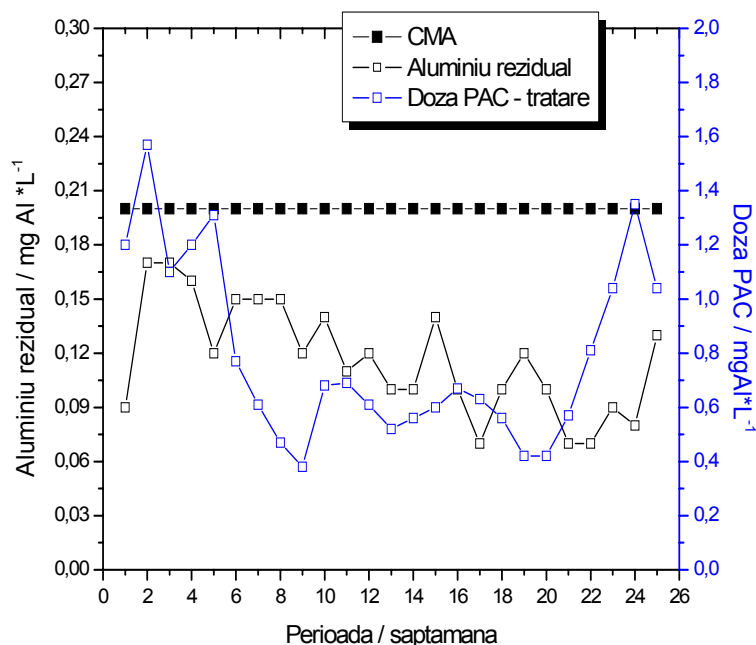
**Figura 9.11.** Eficiența de reducere a turbidității



**Figura 9.12.** Variația CCO-Mn a apei brute și potabile pe perioada de studiu.



**Figura 9.13.** Eficiența de reducere a CCO-Mn



**Figura 9.14.** Variația comparativă a aluminiului rezidual și a dozei de PAC-tratare pentru apa potabilă pe perioada de studiu (49 de săptămâni)

Rezultatele programului de monitorizare arată că în acest ultim an nu s-au semnalat situații de turbidități ridicate, apa de suprafață brută fiind caracterizată de o încărcare medie și chiar redusă. În aceste condiții, aplicarea noului flux tehnologic la dozele optime de PAC determinate în funcție de turbiditate au condus la eficiențe foarte ridicate de eliminare a turbidității și încărcării organice, și toți parametrii de calitate ai apei tratate au fost sub limita CMA, nesemnalandu-se nici o situație neconformă. De asemenea, concentrația aluminiului rezidual dizolvat a fost sub limita CMA.

### Concluzii parțiale

Rezultatele programului de monitorizare operațional și de supraveghere a noului flux tehnologic proiectat și implementat, care presupune înlocuirea treptei de decantare cu treapta de flotație și utilizarea agentului de coagulare prehidrolizat (poli-clorură de aluminiu) au condus la următoarele concluzii:

1. Utilizarea apei de suprafață caracterizată prin turbiditate redusă și medie ca sursă de apă potabilă reclamă utilizarea unui flux tehnologic de potabilizare care conține etapa de flotație în defavoarea etapei de decantare și utilizarea agentului de coagulare prehidrolizat;



2. Prin aplicarea acestui flux tehnologic s-a obținut apă tratată a cărei calitate s-a încadrat în cerințele impuse de legislația pentru apa potabilă, cu mici excepții pentru situațiile în care apa brută este caracterizată de turbiditate foarte ridicată, când turbiditatea reziduală în apa tratată a depășit CMA. În ceea ce privește încărcarea organică nu s-au înregistrat depășiri ale acesteia. Un mare avantaj al aplicării acestei tehnologii potrivite caracteristicilor de calitate a apei brute de suprafață îl constituie concentrația mică de aluminiu rezidual din apa tratată. Concentrația mică a aluminiului rezidual se datorează atât performanțelor agentului de coagulare prehidrolizat în relație cu turbiditatea și încărcarea organică. Încărcarea organică fiind de asemenea mică nu presupune utilizarea excesului de reactivi de coagulare, evitând astfel posibilitatea prezenței în apa tratată a unor concentrații ridicate de aluminiu rezidual.
3. Aceste rezultate de monitorizare operațională și de supraveghere a calității apei tratate validează utilitatea practică a acestei tehnologii nou propusă și implementată pentru potabilizarea apei în condițiile utilizării apei de suprafață cu încărcare mică și medie.

## 10. CONCLUZII GENERALE

Existența unor probleme de calitate a apei potabile și implicit, de risc asupra sănătății populației a impus proiectarea și implementarea unui program de monitorizare de supraveghere a calității apei potabile corelat cu cel al calității sursei de apă de suprafață provenită din fluviul Dunărea, Drobeta Turnu-Severin. Pentru îmbunătățirea calității apei potabile s-au căutat soluții prin implementarea fondurilor europene prin programul ISPA, acest studiu propunându-și îmbunătățirea tehnologiei de potabilizare, o tehnologie convențională care se bazează pe coagulare-sedimentare utilizând sulfatul de aluminiu (SA) ca și agent de coagulare, prin înlocuirea/introducerea unor etape care să permită obținerea unei apei potabile care să nu prezinte riscuri de neconformări și de influență asupra sănătății umane.

Pentru a obține informații asupra calității apei potabile corelată cu calitatea resursei de apă și cu tehnologia aplicată într-o primă etapă s-a proiectat și realizat un program de monitorizare operațională a calității apei potabile corelate cu calitatea apei brute pe perioada unui an calendaristic (2005) în scopul identificării parametrilor critici și a selectării parametrilor operaționali.

Pe baza studiilor întreprinse în anul 2005 privind monitorizarea caracteristicilor de calitate ale apei brute de Dunăre, se evidențiază ca parametri critici: temperatura scăzută a apei ( $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), turbiditatea scăzută ( $5\text{ NTU} < T < 10\text{ NTU}$ ) și foarte ridicată ( $200 - 280\text{ NTU}$ ) în câteva situații speciale critice de inundații și viituri. De asemenea, s-au constatat depășiri ale CMA pentru aluminiu dizolvat rezidual din apa potabilă. De asemenea, s-au constatat neconformități privind calitatea apei potabile în perioadele caracterizate prin temperaturi scăzute. În plus, punerea în funcțiune a lacului de acumulare de la Porțile de Fier I a condus la modificarea calității apei brute, în special prin dezvoltarea unor specii de alge care a influențat compoziția chimică a apei brute. Astfel, turbiditatea și conținutul de substanțe organice au scăzut foarte mult dar a predominat procentul de substanțe organice dizolvate.

Datele experimentale de monitorizare a calității apei potabile corelate cu cele ale apei brute au permis identificarea și selectarea turbidității și a aluminiului rezidual dizolvat ca și parametri de control ai procesului de potabilizare. În plus, pentru asigurarea siguranței calității apei potabile, s-a selectat ca și parametru de control încărcarea organică exprimată prin CCO-Mn, datorită în special potențialului de formare a trihalometanilor în etapa de dezinfecție.

În plus, s-a observat că în perioadele de insolație puternică se producea o creștere abundentă a numărului și speciilor de alge în apa lacului de acumulare Porțile de Fier I, alge care ajungeau și în bazinele de reacție și decantoare. Astfel, bazinele de reacție și decantoarele nu puteau funcționa mai mult de 25 de zile din cauza depunerilor de alge verzi pe pereții acestora precum și pe tuburile de colectare a apei tratate. Ele trebuiau scoase periodic din funcțiune și curățate cu jet de apă și apoi spălate cu soluție de hipoclorit de sodiu și sulfat de cupru 2% pentru a împiedica dezvoltarea algelor pe pereți și pe tuburile de colectare.

Datorită problemelor identificate prin monitorizarea calității apei brute și potabile pe parcursul anului 2005, se impune continuarea monitorizării caracteristicilor de calitate a apei brute și potabile doar pentru parametri critici evidențiați și selectați în vederea îmbunătățirii fluxului de potabilizare pentru o diagnoză corectă.

Extinderea programului de monitorizare pe perioada 2006 – 2009 pentru parametri selectați ca și critici/operationali a evidențiat următoarele aspecte:

- s-au înregistrat depășiri pentru turbiditatea apei potabile în situațiile în care apa brută a fost caracterizată de turbidități ridicate și temperaturi scăzute;
- concentrația aluminiului dizolvat rezidual din apa potabilă a fost mai mare decât concentrația maxim admisă în apa potabilă, datorită dozelor ridicate de agent de coagulare sulfat de aluminiu, impuse prin fluxul convențional de potabilizare aplicat în această perioadă.

Rezultatele programelor de monitorizare efectuate au arătat necesitatea găsirii unor agenți de coagulare mai eficienți, care să permită atingerea cel puțin a aceluiași eficiențe (chiar mai mari în condițiile critice caracterizate prin viituri și inundații) la doze mai mici pentru a evita prezența remanentă a aluminiului dizolvat în apa tratată. În acest context, s-au testat trei coagulanți prehidrolizați, comercializați pe piață și anume: PAC – SACHTOKLAR (Firma Sachtleben Chemie GmbH), PAX-KEMWATER PAX 18 (Firma Custal SRL) și PP-PLUSPAC FD 1465 (Firma Pure Water), pentru diferite caracteristici de calitate ale surselor de apă destinate potabilizării, potriviți și pentru un domeniu de temperaturi scăzute.

Experimentele efectuate la nivel de laborator au avut drept scop evaluarea eficienței acestor coagulanți prehidrolizați pe bază de aluminiu, în diverse condiții de lucru, pentru reducerea turbidității și a încărcării organice, în vederea selectării agentului de coagulare optim.

Rezultatele aplicării metodei Jar-test privind selectarea agentului de coagulare optim comparativ cu agentul de coagulare convențional SA au condus la următoarele concluzii:

- Utilizarea unei surse de apă caracterizată de turbidități diferite în procesul de coagulare convențional utilizând ca agent de coagulare convențional, SA, impune aplicarea unor doze direct proporționale cu turbiditatea, care conduc la concentrații ale aluminiului rezidual ce depășesc CMA, în special pentru apele brute caracterizate prin turbidități ridicate;
- Selectarea agentului de coagulare prehidrolizat optim s-a realizat pe baza evaluării performanțelor de coagulare a acestor agenți comparativ cu performanțele SA în aceleași condiții de turbiditate relativ scăzută (29 NTU) aleasă datorită problemelor pe care le ridică procesul de coagulare convențional;
- Pe baza rezultatelor privind eficiența de îndepărtare a turbidității comparativ cu cele obținute prin utilizarea SA s-a selectat ca și agent de coagulare optim PAC – SACHTOKLAR (Firma Sachtleben Chemie GmbH), care a permis atingerea celor mai bune performanțe de îndepărtare a turbidității;
- S-au evaluat performanțele procesului de coagulare utilizând PAC comparativ cu SA și în condițiile tratării unei ape brute caracterizată de turbidități foarte ridicate (situații de viituri). S-a remarcat că în situația utilizării PAC s-au obținut eficiențe ridicate de îndepărtare a turbidității la aceeași doză scăzută utilizată și la turbidități scăzute, ceea ce a condus la prezența aluminiului rezidual în apa tratată în concentrații sub CMA, în timp ce utilizarea SA în aceste condiții de turbidități ridicate a necesitat doză optimă ridicată ( $1,36 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ ), care a condus la concentrații de aluminiu rezidual mai mari decât CMA.

Toate aceste rezultate de evaluare comparativă a performanței procesului de coagulare prin parametru turbiditate, CCO-Mn și aluminiu rezidual utilizând agenți de coagulare prehidrolizați: PAC, PAX, PP și agentul de coagulare convențional SA au permis selectarea ca agent de coagulare optim PAC.

Introducerea acestui agent de coagulare în etapa de coagulare din fluxul de potabilizare impune un studiu experimental mai detaliat de determinare a dozei optime pentru acest agent de coagulare.

Evaluarea comparativă la scară de laborator a performanțelor agentului de coagulare prehidrolizat selectat, PAC față de SA, care este utilizat în cadrul tehnologiei convenționale de potabilizare, la doză optimă determinată prin metoda Jar-test s-a realizat prin monitorizarea caracteristicilor de calitate a apei tratate legate de turbiditate, CCO-Mn, TOC și concentrația aluminiului dizolvat rezidual din apă. S-a urmărit de asemenea și componenta materie organică naturală (NOM) determinată prin absorbanta înregistrată la lungimea de undă de 254 nm precum și de parametrul SUVA (Absorbanta specifică).

Pentru ape caracterizate de turbidități mici, doză optimă de agent de coagulare a fost considerată doza la care s-au obținut cele mai bune eficiențe de îndepărtare a turbidității și a materiei organice naturale iar în cazul apei brute caracterizate de turbidități medii și ridicate, doză optimă a fost considerată cea mai mică doză la care s-au îndeplinit criteriile de calitate a apei impuse de legislația apei potabile.

Doza optimă de SA a variat între 0,75 și 1,0 mg Al·L<sup>-1</sup> funcție de temperatură pentru turbiditate scăzută și medie, și 2,5 mg Al·L<sup>-1</sup> pentru turbiditate ridicată, independent de temperatură. În cazul utilizării agentului de coagulare SA în aplicarea procesului de coagulare la îndepărtarea turbidității din apă nu s-au îndeplinit cerințele pentru apa potabilă, neatingându-se turbidități mai mici decât 5 NTU. De asemenea, pentru toate condițiile studiate, concentrația aluminiului rezidual dizolvat a depășit CMA în apa potabilă impusă prin Legea Apei Potabile nr. 311/2004.

Doza optimă de PAC a fost de 0,3 mg Al·L<sup>-1</sup> în cazul apelor caracterizate de încărcări mici de turbiditate, doză optimă de coagulant selectată ca doza care a condus la cea mai mică turbiditate reziduală. În comparație cu rezultatele aplicării agentului de coagulare SA, temperatura a afectat foarte puțin eficiența de îndepărtare a turbidității. Pentru apa caracterizată prin turbiditate ridicată, turbiditatea reziduală mai mică de 5 NTU a fost obținută la doze optime de coagulant cuprinse între 0,75 și 1,0 mg Al·L<sup>-1</sup>, funcție de temperatură. Valorile concentrațiilor aluminiului rezidual au fost mai mici decât CMA pentru toate situațiile caracterizate de temperaturi diferite. Parametrii CCO-Mn, TOC și absorbanța înregistrată la lungimea de undă de 254 nm au aceeași evoluție ca și turbiditatea.

Pe baza evaluării influenței materiei organice naturale (NOM) prin parametrul SUVA, determinat prin raportul dintre absorbanta apei înregistrată la lungimea de undă de 254 nm și parametrul carbon organic dizolvat, care reprezintă parametrul operațional în cazul coagulării avansate, corelate cu valoarea parametrului TOC și cu evoluția acestora în procesul de tratare s-a găsit că nu se impune aplicarea procesului de coagulare avansată, adică stabilirea unor doze în exces de reactivi de coagulare pentru a îndepărta NOM din ape, care este răspunzătoare de formarea trihalometanilor în etapa de dezinfecție din cadrul tehnologiei de potabilizare. Astfel, se poate afirma că doză optimă de agent de coagulare trebuie determinată pe baza turbidității, selectată ca și parametru operațional în procesul de coagulare.

O diferență importantă față de aplicarea SA se observă pentru valoarea concentrației aluminiului rezidual la doza optimă, care în această situație a utilizării agentului de coagulare PAC se încadrează în cerințele Legii Apei Potabile.

Corelarea rezultatelor programului de monitorizare a calității apei brute de suprafață provenită din fluviul Dunărea legate de turbiditate scăzută și prezența algelor cu performanțele superioare ale agentului de coagulare prehidrolizat PAC propune modificarea fluxului tehnologic de potabilizare prin înlocuirea etapei de decantare cu etapa de flotație și utilizarea PAC ca și agent de coagulare. Introducerea a noii unități de coagulare cu PAC-flotație în locul unității coagulare cu SA-decantare a impus monitorizarea comparativă a calității apei potabile rezultată din cele două fluxuri tehnologice, convențional și nou introdus și propus. În urma monitorizării celor două fluxuri tehnologice în condițiile tratării apei brute caracterizată de turbidități mici au rezultat următoarele concluzii:

- Utilizarea dozei de sulfat de aluminiu ( $5 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ ) pe stația veche a condus la atingerea unor performanțe satisfăcătoare de îndepărtare a turbidității și încărcării organice, dar în condițiile prezenței aluminiului rezidual în apa tratată la concentrații care depășesc CMA impus de legislația în vigoare. Acest motiv a susținut rezultatele la scară de laborator care au propus înlocuirea acestui agent de coagulare în vederea îmbunătățirii performanței procesului de coagulare;
- S-a observat o creștere a eficienței de îndepărtare a încărcării organice de la 10 – 25 % pe stația veche la 15 – 45 % pe stația nouă;
- Utilizarea dozei de  $1 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$  PAC determinată într-o primă etapă pe fluxul tehnologic nou a condus la scăderea concentrației aluminiului rezidual în jurul CMA existând riscul depășirii acesteia, comparativ cu utilizarea SA pentru care concentrația aluminiului rezidual a depășit CMA. Reducerea dozei de PAC utilizată la  $0,5 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$  a permis atingerea unor performanțe comparabile în ceea ce privește turbiditatea și CCO-Mn. Eficiențe puțin mai mici au fost atinse pentru TOC, dar toți parametrii urmăriți s-au încadrat în limitele impuse de normativele legislative în vigoare. Utilizarea acestei doze de PAC a condus la prezența aluminiului rezidual în apa tratată la concentrații mult mai mici ( $0,05\text{--}0,07 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ ), care nu mai prezintă riscul atingerii CMA ( $0,2 \text{ mgAl} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

Toate aceste rezultate reclamă superioritatea PAC ca agent de coagulare și a etapei de flotație și-l recomandă pentru aplicațiile industriale de potabilizare.

Validarea performanței fluxului tehnologic implementat a presupus proiectarea și implementarea unui program de monitorizare operațional și de supraveghere a noului flux tehnologic implementat, care a presupus înlocuirea treptei de decantare cu treapta de flotație și utilizarea agentului de coagulare prehidrolizat (policlorură de aluminiu), iar rezultatele au condus la următoarele concluzii:

- Utilizarea apei de suprafață caracterizată prin turbiditate redusă și medie ca sursă de apă potabilă reclamă utilizarea unui flux tehnologic de potabilizare care conține etapa de flotație în defavoarea etapei de decantare și utilizarea agentului de coagulare prehidrolizat;
- Prin aplicarea acestui flux tehnologic s-a obținut apă tratată a cărei calitate s-a încadrat în cerințele impuse de legislația pentru apa potabilă, cu mici excepții pentru situațiile în care apa brută este caracterizată de turbiditate foarte ridicată, când turbiditatea reziduală în apa tratată a depășit ușor CMA. În ceea ce privește încărcarea organică nu s-au înregistrat depășiri ale acesteia. Un mare avantaj al aplicării acestei tehnologii potrivit caracteristicilor de calitate a apei brute de suprafață îl constituie concentrația mică de aluminiu rezidual din apa tratată. Concentrația mică a aluminiului rezidual se datorează performanțelor agentului de

coagulare prehidrolizat în relație cu turbiditatea și încărcarea organică. Încărcarea organică fiind de asemenea mică nu presupune utilizarea excesului de reactivi de coagulare, evitând astfel posibilitatea prezenței în apa tratată a unor concentrații ridicate de aluminiu rezidual.

-Aceste rezultate de monitorizare operațională și de supraveghere a calității apei tratate validează utilitatea practică a acestei tehnologii nou propusă și implementată pentru potabilizarea apei în condițiile utilizării apei de suprafață cu încărcare mică și medie.

Odată cu implementarea flotației au dispărut și neajunsurile legate de dezvoltarea algelor. Cu toate că turbiditatea apei este în general cuprinsă între 10 și 20 NTU aproximativ 90-95% din perioada unui an calendaristic, procesul de coagulare și eliminare a suspensiilor se face în condiții bune atât pentru turbidități sub 10 NTU cât și peste această valoare. Calitățile apei se încadrează în normele interne și europene iar aluminiul rezidual este cu mult sub limita maxim admisă.

În urma tratării apei de Dunare prin procedeul coagulare-flotație urmat de filtrare și utilizând ca agent de coagulare prehidrolizat PAC, calitatea apei potabile s-a îmbunătățit considerabil:

-Astfel, turbiditatea a scăzut și se situează mult sub CMA, aluminiul rezidual nu mai depășește CMA impus de legislație, procesul de tratare nu mai este influențat de temperatura apei brute, astfel la temperaturi scăzute eficiența de tratare este ridicată.

-Dozele de agent de coagulare au scăzut mult, ajungând la jumătate față de dozele folosite în trecut utilizând ca agent de coagulare sulfatul de aluminiu.

-Flotația este în special eficientă în îndepărtarea algelor, dezvoltarea biologică a algelor în instalații fiind stopată. Timpul de staționare al apei în instalațiile de flotație este cu mult mai scurt decât în decantoare, timpul de contact al nămolului cu apa tratată este mult mai scurt decât în decantoare și radiațiile din doemniul VIS nu poate activa activitatea biologică a algelor.

-Calitatea apei obținute prin flotație este mult mai bună decât calitatea apei obținute prin decantare gravitațională, se reduc încărcările pe filtre și consumul de apă tehnologică utilizată, precum și consumul de substanțe chimice de tratare.

-Procedeul de flotație- filtrare necesită o suprafață redusă și nu este sensibilă la schimbările de capacitate și temperatură, care garantează în timp calitatea apei. De asemenea, procedeul prin flotație folosește un volum redus de forță de muncă pentru operare și un consum scăzut de apă și aer pentru spălarea filtrelor.

Toate aceste avantaje ale utilizării unității de coagulare cu agent prehidrolizat-flotație legate și de cele ale filtrării care urmează acestei unități demonstrează superioritatea acestei noi tehnologii implementate față de cea convențională, susținând-o pentru aplicarea industrială în tehnologiile de potabilizare a apelor de suprafață caracterizate prin turbidități reduse și medii și printr-o variație largă a temperaturii asigurând obținerea unei ape potabile de calitate ridicată, chiar superioară valorilor normativelor legislative în vigoare atât la nivel național cât și european.

## BIBLIOGRAFIE

1. \*\*\* *Wasserwirtschaft*, 86(12), 1996;
2. L. Salmhotz, *European Water Pollution Control*, 3(2), 1993;
3. C. Villeneuve, *European Water Pollution Control*, 3(2), 1993;
4. G. Burtică, R. Pode, I. Vlaicu, V. Pode, A. Negrea, D. Micu, *Tehnologii de tratare a efluenților reziduali*, Editura Politehnică, Timișoara, 2000;
5. V. Prodea, *Apa, sursa inepuizabilă?*, Editura Tehnică, București, 1991;
6. M. Hofstra, G. Verstappen - *European Water Pollution Control*, 3(1), 1993;
7. I. Coste, *Omul, biosfera și resursele umane*, Editura Facla, Timișoara, 1981;
8. I. Puric, V. Soran, *Agrosistemele și alimentația omenirii*, Editura Ceres, București, 1981;
9. JB. Rose, CP. Gerba, W. Jakubowski, *Environmental Science and Technology*, 25, 1991.
10. M. Hofstra, G. Verstappen, *European Water Pollution Control*, 3.1.1993
11. \*\*\* - *Buletin de documentare, INFOTERA, Gospodărirea apelor*, 2000
12. S. Ionescu, *Impactul amenajărilor hidrotehnice asupra mediului*, Ed. HGA, București, 2001
13. A. Varduca, *Monitoringul integrat al calității apelor*, Ed. H.G.A., București 1999.
14. S. Postel, *Gospodărirea resurselor de apă dulce*, Ed. Tehnică București, 1988.
15. G. Eghneim, *Monitorizarea, o cale de prognozare a emisiilor, în JAWA SUA*, vol.46, p. 26, 1996.
16. G. Burtică, A. Negrea, D. Micu, C.Orha - *Poluanții și mediul înconjurător*, Editura Politehnica, Timișoara, 2005;
17. *Water quality assessments, A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, Edited by Deborah Chapman, 1992;
18. C. Cosma, A. Ballo, M. Nicolau, *Zilele Academice Timișene*, 22-24 mai 1997, 208;
19. D. Scărdeanu, G. Tevi, *Environment & Progress*, Cluj-Napoca, 4, 2005, 367;
20. F.R. Spellman, *Handbook for Waterworks Operator Certification*, Vol. 2, Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, USA, 2001;
21. M. Dimitrakos, N. Martinez, V. Vayenas, *Water research*, 32 (8), 1998, 242;
22. S. Mettler, M. Abdelmoula, E. Hoehn, R. Schoenenberger, P. Wildler and U. Von Gunten, *Ground Water*, 9(6), 2001, 921;
23. O. Blăgoi, E. L. Pușcaș, *Tratarea apelor de suprafață-Metode chimice*, Editura Dosoftei, Iași, 1997;
24. G.C. Ionescu, *Instalații de alimentare cu apă*, Editura Matrix Rom, București, 2004;
25. R. Popa, *Modelarea calității apei unui râu*, Ed. H.G.A., București 1999.
26. V. Rojanschi, F. Bran, G. Diaconu, *Protecția mediului*, Ed. Economică, București, 1997.
27. R. Popa, *Modelarea calității apei unui râu*, Ed. H.G.A., București, 2000.
28. D. Champan, *Water Quality Assessments*, 2<sup>th</sup> Edition, E&FN Spon, London, 1996.

29. A. Carabeț, *Procese poluante în apele de suprafață și subterane*, Ed. Mirton, Timișoara, 2001.
30. A. Amirtharajah, C.R. O'Melia, *Water quality and treatment: A Handbook of Community Water Supplies*, F.W.Pontius, Ed. Mc Grow Hill, N.Y., p.269, 1990.
31. C. Villeneuve, *European Water Pollution Control*, vol. 3, 2, 1993.
32. H. Rădulescu, *Poluare și tehnici de depoluare a mediului*. Ed. EUROBIT Timișoara, 2003.
33. V. Rojanschi, F. Bran, G. Diaconu, *Protecția și Ingineria Mediului*, Ed. Economică, București, 2002.
34. C. Teodosiu, *Tehologia apei potabile și industriale*, Ed. MATRIX ROM, București, 2001;
35. W.H. Glase, F. Beltran, T. Tuhkanen, J.W. Kang, *Water Pollut. Res. J.Can.* 27(1), p. 449, 1992.
36. C. Ruangchainikom, C.H. Liao, J. Anotai, M.T. Lee, *Water Science and Technology: Water Supply*, vol.5, no.5, p.41, IWA, 2005.
37. H. Jacqmin, D. Commenges, *Am. Jour. Of Epidemiology*, vol. 139, nr.1, p. 48, 1996.
38. A. Retezan, *Zilele Academice Timișene*, 22-24 mai 1997, 215;
39. E. Bârsan, *Alimentări cu apă*, Editura Performantica, Iași, 2005;
40. \*\*\* *Legea Apei Potabile 311/2004*;
41. V. Rojanschi, *Cartea operatorului din stațiile de tratare a apelor*, Ed. Tehnică, București, 1996;
42. G. Eghneim, *Monitorizarea- o cale de prognozare a emisiilor*, în JAWA SUA, vol.46, 1996
43. M. Negulescu, L. Vaicum, C. Patru, S. Ianculescu, G. Bonciu, O. Patru, *Protecția mediului înconjurător*, Ed. Tehnică, București, 1995;
44. L. Samlzodz, *European Water Pollution Control*, vol. 3,2, 1993;
45. Vi. Nistranu, G. Dumitran, V. Nisteanu, L. Corcodei, *Elemente de ecologie și biologie*, Ed. BREN, 2000;
46. S. Ionescu, *Impactul amenajărilor hidrotehnice asupra mediului*, Ed. HGA, București, 2001;
47. *Water quality assessments, A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, Edited by Deborah Chapman, 1992;
48. R.W. Matthews, in: D.F. Ollis, H. Al-Ekabi (Eds.), *Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air*, Amsterdam, p. 121, 1993.
49. F. Manea, D. Marșavina, I. Ursoiu, *Principii, metode și aplicații în analiza apei*, Ed. Politehnica, Timișoara, 2004;
50. E. Bârsan, *Alimentări cu apă*, Ed. Performantica, Iași, 2005;
51. D. Leu, I. Logigan, A. Nistor, *Tehnologii de tratare a apei*, litografia UTI, Iași, 1998;
52. S. Manescu, Gh. Tanasescu, S. Dumitrache, M. Cucu, *IGIENA*, Ed. Med. Bucuresti, 1991
53. S. Manescu, Gh. Tanasescu, *Igiena*, Ed. Medicală, București, 1991.
54. R. Masironi, A.G. Shaper, *Epidemiological studies of health effects of water from diferent sources*. A. Rew. Nutr., 1. 375, *Revista de Igienă și Sănătate Publică*, vol. XLVI, nr.1-2, anul 1996.
55. B. Vlaicu, *Sanatatea mediului ambiant*, Ed. Brumar, 1996.
56. *Toxnet- Toxicology Data Network; Environ Sci Technol.*, 36(6), 2002.



57. EPA Ground Water & Drinking Water, Current Drinking Water Standard for Water Contaminants.
58. Dr. Harold, D. Foster, Maladia Alzheimer și conexiunea ei cu aluminiul, 2005, articol extras din Nexus Magazine, Anul I, Nr.2, 2005.
59. JB. Leikin, FP. Paloucek, Leikin and Paloucek's poisoning and toxicologic handbook 3<sup>rd</sup> Ed. Hudson, OH: Lexi-comp, 2002.
60. M.E. Busuioc, M. Bustuc, Considerații asupra rolului cariopreventiv al fluorului din apa potabilă, Rapoarte și rezultatele lucrărilor, Focșani, 1999.
61. M.J. Quinn, J.C. Sherlock, The correspondence between action levels for lead in blood and in water, 7, 1990.
62. R.M. Maier, I.L. Pepper, Ch.P. Gerba, Environmental Microbiology – Academic Press U.S.A., 2000.
63. Agency for toxic substances and Disease Registry (ATSDR), 2005. Toxicological Profile for lead. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Service, Public Health Service.
64. Yand CY, Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from cerebrovascular disease: Stroke, 29(2), 1998.
65. O. Farcas, A. Solea, F. Moldovan, Monitorizarea calității apei potabile și a stării de sănătate a populației asociate calității apei furnizate prin sistem central, Rapoarte și rezultatele lucrărilor, Focșani, 1999.
66. H. Jacqmin, D. Commenges, Am. Jour. Of Epidemiology, vol. 139, nr. 1, p. 48, 1996.
67. T. Kjellstro, L. Rosenstock, The role of environmental health and occupational hazards in the adult health transition. World health statistical quarterly. 43 (3): 195, 1990, World health Statistics Quarterly, vol. 51, No. 1, 1998.
68. H. Radulescu, D. Micu, G. Burtica, Centr.Eur. J. Occup. Environ.Med.:11(2), p. 87, 2005.
69. D. Sonea, D. Micu, J. Lemic, C. Ratiu, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, 2009, ISSN: 1874-6519, 399, ISI.
70. EPA Guidance Manual Turbidity Provisions, aprilie 1999.
71. Jacqmin Helene, Daniel Commenges Components of drinking water and risk of cognitive impairment in the elderly. Am. Jour. Of Epidemiology, vol. 139, nr. 1, 48-57, 1996..
72. J. Mallevialle, I.H. Suffet, U.S. Chan, Influence and Removal of Organic in Drinking Water, Lewis Publishers, 1992.
73. Çapar, G., Yetis, Ü. – Water Research 36, 1379-1384, 2002.
74. IARC Monograph on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans vol.216, 2000.
75. H. M. Kalibbala, PhD thesis, Royal Institute of Technology, may 2007;
76. S.C. Vigneswaran, C. Visvanathan, Water treatment processes- simple options, CRC Press, 1995.
77. C. Păunescu, Environment & Progress, Cluj-Napoca , 4, 2005.
78. F. Manea, D. Marșavina, I. Ursoiu, Principii, metode și aplicații în analiza apei, Ed. Politehnica, Timișoara, 2004;
79. AWA, Water Quality and Treatment, 4<sup>th</sup> ed., Denver, CO: American Water Works Association, McGraw-Hill, Inc., 1990;
80. G. C. Ionescu, Instalații de alimentare cu apă, Ed. Matrix Rom, București, 2004;

81. B. Welté, A. Montiel, S. Dupas, M.C. Hennion, Evolution de la concentration en pesticides dans deux filières de traitement d'eau potable, Journées Information Eaux, Ppitiers, 1996;
82. J.P. Buiteman, Water treatment methods and processes, IHE lecture notes, Delft, The Netherlands, 1995;
83. I. Baudin, M.R. Chevalier, C. Anselme, S. Cornu, J.M. Laîne, Desalination, p 273-275, no.113, 1997;
84. J.C. Kruithof, J.C. Schippers, P.C. Kamp, H.C. Folmer, J.A.M.H. Hofman, Desalination, p 37-48, no.117, 1998;
85. R. Garcia-Villanova, C. Garcia, A.J. Gomez, M.P. Garcia, R. Ardanuy, Water Research, vol.31, no.6, p 1299-1308, 1997;
86. M. Elimelech, J. Of Colloid Interface Science, 197, 1998.
87. G. Mazzolani, K.D. Stolzenbach, M. Elimelech, J. Of Colloid Interface Science, 197, 1998.
88. R.D. Letterman, A. Amirtharajah, C.R. O'Melia, Coagulation and flocculation in water quality and treatment 5<sup>th</sup> edition, (R.D. Letterman, ed) cap.6 Mc.Graw Hill Inc. New York, 1999.
89. G.E. Moșoarcă, Aluminiul rezidual în apa potabilă, Ed. Politehnica, Timișoara, 2004;
90. E. Vulpasu, Optimizarea chimică a procesului de coagulare-floculare în potabilizarea apei, București, 2008.
91. S. Mattson, J Phys.Chem., 32, 1928.
92. A.P. Black, J.AWWA, 26, 1934.
93. W.F. Langelier, H.F. Ludwig, J.AWWA, 41, 1949.
94. V.K. LaeMar, T.W. Healy, J Phys.Chem., 67, 1963.
95. C.R. O'Melia, Physico Chemical Processes for Water Quality Control, J.Walter, ed. Johnwiley and Sons, NY, 1972.
96. C.A. Dempsey, CRC Critical Reviews in Environmental Control, 14(4), 1984.
97. Amirtharajah A., Mills, K.M., J.Am Water Works Association, 74(4), 1982.
98. C.R. Evamka, D.A. Dzombak, Env.Sci. and Tech., 32(9), , 1998.
99. J.J. Rook, Wat.Treatment E, 23, 1974.
100. C. Volk, K. Bell, E. Ibrahim, D. Verges, G. Amy, M. LeChevallier, Impact of enhanced and optimized coagulation on removal of organic matter and its biodegradable fraction in drinking water, Water Res., 34(12), 3247-3257, 2000.
101. V.L. Luveyink, M.R. Schock, Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua, 52,7, 2003.
102. J. G. Jinmingan, Advances in Colloid and Interface Science, p. 475-502, 2003.
103. W. J. Maaschelein, Unit processes in drinking water treatment, Marcel Dekker Inc., 1992
104. Z. Chen, B. Fan, X. Peng, Z. Zang, J. Fan, Z. Luan, Chemosphere, 2006.
105. J. G. Jinmingan, Advances in Colloid and Interface Science, p.475-502, 2003
106. J. Gregory, J. Duan, Pure Appl. Chem, 73 (12), 2001.
107. J.Q. Jiang, N.J.D. Graham, Water Science and Technology, 37(2), 1998,
108. A. Amirtharajah, C.R. O'Melia, Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies, F.W.Pontius, ed. Mc Grow Hill, N.Y., 1990.
109. X.C. Wang, P.K. Jin, J. Gregory, Water Sci. Tech., 2002.
110. A. Matilainen, W. Lindgwist, S. Korkow, T. Tukhann, Env. International, 28,6, 2002.
111. D.T. Richens, The Chemistry of Aqua Ions, Wiley, Chichester, 1997.

112. C. Chow, *Water Tech.*, Australian Water and Waste Water Association, 2000.
113. T. Kawaguchi, D. Yamaguchi, *WSTWS*, 6(1), p.185-192, 2006.
114. R. Henderson, E. Sharp, *WSTWS*, 6(1), p.31-38, 2006.
115. K. Bodor, Teză de doctorat, Contribuții la îmbunătățirea indicatorilor de calitate ai apei potabile cu ajutorul unor reactivi și tehnologii noi, 2005.
116. O. Ianculescu, D. Ianculescu, *Procesul de coagulare floculare în tratarea apei de alimentare*, Ed. Matrox Rom, București, 2008.
117. C.R. Evamka, D.A. Dzombak, *Env.Sci. and Tech.*, 32(9), 1998.
118. T.R. Hundt, C.R. O'Melia, *J.Am. Water Works Association*, 80(4), p.176-186, 1988
119. S. Mășu, E. Zamfiroiu, *Coagularea cu adaos de reactivi*, Ed. Eurobit, Timișoara, 2007.
120. M.H. Zonoozi, M.R. Alavi Moghaddam, M. Arami, *Coagulation/flocculation of dye-containing solutions using polyaluminium chloride and alum*, *Water. Sci. Technol.* 59, p 1343-1351, 2009.
121. J.Q. Jiang, N.J.D. Graham, *Observation of the comparative Hydrolysis / Precipitation behaviour of polyferric sulphate and ferric sulphate*, *Wat. Res.*, Vol.32, 1998.
122. A.I. Zouboulis, N. Tzoupanos, *Alternative cost-effective preparation method of polyaluminium chloride (PAC) coagulant agent: Characterization and comparative application for water/wastewater treatment Desalination* Vol.250, p. 339-344, 2010.
123. Y. Shi, M. Fan, R.C. Brown, S. Sung, J.H. Van Leeuwen, *Chem. Eng. Proc.*, vol. 43, 955-964, 2004.
124. A.K. Arnold-Smith, R.M. Christie, C. Jolicoeur, *Polialuminium silicate sulphate: A new coagulant for potable and Wastewater treatment*, Ed. H.H. Hahn, R. Klute, *Chemical water and wastewater treatment (II)*, Springer Verlag, Berlin, 1992.
125. J.Q. Jiang, N.J.D. Graham, C. Harward, *Comparison of polyferric sulphate with other coagulants for removal of algae and algae derived organic matter*, *Water Sci. Technol.*, vol 27, p 221-230, 1993.
126. J.Q. Jiang, N.J.D. Graham, *Chem & Ind.*, vol. 10, p 389-391, 1997
127. J.Q. Jiang, N.J.D. Graham, *Reservoir Management and Water Treatment IAWQ & IWSA*, Prague, p 157-153, 1997
128. B. Gao, Q. Yue, J. Miao, *Evaluation of polyaluminium ferric chloride (PAFC) as a composite coagulant for water and wastewater treatment*, *Water Sci. Technol.*, vol.47 (1), p. 127-132, 2002.
129. J. Gregory și J. Duan, *Pure Appl. Chem*, vol.73(12), p. 2017-2026, 2001.
130. Z. Chen, B. Fan, X. Peng, Z. Zhang, J. Fan, Z. Luan, *Chemosphere*, vol.64, p. 912-918, 2006.
131. H. Zhao, H. Liu, C. Hu, J. Qu, *Environ. Sci. Tech.*, vol.43, p. 5067-5072, 2009.
132. B. Gao, Q. Yue, *Chemosphere*, vol.61, p. 579 - 587, 2005.
133. Y.B. Gao, H.H. Hahn, E. Hoffmann, *Water Research*, vol.36(14), p. 3573-3581, 2002.
134. K. H. Reinert, J. P. Carbone, *Synthetic polymers*, *Encyclopedia of Ecology*, p. 3461-3472, 2008.
135. W. Yuanfang, G. Baoyu, Y. Qinyan, Z. Xiao han, S. Xiaohui, L. Chunxiao, *Flocculation performance of epichlorohydrin-dimethylamine polyamine in treating dyeing wastewater*, *Journal of Environmental Management*, vol.91, p. 423-431, 2009.

136. B. Bolto, J. Gregory, Organic polyelectrolytes in water treatment, *Water Research*, vol. 41, issue 11, Pages 2301-2324, 2007.
137. A. V. Nguyen, Flotation, *Encyclopedia Of Separation Science*, p. 1-27, 2007.
138. E.N. Peleka, P. Mavros, D. Zamboulis and K.A. Matis, *Desalination*, vol. 198, p. 198-207, 2006.
139. E. N. Peleka, M. M. Fanidou, P. P. Mavros and K. A. Matis, *Desalination*, vol.194, p. 135-145, 2006.
140. M.T. Valade, J.K. Edwald, J.E. Tobiasson, J. Dahlquist, T. Hedberg, T. Amato, *J. AWWA*, vol.82, p 35-47, 1996.
141. T. Hedberg, J. Dahlquist, D. Karlsson, L.O. Sorman, *Wat. Sci. Tech.* vol.37, no. 9, p 81-88, 1998.
142. E. A. Deliyanni, N. K. Lazaridis, E. N. Peleka, K.A. Matis, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol.11, p 18-21, 2004.
143. V. Bonn elye, M. A. Sanz, J. P. Durand, L. Plasse, F. Gueguen, P. Mazounie, *Desalination*, vol.167, p. 191-200, 2004.
144. N. K. Lazaridis, E. N. Peleka, Th. D. Karapantsios, K. A. Matis, *Hydrometallurgy*, vol.74, p. 149-156, 2004.
145. C. Ferguson, G. S. Logsdon, D. Curley, *Wat. Sci. Tech.*, vol.31, p. 113-124, 1995.
146. M.J. Bauer, R. Bayley, M. J. Chipps, A. Eades, R. J. Scriven, A. J. Rachwall, *Wat. Sci. Tech.*, vol.37, p. 39, 1998.
147. D. Zamboulis, S.I. Pataroudi, A.I. Zouboulis and K.A. Matis, *Desalination*, vol.162, p 159-168, 2004.
148. L. Stoica, *Flotația ionică și moleculară*, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1997.
149. G. Pearce, S. Talo, K. Chida, A. Basha and A. Gulamhusein, *Desalination*, vol.167, p 175-189, 2004.
150. J. Heinanen, P. Jokela, T. Ala-Peijari, *Wat. Sci. Tech.* vol.31, p 225-238, 1995.
151. K. Fukushi, Y. Matsui, N. Tombo, *Aqua*, vol.47, p. 76 - 86, 1998.
152. B.A. Johnson, B. Gong, W. Bellamy, T. Tran, *Wat. Sci. Tech.*, vol.31, p. 83-92, 1995.
153. E. Teerikangas, *Water* 21, p. 55 - 61, 2001.
154. J. Puffelen, P.J. Buijs, P.N.A.M. Nuhn, W.A.M. Hijnen, *Wat. Sci. Tech.* vol.31, p 149-157, 1995.
155. J. Haarhoff, L. R. J. van Vuuren, *Wat. Sci. Tech.* vol.31, p. 203-212, 1995.
156. D.Q. Bunker, Jr.J.K. Edzvald, J.Dahlquist, L. Gillberg, *Wat. Sci. Tech.* vol.31, p 63-71, 1995.
157. E. N. Peleka, K. A. Matis, *Dessalination*, vol.222, p 1-8, 2008.
158. D. H. Kwak, S. J. Kim, H. J. Jung, C. H. Won, S. B. Kwon, J. W. Lee, *Wat. Sci. Tech.: Water Supply*, vol.6(1), p. 95-103, 2006.
159. A. Montiel, B. Welte, *Wat. Sci. Tech.* vol. 37, no. 2, p 65-73, 1998.
160. Y. Chung, Y. Chan Choi, Y. Ho Choi, H. Seok Kang, *Wat. Res.* vol.34, p 817-824, 2000.
161. J.C. Bourgeois, M.E. Walsh, G.A. Gagnon, *Water Research*, vol.38, p 1173-1182, 2004.
162. J. P. Malley, Jr., *Wat. Sci. Tech.* vol. 31, no. 3-4, p 49-57, 1995.
163. K. Fukusdhi, N. Tambo, Y. Matsui, *Wat. Sci. Tech.* vol. 31, p 37-47, 1995.
164. P. Mahi, *Desalination*, vol.138, p 167-172, 2001.
165. L. Garc a-Rodr guez, *Desalination*, vol.143, p 103-113, 2002.
166. K. Gaid, Y. Treal, *Desalination*, vol. 203, p 1-14, 2007.

167. J.D. Eisnor, K.C. O'Leary, G.A. Gagnon, *Water Qual Res J Canada*, vol.36(1), p 105-109, 2001.
168. A. Pop, E. Ilinoiu, F. Manea, **I. PISOI**, G. Burtica, Determination of organic pollutants from water by electrochemical methods, *Environmental Engineering and Management Journal*, 1(1), p 75-80, 2011. (ISI)
169. S. Masu, G. Burtică, F. Manea, **I. PISOI**, "Spectrophotometric Parameters for Organic Matter Characterization in Raw and Treated Surface Water", *Environmental Engineering and Management Journal*, 2011, in curs de publicare. (ISI)
170. **I. PISOI**, C. Danielescu, F. Manea, S. Masu, C. Savii, G. Burtica, Removal of Organic Load and Suspended Solids from Water by Electrocoagulation Method", *AES Bioflux*, 3(2), p 187-193, 2011. (ISI)
171. **I. PISOI**, Coagulation of Surface Water using Simple and Prehydrolyzed Aluminium Salts, *Revista de Chimie*, 62(5), p 575-578, 2011. (ISI)
172. A. Matilainen, M. Vepsäläinen, M. Sillanpää, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 159p. 189, 2010.
173. E.L. Sharp, S.A. Parsons, B. Jefferson, *Sci. Total. Environ.*, vol. 363, p. 183, 2006.
174. E.L. Sharp, P. Jarvis, S.A. Parsons, B. JEFFERSON, *Colloid. Surf. A.*, vol. 286, p. 104, 2006.
175. J.K. Edzwald, J.E. Tobiason, *Water. Sci. Technol.*, 40(9), p. 63, 1999.
176. C.S. Uyguner, M. Bekbolet, H. Selcuk, *Sep. Sci. Technol.*, vol. 42, p. 1405, 2007.
177. V. Uyak, I. Toroz, J. Hazard, *Mater. Vol.* 141, p. 320, 2007;
178. V. Uyak, S. Yavuz, I. Toroz, S. Ozaydin, E.A. Genceli, *Desalination*, vol. 216, p. 334, 2007;
179. S. Kawamura, *Integrated design and operation of water treatment facilities*, John Wiley & Sons, 2000;
180. **I. PISOI**, D. Sonea, F. Manea, G. Burtica. „Removal of Turbidity and Organic Load from Surface Water by Coagulation-Flotation”, *The 16<sup>th</sup> Symposium on Analytical and Environmental Problems, SZAB, Szeged, Hungary, 19 Septembrie 2011*, (in curs de publicare in Symposium Proceedings).
181. **I. PISOI**, „Monitorizarea procesului tehnologic de tratare a apei prin metoda flotatiei pe perioada noiembrie 2009 - noiembrie 2010”, *RomAqua*, 1(73), 20-23, 2011.