

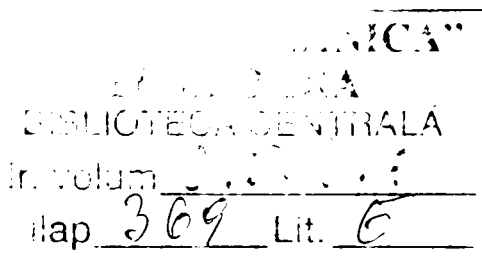
**Ministerul Educației și Cercetării
Universitatea „POLITEHNICA” Timișoara**

**Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului
Catedra Inginerie Chimică**

Ing. Katalin BODOR

**CONTRIBUȚII LA ÎMBUNĂȚĂȚIREA INDICATORILOR DE
CALITATE AI APEI POTABILE
CU AJUTORUL UNOR REACTIVI ȘI TEHNOLOGII NOI**

Teză de doctorat



Conducător științific

Prof. Dr. Ing. Delia PERJU

-2005-

Mulțumiri

Activitatea de cercetare desfășurată pentru realizarea obiectivelor prezentei teze de doctorat mi-a fost mult înlesnită de ajutorul multor colegi, prieteni și cunoscuți.

Îi mulțumesc doamnei Prof. dr. ing. Delia Perju pentru că m-a acceptat pentru studiu la doctorat cât și pentru toate îndrumările și observațiile pertinente făcute la conținutul referatelor și tezei de doctorat.

La începutul activității mele în domeniul tratării apei am beneficiat de îndrumarea părintească a doamnei Maria Rețezan, căreia îi sunt deosebit de recunoscătoare.

De asemenea, îi sunt deosebit de recunoscătoare domnului Profesor Gheorghe Petca pentru contribuția sa la dezvoltarea mea ca inginer specializat în tratarea apei în scop potabil. Mi-au fost de mare ajutor experimentele efectuate sub îndrumarea sa, când am putut învăța ce înseamnă cercetare la cel mai înalt nivel de performanță.

Sunt de asemenea îndatorată domnului director general Ilie Vlaicu pentru sprijinul și încrederea acordată în gestionarea activității de cercetare-dezvoltare din cadrul R.A. „AQUATIM” Timișoara.

Datorez mulțumiri colegilor mei Ion Militaru, Gyöngyke Tieregan, George Buta, Cristina Borca, Nicoleta Lungar, Adriana Ștefănescu pentru sprijinul acordat pe parcursul efectuării experimentelor.

La urmă, dar nu în ultimul rând, sunt recunoscătoare domnului Petru Hidiș pentru răbdarea cu care m-a ascultat, pentru sfaturile date pe parcursul desfășurării experimentelor respectiv pentru ajutorul dat pe parcursul elaborării tezei. Îi mulțumesc de asemenea colegului meu George Crisia pentru traducerea rezumatului tezei de doctorat în limba engleză precum și pentru sfaturile referitoare la redactarea și susținerea tezei.

Motto:

„Apa nu este un produs comercial ca oricare altul ci o moștenire care trebuie păstrată, protejată și tratată ca atare.”

(Directiva Cadru 2000/60 a Uniunii Europene în domeniul apei)

	Pagina
Introducere.	1
Obiectivele lucrării.	3
Capitolul 1 Caracteristicile generale ale apei destinate consumului uman.	
1.1 Generalități.....	5
1.2 Scurt istoric al sistemelor de alimentare cu apă.....	5
1.3 Criterii de alegere a surselor de apă în vederea potabilizării.....	6
1.4 Caracteristicile generale ale apelor utilizate pentru potabilizare.....	7
1.4.1 Caracteristici fizico-chimice generale ale apelor naturale.....	8
1.4.2 Caracteristici biologice și bacteriologice ale apelor naturale.....	12
1.5 Categoriile și norme tehnice de calitate.....	16
1.6 Filiere uzuale de tratare.....	17
Capitolul 2 Coagularea în procesul de tratare a apei în vederea potabilizării.	
2.1 Considerații generale.....	20
2.2 Teoria procesului de coagulare-floculare.....	
2.2.1 Stabilitatea sistemului coloidal.....	21
2.2.2 Destabilizarea sistemului coloidal.....	22
2.2.3 Procesul de transport.....	26
2.2.4 Viteza de coagulare	26
2.3 Hidroliza agenților de coagulare.....	27
2.4 Factorii care influențează procesul de coagulare-floculare.....	
2.4.1 Factori legați de speciile active și mecanismul de desfășurare al procesului de coagulare-floculare.....	28
2.4.2 Factori legați de calitatea apei tratate.....	30
2.4.3 Factori legați de condițiile tehnologice de tratare.....	32
2.5 Obiectivele procesului de coagulare-floculare.....	37
Capitolul 3 Automatizarea și optimizarea proceselor tehnologice de tratare a apei în vederea potabilizării.	
3.1 Conceptul de automatizare.....	39
3.2 Conceptul de optimizare.....	41
3.3 Modelul matematic al unui proces.....	43
3.4 Instalații de cercetare și de mic tonaj.....	46
3.5 Elaborarea planului de automatizare pentru o instalație de cercetare....	48
Capitolul 4 Studiu de caz cu privire la automatizarea și optimizarea proceselor tehnologice de tratare a apei în vederea potabilizării.	
4.1 Introducere.....	50
4.2 Optimizarea tratării cu reactivi chimici a apei râului Bega în vederea potabilizării.....	53
4.2.1 Descrierea procesului de coagulare-floculare din cadrul Stației de Tratare a râului Bega în vederea potabilizării.....	54
4.2.2 Strategii de optimizare a procesului de tratare cu reactivi chimici a râului Bega în vederea potabilizării.....	56
4.2.3 Studii de laborator.....	
4.2.3.1 Analiza condițiilor de desfășurare a studiilor în laborator.....	57
4.2.3.2 Analiza fiecărei faze a procesului de coagulare-floculare din Stația de Tratare.....	64
4.2.3.3 Stabilirea condițiilor de desfășurare a studiilor de laborator.....	70
4.2.3.4 Studii privind utilizarea unor reactivi noi.....	73
4.2.3.4.1 Studii privind utilizarea sulfatului de aluminiu prehidrolizat „SAP” obținut în laborator.....	74
4.2.3.4.2 Studii privind utilizarea policlorurii de aluminiu „BOPAC”.....	84
4.2.3.4.3 Studii privind utilizarea floclanților anionici.....	88
4.2.3.5 Studii privind influența adaosului de apă cu nămol asupra procesului de coagulare-floculare.....	100
4.2.3.6 Studii privind determinarea dozei „zero” funcție de calitatea	

râului Bega.....	108
4.2.4 Studii pe Stația Pilot.....	
4.2.4.1 Descrierea Stației Pilot.....	122
4.2.4.2 Studiul comportării dinamice a Stației de Tratare utilizând răspunsul la semnal treaptă pe Stația Pilot.....	124
4.2.4.3 Studii privind verificarea curbelor de dozare cu sulfat de aluminiu.....	158
4.2.4.4 Studii privind efectul unor perturbații asupra procesului de coagulare-floculare.....	161
4.2.5 Schemă logică de optimizare a procesului de coagulare-floculare în cazul strategiei S1.	171
Capitolul 5 Prelucrarea matematică a determinărilor experimentale. Elaborarea modelelor experimentale statistice.	175
Capitolul 6 Relații de interdependență între principalele variabile ale procesului.	180
Capitolul 7 Testarea performanțelor modelelor matematice obținute.	183
Capitolul 8 Concluzii. Contribuții personale. Direcții viitoare de cercetare.	187
Bibliografie	194

Introducere

[27, 51, 66, 68, 88, 100]

Apa este ceva special, este o cerință socială, constituie un element esențial pentru menținerea și dezvoltarea vieții pe planeta noastră.

Apa naturală nu este niciodată absolut pură, calitatea ei în general, este determinată de totalitatea substanțelor minerale sau organice, a gazelor dizolvate, de particulele în suspensie și organismele vii prezente. Turbiditatea, este compusă din diferite specii biotice (bacterii, plancton etc.) și substanțe abiotice (coloizi anorganici și organici).

Pietrișul, nisipul grosier și fin, o parte din nămol conținut în apă se poate îndepărta prin sedimentare. Particulele fine, bacterii, plancton, coloizi se pot îndepărta prin sedimentare numai după o prealabilă tratare cu reactivi chimici, adică coagulare chimică.

Coagularea chimică, în tratarea apei, este un proces fizico-chimic complex, care are ca efect îndepărtarea particulelor coloidale, poluanților și microorganismelor din apă, prin destabilizarea acestora cu ajutorul reactivilor chimici, apoi aglomerarea în agregate mici și în final, îndepărtarea lor prin sedimentare.

Coagularea suspensiilor din apă constituie una din cele mai importante faze din tehnologia de potabilizare a apelor de suprafață fiind cunoscută și aplicată de peste un secol. Reactivii cei mai utilizați sunt și au fost: sulfatul de aluminiu cunoscut sub numele de alaun (romanii 200 î.e.n, Anglia 1757, Austen și Wilbur 1885), varul, care a fost utilizat singur sau în combinație cu alaun (Pliny 77 e.n.), sărurile de fier ca sulfatul feric sau clorura ferică (Isaiah Smith Hyatt 1884).

Așadar, sarcina tratării diferitelor surse de apă naturală revine stației de tratare, care prin diverse construcții și instalații realizează un lanț de procese (un flux tehnologic continuu) prin care în final, apa trimisă la consumator se înscrie în normele de potabilitate.

În lumina teoriei sistemelor, la modul general, automatizarea unui proces tehnologic constă în dotarea instalației cu anumite echipamente tehnice speciale în vederea efectuării automate a operației de conducere a acestuia în condiții prestabilite.

Automatizarea poate fi implementată în numeroase variante de realizare, funcție de următorii parametri:

- natura procesului automatizat
- gradul de cunoaștere sau cantitatea de informație avută la dispoziție, referitoare la procesul tehnologic respectiv
- echipamentele tehnice puse la dispoziție de firmele producătoare
- gradul de pregătire profesională a personalului de proiectare și de exploatare.

Indiferent de varianta de realizare, întotdeauna automatizarea este și o problemă de optimizare. Când se implementează o operație de automatizare în vederea obținerii unor performanțe ridicate ale procesului tehnologic respectiv, trebuie să fie aleasă soluția optimă de automatizare, trebuie să fie alese echipamentele tehnice optime și trebuie să se aleagă operarea optimă a echipamentelor tehnice.

Oricare ar fi varianta de conducere adoptată, aprecierea stării optime și implicit eficiența procesului condus se face, de obicei, după valoarea unei funcții denumită funcție de performanță, funcție obiectiv, funcție scop sau criteriu de performanță.

Lucrarea de față are un caracter multidisciplinar, la elaborarea ei fiind apelate cunoștințe și documentări din următoarele domenii:

- chimie analitică
- chimie fizică
- fenomene de transfer
- automatizare
- optimizare
- tehnologie
- matematică
- informatică

Tema lucrării de doctorat se înscrie pe direcția abordării sistemice a studiului calității apei potabile obținută prin tratarea apelor de suprafață, aducându-și contribuția la îmbunătățirea indicatorilor de calitate ai apei potabile și la îmbunătățirea fluxului tehnologic de procesare atât din punct de vedere al automatizării și optimizării procesului de coagulare-floculare cât și din punct de vedere tehnologic.

Tema a fost gândită și elaborată în anul 1998, ca mod de îmbunătățire a parametrilor de calitate impuși pentru apa potabilă pe Stația de Tratare de la Uzina de apă a municipiului Timișoara aparținând R.A. „AQUATIM”. La vremea aceea Uzina de apă era echipată și funcționa cu tehnologia anilor '50. Necesitatea stringentă a unei investiții pentru îmbunătățirea performanțelor Uzinei de apă a pus problema realizării unor studii premergătoare care să constituie baza științifică a elaborării proiectelor de reabilitare.

Între anii 1998-2001 cercetarea s-a bazat în principal pe studii de laborator. Stația Pilot existentă din cadrul Stației de Tratare a fost modernizată în perioada 2000-2002 astfel încât să respecte întru-totul tehnologia din Stația de Tratare. Cercetările și studiile efectuate pe Stația Pilot în perioada 2002-2003 au verificat studiile de laborator și au condus la elaborarea și verificarea modelelor matematice necesare optimizării și automatizării Stației de Tratare.

Materializarea acestora a venit prin aprobarea și apoi executarea în 2003-2004 a investiției de automatizarea și monitorizare a procesului de tratare a apei râului Bega, proiectul tehnic al

investiție care a avut la bază modele matematice determinate în această lucrare. Investiția a fost pusă în funcțiune în mai 2004 iar în prezent monitorizăm funcționarea ei.

Etapele cercetării au fost:

1. Studii de laborator.
2. Prelucrarea datelor obținute.
3. Modernizarea Stației Pilot existente.
4. Studii pe Stația Pilot.
5. Prelucrarea datelor obținute.
6. Elaborarea planului de automatizare și optimizare.
7. Implementarea acestuia pe Stația de Tratare.
8. Monitorizarea funcționării Stației de Tratare.

Luând în considerare conținutul și modul de tratare al obiectivelor stabilite, prelucrările datelor experimentale, lucrarea de față încearcă să abordeze tema propusă atât din punctul de vedere al teoriei sistemelor, cât și din punctul de vedere al ingineriei chimice, urmărind rezolvarea unei probleme esențiale în obținerea pentru municipiul Timișoara a unei ape potabile de bună calitate.

Obiectivele lucrării

Scopul major al acestei lucrări a fost elaborarea bazei științifice a operațiilor de automatizare și optimizare a procesului de coagulare-floculare din Stația de Tratare a apei râului Bega în vederea potabilizării, în cadrul unui program mai amplu de modernizare și re tehnologizare a uzinelor de apă din municipiul Timișoara.

Obiectivele stabilite pentru atingerea acestui scop sunt următoarele:

1. **Prezentarea stadiului actual al cercetării în domeniu.** (Cap. 1, 2, 3)
2. **Alegerea strategiei de automatizare-optimizare a procesului de tratare a apei râului Bega în vederea potabilizării.** (Cap. 4; 4.2.2)
3. **Analize și studii de laborator.** (Cap.4; 4.2.3)
 - analiza condițiilor de desfășurare a studiilor în laborator (Cap.4; 4.2.3.1)
 - fazele procesului de coagulare-floculare și stabilirea fazei deficitare (Cap.4; 4.2.3.2)
 - stabilirea condițiilor de desfășurare a studiilor de laborator (Cap.4; 4.2.3.3)
 - utilizarea unor reactivi noi (Cap.4; 4.2.3.4)
 - influența adaosului de apă cu nămol asupra procesului de coagulare-floculare (Cap.4; 4.2.3.5)
 - determinarea dozei „zero” funcție de calitatea apei râului Bega (Cap.4; 4.2.3.6)
4. **Studii pe Stația Pilot. Elaborarea și verificarea modelelor matematice pentru toate fazele procesului tehnologic.** (Cap.4; 4.2.4)

- studiul comportării dinamice a Stației Pilot (Cap.4; 4.2.4.2)
- verificarea curbelor de dozare cu sulfat de aluminiu (Cap.4; 4.2.4.3)
- influența diferitelor perturbații asupra procesului de coagulare-floculare (Cap.4; 4.2.4.4)
- 5. **Extrapolarea și implementarea modelelor matematice obținute pe Stația Pilot, pe Stația de Tratare.** (Cap.4; 4.2.4)
- 6. **Elaborarea schemei logice de automatizare și optimizare a procesului de coagulare-floculare.** (Cap.4; 4.2.5)
- 7. **Prelucrarea matematică a determinărilor experimentale. Elaborarea modelelor experimentale statistice.** (Cap.5)
- 8. **Relații de interdependență între principalele variabile ale procesului.** (Cap.6)
- 9. **Testarea performanțelor modelelor matematice obținute.** (Cap.7)
- 10. **Elaborarea concluziilor finale.** (Cap.8)
- 11. **Prezentarea contribuțiilor originale și direcțiile de cercetare ce se pot dezvolta în continuare.** (Cap.8)

Capitolul 1

Caracteristicile generale ale apei destinate consumului uman

1.1 Generalități [9, 62, 89]

Apa este ceva special, este o cerință socială, constituie un element esențial pentru menținerea și dezvoltarea vieții pe planeta noastră. Lipsa ei, oriunde s-a produs, a împiedicat dezvoltarea societății umane.

Toate viețuitoarele de pe pământ – microorganismele, plantele, animalele, oamenii și chiar creierul nostru conține apă. Pământul de asemenea conține cantități importante de apă. Mai mult de 70% din suprafața pământului este acoperită de apă dar, numai aproximativ 0.5% din cantitatea totală de apă de pe pământ poate fi utilizată pentru consumul uman sau în agricultură.

Între bazinele de apă dulce și bazinele de apă sărată există un echilibru dinamic, apa fiind într-un proces continuu de circulație naturală.

În ciclul natural al apei un rol important îl joacă evaporația și mișcarea în mări și oceane, datorată valurilor, mareelor și curenților marini. Apa de evaporație nu conține săruri. Prin spălarea straturilor pământului și a suprafeței solului apele dizolvă săruri, apa naturală fiind o soluție ce conține în diferite concentrații săruri anorganice, substanțe organice și gaze.

Așadar, calitatea apelor naturale este determinată de totalitatea substanțelor minerale sau organice, a gazelor dizolvate, de particulele în suspensie și organismele vii prezente în apă.

Toate acestea implică necesitatea imperioasă de protecție a apei, de administrare corectă și de utilizarea ei cu bună știință.

În concluzie, apa trebuie tratată atât pentru producerea unei ape proprii consumului uman, cât și pentru a limita evacuările poluante în mediul înconjurător.

1.2 Scurt istoric al sistemelor de alimentare cu apă [59, 61, 62, 63, 87, 88, 101]

Un sistem de alimentare cu apă poate fi considerat ca un complex de construcții și instalații care asigură aducerea apei de la sursă la consumator, în cantitatea și la calitatea solicitată de acesta. Astfel, un sistem de alimentare cu apă cuprinde:

- construcții de captare a apei dintr-o sursă naturală
- stații de pompare, care au rolul de a asigura distribuția apei, la presiunea și în cantitatea necesară
- conducte magistrale (apeducte) de transport între diferitele obiective ale sistemului

- stații de tratare, destinate potabilizării apei sau aducerii apei la calitatea impusă de utilizator
- rezervoare de înmagazinare
- rețea de distribuție exterioară
- stații de tratare a apelor și nămolului rezultat din tehnologia de tratare destinate aducerii acestor ape la calitatea impusă de standarde pentru deversare în canalizare sau cursurile de apă.

În România, folosirea puțurilor și izvoarelor pentru alimentare cu apă, este cunoscută din cele mai vechi timpuri, dar cea mai veche însemnare despre o alimentare cu apă din țara noastră se referă la cea a orașului Focșani, construită în 1696, în timpul domniei lui Constantin Brâncoveanu.

Sisteme de alimentare cu apă importante, proiectate și executate cu o calificare înaltă, datează din secolul al XIX-lea, între care unele funcționează și în prezent cum ar fi alimentarea cu apă a orașului București (1754), Constanța (1890), Cluj (1892), Ploiești (1908), Timișoara (1913). În 1944 în România din 198 localități urbane 88 aveau alimentare cu apă centralizată.

Din punct de vedere statistic, la nivelul anului 2002, reiese că 2.910 localități beneficiază de sisteme centralizate de alimentare cu apă a căror rețea de distribuție însumează 38.300 km și care oferă un debit de 120.000 l/s din care 48.000 l/s din sursă subterană.

1.3 Criterii de alegere a surselor de apă în vederea potabilizării [9, 56, 88, 89]

Rezervele disponibile de ape naturale sunt constituite din apele subterane (ape freatice, apele de adâncime), și din apele de suprafață (ape curgătoare, ape stătătoare, apele din lacurile și canalele artificiale).

Criteriile care stau la baza alegerii unei surse de apă în vederea utilizării ei în scop potabil sunt:

- cantitative, sursa trebuie să asigure cantitatea de apă cerută tot timpul anului
- calitative, sursa trebuie să se încadreze în normele de calitate specifice pentru apa de alimentare
- tehnice, care se referă la modul de captare a sursei, recomandările de tratare, echipamentele utilizate
- economice, care se referă la costurile de proiectare, execuție și exploatare.

Pentru utilizarea în scop potabil există două surse principale: râurile și lacurile, care constituie apele de suprafață și straturile acvifere care constituie apele subterane.

În România apele care pot fi utilizate în scop potabil provin 95% din surse de suprafață și 5% din subteran.

1.4 Caracteristicile generale ale apelor utilizate pentru potabilizare [11, 17, 61, 88, 98]

Apa naturală nu este niciodată absolut pură, calitatea ei în general, este determinată de totalitatea substanțelor minerale sau organice, a gazelor dizolvate, de particulele în suspensie și organismele vii prezente.

Din punct de vedere al stării lor naturale, impuritățile conținute în apă pot fi solide, lichide sau gazoase. În funcție de mărimea particulelor dispersate în apă acestea pot fi: decantabile, suspensionale, coloidale sau dizolvate.

În figura 1.1 sunt prezentate impuritățile din apă funcție de dimensiunea particulelor dispersate.

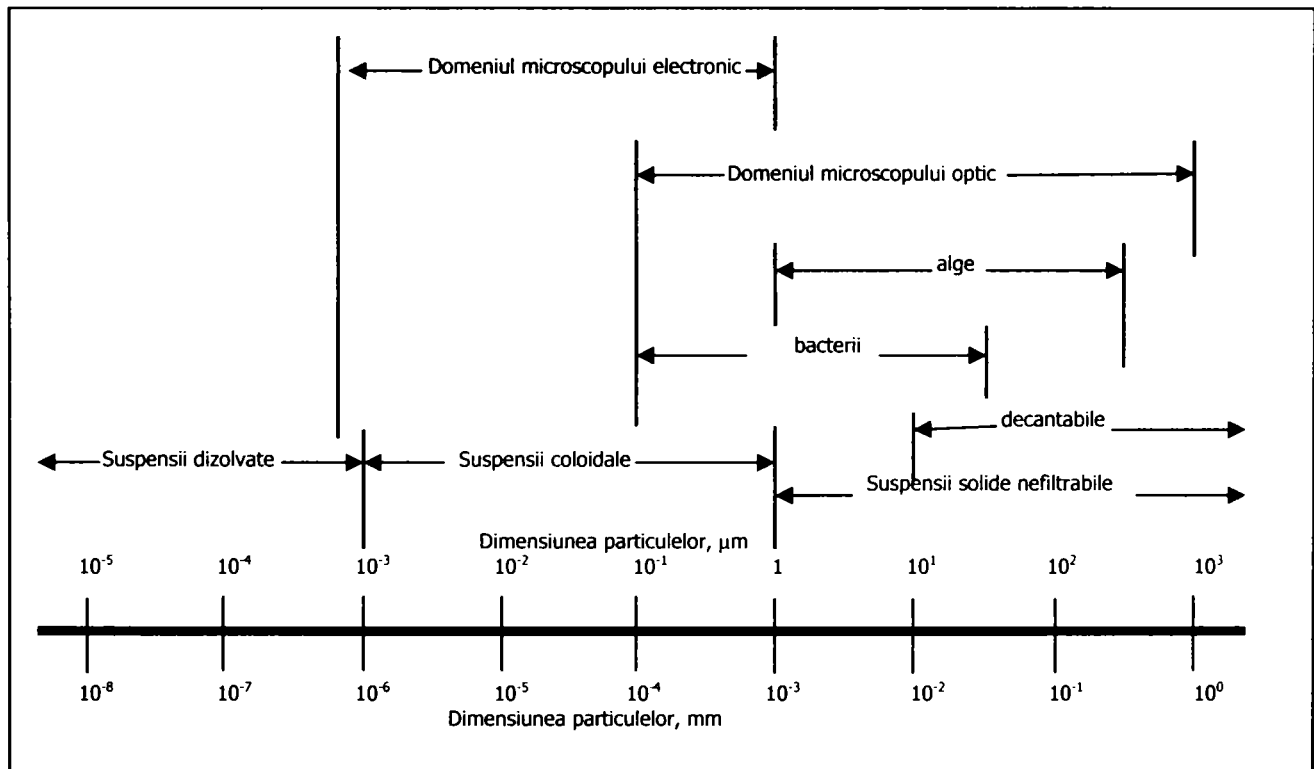


Figura 1.1: Dimensiunea diverselor particule.

Majoritatea substanțelor care se găsesc în apele naturale, într-o cantitate suficientă pentru a influența calitatea lor, se pot clasifica conform tabelului 1.1.

Calitatea apelor naturale este determinată de caracteristicile fizice, chimice și biologice. În continuare se vor descrie doar acei indicatori care permit, pe de o parte caracterizarea generală a apei iar pe de altă parte determină tratabilitatea apei și alegerea fluxului tehnologic de tratare corespunzător.

Tabelul 1.1: Substanțe întâlnite în apele naturale.

Proveniența	Ioni pozitivi	Ioni negativi	Coloizi	Suspensii	Gaze
contactul apei cu minereuri, soluri și roci	Calciu(Ca^{+2}) Fier(Fe^{+2}) Magneziu(Mg^{+2}) Mangan(Mn^{+2}) Potasiu(K^{+}) Sodiu(Na^{+}) Zinc(Zn^{+2})	Bicarbonați(HCO_3^-) Carbonați(CO_3^{2-}) Cloruri(Cl^-) Floruri(F^-) Nitrați(NO_3^-) Fosfați(PO_4^{3-}) Hidroxizi(OH^-) Sulfati(SO_4^{2-}) Silicați(H_3SiO_4) Borati(H_2BO_3^-)	argilă silice(SiO_2) oxid feric(Fe_2O_3) oxid de aluminiu(Al_2O_3) dioxid de mangan(MnO_2)	argilă mâl nisip și alte soluri anorganice	Dioxid de carbon(CO_2)
din atmosferă prin ploaie	Hidrogen(H^+)	Bicarbonați(HCO_3^-) Cloruri(Cl^-) Sulfati(SO_4^{2-})		praf polen	Dioxid de carbon(CO_2) Azot(N_2) Oxygen(O_2) Dioxid de sulf (SO_2)
Descompunerea materiilor organice din mediul înconjurător	Amoniu(NH_3) Hidrogen(H^+) Sodiu(Na^+)	Bicarbonați(HCO_3^-) Cloruri(Cl^-) Sulfuri acide(HS^-) Nitrați(NO_3^-) Nitriți(NO_2^-) Radicali organici	materii vegetale colorate, reziduuri organice	sol vegetal, reziduuri organice	Dioxid de carbon(CO_2) Azot(N_2) Oxygen(O_2) Hidrogen sulfurat (H_2S) Amoniac(NH_3) Hidrogen(H_2) Metan(CH_4)
Organisme vii din mediul înconjurător			bacterii alge virusi	alge, diatomee, pești, organisme minuscule	Dioxid de carbon(CO_2) Amoniac(NH_3) Metan(CH_4)
Din industrie, agricultură și alte activități umane	ioni anorganici, metale grele	ioni anorganici, molecule organice, coloranți	Substanțe solide anorganice, organice, colorate, compuși organici clorurați, bacterii, viermi, virusi	argilă, mâl, nisip grosier sau alte solide anorganice, compuși organici, petrol, compuși corozivi	Clor(Cl_2) Dioxid de sulf(SO_2)

1.4.1 Caracteristici fizico-chimice generale ale apelor naturale [12, 13, 17, 61, 83, 98]

1. **Gustul și mirosul.** Apa pură este lipsită de gust și miros, dar apele naturale prezintă de cele mai multe ori un gust și miros specific. Cauzele care determină proprietățile organoleptice ale apei sunt foarte diferite, exemple ar fi compoziția chimică, existența substanțelor volatile, tratamentele aplicate.

În apele subterane și de izvor proprietățile organoleptice necorespunzătoare se pot datora unor cauze naturale (săruri, hidrogen sulfurat, dioxid de carbon), sau unor influențe străine (infiltrarea unor ape de suprafață impurificate, combustibili lichizi).

Gustul, este dat de substanțele dizolvate și de prezența unor metale specifice ca fier, cupru, mangan și zinc. În general, apele în care concentrația substanțelor dizolvate (TDS) este mai mică de 650 mg/l gustul se încadrează în limitele admise. Principalele săruri care dau gust apei sunt: clorura de sodiu (gust sărat), sulfatul și clorura de magneziu (gust amar), sulfatul de calciu (gust fad sau dulceag), clorura de fier (gust acru), dioxidul de carbon (gust acidulat).

Mirosul, este produs de microorganismele vii (alge, protozoare), de descompunerea organismelor vegetale și animale, de unele substanțe de proveniență industrială (fenoli, crezoli, cupru, zinc, aluminiu). De exemplu mirosul de pământ mucegăit este dat de prezența algelor galben-albastre.

În apele de suprafață mirosul și gustul sunt cauzate pe de o parte de dezvoltarea algelor și a altor plante, de produsele metabolismului lor, sau de pătrunderea în apele de suprafață a unor deșeuri solide sau lichide.

2. **Culoarea**, se datorează substanțelor dizolvate (compuși de fier și mangan, acizi humici și fulvici, plancton, clorofila frunzelor) precum și apelor reziduale industriale deversate. Culoarea apelor naturale în majoritatea cazurilor este de natură organică, fiind dată de taninul dizolvat, extras din materiile vegetale putrezite.

În funcție de gradul de dispersie a substanțelor care provoacă culoarea deosebită: culoarea aparentă (se datorează unor substanțe în suspensie, se poate îndepărta prin filtrarea apei) și culoarea reală sau proprie (cauzată de substanțele dizolvate sau în stare coloidală, se poate elimina prin coagulare, floculare, filtrare).

Culoarea se stabilește cu ajutorul comparatorului optic prin raportare la o gamă de culori etalon, plecând de la o soluție de acid cloroplatinic a cărei culoare se modifică la adăugarea clorurii de cobalt. Valoarea găsită se exprimă în grade Pt-Co, numite și grade Hazen.

3. **Temperatura**, depinde de originea lor (apă subterană, apă de suprafață) și de anotimp. Temperatura apelor supraterane din țara noastră, variază între 0°C și 27°C, iar în ceea ce privește apele subterane, până la adâncimea de 50m temperatura lor este cuprinsă între 10°C și 13°C. Sub această adâncime, temperatura crește cu 1°C la fiecare 33 - 35m.

Temperatura are efect asupra proprietăților apei. Creșterea temperaturii duce la creșterea vitezei reacțiilor chimice și biologice, la scăderea solubilității gazelor, la creșterea solubilității mineralelor, la accelerarea sau scăderea respirației organismelor acvatice.

În general, creșterea temperaturii apelor de suprafață are un rol favorabil asupra proprietăților apei, favorizând procesele de autoepurare. Deversarea unor ape reziduale fierbinți însă, poate micșora conținutul de oxigen dizolvat într-o asemenea măsură încât încep procese de fermentare și de degradare a apei respective.

4. **Radioactivitatea**, este emisia de radiații corpusculare (α și β) și electromagnetice (γ). Radioactivitatea apei poate fi naturală sau artificială.

Radioactivitatea naturală, este produsă de radionuclizii emiși de radiațiile cosmice și de radioelementele prezente în organisme.

Radioactivitatea apelor subterane este dată de emanațiile de radium, care este prezent în toate rocile. Radiumul (Ra) este puțin solubil, dar radonul (^{222}Ra) este foarte solubil. Prezența altor elemente ca uraniu, thoriu, plumb și poloniu este asociată rocilor granitice, depozitelor de uraniu, de lignit, de fosfat.

Radioactivitatea apelor de suprafață este mică, fiind dată de radioelementele emise în atmosferă care se fixează pe aerosoli și sunt antrenate de apele de ploaie (^3H , ^{222}Ra , argon, beriliu, fosfor).

Radioactivitatea artificială provine din activitățile umane ca: centralele atomice, minele de uraniu etc.

Radioactivitatea unei substanțe se măsoară în unități curie (Ci) sau milicurie (mCi) pe gram sau mol cu ajutorul contorului de radiații Geiger-Müller. 1 Curie se definește ca $3.7 \cdot 10^{10}$ dezintegrări radioactive pe secundă, adică tocmai numărul de dezintegrări ce se produc pe secundă într-un gram de radium.

Ingestia produselor radioactive poate avea efecte somatice, conducând la apariția tumorilor maligne sau efectelor mutagene, care se manifestă la descendenți.

Metodele utilizate pentru tratarea apelor radioactive sunt: precipitare cu var, schimb ionic, osmoză inversă.

5. **Turbiditatea apei**, este dată de materiile în suspensie și coloidale de origine minerală (nisip, măr, argilă) și organică (materii vegetale și animale în descompunere, acizi humici, bacterii, alge).

Prin turbiditate se înțelege efectul optic de împrăștiere a unui flux luminos la trecerea lui printr-un mediu cu particule în suspensie. Turbiditatea apei se exprimă în:

- Grade de turbiditate sau miligrame de dioxid de siliciu la un decimetru cub de apă. Un grad de turbiditate reprezintă dispersia razei incidente la trecerea ei printr-o suspensie ce conține un miligram de dioxid de siliciu într-un decimetru cub de apă. (un grad de turbiditate corespunde la $1 \text{ mg SiO}_2/\text{dm}^3$)
- Unități de turbiditate de formazină (FTU, NTU). O unitate de turbiditate de formazină reprezintă dispersia razei incidente la trecerea acesteia printr-o suspensie de formazină ce conține 0.5 mg formazină într-un decimetru cub de apă (un grad de turbiditate corespunde la 1 FTU sau 1NTU).

Aparatele folosite pentru determinarea turbidității se numesc turbidimetre și folosesc metode bazate pe principiul transparenței, pe principiul măsurării intensității luminii dispersate, metode fotometrice, metode prin comparație.

Operațiile convenționale pentru eliminarea turbidității sunt: coagulare-floculare, decantare, filtrare.

6. **pH-ul apei.** Valoarea pH-ului determină în mare măsură, atât procesele biologice și chimice cât și o serie de tratamente ale apei, precum și caracterul coroziv al acesteia.

La un pH cuprins între 6.5 – 8.5 procesele biochimice se desfășoară în condiții normale, depășirea acestor limite ducând la distrugerea completă a ciclului biologic.

Apele cu pH scăzut, exercită o acțiune corozivă accentuată asupra materialelor de construcții cu care vin în contact, iar apele cu bazicitate mărită produc o spumare intensă.

Eficiența unor operațiuni de tratare a apelor cum ar fi coagularea, eliminarea fierului și manganului etc., este funcție directă de pH.

7. **Duritatea apei,** este proprietatea conferită apei de totalitatea sărurilor solubile de calciu și de magneziu. În funcție de anionii de care sunt legate aceste elemente deosebim:

- duritatea temporară, determinată de suma bicarbonaților de calciu și magneziu din apă
- duritatea permanentă, determinată de celelalte săruri solubile de calciu și magneziu, în special de cloruri și sulfăți.

Suma celor două durități dă duritatea totală. Duritatea se măsoară în grade convenționale, denumite grade de duritate. Un grad de duritate reprezintă duritatea unui dm^3 de apă care conține 10 mg CaO(grad german, $1^{\circ}\text{G} = 10 \text{ mg CaO/dm}^3$).

În funcție de duritatea lor, apele naturale se pot clasifica în : ape foarte moi (0 - 4°G), ape moi (4 – 8°G), ape moderat dure (12 – 18°G), ape dure (18 – 30°G) și ape foarte dure (> 30°G).

De obicei apele subterane sunt mai dure, iar cele de suprafață au durități mai mici, pe de o parte datorită eliminării durității temporare în timpul izvorării (scade presiunea parțială și astfel se elimină o parte din bioxidul de carbon aferent) iar pe de altă parte datorită diluării cu ape meteorice.

Din punct de vedere fiziologic apele dure nu prezintă pericol, o anumită duritate chiar conferă un gust plăcut apei, însă o apă foarte dură împiedică absorbția unor elemente importante pentru organism (iodul) iar o apă moale poate avea efecte nefavorabile asupra aparatului cardiovascular. De asemenea o apă dură provoacă greutăți mari în folosințele industriale (prin formarea unor cruste în cazanele de aburi), în spălătorii formând săpunuri insolubile.

Duritatea apei poate fi redusă prin tratament de dedurizare (folosind schimbătoare de ioni).

8. **Substanțe organice.** 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.

În apele naturale substanțele organice provin din descompunerea organismelor vii din apă, din spălarea solului din bazinul hidrografic (substanțe humice), deversarea de ape uzate, menajere sau industriale.

Majoritatea substanțelor organice conțin următoarele elemente: carbon, hidrogen, oxigen, azot, fosfor și sulf. Cunoașterea cantității de substanțe organice existente într-o apă are o importanță foarte mare, aceasta definind gradul de impurificare al apei respective. Pentru determinarea gradului

de impurificare se utilizează indicatorii globali și anume: consumul biochimic de oxigen și consumul chimic de oxigen.

Consumul biochimic de oxigen (CBO), reprezintă cantitatea de oxigen necesară pentru mineralizarea biochimică a substanțelor organice dintr-un dm^3 de apă la o temperatură de 20°C .

Consumul chimic de oxigen (CCO), este o metodă indirectă deoarece determină oxidabilitatea substanțelor organice nu cantitatea de carbon organic. Determinarea constă în stabilirea consumului de substanță oxidantă (permanganat de potasiu, bicromat de potasiu) cheltuită pentru oxidarea substanțelor organice conținute într-un volum de apă și se exprimă în echivalent de oxigen. În funcție de oxidantul folosit se vorbește despre CCO-Mn(când se folosește permanganat de potasiu) sau CCO-Cr(când se folosește bicromat de potasiu). Pentru a caracteriza modul de oxidare a substanțelor organice din apă se folosește raportul dintre CCO-Mn și CCO-Cr care reprezintă gradul de oxidare.

Raportul dintre consumul chimic de oxigen și consumul biochimic de oxigen indică gradul de biodegradabilitate al apei ceea ce constituie un parametru important în epurarea biologică a apelor.

Determinarea carbonului total(TOC), reprezintă un supliment la determinarea oxidabilității chimice și biochimice, pentru aprecierea gradului de impurificare organică și constă în măsurarea cantității de CO_2 rezultat în urma oxidării totale a substanțelor organice.

Prezența substanțelor organice în apele de alimentare provoacă mari dificultăți în instalațiile de tratare cât și apei propriu-zise:

- imprimă apei gust și miros neplăcut
- asigură suportul nutritiv dezvoltării microorganismelor în rețeaua de distribuție
- sunt îngreunate procesele de tratare a apelor potabile sau industriale (coagulare, deferizare, demanganizare)
- anumiți compuși organici sunt toxici, cancerigeni

9. **Gazele conținute în apă**, sunt azotul (N_2), oxigenul (O_2), dioxidul de carbon (CO_2), hidrogenul sulfurat (H_2S), amoniacul (NH_3) și metanul (CH_4). Primele trei sunt gaze care se găsesc în atmosferă, ele putând fi prezente în toate apele care se află în contact cu aerul atmosferic. Celelalte trei gaze sunt asociate cu metabolismul și respirația bacteriană. Hidrogenul sulfurat se formează prin reducerea sulfaților sub acțiunea bacteriilor în condiții anaerobe, amoniacul și metanul rezultă în urma descompunerii biologice anaerobe a materiilor organice.

Prezența sau absența gazelor în apă este influențată de mai mulți factori: solubilitatea gazelor, presiunea parțială a gazelor din atmosferă asupra lichidului, temperatura apei, puritatea apei determinată de tăria ionică, salinitate și suspensii.

1.4.2 Caracteristicile biologice și bacteriologice ale apelor naturale [11, 13, 61, 83, 88, 98]

Caracteristicile biologice și bacteriologice, se referă la microorganismele care se dezvoltă în apele naturale.

Toate organismele într-un fel sau altul sunt implicate în reciclarea elementelor. De exemplu animalele mănâncă plante, deșeurile produse de animale sunt transformate în produse simple de către microorganismele care apoi sunt asimilate de plante. Există o serie de microorganismele numite autotrofe care pot transforma compușii organici complecși în substanțe anorganice simple ca: amoniac, sulfatați, dioxid de carbon, apă. Ciclul azotului, fosforului, sulfului prezentate în continuare au un rol important în reciclarea acestor elemente în natură. În fiecare caz un rol important îl prezintă și microorganismele.

Ciclul azotului. Azotul este unul din elementele principale pentru susținerea vieții, intervenind în diferite faze de existență a plantelor și animalelor. Formele sub care apare azotul în apă sunt: azot molecular, azot legat în diferite combinații organice, amoniac, azotiți, azotați.

Azotul amoniacal poate proveni: din ploaie și zăpadă, reducerea azotiților sau a azotaților, din deșeurile vegetale sau animale conținute în sol, din degradarea proteinelor și materiilor organice azotoase conținute în alge, plante sau patul vegetal de pe fundul râurilor, din dejecții de origine umană sau industrială.

Prezența azotiților se datorează fie oxidării bacteriene a amoniacului fie reducerii azotaților, iar prezența azotaților în apele naturale se explică prin contactul apei cu solul bazinului hidrografic.

În figura 1.2 este prezentat ciclul azotului în natură.

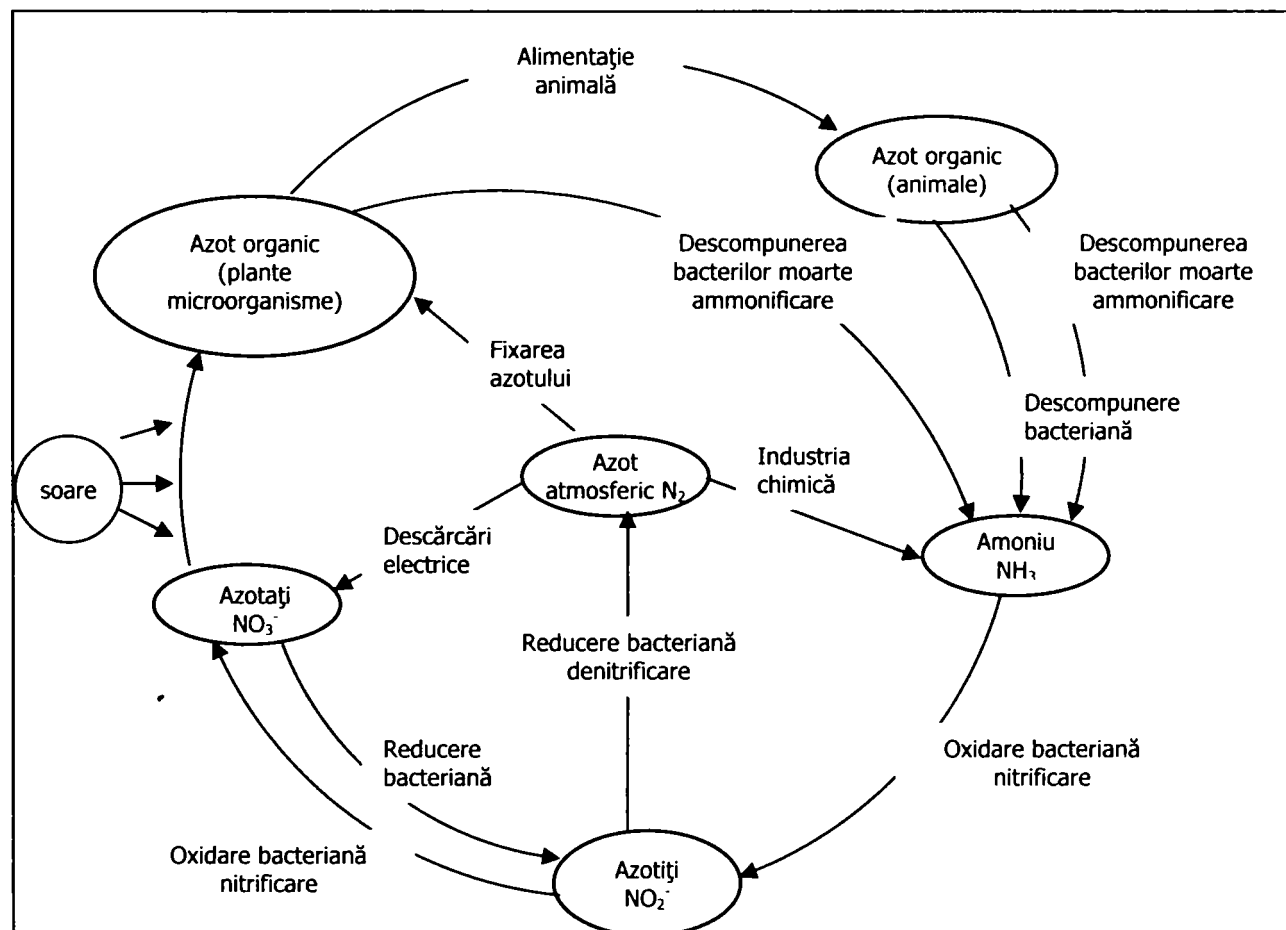


Figura 1.2: Ciclul azotului în natură.

Ciclul fosforului, implică două etape fiecare din ele fiind mijlocită de bacterii: (1) transformarea fosforului organic în fosfor anorganic și (2) transformarea fosforului anorganic în fosfor organic. De asemenea transformarea formelor de fosfor insolubile(HPO_4^{2-}) în forme solubile(PO_4^{3-}) are loc tot în prezența microorganismelor.

Fosforul organic (plantele și animale moarte, deșeuri de materii organice) este transformat în PO_4^{3-} de către microorganisme, apoi acesta este asimilat în țesutul plantelor și animalelor după care ciclul se reia.

Fosforul fiind un element nutritiv de bază, creșterea concentrației acestuia în apele naturale prin deversarea de ape reziduale netratate sau parțial tratate poate duce la eutrofizarea apelor care se manifestă prin îmbogățirea în materii organice (dezvoltarea algelor și a altor microorganisme) care consumă oxigenul din apă provocând moartea organismelor acvatice. Efectul eutrofizării se manifestă prin colorarea apei, reducerea transparenței.

Ciclul sulfului, prezintă o importanță deosebită pentru fenomenele biologice, geologice și de poluare. Formele sub care se găsește sulful în natură și care au o importanță deosebită în managementul calității apelor naturale sunt: sulful organic, hidrogenul sulfurat(H_2S), sulful elementar(S^0) și sulfatii(SO_4^{2-}).

Prezența hidrogenului sulfurat în apă conferă gust și miros neplăcut, acesta fiind toxic pentru multe organisme. De asemenea, hidrogenul sulfurat poate forma diverse combinații cu metalele grele(fier, zinc, cobalt) și poate inhiba dezvoltarea bacteriană în concentrații mari, se poate transforma sub acțiunea bacteriilor în acid sulfuric ducând la corodarea conductelor de apă.

Acțiunile de transformare ce au loc în cadrul ciclului sulfului sunt prezentate în figura 1.3.

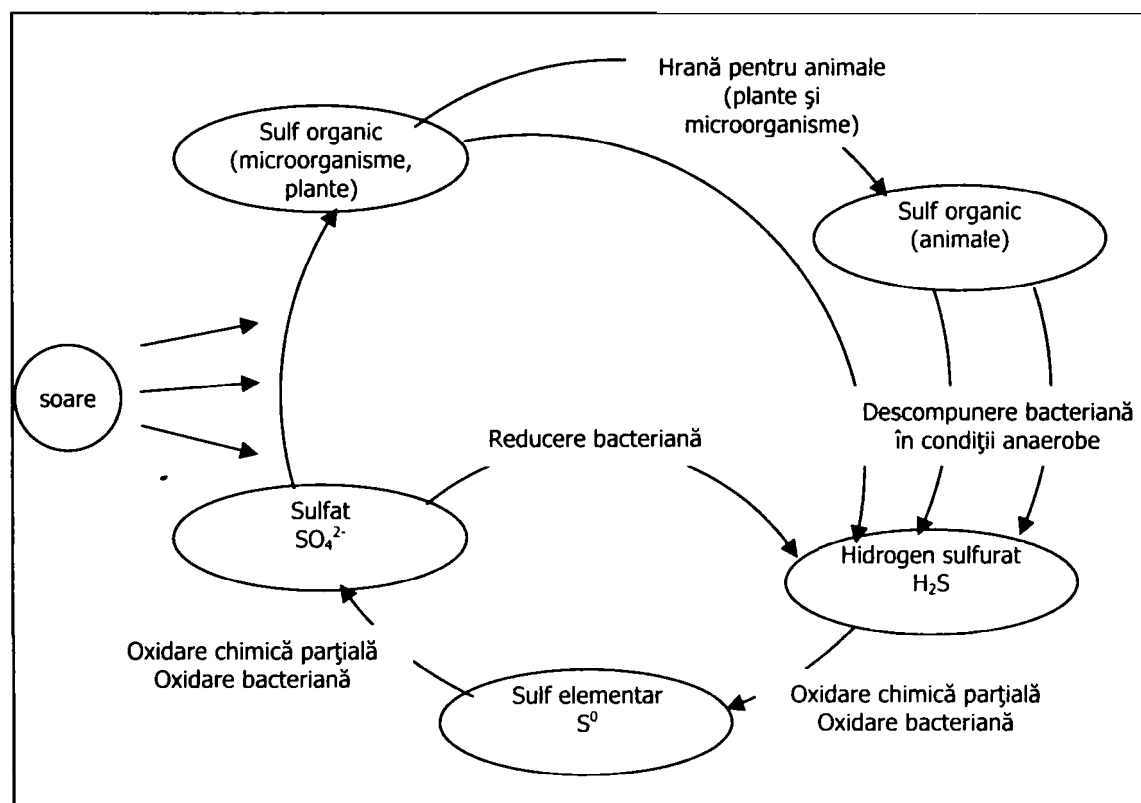


Figura 1.3: Ciclul sulfului.

Pe lângă microorganismele autotrofe (sintetizează propria lor materie organică plecând de la substanțe minerale) în apele naturale există și microorganismele parazite, care se dezvoltă și depind de un organism viu și care sunt în mare parte patogene.

Prin apă se pot transmite o serie de boli care se pot împărți în: boli bacteriene (febra tifoidă, dizenteria), boli virotice (conjunctivita, poliomielita, hepatita epidemică), boli parazitare (lambliaza, tricomoniaza).

Indicatorii bacteriologici au un rol important în aprecierea potențialului epidemiologic al surselor de apă, cei mai utilizați în domeniul apei fiind numărul total de germeni și bacilul coli.

Numărul total de germeni, reprezintă numărul de colonii ce cresc prin însămânțarea unui mililitru de apă (sau diluții din acest mililitru) într-un mediu de cultură după 24 de ore de termostatare la 37°C.

Sursa cea mai importantă de poluare bacteriologică a apei o constituie reziduurile, excrementele umane și animale care pot conține germeni patogeni. Indicatorul poluării fecale este bacilul coli (*Escherichia coli*) care este un germe saprofit și trăiește în intestinalele omului și animalelor. Grupul coli este reprezentat de bacili-gram negativi, nesporulați, cu mobilitate slabă sau nulă care fermentează lactoză cu degajare de gaze.

Un mijloc de diagnosticare a apelor naturale este și analiza hidrobiologică, care constă în inventarierea microscopică a fito și zooplanctonului prin analiza organismelor situate pe fundul apei (bentonice) și a organismelor fixate pe diferite suporturi (perifitonului) având în vedere că, compoziția biocenozelor acvatice este puternic influențată de poluare.

În Tabelul 1.2 este prezentată analiza comparativă a principalelor caracteristici ale surselor de apă subterană și de suprafață.

Tabelul 1.2: Sumarul caracteristicilor surselor de apă.

Caracteristici	Apă subterană	Apă de suprafață
Temperatura	Relativ constantă	Variabilă, în funcție de sezon
Turbiditate, materii în suspensii	Slabă, cu excepția terenului carstic	Variabilă, uneori ridicată
Culoare	funcție de elementele dizolvate	Legată mai ales de materiile în suspensie, coloidale și de acizi humici
Mineralizare globală	Sensibil constantă, în general mai mare decât a apelor de suprafață din aceeași regiune	Variabilă în funcție de soluri, de precipitații, de evacuări
Fier și mangan în stare dizolvată	Prezenți în general	Absenți în general cu excepția părților din adâncimea apei în stare de eutrofizare

Tabelul 1.2: Sumarul caracteristicilor surselor de apă.

(continuare)

Caracteristici	Apă subterană	Apă de suprafață
Gaz carbonic agresiv	Adesea prezent în cantitate mare	Absent în general
Oxigen dizolvat	Absent în general	Absent în apele foarte poluate, prezent în apele nepoluate în general în jurul saturării
Amoniac	Prezent în general, fără a fi un indice sistematic de poluare bacteriană	Prezent numai în apele poluate
Azotiți	Conținut uneori ridicat	În general conținut redus
Micropoluanți minerali și organici	În general absenți, dar în caz de poluare accidentală rămân remanenți	Prezenți în caz de micropoluări sau de degradare a calității resursei
Organisme vii	Frecvent ferobacterii	Bacterii patogene, virusuri, plancton
Solvenți clorurați	Deseori prezenți	Absenți în general
Fenomenul de eutrofizare	Nu apare	Apare deseori, cu creșterea temperaturii

1.5 Categoriile și norme tehnice de calitate [10, 11, 119, 120, 122, 123, 124]

Organizația Mondială a Sănătății (OMS) este agenția specializată de pe lângă Organizația Națiunilor Unite (ONU) responsabilă cu probleme de sănătate la nivel global. În cadrul acesteia există departamente specializate în domeniul apei potabile. OMS a stabilit în 1966 „Ghidul pentru Calitatea Apei Potabile” al cărui scop primordial a fost protejarea sănătății umane și instituirea unui set de parametri care să poată fi utilizați la nivel național ca bază de standardizare. Ghidul nu reprezintă decât un cadru general și a fost dezvoltat ulterior pe măsură ce cunoașterea științifică a evoluat. Valorile maxim admisibile nu sunt impuse, fiecare țară putând să impună valorile proprii, în funcție de condițiile de mediu și de cerințele locale.

Cel mai dezvoltat standard în domeniu este cel din Statele Unite ale Americii, intitulat „Safe Drinking Water Act” (SDWA). Apărut în 1974, SDWA autorizează Agenția de Mediu din SUA (U.S. Environmental Protection Agency - USEPA) să stabilească cadrul general al reglementărilor din domeniul apei potabile.

Atât Ghidul pentru Calitatea Apei Potabile stabilit de OMS cât și standardul American SDWA, au fost perfecționate și completate pe parcursul ultimilor 30 de ani pe baza cercetărilor aprofundate privind determinările și influențele diferiților constituenți din apă.

De asemenea, începând cu anii '70, Uniunea Europeană a promulgat directive referitoare la apele destinate consumului uman. La început s-au stabilit unele directive pentru controlul apelor în

sursă, apoi s-a prevăzut controlul la punctul de distribuție pentru toate activitățile care au ca ultim destinatar omul. Aceasta a permis să se instituie mijloace de verificare a capacității de tratare a apelor destinate consumului uman.

Datorită creșterii nivelului tehnologic și științific precum și datorită schimbării modului de abordare al managementului apei, directiva propusă în 1975 și emisă în 1980 a fost revizuită, ultima variantă a Directivei Uniunii Europene fiind adoptată în 1998 și conține cadrul general la care statele membre trebuie să se conformeze.

În România standardul care a reglementat prevederile din domeniul calității apei potabile a fost STAS 1342/1991 care în iulie 2002 a fost înlocuit de Legea Privind Calitatea Apei Potabile (Legea 458/2002), care adoptă și particularizează Directiva 98/83/EC.

Teoretic, din orice sursă de apă se poate obține apă potabilă care să satisfacă cerințele prevăzute de Legea Privind Calitatea Apei Potabile. Această performanță este funcție de tehnicile de tratare aplicate, de gradul de siguranță acceptat, de costul apei tratate etc. Pentru optimizarea tehnico-economică a procesului de obținere a apei potabile, s-a impus orientarea diferitelor tipuri de surse de apă pentru anumite categorii de consumatori.

Exigențele minime de calitate pentru sursele de apă destinate producției alimentare (cu excepția apelor subterane, apelor sărate și a celor destinate realimentării pânzei freatice) înainte de distribuire și indicarea tratărilor necesare pentru obținerea acestei calități sunt reglementate prin Directiva 75/440/CEE.

Astfel, se acceptă în general că toate sursele subterane de apă să fie orientate numai spre alimentarea cu apă potabilă, calitatea acestei surse comparându-se cu STAS 1342/1991. În ceea ce privește sursa de suprafață, prin STAS 4706-88 sau stabilit categoriile de folosință și condițiile tehnice de calitate, corespunzător principalelor domenii de utilizare. Acesta în 2003 a fost înlocuit cu Normativul privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață prin care se asigură condițiile de implementare a Directivei cadru a apei.

În anul 2002 s-a aprobat NTPA-013 prin care sunt stabilite normele de calitate pe care trebuie să le îndeplinească apele de suprafață utilizate pentru potabilizare respectiv NTPA-014 prin care se reglementează metodele de măsurare a parametrilor prevăzuți în anexa nr.1b la NTPA-013 și frecvența de prelevare și analiză a probelor din apele de suprafață destinate potabilizării.

1.6 Filiere uzuale de tratare [11, 27, 31, 63, 75, 81, 88, 101, 104, 122]

Pentru încadrarea impurităților conținute în apele naturale în normele de potabilitate, sursele de apă trebuie tratate, sarcină ce revine stației de tratare, care prin diverse construcții și instalații realizează un lanț de procese (un flux tehnologic continuu) prin care în final, apa distribuită consumatorilor se înscrie în normele de potabilitate.

NTPA-013/2002 fixează trei calități de apă A1, A2, A3 pentru apele de suprafață, acestea fiind asociate tratamentelor de tip T1, T2, T3.

- T1: tratare fizică simplă cu dezinfecție (de exemplu: filtrare rapidă, dezinfecție)
- T2: tratare fizică, chimică și dezinfecție (de exemplu: preclorinare, coagulare-floculare, decantare, filtrare, dezinfecție)
- T3 : tratare fizică, chimică avansată, afânare și dezinfecție (de exemplu: clorinare intermediară, coagulare-floculare, decantare, filtrare pe cărbune activ, ozonizare, clorinare finală)

Modul de alcătuire a stației de tratare este strâns legat de tipul de sursă, de natura și concentrația impurităților ce urmează a fi înlăturate.

Metodele de tratare pot fi clasificate din punct de vedere al naturii proceselor la care se apelează în: procedee fizice (care nu apelează la reactivi), procedee chimice (care apelează la reactivi) și procedee biologice (care se bazează pe activitatea microorganismelor).

Principalele procedee de tratare utilizate în alimentările cu apă sunt:

- sitarea, pentru reținerea corpurilor și materialelor plutitoare antrenate în apă
- presedimentarea, reținerea suspensiilor grosiere și a particulelor de nisip prin staționarea relativă a apei
- coagularea și flocularea, constă în aglomerarea suspensiilor fine nedecantabile în flocoane care să fie ușor sedimentabile
- decantarea, are ca scop reținerea suspensiilor din apă (90-95%) prin staționarea relativă a apei, după faza de coagulare-floculare
- filtrarea, este utilizată pentru finisarea limpezirii prin reținerea particulelor fine și a microorganismelor
- dezinfecția, realizată în scopul distrugerii microorganismelor
- aerarea, constă în îmbogățirea apei cu oxigen necesară pentru stimularea reacțiilor de oxidare
- adsorbția, este un procedeu utilizat pentru eliminarea gustului și mirosului neplăcut al apei
- precipitare chimică, utilizat în scopul eliminării substanțelor dizolvate
- schimbul ionic, procedeu utilizat pentru eliminarea avansată din apă a unor elemente (Ca, Mg, Fe, Mn), în vederea preparării unor ape pure

Alcătuirea stației de tratare trebuie astfel realizată încât să asigure :

- circulația apei de la o instalație la alta
- corectarea tuturor indicatorilor de calitate ai apei
- minimum de cheltuieli de exploatare în condițiile unei maxime siguranțe în potabilizarea apei livrate
- flexibilitate, care să permită adaptarea instalațiilor la variația calității apei din sursă
- posibilitatea dezvoltării ulterioare a stației de tratare în funcție de creșterea necesarului de apă

- încadrarea stației de tratare în ansamblul sistemului de alimentare cu apă, în condițiile unei fiabilități crescute și a unor posibilități de automatizare, dispecerizare corespunzătoare nivelului de moment și în perspectivă.

Gradul de eliminare a impurităților prezente în apă prin diferite tehnici de tratare este prezentat în Tabelul 1.3 unde: P-foarte puțin(reducere 0-20%), F-puțin(reducere 20-60%), G-bun(reducere 60-90%), E-foarte bun(reducere 90-100%), „-” – nu se aplică.

Tabelul 1.3: Gradul de eliminare a impurităților din apă prin diferite tehnici de tratare.

Impurificatori	Aerare	Coagulare Sedimentare Filtrare	Tratare cu var	Schimb ionic		Procese de membrană			Oxidare chimică dezinfecție	Adsorbție	
				Anioni	Cationi	OI ¹	UF ²	ED ³		GAC ⁴	PAC ⁵
Coliformi totali	P	G-E	G-E	P	P	E	E	-	E	F	P
Giardia lambila	P	G-E	G-E	P	P	E	E	-	E	F	P
Virusi	P	G-E	G-E	P	P	E	E	-	E	F	P
Turbiditate	P	E	G	F	F	E	E	-	P	F	P
Cianuri	P	-	-	-	-	G	-	G	E	-	-
Azotați	P	P	P	G-E	P	G	-	G	P	P	P
Azotiți	F	P	P	G-E	P	G	-	G	G-E	P	P
VOC ⁶	G-E	P	P-F	P	P	F-E	F-E	F-E	P-G	F-E	P-G
SOC ⁷	P-F	P-G	P-F	P	P	F-E	F-E	F-E	P-G	F-E	P-E
Pesticide	P-F	P-G	P-F	P	P	F-E	F-E	F-E	P-G	G-E	G-E
THM ⁸	G-E	P	P	P	P	F-G	F-G	F-G	P-G	F-E	P-F
THM precursori	P	F-G	P-F	F-G	-	G-E	F-E	G-E	F-G	F-E	P-E
Duritate	P	P	E	P	E	E	G-E	E	P	P	P
Fier	F-E	E	P	G-E	G-E	G	G-E	G-E	P	P	P
Mangan	P-F	F-E	E	P	G-E	G-E	G	G-E	F-E	P	P
Culoare	F-G	F-G	P-G	-	-	-	-	F-E	E	G-E	G
Gust, miros	F-E	P-F	P-F	P-G	-	-	-	-	F-E	G-E	G-E
TDS ⁹	P	P	P-F	P	P	G-E	P-F	G-E	P	P	P
Cloruri	P	P	P	F-G	P	G-E	P	G-E	P	P	P
Sulfat	P	P	P	G-E	P	E	P	E	P	P	P
TOC ¹⁰	P-F	G	-	G-E	G	G-E	P-G	G-E	F	F-G	-
CO ₂	G-E	P-F	E	P	P	P	P	P	P	P	P
H ₂ S	F-E	P	F-G	P	P	P	P	P	F-E	F-G	P
Aluminiu	P	F	F-G	P	G-E	E	-	E	P	-	-

¹osmoză inversă, ²ultrafiltrare, ³electrodializă, ⁴cărbune activ granular, ⁵cărbune activ pulbere, ⁶compuși organici volatili, ⁷compuși organici sintetici, ⁸trihalometani, ⁹total solide dizolvate, ¹⁰compuși organici totali.

Capitolul 2

Coagularea în procesul de tratare a apei în vederea potabilizării

2.1 Considerații generale [7, 11, 13, 17, 83, 88]

Majoritatea apelor de suprafață conțin o cantitate mare de impurități care în funcție de mărimea particulelor dispersate în apă pot fi: decantabile, suspensionale, coloidale sau dizolvate.

Turbiditatea și culoarea unei ape sunt în principal cauzate de prezența în apă a unor particule de dimensiuni foarte mici denumite **particule coloidale**. Aceste particule pot rămâne în suspensie în apă timp îndelungat deoarece greutatea lor specifică este foarte apropiată de aceea a apei.

Particulele coloidale în soluție sunt **foarte stabile** deoarece în jurul lor se formează pelicule cu sarcini electrice de același fel, care fac ca particulele să se respingă reciproc.

Pentru accelerarea procesului de decantare a acestor particule se folosesc **reactivi chimici**, care prin dizolvarea lor în apă produc ioni de semn contrar particulelor coloidale, neutralizarea parțială a acestor sarcini conducând la aglomerarea coloizilor în **flocoane**, agregate mai mari și mai grele.

În literatura de specialitate, acest procedeu de tratare a apei cu reactivi chimici poartă denumirea de **coagulare-floculare**.

Coagularea (L.coagulare – a se încheaga, a se face dens), constă în primul rând în destabilizarea particulei coloidale și apoi în aglomerarea particulelor în agregate mici sau flocoane.

Flocularea (L.flocculus – smoc, ghemotoc), este procesul de mărire și de uniformizare a flocoanelor sub influența unei agitări lente.

În concluzie, **coagularea chimică**, în tratarea apei, este un proces fizico-chimic complex, care are ca efect îndepărtarea particulelor coloidale, poluanților și microorganismelor din apă, prin destabilizarea acestora cu ajutorul reactivilor chimici, apoi aglomerarea în agregate mici și în final, îndepărtarea lor prin sedimentare.

Așadar, coagularea chimică, este un proces care implică trei faze și anume: coagularea, flocularea și sedimentarea.

2.2 Teoria procesului de coagulare-floculare [11, 13, 21, 32, 83]

Un sistem coloidal este un sistem dispers, cu particulele fazei disperse de la 1 la 200 μ m. Sistemele coloidale diferă foarte mult între ele, în privința stabilității.

Procesele care duc la distrugerea stabilității coloidale au fost împărțite de Pescov în două categorii:

Procese de sedimentare, care determină separarea particulelor fazei disperse, fie prin depunere, fie prin ridicarea la suprafața mediului, în funcție de greutatea specifică ale particulelor și a mediului. Timpul de depunere a particulelor în funcție de diametru este prezentat în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1: Timpul necesar depunerii unei particule funcție de diametru.

Denumirea particulei	Dimensiunea particulei, mm	Timpul necesar depunerii ^a
pietriș	10	0.3 secunde
nisip grosier	1	3 secunde
nisip fin	0.1	38 secunde
nămol	0.01	33 minute
bacterii	0.001	55 ore
particule coloidale	0.0001	230 zile
particule coloidale	0.00001	6.3 ani
particule coloidale	0.000001	minim 63 ani

^acalculul a fost făcut pentru o sferă cu greutatea specifică de 2.65, care să se depună 0.305m

Procese de coagulare, care constau în mărirea dimensiunilor particulelor fazei disperse prin alipirea, prin contopirea lor. Stabilitatea sistemului coloidal este influențată de sarcinile electrice cu care este încărcată, deoarece ele împiedică alipirea particulelor fazei disperse.

2.2.1 Stabilitatea sistemului coloidal

Stabilitatea particulelor coloidale este funcție de proprietățile particulei coloidale. Particula coloidală are o structură foarte complexă, care apare stratificată, având drept rezultat încărcarea electrică a acesteia față de soluție.

Sarcina electrică a particulelor coloidale are un rol deosebit în stabilitatea sistemului coloidal. În apele naturale, de obicei, o particulă coloidală este încărcată cu sarcină electrică negativă.

Datorită forțelor de atracție coulombiene se formează **stratul de contraioni**. O particulă coloidală încărcată electric se va înconjura cu contraioni de semn contrar. Ansamblul format din particula coloidală și stratul de contraioni formează **micela**.

Starea energetică a miclei a fost reprezentată cel mai bine de Stern, bazându-se pe teoriile lui Helmholtz și a lui Gouy-Champman. Potrivit acestor teorii, stratul de contraioni, formează în jurul particulei:

- un **dublu strat fix**, stratul Stern, format din stratul Helmholtz fix interior(HFI) și stratul Helmholtz fix exterior(HFE)
- și un **dublu strat difuz**, stratul Guy-Chapman.

Din punct de vedere electrostatic micela în repaus este neutră. La deplasarea miclei, datorită rezistenței hidraulice, particula coloidală cu cele două straturi fixe se deplasează cu o viteză

mai mare decât stratul difuz care rămâne în urma particulei coloidale. Astfel, ia naștere o diferență de potențial, **potențial zeta(PZ)**, care reprezintă o parte din potențialul total. Potențialul total poartă denumirea de **potențial Nernst(Ψ_0)** și reprezintă potențialul de la suprafața particulei. În figura 2.1 este prezentată schematic, starea energetică a miclei.

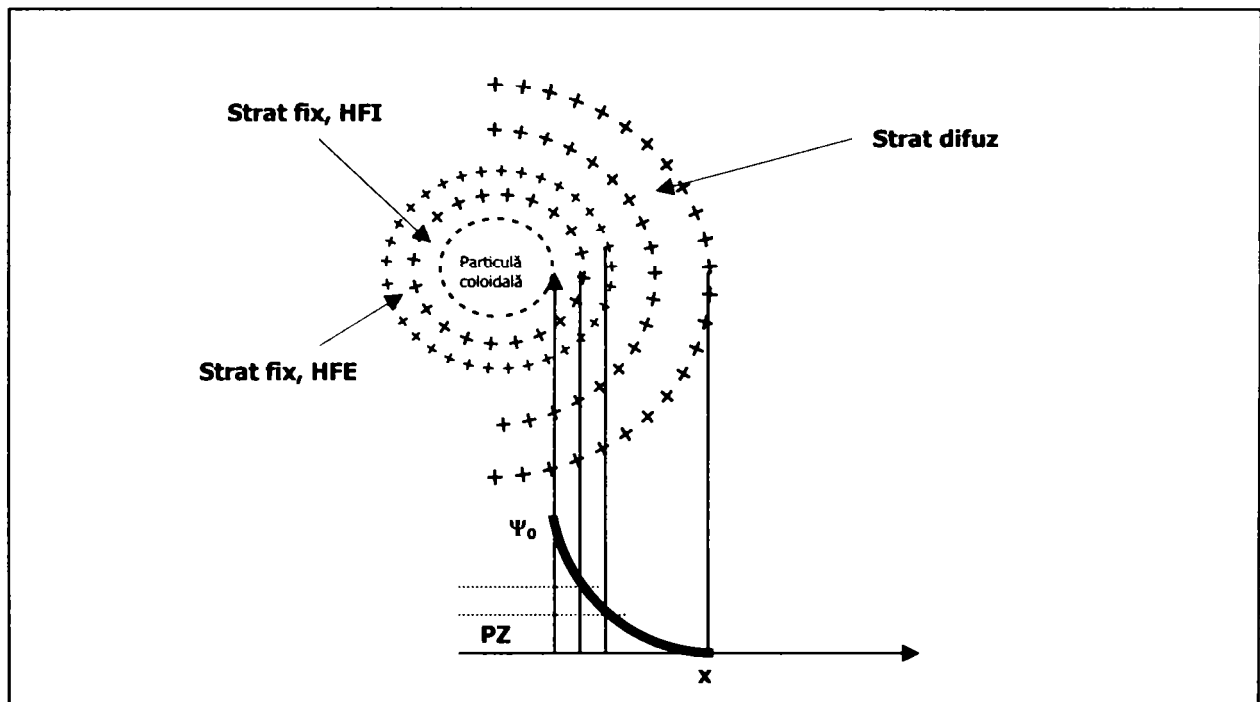


Figura 2.1: Starea energetică a miclei reprezentată de Stern.

Sistemul coloidal se caracterizează prin **stabilitatea cinetică** și **stabilitatea la agregare**. Datorită dimensiunilor mici a particulelor coloidale, forțele de greutate sunt de ordinul forțelor de atracție sau de respingere electrostatică și de ordinul forțelor determinate de agitația termică. Agitația termică este determinată, de mișcarea continuă a moleculelor, de ciocnirile dintre ele și forțele de natură electrostatică conferând sistemului coloidal stabilitatea cinetică.

Stabilitatea la agregare reprezintă capacitatea unui sistem coloidal de a-și menține gradul de dispersie, adică de a se opune măririi dimensiunilor particulelor disperse.

Sistemele coloidale, sunt stabile din punct de vedere cinetic, dar nu sunt stabile din punct de vedere al agregării, deoarece sub influența factorilor externi își pot modifica dimensiunile particulelor.

2.2.2 Destabilizarea sistemelor coloidale

Eliminarea suspensiilor din apă, cu ajutorul reactivilor chimici, urmărește distrugerea stabilității la agregare, prin mărirea dimensiunilor particulelor și depunerea lor, ceea ce atrage după sine și distrugerea stabilității cinetice.

Acest proces de distrugere a stabilității la agregare, poartă denumirea de **destabilizare a sistemelor coloidale**.

Destabilizarea sistemelor coloidale, folosind reactivi chimici, are loc printr-un mecanism complex, care a condus la elaborarea mai multor teorii care au la bază forțele fizice, forțele de adsorbție sau forțele chimice.

Teoria destabilizării prin forțe fizice

Două particule coloidale cu o anumită energie cinetică, datorită agitației termice moleculare, își intersectează învelișul de sarcini care le înconjoară sub acțiunea forțelor electrostatice de respingere pe de-o parte și a forțelor van der Waals pe de altă parte.

Astfel, o particulă coloidală se găsește în două câmpuri de forțe, fiecare câmp fiind caracterizat printr-o anumită energie potențială. Energia potențială a particulei care se află în câmpul creat de cealaltă particulă se numește **energie potențială rezultantă** (ΔE_p).

Energia potențială rezultantă este suma energiilor potențiale corespunzătoare celor două câmpuri. Dacă $\Delta E_p < 0$, particulele se atrag, dacă $\Delta E_p > 0$, particulele se resping. În figura 2.2 este prezentată variația energiilor potențiale a două particule coloidale, unde „x” reprezintă distanța dintre particule.

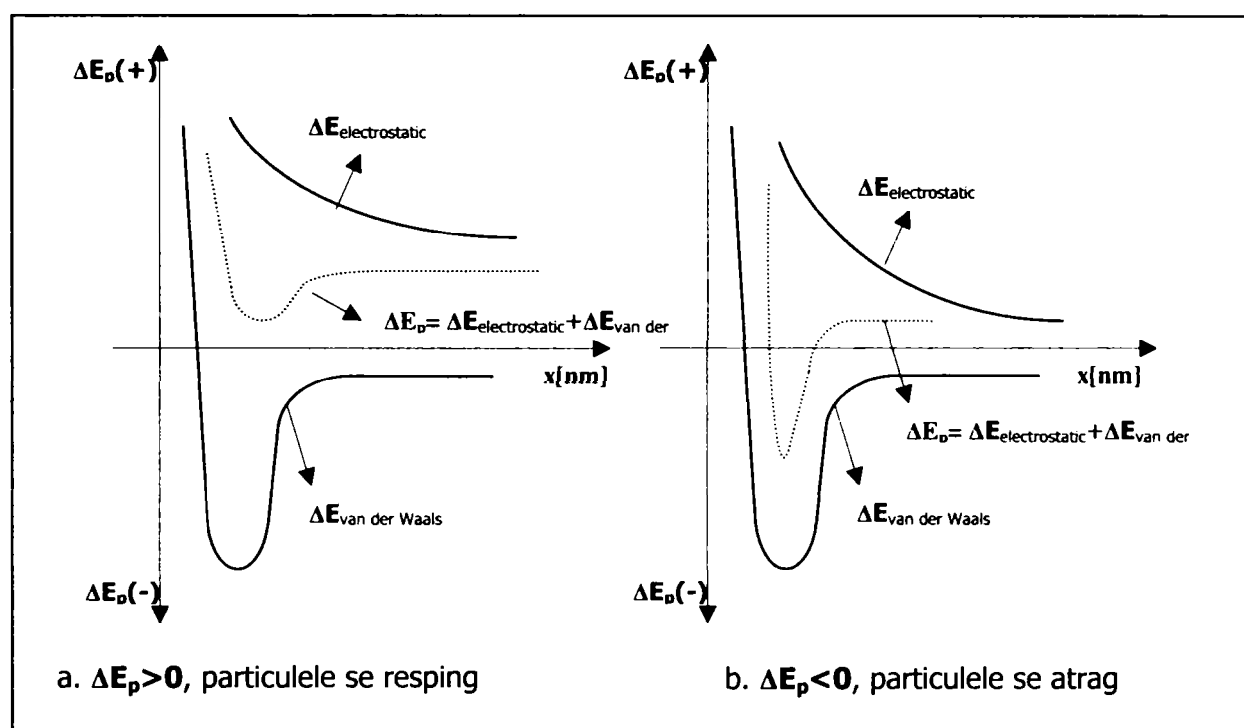


Figura 2.2: Variația energiei potențiale a două particule coloidale.

Modificarea curbei de variație a energiei câmpului electrostatic se realizează prin micșorarea diferenței de potențial dintre particule și soluție, adică micșorarea potențialului zeta (PZ).

În zona de întrepătrundere a stratului electric a celor două particule coloidale concentrația ionilor e mare, la fel și tăria ionică ceea ce determină comprimarea stratului difuz și scăderea potențialului zeta.

Potrivit acestei teorii se desprind următoarele concluzii:

- destabilizarea prin forțe fizice este optimă atunci când potențialul zeta devine nul, $PZ=0$
- un exces de contraioni (agent de coagulare) nu poate duce la restabilizarea sistemului
- concentrația agentului de coagulare, necesară destabilizării, se supune regulii lui Schulze-Hardy, potrivit căreia *capacitatea de coagulare a unui ion crește exponențial cu sarcina lui*.

Astfel, capacitatea de coagulare, a ionilor monovalenți fiind egală cu 1, a celor bivalenți este de 20-80 ori mai mare, iar a celor trivalenți este de 200-1000 ori mai mare.

Teoria forțelor fizice nu poate explica o serie de cazuri practice, de coagulare, care nu se supun legilor ei, ca de exemplu:

- procesul de coagulare are loc în condiții optime, în unele cazuri, atunci când $PZ \neq 0$
- în unele cazuri, excesul de reactivi poate duce la restabilizarea sistemului coloidal
- cantitatea de coagulant necesară în majoritatea cazurilor practice nu respectată regula lui Schultze-Hardy

Această coagulare, bazată pe destabilizarea prin forțe fizice se numește **coagulare nespecifică** sau **coagulare prin contraioni**.

Nerespectarea întru-totul a consecințelor acestui mecanism indică posibilitatea existenței unor alte mecanisme cum ar fi mecanismul destabilizării prin adsorbție sau cel prin forțe chimice.

Teoria destabilizării prin forțe de adsorbție

Conform acestui mecanism produșii de hidroliză ai coagulantului sunt adsorbiți la suprafața particulelor coloidale, conducând în final la destabilizarea lor.

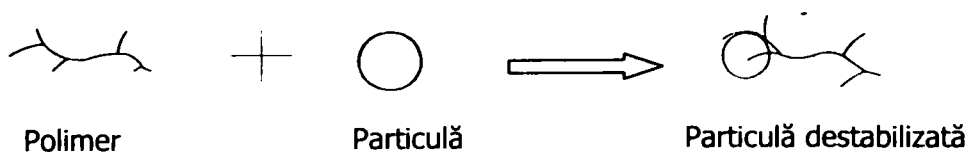
La concentrații mari ale coagulantului are loc restabilizarea dispersiei coloidale. Tendința de adsorbție a diferiților ioni variază astfel:

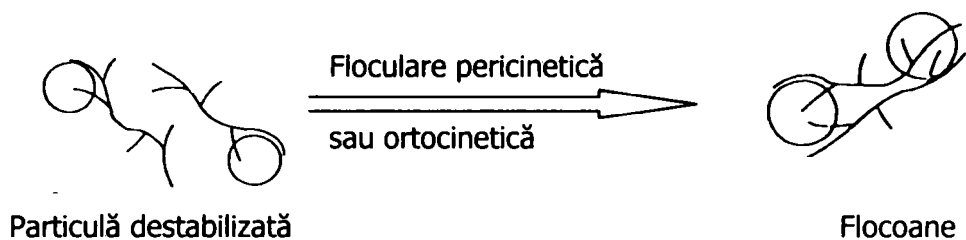
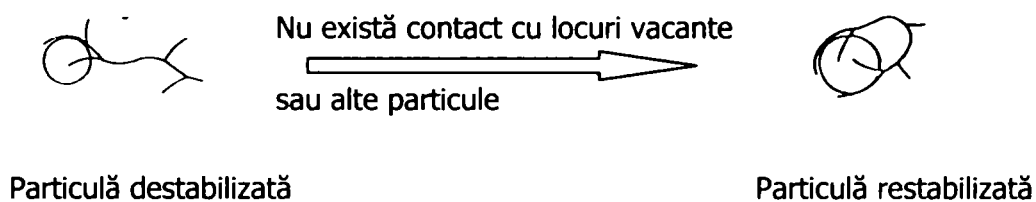
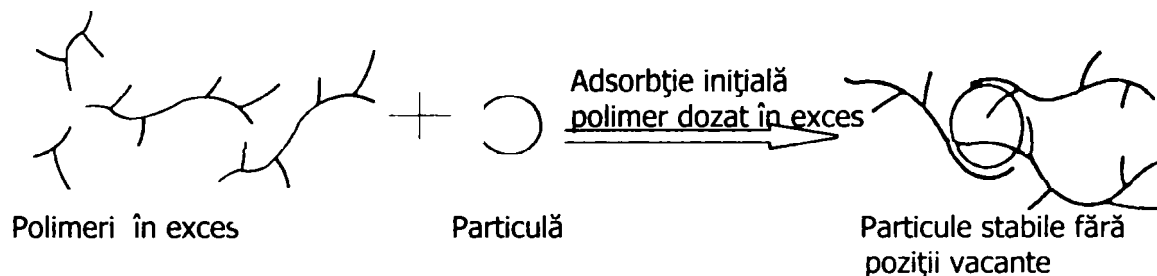
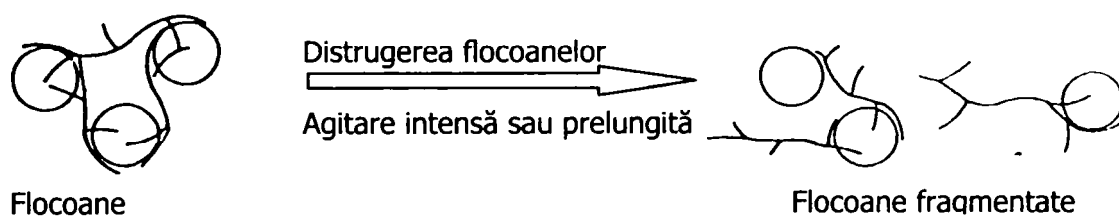
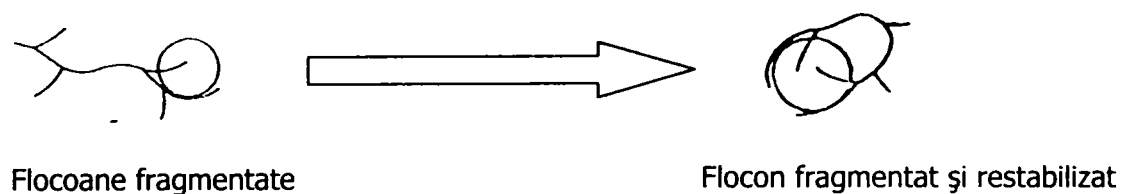
- ionii organici hidratați se adsorb cel mai greu
- ionii anorganici nehidratați se adsorb mai ușor decât cei hidratați
- particulele polimerizate se adsorb cel mai ușor, mai bine decât monomerul, iar dintre acestea cel mai bine se adsorb cele polare, tensioactive
- produșii de hidroliză anorganici se adsorb ceva mai slab decât cei organici

Teoria destabilizării prin forțe chimice sau teoria lui La Mer

Această teorie atribuie procesul de destabilizare forțelor chimice. Astfel, moleculele polimere, care rezultă prin hidroliza coagulantului și polimerizarea produșilor de hidroliză, se adsorb cu unul sau mai multe puncte la suprafața particulelor coloidale, restul moleculei rămânând îndreptat spre soluție. Aceste segmente pot acționa, fie cu punctele de adsorbție libere a altei particule coloidale, sau cu segmentele libere ale altor molecule polimere, adsorbite deja pe particulele coloidale. Se formează **punți de legătură** care împânzesc sistemul coloidal, producând aglomerarea particulelor sub formă de flocule. Mai jos se prezintă schematic modul în care polimerii realizează destabilizarea particulei coloidale.

Reacția 1. Adsorbție inițială pentru o doză optimă de polimer



Reacția 2. Formarea flocoanelor**Reacția 3. Adsorbția secundară a polimerului****Reacția 4. Adsorbție inițială – polimer dozat în exces****Reacția 5. Distrugerea flocoanelor****Reacția 6. Adsorbția secundară a polimerului**

2.2.3 Procesul de transport

Procesul de transport presupune deplasarea particulelor coloidale destabilizate, ciocnirea lor și formarea unor agregate instabile cinetic care se depun. Aceste ciocniri pot fi **eficace** sau **elastice**. Unirea prin ciocnire a particulelor coloidale destabilizate presupune o anumită energie cinetică a lor. Energia de agitație termică e suficientă în cazul particulelor coloidale de dimensiuni mici și insuficientă în cazul particulelor coloidale de dimensiuni mari.

Transportul realizat de mișcarea browniană se numește **pericinet**, iar coagularea corespunzătoare, **coagulare pericinetă**.

Dacă particulele sunt de dimensiuni mari, contribuția mișcării browniene la transport este nesemnificativă. Determinanți devin gradientii de viteză. Transportul se numește **ortocinet**, iar coagularea corespunzătoare, **coagulare ortocinetă**.

În prima fază a procesului de coagulare are loc o coagulare pericinetă, în faza a doua o coagulare ortocinetă.

2.2.4 Viteza de coagulare

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:

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

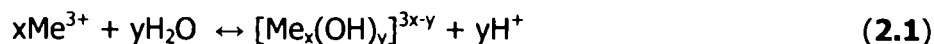
Cercetările și calculele efectuate au arătat că viteza de destabilizare, care cuprinde punctele „a” și „b” este mult mai mare decât viteza procesului de transport.

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 așadar că, factorii fizici determină **viteza coagulării**, factorii chimici, care guvernează mai ales destabilizarea, determină **eficacitatea procesului**.

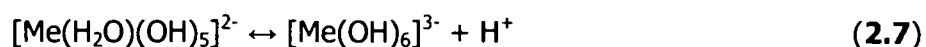
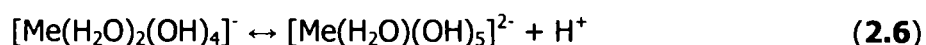
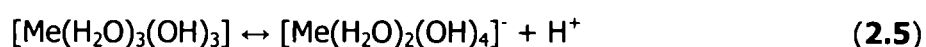
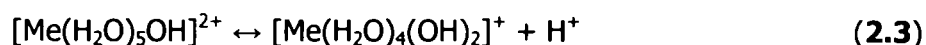
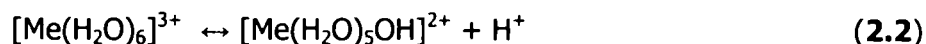
2.3 Hidroliza agenților de coagulare [3, 13, 21, 83]

Cei mai folosiți agenți de coagulare sunt sărurile de aluminiu și sărurile de fier. Datorită caracterului lor, ionii trivalenți în anumite condiții de pH hidrolizează formând o serie de produși de hidroliză.

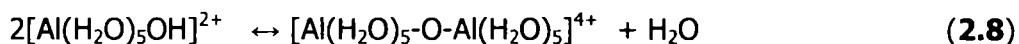
Ecuatia generală a hidrolizei este următoarea:



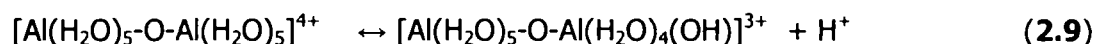
În mediu acid, cei doi ioni se prezintă sub formă hidratată: $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$. La creșterea pH-ului au loc următoarele reacții:



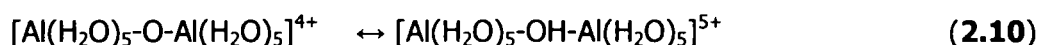
Acești produși de hidroliză se formează evident în cantitate mai mare sau mai mică funcție de valoarea pH-ului. Creșterea valorii pH-ului conduce la creșterea numărului de grupări OH^- . Între produșii de hidroliză formați au loc procese de condensare sau **proces de oxolațiune**, ca de exemplu:



Produșii de condensare pot hidroliza la rândul lor prin creșterea pH-ului, conform ecuației de mai jos:



sau se pot protona la scăderea pH-ului, numit **proces de olațiune**, conform ecuației de mai jos:



Așadar, speciile care se formează la hidroliză depind de valoarea pH-ului. În cazul hidrolizei sărurilor de aluminiu speciile predominante sunt:

1. $\text{pH} < 4$, a fost pus în evidență ionul $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$
2. $4 < \text{pH} < 7$, au fost puși în evidență produși de hidroliză cu sarcina (+4), în care raportul $\text{Al}^{3+}/\text{OH}^- = 1/2.5$, acest polimer corespunzând formulei $[\text{Al}_8(\text{OH})_{20}]^{4+}$
3. $\text{pH} > 7$, este probabilă prezența unor produși de hidroliză cu sarcina (+2) sau (0), corespunzătoare formulelor $[\text{Al}_8(\text{OH})_{22}]^{2+}$ și $[\text{Al}_8(\text{OH})_{24}]$
4. $\text{pH} > 8$, procesul de hidroliză regresează
5. $\text{pH} > 8.2$, se formează aluminați solubili cu sarcină negativă (-6) și (-7), conform ecuațiilor **2.5** și **2.6**

Așadar, cu cât pH-ul este mai mic, cu atât sarcina complexului este mai mare, pe măsură ce pH-ul se apropie de neutru, sarcina complexului scade.

În figura 2.3 este prezentată solubilitatea speciilor de aluminiu în echilibru, după datele termodinamice prezentate de Baes și Mesmer.

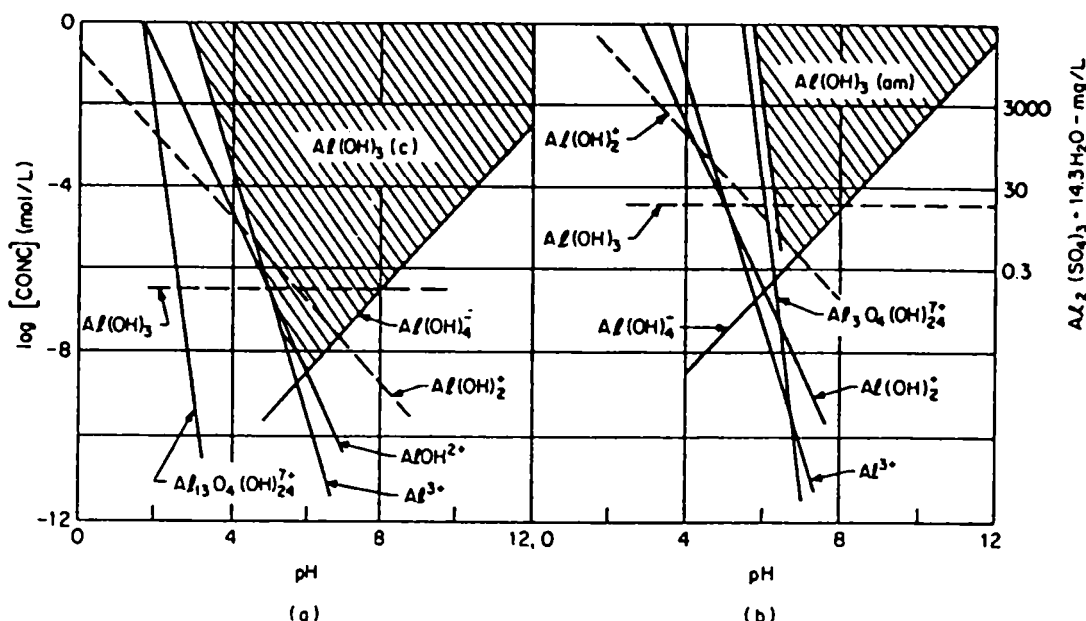


Figura 2.3: Solubilitatea speciilor de aluminiu în echilibru, (a) hidroxidul de aluminiu cristalin, (b) hidroxidul de aluminiu amorf.

Din figura 2.3 iese în evidență, solubilitatea mult mai mare a hidroxidului de aluminiu amorf, prezența speciilor polimerizate cu 13 atomi de aluminiu chiar la valori mai ridicate de pH și stabilitatea soluțiilor ionilor complecși chiar la valori ridicate ale pH-ului. De asemenea pH-ul de precipitare este cu atât mai mare cu cât concentrația aluminiului este mai mică.

2.4 Factorii care influențează procesul de coagulare-floculare [8, 11, 13, 21, 23, 34, 51, 83, 84, 88, 92, 94, 110]

Reactivii utilizați în procesele de coagulare-floculare au cunoscut o diversificare și o dezvoltare extrem de mare în ultimii ani. Mecanismele de lucru ale coagulanților și adjuvanților nu sunt însă pe deplin lămurite fapt care implică necesitatea realizării studiilor de tratabilitate pentru identificarea reactivilor care conduc la cele mai bune rezultate în situațiile particulare ale fiecărei surse de apă brută.

Procesul de coagulare-floculare este influențat de o serie de factori dintre care cei mai importanți sunt:

2.4.1 Factori legați de speciile active și mecanismul de desfășurare al procesului de coagulare-floculare

Coagulanții cei mai utilizați sunt sulfatul de aluminiu și sărurile acestuia. În urma studiilor realizate Hayden și Rubin cu privire la hidroliza și precipitarea aluminiului a rezultat faptul că

principalele specii în echilibru cu hidroxidul de aluminiu sunt: Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}_8(\text{OH})_{20}^{4+}$, $\text{Al}(\text{OH})_4^-$, la 25°C și diferite valori ale pH-ului. Folosind ecuațiile de echilibru și constantele practice de echilibru pentru aceste specii s-a promovat ipoteza că, coagularea cu săruri de aluminiu este funcție numai de doza de sare de aluminiu și pH-ul soluției ca variabile independente rezultând o diagramă de proiectare și lucru pentru coagularea cu săruri de aluminiu în care sunt puse în corelație $\log[\text{Al}]$, exprimat în molAl/l , și pH-ul soluției omogenizate. În figura 2.4 este prezentată diagrama coagulării aluminiului și corelarea ei cu potențialul zeta.

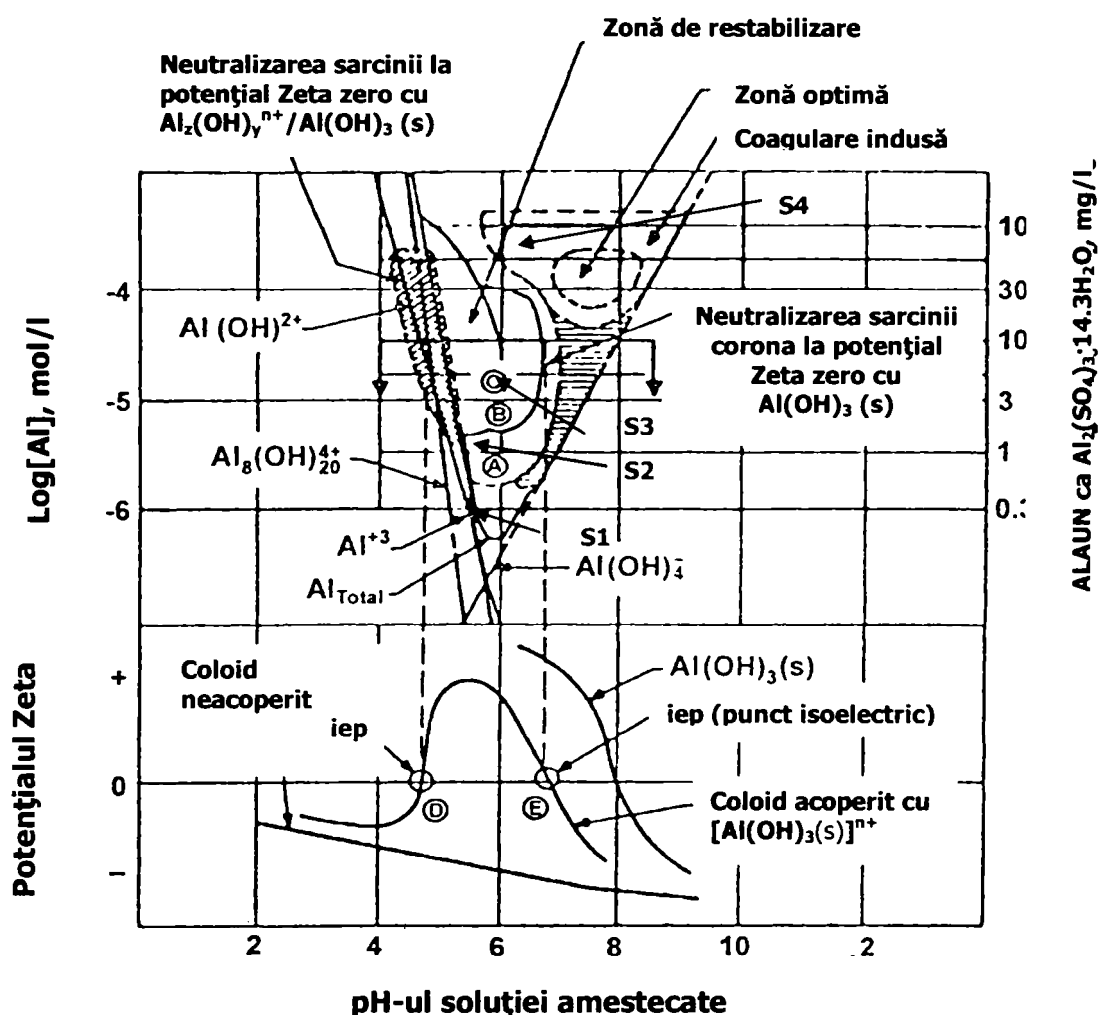


Figura 2.4: Diagrama coagulării aluminiului și corelarea ei cu potențialul Zeta.

În zona inferioară a figurii 2.4 este prezentată interacțiunea între un coloid și hidroxidul de aluminiu respectiv corelarea potențialului zeta cu diagrama de coagulare.

Punctul izoelectric (iep) pentru hidroxidul de aluminiu se află în zona de valori ale factorului pH cuprinsă între 7.0 și 9.0, depinzând de numărul de ioni din soluție. Datele prezentate în figura 2.4 se bazează pe ipoteza că hidroxidul de aluminiu are un punct izoelectric la $\text{pH}=8.0$. Astfel, în urma interacțiunii hidroxidului de aluminiu (sarcină pozitivă) cu colozii (sarcină negativă) i-au naștere două puncte, de potențial zeta, egale cu zero, la valori ale pH-ului de 4.8 (punctul D) și 6.8 (punctul E). În ambele puncte este de așteptat să se producă o bună coagulare. Între aceste puncte colozii acoperiți sunt restabilizați datorită excesului de specii încărcate pozitiv. Zona inelară din jurul zonei de

stabilizare are potențial zeta egal cu zero și determină condițiile chimice corespunzătoare pentru filtrarea directă.

Stoichiometria coagulării la un pH fix, de exemplu la $\text{pH}=6.0$, presupune o relație liniară între doza de coagulant și concentrația coloizilor (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**). Acest lucru în figura 2.4 este prezentat sub forma liniilor **A**, **B** și **C**. Liniile **A**, **B** și **C** delimitează limita inferioară a zonei de restabilizare pentru creșterea concentrației coloizilor. Aceste linii sunt corelate direct cu doza de sulfat de aluminiu necesară pentru coagulare.

În cazul în care turbiditatea sau concentrația coloizilor este redusă (**S1**), doza de sulfat de aluminiu necesară pentru neutralizarea sarcinii este extrem de redusă ($D < 0.3 \text{ mg/l}$). Datorită numărului extrem de redus de contacte între particule, practic fenomenul de coagulare nu are loc.

În cazul în care concentrația coloizilor este în domeniul (**S3**), fenomenul de coagulare se va suprapune peste zona de neutralizare a sarcinii ($D = 2-5 \text{ mg/l}$), urmată de restabilizare, la doze de 6-30 mg/l. Pentru o concentrație mai mare a coloizilor (**S4**), limitele pentru neutralizarea sarcinii și coagularea indusă, se suprapun pentru doze mai mari de 20 mg/l.

În utilizarea diagramei de coagulare trebuie să se țină seama de următoarele:

- poziția zonei de restabilizare este în funcție de aria suprafeței particulelor

Zona de restabilizare, în figura 2.4, este delimitată de valori ale pH-ului cuprinse între 5.0-6.8 și doze de coagulant (alaun) cuprinse între 2-30 mg/l, aplicabile pentru ape cu concentrații de coloizi scăzute.

- restabilizarea și suprimarea anulării sarcinii poate avea loc ca urmare a cederii concentrației speciilor ca, PO_4^{3-} , HSiO_4^{3-} sau SO_4^{2-} , de exemplu acest fenomen poate să apară la o concentrație a ionului sulfat în apa brută de 10-14 mg/l
- creșterea semnificativă a concentrației materiilor organice naturale sub formă de substanțe humice poate modifica dozele de coagulant necesar pentru coagulare ducând la modificarea zonelor de coagulare prezentate în figura 2.4

2.4.2 Factori legați de calitatea apei tratate

pH și alcalinitate

pH-ul este unul dintre cei mai importanți factori deoarece el determină natura speciilor prezente și solubilitatea lor. Fiecare coagulant are un **pH optim de hidroliză** și legat de acesta un **pH optim de coagulare**. Doza de coagulant se alege astfel încât să se realizeze pH-ul optim de coagulare.

Hidroliza este un proces reversibil. Echilibrul hidrolitic este influențat de pH. La micșorarea pH-ului, el este deplasat spre formarea sărurilor bazice și hidroxizilor. La un pH mare, în cazul coagulanților pe bază de aluminiu, poate avea loc solubilizarea produșilor de hidroliză.

pH-ul poate influența și natura suspensiilor din apă, de exemplu, la pH mare acizii humici sunt transformați în humați solubili, care nu coagulează.

Alcalinitatea de asemenea joacă un rol important în procesul de coagulare deoarece influențează echilibrul hidrolitic, deplasându-se în sensul formării sărurilor bazice. La hidroliza sulfatului de aluminiu se eliberează protoni care consumă din alcalinitate.

Astfel, în cazul apelor cu alcalinitate ridicată, se utilizează acest fenomen pentru micșorarea pH-ului până la valoarea optimă, chiar dacă se utilizează un exces de coagulant. În cazul apelor cu alcalinitate scăzută, se pune problema invers, pH-ul optim de coagulare realizându-se prin adaosul unei baze sau a unui adjuvant de coagulare alcalin, cum este cazul aluminatului de sodiu.

Turbiditatea

Doza de coagulant nu depinde de concentrația suspensiilor din apă, în cazul coagulării nespecifice, și este subordonată regulii lui Schultze-Hardy.

Doza de coagulant depinde de concentrația fazei solide din apă, găsindu-se într-o relație stoechiometrică, în coagularea de adsorbție și flocație. Doza de coagulant și concentrația fazei solide se găsesc într-o relație stoechiometrică, atunci când acești doi parametri se află într-o dependență liniară.

Doza de coagulant în procesul de coprecipitare este în mare exces. Utilizarea excesului de coagulant în coagularea nespecifică nu are nici un efect, dar, în coagularea de adsorbție, el determină restabilizarea dispersiei coloidale, prin schimbarea sarcinii electrice, iar în flocație restabilizarea dispersiei coloidale datorându-se acoperirii totale a suprafețelor particulelor coloidale.

Excesul de coagulant în procesul de coprecipitare nu are nici un efect.

Culoarea și materiile organice

Materialul humic este principalul responsabil al culorii apei, el fiind un amestec complex de molecule, atât ca dimensiune, cât și ca compoziție chimică, cei mai frecvenți fiind acizii fulvici și humici. Aceste substanțe humice reprezintă aproximativ jumătate din carbonul organic total prezent în apele naturale. Ele sunt de natură coloidală și contribuie, deasemenea, la turbiditatea apei și la eficiența coagulării. Materialul humic poate fi îndepărtat, prin coagulare - floclare, prin adsorbție pe cărbune activ, metode care nu afectează structura lor, sau prin ozonizare, când este descompus în molecule mai mici.

Este în general recunoscut că, printr-o coagulare optimă, nu poate fi eliminată complet culoarea, dovadă că speciile colorate rămân sau revin în soluție. Materiile organice, în soluție, generează centrii care influențează alegerea dozei de coagulant, la fel ca și particulele anorganice.

Temperatura

Temperatura influențează procesul de coagulare, prin acțiunea pe care o exercită asupra hidrolizei. Viteza de hidroliză crește cu creșterea temperaturii.

Temperatura influențează unele proprietăți fizice ale apei, cum ar fi: vâscozitatea, solubilitatea, constantele de echilibru, valoarea pH-ului și cinetica diferitelor reacții.

În general, o scădere a temperaturii încetinește reacțiile chimice, frânează mișcarea browniană și micșorează posibilitatea de coliziune eficace, dar favorizează procesul de adsorbție. Solubilitatea hidroxidului de aluminiu, la 5⁰ C, este minimă la pH 7.0, pe când la 25⁰ C, pH-ul corespunzător este de 6.2.

2.4.3 Factori legați de condițiile tehnologice de tratare

Natura și doza de coagulant

Alegerea coagulantului este determinată de caracteristicile apei brute, rezultatele care se doresc a se obține (eliminarea culorii, a turbidității sau a substanțelor organice), modul de separare utilizat (decantare, flotație) în dependență de costul pe care-l reprezintă.

În practică, dozele aplicate sunt superioare dozelor minime teoretice pentru a asigura o precipitare abundentă a hidroxidului metalic și garantarea efectului de aglomerare.

Alegerea coagulantului și stabilirea dozei optime de aplicare se determină prin încercări de laborator, Jar test în funcție de turbiditate, indice de filtrabilitate, pH.

Principalii coagulanți utilizați în tratarea apelor în vederea potabilizării sunt sărurile de aluminiu și sărurile de fier.

Sulfatul de aluminiu

Formula $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, masă molară 666 g/mol

Forme disponibile.....solid sau lichid

Doze uzuale de tratare.....10 – 150 g/m³ sub formă de soluții cu concentrații de 100 -200 g/l

Domeniu de pH.....5.7 – 7.5

Generalități, caracteristici, performanțe:

- cel mai utilizat coagulant pentru producerea apei potabile
- produs acid puțin periculos
- grad de eliminare a turbidității și materiilor organice 70%
- reduce puternic pH-ul și alcalinitatea apei

Aluminatul de sodiu

Formula $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Forme disponibile.....solid sau lichid

Doze uzuale de tratare.....10 – 40 g/m³ de NaAlO₂ în pH acid

Domeniu de pH.....5.7 – 7.5

Generalități, caracteristici, performanțe:

- utilizat în producerea apei potabile
- preferat sulfatului de aluminiu atunci când apa tratată este acidă
- mărește pH-ul apei
- poate fi utilizat pentru ajustarea pH-ului în locul laptelui de var
- produs puternic alcalin

Policlorura bazică de aluminiu(PCBA) sau polihidroxiclorura de aluminiu

FormulaAl_n(OH)_p(Cl)_{3n-p}

Forme disponibile.....lichid

Doze uzuale de tratare.....10 – 100 g/m³ pentru un domeniu de pH relativ extins

Generalități, caracteristici, performanțe:

- se utilizează în doze mai mici în raport cu sulfatul de aluminiu
- nu modifică deloc pH-ul și alcalinitatea temporară deoarece în momentul hidrolizei sale este prepolimerizat
- reacționează foarte repede cu apa
- asigură o bună eliminare a materiilor organice

Polihidroxiclorosulfatați de aluminiu sau policlorosulfatați bazici de aluminiu

FormulaAl_m(OH)_n(SO₄)_k(Cl)_{3m-n-2k}

Forme disponibile.....lichid

Doze uzuale de tratare..... 10 – 100 g/m³

Domeniu de pH..... 6.0 – 9.0

Generalități, caracteristici, performanțe:

- se utilizează în doze mai mici în raport cu sulfatul de aluminiu, exprimat în mol de Al
- modifică puțin pH-ul și alcalinitatea temporară deoarece în momentul hidrolizei sale este prepolimerizat
- reacționează foarte repede cu apa
- asigură o bună eliminare a materiilor organice

Clorura ferică

FormulaFeCl₃·6H₂O (solidă), FeCl₃ 35% (soluție)

Forme disponibile.....solid, lichid, sublimat

Doze uzuale de tratare.....5 – 100 gFe/m³ sub formă de soluție comercială sau diluată 20%

Domeniu de pH.....5.0 – 8.5

Generalități, caracteristici, performanțe:

- produs acid și coroziv
- are afinitate mai mare pentru substanțele humice decât sulfatul de aluminiu, este mai eficient în calitate de decolorant
- este utilizat în cazul apelor puternic colorate și puțin mineralizate

Clorosulfatul feric

Formula FeClSO_4 , masă molară 187 g/mol

Forme disponibile.....lichid

Doze uzuale de tratare.....5 – 100 gFe/m³ sub formă de soluție comercială sau diluată 20%

Domeniu de pH.....5.0 – 8.5

Generalități, caracteristici, performanțe:

- produs acid
- se utilizează în general o doză inferioară celei de sulfat de aluminiu

Sulfatul feric

Formula $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, masă molară 562 g/mol

Forme disponibile..... lichid, solid

Doze uzuale de tratare.....10 – 100 gFe/m³

Domeniu de pH.....5.0 – 8.5

Generalități, caracteristici, performanțe:

- produs coroziv

Sulfatul feros

Formula $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, masă molară 278 g/mol

Forme disponibile..... lichid

Doze uzuale de tratare.....10 – 40 gFe/m³, cu soluții de 200 g/l

Domeniu de pH.....5.0 – 8.5

Generalități, caracteristici, performanțe:

- produs acid mai puțin periculos
- utilizat pentru ape cu pH mai mare de 7.8
- manganul este principala impuritate pe care o conține (maxim 3 g/l), motiv pentru care va trebui deci aplicată o doză de tratare care să nu antreneze o concentrație de mangan mai mare de 50μg/l

Amestecarea rapidă

Injecția coagulantului este necesar să se facă extrem de energic, 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 instabilității speciilor policationice care au tendința de a hidroliza, ceea ce defavorizează total procesul de coagulare.

Se recomandă ca injectarea să se facă într-un loc turbulent, caracterizat de un gradient al vitezei important, pentru a garanta întreaga sa eficacitate gradientul de viteză trebuie să fie cuprins între 400-1000 s⁻¹.

Natura și doza floclanților sau adjuvanților de coagulare

Realizarea unei bune floclări este condiționată de trei parametri:

- tipul de floclant și doza optimă de floclant, care se determină prin încercări de laborator prin metoda Jar test
- temperatura, influențează etapa de floclare pericinetică (amestecare rapidă) prin numărul de ciocniri eficiente dintre particule (microflocoane)

Scăderea temperaturii duce la scăderea numărului de ciocniri eficiente datorită creșterii vâscozității apei, efectul fiind scăderea eficienței decantării.

- durata și gradientul de viteză, în cazul floclării ortocinetice (amestecare lentă) condiționează desfășurarea procesului de mărire a dimensiunilor floconului

Pentru garantarea unei bune decantări (mărime, densitate, coeziune) a floconului trebuie găsit un gradient de viteză optim (100 s⁻¹). Așadar, trebuie găsit un echilibru între frecvența ciocnirilor dintre microflocoane și ruperea lor mecanică.

Floclanți minerali. Silicea activă

Formula(Na₂O·SiO₂)_n, cu n= 1-4

Doze uzuale de tratare.....0.5 - 4 g/m³

Generalități, caracteristici, performanțe:

- se prepară in situ, prin activarea silicatulului de sodiu cu sulfat de aluminiu
- principalul inconvenient al acestui produs este că se poate gelifia, inclusiv în faza de preparare, fenomen care este strâns legat de pH.

Dacă neutralizarea este insuficientă (pH alcalin) produsul este inactiv, dacă neutralizarea este excesivă (pH acid) duce la formarea gelului. Se recomandă în general un pH de neutralizare de 8.5.

- Silicea activă dă rezultate bune mai ales atunci când este asociată cu sulfatul de aluminiu în cazul apelor limpezi și reci.
- Ea blochează filtrele la suprafață, formând în stratul filtrant un „pat” de nămol care împiedică deplasarea în profunzime a particulelor. Această „blocare” previne eventualele fenomene de crăpare a filtrelor care pot fi responsabile pentru scăpări masive de aluminiu în apa tratată.

Floculanți naturali organici. Alginați (AQUALGINE)

Aceștia sunt polimeri extrași din produși naturali, fie utilizați ca atare, fie modificați pentru creșterea acțiunii lor.

Formula $(C_6H_8O_7Na_2)_n$

Forme disponibile..... solid

Doze uzuale de tratare..... $0.5 - 2g/m^3$, concentrația maximă a dispersiei 1 g/l, eficacitatea sa nu este afectată de către pH-ul apelor

Generalități, caracteristici, performanțe:

- dispersiile de alginat sunt caracterizate prin puterea lor de îngroșare, gelifiere și filmogenă
- prezintă un puternic caracter anionic
- se recomandă ca la prepararea soluțiilor să se utilizeze apă cu duritate mică
- este eficace ca adjuvant de floculare cu sărurile ferice
- este recomandat în cazul apelor cu turbiditate mare, în caz de floculare incompletă permite obținerea unui flocon dens, bine omogenizat și asigură o bună coeziune a nămolurilor

Floculanți sintetici organici

Floculanții sintetici organici sunt polimeri organici de sinteză, denumiți și polielectroliți. Floculanții sintetici organici se obțin din macromolecule polimerizate obținute din monomeri de sinteză. Masa lor moleculară este importantă, putând ajunge până la zeci de milioane. Sunt caracterizați de repartitia lor în funcție de masa moleculară și sarcină. Se disting astfel polimeri, anionici, neionici și cationici.

Forme disponibile..... solidă, în soluție sau în emulsie

- Anionici, încărcăți negativ, aceștia sunt printre alții, copolimeri acrilat-acrilamidă cu masă moleculară cuprinsă între 2 și 10 milioane.
- Neionici, aceste specii nu sunt încărcate, sunt în general poli(acrilamide cu masă moleculară foarte mare (mai mare de 10 milioane).
- Cationici, încărcăți pozitiv, sunt copolimeri de acrilamida și de monomer cationic. Nu sunt agreeți pentru producerea apei potabile.

Doze uzuale de tratare..... $0.05 - 0.5g/m^3$

Generalități, caracteristici, performanțe:

- Adăosul polielectroliților organici în completarea sărurilor de aluminiu care sunt utilizate în calitate de coagulanți primari în procesul de destabilizare a suspensiilor coloidale, permite accelerarea procesului de decantare și diminuarea dozelor de coagulant în funcție de calitatea fizico-chimică și biologică a apei tratate.
- În cazul poli(acrilamidelor există riscul existenței monomerului nereacționat în timpul polimerizării și care prezintă o anumită toxicitate, fapt pentru care au fost definite limite de utilizare. Concentrația maxim admisibilă în apa de băut pentru acrilamidă este de $0.25\mu g/l$ conform OMS-IPCS. În scopul

obținerii concentrației maxim admise de acrilamidă în apa potabilă, cantitatea de monomer de acrilamidă în poli-acrilamida folosită trebuie limitată la 0.05%.

- În cazul polimerilor solizi prepararea soluției de lucru este anevoioasă (dizolvare în 1-3 ore) cu respectarea unor condiții de lucru stricte.
- Soluțiile mumă ale acestor produse sunt foarte vâscoase.
- Îmbunătățesc net performanțele decantoarelor, mai ales pentru anumite ape (cu turbidități mari), la nivelul de coeziune al nămolurilor.
- Introduse în filtru de nisip după adăugarea sulfatului de aluminiu, ele permit uneori creșterea considerabilă a vitezei de filtrare.

2.5 Obiectivele procesului de coagulare-floculare [6, 8, 15, 21, 34, 43, 52]

Obiectivele clasice dorite a fi atinse prin coagulare-floculare sunt următoarele:

- Obținerea unei turbidități minime.
- Obținerea unei culori minime.
- Posibilitatea unei dezinfectii finale eficiente, care este strâns legată de valoarea turbidității și de pH-ul final al apei tratate.
- Obținerea unor flocule de calitate bună.

Floculele rezistente mecanic regimului hidrodinamic și agitației termice sunt ușor de eliminat prin decantare și filtrare. Doza de coagulant se va alege astfel încât să nu conducă la un volum exagerat de nămol și la colmatarea rapidă a filtrelor.

- Obținerea unui pH final optim al apei, egal cu pH-ul de echilibru al apei, pH la care apa nu depune și nu dizolvă carbonatul de calciu.

Pentru realizarea acestei valori de pH se adaugă reactivi. Se va evita o postprecipitare la adaosul reactivilor atât în rezervorul de stocare cât și în rețea.

- Obținerea unei concentrații minime a aluminiului rezidual, care în apa potabilă trebuie să fie sub 50 $\mu\text{g/l}$.
- Obținerea unei concentrații minime de THM, care în apa potabilă trebuie să fie sub 100 $\mu\text{g/l}$.

Substanțele humice sunt recunoscute ca fiind precursori ai THM, fiind de menționat faptul că nu întotdeauna culoarea este un indiciu a prezenței acizilor humici. Din acest motiv se recomandă, pentru stabilirea conținutului acestora, carbonul organic total asociat cu absorbția luminii la 254 nm, absorbția în UV indicând mai corect prezența acizilor humici. Eliminarea carbonului organic total prin coagulare este de ordinul a 30% și evident este mai mică decât cea corespunzătoare conținutului de acizi humici, care poate reprezenta 80%. Dar, o coagulare cu sulfat de aluminiu favorizează adsorbția acestora pe cărbune activ.

- Obținerea unei coagulari eficiente la temperaturi scăzute.

Temperatura scăzută afectează mult eficiența procesului de coagulare. Astfel, la o scădere a temperaturii de la 4.5 la 4.0°C, turbiditatea apei crește considerabil, atât în cazul coagulării cu sulfat de aluminiu, cât și în cazul coagulării cu clorură ferică. Această eficiență scăzută se menține chiar după creșterea dozei de coagulant.

Dacă la temperatură scăzută turbiditatea apei filtrate crește, iar a apei brute este mică, este de dorit o diminuare a dozei de sulfat de aluminiu. O supradozare nu conduce decât la creșterea conținutului de aluminiu rezidual în apa tratată.

Pentru exploatarea stațiilor de tratare, afectate de variații mari de temperatură ale apei brute, este importantă o tehnologie de tratare flexibilă care să permită o adaptare ușoară și eficace diferitelor condiții.

Capitolul 3

Automatizarea și optimizarea proceselor tehnologice de tratare a apei în vederea potabilizării

3.1 Conceptul de automatizare [25, 26, 27, 28, 29, 30, 22, 23, 31, 32, 43]

Automatizarea unui proces tehnologic constă în dotarea instalației tehnologice cu anumite echipamente tehnice speciale în vederea efectuării automate a operației de conducere a acestuia în condiții prestabilite.

Principalele operații impuse de automatizare sunt:

- măsurarea sau determinarea prin calcul a principalelor variabile ale procesului condus
- semnalizarea depășirii anumitor limite de către anumite variabile ale procesului
- reglarea la o anumită valoare, constantă sau modificabilă, a uneia sau a mai multor variabile supuse influenței perturbațiilor
- modificarea programată a unor variabile
- modificarea sau menținerea unor rapoarte determinate între anumite variabile ale procesului
- menținerea unor variabile sau funcții de variabile la o valoare extremă maximă sau minimă
- protecția instalației în caz de avarie sau pericol

Automatizarea poate fi implementată în numeroase variante de realizare, funcție de următorii parametri:

- natura procesului automatizat
- gradul de cunoaștere respectiv cantitatea de informații avută la dispoziție referitoare la procesele tehnologice respective
- echipamentele tehnice puse la dispoziție de firmele producătoare
- gradul de pregătire profesională a personalului de proiectare și de exploatare

Indiferent de varianta de realizare, întotdeauna automatizarea este și o problemă de optimizare. Când se implementează o operație de automatizare trebuie să fie aleasă soluția optimă de automatizare, trebuie să fie alese echipamentele tehnice optime pentru procesul tehnologic respectiv și trebuie să se aleagă operarea optimă a echipamentelor tehnice alese.

Automatizarea reprezintă în ultima instanță cea mai înaltă treaptă de conducere care poate să asigure performanțe ridicate pentru procesul condus.

Automatizarea se definește ca operația de introducere într-un flux tehnologic a unor echipamente speciale cu scopul de a realiza conducerea procesului respectiv.

Procesul (**P**) este instalația tehnologică sau utilajul asupra căruia se realizează operația de automatizare. Procesul este caracterizat prin una sau mai multe variabile măsurabile care trebuie menținute la o anumită valoare, modificabilă după anumite legi prestabilite.

Dispozitivul de automatizare (**DA**) sau de conducere (**DC**) este ansamblul echipamentelor tehnice care se atașează procesului în vederea realizării operației de automatizare.

Sistemul automat (**SA**) este ansamblul alcătuit din proces și dispozitivul de automatizare:

$$SA = P + DA$$

Elementul de reglare (**ER**) este orice element component din cadrul sistemului automat în interiorul căruia se transmite o anumită informație. Elementul de reglare prezintă o variabilă de intrare, i , care este de obicei o variabilă independentă și o variabilă de ieșire, e , care este o variabilă dependentă. Elementul de reglare stabilește o anumită dependență în regim static și dinamic între cele două variabile de intrare și de ieșire. Schema bloc a unui sistem automat este prezentată în figura 3.1.

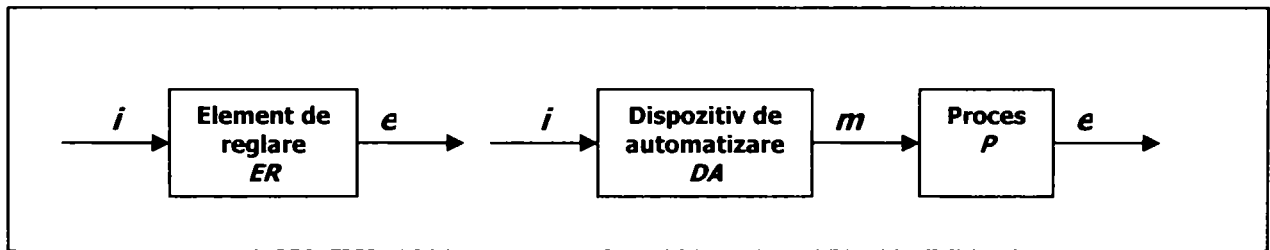


Figura 3.1: Schema bloc a unui sistem automat.

Sistemul se definește ca un ansamblu de elemente aflate în interacțiune, căruia îi sunt specifice o anumită organizare și un anumit scop. Interacțiunile din interiorul unui sistem reprezintă fluxuri de masă, energie sau informații. Ceea ce nu aparține unui sistem este numit mediu înconjurător sau mediu exterior. Între sistem și mediul exterior există de regulă schimburi permanente de masă, energie sau informație. Fluxurile care intră sau ies din sistem sunt utilizate drept comenzi.

Comenziile și perturbațiile asociate unui sistem reprezintă mulțimea variabilelor independente numite și **variabile de intrare (i)**. Mărimile asociate calității produselor și uneori cantității acestora reprezintă mulțimea variabilelor dependente, respectiv **variabile de ieșire (e)**.

Autoreglarea este proprietatea internă a sistemului de a-și menține starea curentă egală cu o anumită stare de referință fără nici o intervenție din afara sistemului. Toate sistemele automate care au conectat dispozitivul de automatizare în opoziție cu procesul sunt sisteme cu autoreglare sau sisteme de reglare automată (**SRA**). Variabila de intrare este uneori denumită și valoare prescrisă sau valoare dorită (x_p), iar variabila de ieșire, mărime reglată sau parametru reglat (x). În figura 3.2 este prezentată schema bloc a unui sistem de reglare automată.

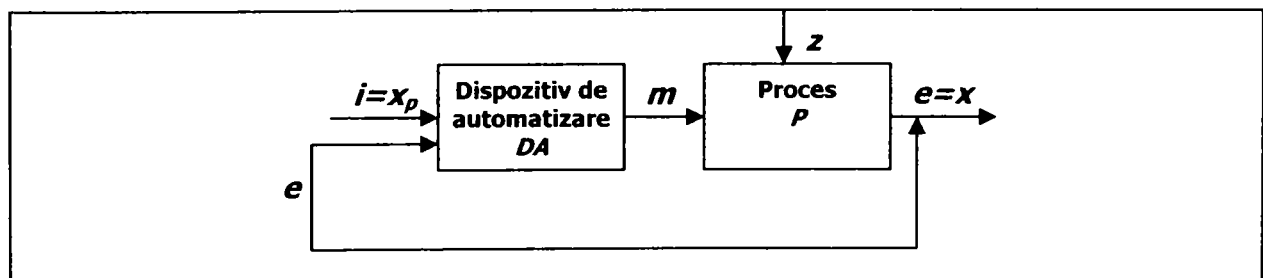


Figura 3.2: Schema bloc a unui sistem de reglare automată.

Mărimea fizică prin intermediul căreia dispozitivul de automatizare acționează asupra procesului poartă numele de **mărime de execuție (m)**.

Principial, dispozitivul de automatizare este alcătuit din trei părți:

- elementul de măsurare (**M**), este partea dispozitivului de automatizare care vine în contact direct cu procesul, urmărind în mod continuu variația variabilei de ieșire
- regulatorul sau elementul calculator (**R**) este un microcalculator, care calculează abaterea (**$i - e$**) și prelucrează matematic această abatere după o anumită ecuație de dependență
- elementul de execuție (**E**) este partea dispozitivului de automatizare care acționează direct asupra procesului prin modificarea mărimii de execuție.

Schema bloc a dispozitivului de automatizare este prezentată în figura 3.3.

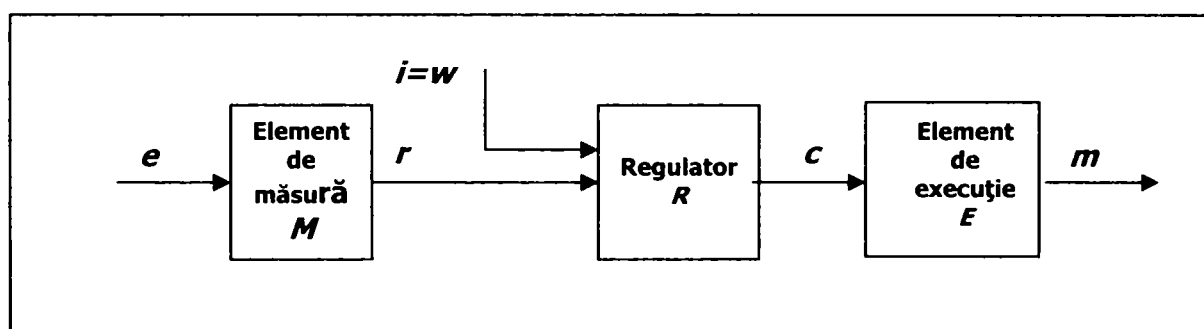


Figura 3.3: Schema bloc a dispozitivului de automatizare.

Variabila de ieșire a elementului de măsurare poartă numele de **mărime de reacție (r)**. Variabila de ieșire a regulatorului este **mărimea de comandă (c)**. Variabila de intrare întregul sistem sau pentru regulator poartă numele de **mărime de referință (w)**. Variabila de ieșire a elementului de execuție, care acționează direct asupra procesului poartă numele de **mărime de execuție (m)**.

3.2 Conceptul de optimizare [64, 65, 66, 68, 69, 72, 100, 109]

A optimiza înseamnă a găsi într-o problemă sau o situație de decizie, soluția care, dintr-un anumit punct de vedere prestabilit, este cea mai avantajoasă dintre toate soluțiile posibile.

Astfel, optimizarea poate fi definită ca modalitatea de determinare și realizare a unei stări speciale a unui sistem dat, stare care este cea mai favorabilă dintr-un anumit punct de vedere.

Practic, obiectivul optimizării constă în determinarea modului de acțiune și tipul de acțiune care trebuie să aibe loc asupra unui sistem dat, cu scopul obținerii celui mai favorabil rezultat din punct de vedere calitativ și tehnico-economic.

Din aceste definiții rezultă următoarele:

1. Pentru realizarea optimizării este necesar ca în problema analizată să existe mai multe soluții posibile, dintre care va fi aleasă cea mai bună. Dacă se pune problema proiectării sau exploatarei unui sistem tehnic, condiția de mai sus presupune că în sistemul respectiv există niște variabile disponibile, care pot lua după dorință una sau mai multe valori posibile. Acestea poartă numele de

variabile de decizie. Numărul variabilelor de decizie, într-o problemă de optimizare, dă dimensiunea problemei respective.

2. Este necesar să se definească riguros un anumit punct de vedere din care se realizează optimizarea. Acest punct de vedere, trebuie să poată lua forma unei variabile, funcție sau funcționale pentru a putea aprecia eficiența diferitelor soluții posibile, respectiv a diferitelor seturi de valori date variabilelor de decizie.

Punctele de vedere care permit aprecierea și chiar măsurarea eficienței diferitelor soluții poartă numele de **criteriu de optimizare**. El este exprimat sub forma unei variabile, funcții sau funcționale și poartă numele de **funcție scop** sau **funcție obiectiv**.

În orice problemă de optimizare se cere stabilirea acelor valori ale variabilelor de decizie care asigură, după caz, valoarea cea mai mare sau cea mai mică a criteriului de optimizare. Deci, orice problemă de optimizare este o problemă de **extrem**.

Ansamblul acelor valori ale variabilelor de decizie care asigură valoarea optimă (cea mai mare sau cea mai mică cu putință) a criteriului de optimizare poartă numele de **politică optimă** sau **soluție optimă**.

3. Optimizarea este un caz particular al perfecționării sau îmbunătățirii unui sistem și anume perfecționarea sau îmbunătățirea maxim posibilă.

În probleme de optimizare intervin întotdeauna restricții care fac ca soluția optimă să se poată găsi numai într-o anumită porțiune din spațiul n - dimensional al variabilelor de decizie, numit **domeniu admisibil** sau **domeniu de căutare**.

Varietatea și complexitatea funcțiilor scop și a restricțiilor care pot interveni au dus la elaborarea unui număr mare de metode sau tehnici de optimizare. Aceste metode se împart în patru mari clase:

- **Metoda enumerării exhaustive**, constă în calcularea funcției scop pentru un număr mare de valori ale vectorului de decizie $\bar{x} (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N)$ unde x_i sunt variabilele de decizie. Este o metodă care, datorită volumului mare de calcule, se utilizează destul de rar.
- **Metodele clasice de optimizare**, sunt aplicabile în principiu, la funcții scop definite, continue și derivabile. Metodele se lovesc de dificultăți crescânde pe măsură ce crește numărul variabilelor de decizie și al restricțiilor.
- **Metodele numerice** numite și **de căutare directă** sau de „cățărare pe deal”. Aceste metode reprezintă experimente numerice planificate prin care se înaintează pas cu pas, prin îmbunătățiri succesive, spre extremul căutat.
- **Metode de programare**, care sunt metode de mare eficiență care presupun, de regulă, utilizarea calculatoarelor numerice.

În concluzie, fazele optimizării sunt:

1. Elaborarea modelului matematic al sistemului.

2. Construirea funcției scop sau a funcției obiectiv, care este expresia analitică a criteriului de optimizare pe care l-am ales, ea arătând dependența dintre mărimea a cărei valoare trebuie adusă la optim și variabilele modelului matematic.

3. Efectuarea calculelor necesare pentru determinarea efectivă a optimului prin calcul diferențial clasic, prin metoda de căutare numerică a optimului, prin metode de programare.

4. Aplicarea soluției pe sistem și verificarea rezultatului obținut.

3.3 Modelul matematic al unui proces [52, 53, 54, 70, 72, 99, 100]

Modelul matematic al unui proces este un ansamblu de relații matematice, ecuații și inecuații care caracterizează interdependența dintre parametrii constructivi și funcționali ai sistemului. Existența inecuațiilor în model se datorează unor restricții cu caracter fizico-chimic, tehnologic sau constructiv.

Problemele care se pun la elaborarea unui model matematic sunt următoarele:

- este necesar să descriem interdependențele dintre variabile în regim dinamic sau ne putem limita la regimul staționar
- ce considerații tehnico-economice trebuie avute în vedere
- la elaborarea modelului matematic vom folosi legile fizico-chimice care guvernează procesul sau vom stabili ecuațiile pe cale experimentală
- care va fi criteriul de apreciere a calității modelului
- cum vom folosi cunoștințele care le avem despre proces, cum vom dobândi cunoștințele care ne lipsesc
- cum vom simplifica relațiile

Modelele matematice se pot clasifica după:

1. modul de modificare a variabilelor procesului

- Modele matematice cu parametrii distribuiți, dacă variabilele procesului se modifică atât în timp cât și în spațiu sau dacă modificarea are loc doar în spațiu, dar pe mai mult de o singură dimensiune. Aceste modele se prezintă sub forma unor ecuații diferențiale cu derivate parțiale.
- Modele matematice cu parametri concentrați, dacă variabilele procesului nu se modifică decât în timp. Aceste modele se prezintă sub formă de ecuații diferențiale ordinare.

2. modul de deducere al relațiilor dintre variabile

- Modele analitice, bazate pe ecuații de conservare
- Modele experimentale sau empirice, bazate pe corelarea statistică a datelor experimentale
- Modele mixte, deduse parțial analitic și parțial experimental

Dacă modelul matematic (elaborat pe baza legilor fizico-chimice care guvernează procesul) este folosit pentru conducerea procesului cu calculatorul atunci este de dorit ca structura lui să fie cât

mai simplă, în caz contrar, calculatorul ar pierde prea mult timp pentru rezolvarea ecuațiilor. Din acest motiv se face liniarizarea și reducerea ecuațiilor pentru obținerea unor ecuații diferențiale ordinare. Coeficienții ecuației modelului matematic se vor obține din prelucrarea datelor experimentale.

În figura 3.4 este prezentat procesul de estimare al valorilor parametrilor modelului. Această estimare se poate face doar dacă este cunoscută structura modelului, acest model fiind valabil doar în limitele în care au fost modificate variabilele. De obicei calculul parametrilor se face pe baza unui criteriu de eroare, de cele mai multe ori fiind folosită eroarea medie pătratică.

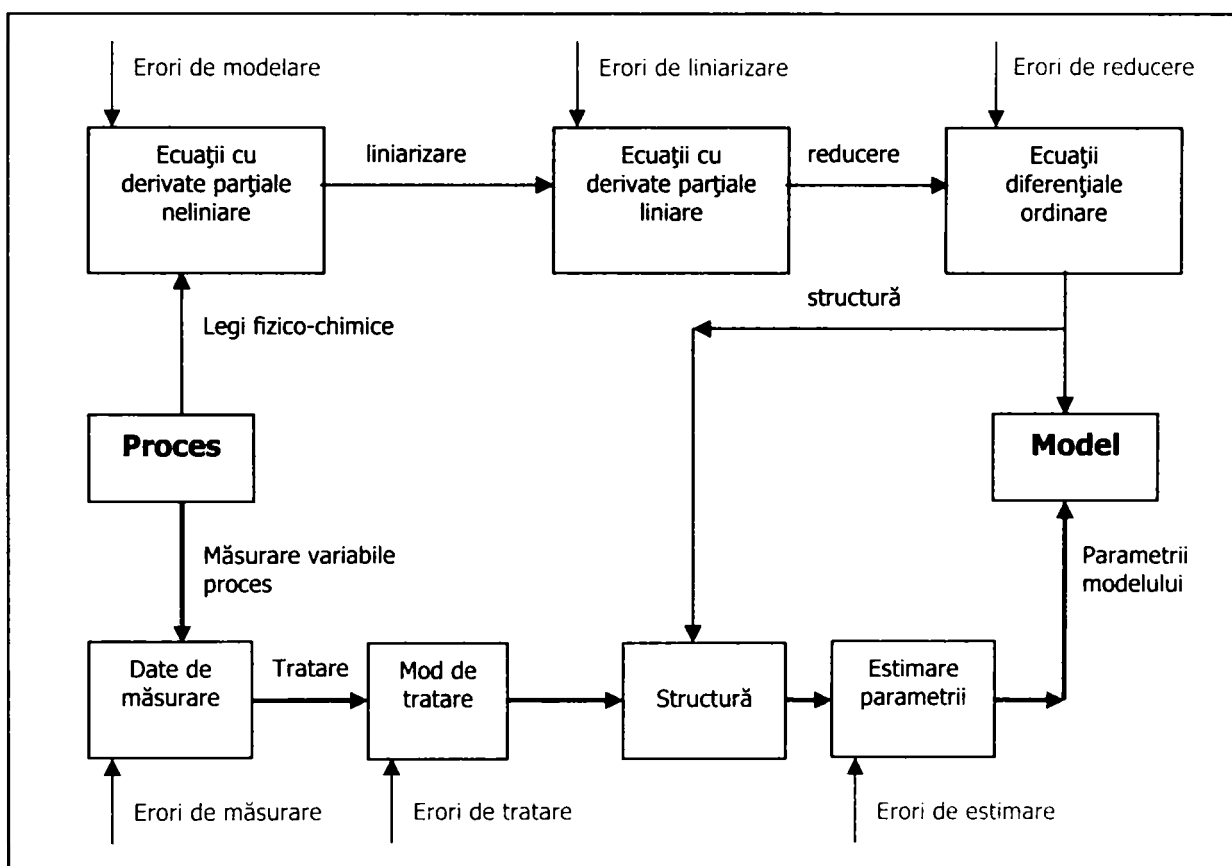


Figura 3.4: Procesul de estimare a valorilor parametrilor modelului.

De-a lungul timpului mulți cercetători au folosit datele privind calitatea apei râurilor pentru obținerea unor modele matematice care să determine doza de coagulant necesară tratării apelor din diferite surse în vederea potabilizării.

Cei mai importanți au fost Hernerbring (1987), Bazer-Bachi și colaboratorii (1990), Elias și colaboratorii (1991), Girou și colaboratorii (1992), Ratnaweera și Blom (1995). Modelele acestora au fost complexe, complexitatea modelului fiind în funcție de numărul parametrilor utilizați pentru stabilirea dozei de coagulant.

Procedura lui Hernerbring (1987), de exemplu, s-a bazat pe concentrația acizilor humici din apa brută (absorbanța 254nm) și măsurarea turbidității după adăugarea coagulantului, modelul rezultat fiind o ecuație liniară care poate înlocui metoda Jar test.

În 1990 Bazer-Bachi și colaboratorii au dezvoltat două modele (ecuații polinomiale) cu ajutorul cărora au determinat debitul de coagulant pentru o stație de tratare a apei în vederea

potabilizării din Franța. Primul model CALME ține seama de patru variabile (turbiditate, rezistivitate, temperatură și materiile organice) și este valabilă pentru turbidități scăzute (<20 NTU) în timp ce la al doilea model CRUES se adaugă a cincea variabilă (raportul dintre doza de coagulant necesară destabilizării „titrarea coloidală” și turbiditate) valabilă pentru turbidități mari ale apei brute.

Modelul dezvoltat în 1992 de Girou și colaboratorii (mulțime ordonată, structură, latice Doehlert) se bazează pe concentrația ionilor de calciu, bicarbonaților, ionilor sulfat, acizii humici, turbiditate, temperatură și pH.

Parametrii utilizați în modelul dezvoltat de Ratnaweera și Blom în 1995 (control multidimensional) au fost, debitul, timpul de sedimentare, temperatura, turbiditatea (apei brute și potabile), concentrația ortofosfatului în apa brută, pH-ul apei brute, conductivitatea apei brute. În modelul lor autorii nu au ținut seama direct de conținutul în materii organice. O reducere adecvată a turbidității prin coagulare-floculare duce indirect și la reducerea materiilor organice.

În concluzie putem spune că, construirea unui model matematic pentru determinarea dozei optime de coagulant este influențată de o mare varietate de parametri, de care trebuie sau nu să se țină seama, în funcție de calitatea sursei și tehnologia existentă. Astfel putem puncta următoarele:

1. Parametrii de calitate a apei brute din anumite surse nu variază semnificativ.
2. Unii parametri necesită doză mare de coagulant alții nu, influența minoră a unor parametri poate fi inclusă sau nu în construirea modelului.
3. Pentru unii parametri doza de coagulant este cunoscută, pentru alții nu.
4. Deoarece unii parametri sunt dificil de determinat în mod curent ei nu se vor introduce în model.
5. Pentru dezvoltarea unui model nu se recomandă utilizarea metodei Jar test care este o metodă de comparare a eficienței reactivilor de coagulare-floculare.

În 1990 Critchley și colaboratorii, stabilesc doza de coagulant prin metoda reglării în buclă deschisă, bazându-se pe măsurarea parametrilor de calitate a apei brute. Această metodă este limitată însă de monitorizarea apei brute. Compania de control al mediului din Aztec a dezvoltat un sistem, bazat pe metoda lui Critchley și colaboratorii, de conducere și control a procesului de coagulare de către un calculator, parametrii mășurați fiind culoarea, turbiditatea, coagulantul rezidual și alții. Acești parametri au fost mășurați prin intermediul unor sisteme de monitorizare comerciale de control on-line a calității apei. Pentru controlul procesului s-a utilizat o ecuație simplă și anume:

$$\text{Doza de coagulant} = K1 * \text{Culoare} + K2 * \text{Turbiditate} + K3$$

unde :

Culoare - reprezintă coloizii prezenți în apă

Turbiditate – turbiditatea apei brute

K1, K2, K3 – constante

K3, reprezintă influența pH-ului, conductivității și temperaturii. Conform autorilor (Critchley și colaboratorii, 1990) în acest algoritm pH-ul are un rol secundar ceea ce este contrar conceputului de corecție a pH-ului pentru optimizarea floculării. Ei susțin că acest algoritm este valabil pentru anumite tipuri de ape.

3.4 Instalații de cercetare și de mic tonaj [70, 72, 99, 100, 102, 113, 114, 115, 116, 117, 118]

Instalația de cercetare trebuie să confirme cu o anumită eroare o anumită lege sau un anumit fenomen care are loc în interiorul său. Pentru aceasta instalația de cercetare trebuie să prezinte anumite caracteristici statice, metrologice, tehnice și dinamice.

Instalațiile de cercetare și de mic tonaj sunt similare instalațiilor uzinale, deci ele funcționează având la bază una din cele două legi general valabile pentru categoria de sistem.

Legea reglării după abatere, exprimă faptul că un sistem își compară în permanență starea lui curentă cu o stare de referință și acționează în vederea eliminării diferenței dintre cele două stări, a abaterii ivite. Abaterile care intervin în starea sistemului își au cauzele în mediul în care se află sistemul, mediu ce acționează asupra sistemului prin așa numitele **mărimi de perturbație (z)**. În procesul complex de înlăturare a abaterii ivite, sistemul va atinge în final o nouă stare staționară, caracterizată printr-o înlăturare completă sau parțială a abaterii.

Legea reglării după perturbație, exprimă faptul că anumite sisteme pe baza observării continue a perturbațiilor la care sunt expuse, iau măsuri de compensare a efectului acestora imediat ce le sesizează, modificându-le în așa fel încât starea curentă a sistemului să nu se abată de la starea de referință (în acest caz este necesară cunoașterea unei relații matematice).

La modul general orice problemă de cercetare poate fi rezolvată din punct de vedere teoretic prin simulare pe calculator cu ajutorul unor programe existente și elaborate de către firme de tradiție.

Simularea pe calculator are la bază modelele matematice ale instalațiilor simulate, în care se fac o serie de aproximări prin impunerea unor condiții de limitare pentru parametri.

Orice cercetare teoretică, indiferent de domeniul în care este efectuată, nu este recunoscută științific decât dacă ea este verificată prin cercetare aplicată. Acesta este motivul pentru care nu se poate renunța la instalațiile de cercetare propriu-zise respectiv la instalațiile de mic tonaj.

De cele mai multe ori în instalația de cercetare se pune problema de a verifica practic o anumită ipoteză teoretică, referitoare la un anumit fenomen, la o anumită reacție sau la comportarea unui echipament. În ultimă instanță problema studiului se rezumă la urmărirea în timp a variației unui parametru reprezentativ pentru modelul matematic ce caracterizează fenomenul studiat.

Instalația de cercetare trebuie să se mențină la parametrii constanți atunci când apar mărimi de perturbație și să măsoare parametrul reprezentativ care interesează sau reflectă fenomenele luate

În discuție, cu o anumită precizie, ea trebuind să confirme cu o anumită eroare o anumită lege sau un anumit fenomen care are loc în interiorul său. Prin urmare, ca aceste instalații de cercetare să poată face acest lucru cu o precizie ridicată este necesară automatizarea lor.

Orice instalație de cercetare trebuie să prezinte patru tipuri de caracteristici și anume:

1. Caracteristici statice

- domeniul de măsură
- domeniul de supraîncărcare a instalației
- limita de siguranță

2. Caracteristici metrologice

- Precizia, reflectă gradul de exactitate al rezultatului tuturor măsurărilor în raport cu valorile reale a parametrilor. De precizia funcționării instalației de cercetare depinde precizia cu care se efectuează cercetarea respectiv precizia cu care este verificată o anumită problemă teoretică.
- Justețea, se referă la faptul că în orice moment instalația de cercetare trebuie să dea rezultate cât mai apropiate de valoarea parametrilor măsurați în interiorul ei.
- Fidelitatea, se referă la faptul de-a prezenta variații cât mai mici a rezultatelor cercetării la măsurarea repetată a mărimilor ce interesează în condiții identice de măsurare.
- Sensibilitatea, redă modul în care instalația de cercetare răspunde la influența mărimilor perturbatoare.
- Reproductibilitatea, proprietatea instalației de cercetare de a oferi în condiții identice, rezultate identice. Reproductibilitatea este unul din indicatorii care precizează gradul de precizie a cercetării.

3. Caracteristici tehnice

- Stabilitatea, constă în menținerea caracteristicilor metrologice constante în timp.
- Inerția, reflectă modul în care instalația de cercetare răspunde la influența factorilor perturbatori.
- Generalitatea, este caracteristica care se referă la faptul că pe baza determinărilor experimentale pentru o anumită problemă de cercetare rezultatul cercetării se poate extrapola și pentru cazuri generale.
- Fiabilitatea, caracteristica instalației de cercetare care se exprimă prin probabilitatea ca aceasta să-și îndeplinească funcția impusă în anumite condiții dinainte stabilite pe întreaga perioadă de cercetare. Ea se exprimă prin alte două caracteristici și anume: mentenabilitatea (se exprimă prin probabilitatea ca instalația de cercetare să poată fi supravegheată, întreținută și reparată într-o anumită perioadă de timp) și disponibilitatea (adică instalația de cercetare să fie în stare de funcționare în orice moment în perioada propusă pentru desfășurarea cercetării).

4. Caracteristica dinamică

În practică, pentru alegerea metodei de automatizare a instalației de cercetare trebuie cunoscută foarte bine comportarea dinamică a acesteia.

Instalațiile de cercetare sunt descrise cel mai bine prin așa numita comportare la transfer care se referă la: comportarea statică (comportare în regim staționar a instalației respective, când mărimile de intrare și ieșire sunt constante în timp) și comportarea dinamică (comportare în regim dinamic a instalației respective, care este descrisă de o ecuație de dependență între variația în timp a mărimii de ieșire și a celei de intrare).

Cel mai ușor comportarea dinamică a unei instalații de cercetare se poate determina pe cale experimentală când se utilizează semnale tip pentru variația mărimii de intrare $I(i(t))$. Ca rezultat al unui anumit tip de variație a mărimii de intrare se modifică și variabila de ieșire E . Variația mărimii de ieșire în timp se numește răspunsul acesteia la un anumit tip de variație a mărimii de intrare. Cele mai utilizate tipuri de variații a mărimii de intrare sunt:

1. **Semnalul impuls**, constă în creșterea sau descreșterea bruscă a mărimilor de intrare, urmată de revenirea tot atât de bruscă la valoarea inițială.

2. **Semnalul treaptă**, constă în variația în salt a mărimii de intrare după care aceasta rămâne constantă la noua valoare.

3. **Semnalul rampă**, constă în creșterea sau scăderea cu viteză constantă a mărimii de intrare.

4. **Semnalul frecvență**, constă într-o variație continuă sinusoidală a mărimii de intrare, această variație impunând cu timpul și mărimi de ieșire a oscilației de amplitudini constante, dar cu o anumită întârziere față de oscilațiile mărimilor de intrare. Această întârziere denotă existența unui defazaj între cele două oscilații. La ieșire se obține aceeași frecvență a oscilației, amplitudinea oscilației fiind în funcție de frecvență.

3.5 Elaborarea planului de automatizare pentru o instalație de cercetare [54, 70, 99]

Fiecare instalație de cercetare este o particularitate, a unei anumite instalații sau unui anumit utilaj. Particularitatea este dată de fenomenele, fizico-chimice, cinetice, termodinamice, hidraulice care au loc în instalația respectivă.

•• Elaborarea unui plan de cercetare pentru o instalație de laborator(pilot), presupune parcurgerea următoarelor etape:

1. întocmirea studiului teoretic asupra problemei care face obiectul cercetării

În această etapă se precizează, fenomenele cinetice, termodinamice, termochimice șamd. care au loc, problemele de transfer de masă și energie, scopul pentru care se fac determinările experimentale, pe baza ipotezelor teoretice domeniile de variație a principalilor parametri care pot influența fenomenele care au loc în instalația de cercetare.

2. determinarea celui mai bun model matematic care definește instalația/procesul cercetat

3. identificarea instalației de cercetare în raport cu principiile automatizării și anume precizarea tipurilor de elemente de reglare ce intră în componența instalației de cercetare

4. precizarea sistemelor automate utilizate ca: sisteme de reglare automată, sisteme de măsurare, sisteme de protecție, sisteme de avarie, sisteme de blocare

5. identificarea principalilor parametrii perturbatori la care este expusă instalația de cercetare și efectuarea unui studiu de sensibilitate în vederea ierarhizării influenței acestora asupra eronării datelor experimentale finale obținute

Studiul de sensibilitate va stabili procentual ce grad de influență are asupra variabilei de ieșire fiecare mărime perturbatoare în parte.

În urma studiului de sensibilitate pentru mărimile de perturbație ce au o influență mai mare de 10% se vor prevedea sisteme de stabilizare prin reglarea automată a acestora.

6. alegerea echipamentelor de automatizare care se face în funcție de modelul matematic obținut la punctul 2

7. prelucrarea matematică a rezultatelor obținute

În funcție de complexitatea modelului matematic prelucrarea datelor experimentale se face, prin calcul de regresie liniară sau neliniară (metoda celor mai mici pătrate, coeficient de corelare, deviație standard), sau cu calculatorul unde intervin operații de integrare, derivare sau matriciale.

Pentru ca automatizarea unei instalații să fie **eficientă**, condiția principală este ca alegerea echipamentelor de automatizare să fie evaluată în concordanță directă cu modelul matematic al instalației de cercetare și cu criteriul de eroare impus modelului matematic ce aproximează instalația. Cu cât criteriul de eroare este mai mic cu atât șansa unor rezultate experimentale corecte este mai mare.

8. compararea studiilor teoretice efectuate inițial cu rezultatele obținute în urma prelucrării datelor experimentale

Rezultatele obținute pot confirma sau infirma o bază teoretică. Gradul de confirmare sau infirmare a unei teorii depinde în proporție de 60% de gradul de automatizare corectă a unei instalații de cercetare.

Capitolul 4**Studiu de caz cu privire la automatizarea și optimizarea procesului de tratare cu reactivi chimici****4.1 Introducere [4, 14, 29, 85, 90, 91]**

Profilul de activitate al Stației de Tratare(**ST**) constă în tratarea apei captate din râul Bega în vederea potabilizării, înmagazinarea și pomparea acesteia în rețeaua de distribuție a municipiului Timișoara.

În 16 decembrie 1959 a fost pusă în funcțiune Stația de tratare a apei captate din râul Bega în vederea potabilizării cu o capacitate de tratare de 120 l/s. În perioada anilor 1965- 1976, aceasta a suferit trei etape de dezvoltare ajungând la o capacitate totală de tratare de 1380l/s. Datorită creșterii cerinței de apă în 1980 s-a pus în funcțiune o nouă Stație de Tratare amplasată pe malul stâng al râului Bega amonte de Uzina Hidroelectrică și vechea Stație de Tratare, cu capacitatea de tratare de 900l/s care a fost extinsă în 1994 ajungând la o capacitate totală de tratare de 1290l/s.

Astfel, capacitatea totală de tratare a apei râului Bega în vederea potabilizării în 1994 a ajuns la 2670l/s.

Dar, aceste etape s-au dezvoltat păstrând aceiași tehnologie, la nivelul anilor '50, nu s-a avut în vedere progresele tehnice realizate atitudine determinată de insuficienta atenție acordată condițiilor de calitate al apei potabile, urmărindu-se în special aspectul cantitativ.

În aceste condiții era evidentă imposibilitatea realizării parametrilor de calitate, în special în anumite perioade ale anului, cu atât mai mult a parametrilor noi impuși ca: aluminiul rezidual, trihalometani șamd.

Specific, surselor de suprafață este variația calității lor, condiții în care asigurarea parametrilor de calitate se poate realiza prin flexibilitatea tehnologiei de tratare și/sau utilizarea unor reactivi noi de tratare care pot mării flexibilitatea.

Îmbunătățirea tehnologiei de tratare existentă se poate face prin, realizarea unor instalații noi sau retehnologizarea celei existente prin modernizare/optimizare. Modernizarea/optimizarea tehnologiei de tratare existente presupune:

- înlocuirea unor utilaje cu altele mai performante
- creșterea flexibilității utilajelor în flux, ce presupune, o cunoaștere temeinică a fiecărei operații, cunoașterea factorilor care influențează operațiile respective și implicit a parametrilor care pot fi modificați respectiv limitele în care este necesară modificarea acestora
- completarea cu operații noi
- automatizarea unor faze ale procesului tehnologic
- utilizarea unor reactivi noi

Principalele elemente care stau la baza re tehnologizării stației de tratare existentă sunt:

1. evoluția calității sursei între alegerea și construcția filierei de tratare și momentul re tehnologizării prin analiza și valorificarea datelor existente

În figura 4.1 este prezentată evoluția calității râului Bega în ceea ce privește parametrul turbiditate.

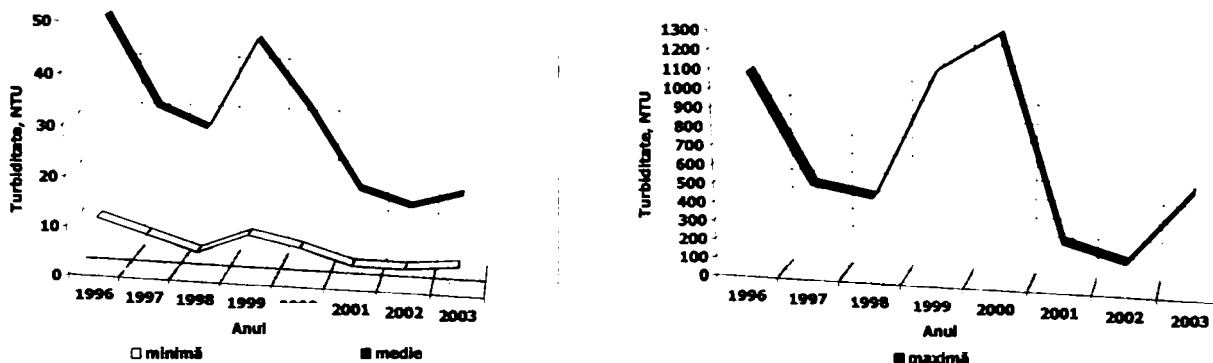


Figura 4.1: Evoluția turbidității râului Bega.

2. prognoza calității sursei în următorii 20-30 ani

Cel mai important factor care poate influența calitatea râului Bega, sursă de suprafață, este factorul climatic. Din punct de vedere statistic, în perioada 1881-2003 au existat patru secete importante, însă durata secetelor a crescut în timp de la 12-13 ani la 21 ani în perioada 1982-2003 datorită schimbărilor climatice.

În figura 4.2 este prezentată periodicitatea regimului meteorologic și hidrologic.

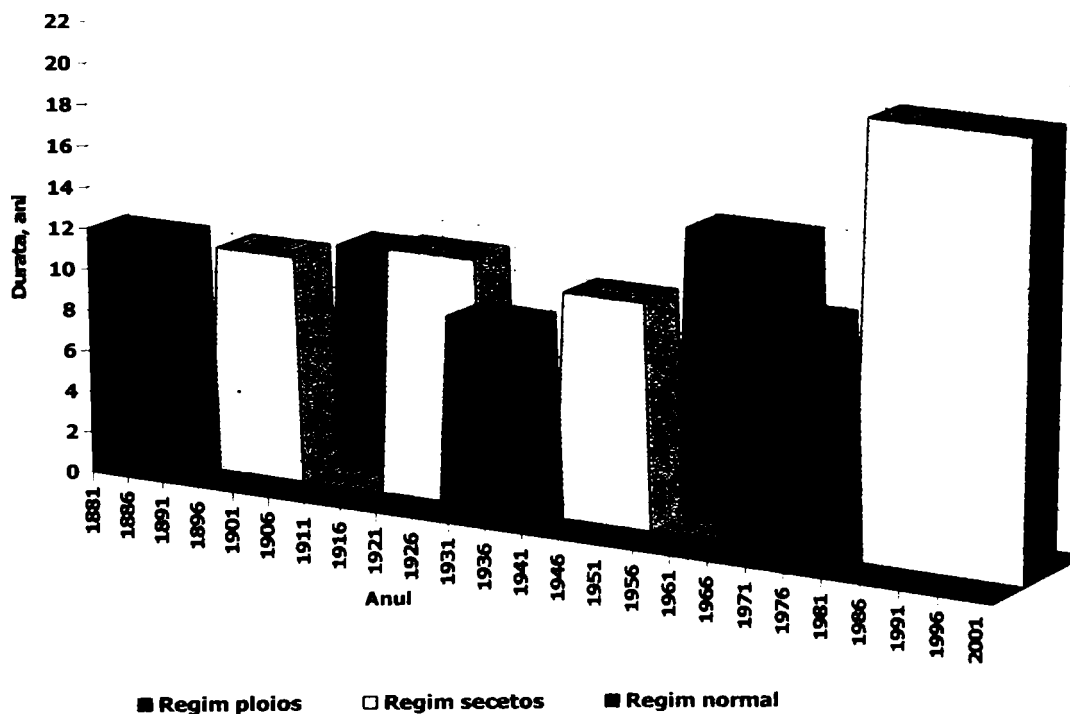


Figura 4.2: Periodicitatea regimului meteorologic și hidrologic.

Din analiza figurii 4.1 se poate estima că media turbidității apei râului Bega este în creștere, așadar putem să ne așteptăm la un regim meteorologic normal sau ploios.

3. evoluția cerinței de apă între alegerea și construcția filierei de tratare și momentul re tehnologizării prin analiza și valorificarea datelor existente

În figura 4.3 este prezentată evoluția cerinței de apă în municipiul Timișoara, care a scăzut în perioada 1998-2001 foarte mult în principal datorită reducerii activității industriale și contorizării consumului de apă potabilă la populație și agenții economici.

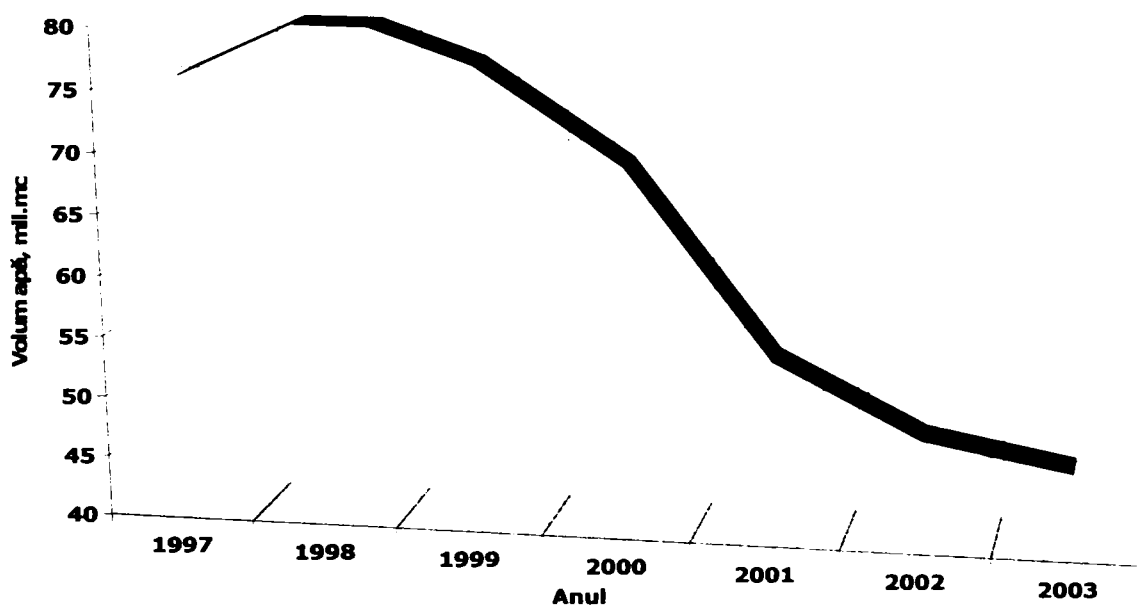


Figura 4.3: Evoluția cerinței de apă potabilă în municipiul Timișoara.

Ca urmare a reducerii cerinței de apă, a scăzut și volumul de apă necesar a fi tratat în vederea potabilizării de Stația de Tratare a apei râului Bega. Evoluția debitului de apă necesar a fi tratat în Stația de Tratare a apei râului Bega este prezentată în figura 4.4.

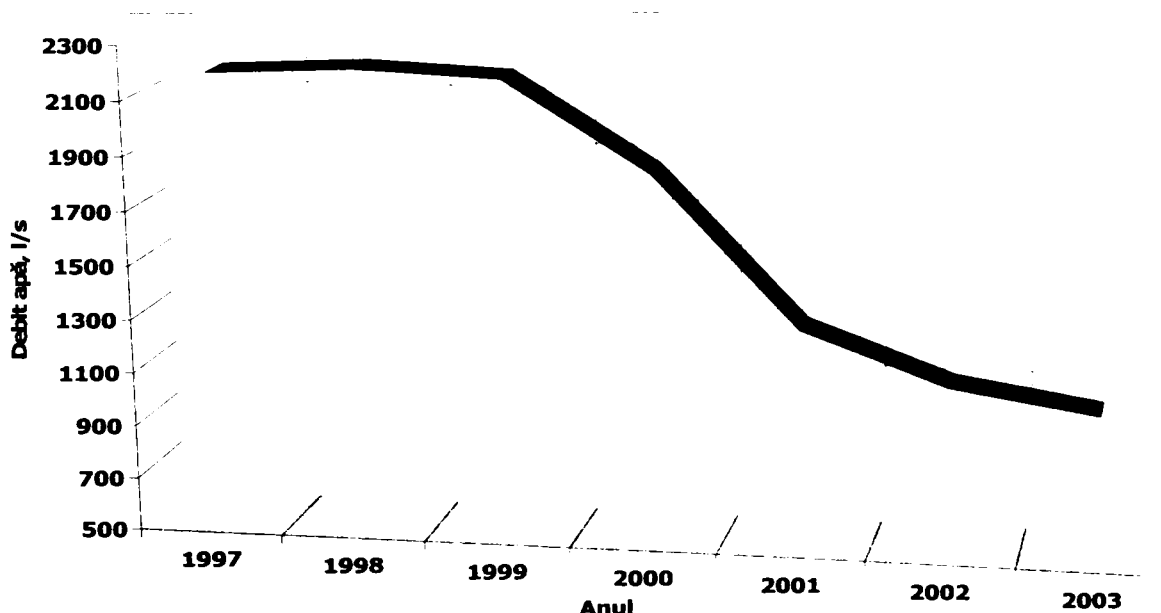


Figura 4.4: Evoluția debitului de apă tratată la Stația de Tratare a apei râului Bega.

4. disponibilități tehnologice
5. studii de tratabilitate, având în vedere faptul că fiecare sursă de apă are specificul ei
6. studii financiare
7. criteriile sociale, care înglobează toate elementele de la obișnuința de utilizare a apei până la elementele particulare ale fiecărui sistem (sursă, climă, bazin amonte, vechime)

Ținând seama de cele enumerate mai sus, lucrarea de față își propune să găsească **soluțiile optime** pentru **îmbunătățirea procesului de coagulare-floculare** din cadrul Stației de Tratare a apei râului Bega în vederea potabilizării. Etapele parcurse pentru atingerea acestui scop sunt:

- găsirea și alegerea strategiei de optimizare a procesului de coagulare-floculare
- analiza condițiilor de desfășurare a studiilor de laborator
- analiza fiecărei faze a procesului de coagulare-floculare și stabilirea fazei deficitare
- stabilirea condițiilor de desfășurare a studiilor de laborator
- studii de laborator privind utilizarea unor coagulanți și floculanți
- studii privind influența adaosului de apă cu nămol asupra procesului de coagulare-floculare
- elaborarea și verificarea modelelor matematice de laborator necesare pentru optimizarea procesului de coagulare-floculare
- implementarea acestor modele pe Stația de Tratare
- stabilirea condițiilor de desfășurare a studiilor pe Stația Pilot
- studiul comportării dinamice a Stației Pilot
- elaborarea și verificarea modelelor matematice cu privire la dinamica Stației Pilot
- extrapolarea și implementarea acestor modele pe Stația de Tratare
- studii pe Stația Pilot, privind verificarea curbelor de dozare cu sulfat de aluminiu
- elaborarea și verificarea modelelor matematice privind curbele de dozare
- studii pe Stația Pilot privind influența diferitelor perturbații asupra procesului de coagulare-floculare
- elaborarea modelelor empirice necesare pentru optimizarea procesului de coagulare-floculare
- elaborarea schemei logice de optimizare a procesului de coagulare-floculare
- verificarea schemei logice
- implementarea schemei logice de optimizare a procesului de coagulare-floculare în schema procesului de automatizare a Stației de Tratare

4.2 Optimizarea tratării cu reactivi chimici a apei râului Bega în vederea potabilizării

Coagularea suspensiilor coloidale din apă cu reactivi chimici, deși de foarte mult timp folosită și insistent cercetată, nici până în prezent nu a fost pe deplin elucidată, datorită complexității procesului, complexitate determinată de numărul mare de factori care îl influențează.

Multitudinea factorilor face, practic, dificilă utilizarea modelelor matematice propuse pentru acest proces de diferiți autori, cu atât mai mult cu cât unii din factorii care influențează procesul de coagulare-floculare se modifică iar alții pot modifica ușor mecanismul de acțiune al reactivilor utilizați.

Așadar, modele matematice existente trebuie adaptate ținând seama de amprenta apei brute, reactivii utilizați, tehnologia și echipamentele existente.

4.2.1 Descrierea procesului de coagulare-floculare din cadrul Stației de Tratare a apei râului Bega în vederea potabilizării

Schema procesului tehnologic de tratare a apei râului Bega în vederea potabilizării este prezentat în figura 4.5.

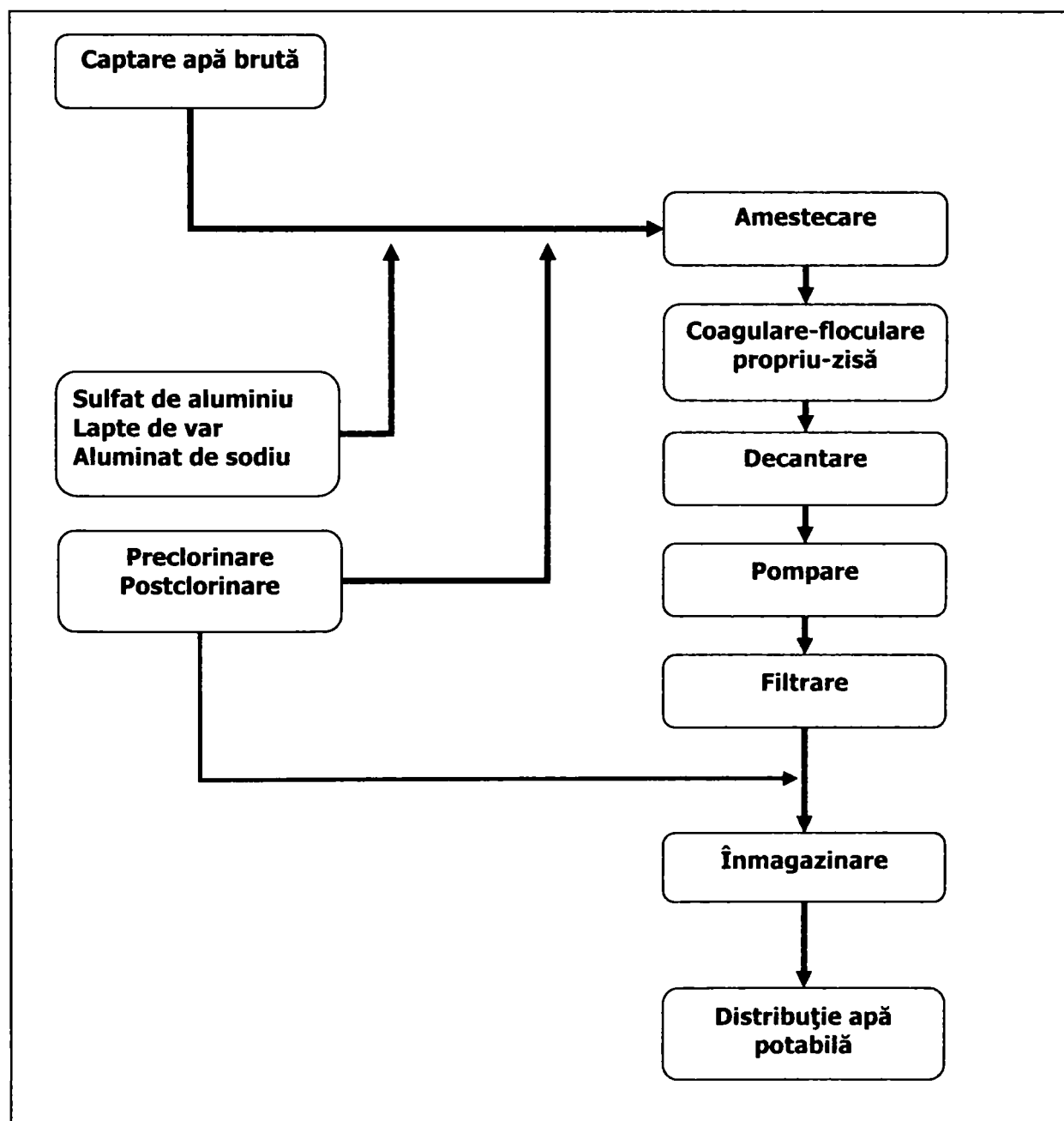


Figura 4.5: Schema procesului tehnologic de tratare a râului Bega în vederea potabilizării.

Cea mai importantă etapă a procesului tehnologic este procesul de coagulare-floculare, care cuprinde următoarele faze:

Prepararea și dozarea reactivilor.

Reactivul de coagulare folosit este sulfatul de aluminiu, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. Produsul tehnic se prezintă sub formă de blocuri solide de culoare albă. După dizolvarea sulfatului de aluminiu solid, în bazinul de dizolvare, soluția concentrată este păstrată în bazinul de stocare. Dozarea soluției de sulfat de aluminiu de lucru (cu densitatea indicată de laborator) se face cu ajutorul dozatorului cu diuză și nivel reglabil, care are la bază principiul scurgerii lichidelor printr-un orificiu calibrat.

Pentru corecția pH-ului în vederea asigurării pH-ului optim de coagulare se utilizează suspensie de lapte de var. Pentru dozarea suspensiei de lapte de var se utilizează un dozator cu secțiune progresivă și nivel constant.

Amestecarea reactivilor de coagulare cu apa brută.

Amestecarea reactivilor de coagulare cu apa brută se realizează în camera de amestec, de tip static, formată dintr-un canal din beton prevăzut cu pereți în șicană.

Adaosul reactivilor de coagulare se face prin pompare la suprafața apei. Suspensia de lapte de var se adaugă înaintea camerei de amestec iar sulfatul de aluminiu se adaugă în a doua șicană a camerei de amestec.

Coagulare-floculare propriu-zisă.

Formarea flocoanelor, în urma reacției între suspensiile coloidale din apă și reactivii de coagulare, se realizează în camera de reacție, de tip longitudinal cu salt hidraulic, formată din trei baterii astfel dimensionate ca viteza apei să fie cuprinsă între 0.2-0.4 m/s iar timpul de trecere să fie de 15-30 minute. Viteza de circulație a apei în camera de reacție trebuie să fie suficientă pentru a menține în suspensie flocoanele formate în urma tratării cu reactivi de coagulare-floculare, fără însă a le sparge.

Flocoanele formate în camera de reacție se depun datorită greutateii lor și micșorării vitezei de circulație a apei ce le transportă în cele 27+6 decantoare de tip orizontal grupate pe 3 baterii a câte 9 decantoare fiecare la care se adaugă a patra baterie cu 6 decantoare.

De la captare până la faza de colectare a apei decantate în canalul colector curgerea apei se face gravitațional.

Datorită acestei tehnologii de tratare se observă că în anumite perioade ale anului, pentru o anumită calitate a apei râului Bega nu se pot asigura parametrii de calitate impuși pentru apa potabilă.

În acest sens, în figura 4.6 se prezintă variația turbidității râului Bega, valori minime și maxime lunare, în anul 1996. De asemenea în figura 4.7 este prezentată variația turbidității apei potabile, valori maxime lunare, în anul 1996 comparativ cu valoarea admisă de STAS 1342/1991.

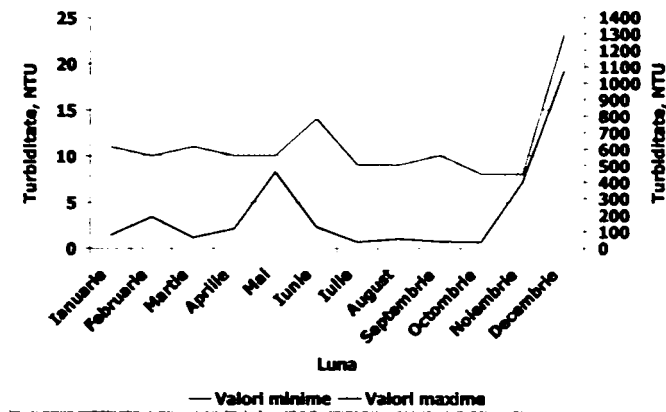


Figura 4.6: Variația turbidității râului Bega.

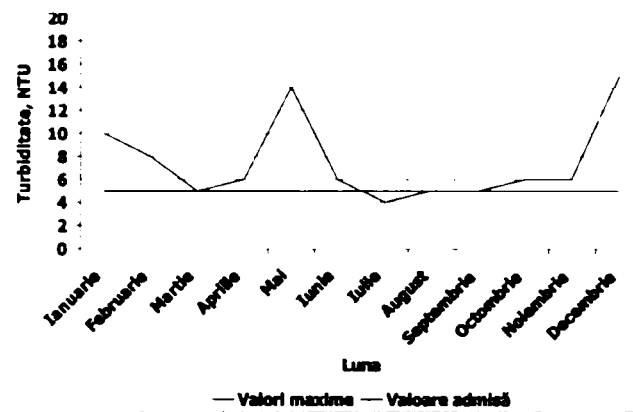


Figura 4.7: Variația turbidității apei potabile.

4.2.2 Strategii de optimizare a procesului de tratare cu reactivi chimici a râului Bega în vederea potabilizării

Pentru optimizarea procesului de coagulare-floculare a râului Bega în vederea potabilizării se propun două strategii și anume:

1. automatizarea procesului de coagulare-floculare prin, conducere, control și monitorizare cu ajutorul calculatorului, fără intervenții majore în tehnologia existentă (S1)
2. automatizarea procesului de coagulare-floculare prin, conducere, control și monitorizare cu ajutorul calculatorului, cu intervenții în tehnologia existentă (S2)

Avantajul alegerii primei strategii (S1) este că aceasta se poate realiza în termen scurt, fără o investiție majoră și ulterior poate fi îmbunătățită prin analizarea strategiei (S2).

Strategia (S2) presupune, o cercetare pe termen lung, pentru alegerea unor reactivi mai performanți având în vedere variația sezonieră a calității apei brute, investiții majore ca de exemplu înlocuirea amestecătoarelor existente cu amestecătoare mecanice prevăzute cu agitatoare cu turație variabilă pentru o flexibilitate ridicată, înlocuirea decantoarelor existente cu altele mai performante sau modernizarea celor existente pentru creșterea eficienței.

Avantajul strategiei(S2) este că ea se poate derula în paralel cu strategia (S1).

4.2.3 Studii de laborator [2, 28, 46, 49, 50, 60, 79, 88]

Metoda cea mai folosită pentru stabilirea condițiilor de desfășurare a procesului de coagulare-floculare este metoda **Jar-test (JT)**.

Această metodă constă în adăugarea în condiții crescătoare a dozelor de reactiv de coagulare, în șase pahare care conțin aceeași cantitate de apă brută. Un agitator multiplu cu șase posturi realizează un amestec rapid cu 140rot/min timp de 2-3 minute, apoi un amestec lent cu 40rot/min timp de 5-20 minute. După o perioadă de decantare de 15-30 minute se determină valoarea turbidității supernatantului din fiecare pahar.

Deși metoda este deosebit de flexibilă răspunzând modificărilor de calitate a apei brute, rezultatele obținute în laborator nu pot fi reproduse în totalitate pe Stațiile de Tratare.

Acest lucru reclamă o analiză și o cunoaștere mai profundă a metodei, stabilirea condițiilor de desfășurare a Jar-testului funcție de obiectivele propuse și pe baza lor identificarea fazelor deficitare ce au loc în Stația de Tratare.

Studiile prezentate în continuare au fost realizate în special atunci când turbiditatea râului Bega a fost sub 10NTU iar temperatura apei sub 10°C, condiții în care procesul de coagulare-floculare decurge greu.

4.2.3.1 Analiza condițiilor de desfășurare a studiilor în laborator [76, 77]

1. Mod de lucru:

Coagularea suspensiilor prin metoda **JT** s-a realizat în cele șase pahare Berzelius de 1000ml în care s-a introdus apă brută, un volum de 800ml, după care s-a efectuat dozarea soluției de sulfat de aluminiu. Soluția de sulfat de aluminiu diluată s-a adăugat sub agitare rapidă concomitent în toate probele cu ajutorul unei seringi de 1-2.5ml. În cazul utilizării dozelor mici de sulfat de aluminiu nu au fost utilizați reactivi de alcalinizare (**Setul 1** și **Setul 2**) iar în cazul dozelor de sulfat de aluminiu peste 20mgSA/l pentru ajustarea pH-ului s-a folosit aluminatul de sodiu (**Setul 3**), respectându-se astfel condițiile din **ST**.

În cadrul experimentelor de laborator condițiile de desfășurare a **JT** au fost modificate fiind indicate la fiecare experiment.

S-au efectuat trei seturi de analize în perioade diferite de timp și calitate a apei râului Bega. Pentru fiecare set pentru determinarea **dozei optime** de coagulant s-a utilizat metoda **JT** în condiții standard de operare și anume:

Agitare Rapidă, 140 rot/min - 120 secunde

Agitare Lentă, 40 rot/min - 15 minute

Decantare - 30 minute

Se consideră că, **doza critică** de sulfat de aluminiu este dată de punctul de inflexiune iar **doza optimă** de sulfat de aluminiu este dublul dozei critice.

2. Materiale și aparatură: - agitator multiplu de tip Jar-test „Janway” cu șase posturi și turație variabilă

- turbidimetru de laborator „Nephla-Lange”

- pH-metru de laborator „Mettler Toledo 340”

- sticlărie de laborator

3. Reactivi: - soluție de sulfat de aluminiu 0,25-0,35M

4. Condiții de desfășurare: - pentru păstrarea temperaturii probelor de apă, Jar-testele s-au desfășurat afară

5. Parametrii determinați: - temperatura apei, °C: apă brută

- turbiditate, NTU: apă brută (T_{AB}), apă decantată (T_D) **JT**, apă

decantată Stația de Tratare

- pH, unități pH: apă brută (pH_{AB}), apă decantată (pH_{D}) JT

6. Rezultate experimentale:

Setul 1:

Temperatură apă, °C:	1-3
Turbiditate apă brută, NTU:	6.0-7.4
Turbiditate decantor ST , NTU:	7.1-7.7
Doză de sulfat de aluminiu utilizată pe ST , mgSA/l:	10

Tabelul 4.1: Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru **Setul 1**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	0	4	6	8	10	12
Turbiditate, NTU	5.9	5.5	3.7	2.0	1.4	1.2

Curba de coagulare pentru determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru **Setul 1** este dată în figura 4.8.

Din figura 4.8 rezultă că doza critică care este dată de punctul de inflexiune este 5.6mgSA/l, așadar doza optimă de sulfat de aluminiu este 11.2mgSA/l.

De asemenea, turbiditatea obținută prin metoda **JT** pentru doza de sulfat de aluminiu utilizată pe **ST**, 10mgSA/l, este de 1.4NTU față de turbiditatea obținută pe **ST**, 7.1-7.7NTU, în condițiile în care se utilizează aceeași doză de sulfat de aluminiu.

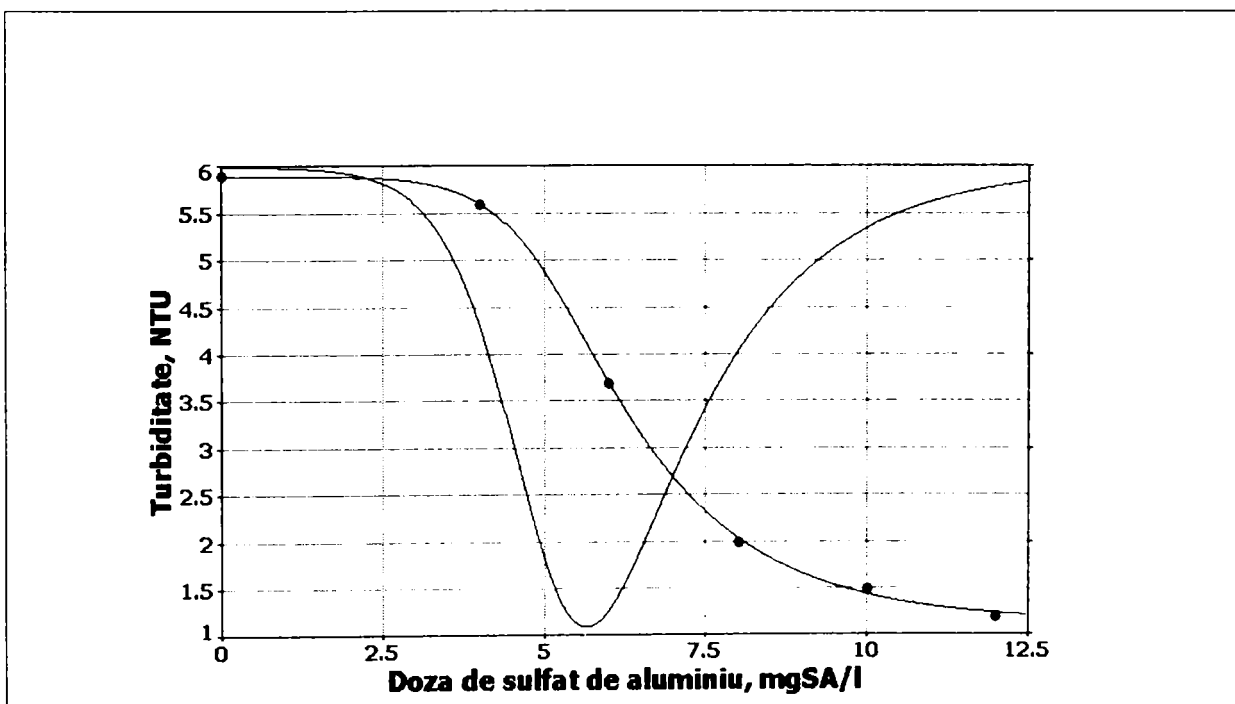


Figura 4.8: Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru **Setul 1**.

Setul 2:

Temperatură apă, °C:	1-3
Turbiditate apă brută, NTU:	7.6-8.5
Turbiditate decantor ST , NTU:	9.5-9.9
Doză de sulfat de aluminiu utilizată pe ST , mgSA/l:	10

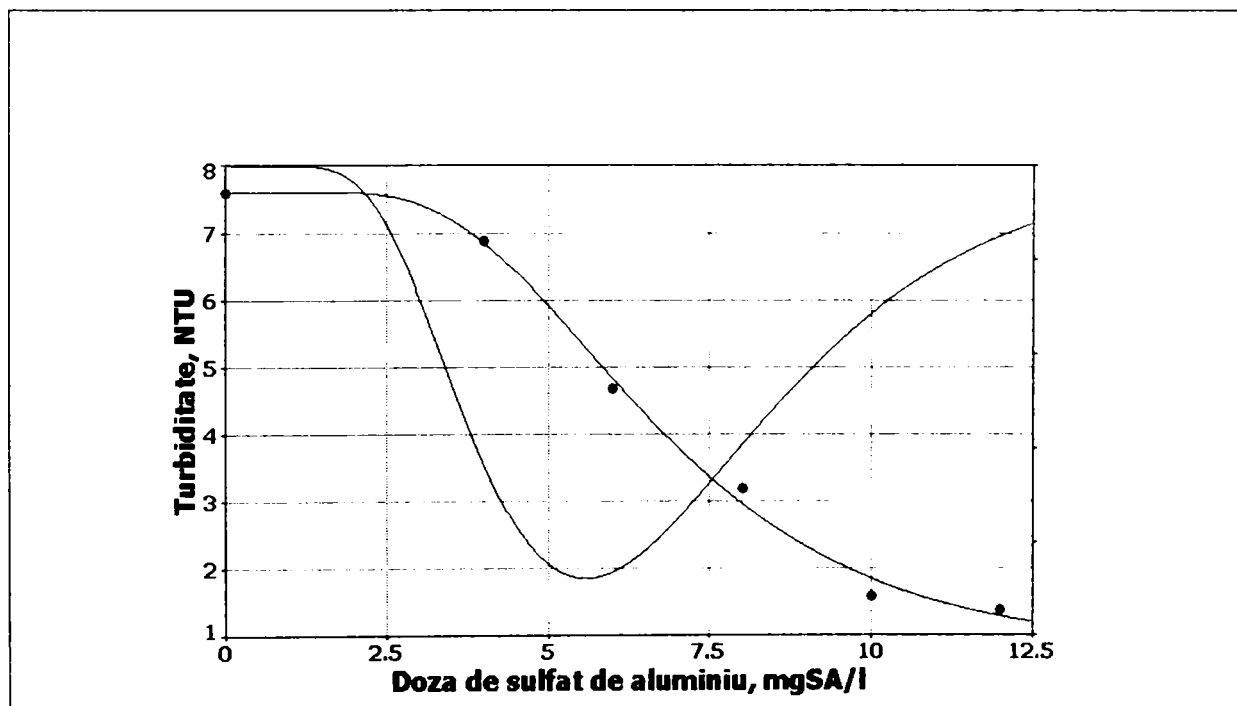
Tabelul 4.2: Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru **Setul 2**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	0	4	6	8	10	12
Turbiditate, NTU	7.6	6.9	4.7	3.2	2.4	1.6

Curba de coagulare pentru determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru **Setul 2** este dată în figura 4.9.

Din figura 4.9 rezultă că doza critică care este dată de punctul de inflexiune este 5.4mgSA/l, aşadar doza optimă de sulfat de aluminiu este 10.8mgSA/l.

De asemenea, turbiditatea obţinută prin metoda **JT** pentru doza de sulfat de aluminiu utilizată pe **ST**, 10mgSA/l, este de 2.4NTU faţă de turbiditatea obţinută pe **ST**, 9.5-9.9NTU, în condiţiile în care se utilizează aceeaşi doză de sulfat de aluminiu.

**Figura 4.9:** Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru **Setul 2**.**Setul 3:**

Temperatură apă, °C:	4-5
Turbiditate apă brută, NTU:	24-28
Turbiditate decantor ST , NTU:	5.6-6.0
Doza Totală de sulfat de aluminiu utilizată pe ST , mgSA/l:	22

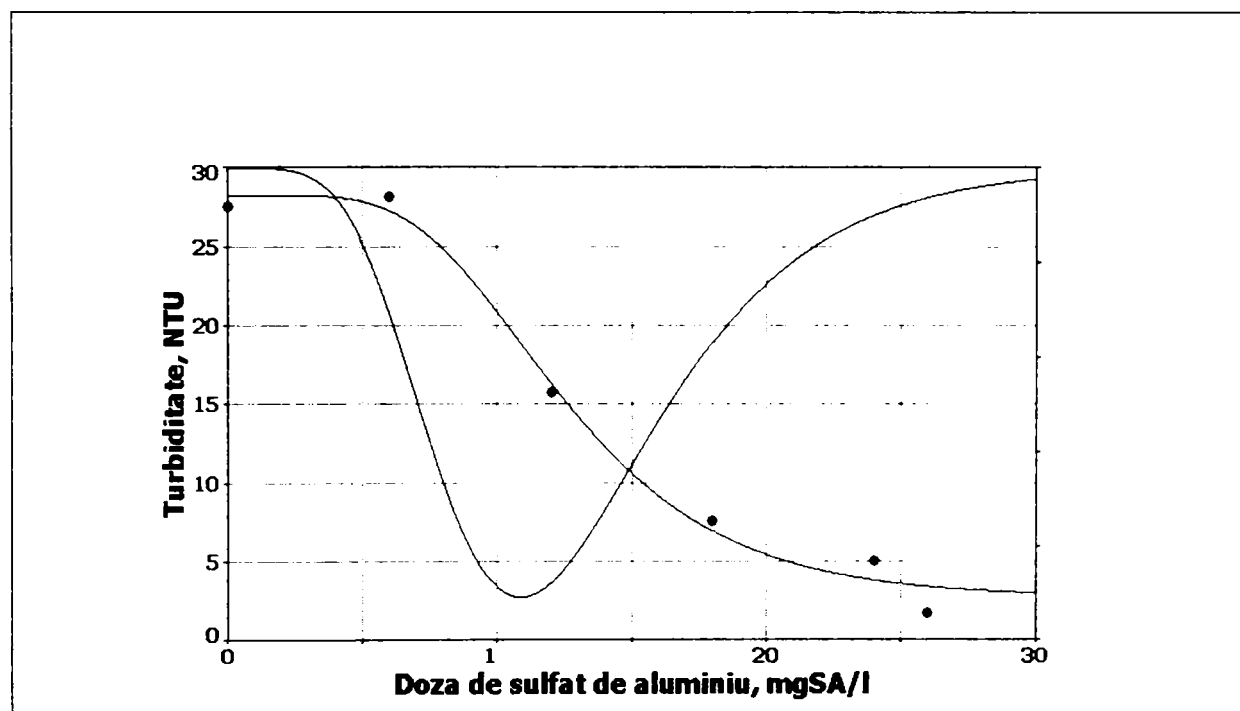
Tabelul 4.3: Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru **Setul 3**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza Totală de sulfat de aluminiu, mgSA/l	0	6	12	18	24	26
Turbiditate, NTU	27.6	28.2	15.8	7.6	5.1	1.8

Curba de coagulare pentru determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru **Setul 3** este dată în figura 4.10.

Din figura 4.10 rezultă că doza critică care este dată de punctul de inflexiune este 10.9mgSA/l, așadar doza optimă de sulfat de aluminiu este 21.8mgSA/l.

De asemenea, turbiditatea obținută prin metoda **JT** pentru doza de sulfat de aluminiu utilizată pe **ST**, 22mgSA/l, este de 4.8NTU față de turbiditatea obținută pe **ST**, 5.6-6.0NTU, în condițiile în care se utilizează aceeași doză de sulfat de aluminiu.

**Figura 4.10:** Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru **Setul 3**.

Din figura 4.8-4.10 rezultă diferența mare dintre condițiile de desfășurare a procesului de coagulare-floculare în **ST** și condițiile de desfășurare a procesului de coagulare-floculare prin metoda **JT**. Pentru a stabili cauzele acestei comportări s-a trecut la analiza factorilor care pot influența procesul de coagulare-floculare prin metoda **JT**.

Factorii care pot influența procesul de coagulare-floculare prin metoda **JT** sunt:

- timpul de agitare rapidă
- timpul de agitare lentă

Principiul metodei a constat în menținerea constantă a dozei de sulfat de aluminiu și modificarea condițiilor de desfășurare a **JT**-ului, a turației și a timpului de agitare, apoi măsurarea turbidității supernatantului după decantare timp de 30 minute.

Mai jos sunt prezentate rezultatele experimentale obținute pentru cele trei seturi de analize.

Tabelul 4.4: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Setul 1**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	10	10	10	10	-	-
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	120	120	120	120	-	-
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	0	5	10	15	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	7.8	7.6	4.6	1.5	-	-

Tabelul 4.5: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **Setul 1**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	10	10	10	10	-	-
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	90	90	90	90	-	-
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	0	5	10	15	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	8.0	7.7	5.2	2.4	-	-

Tabelul 4.6: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **Setul 1**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	10	10	10	10	-	-
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	60	60	60	60	-	-
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	0	5	10	15	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	8.6	8.0	5.7	3.0	-	-

Tabelul 4.7: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **Setul 1**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	10	10	10	10	-	-
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	30	30	30	30	-	-
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	0	5	10	15	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	9.2	8.6	6.3	4.0	-	-

Tabelul 4.8: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Setul 2**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	10	10	10	10	-	-
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	120	120	120	120	-	-
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	0	5	10	15	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	9.0	8.5	5.4	2.6	-	-

Tabelul 4.9: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **Setul 2**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	10	10	10	10	-	-
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	90	90	90	90	-	-
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	0	5	10	15	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	9.4	8.9	5.8	2.8	-	-

Tabelul 4.10: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **Setul 2**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	10	10	10	10	-	-
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	60	60	60	60	-	-
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	0	5	10	15	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	9.6	9.0	6.2	3.0	-	-

Tabelul 4.11: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **Setul 2**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	10	10	10	10	-	-
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	30	30	30	30	-	-
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	0	5	10	15	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	9.8	9.4	6.6	3.5	-	-

Tabelul 4.12: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Setul 3**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	22	22	22	22	22	22
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	120	120	120	120	120	120
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	5	10	12	15	18	20
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	30
Turbiditate, NTU	8.4	6.4	5.8	5.0	1.8	1.6

Tabelul 4.13: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **Setul 3**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	22	22	22	22	22	22
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	90	90	90	90	90	90
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	5	10	12	15	18	20
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	30
Turbiditate, NTU	9.3	7.2	6.1	5.8	1.9	1.5

Tabelul 4.14: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **Setul 3**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	22	22	22	22	22	22
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	60	60	60	60	60	60
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	5	10	12	15	18	20
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	30
Turbiditate, NTU	10.1	7.6	6.8	6.0	2.0	1.6

Tabelul 4.15: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **Setul 3**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de sulfat de aluminiu, mgSA/l	22	22	22	22	22	22
Timp Agitare Rapidă, 140rot/min, secunde	30	30	30	30	30	30
Timp Agitare Lentă, 40rot/min, minute	5	10	12	15	18	20
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	30
Turbiditate, NTU	11.1	8.9	7.3	6.4	2.4	1.9

Din tabele 4.4-4.15 se observă că timpul de agitare rapidă influențează procesul de coagulare-floculare doar în cazul apelor cu turbiditate mică și temperatură scăzută. Cu cât timpul de agitare rapidă este mai mare cu atât turbiditatea obținută după decantare este mai mică. Acest lucru se poate explica și prin densitatea crescută a apei la temperaturi scăzute astfel că, pentru o bună

amestecare în vederea realizării contactului cu particulele coloidale, care sunt reduse ca număr având în vedere turbiditatea redusă a apei, este necesar un timp de agitare rapidă mai mare sau o creștere a gradientului de viteză. De asemenea se observă că cu cât timpul de agitare lentă este mai mare cu atât turbiditatea obținută după decantare este mai mică indiferent de timpul de agitare rapidă.

În figura 4.11 și 4.12 este prezentată dependența turbidității funcție de timpul de agitare lentă la turații de 40, 60, 80, 100, 120 rot/min.

Din cele două figuri rezultă că determinant, pentru procesul de coagulare-floculare, este timpul de agitare lentă, după aproximativ 10 minute de agitare lentă influența turației asupra procesului de coagulare-floculare fiind nesemnificativă.

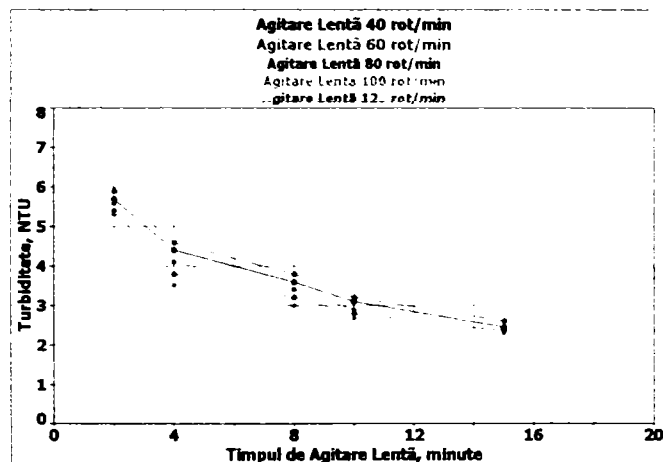


Figura 4.11: Dependenta turbidității funcție de agitarea lentă pentru **Setul 1**.

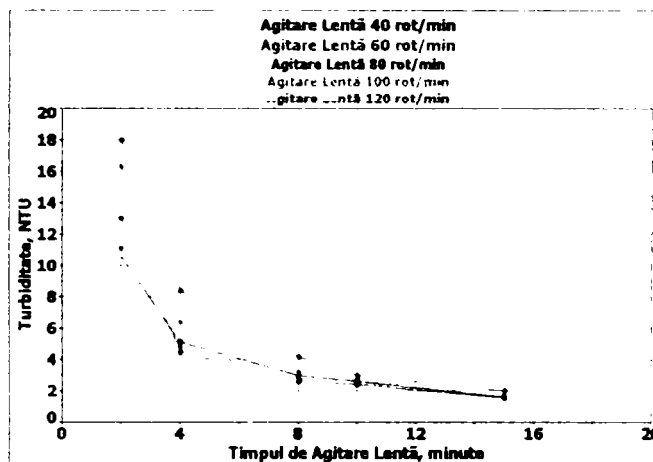


Figura 4.12: Dependenta turbidității funcție de agitarea lentă pentru **Setul 3**.

7. Concluzii:

Faza determinantă a procesului de coagulare-floculare prin metoda JT este faza de agitare lentă (adică coagularea-flocularea propriu-zisă) indiferent de calitatea apei brute. Faza de agitare rapidă (adică amestecul) având efect asupra procesului de coagulare-floculare doar în cazul apelor cu turbiditate scăzută sub 10NTU și temperatură de 1-3°C.

4.2.3.2 Analiza fiecărei faze a procesului de coagulare-floculare din Stația de Tratare [20, 22, 60, 76, 97]

1. Mod de lucru:

Pentru atingerea acestui obiectiv s-a folosit metoda **JT** și metoda hibridă **MHPK** propusă de noi. Metoda hibridă **MHPK** constă în efectuarea unor operații pe **ST** și continuarea lor pe **JT** în mai multe variante cum sunt cele prezentate în tabelul 4.16.

Tabelul 4.16: Variante ale metodei hibride **MHPK**.

Varianta metodei hibride	Operații ce au loc pe Stația de Tratare	Operații ce se continuă pe Jar-test
Varianta 1	- dozare reactivi - amestec reactivi	- agitare rapidă suplimentară - agitare lentă - decantare
Varianta 2	- dozare reactivi - amestec reactivi - coagulare-floculare	- agitare lentă suplimentară - decantare

Astfel în **Varianta 1** a metodei hibride, s-au prelevat probe de apă din **ST** după faza de dozare și amestecare (de la intrarea în camera de reacție) și s-a continuat procesul de coagulare-floculare pe **JT**, presupunând că amestecul realizat pe **ST** nu a fost suficient. În acest sens, probele au fost supuse unei agitări rapide suplimentare cu turație de 140rot/minut (adică amestecare suplimentară) apoi s-a continuat cu agitare lentă cu turație de 40rot/minut conform tabelelor 4.17-4.19.

După decantare, 30 minute, s-a determinat turbiditatea supernatantului, urmărindu-se modul în care procesul de coagulare-floculare a fost influențat de amestecarea suplimentară. Calitatea apei brute supusă acestei analize a fost cea corespunzătoare **Setului 4**.

2. Materiale și aparatură:
- agitator multiplu de tip Jar-test „Janway” cu șase posturi și turație variabilă
 - turbidimetru de laborator „Nephla-Lange”
 - pH-metru de laborator „Mettler Toledo 340”
 - sticlărie de laborator
3. Reactivi:
- soluție de sulfat de aluminiu 0,25-0,35M
4. Condiții de desfășurare:
- pentru păstrarea temperaturii probelor de apă, Jar-testele s-au desfășurat afară
5. Parametrii determinați:
- temperatura apei, °C: apă brută
 - turbiditate, NTU: apă brută (**T_{AB}**), apă decantată (**T_D**) **JT**, apă decantată Stația de Tratare
 - pH, unități pH: apă brută (**pH_{AB}**), apă decantată (**pH_D**) **JT**
6. Rezultate experimentale:

Setul 4:

Temperatură apă, °C:	1-3
Turbiditate apă brută, NTU:	5-7
Turbiditate decantor ST , NTU:	5.6-6.0
Doza Totală de sulfat de aluminiu utilizată pe ST, mgSA/l:	10

Tabelul 4.17: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Varianta 1-Setul 4**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Rapidă 140 rot/min, secunde	0	30	60	90	120	-
Timp Agitare Lentă 40rot/min, minute	5	5	5	5	5	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	4.8	4.5	4.3	4.3	4.2	-

Tabelul 4.18: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **Varianta 1-Setul 4**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Rapidă 140 rot/min, secunde	0	30	60	90	120	-
Timp Agitare Lentă 40rot/min, minute	10	10	10	10	10	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	3.9	3.6	3.4	3.3	3.3	-

Tabelul 4.19: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **Varianta 1-Setul 4**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Rapidă 140 rot/min, secunde	0	30	60	90	120	-
Timp Agitare Lentă 40rot/min, minute	15	15	15	15	15	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	3.0	2.8	2.7	2.6	2.4	-

În urma analizei datelor experimentale(figura 4.13) rezultă că procesul de coagulare-floculare nu este influențat semnificativ de creșterea timpului de amestecare(adică a timpului de agitare rapidă). Tot din figura 4.13 rezultă că procesul de coagulare-floculare este influențat semnificativ de timpul de agitare lentă.

Comparând, valoarea turbidității apei decantate din **ST**, 5.6-6.0NTU, cu valorile obținute în tabelele 4.17-4.19 rezultă că faza deficitară a **ST** este procesul de coagulare-floculare propriu-zis.

Pentru a demonstra și verifica acest lucru s-a trecut la analiza **ST** utilizând cea de a doua variantă a metodei hibride.

Astfel, s-au prelevat probe de apă din **ST** după faza de coagulare-floculare propriu-zisă (de la intrarea în decantoare) și s-a continuat procesul de coagulare-floculare propriu-zisă pe **Jt**, apoi după 30 minute de decantare s-a determinat turbiditatea supernatantului, urmărindu-se dacă a avut sau nu loc o îmbunătățire a procesului de coagulare-floculare printr-o agitare lentă suplimentară la turații de 40, 60, 80, 100, 120 rot/min. Modificarea turației(gradientului de viteză) agitării lente este necesară deoarece gradientul de viteză în camera de reacție a **ST** este necunoscut.

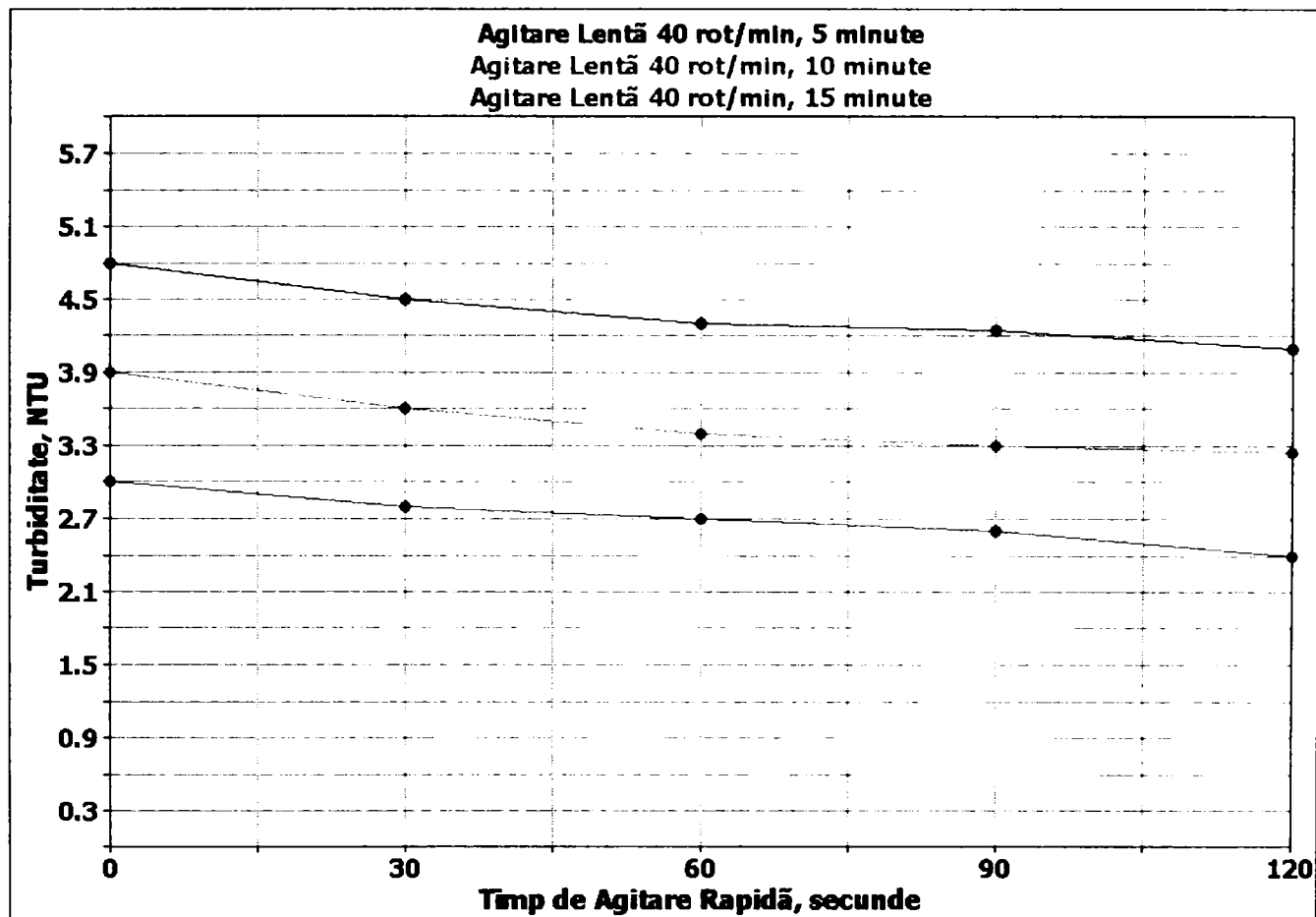


Figura 4.13: Dependența turbidității funcție de timpul de agitare rapidă, pentru **Varianta1-S4**.

În acest fel s-au făcut două seturi de determinări pentru ape brute de calități diferite (**Setul 4** și **Setul 5**). Datele experimentale sunt prezentate în tabele 4.20- 4.29.

Tabelul 4.20: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Varianta 2-Setul 4**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Lentă suplimentară, minute	2	4	8	10	15	-
Gradientul de viteză, rot/min	40	40	40	40	40	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	5.7	4.4	3.6	3.1	2.5	-

Tabelul 4.21: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **Varianta 2-Setul 4**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Lentă suplimentară, minute	2	4	8	10	15	-
Gradientul de viteză, rot/min	60	60	60	60	60	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	5.6	4.1	3.4	2.9	2.4	-

Tabelul 4.22: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **Varianta 2-Setul 4**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Lentă suplimentară, minute	2	4	8	10	15	-
Gradientul de viteză, rot/min	80	80	80	80	80	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	5.4	3.8	3.2	2.8	2.4	-

Tabelul 4.23: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **Varianta 2-Setul 4**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Lentă suplimentară, minute	2	4	8	10	15	-
Gradientul de viteză, rot/min	100	100	100	100	100	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	5.3	3.5	3.0	2.4	2.3	-

Tabelul 4.24: Rezultate și mod de desfășurare a **JT5** pentru **Varianta 2-Setul 4**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Lentă suplimentară, minute	2	4	8	10	15	-
Gradientul de viteză, rot/min	120	120	120	120	120	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	5.9	4.6	3.8	3.2	2.6	-

Setul 5:

Temperatură apă, °C:	1-3
Turbiditate apă brută, NTU:	57-63
Turbiditate decantor ST , NTU:	6.6-7.0
Doza Totală de sulfat de aluminiu utilizată pe ST , mgSA/l:	40

Tabelul 4.25: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Varianta 2-Setul 5**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Lentă suplimentară, minute	2	4	8	10	15	-
Gradientul de viteză, rot/min	40	40	40	40	40	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	10.6	5.1	3.0	2.9	1.7	-

Tabelul 4.26: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **Varianta 2-Setul 5**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Lentă suplimentară, minute	2	4	8	10	15	-
Gradientul de viteză, rot/min	60	60	60	60	60	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	11.1	4.8	2.8	2.5	1.6	-

Tabelul 4.27: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **Varianta 2-Setul 5**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Lentă suplimentară, minute	2	4	8	10	15	-
Gradientul de viteză, rot/min	80	80	80	80	80	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	13.0	4.5	2.6	2.4	1.6	-

Tabelul 4.28: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **Varianta 2-Setul 5**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Lentă suplimentară, minute	2	4	8	10	15	-
Gradientul de viteză, rot/min	100	100	100	100	100	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	16.3	6.4	3.2	2.7	1.8	-

Tabelul 4.29: Rezultate și mod de desfășurare a **JT5** pentru **Varianta 2-Setul 5**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Timp Agitare Lentă suplimentară, minute	2	4	8	10	15	-
Gradientul de viteză, rot/min	120	120	120	120	120	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	-
Turbiditate, NTU	18.0	8.4	4.2	3.0	2.0	-

Din figura 4.14 și 4.15 rezultă că indiferent de calitatea apei brute, prin creșterea timpului de coagulare ortocinetică cu maximum 10 minute are loc o îmbunătățire semnificativă a procesului de coagulare-floculare după care îmbunătățirea este nesemnificativă.

De asemenea rezultă că, o creștere a turației (gradientului de viteză) până la 100 rot/min în cazul apelor cu turbiditate mică și 80 rot/min în cazul apelor cu turbiditate mare, la temperaturi scăzute, nu influențează procesul de coagulare-floculare.

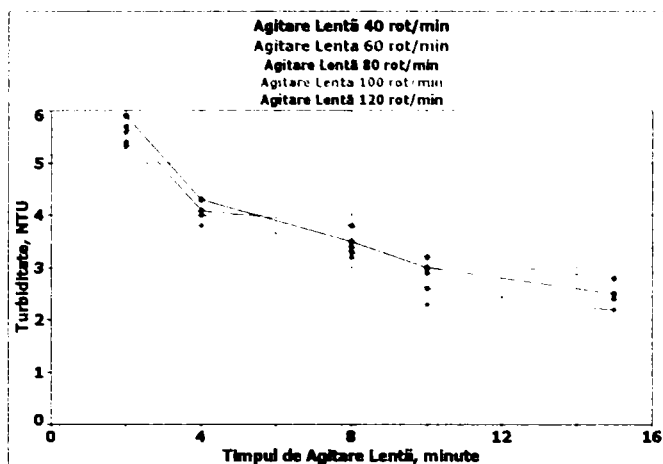


Figura 4.14: Dependenta turbidității funcție de timpul agitării lente, **variantei 2-Setul 4.**

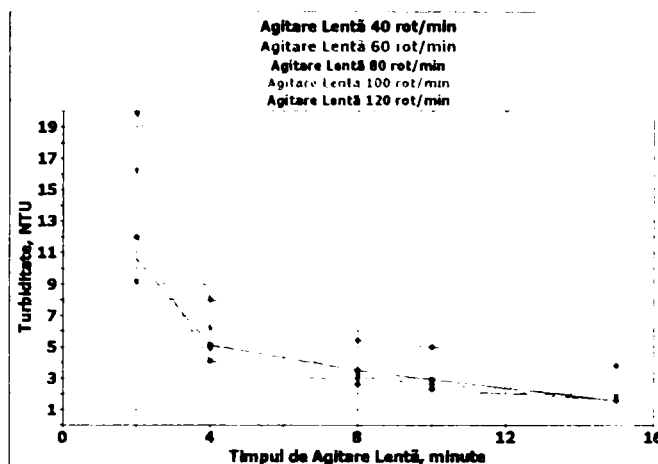


Figura 4.15: Dependenta turbidității funcție de timpul agitării lente, **variantei 2-Setul 5.**

7. Concluzii:

*Faza deficitară a **ST** la temperaturi scăzute a apei, este faza de coagulare-floculare propriu-zisă care poate fi îmbunătățită acționând asupra vitezei de coagulare adică asupra procesului de transport care constiuie faza limitativă a coagurării.*

4.2.3.3 Stabilirea condițiilor de desfășurare a studiilor de laborator [76]

Din studiul celor două metode de laborator, metoda JT și metoda hibridă, rezultă că faza limitativă este faza de coagulare-floculare propriu-zisă.

Astfel, pentru ca rezultatele obținute prin metoda **JT** să reproducă cât mai bine procesul de coagulare-floculare din **ST** se impune modificarea condițiilor de desfășurare a **JT**-ului față de cele standard.

1. Mod de lucru:

Metoda de determinare a acestor condiții modificate de desfășurare a **JT**-ului constă în, adăugarea sub agitare rapidă, 140rot/min, de doze crescătoare de sulfat de aluminiu (reactivul de coagulare-floculare utilizat pe **ST**, inclusiv doza folosită în acel moment pe **ST**) în 800-1000ml probă de apă brută, urmată de agitare lentă, 40rot/min, timp de **5, 10, 15, 20 și 30** de minute, apoi determinarea turbidității supernatantului din fiecare probă după decantare 30 de minute.

Rezultatele obținute se compară cu turbiditatea apei decantate din **ST**. Condițiile modificate de desfășurare a **JT** fiind acelea unde turbiditatea probei de supernatant corespunzătoare dozei de sulfat de aluminiu din **ST** este aproximativ egală cu turbiditatea apei decantate din **ST**.

Rezultatele experimentale obținute, în acest sens, pentru **Setul 6** sunt prezentate în tabelele 4.30-4.34.

2. Materiale și aparatură:
- agitator multiplu de tip Jar-test „Janway” cu șase posturi și turație variabilă
 - turbidimetru de laborator „Nephla-Lange”
 - pH-metru de laborator „Mettler Toledo 340”
 - sticlărie de laborator
3. Reactivi:
- soluție de sulfat de aluminiu 0,25-0,35M
4. Condiții de desfășurare:
- pentru păstrarea temperaturii probelor de apă, Jar-testele s-au desfășurat afară
5. Parametrii determinați:
- temperatura apei, °C: apă brută
 - turbiditate, NTU: apă brută (T_{AB}), apă decantată (T_D) **JT**, apă decantată Stația de Tratare
 - pH, unități pH: apă brută (pH_{AB}), apă decantată (pH_D) **JT**
6. Rezultate experimentale:

Setul 6:

Temperatură apă, °C:	7-10
Turbiditate apă brută, NTU:	4.5-5.9
Turbiditate decantor ST , NTU:	2.3-2.9
Doza de sulfat de aluminiu utilizată pe ST , mgSA/l:	8

Tabelul 4.30: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Setul 6**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doză sulfat de aluminiu, mgSA/l	0	2	4	6	8	12
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	120	120
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	5	5	5	5	5	5
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	30
Turbiditate, NTU	4.5	4.6	4.7	4.5	2.4	1.4

Tabelul 4.31: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **Setul 6**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doză sulfat de aluminiu, mgSA/l	0	2	4	6	8	12
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	120	120
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	10	10	10	10	10	10
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	30
Turbiditate, NTU	4.5	4.5	4.6	4.4	1.8	0.9

Tabelul 4.32: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **Setul 6**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doză sulfat de aluminiu, mgSA/l	0	2	4	6	8	12
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	120	120
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	15	15	15	15	15	15
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	30
Turbiditate, NTU	4.4	4.5	4.5	2.6	1.3	0.7

Tabelul 4.33: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **Setul 6**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doză sulfat de aluminiu, mgSA/l	0	2	4	6	8	12
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	120	120
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	20	20	20	20	20	20
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	30
Turbiditate, NTU	4.4	4.5	4.5	2.1	1.0	0.6

Tabelul 4.34: Rezultate și mod de desfășurare a **JT5** pentru **Setul 6**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doză sulfat de aluminiu, mgSA/l	0	2	4	6	8	12
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	120	120
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	30	30	30	30	30	30
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	30	30
Turbiditate, NTU	4.4	4.4	4.4	2.0	0.9	0.5

Sinteza rezultatelor obținute în urma efectuării **JT1-JT5** pentru **Setul 6** de probe, este reprezentată în figura 4.16.

7. Concluzii:

Condițiile modificate de desfășurare a procesului de coagulare-floculare prin metoda Jar-test sunt:

Agitare Rapidă, 140rot/min, 120 secunde

Agitare Lentă, 40 rot/minut, 8 minute

Decantare, 30 minute

Metoda descrisă mai sus, de determinare a condițiilor de desfășurare a procesului de coagulare-floculare prin metoda JT, se repetă ori de câte ori se constată o diferență semnificativă

dintre turbiditatea apei decantate din **ST** și turbiditatea supernatantului obținută pe **JT** pentru aceeași doză de coagulant și obiectivele urmărite o cer.

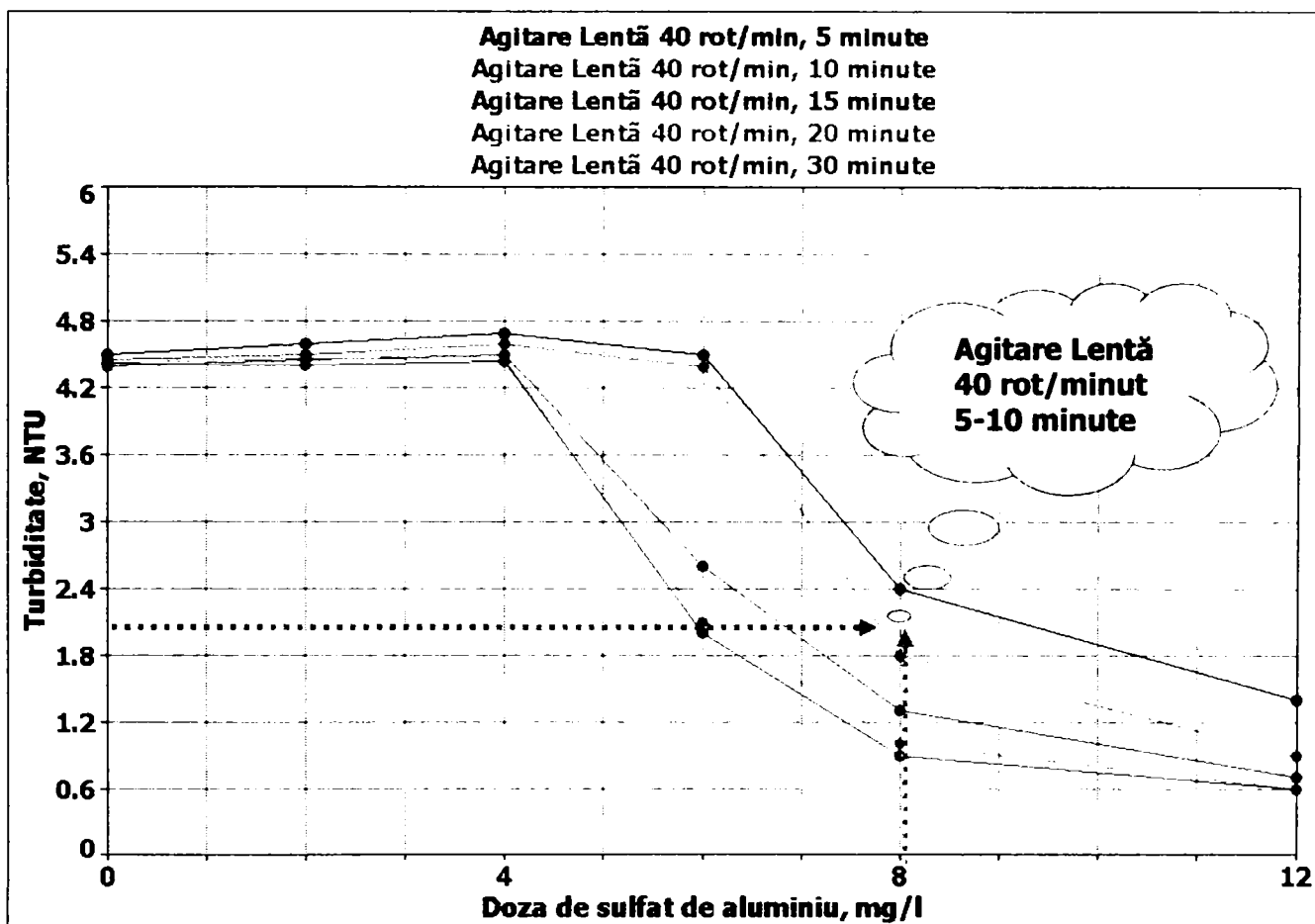


Figura 4.16: Determinarea condițiilor de desfășurare a **JT**-ului pentru reproducerea fidelă a procesului de coagulare-floculare din **ST**.

4.2.3.4 Studii privind utilizarea unor reactivi noi [18, 24, 25, 26, 30, 86, 93, 120]

Reactivul de coagulare utilizat în cadrul Stației de Tratare este sulfatul de aluminiu. Unul din marile inconveniente ale sulfatului de aluminiu îl constituie viteza redusă de hidroliză la temperaturi scăzute și conținutul de aluminiu rezidual care este mult peste limitele admise.

Așadar, pentru a minimiza aceste inconveniente și pentru a crește eficiența procesului de coagulare-floculare ne-am propus realizarea unor studii de laborator privind:

- utilizarea sulfatului de aluminiu prehidrolizat „SAP” obținut în laborator
- utilizarea coagulanților prehidrolizați și prepolimerizați din comerț, BOPAC
- utilizarea floclanților anionici

Scopul acestor studii a fost compararea eficienței tratării apei râului Bega prin utilizarea reactivilor de coagulare-floculare noi față de utilizarea sulfatului de aluminiu.

În cazul creșterii eficienței procesului de coagulare-floculare continuarea studiilor pe Stația Pilot în vederea stabilirii modului de operare (determinarea curbelor de dozare, determinarea limitelor

de utilizare, determinarea factorilor care influențează, analiza avantajelor, analiza dezavantajelor, costuri) și apoi implementarea pe Stația de Tratare.

Pentru implementarea unui reactiv de coagulare-floculare nou pe **ST**, trebuie să existe un echilibru între condițiile tehnice – eficiență - cost.

4.2.3.4.1 Studii privind utilizarea sulfatului de aluminiu prehidrolizat „SAP” obținut în laborator [3, 18, 24, 26, 42, 44, 45, 73, 74, 95]

O alternativă pentru îmbunătățirea procesului de coagulare-floculare în cazul apelor cu temperaturi scăzute și turbiditate mică este utilizarea coagulanților prehidrolizați.

În 1988 Viraraghawan și Wimmer, au comparat rezultatele obținute cu clorura de aluminiu prehidrolizată (PAC) și sulfat de aluminiu stabilind că PAC realizează o apă de calitate excelentă dar nu este atractiv din punct de vedere economic, acesta costând de 2.5 ori mai mult decât sulfatul de aluminiu. Costul ridicat al coagulanților polimerizați este determinat de tehnologiile de obținere a acestora, tehnologii impuse de asigurarea stabilității sistemului metastabil format de speciile prehidrolizate.

În 1994 Dempsey, prezintă un caz în care prepararea sulfatului de aluminiu s-a realizat într-o stație de tratare. Soluțiile prehidrolizate de sulfat de aluminiu cu concentrația de 0.2M și grad de prehidroliză, $r = 0.25$, au condus la micșorarea dozei de coagulant la temperaturi scăzute, dar prepararea unei soluții prehidrolizate la un grad de prehidroliză de, $r = 1.5$, nu a avut succes și ca urmare, Dempsey a concretizat că neutralizarea puternică nu este eficientă la scară industrială. Probabil insuccesul lui Dempsey s-a datorat destabilizării și precipitării sistemului rezultat prin prehidroliza sulfatului de aluminiu în faza de neutralizare.

Pornind de la aceste observații ne-am propus să obținem și să testăm sulfatul de aluminiu prehidrolizat folosind reactivi de neutralizare temporizați, reactivi care din punct de vedere cinetic nu permit creșterea locală a pH-ului.

Așadar, sulfatul de aluminiu prehidrolizat (**SAP**) s-a obținut prin neutralizarea sulfatului de aluminiu (**SA**) cu carbonat de calciu. Carbonatul de calciu a fost ales deoarece acesta permite evitarea creșterii locale a pH-ului respectiv declanșarea instabilității sistemului.

Studiile efectuate în vederea caracterizării soluțiilor de SAP obținute au arătat că proprietățile și eficiența acestor soluții depinde de gradul de prehidroliză.

Gradul de prehidroliză (r), este acela care corespunde hidrolizei parțiale a soluțiilor de sulfat de aluminiu, care în cazul neutralizării cu carbonat de calciu este dată de relația:

$$r = \frac{2[\text{CaCO}_3]}{[\text{Al}^{3+}]} \quad (4.1)$$

în care:

- $[\text{CaCO}_3]$ reprezintă concentrația molară a carbonatului de calciu, mol/l

- $[Al^{3+}]$ reprezintă concentrația molară a ionului de aluminiu din soluție, mol/l

Stabilitatea soluțiilor de SAP obținute, așa cum a fost stabilită pe baza datelor termodinamice și experimentale, este determinată de gradul de prehidroliză (r) și de concentrația soluțiilor, scăzând cu gradul de prehidroliză și crescând cu concentrația soluțiilor.

Deoarece în urma procesului de neutralizare a sulfatului de aluminiu cu carbonat de calciu precipita sulfatul de calciu, soluția obținută era opalescentă. Pentru a evita precipitarea sulfatului de calciu și astfel obținerea unei soluții limpezi, carbonatul de calciu a fost înlocuit cu carbonatul de sodiu.

De asemenea studiile au arătat că gradul de prehidroliză optim, în cazul soluțiilor de SAP obținute prin neutralizarea sulfatului de aluminiu din **ST** cu carbonat de sodiu de puritate 95%, este 1.5.

1. Mod de lucru:

Compararea eficienței procesului de coagulare-floculare prin utilizarea SAP-ului, obținut în laborator, față de sulfatul de aluminiu utilizat pe **ST**, s-a realizat prin metoda **JT**.

În acest sens, s-a urmărit variația dozei optime de coagulant, influența timpului de agitare lentă asupra procesului de coagulare-floculare respectiv eficiența SAP față de sulfatul de aluminiu.

Prepararea soluției de SAP a constat în neutralizarea soluției de sulfat de aluminiu cu carbonat de sodiu de puritate 95%.

Cantitatea de carbonat de sodiu de puritate 95%, $m_{\text{carbonat}}(\text{g})$, necesară neutralizării unui volum $V_{\text{SA}}(\text{l})$ de sulfat de aluminiu de concentrație $C_{\text{SA}}(\text{gAl}_2(\text{SO}_4)_3/\text{l})$ până la $r=1.5$ este:

$$m_{\text{carbonat}}(\text{g}) = 0.4894 \times V_{\text{SA}} \times C_{\text{SA}} \quad (4.2)$$

S-au efectuat trei seturi de determinări în perioade diferite de timp și calitate a apei râului Bega. Pentru fiecare set pentru determinarea **dozei optime** de coagulant s-a utilizat metoda **JT** în condiții standard de operare și anume:

Agitare Rapidă, 140 rot/min - 120 secunde

Agitare Lentă, 40 rot/min - 15 minute

Decantare - 30 minute

Se consideră că, **doza critică** de sulfat de aluminiu este dată de punctul de inflexiune iar **doza optimă** de sulfat de aluminiu este dublul dozei critice.

Pentru determinarea variației pH-ului râului Bega în funcție de doza de coagulant adăugată în procesul de tratare, se folosește metoda titrării potențimetrice. Principiul metodei constă în adăugarea de coagulant în volume cunoscute într-un litru de apă brută și măsurarea pH-ului după fiecare adăugare. Din datele astfel obținute se determină, doza maximă de coagulant care se poate adăuga în procesul de tratare fără a fi necesară corecția pH-ului, știut fiind faptul că pentru apa râului Bega pH-ul optim de coagulare este 7.0.

2. Materiale și aparatură:
- agitator multiplu de tip Jar-test „Janway” cu șase posturi și turație variabilă
 - turbidimetru de laborator „Nephla-Lange”
 - pH-metru de laborator „Mettler Toledo 340”
 - agitator magnetic IKA
 - sticlărie de laborator
3. Reactivi:
- soluție de sulfat de aluminiu 0,29M adică 100.8 gAl₂(SO₄)₃/l
 - soluție de SAP cu r=1.5
4. Condiții de desfășurare:
- pentru păstrarea temperaturii probelor de apă, Jar-testele s-au desfășurat afară
5. Parametrii determinați:
- temperatura apei, °C: apă brută
 - turbiditate, NTU: apă brută (T_{AB}), apă decantată (T_D) JT
 - pH, unități pH: apă brută (pH_{AB}), apă decantată (pH_D) JT
 - alcalinitatea, mvali/l: apa brută
6. Rezultate experimentale:

Setul 7:

Temperatură apă, °C:	1-3
Turbiditate apă brută, NTU:	6.0-7.4
pH apă brută:	7.7-7.8

Tabelul 4.35: Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru Setul 7.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA, mgSA/l	0	4	6	8	10	12
pH	7.8	7.5	7.5	7.4	7.3	7.3
Turbiditate, NTU	7.6	6.7	4.1	2.7	2.0	1.4

Tabelul 4.36: Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu prehidrolizat pentru Setul 7.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SAP, mgSAP/l	0	4	6	8	10	12
pH	7.8	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
Turbiditate, NTU	6.7	5.6	2.5	1.6	1.1	0.9

Curba de coagulare pentru determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu(SA) respectiv sulfat de aluminiu prehidrolizat(SAP) pentru Setul 7 este dată în figura 4.17.

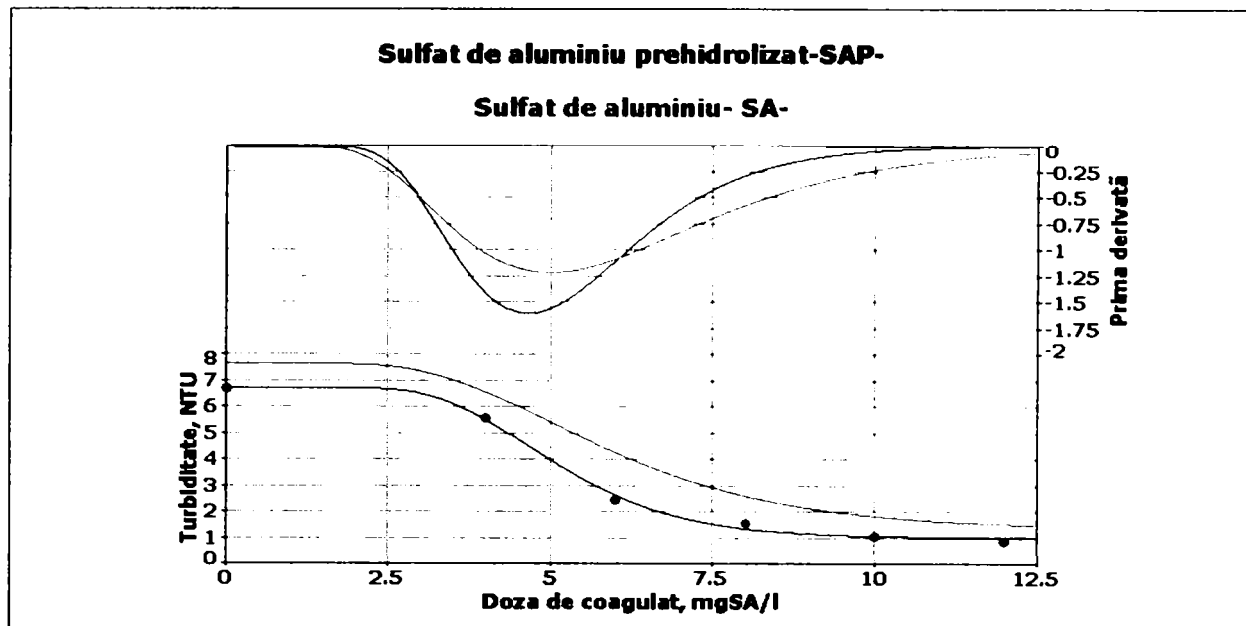


Figura 4.17: Curba de coagulare cu SA și SAP, pentru Setul 7.

Din figura 4.17 rezultă că doza critică, dată de punctul de inflexiune, în cazul utilizării sulfatului de aluminiu este 5.1mgSA/l ceea ce înseamnă că doza optimă de sulfat de aluminiu este 10.2mgSA/l.

În cazul utilizării sulfatului de aluminiu prehidrolizat doza critică este 4.6mgSA/l, ceea ce corespunde unei doze optime de SAP de 9.2mgSA/l.

Setul 8:

Temperatură apă, °C: 3-4

Turbiditate apă brută, NTU: 20-25

pH apă brută: 7.6-7.7

Tabelul 4.37: Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru Setul 8.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA, mgSA/l	0	4	6	8	10	12
pH	7.7	7.4	7.4	7.3	7.2	7.2
Turbiditate, NTU	23.0	23.6	24.6	12.0	3.8	2.8

Tabelul 4.38: Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu prehidrolizat pentru Setul 8.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SAP, mgSAP/l	0	4	6	8	10	12
pH	7.7	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Turbiditate, NTU	21.8	22.3	23.6	4.8	3.0	2.7

Curba de coagulare pentru determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu(SA) respectiv sulfat de aluminiu prehidrolizat(SAP) pentru Setul 8 este dată în figura 4.18.

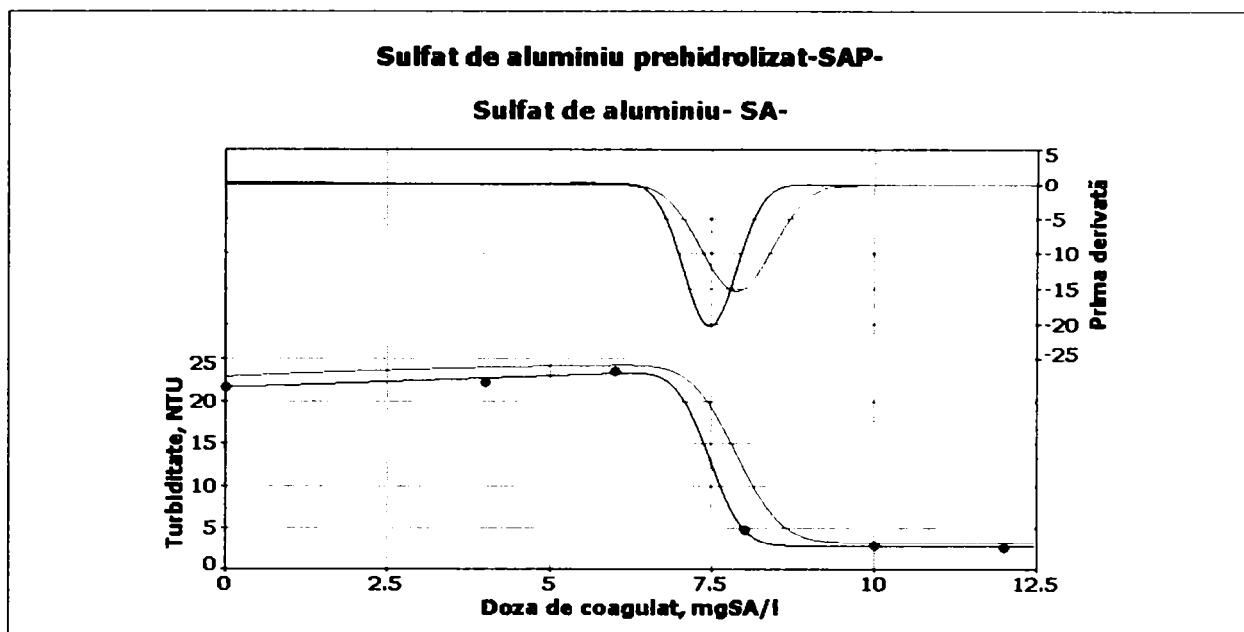


Figura 4.18: Curba de coagulare cu **SA** și **SAP**, pentru **Setul 8**.

Din figura 4.18 rezultă că doza critică, dată de punctul de inflexiune, în cazul utilizării sulfatului de aluminiu este 8.0mgSA/l ceea ce înseamnă că doza optimă de sulfat de aluminiu este 16.0mgSA/l.

În cazul utilizării sulfatului de aluminiu prehidrolizat doza critică este 7.5mgSA/l, ceea ce corespunde unei doze optime de SAP de 15.0mgSA/l.

Setul 9:

Temperatură apă, °C: 3-4
 Turbiditate apă brută, NTU: 38-42
 pH apă brută: 7.5-7.6

Tabelul 4.39: Determinarea dozei optime de **sulfat de aluminiu** pentru **Setul 9**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	0	6	8	10	12	14
pH	7.6	7.3	7.2	7.1	7.1	7.0
Turbiditate, NTU	26.9	31.3	33.6	12.8	4.5	3.3

Tabelul 4.40: Determinarea dozei optime de **sulfat de aluminiu prehidrolizat** pentru **Setul 9**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SAP , mgSAP/l	0	6	8	10	12	14
pH	7.6	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4
Turbiditate, NTU	30.3	30.7	24.5	4.5	3.3	2.3

Curba de coagulare pentru determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu(**SA**) respectiv sulfat de aluminiu prehidrolizat(**SAP**) pentru **Setul 9** este dată în figura 4.19.

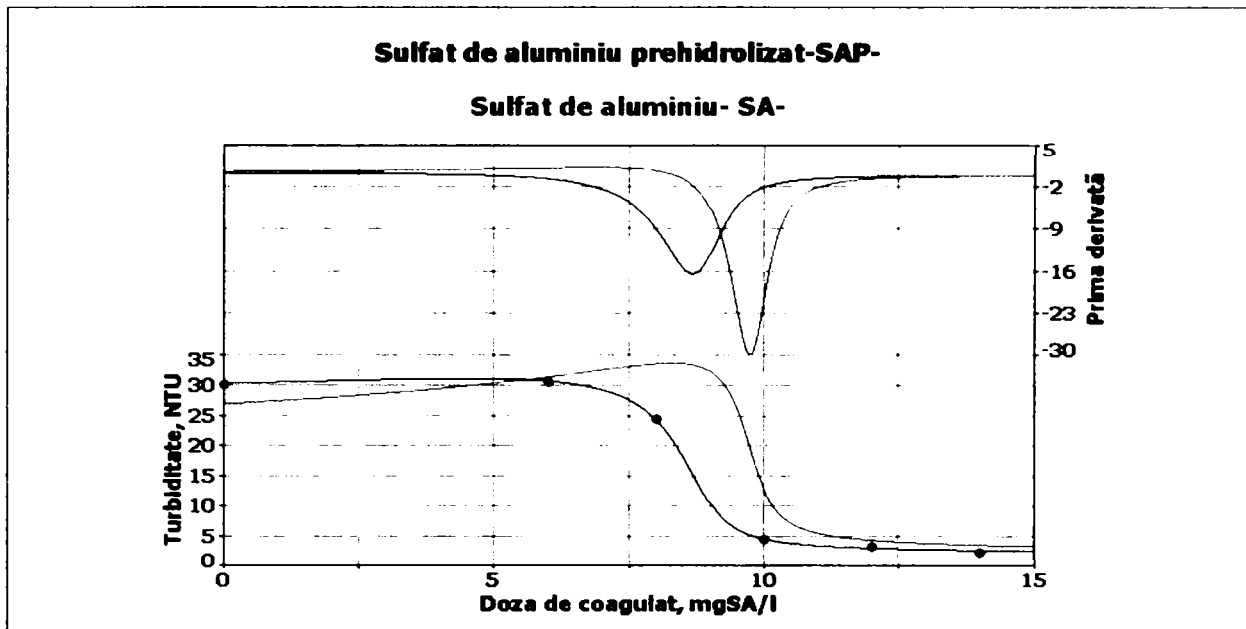


Figura 4.19: Curba de coagulare cu **SA** și **SAP**, pentru **Setul 9**.

Din figura 4.19 rezultă că doza critică, dată de punctul de inflexiune, în cazul utilizării sulfatului de aluminiu este 9.75mgSA/l ceea ce înseamnă că doza optimă de sulfat de aluminiu este 19.50mgSA/l.

În cazul utilizării sulfatului de aluminiu prehidrolizat doza critică este 8.75mgSA/l, ceea ce corespunde unei doze optime de SAP de 17.50mgSA/l.

De asemenea din tabele 4.36, 4.38, 4.40 rezultă că pH-ul apei în cazul utilizării **SAP-ului** se modifică foarte puțin față de pH-ul apei brute, acest lucru explicându-se prin faptul că în momentul hidrolizei **SAP** este prepolimerizat.

Datele cu privire la variația pH-ului apei râului Bega în funcție de doza de **SAP** respectiv **SA** adăugată sunt prezentate în tabelul 4.41.

Tabelul 4.41: Variația pH-ului apei brute funcție de doza de coagulant adăugat.

Doza de SA adăugat mgSA/l	pH	Doza de SAP adăugat mgSA/l	pH
0	7.7	0	7.7
1	7.6	6	7.6
2	7.5	12	7.5
3	7.5	16	7.4
4	7.4	18	7.3
8	7.3	22	7.2
12	7.2	26	7.1
14	7.1	30	7.1
16	7.1	36	7.0
18	7.0	38	7.0
20	7.0	40	7.0
22	6.9	46	6.9

Astfel, pentru turbidități mari a apei râului Bega doză maximă de **SAP** care se poate utiliza fără a fi necesară corecția pH-ului de coagulare este 38-40mgSA/l față de 18-20mgSA/l, atunci când pH-ul apei râului Bega este cuprins între 7.7-7.8 iar alcalinitatea între 1.2-1.6mvali/l.

Având în vedere că, faza determinantă a procesului de coagulare-floculare prin metoda **JT** este faza de agitare lentă, lucru demonstrat la punctul 4.2.3.1, s-a comparat procesul de coagulare-floculare când s-a utilizat SA la doză optimă cu procesul de coagulare-floculare când s-a utilizat SAP la doză optimă, în condițiile în care s-a modificat timpul de agitare lentă.

Rezultatele experimentale obținute pentru **Setul 7**, **Setul 8** și **Setul 9** sunt prezentate în tabele 4.42-4.47.

Tabelul 4.42: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Setul 7**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza optimă de SA , mgSA/l	10	10	10	10	-	-
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	-	-
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	5	10	15	20	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	6.4	6.0	2.1	0.8	-	-

Tabelul 4.43: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **Setul 7**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza optimă de SAP , mgSA/l	9	9	9	9	-	-
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	-	-
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	5	10	15	20	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	5.5	2.5	0.9	0.6	-	-

În figura 4.20 este prezentată dependența turbidității în funcție de timpul de agitare lentă atunci când procesul de coagulare-floculare se realizează cu sulfat de aluminiu prehidrolizat obținut în laborator (**SAP**) și sulfat de aluminiu utilizat pe **ST (SA)** la doze optime, conform celor rezultate din figura 4.17.

Conform figurii 4.20, timpul necesar procesului de coagulare-floculare propriu-zis, în cazul apelor cu turbiditate de 6.0-7.4NTU și temperatură de 3-4°C, se reduce semnificativ atunci când se utilizează sulfatul de aluminiu prehidrolizat.

Astfel, pentru un timp de agitare lentă de 8 minute, timp estimat (conform punctului 4.2.3.3) pentru procesul de coagulare-floculare propriu-zis din **ST**, turbiditatea obținută în cazul utilizării **SA** este 6.4NTU față de 3.9NTU atunci când se utilizează **SAP**, eficiența procesului de coagulare-floculare îmbunătățindu-se cu aproximativ 39%.

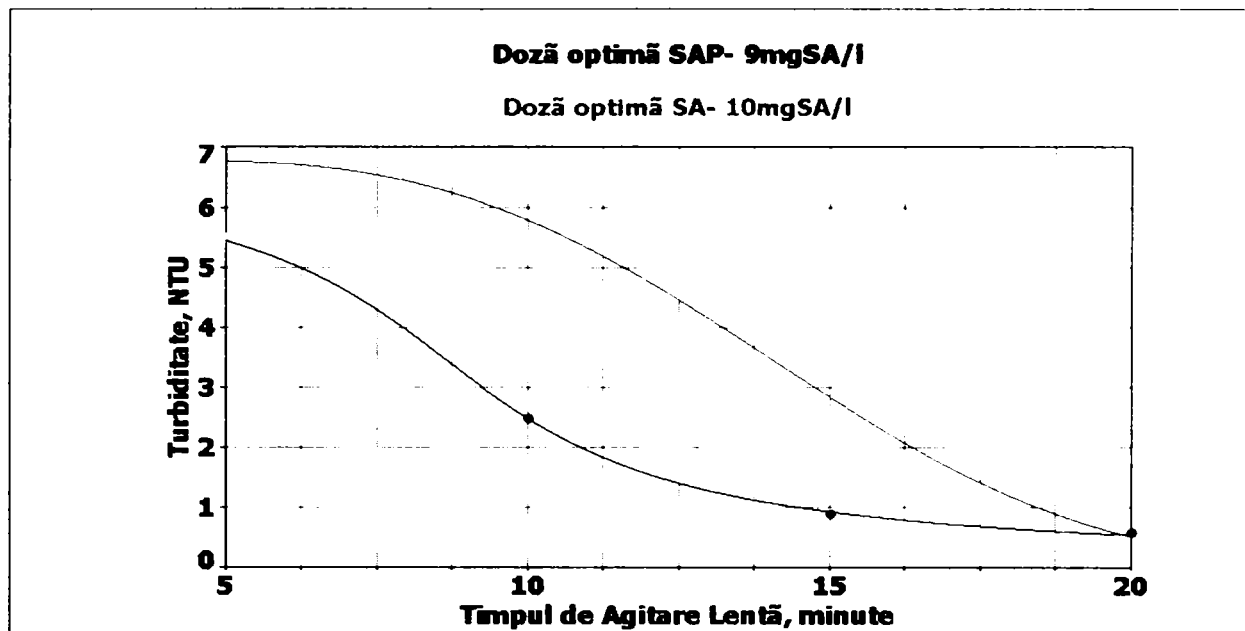


Figura 4.20: Dependența turbidității funcție de agitare lentă, pentru **Setul 7**.

Tabelul 4.44: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Setul 8**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza optimă de SA , mgSA/l	16	16	16	16	-	-
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	-	-
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	5	10	15	20	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	8.7	4.3	2.5	2.0	-	-

Tabelul 4.45: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **Setul 8**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza optimă de SAP , mgSA/l	15	15	15	15	-	-
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	-	-
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	5	10	15	20	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	7.7	3.6	1.9	1.5	-	-

În figura 4.21 este prezentată dependența turbidității în funcție de timpul de agitare lentă atunci când procesul de coagulare-floculare se realizează cu sulfat de aluminiu prehidrolizat obținut în laborator (**SAP**) și sulfat de aluminiu utilizat pe **ST (SA)** la doze optime, conform celor rezultate din figura 4.18.

Conform figurii 4.21, timpul necesar procesului de coagulare-floculare propriu-zis, în cazul apelor cu turbiditate de 20-25NTU și temperatură de 3-4°C, este mai redus atunci când se utilizează sulfatul de aluminiu prehidrolizat.

Astfel, pentru un timp de agitare lentă de 8 minute, timp estimat (conform punctului 4.2.3.3) pentru procesul de coagulare-floculare propriu-zis din **ST**, turbiditatea obținută în cazul utilizării **SA** este 5.7NTU față de 4.8NTU atunci când se utilizează **SAP**, eficiența procesului de coagulare-floculare îmbunătățindu-se cu aproximativ 16%.

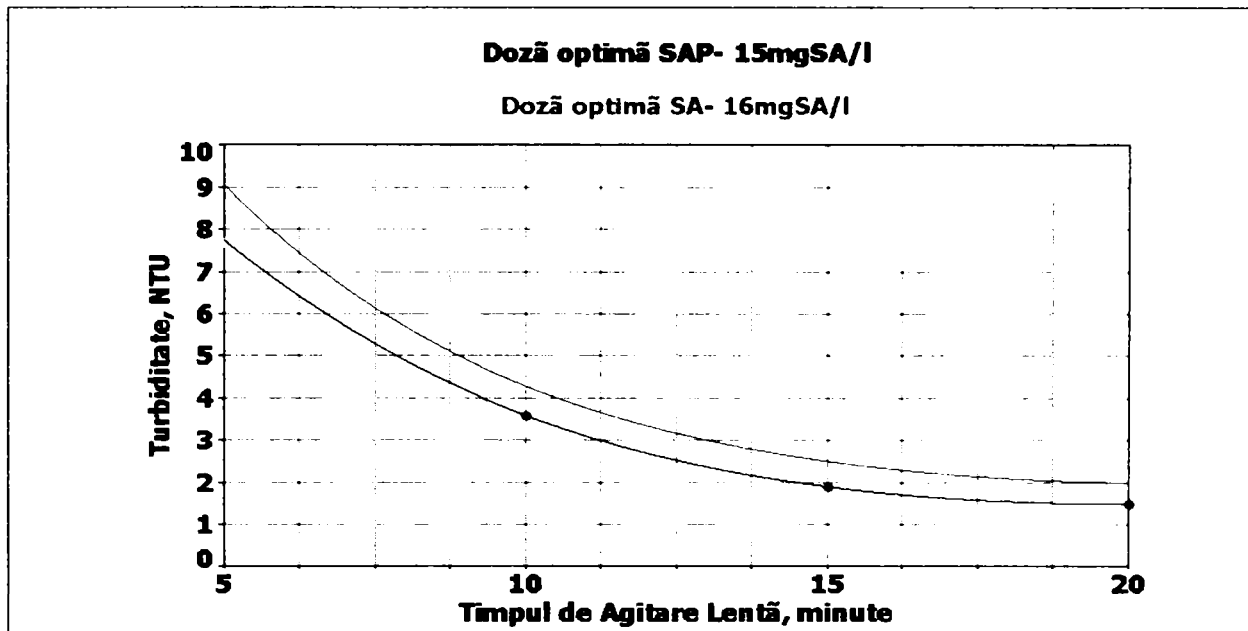


Figura 4.21: Dependența turbidității funcție de agitare lentă, pentru **Setul 8**.

Tabelul 4.46: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Setul 9**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza optimă de SA , mgSA/l	20	20	20	20	-	-
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	-	-
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	5	10	15	20	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	7.7	4.1	2.4	1.7	-	-

Tabelul 4.47: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **Setul 9**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza optimă de SAP , mgSA/l	18	18	18	18	-	-
Agitare Rapidă, 140 rot/min, secunde	120	120	120	120	-	-
Agitare Lentă, 40 rot/min, minute	5	10	15	20	-	-
Timp Decantare, minute	30	30	30	30	-	-
Turbiditate, NTU	3.6	2.2	1.3	0.8	-	-

În figura 4.22 este prezentată dependența turbidității în funcție de timpul de agitare lentă atunci când procesul de coagulare-floculare se realizează cu sulfat de aluminiu prehidrolizat obținut în

laborator (**SAP**) și sulfat de aluminiu utilizat pe **ST (SA)** la doze optime, conform celor rezultate din figura 4.19.

Conform figurii 4.22, timpul necesar procesului de coagulare-floculare propriu-zis, în cazul apelor cu turbiditate de 38-42NTU și temperatură de 3-4°C, este mai redus atunci când se utilizează sulfatul de aluminiu prehidrolizat.

Astfel, pentru un timp de agitare lentă de 8 minute, timp estimat (conform punctului 4.2.3.3) pentru procesul de coagulare-floculare propriu-zis din **ST**, turbiditatea obținută în cazul utilizării **SA** este 5.1NTU față de 2.6NTU atunci când se utilizează **SAP**, eficiența procesului de coagulare-floculare îmbunătățindu-se cu aproximativ 49%.

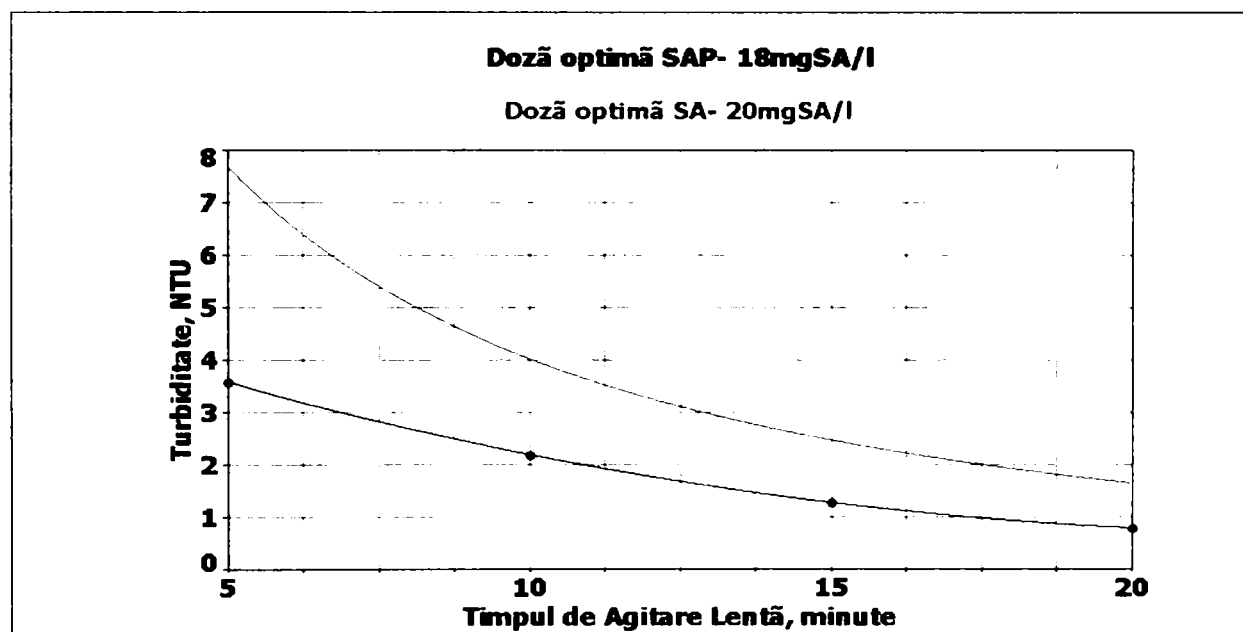


Figura 4.22: Dependența turbidității funcție de agitarea lentă, pentru **Setul 9**.

7. Concluzii:

La o turbiditate a apei râului Bega cuprinsă între 6-25 NTU, doza critică scade cu 0.5mgSA/l față de doza critică rezultată prin utilizarea sulfatului de aluminiu când se folosește sulfatul de aluminiu prehidrolizat. Această scădere ajungând la 1mgSA/l atunci când turbiditatea apei râului Bega atinge 40 NTU.

*Așadar, doza optimă de **SAP** scade cu 1mgSA/l respectiv cu 2mgSA/l față de doza optimă de **SA** necesară pentru coagularea suspensiilor din apa râului Bega, în condiții de temperatură joasă 3-4°C și turbiditate de 6-25NTU respectiv 40 NTU.*

*Prin utilizarea **SAP-ului** scade eficiența procesului de dezinfecție cu clor datorită menținerii pH-ului la valori de peste 7.5 atunci când pH-ul apei râului Bega este cuprins între 7.7-7.8 și turbiditatea este sub 10NTU.*

*Doza maximă de **SAP** care se poate utiliza fără a fi necesară corecția pH-ului de coagulare este 38-40mgSA/l față de 18-20mgSA/l, atunci când pH-ul apei râului Bega este cuprins între 7.7-7.8 iar alcalinitatea între 1.2-1.6mvali/l.*

Conform rezultatelor experimentale prezentate mai sus, se poate estima că prin utilizarea **SAP-ului** pe **ST** se poate obține o creștere a eficienței procesului de coagulare-floculare, în condiții de temperatură scăzută a apei râului Bega, cu 16-49% în funcție de turbiditatea apei brute.

4.2.3.4.2 Studii privind utilizarea policlorurii de aluminiu „BOPAC” [33, 44, 47]

„**BOPAC**” este o soluție bazică de clorură de aluminiu, care este utilizat ca și coagulant în procesul de obținere a apei potabile, fiind comercializat și produs de firma „UNICHEM” Kft. Ungaria, producător de coagulanți pentru tratarea și epurarea apelor.

Scopul acestui studiu a fost verificarea performanțelor acestui produs în tratarea apei râului Bega față de sulfatul de aluminiu utilizat pe **ST**.

1. Caracteristici:

- compoziția:	policlorură de aluminiu
-aspect:	soluție vâscoasă de culoare alb-cenușie
-densitate:	$1.27 \pm 0.02 \text{ kg/dm}^3$
-conținut de aluminiu:	$10.0 \pm 0.5\% \text{ Al}$ $18.9 \pm 1.0\% \text{ Al}_2\text{O}_3$
-conținut de clorură:	$6.2 \pm 0.5\% \text{ Cl}^-$
-Al/Cl:	2.0 ± 0.2
-bazicitate:	$83.0 \pm 1.5\%$
- solubilitate în apă:	solubil în apă

2. Mod de lucru:

Compararea eficienței procesului de coagulare-floculare prin utilizarea **BOPAC**-ului față de sulfatul de aluminiu utilizat pe **ST**, s-a realizat prin metoda **JT**.

În acest sens, s-a determinat doza optimă de coagulant, apoi s-au comparat performanțele celor doi coagulanți la doza optimă.

Pentru experimentări s-a utilizat metoda **JT** în condiții standard de operare și anume:

Agitare Rapidă, 140 rot/min - 120 secunde

Agitare Lentă, 40 rot/min - 15 minute

Decantare - 30 minute

Se consideră că, **doza critică** de sulfat de aluminiu este dată de punctul de inflexiune iar **doza optimă** de sulfat de aluminiu este dublul dozei critice.

Pentru determinarea variației pH-ului râului Bega în funcție de doza de coagulant adăugată în procesul de tratare, se folosește metoda titrării potențiometrice. Principiul metodei constă în adăugarea de coagulant în volume cunoscute într-un litru de apă brută și măsurarea pH-ului după fiecare adăugare. Din datele astfel obținute se determină, doza maximă de coagulant care se poate

adăuga în procesul de tratare fără a fi necesară corecția pH-ului, știut fiind faptul că pentru apa râului Bega pH-ul optim de coagulare este 7.0.

3. Materiale și aparatură:
- agitator multiplu de tip Jar-test „Janway” cu șase posturi și turație variabilă
 - turbidimetru de laborator „HACH 2100”
 - pH-metru de laborator „MP220”
 - agitator magnetic
 - spectrofotometru „SQ118”
 - sticlărie de laborator
 - filtre de unică folosință de 45μm
4. Reactivi:
- soluție de sulfat de aluminiu 0,25-0,35M
 - soluție **BOPAC**, 40%
5. Condiții de desfășurare:
- pentru păstrarea temperaturii probelor de apă, Jar-testele s-au desfășurat afară
6. Parametrii determinați:
- temperatura apei, °C: apă brută
 - turbiditate, NTU: apă brută (**T_{AB}**), apă decantată (**T_D**) **JT**
 - pH, unități pH: apă brută (**pH_{AB}**), apă decantată (**pH_D**) **JT**
 - alcalinitate, mvali/l: apă brută
 - aluminiu dizolvat, mg/l: apă decantată **JT**
 - oxidabilitate chimică(CCO-Mn), mgKMnO₄/l: apă brută (**T_{AB}**), apă decantată (**T_D**) **JT**
7. Rezultate experimentale:

Setul 10:

Temperatură apă, °C:	8-9
Turbiditate apă brută, NTU:	4.3-7.1
pH apă brută:	7.8-8.0
Oxidabilitate chimică(CCO-Mn) apă brută, mgKMnO ₄ /l:	7.44-7.86

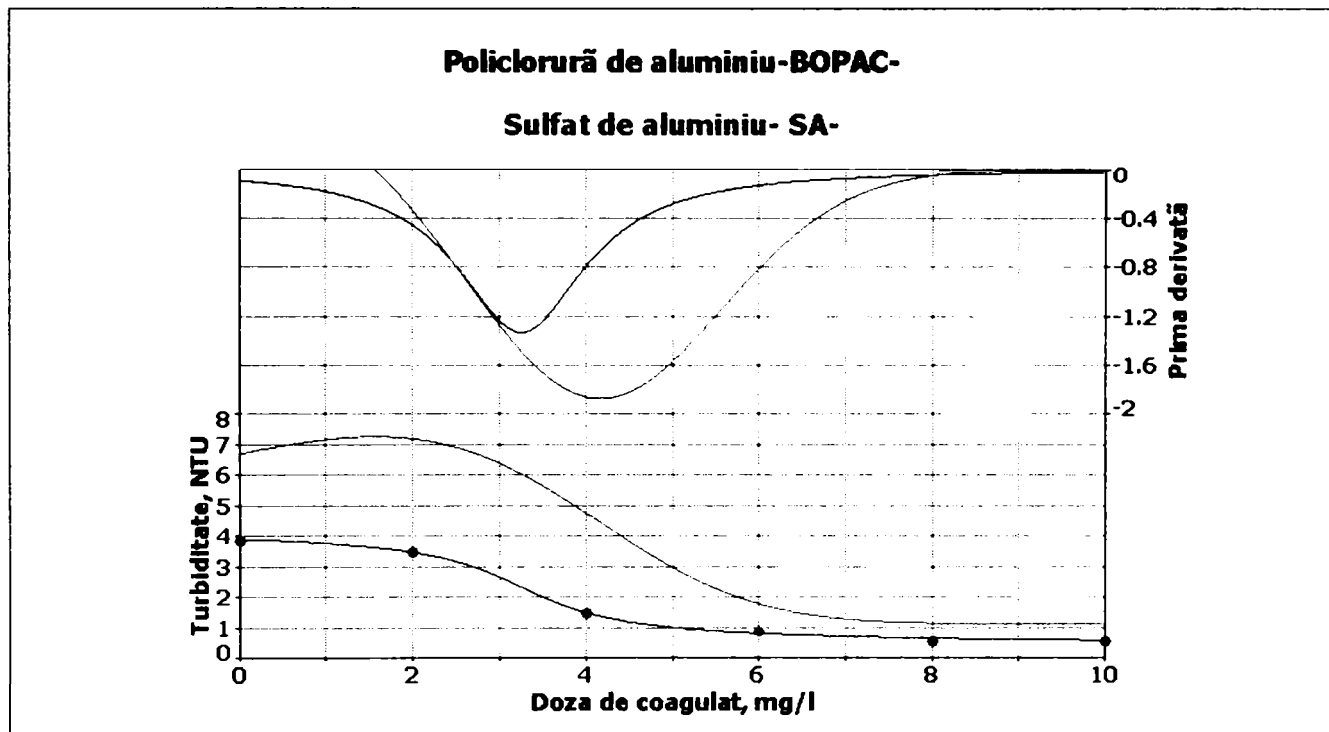
Tabelul 4.48: Determinarea dozei optime de **sulfat de aluminiu** pentru **Setul 10**

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	0	2	4	6	8	10
pH	7.8	7.8	7.7	7.6	7.6	7.5
Turbiditate, NTU	6.7	7.2	4.8	1.8	1.2	1.1

Tabelul 4.49: Determinarea dozei optime de **BOPAC** pentru **Setul 10**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA, mgSA/l	0	2	4	6	8	10
pH	8.0	8.0	8.0	7.9	7.9	7.9
Turbiditate, NTU	3.9	3.5	1.5	0.9	0.6	0.6

Curba de coagulare pentru determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu(SA) respectiv de **BOPAC** pentru **Setul 10** este dată în figura 4.23.

**Figura 4.23:** Curba de coagulare cu SA și BOPAC, pentru **Setul 10**.

Din figura 4.23 rezultă că doza critică, dată de punctul de inflexiune, în cazul utilizării sulfatului de aluminiu este 4.20mgSA/l ceea ce înseamnă că doza optimă de sulfat de aluminiu este 8.40mgSA/l.

În cazul utilizării **BOPAC-ului** doza critică este 3.20mgBOPAC/l, ceea ce corespunde unei doze optime de **BOPAC** de 6.40mgBOPAC/l.

Analiza comparativă pentru cei doi coagulanți s-a făcut conform tabelului 4.50.

Tabelul 4.50: Analiză comparativă SA/ BOPAC pentru **Setul 10**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Tipul de coagulant	SA	SA	SA	BOPAC	BOPAC	BOPAC
Doză coagulant, mg/l	6	8	10	6	8	10
pH	7.7	7.6	7.5	7.9	7.9	7.9
Turbiditate, NTU	2.3	1.1	0.7	0.9	0.7	0.5
Aluminiu dizolvat, mg/l	0.12	0.11	0.09	<0.05	<0.05	<0.05
Oxidabilitate chimică (CCO-Mn), mgKMnO ₄ /l	6.06	4.85	4.25	4.55	3.95	3.34

Din datele prezentate în tabelul 4.50 rezultă că prin utilizarea **BOPAC-ului** crește eficiența procesul de coagulare în condițiile în care turbiditatea și temperatura apei râului Bega este scăzută, sub 10NTU respectiv sub 10°C.

De asemenea se observă că prin creșterea dozei de **BOPAC**, pH-ul apei brute scade foarte puțin, acest lucru se explică prin faptul că în momentul hidrolizei **BOPAC-ul** este prepolimerizat.

Datele cu privire la variația pH-ului apei râului Bega în funcție de doza de **BOPAC** respectiv **SA** adăugată sunt prezentate în tabelul 4.51.

Tabelul 4.51: Variația pH-ului apei brute funcție de doza de coagulant adăugat.

Doza de SA adăugat mgSA/l	pH	Doza de BOPAC adăugat mgSA/l	pH
0	7.8	0	8.0
2	7.8	4	8.0
4	7.7	8	7.9
6	7.6	12	7.8
8	7.6	18	7.7
10	7.5	24	7.6
12	7.4	30	7.5
14	7.3	36	7.4
16	7.2	42	7.3
18	7.2	46	7.3
20	7.1	52	7.2
22	7.0	58	7.2
24	7.0	66	7.2
26	6.9	74	7.1
28	6.9	82	7.1
32	6.9	86	7.0
34	6.8	92	7.0
36	6.8	100	7.0
40	6.7	108	6.9

Astfel, pentru turbidități mari a apei râului Bega doza maximă de **BOPAC** care se poate utiliza fără a fi necesară corecția pH-ului de coagulare este 86-100mgBOPAC/l față de 22-24mgSA/l, atunci când pH-ul apei râului Bega este cuprins între 7.8-8.0 iar alcalinitatea între 1.2-1.8mval/l.

Dar, pe de altă parte, în condiții de turbiditate redusă a apei râului Bega, în condițiile utilizării **BOPAC-ului**, pH-ul apei tratate este 7.9 față de 7.5-7.6 când pentru coagulare-floculare se utilizează sulfatul de aluminiu.

Se știe că, efectul clorului asupra unei sușe bacteriene din apă, în absența compușilor interferenți (materii organice, amoniac) va fi cu atât mai eficace cu cât pH-ul este mai scăzut astfel, la $t=0^{\circ}\text{C}$ și $\text{pH}=7.5$, cantitatea de HOCl nedisociat este 70%, asigurând o dezinfecție corespunzătoare iar la $t=20^{\circ}\text{C}$ și $\text{pH}=7.5$, 50% din HOCl este nedisociat fiind insuficient pentru o dezinfecție corespunzătoare.

Din acest motiv ne-am propus reducerea pH-ului apei râului Bega înainte de coagulare prin acidulare cu acid sulfuric 0.1N. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 4.52.

Tabelul 4.52: Analiză comparativă **SA/ BOPAC** pentru **Setul 10** cu acidularea apei brute înainte de coagulare.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Tipul de coagulant	SA	SA	SA	BOPAC	BOPAC	BOPAC
Doză coagulant, mg/l	6	8	10	6	8	10
pH	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Turbiditate, NTU	1.3	0.9	0.9	1.3	1.3	1.3
Aluminiu dizolvat, mg/l	0.06	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Oxidabilitate chimică (CCO-Mn), mgKMnO ₄ /l	3.88	3.57	3.57	3.72	3.88	3.57

Comparând performanțele celor doi coagulanți, **SA** și **BOPAC**, din tabelul 4.52 rezultă că, prin acidularea apei brute cu acid sulfuric în vederea reducerii pH-ului astfel încât după adaosul reactivilor de coagulare să se obțină pH-ul optim de coagulare, la doză optimă, 8mgSA/l pentru **SA** respectiv 6mgBOPAC/l pentru **BOPAC**, se obțin valori mai performante la turbiditate și oxidabilitate chimică atunci când pentru coagulare se folosește sulfatul de aluminiu.

Comparând rezultatele obținute din tabelul 4.50 și 4.52 rezultă că acidularea apei brute este benefică în cazul când pentru coagulare se folosește sulfatul de aluminiu. Acest lucru era de așteptat deoarece pH-ul optim de coagulare a apei râului Bega cu sulfat de aluminiu este 7.0.

8. Concluzii:

*Utilizarea **BOPAC-ului** duce la creșterea eficienței procesul de coagulare în condițiile în care turbiditatea și temperatura apei râului Bega este scăzută, sub 10NTU respectiv sub 10°C. De asemenea aluminiul rezidual din apa tratată se menține sub 50μg/l.*

*La turbidități mari a apei râului Bega doza maximă de **BOPAC** care se poate utiliza fără a fi necesară corecția pH-ului de coagulare este 86-100mgBOPAC/l față de 22-24mgSA/l, atunci când pH-ul apei râului Bega este cuprins între 7.8-8.0 iar alcalinitatea între 1.2-1.8mval/l.*

*Prin utilizarea **BOPAC-ului** scade eficiența procesului de dezinfecție cu clor datorită menținerii pH-ului la valori de peste 7.5 atunci când pH-ul apei râului Bega este cuprins între 7.8-8.0 și turbiditatea este sub 10NTU.*

4.2.3.4.3 Studii privind utilizarea floclanților anionici [5, 19, 48, 55, 111, 112]

Polielectrolitii sunt polimeri organici de sinteză utilizați în calitate de ajutoari de coagulare (adjuvanți de coagulare sau floclanți).

Adaosul floclanților organici în completarea sărurilor de aluminiu, care sunt utilizate în calitate de coagulanți primari în procesul de destabilizare a suspensiilor coloidale, permite accelerarea procesului de decantare și diminuarea dozelor de coagulant funcție de calitatea fizico-chimică și biologică a apei tratate.

Floculanții sintetici organici se obțin din macromolecule polimerizate rezultate prin polimerizarea monomerilor de sinteză. Masa lor moleculară este importantă, putând ajunge până la zeci de milioane. În funcție de masa moleculară și sarcină polielectroliții pot fi:

- anionici, încărcăți negativ, în general copolimeri acrilat-acrilamidă cu masă moleculară cuprinsă între 2 și 10 milioane
- neionici, aceste specii nu sunt încărcate, sunt în general poli(acrilamide cu masă moleculară mai mare de 10 milioane
- cationici, încărcăți pozitiv, sunt copolimeri de acrilamida și de monomer cationic

Folosirea poli(acrilamidelor prezintă riscul existenței monomerului nereacționat în timpul polimerizării care prezintă o anumită toxicitate, fapt pentru care au fost definite limite de utilizare. Concentrația maximă admisibilă în apa de băut pentru acrilamidă este de 0.25μg/l conform OMS-IPCS. În scopul păstrării concentrației de acrilamidă în apa potabilă sub limita admisă, cantitatea de monomer de acrilamidă în poli(acrilamida folosită trebuie limitată la 0.05%.

Polielectroliții organici sunt eficienți la doze foarte scăzute, literatura de specialitate recomandă: 0.05 - 0.2 g/m³.

Alegerea floculantului adecvat tratării apei râului Bega în vederea potabilizării cât și alegerea dozei optime de floculant s-a făcut prin metoda Jar-test. Testele s-au desfășurat în condiții de temperatură joasă ($\leq 10^{\circ}\text{C}$) și turbiditate mică (≤ 10 NTU) a apei râului Bega.

Au fost testați cinci floculanți anionici de tip AN910 PWG, AN912 PWG, AN934 PWG, AN945 PWG, AN956 PWG. Acești floculanți anionici se obțin prin copolimerizarea acrilamidei și a monomerului de acrilat de sodiu în proporții variate. Cantitatea grupului funcțional determină folosirea fiecărui produs pentru flocularea particulelor în suspensie.

1. Caracteristici:

-aspect:	pulbere albă
-granulometrie, mm:	1.00-1.25
-densitate aparentă, g/cm ³ :	0.80
-vâscăzitate la 25 ⁰ C și o soluție de 1g/l, cP	60-300
-stabilitatea produsului solid, luni:	24
-stabilitatea soluției, zile:	0-35
-temperatura de depozitare, ⁰ C:	1
-concentrația maximă de operare,g/l:	3-5
-concentrația maximă de acrilamidă în polimer, %:	<0.05
-concentrația maximă de acrilamidă în apă, μg/l	<0.5
- solubilitate în apă:	mare

2. Mod de lucru:

Etapele parcurse pentru alegerea celui mai eficient floclant sunt:

- determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu
- determinarea dozei optime de floclant
- determinarea timpului optim de adăugare a floclantului

După alegerea celui mai eficient floclant, s-a făcut analiza comparativă a eficienței procesului de coagulare-floclare, în condițiile în care se folosește sulfat de aluminiu respectiv sulfat de aluminiu și floclant.

Pentru experimentări s-a utilizat metoda **JT** în condiții standard de operare și anume:

Agitare Rapidă, 140 rot/min - 120 secunde

Agitare Lentă, 40 rot/min - 20 minute

Decantare - 30 minute

Se consideră că, **doza critică** de sulfat de aluminiu este dată de punctul de inflexiune iar **doza optimă** de sulfat de aluminiu este dublul dozei critice.

La prepararea soluțiilor de polielectrolit trebuie respectate condițiile de dizolvare indicate de producător.

Practica utilizării acestor polimeri indică o bună dizolvare, fiind necesară o agitare suficientă pentru menținerea granulelor în suspensie. La dizolvarea floclanților anionici se va evita:

- o agitare energetică, pentru a nu permite degradarea mecanică a polimerului
- adăugarea dintr-o dată a întregii cantități cântărite, deoarece granulele au tendința de a se aglomera și de a forma o masă gelatinoasă (conglomerat) care apoi se dizolvă foarte greu (4-5 ore față 1-2 ore).

Pentru efectuarea testelor de floclare s-a preparat soluție de concentrație 0.1% (0.1g/l). Soluția rezultată trebuie să fie omogenă, vâscoasă fără particule vizibile. Soluțiile obținute sunt utilizabile 24 ore, după care își reduce activitatea.

3. Materiale și aparatură:
- agitator multiplu de tip Jar-test „Janway” cu șase posturi și turație variabilă
 - turbidimetru de laborator „HACH 2100”
 - pH-metru de laborator „MP220”
 - agitator magnetic
 - sticlărie de laborator
4. Reactivi:
- soluție de sulfat de aluminiu 10.73gSA/l
 - soluție de floclant 0.1g/l
5. Condiții de desfășurare:
- pentru păstrarea temperaturii probelor de apă, Jar-testele s-au desfășurat afară
6. Parametrii determinați:
- temperatura apei, °C: apă brută
 - turbiditate, NTU: apă brută (**T_{AB}**), apă decantată (**T_D**) **JT**

- pH, unități pH: apă brută (pH_{AB}), apă decantată (pH_D) JT

7. Rezultate experimentale:

Setul 11:

Temperatură apă, °C: 8-9

Turbiditate apă brută, NTU: 3.4-4.3

pH apă brută: 7.8-7.9

Tabelul 4.53: Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru Setul 11

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA, mgSA/l	0	2	4	8	10	12
pH	7.9	7.9	7.8	7.6	7.5	7.4
Turbiditate, NTU	3.8	3.8	1.6	0.5	0.5	0.4

Curba de coagulare pentru determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru Setul 11 este prezentată în figura 4.24.

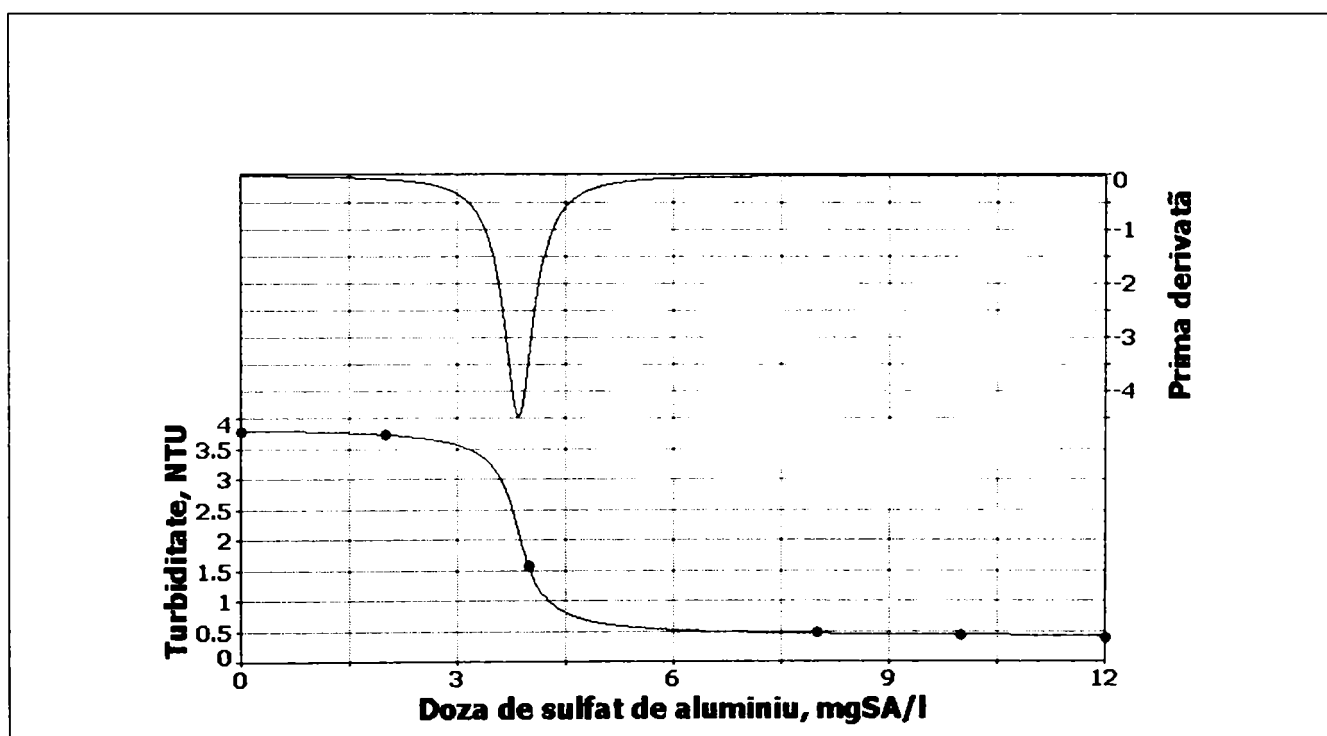


Figura 4.24: Curba de coagulare cu sulfat de aluminiu, pentru Setul 11.

Din figura 4.24 rezultă că doza critică, dată de punctul de inflexiune, în cazul utilizării sulfatului de aluminiu este 3.9mgSA/l ceea ce înseamnă că doza optimă de sulfat de aluminiu este 7.80mgSA/l.

Datele experimentale pentru determinarea dozei optime de floclulant și pentru determinarea timpului optim de adăugare a floclulantului sunt prezentate în tabele 4.54-4.78.

Doza optimă de floclulant reprezintă, doza de floclulant pentru care apa tratată are turbiditate minimă.

Timpul optim de adăugare a floclulantului reprezintă, timpul scurs de la adăugarea coagulantului până la adăugarea floclulantului astfel încât turbiditatea apei tratate să fie minimă.

Tabelul 4.54: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **AN 910**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 910 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floculantului, min	0	0	0	0	0	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	-

Tabelul 4.55: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **AN 910**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 910 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floculantului, min	2	2	2	2	2	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.5	0.7	0.8	0.9	-

Tabelul 4.56: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **AN 910**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 910 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floculantului, min						-
Turbiditate, NTU	0.6	0.7	0.8	1.0	1.0	-

Tabelul 4.57: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **AN 910**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 910 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floculantului, min	2+10	2+10	2+10	2+10	2+10	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	-

Tabelul 4.58: Rezultate și mod de desfășurare a **JT5** pentru **AN 910**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 910 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floculantului, min	2+15	2+15	2+15	2+15	2+15	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-

Dependența turbidității funcție de doza de **AN910** este prezentată în figura 4.25.

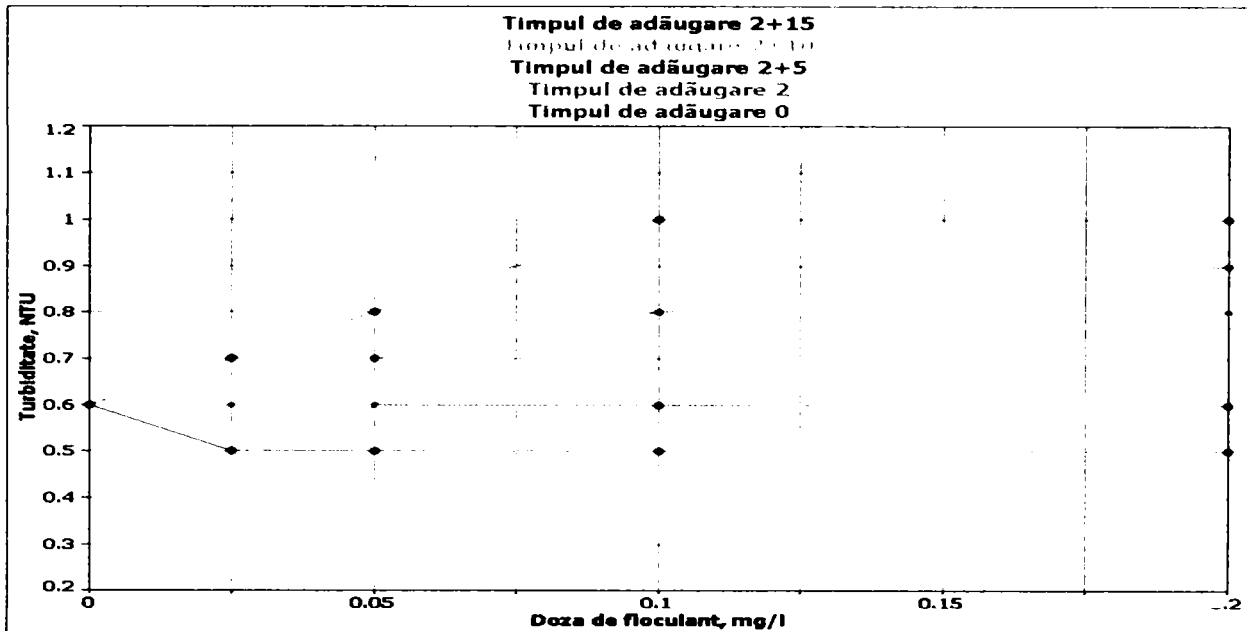


Figura 4.25: Dependența turbidității funcție de doza de **AN910** la timpuri de adăugare diferiți.

Din figură rezultă că doza optimă de flocculant **AN910** este 0.025mg/l în condițiile în care acesta se adaugă odată cu sulfatul de aluminiu sau după faza de amestecare adică, după agitarea rapidă (2 minute).

Tabelul 4.59: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **AN 912**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 912 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a flocculantului, min	0	0	0	0	0	-
Turbiditate, NTU	1.1	1.1	1.0	0.9	1.0	-

Tabelul 4.60: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **AN 912**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 912 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a flocculantului, min	2	2	2	2	2	-
Turbiditate, NTU	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	-

Tabelul 4.61: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **AN 912**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 912 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a flocculantului, min	2+5	2+5	2+5	2+5	2+5	-
Turbiditate, NTU	0.9	0.9	0.9	0.8	1.0	-

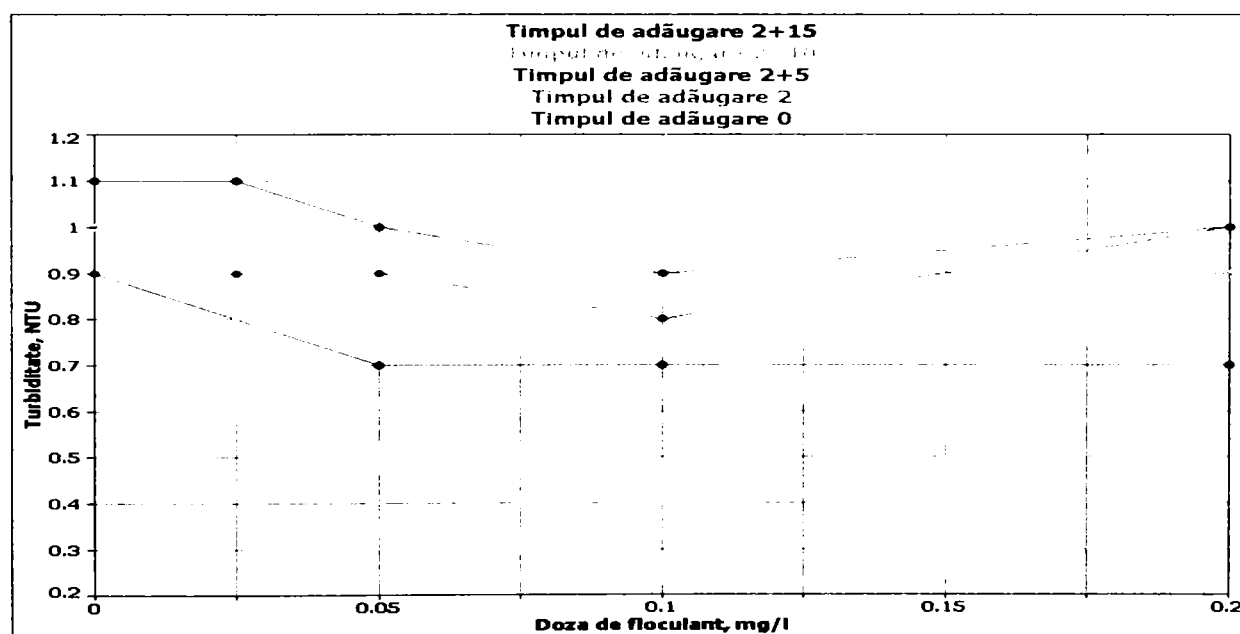
Tabelul 4.62: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **AN 912**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 912 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floculantului, min	2+10	2+10	2+10	2+10	2+10	-
Turbiditate, NTU	1.0	0.8	0.8	0.8	0.9	-

Tabelul 4.63: Rezultate și mod de desfășurare a **JT5** pentru **AN 912**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 912 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floculantului, min	2+15	2+15	2+15	2+15	2+15	-
Turbiditate, NTU	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	-

Dependența turbidității funcție de doza de **AN912** este prezentată în figura 4.26.

**Figura 4.26:** Dependența turbidității funcție de doza de **AN912** la timpuri de adăugare diferiți.

Din figură rezultă că doza optimă de floculant **AN912** este 0.05-0.2mg/l în condițiile în care acesta se adaugă după 15 minute de agitare lentă.

Tabelul 4.64: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **AN 934**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 934 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floculantului, min	0	0	0	0	0	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.6	0.7	0.9	1.1	-

Tabelul 4.65: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **AN 934**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 934 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min	2	2	2	2	2	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	-

Tabelul 4.66: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **AN 934**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 934 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min	2+5	2+5	2+5	2+5	2+5	-
Turbiditate, NTU	0.7	0.6	0.7	0.7	0.8	-

Tabelul 4.67: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **AN 934**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 934 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min				2+10	2+10	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.4	0.5	0.6	0.6	-

Tabelul 4.68: Rezultate și mod de desfășurare a **JT5** pentru **AN 934**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 934 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min	2+15	2+15	2+15	2+15	2+15	-
Turbiditate, NTU	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	-

Dependența turbidității funcție de doza de **AN934** este prezentată în figura 4.27.

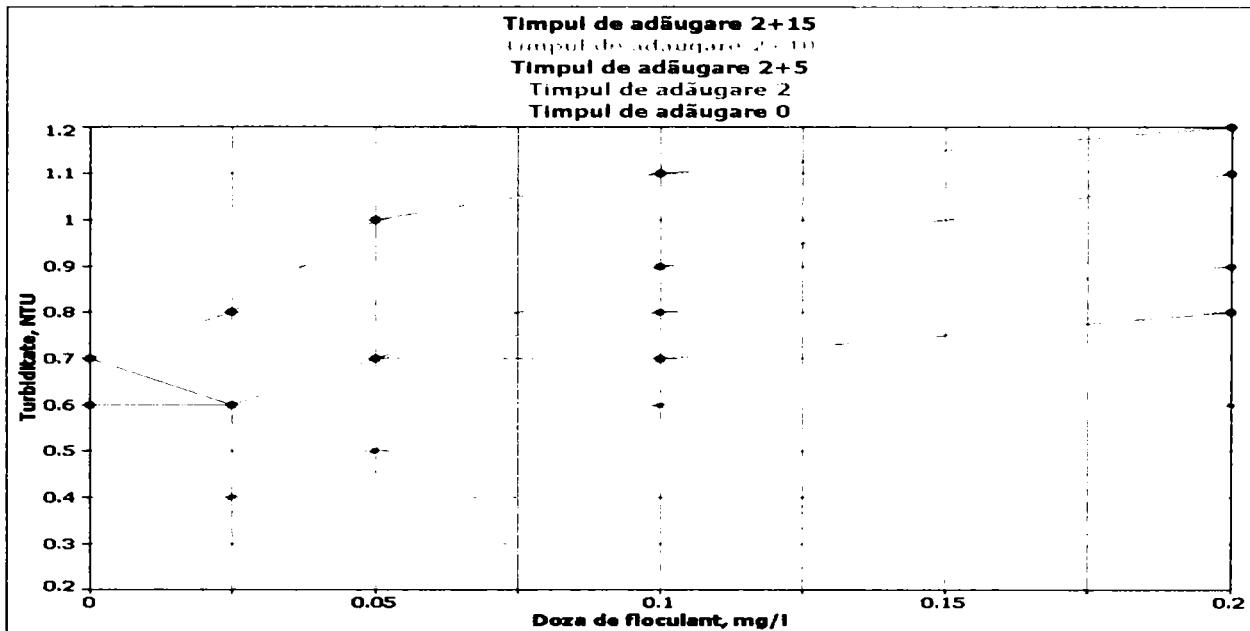


Figura 4.27: Dependenta turbidității funcție de doza de **AN934** la timpi de adăugare diferiți.

Din figură rezultă că doza optimă de floclulant **AN934** este 0.025mg/l în condițiile în care acesta se adaugă după 10 minute de agitare lentă.

Tabelul 4.69: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **AN 945**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 945 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclulantului, min	0	0	0	0	0	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.5	0.8	0.8	1.0	-

Tabelul 4.70: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **AN 945**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 945 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclulantului, min	2	2	2	2	2	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	-

Tabelul 4.71: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **AN 945**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 945 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclulantului, min	2+5	2+5	2+5	2+5	2+5	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	-

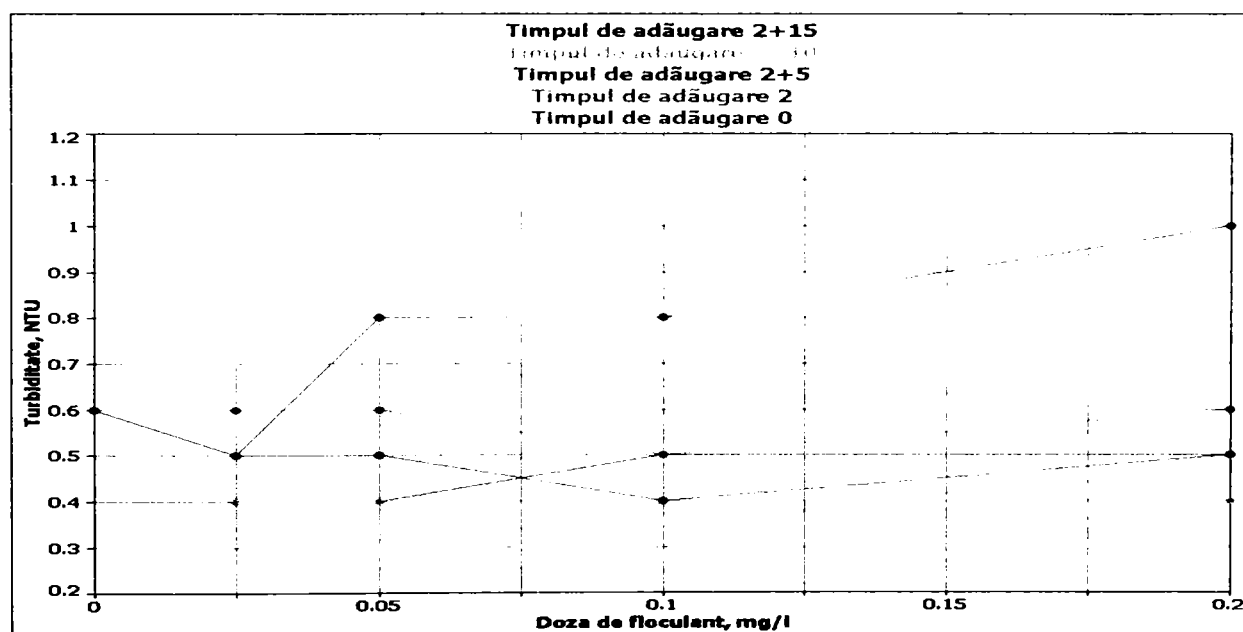
Tabelul 4.72: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **AN 945**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 945 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min	2+10	2+10	2+10	2+10	2+10	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	-

Tabelul 4.73: Rezultate și mod de desfășurare a **JT5** pentru **AN 945**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 945 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min	2+15	2+15	2+15	2+15	2+15	-
Turbiditate, NTU	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	-

Dependența turbidității funcție de doza de **AN945** este prezentată în figura 4.28.

**Figura 4.28:** Dependența turbidității funcție de doza de **AN945** la timpuri de adăugare diferiți.

Din figură rezultă că doza optimă de floclant **AN945** este 0.025-0.2mg/l în condițiile în care acesta se adaugă după 10 minute de agitare lentă.

Tabelul 4.74: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **AN 956**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 956 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min	0	0	0	0	0	-
Turbiditate, NTU	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	-

Tabelul 4.75: Rezultate și mod de desfășurare a **JT2** pentru **AN 956**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 956 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min	2	2	2	2	2	-
Turbiditate, NTU	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	-

Tabelul 4.76: Rezultate și mod de desfășurare a **JT3** pentru **AN 956**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 956 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min						-
Turbiditate, NTU	0.9	0.8	0.7	0.7	1.1	-

Tabelul 4.77: Rezultate și mod de desfășurare a **JT4** pentru **AN 956**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 956 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min	2+10	2+10	2+10	2+10	2+10	-
Turbiditate, NTU	1.0	0.6	0.6	0.9	0.9	-

Tabelul 4.78: Rezultate și mod de desfășurare a **JT5** pentru **AN 956**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	8	8	8	8	8	-
Doza de AN 956 , mg/l	0	0.025	0.05	0.1	0.2	-
Timpul de adăugare a floclantului, min	2+15	2+15	2+15	2+15	2+15	-
Turbiditate, NTU	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	-

Dependența turbidității funcție de doza de **AN956** este prezentată în figura 4.29.

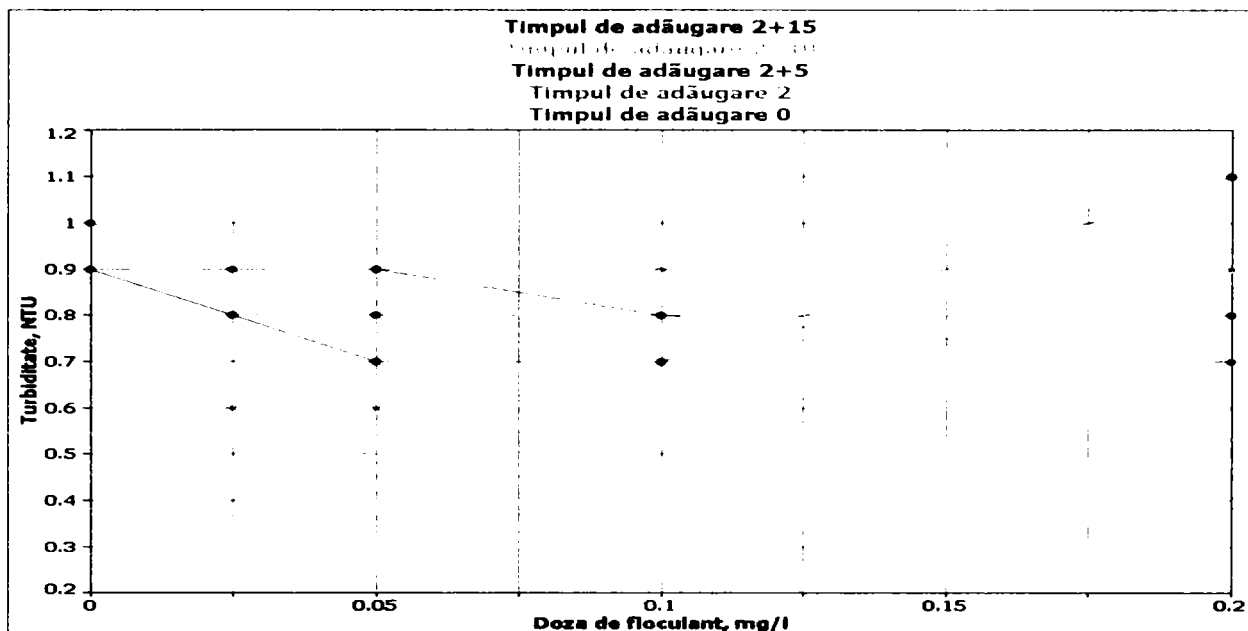


Figura 4.29: Dependenta turbidității funcție de doza de **AN956** la timpurile de adăugare diferite.

Din figură rezultă că doza optimă de flocculant **AN956** este 0.025-0.05mg/l în condițiile în care acesta se adaugă după 10 minute de agitare lentă.

Rezultatele de mai sus arată că utilizarea acestor flocculanți anionici în combinație cu sulfatul de aluminiu, nu duce la o îmbunătățire semnificativă a procesului de coagulare-floculare, față de situația în care se utilizează doar sulfat de aluminiu.

Totuși, doza optimă de flocculant de tip **AN956**, **AN945**, **AN934**, **AN910** este de 0.025mg/l la un timp optim de adăugare de 10 minute pentru flocculanții **AN956**, **AN945**, **AN934**, flocculantul se adaugă după 2 minute agitare rapidă și 10 minute agitare lentă. Cu flocculantul **AN910** cele mai bune rezultate se obțin atunci când el se dozează împreună cu sulfatul de aluminiu. Doza optimă de flocculant **AN912** este cuprinsă între 0.05-0.2mg/l la un timp optim de adăugare de 15 minute, flocculantul se adaugă după 2 minute agitare rapidă și 15 minute agitare lentă.

Cel mai eficient flocculant din cele studiate este flocculantul **AN956**. Acesta s-a supus unui test suplimentar în vederea găsirii răspunsului la întrebarea „Este influențată eficiența procesului de coagulare-floculare când se folosește în combinație sulfat de aluminiu și un flocculant anionic, de doza de sulfat de aluminiu?” În acest sens s-a utilizat metoda **JT** conform tabelului 4.80-4.81.

Setul 12:

Temperatură apă, °C: 10
 Turbiditate apă brută, NTU: 6.4-6.5
 pH apă brută: 7.8-7.9

Tabelul 4.79: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Setul 12**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	2	4	6	8	10	12
Doza de AN 956 , mg/l	-	-	-	-	-	-
Timpul de adăugare a floclantului, min	-	-	-	-	-	-
Turbiditate, NTU	5.6	1.4	0.6	0.5	0.5	0.4

Tabelul 4.80: Rezultate și mod de desfășurare a **JT1** pentru **Setul 12**.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA , mgSA/l	2	4	6	8	10	12
Doza optimă de AN 956 , mg/l	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Timpul de adăugare optim a floclantului, min	2+10	2+10	2+10	2+10	2+10	2+10
Turbiditate, NTU	5.4	1.1	0.5	0.5	0.5	0.5

Din tabele 4.79 și 4.80 rezultă că pentru apa râului Bega cu turbiditate sub 10NTU și temperatură sub 10°C, doza de sulfat de aluminiu se poate reduce cu 25% atunci când se folosește în combinație sulfat de aluminiu cu floclant **AN956**.

8. Concluzii:

*Utilizarea floclanților anionici de tip **AN956**, **AN945**, **AN934**, **AN912**, **AN910** în combinație cu sulfatul de aluminiu, nu duc la o îmbunătățire semnificativă a procesului de coagulare-floculare, față de situația în care se utilizează doar sulfat de aluminiu atunci când turbiditatea râului Bega este sub 10NTU și temperatură sub 10°C.*

*Cel mai eficient floclant din cele studiate a fost floclantul **AN956**. Doza optimă de floclant **AN956** este 0.025mg/l, timpul optim de adăugare este după 10 minute de agitare lentă.*

*Când se utilizează în combinație sulfat de aluminiu cu floclant **AN956** doza de sulfat de aluminiu se poate reduce cu 25% față de doza optimă în condițiile de calitate a apei râului Bega de mai sus.*

4.2.3.5 Studii privind influența adaosului de apă cu nămol asupra procesului de coagulare-floculare [44, 78, 80, 103, 107]

Din studiile efectuate cu privire la efectul recirculării nămolului asupra operațiilor de coagulare-floculare a rezultat că, recircularea nămolului, în cazul tehnologiei de tratare a râului Bega, are o acțiune benefică asupra procesului de coagulare-floculare îmbunătățind toți parametrii coagulării, drept pentru care se recomandă recircularea lui înainte de operația de amestecare. Efectul pozitiv al recirculării nămolului este cu atât mai mare cu cât doza de nămol este mai mare.

În procesul tehnologic de tratare a apei râului Bega în vederea potabilizării, apă cu nămol (**ASN**) rezultă în urma spălării filtrelor și decantoarelor.

Calitatea **ASN** este diferită în funcție de proveniența ei. În general **ASN** rezultată ca urmare a spălării filtrelor este mai puțin încărcată decât **ASN** rezultată de la decantoare, are o calitate relativ constantă în condițiile în care calitatea apei decantate nu variază indiferent de calitatea apei brute, iar spălarea filtrelor se face cu o frecvență stabilită. **ASN** rezultată de la decantoare are calitate variabilă, depinzând de gradul de încărcare a apei râului Bega.

În vederea implementării acestei tehnologii a fost necesar studiul influenței adaosului de **ASN** asupra calității apei decantate, atunci când volumul de **ASN** adăugat reprezintă un anumit procent din volumul de apă brută tratată.

În prima fază a studiului s-a făcut o simulare, de „tehnologie adaptată” pentru utilizarea **ASN** în procesul de coagulare-floculare, pe baza datelor statistice existente cu privire la calitatea și volumul apelor cu nămol.

În faza a doua s-au verificat rezultatele obținute în urma simulării, prin experimente în laborator utilizând metoda **JT**.

Din prelucrarea datelor statistice a rezultat că volumul de **ASN** ce ar trebui adăugat continuu este cuprins între 27-46 l/s.

Din prelucrarea datelor statistice a rezultat că volumul de **ASN** ce ar trebui adăugat continuu este cuprins între 27-46 l/s ceea ce reprezintă 2-3% din volumul captat de apă brută în vederea potabilizării.

Pe „tehnologia adaptată” indiferent de unde provine **ASN** aceasta se va acumula într-un bazin tampon prevăzut cu agitator pentru omogenizare de unde se va pompa continuu un volum ce reprezintă 1-5% din volumul captat de apă brută în vederea potabilizării. Injecția **ASN** se va face după adaosul de sulfat de aluminiu în camera de amestec. Doza de sulfat de aluminiu se stabilește în funcție de turbiditatea apei râului Bega.

Calitatea **ASN** provenită de la filtre, conform datelor statistice existente, este prezentată în tabelul 4.81.

Tabelul 4.81: Calitatea **ASN** provenită de la filtre (probă medie) .

Parametrul analizat	Valoare medie	Valoare maximă
Turbiditate, NTU	45	128
Aluminiu total, mg/l	6.4	27.6
Oxidabilitate chimică (CCO-Mn), mgKMnO ₄ /l	20.46	58.21

Pe „tehnologia adaptată” decantoarele longitudinale existente în prezent se vor echipa cu poduri racloare și evacuarea nămolului se va face continuu. Dacă timpul de evacuare a **ASN** din decantor este de 4 minute cu un debit de 75l/s, din datele existente se poate simula calitatea **ASN**

evacuate. Calitatea **ASN** provenită de la decantoare, conform datelor statistice existente, este prezentată în tabelul 4.82.

Tabelul 4.82: Calitatea **ASN** provenită de la decantoare (probă medie).

Parametrul analizat	Valoare medie	Valoare maximă
Turbiditate, NTU	734	1536
Aluminiu total, mg/l	162	373
Oxidabilitate chimică (CCO-Mn), mgKMnO ₄ /l	536	1169

În tabelul 4.83 este prezentată valoarea medie anuală (2002) a apei râului Bega pentru parametrii turbiditate, aluminiu total, oxidabilitate chimică (CCO-Mn).

Tabelul 4.83: Calitatea apei râului Bega pentru anul 2002.

Parametrul analizat	Valoare medie anuală
Turbiditate, NTU	10.5
Aluminiu total, mg/l	0.05
Oxidabilitate chimică (CCO-Mn), mgKMnO ₄ /l	10.4

Volumul de **ASN** reprezintă 1-5% din volumul captat de apă brută pentru potabilizare. Dacă debitul captat este de 1000 l/s, volumul de **ASN** adăugat poate fi de: 10 l/s, 20 l/s, 30 l/s, 40 l/s, 50 l/s. Calitatea apei brute se va modifica în funcție de volumul de **ASN** adăugat. În tabele 4.84-4.86 este simulată modificarea calității apei brute funcție de calitatea și volumul de **ASN** adăugat.

Tabelul 4.84: Calitatea apei brute după adaos de **ASN**.

Turbiditate, NTU			Turbiditate amestec, NTU				
Apă brută			1%	2%	3%	4%	5%
ASN -filtru	Med	45	11	12	12	12	13
	Max	128	12	13	14	15	16
ASN -decantor	Med	734	18	25	32	39	45
	Max	1536	26	41	55	70	84

Tabelul 4.85: Calitatea apei brute după adaos de **ASN**.

Aluminiu total, mg/l			Aluminiu total amestec, mg/l				
Apă brută			1%	2%	3%	4%	5%
ASN -filtru	Med	6.4	0.11	0.17	0.23	0.29	0.35
	Max	27.6	0.33	0.60	0.86	1.13	1.38
ASN -decantor	Med	162	1.65	3.23	4.77	6.28	7.76
	Max	373	3.74	7.36	10.91	14.39	17.81

Tabelul 4.86: Calitatea apei brute după adaos de **ASN**.

CCO-Mn, mgKMnO ₄ /l		CCO-Mn amestec, mgKMnO ₄ /l					
Apă brută		10.4	1%	2%	3%	4%	5%
ASN -filtru	Med	20.46	10	11	11	11	11
	Max	58.21	11	11	12	12	13
ASN -decantor	Med	536	16	21	26	31	35
	Max	1169	22	33	44	55	66

Din aceste simulări rezultă că prin adaos de **ASN** provenită de la filtre turbiditatea apei brute poate crește de 2 ori, aluminiul total de 2-28 ori, substanțele organice 1.2 ori.

În cazul adaosului de **ASN** din decantor turbiditatea apei brute poate crește de 2-8 ori, aluminiul total de 33-356 ori, substanțele organice de 2-6 ori.

Nu se recomandă recircularea **ASN** de la decantoare indiferent de procentul de adaos, mai ales că prin recirculare are loc o concentrare.

Astfel, în partea experimentală s-a urmărit, efectul adaosului de **ASN** de la filtre, asupra calității apei râului Bega și asupra calității apei decantate.

1. Mod de lucru:

Prelevarea **ASN** de la filtre și prepararea probei medii s-a făcut conform tabelului 4.87. Prelevarea s-a făcut cu ajutorul prelevatorului de probe automat în timpul spălării unui filtru de pe **ST**.

Pentru a determina modul în care adaosul **ASN** de la filtre influențează calitatea apei râului Bega se procedează astfel:

- se prelevează aproximativ 40l apă din râul Bega din care se introduc 800ml într-un pahar Berzelius de 1000 ml
- se așează paharul cu probă pe agitatorul magnetic
- se introduce miezul corespunzător paharului și se pornește agitatorul la turația **5**
- se adaugă volumul corespunzător de **ASN** de la filtre adică 8ml, 16ml, 24ml, 32ml și 40ml
- se agită timp de 5 minute după care se determină turbiditatea probelor amestecate

Pentru a determina modul în care adaosul **ASN** de la filtre influențează calitatea apei decantate se utilizează metoda **JT** în condiții standard de operare și anume:

Agitare Rapidă, 140 rot/min - 120 secunde

Agitare Lentă, 40 rot/min - 15 minute

Decantare - 30 minute

- se adaugă 0, 8, 16, 24, 32, 40 ml **ASN** după 60 secunde de la adăugarea volumului de sulfat de aluminiu corespunzător dozei optime determinată pentru calitatea inițială a apei brute utilizate pentru experimentări

- după 30 minute decantare se prelevează 200 ml probă de supernatant prin sifonare și se determină turbiditatea și pH-ul

Tabelul 4.87: Prelevarea **ASN** de la filtre și volumele pentru obținerea unei probe medii.

Număr probă	Timp prelevare secunde	Timp prelevare cumulat minute	Volum probă pentru amestec ml
1	0	0	50
2	30	0.5	50
3	30	1	50
4	30	1.5	50
5	30	2	50
6	30	2.5	50
7	30	3	50
8	30	3.5	50
9	30	4	50
10	60	5	100
11	60	6	100
12	60	7	100
13	60	8	100
14	60	9	100
15	60	10	100
16	120	12	200
17	120	14	200
18	120	16	200
19	120	18	200
20	120	20	200

2. Materiale și aparatură:
- agitator multiplu de tip Jar-test „Janway” cu șase posturi și turație variabilă
 - prelevator automat pentru probe „Sigma”
 - agitator magnetic „IKA”
 - turbidimetru de laborator „Nephla-Lange”
 - pH-metru de laborator „Mettler Toledo 340”
 - balanță analitică „AG245”
 - etuvă „FAN 971”
 - baie de nisip „S 130”
 - sticlărie de laborator
3. Reactivi:
- soluție de sulfat de aluminiu de $10\text{gAl}_2(\text{SO}_4)_3/\text{l}$
4. Condiții de desfășurare:
- pentru păstrarea temperaturii probelor de apă, Jar-testele s-au desfășurat afară
5. Parametrii determinați:
- temperatura apei, °C: apă brută
 - turbiditate, NTU: apă brută (T_{AB}), apă decantată (T_D) JT, apă cu nămol

- pH, unități pH: apă brută (pH_{AB}), apă decantată (pH_D) JT, apă cu nămol

-suspensii, mg/l: apă cu nămol

6. Rezultate experimentale:

Setul 13:

Temperatură apă, °C: 1-2

Turbiditate apă brută, NTU: 10-12

pH apă brută: 7.7-7.8

Tabelul 4.88: Determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu pentru Setul 13.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza de SA, mgSA/l	0	4	6	8	10	12
pH	7.8	7.5	7.5	7.4	7.3	7.3
Turbiditate, NTU	11.5	11.3	3.1	1.9	1.1	1.1

Curba de coagulare pentru determinarea dozei optime de sulfat de aluminiu(SA) pentru

Setul 13 este dată în figura 4.30.

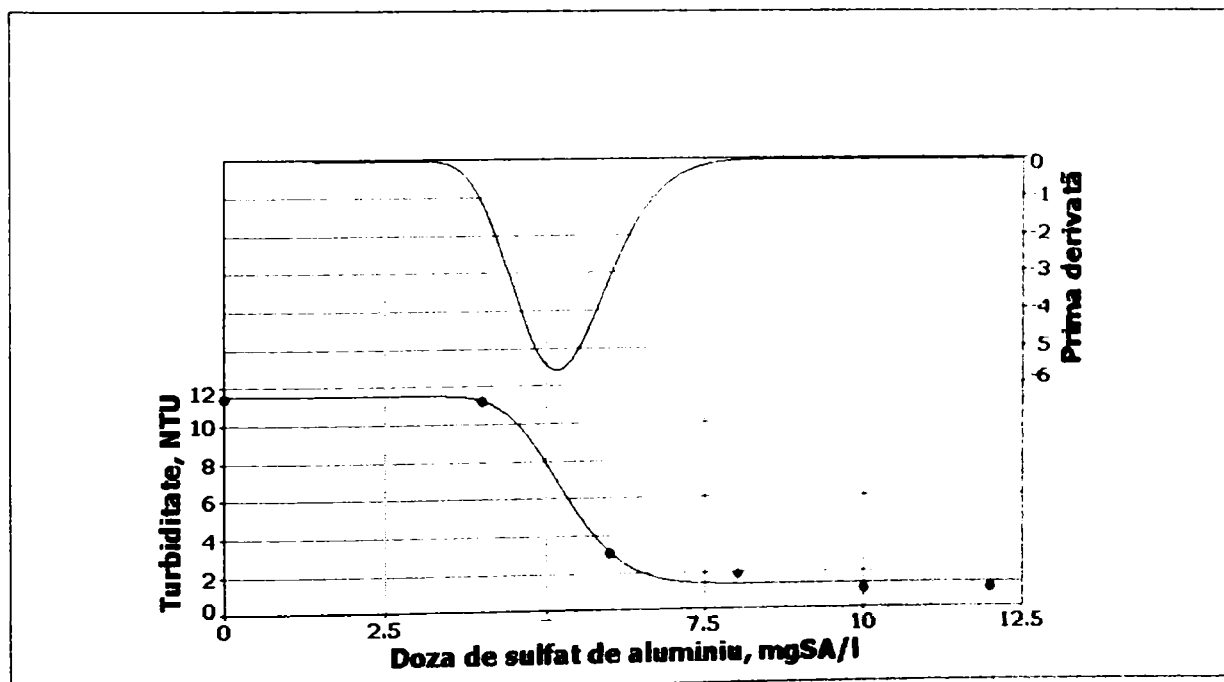


Figura 4.30: Curba de coagulare cu SA, pentru Setul 13.

Din figura 4.30 rezultă că doza critică, dată de punctul de inflexiune, în cazul utilizării sulfatului de aluminiu este 5.2mgSA/l ceea ce înseamnă că doza optimă de sulfat de aluminiu este 10.4mgSA/l.

După prelevarea probei de ASN rezultată de la spălarea filtrelor din ST, s-au făcut o serie de teste pentru determinarea influenței adaosului ASN asupra apei brute respectiv asupra apei decantate conform modului de lucru descris anterior.

S-au preparat patru calități de **ASN** rezultată de la spălarea filtrelor. Calitatea acestor ape este prezentată în tabelul 4.89.

Tabelul 4.89: Calitatea **ASN** rezultată în urma spălării filtrelor din **ST**.

Parametrul analizat	ASN 1	ASN 2	ASN 3	ASN 4
Turbiditate, NTU	90	100	125	504
Suspensii, mgSU/l	136	150	164	675

Datele obținute în urma testelor efectuate pentru a determina influența adaosului de **ASN** asupra apei brute și apei decantate sunt prezentate în tabele 4.90-4.97.

Tabelul 4.90: Influența adaosului de **ASN1** asupra calității apei brute.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Volum apă brută, ml	800	800	800	800	800	800
Volumul de ASN1 , ml	0	8	16	24	32	40
Timp agitare, minute	5	5	5	5	5	5
Turbiditate, NTU	12	13	14	15	16	17

Tabelul 4.91: Influența adaosului de **ASN2** asupra calității apei brute.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Volum apă brută, ml	800	800	800	800	800	800
Volumul de ASN2 , ml	0	8	16	24	32	40
Timp agitare, minute	5	5	5	5	5	5
Turbiditate, NTU	10	11	12	13	14	15

Tabelul 4.92: Influența adaosului de **ASN3** asupra calității apei brute.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Volum apă brută, ml	800	800	800	800	800	800
Volumul de ASN3 , ml	0	8	16	24	32	40
Timp agitare, minute	5	5	5	5	5	5
Turbiditate, NTU	11	12	14	14	15	16

Tabelul 4.93: Influența adaosului de **ASN4** asupra calității apei brute.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Volum apă brută, ml	800	800	800	800	800	800
Volumul de ASN4 , ml	0	8	16	24	32	40
Timp agitare, minute	5	5	5	5	5	5
Turbiditate, NTU	12	17	22	27	32	37

Din datele prezentate în tabele 4.90-4.93 rezultă că, un volum de **ASN**, ce reprezintă 1-5% din volumul de apă brută captată în vederea potabilizării, cu conținut de suspensii cuprins între 136-164 mgSU/l, adăugat în apa brută captată nu are efect semnificativ asupra turbidității inițiale a apei brute. La creșterea conținutului de suspensii până la 675mgSA/l, turbiditatea inițială a apei brute crește de trei ori. Aceste date verifică și simularea făcută în tabelul 4.84.

Tabelul 4.94: Influența adaosului de **ASN1** asupra calității apei decantate.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza optimă de SA , mg/l	10	10	10	10	10	10
Doza de ASN1 , mg/l	0	6.8	13.6	20.4	27.2	34.0
Turbiditate, NTU	1.5	1.4	1.1	0.9	1.0	1.0
pH	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3

Tabelul 4.95: Influența adaosului de **ASN2** asupra calității apei decantate.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza optimă de SA , mg/l	10	10	10	10	10	10
Doza de ASN2 , mg/l	0	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5
Turbiditate, NTU	1.5	1.6	1.6	1.4	1.4	1.2
pH	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3

Tabelul 4.96: Influența adaosului de **ASN3** asupra calității apei decantate.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza optimă de SA , mg/l	10	10	10	10	10	10
Doza de ASN3 , mg/l	0	1.6	3.2	4.8	6.4	8.2
Turbiditate, NTU	1.5	1.6	1.6	1.4	1.4	1.0
pH	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3

Tabelul 4.97: Influența adaosului de **ASN4** asupra calității apei decantate.

Parametru	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Doza optimă de SA , mg/l	10	10	10	10	10	10
Doza de ASN4 , mg/l	0	6.8	13.5	20.1	27.0	33.8
Turbiditate, NTU	1.5	1.4	1.0	0.9	1.0	0.8
pH	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3

Din datele prezentate în tabele 4.94–4.97 rezultă că, un volum de **ASN**, ce reprezintă 1-5% din volumul de apă brută captată în vederea potabilizării, cu conținut de suspensii cuprins între 136-675mgSU/l, adăugat în apa brută imediat după adaosul de sulfat de aluminiu nu are efect semnificativ asupra calității apei decantate confirmându-se din nou că efectul pozitiv al recirculării nămolului este cu atât mai mare cu cât doza de nămol este mai mare.

7. Concluzii:

*Adaosul înainte de camera de amestec imediat după adaosul de reactivi de coagulare a unui volum de **ASN de la filtre**, ce reprezintă 1-5% din volumul de apă brută captată în vederea potabilizării, nu are efect negativ asupra procesului de coagulare-floculare și nici asupra calității apei decantate.*

Avantajul acestei tehnologii constă în primul rând în recuperarea apelor de spălare rezultate în urma spălării filtrelor, reducerea capacității echipamentelor și construcțiilor necesare pentru îngroșarea nămolului în vederea deshidratării și îmbunătățirea procesului de coagulare-floculare când turbiditatea apei brute este scăzută, sub 10NTU.

4.2.1.1 Studii privind determinarea dozei „zero” funcție de calitatea râului Bega [57, 105, 106]

pH-ul este unul dintre cei mai importanți parametri în procesul de coagulare-floculare deoarece el determină natura speciilor prezente și solubilitatea lor. Fiecare coagulant are un **pH optim de hidroliză** și legat de acesta un **pH optim de coagulare**.

Atingerea pH-ului optim de coagulare depinde de: pH-ul apei brute, alcalinitatea apei brute, natura reactivului de coagulare-floculare respectiv doza de coagulant necesară pentru tratarea apei brute. Cu cât pH-ul și alcalinitatea apei brute este mai mare cu atât doza de coagulant necesară atingerii pH-ului optim de coagulare este mai mare.

Apa râului Bega se caracterizează printr-un pH relativ ridicat cu valori cuprinse între 7.4-8.2 și alcalinitate redusă cu valori cuprinse între 1.2-1.8mvali/l. Astfel la doze mari de sulfat de aluminiu bicarbonații sunt insuficienți și pentru asigurarea pH-ului optim de coagulare este necesară adăugarea unei baze(suspensie de lapte de var, aluminat de sodiu).

În **ST** a apei râului Bega în vederea potabilizării, în urma studiilor efectuate în laborator și apoi pe Stația Pilot(**SP**) suspensia de lapte de var s-a înlocuit cu aluminatul de sodiu.

Astfel, s-a stabilit că pentru realizarea pH-ului optim de coagulare, care în cazul râului Bega este 7, raportul dintre doza de sulfat de aluminiu și doza de aluminat de sodiu trebuie să fie 0.6.

Pentru determinarea dozei de sulfat de aluminiu (D_{SA}) și dozei de aluminat de sodiu (D_{AN}) se aplică următoarele relații:

$$D_{SA} = 0.375 \times D_T + 0.625 \times D_0 \quad (4.3)$$

$$D_{AN} = 0.625 \times (D_T - D_0) \quad (4.4)$$

$$D_T = D_{SA} + D_{AN} \quad (4.5)$$

în care:

- D_T , reprezintă **doza totală de sulfat aluminiu** necesară și se determină din curbele de coagulare, mgAl₂(SO₄)₃/l
- D_0 , reprezintă **doza „zero”** adică, doza maximă de sulfat de aluminiu care realizează pH-ul optim de coagulare fără adaos de aluminat de sodiu, mgAl₂(SO₄)₃/l

Scopul acestui studiu, este dezvoltarea unui model matematic pentru determinarea dozei „zero” funcție de calitatea apei brute.

1. Mod de lucru:

Factorii care influențează valoarea **dozei „zero”** sunt pH-ul și alcalinitatea apei brute. Pentru determinarea **dozei „zero”** se folosește metoda titrării potențimetrice.

Principiul metodei constă în adăugarea de sulfat de aluminiu în volume cunoscute într-un litru de apă brută și măsurarea pH-ului după fiecare adăugare. Din datele astfel obținute se determină, doza maximă de sulfat de aluminiu care se poate adăuga în procesul de tratare fără a fi necesară corecția pH-ului.

2. Materiale și aparatură:

- agitator magnetic „IKA”
- pH-metru de laborator „Mettler Toledo 340”
- sticlărie de laborator

3. Reactivi:

- soluție de sulfat de aluminiu de 10gAl₂(SO₄)₃/l

4. Condiții de desfășurare:

- pentru păstrarea temperaturii probelor de apă, Jar-testele s-au desfășurat afară

5. Parametrii determinați:

- temperatura apei, °C: apă brută
- alcalinitate, mvali/l: apă brută
- pH, unități pH: apă brută (**pH_{AB}**), apă tratată

6. Rezultate experimentale:

Rezultatele obținute pentru diferite calități a apei râului Bega sunt prezentate în tabele 4.98-4.105.

Setul 14:

Temperatură apă, °C: 1-3

pH apă brută: 7.7-7.8

alcalinitate apă brută, mvali/l **1.20****Tabelul 4.98:** Rezultatele obținute în urma titrării potențimetrice, pentru **Setul 14.**

Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH	Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH
0	7.7	0	7.8
1	7.6	1	7.6
2	7.5	2	7.6
3	7.4	3	7.5
4	7.4	4	7.4
5	7.3	5	7.4
6	7.3	6	7.4
7	7.3	7	7.3
8	7.2	8	7.3
9	7.2	9	7.3
10	7.2	10	7.2
11	7.1	11	7.2
12	7.1	12	7.2
13	7.1	13	7.1
14	7.1	14	7.1
15	7.0	15	7.1
16	7.0	16	7.1
17	7.0	17	7.0
18	6.9	18	7.0
19	6.9	19	7.0
20	6.9	20	6.9
21	6.9	21	6.9
22	6.8	22	6.9
23	6.8	23	6.9
24	6.8	24	6.8
25	6.8	25	6.8
26	6.7	26	6.8
27	6.7	27	6.8
28	6.7	28	6.7
29	6.7	29	6.7
30	6.6	30	6.7
31	6.6	31	6.7
32	6.6	32	6.6
33	6.6	33	6.6
34	6.5	34	6.6
35	6.5	35	6.6
36	6.5	36	6.5
37	6.4	37	6.5
38	6.4	38	6.5
39	6.4	39	6.5
40	6.4	40	6.4

Setul 15:

Temperatură apă, °C: 1-6
 pH apă brută: 7.6-7.8
 alcalinitate apă brută, mvali/l **1.30**

Tabelul 4.99: Rezultatele obținute în urma titrării potențimetrice, pentru **Setul 15.**

Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH	Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH	Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH
0	7.6	0	7.7	0	7.8
1	7.5	1	7.7	1	7.6
2	7.4	2	7.6	2	7.6
3	7.4	3	7.5	3	7.5
4	7.3	4	7.5	4	7.5
5	7.3	5	7.4	5	7.4
6	7.2	6	7.4	6	7.4
7	7.2	7	7.4	7	7.4
8	7.2	8	7.3	8	7.4
9	7.1	9	7.3	9	7.3
10	7.1	10	7.3	10	7.3
11	7.1	11	7.2	11	7.3
12	7.1	12	7.2	12	7.2
13	7.0	13	7.2	13	7.2
14	7.0	14	7.1	14	7.2
15	7.0	15	7.1	15	7.2
16	7.0	16	7.1	16	7.1
17	6.9	17	7.1	17	7.1
18	6.9	18	7.0	18	7.1
19	6.9	19	7.0	19	7.1
20	6.9	20	7.0	20	7.0
21	6.8	21	7.0	21	7.0
22	6.8	22	6.9	22	7.0
23	6.8	23	6.9	23	6.9
24	6.8	24	6.9	24	6.9
25	6.8	25	6.9	25	6.9
26	6.7	26	6.9	26	6.9
27	6.7	27	6.8	27	6.8
28	6.7	28	6.8	28	6.8
29	6.7	29	6.8	29	6.8
30	6.7	30	6.8	30	6.7
31	6.6	31	6.7	31	6.7
32	6.6	32	6.7	32	6.7
33	6.6	33	6.7	33	6.6
34	6.6	34	6.7	34	6.6
35	6.5	35	6.7	35	6.6
36	6.5	36	6.6	36	6.5
37	6.5	37	6.6	37	6.5
38	6.5	38	6.6	38	6.5
39	6.5	39	6.6	39	6.4
40	6.4	40	6.5	40	6.4

Setul 16:

Temperatură apă, °C: 1-5

pH apă brută: 7.7

alcalinitate apă brută, mvali/l 1.35

Tabelul 4.100: Rezultatele obținute în urma titrării potențimetrice, pentru **Setul 16.**

Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH	Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH
0	7.7	0	7.7
1	7.6	1	7.5
2	7.5	2	7.5
3	7.4	3	7.4
4	7.4	4	7.4
5	7.3	5	7.3
6	7.3	6	7.3
7	7.3	7	7.2
8	7.2	8	7.2
9	7.2	9	7.2
10	7.2	10	7.2
11	7.1	11	7.1
12	7.1	12	7.1
13	7.1	13	7.1
14	7.1	14	7.1
15	7.0	15	7.0
16	7.0	16	7.0
17	7.0	17	7.0
18	7.0	18	7.0
19	6.9	19	6.9
20	6.9	20	6.9
21	6.9	21	6.9
22	6.8	22	6.9
23	6.8	23	6.8
24	6.8	24	6.8
25	6.8	25	6.8
26	6.8	26	6.8
27	6.7	27	6.7
28	6.7	28	6.7
29	6.7	29	6.7
30	6.7	30	6.7
31	6.6	31	6.7
32	6.6	32	6.6
33	6.6	33	6.6
34	6.6	34	6.6
35	6.5	35	6.6
36	6.5	36	6.5
37	6.5	37	6.5
38	6.5	38	6.5
39	6.4	39	6.5
40	6.4	40	6.4

Setul 17:

Temperatură apă, °C: 1-7

pH apă brută: 7.6-7.9

alcalinitate apă brută, mvali/l **1.40****Tabelul 4.101:** Rezultatele obținute în urma titrării potențimetrice, pentru **Setul 17**.

Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH	Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH	Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH
0	7.6	0	7.7	0	7.9
1	7.4	1	7.5	1	7.7
2	7.4	2	7.4	2	7.6
3	7.3	3	7.4	3	7.5
4	7.3	4	7.3	4	7.5
5	7.3	5	7.3	5	7.4
6	7.2	6	7.3	6	7.4
7	7.2	7	7.3	7	7.4
8	7.2	8	7.2	8	7.3
9	7.1	9	7.2	9	7.3
10	7.1	10	7.2	10	7.3
11	7.1	11	7.1	11	7.2
12	7.1	12	7.1	12	7.2
13	7.0	13	7.1	13	7.2
14	7.0	14	7.1	14	7.1
15	7.0	15	7.1	15	7.1
16	7.0	16	7.0	16	7.1
17	6.9	17	7.0	17	7.0
18	6.9	18	7.0	18	7.0
19	6.9	19	7.0	19	7.0
20	6.9	20	6.9	20	7.0
21	6.8	21	6.9	21	6.9
22	6.8	22	6.9	22	6.9
23	6.8	23	6.9	23	6.9
24	6.8	24	6.9	24	6.8
25	6.7	25	6.9	25	6.8
26	6.7	26	6.8	26	6.8
27	6.7	27	6.8	27	6.7
28	6.7	28	6.8	28	6.7
29	6.6	29	6.8	29	6.7
30	6.6	30	6.8	30	6.7
31	6.6	31	6.7	31	6.6
32	6.5	32	6.7	32	6.6
33	6.5	33	6.7	33	6.6
34	6.5	34	6.7	34	6.5
35	6.5	35	6.7	35	6.5
36	6.4	36	6.6	36	6.5
37	6.4	37	6.6	37	6.4
38	6.4	38	6.6	38	6.4
39	6.4	39	6.6	39	6.4
40	6.3	40	6.6	40	6.3

Setul 18:

Temperatură apă, °C: 4

pH apă brută: 7.9

alcalinitate apă brută, mvali/l **1.45****Tabelul 4.102:** Rezultatele obținute în urma titrării potențimetrice, pentru **Setul 18.**

Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH
0	7.9
1	7.7
2	7.7
3	7.6
4	7.6
5	7.5
6	7.5
7	7.5
8	7.4
9	7.4
10	7.4
11	7.3
12	7.3
13	7.3
14	7.3
15	7.2
16	7.2
17	7.2
18	7.2
19	7.1
20	7.1
21	7.1
22	7.1
23	7.1
24	7.0
25	7.0
26	7.0
27	7.0
28	7.0
29	7.0
30	6.9
31	6.9
32	6.9
33	6.9
34	6.9
35	6.8
36	6.8
37	6.8
38	6.8
39	6.8
40	6.8

Setul 19:

Temperatură apă, °C: 1-3

pH apă brută: 7.6-7.9

alcalinitate apă brută, mvali/l **1.50****Tabelul 4.103:** Rezultatele obținute în urma titrării potențiometrice, pentru **Setul 19**.

Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH	Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH	Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH	Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH
0	7.6	0	7.7	0	7.8	0	7.9
1	7.5	1	7.6	1	7.7	1	7.8
2	7.4	2	7.5	2	7.6	2	7.7
3	7.3	3	7.4	3	7.6	3	7.6
4	7.3	4	7.4	4	7.5	4	7.6
5	7.3	5	7.4	5	7.5	5	7.5
6	7.2	6	7.3	6	7.4	6	7.5
7	7.2	7	7.3	7	7.4	7	7.5
8	7.2	8	7.3	8	7.4	8	7.4
9	7.1	9	7.2	9	7.3	9	7.4
10	7.1	10	7.2	10	7.3	10	7.4
11	7.1	11	7.2	11	7.3	11	7.3
12	7.1	12	7.1	12	7.2	12	7.3
13	7.0	13	7.1	13	7.2	13	7.3
14	7.0	14	7.1	14	7.2	14	7.3
15	7.0	15	7.1	15	7.2	15	7.2
16	7.0	16	7.0	16	7.1	16	7.2
17	6.9	17	7.0	17	7.1	17	7.2
18	6.9	18	7.0	18	7.1	18	7.2
19	6.9	19	7.0	19	7.1	19	7.1
20	6.9	20	6.9	20	7.0	20	7.1
21	6.8	21	6.9	21	7.0	21	7.1
22	6.8	22	6.9	22	7.0	22	7.1
23	6.8	23	6.9	23	7.0	23	7.0
24	6.8	24	6.8	24	7.0	24	7.0
25	6.7	25	6.8	25	6.9	25	7.0
26	6.7	26	6.8	26	6.9	26	7.0
27	6.7	27	6.8	27	6.9	27	7.0
28	6.7	28	6.8	28	6.9	28	6.9
29	6.6	29	6.7	29	6.8	29	6.9
30	6.6	30	6.7	30	6.8	30	6.9
31	6.6	31	6.7	31	6.8	31	6.9
32	6.6	32	6.7	32	6.8	32	6.9
33	6.6	33	6.6	33	6.7	33	6.8
34	6.5	34	6.6	34	6.7	34	6.8
35	6.5	35	6.6	35	6.7	35	6.8
36	6.5	36	6.6	36	6.7	36	6.8
37	6.5	37	6.5	37	6.6	37	6.8
38	6.4	38	6.5	38	6.6	38	6.7
39	6.4	39	6.5	39	6.6	39	6.7
40	6.4	40	6.5	40	6.6	40	6.7

Setul 20:

Temperatură apă, °C: 4-5

pH apă brută: 7.7

alcalinitate apă brută, mvali/l **1.60****Tabelul 4.104:** Rezultatele obținute în urma titrării potențiometrice, pentru **Setul 20**.

Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH
0	7.7
1	7.5
2	7.5
3	7.4
4	7.4
5	7.4
6	7.3
7	7.3
8	7.3
9	7.3
10	7.2
11	7.2
12	7.2
13	7.2
14	7.1
15	7.1
16	7.1
17	7.0
18	7.0
19	7.0
20	7.0
21	6.9
22	6.9
23	6.9
24	6.9
25	6.8
26	6.8
27	6.8
28	6.7
29	6.7
30	6.7
31	6.6
32	6.6
33	6.6
34	6.5
35	6.5
36	6.5
37	6.4
38	6.4
39	6.4
40	6.3

Setul 21:

Temperatură apă, °C: 4-5

pH apă brută: 7.8

alcalinitate apă brută, mvali/l **1.80****Tabelul 4.105:** Rezultatele obținute în urma titrării potențimetrice, pentru **Setul 21**.

Doza SA mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH
0	7.8
1	7.7
2	7.6
3	7.6
4	7.6
5	7.5
6	7.5
7	7.5
8	7.4
9	7.4
10	7.4
11	7.4
12	7.3
13	7.3
14	7.3
15	7.3
16	7.2
17	7.2
18	7.2
19	7.2
20	7.2
21	7.1
22	7.1
23	7.1
24	7.1
25	7.0
26	7.0
27	7.0
28	7.0
29	6.9
30	6.9
31	6.9
32	6.9
33	6.8
34	6.8
35	6.8
36	6.8
37	6.7
38	6.7
39	6.7
40	6.7

Datele experimentale cuprinse în tabele 4.98-4.105 au fost prelucrate cu ajutorul programului Jandel Scientific TableCurve 2D v5.01 în urma căruia pentru fiecare caz, calculatorul a propus 420-530 soluții.

În vederea alegerii soluției optime s-a ținut seama de următoarele principii:

- forma ecuației trebuie să urmărească caracteristica titrării potențimetrice
- ecuația trebuie să fie cât mai simplă
- ecuația trebuie să fie aplicabilă pe întregul domeniu experimentat
- ecuația trebuie să aibă o precizie ridicată

Așadar ecuația aleasă în urma prelucrării datelor experimentale are următoarea formă:

$$Y = a + b \times X^2 + c \times X^{0.5} \quad (4.6)$$

unde:

- Y , reprezintă pH-ul teoretic din camera de reacție obținut pentru o anumită doză de sulfat de aluminiu și un anumit pH al apei râului Bega, notat cu pH_t
- X , reprezintă doza de sulfat de aluminiu adăugată în mg/l, notată cu D
- a , b și c sunt coeficienți

În urma analizei coeficienților rezultați pentru fiecare ecuație în parte, reiese conform tabelului 4.106 că:

- coeficientul „ a ” reprezintă valoarea pH-ului inițial al apei brute, notat pH_i
- coeficienții „ b ” și „ c ” depind de alcalinitatea apei brute, astfel pentru o alcalinitate a apei brute cuprinsă între 1.2-1.8 mvali/l coeficientul „ b ” ia valori cuprinse între 0.00008 – 0.00034 iar coeficientul „ c ” ia valori cuprinse între 0.13-0.18

Tabelul 4.106: Sinteza coeficienților pentru ecuația propusă.

Alcalinitatea apei brute mvali/l	pH-ul apei brute	pH_i	Coeficientul „ b ”	Coeficientul „ c ”
1.20	7.7-7.8	7.8	-0.00017	-0.18
1.30	7.6-7.8	7.7	-0.00018	-0.15
1.35	7.7	7.7	-0.00014	-0.15
1.40	7.6-7.9	7.8	-0.00014	-0.14
1.45	7.9	7.9	-0.00008	-0.14
1.50	7.6-7.9	7.7	-0.00013	-0.13
1.60	7.7	7.7	-0.00034	-0.13
1.80	7.8	7.8	-0.00021	-0.13

Pentru o valoare medie, rezultată din media aritmetică a tuturor determinărilor efectuate, a celor doi coeficienți se poate considera că coeficientul „ b ” este egal cu „-0.00017” iar coeficientul „ c ” este egal cu „-0.14”, astfel relația (4.6) devine:

$$pH_t = pH_i - 0.00017 \times D^2 - 0.14 \times D^{0.5} \quad (4.7)$$

Utilizând relația (4.7) s-a determinat pH-ul teoretic, pH_t , corespunzător unui domeniu de variație al pH-ului apei râului Bega și unui domeniu de variație al dozelor de sulfat de aluminiu, ținând seama de faptul că pH-ul optim de coagulare este 7.0.

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 4.107.

Tabelul 4.107: Variația pH-ului teoretic în funcție de doza de sulfat de aluminiu și pH-ul inițial al apei râului Bega.

D(doza SA) mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	pH_t										
	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2
0	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2
2	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0
4	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9
6	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9
8	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8
10	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7
12	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7
14	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6
16	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6
18	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6
20	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
22	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
24	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4
26	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4
28	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3
30	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3
32	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2
34	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2
36	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1
38	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1
40	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0
42	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0
44	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9
46	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9
48	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8
50	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8

Valorile obținute în tabelul 4.107 au fost comparate cu datele experimentale obținute în laborator, cu valoarea pH-ului din camera de reacție a **SP**, respectiv cu valoarea pH-ului din camera de reacție a Stației de Tratare.

În figurile 4.31 și 4.32 este prezentată evoluția pH-ului pe camera de reacție a **SP** respectiv pe camera de reacție a **ST** comparativ cu pH-ul teoretic determinat conform relației 4.7 și pH-ul apei brute pentru dozele de sulfat de aluminiu utilizate în perioada noiembrie-decembrie 2002.

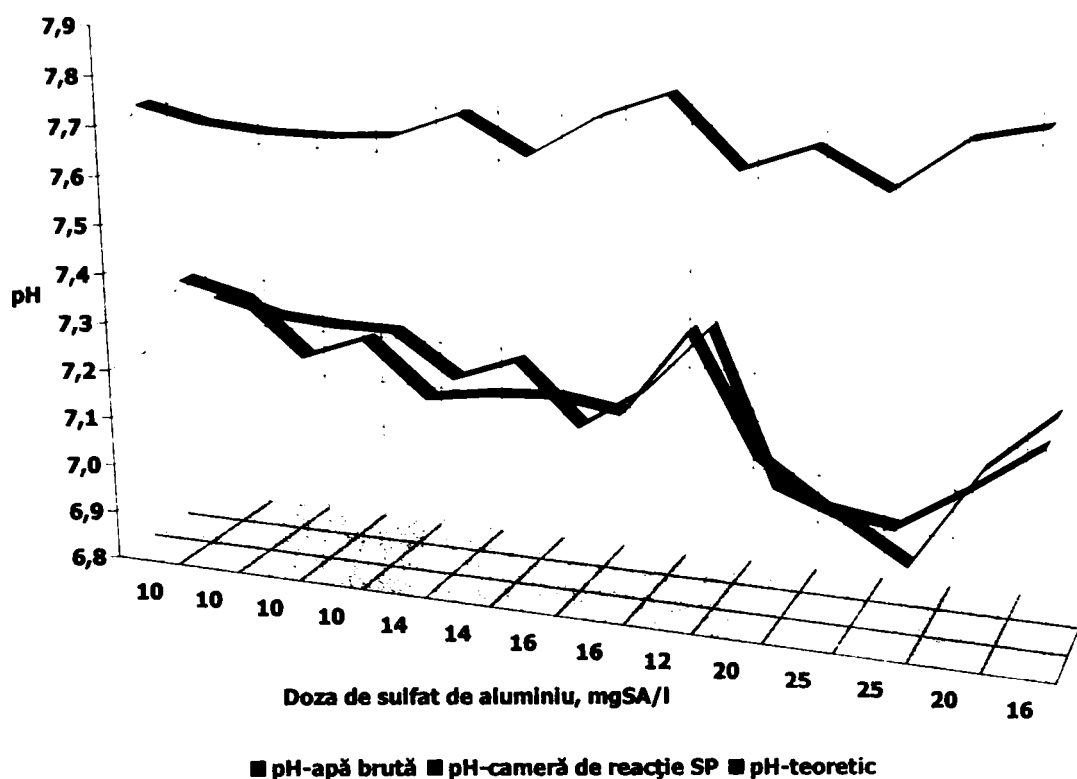


Figura 4.31: Evoluția pH-ului pe camera de reacție a SP comparativ cu pH_t pe perioada 26.11.2002-09.12.2002.

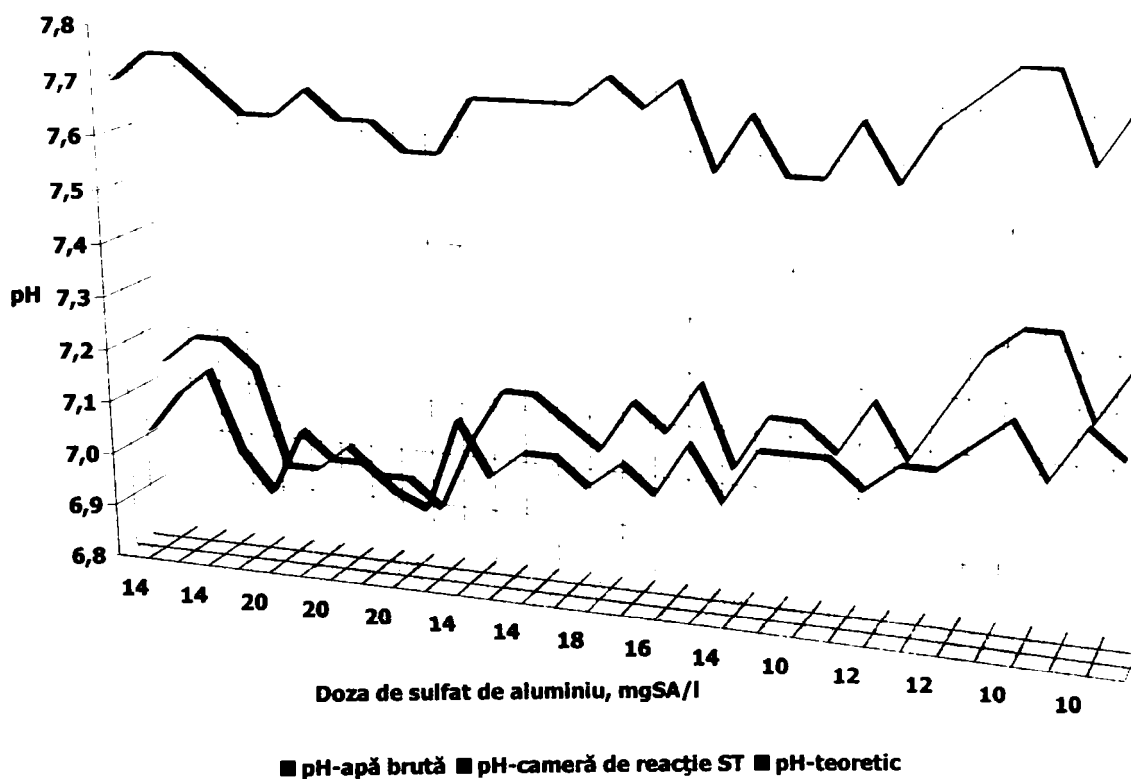


Figura 4.32: Evoluția pH-ului pe camera de reacție a ST comparativ cu pH_t pe perioada 01.11.2002-30.11.2002.

Din figurile 4.31 și 4.32 rezultă că pH_t determinat cu ajutorul relației 4.7 se confirmă practic, prin pH-ul măsurat, în camera de reacție a Stației Pilot și Stației de Tratare. Diferența dintre pH-ul

teoretic și pH-ul măsurat practic atât pentru **SP** cât și pentru **ST** este ± 0.1 unități pH, diferență acceptabilă din punct de vedere practic, fapt ce permite utilizarea modelului matematic de determinare a pH-ului teoretic din camera de reacție, relația 4.7, pentru determinarea regimului de adăugare a reactivilor de coagulare-floculare astfel:

- dacă pentru o doză totală de sulfat de aluminiu, D_T , aleasă conform curbei de coagulare și pentru un anumit pH al apei râului Bega, pH_t -ul ≥ 7.0 atunci pentru tratare se utilizează doar sulfatul de aluminiu

În această situație $D = D_T$, doza de aluminat de sodiu, $D_{AN} = 0$ și conform relației 4.3 doza de sulfat de aluminiu va fi egală cu $D_{SA} = D_T = D$

- dacă pentru o doză totală de sulfat de aluminiu, D_T , aleasă conform curbei de coagulare și pentru un anumit pH al apei râului Bega, pH_t -ul < 7.0 atunci, pentru tratare se utilizează sulfatul de aluminiu în combinație cu aluminatul de sodiu

În această situație doza de sulfat de aluminiu din tabelul 4.107 nu este egală cu doza totală, $D \neq D_T$ ea va egală cu doza „zero”, $D = D_0$. Astfel, doza „zero”, D_0 , va fi egală cu doza de sulfat de aluminiu, D , pentru care $pH_t = 7.0$ la pH-ul inițial al apei râului Bega. Doza aluminat de sodiu, D_{AN} , respectiv doza de sulfat de aluminiu, D_{SA} , se determină conform relațiilor 4.3-4.5.

7. Concluzii:

Modelul matematic obținut pentru determinarea teoretică a pH-ului din camera de reacție (pH_t) pentru o anumită doză (D) de sulfat de aluminiu aleasă din curba de coagulare și un anumit pH a apei râului Bega (pH_i) este de forma:

$$pH_t = pH_i - 0.00017 \times D^2 - 0.14 \times D^{0.5}$$

și se poate aplica cu o precizie de ± 0.1 unități pH pe Stația Pilot și Stația de Tratare. Modelul este valabil pentru un domeniu de alcalinitate al apei râului Bega de 1.2-1.8 mvali/l și pH de 7.2-8.2.

Cu ajutorul acestui model matematic se poate determina rapid doza „zero” care este necesară pentru calculul dozei de sulfat de aluminiu și dozei de aluminat de sodiu atunci când pentru tratare se utilizează sulfatul de aluminiu în combinație cu aluminatul de sodiu.

Tot cu ajutorul acestui model matematic se poate controla procesul de coagulare-floculare atunci când se utilizează pentru tratare doar sulfatul de aluminiu, când pH-ul de pe camera de reacție trebuie să fie egal cu pH_t . Când pentru tratare se utilizează sulfatul de aluminiu în combinație cu aluminatul de sodiu pH-ul de pe camera de reacție trebuie să fie egal cu 7.0.

4.2.2 Studii pe Stația Pilot [28, 46, 50, 99, 108]

Pentru fundamentarea cercetărilor se consideră extrem de importante și relevante studiile pe instalații pilot care pot stabili atât tipurile cele mai adecvate de reactivi de coagulare-floculare, condițiile optime de aplicare (punct de injecție, timpi de reacție șamd.) cât și compatibilitatea proceselor existente în stațiile de tratare și posibilitățile reale de perfecționare a acestora.

Instalațiile pilot sunt similare instalațiilor uzinale, deci ele funcționează având la bază una din cele două legi general valabile pentru categoria de sistem.

4.2.4.1 Descrierea Stației Pilot

În cadrul **ST** a apei râului Bega în vederea potabilizării în 1980 a fost pusă în funcțiune o **Stație Pilot (SP)** la scara 1:34 față de stația de tratare și urmărește cu fidelitate etapele procesului tehnologic de obținere a apei potabile din apă de suprafață. În perioada 2000-2002 **SP** a fost modernizată.

Astfel, captarea apei râului Bega se face prin priză de mal și este prevăzută cu grătare pentru reținerea materialelor grosiere. Prin intermediul unei conducte de $\Phi 600$ apa brută ajunge la camera de aspirație a pompei ce alimentează **SP** (pompă de tip AN125, $Q=50-150\text{m}^3/\text{h}$, $H=30\text{m}$). Debitul de alimentare se măsoară cu ajutorul unui contor, și poate fi cuprins între 20-50 l/s.

Pentru prepararea reactivilor în vederea dozării, **SP** dispune de două vase din PVC de 230l fiecare prevăzute cu sistem de barbotare cu aer pentru amestec și posibilitatea de alimentare cu apă caldă sau rece. Cele două vase de dozare pot lucra în paralel sau independent având posibilitatea de a alimenta oricare din cele două pompe dozatoare peristaltice de tip VERDER de 225 l/h respectiv 40 l/h.

Injecția reactivilor de coagulare se face sub presiune în conducta de alimentare a camerei de amestec (statică prevăzută cu șicane) după care apa brută amestecată cu reactivii de coagulare ajunge în camera de reacție de tip longitudinal cu salt hidraulic prevăzută cu 9+1 șicane, unde are loc procesul de coagulare-floculare. De asemenea **SP** are în componență o stație de preparare și dozare automată de adjuvanți de coagulare cu o capacitate de 12-200l/h. Injecția adjuvanților se face în conducta de legătură dintre camera de amestec și camera de reacție ($\Phi 300$, $L=44\text{m}$) asigurându-se astfel amestecul adjuvantului. Punctul de injecție al reactivilor de coagulare, al adjuvantului poate fi modificat în funcție de tema cercetată.

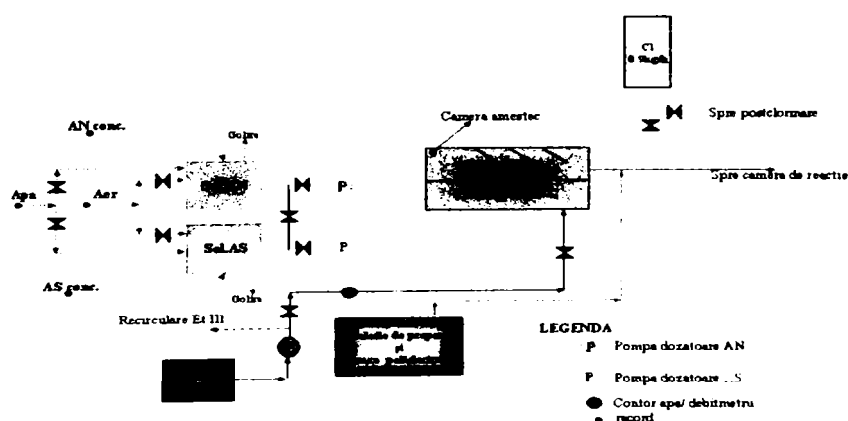


Figura 4.33: Faza de captare apă brută, preparare, dozare, amestec reactivi de coagulare-floculare.

După ce a avut loc fenomenul de coagulare-floculare în camera de reacție, apa tratată este decantată într-un decantor de tip longitudinal ($H_{\text{mediu}}=2.70\text{m}$, $L=32\text{m}$, $l=3.8\text{m}$). Apa decantată poate fi trimisă la canal, la contactorul de ozon și apoi la canal sau la stația de filtre a **SP** și apoi la canal.

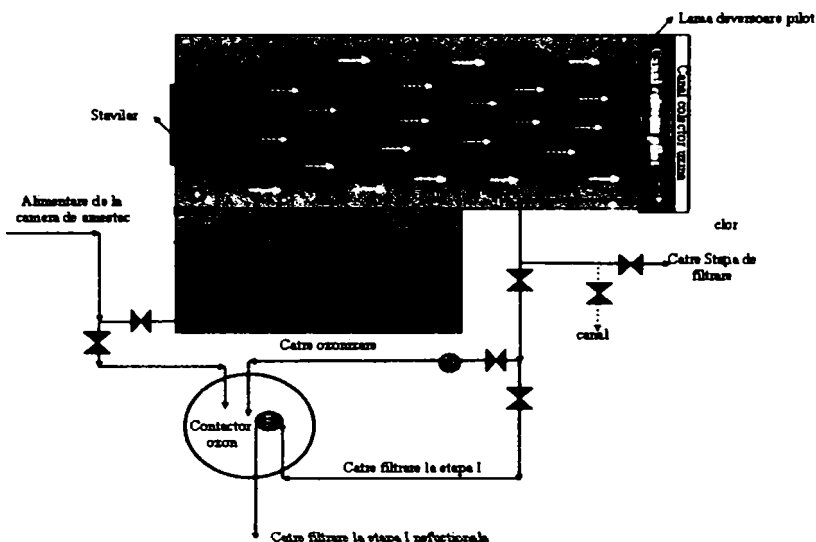


Figura 4.34: Faza de reacție, decantare, oxidare.

SP dispune de două filtre rapide deschise proiectate la scară de 1:1 față de stația de tratare cu o suprafață de filtrare de 1m^2 . Nivelul minim de apă deasupra stratului filtrant este asigurat de garda hidraulică.

Dezinfecția apei pe **SP** se poate face cu clor gazos în două puncte: în conducta de alimentare a camerei de reacție (preclorinare) și în conducta de ieșire a apei filtrate (postclorinare). În cazul postclorinării timpul de contact se asigură prin intermediul unei spirale astfel dimensionată încât să asigure un timp minim de contact de 20 minute. Dozarea clorului se face cu ajutorul unui aparat de tip ADVANCE de 28g/h .

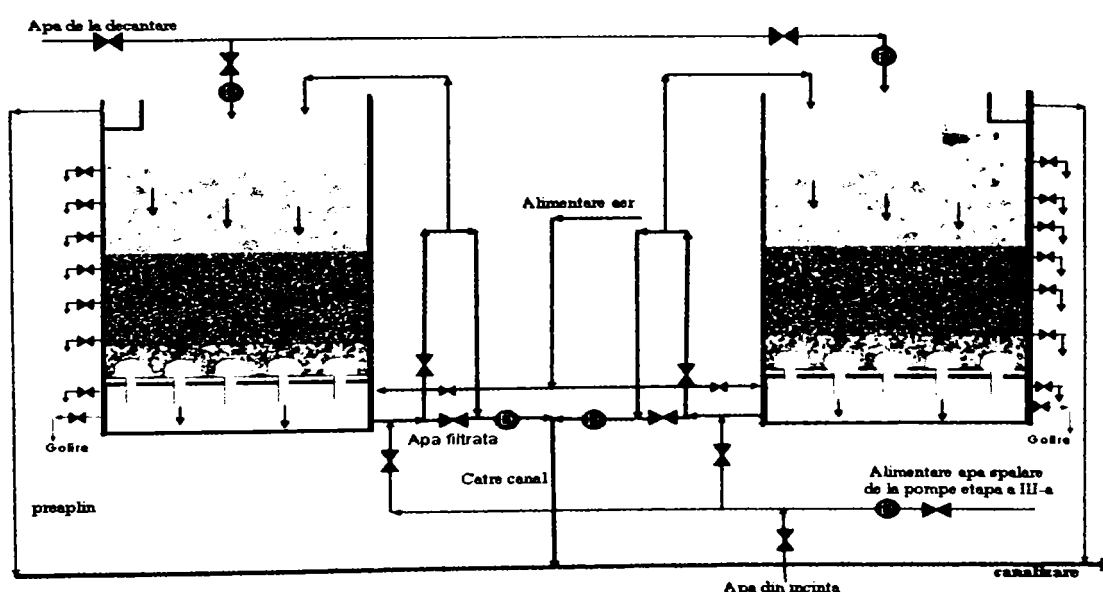


Figura 4.35: Faza de filtrare.

4.2.4.2 Studiul comportării dinamice a Stației de tratare utilizând răspunsul la semnal treaptă pe Stația Pilot [70, 96]

Stația Pilot (SP) din cadrul Stației de Tratare (**ST**) a apei râului Bega în vederea potabilizării îndeplinește primele trei caracteristici ale unei instalații pilot. Pentru a îndeplini și caracteristica a patra, a unei instalații pilot, și anume caracteristica dinamică, ne-am propus să determinăm comportarea dinamică a **SP** pe cale experimentală utilizând răspunsul la semnal treaptă și apoi studiul comportării dinamice a **ST** utilizând răspunsul la semnal treaptă pe **SP**. Semnalul treapta, constă în variația în salt a mărimii de intrare după care aceasta rămâne constantă la noua valoare.

1. Mod de lucru:

Răspunsul la semnal treaptă a fost urmărit la: camera de amestec, camera de reacție, decantorul și filtrul **SP**.

S-a preparat soluție de clorură de sodiu cu o concentrație de 40 g/l, doza utilizată stabilindu-se experimental prin metoda titrării potențiometrice astfel încât saltul de conductivitate față de conductivitatea apei brute să fie semnificativ (în jur de 100 μ S/cm).

Dozarea soluției de clorură de sodiu s-a făcut cu ajutorul unei pompe de tip peristaltică, injecția soluției făcându-se în punctul de injecție al reactivilor de coagulare. Efectul dozării s-a materializat prin măsurarea conductivității în următoarele puncte: înainte de injecția soluției de dozare (măsurându-se conductivitatea apei brute), după injecția soluției de dozare (măsurându-se conductivitatea la intrarea în camera de reacție, la intrarea în decantor, la intrarea în filtru, la ieșirea din filtru). Aceste condiții de operare s-au menținut constante pe toată perioada studiului.

S-a efectuat câte **un ciclu experimental** pentru următoarele debite de alimentare a Stației Pilot: 20l/s, 35l/s, 40l/s, 50l/s ceea ce corespunde la 680l/s, 1190l/s, 1360l/s, 1700l/s pe Stația de Tratare. Alimentarea filtrului de pe Stația Pilot s-a făcut pentru următoarele viteze de filtrare: 2 m/h, 3 m/h, 4 m/h.

Un ciclu experimental cuprinde două etape de lucru:

- urmărirea răspunsului la semnal treaptă când se dozează saramură
- urmărirea răspunsului la semnal treaptă când se oprește dozarea cu saramură

Dozarea soluției de saramură se oprește atunci când se ajunge la regim staționar la capătul fluxului tehnologic. În acel moment, oprindu-se dozarea cu saramură, regimul de lucru devine din nou nestaționar. Noul ciclu se încheie când regimul devine din nou staționar la capătul fluxului tehnologic.

În figura 4.36 este prezentat schematic un ciclu experimental, cu fazele procesului tehnologic și punctele de control.

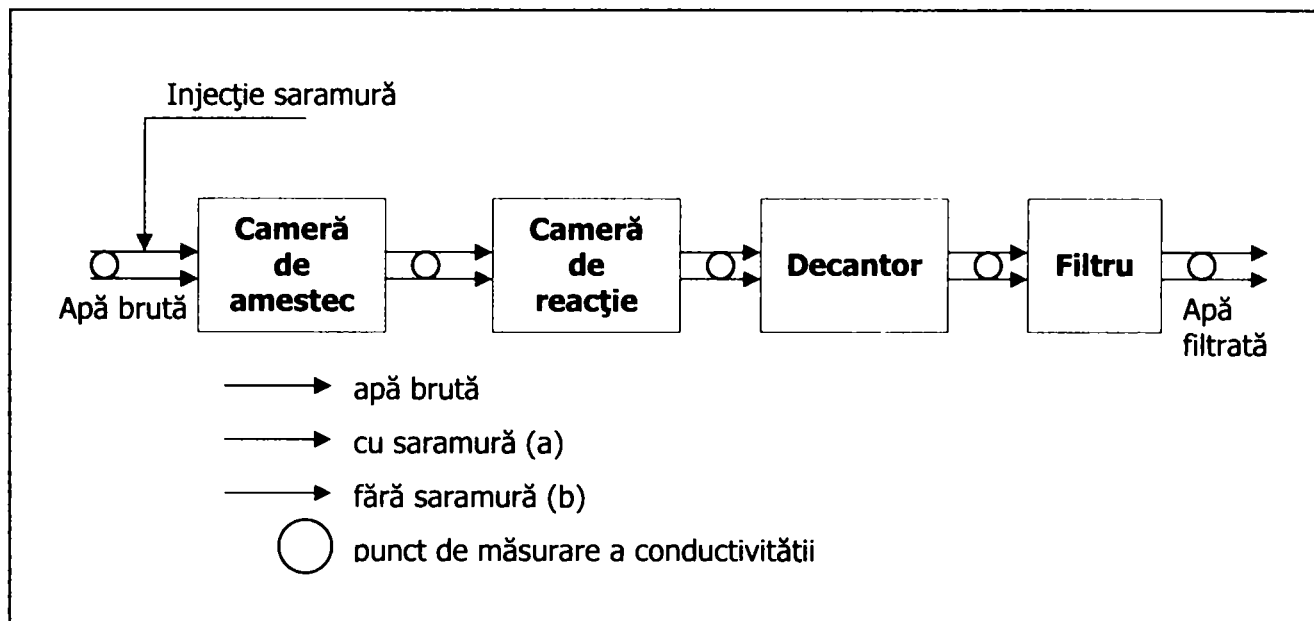


Figura 4.36: Schema unui ciclu experimental.

2. Rezultate experimentale:

Datele experimentale sunt prezentate în tabelul 4.108-4.125. Prelucrarea acestor date s-a făcut cu ajutorul programului Jandel Scientific TableCurve 2D v5.01.

Etapele parcurse pentru prelucrarea datelor au fost:

- reprezentarea grafică a conductivității funcție de timp
- alegerea modelului matematic experimental
- determinarea și caracterizarea coeficienților modelului matematic experimental
- determinarea timpului critic respectiv a timpului staționar
- reprezentarea grafică a timpului critic și a timpului staționar funcție de debitul de alimentare cu apă brută a Stației Pilot
- găsirea modelului matematic propriu-zis pentru Stația Pilot
- verificarea modelului matematic propriu-zis
- extrapolarea modelului matematic propriu-zis pentru Stația de Tratare
- verificarea modelului

Definirea termenilor:

Timp critic (T_c)- este timpul la care a avut loc peste 60% din variație și corespunde punctului de inflexiune.

Timp staționar (T_s)- este timpul la care nu mai are loc variație de semnal

În vederea alegerii modelului matematic s-a ținut seama de următoarele principii:

- forma ecuației trebuie să urmărească caracteristica de răspuns la semnal treaptă
- ecuația trebuie să fie cât mai simplă
- să fie aplicabil pe întregul domeniu experimentat
- să fie aplicabil pentru toate fazele procesului tehnologic

- să aibă o precizie ridicată

Tabelul 4.108: Rezultate experimentale pentru camera de amestec.

Debit alimentare apă brută 20 l/s			
Timp secunde	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp secunde	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	178	0	320
5	178	5	320
10	178	10	320
15	178	15	319
20	178	20	320
25	178	25	320
30	178	30	320
35	178	35	320
40	178	40	320
45	179	45	320
50	179	50	320
55	179	55	321
60	179	60	321
65	179	65	320
70	179	70	319
75	179	75	320
90	179	90	320
105	179	105	320
120	181	120	312
135	187	135	297
150	198	150	286
165	208	165	274
180	224	180	250
195	243	195	237
210	260	210	223
225	271	225	216
240	281	240	207
255	281	255	201
270	295	270	197
285	302	285	193
300	308	300	190
315	310	315	188
330	312	330	187
345	315	345	185
360	316	360	184
375	317	375	184
390	318	390	185
405	318	405	186
420	318	420	186
480	319	480	186
540	320	540	186
600	320	600	186

Tabelul 4.109: Rezultate experimentale pentru camera de amestec.

Debit alimentare apă brută 35 l/s			
Timp secunde	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp secunde	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	140	0	265
15	140	15	260
30	141	30	260
45	141	45	259
60	141	60	260
75	141	75	259
90	142	90	255
105	155	105	235
120	181	120	215
135	198	135	194
150	208	150	179
165	227	165	167
180	237	180	162
195	247	195	159
210	253	210	156
225	258	225	153
240	261	240	152
255	262	255	151
265	266	270	150
270	263	285	149
285	264	300	149
300	265	315	149
315	265	330	148
330	266	345	148
360	266	360	148
375	267	375	148
390	266	390	148
405	267	405	147
420	266	420	147
435	266	435	147
450	266	450	147
480	266	480	147
510	266	510	147
540	265	540	147
570	265	570	146
600	265	600	147

Tabelul 4.110: Rezultate experimentale pentru camera de amestec.

Debit alimentare apă brută 40 l/s			
Timp secunde	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp secunde	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	199	0	319
5	199	5	319
10	199	10	319
15	199	15	319
20	199	20	319
25	199	25	319
30	199	30	318
35	199	35	310
40	199	40	300
45	199	45	299
50	199	50	295
55	208	55	290
60	209	60	289
65	209	65	275
70	209	70	270
75	224	75	264
80	226	80	260
85	230	85	250
90	235	90	241
95	240	95	240
100	245	100	238
105	250	105	234
110	260	110	232
115	265	115	230
120	271	120	229
125	280	125	225
130	285	130	220
135	296	135	214
150	305	150	214
165	310	165	211
180	314	180	209
195	317	195	208
210	318	210	206
225	319	225	205
240	320	240	205
255	320	255	203
270	320	270	206
285	321	285	206
300	320	300	204
360	321	360	202
420	321	420	201
480	321	480	197
540	321	540	197
600	321	600	197

Tabelul 4.111: Rezultate experimentale pentru camera de amestec.

Debit alimentare apă brută 40 l/s			
Timp secunde	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp secunde	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	174	0	271
5	174	5	270
10	174	10	271
15	174	15	270
20	174	20	270
25	174	25	270
30	174	30	270
35	174	35	271
40	174	40	270
45	174	45	271
50	174	50	271
55	174	55	271
60	174	60	271
75	172	75	270
90	188	90	262
105	192	105	244
120	207	120	220
135	221	135	204
150	231	150	192
165	240	165	183
180	248	180	182
195	253	195	180
210	256	210	178
225	259	225	175
240	261	240	175
255	263	255	172
270	264	270	171
360	270	360	172
375	270	375	165
390	271	390	165
405	271	405	165
420	271	420	165
435	272	435	165
450	272	450	164
465	272	465	172
480	272	480	172
495	273	495	165
510	273	510	172
525	272	525	172
540	272	540	172
555	273	555	168
570	273	570	165
585	273	585	168
600	273	600	164

Tabelul 4.112: Rezultate experimentale pentru camera de amestec.

Debit alimentare apă brută 50 l/s			
Timp secunde	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp secunde	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	126	0	246
5	126	5	246
10	126	10	246
15	125	15	247
20	126	20	246
25	125	25	247
30	125	30	247
35	125	35	246
40	125	40	247
45	125	45	247
50	125	50	247
55	125	55	247
60	125	60	247
65	126	65	246
70	125	70	245
75	125	75	241
90	126	80	222
105	138	90	186
120	163	105	170
135	186	120	153
150	195	135	146
165	209	150	141
180	222	165	137
195	229	180	134
210	233	195	132
225	236	210	131
240	237	225	130
255	238	240	129
270	240	255	129
285	241	270	128
300	241	285	129
315	242	300	129
330	242	315	129
345	242	330	129
360	242	345	129
375	243	360	128
390	243	375	128
405	244	390	128
420	244	405	128
450	243	420	128
480	244	480	127
510	244	510	127
540	244	540	128
600	243	600	128

Tabelul 4.113: Rezultate experimentale pentru camera de reacție.

Debit alimentare apă brută 20 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0.00	178	0.00	319
5.00	179	10.00	319
10.00	179	20.00	319
15.00	180	30.00	320
20.00	180	35.00	319
30.00	180	36.00	317
35.00	180	36.25	314
36.00	180	36.75	312
37.00	180	37.00	311
37.50	185	37.25	306
37.75	188	37.50	304
38.00	195	37.75	303
38.25	197	38.00	298
38.50	202	38.25	294
38.75	209	38.50	291
39.00	215	38.75	286
39.25	220	39.00	281
39.50	228	39.25	276
39.75	230	39.50	271
40.00	234	39.75	269
40.25	250	40.00	262
40.50	257	40.25	252
40.75	261	40.50	247
41.00	265	40.75	245
41.25	272	41.00	240
41.50	275	41.25	238
41.75	276	41.50	235
42.00	278	41.75	230
42.25	297	42.00	229
42.50	299	42.25	227
43.50	302	42.50	219
43.75	305	42.75	218
44.00	309	43.00	214
44.25	310	43.50	209
44.50	311	44.00	204
44.75	312	44.25	200
45.50	313	44.50	197
47.00	314	44.75	195
48.00	317	45.00	194
49.00	318	46.25	189
50.00	319	48.00	186
54.00	319	49.00	183
58.00	319	58.00	183
60.00	319	60.00	183

Tabelul 4.114: Rezultate experimentale pentru camera de reacție.

Debit alimentare apă brută 35 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0.00	140	0.00	259
5.00	141	5.00	259
10.00	141	10.00	259
12.00	141	12.00	259
14.00	141	14.00	259
15.00	141	15.00	258
16.00	141	16.00	258
17.00	141	17.00	258
18.00	141	18.00	258
18.50	142	20.00	259
19.00	142	20.25	259
20.00	143	20.50	256
20.50	143	20.75	256
21.00	144	21.00	255
21.25	146	21.25	251
21.50	147	21.50	249
21.75	151	21.75	243
22.00	154	22.00	237
22.25	163	22.25	230
22.45	182	22.50	217
22.50	172	22.75	206
23.00	194	23.00	195
23.25	195	23.25	188
23.30	207	23.50	185
23.75	216	23.75	184
24.00	224	24.00	175
24.25	235	24.25	169
24.45	247	24.50	164
24.50	242	24.75	160
25.00	251	25.00	159
25.15	255	25.25	156
25.30	258	25.50	154
25.45	260	25.75	152
26.00	262	26.00	151
26.25	263	27.00	149
26.50	264	28.00	148
27.25	265	29.00	148
27.75	265	30.00	147
30.00	265	35.00	146
35.00	264	40.00	146
45.00	266	45.00	145
50.00	266	50.00	145
55.00	266	55.00	144
60.00	266	60.00	144

Tabelul 4.115: Rezultate experimentale pentru camera de reacție.

Debit alimentare apă brută 40 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0.00	174	0.00	270
10.00	175	5.00	271
15.00	174	10.00	271
15.25	174	11.00	271
15.50	174	12.00	270
16.00	174	16.00	270
16.50	175	16.50	269
17.00	175	16.75	269
17.25	175	17.00	269
17.50	176	17.25	272
17.75	175	17.45	268
18.00	175	17.50	268
18.25	177	18.00	268
18.50	176	18.50	270
18.75	177	18.75	278
19.00	178	19.00	267
19.25	181	19.25	262
19.50	186	19.50	255
19.75	195	19.75	249
20.00	199	20.00	239
20.25	201	20.25	230
20.50	209	20.45	206
20.75	220	20.50	220
21.00	230	21.00	194
21.25	239	21.25	185
21.50	245	21.50	180
21.75	251	21.75	182
22.00	255	22.00	177
22.25	259	22.25	173
22.50	262	22.50	171
22.75	264	22.75	169
23.00	265	23.00	168
23.25	267	23.25	167
23.50	268	23.50	166
23.75	269	23.75	166
24.00	270	24.00	165
24.25	271	25.00	165
24.75	271	26.00	165
25.00	272	27.00	164
25.50	272	28.00	164
26.00	273	29.00	164
32.00	274	30.00	164
35.00	275	50.00	164
60.00	275	60.00	164

Tabelul 4.116: Rezultate experimentale pentru camera de reacție.

Debit alimentare apă brută 40 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0.00	199	0.00	318
2.00	199	4.00	318
3.00	199	6.00	318
4.00	199	8.00	318
5.00	200	10.00	318
6.00	200	11.00	318
7.00	200	12.00	318
8.00	200	13.00	318
9.00	200	14.00	318
10.00	200	14.50	318
11.00	200	15.00	317
12.00	200	15.50	317
13.00	200	16.00	316
14.00	200	16.50	315
15.00	200	17.00	314
16.00	200	17.25	312
17.00	199	17.50	307
18.00	200	18.00	302
19.00	201	18.25	292
19.50	207	18.50	281
20.00	220	18.75	267
20.25	230	19.00	259
20.50	240	19.25	247
20.75	254	19.50	236
21.00	265	19.75	230
21.25	280	20.00	225
21.50	292	20.25	216
21.75	300	20.50	214
22.00	304	20.75	211
22.25	310	21.00	210
22.50	315	21.25	209
23.00	318	21.50	208
23.25	319	21.75	207
23.75	320	22.25	206
24.00	321	23.50	203
25.00	321	23.75	203
28.00	321	24.00	203
30.00	321	25.00	202
35.00	321	35.00	202
40.00	321	40.00	202
45.00	321	45.00	202
50.00	322	50.00	202
55.00	322	55.00	202
60.00	322	60.00	202

Tabelul 4.117: Rezultate experimentale pentru camera de reacție.

Debit alimentare apă brută 50 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0.00	126	0.00	246
5.00	125	5.00	246
6.00	125	6.00	246
8.00	125	8.00	246
10.00	126	9.00	246
12.00	126	10.00	246
14.00	126	11.00	245
15.00	126	13.00	244
15.50	127	14.00	244
16.00	127	15.00	244
16.25	128	15.50	242
16.50	129	15.75	242
16.75	132	16.00	239
17.00	137	16.25	232
17.25	144	16.50	225
17.50	153	16.75	216
17.75	167	17.00	206
18.00	181	17.25	192
18.25	194	17.50	185
18.50	200	17.75	172
19.00	209	18.00	161
19.25	216	18.25	156
19.50	225	18.50	147
19.75	228	18.75	143
20.00	229	19.00	139
20.25	231	19.25	137
20.50	234	19.50	135
20.75	236	19.75	133
21.00	236	20.00	132
21.25	237	20.50	132
21.50	238	20.75	131
21.75	239	21.00	130
22.00	240	21.50	129
22.50	241	22.00	129
23.25	242	23.00	128
23.50	243	25.00	128
25.50	243	29.00	127
30.00	244	30.00	127
35.00	244	35.00	127
40.00	244	40.00	127
45.00	244	45.00	127
50.00	244	50.00	127
55.00	244	55.00	127
60.00	244	60.00	127

Tabelul 4.118: Rezultate experimentale pentru decantor.

Debit alimentare apă brută 20 l/s			
Timp ore	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp ore	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0.0	183	0.0	328
0.5	183	0.5	328
1.0	186	1.0	326
1.5	186	1.5	262
2.0	186	2.0	265
2.5	186	2.5	255
3.0	209	3.0	241
3.5	215	3.5	240
4.0	232	4.0	230
4.5	247	4.5	220
5.0	268	5.0	217
5.5	273	5.5	213
6.0	284	6.0	216
6.5	288	6.5	209
7.0	296	7.0	207
7.5	303	7.5	207
8.0	305	8.0	205
8.5	304	8.5	202
9.0	308	9.0	201
9.5	308	9.5	200
10.0	308	10.0	200
10.5	310	10.5	200
11.0	310	11.0	199
11.5	315	11.5	199
12.0	317	12.0	199
12.5	321	12.5	199
13.0	324	13.0	197
13.5	323	13.5	197
14.0	323	14.0	200
14.5	325	14.5	200
15.0	325	15.0	200
15.5	325	15.5	200
16.0	325	16.0	200
16.5	326	16.5	200
17.0	327	17.0	200
17.5	325	17.5	200
18.0	325	18.0	200
18.5	327	18.5	200
19.0	328	19.0	200
19.5	328	19.5	200
20.0	328	20.0	200

Tabelul 4.119: Rezultate experimentale pentru decantor.

Debit alimentare apă brută 35 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	138	0	267
30	141	30	266
45	142	45	250
60	151	50	245
75	159	55	245
85	158	60	240
95	163	65	238
100	165	70	236
115	180	75	232
120	190	80	228
125	192	85	208
130	198	90	206
135	198	95	204
140	199	100	202
145	200	105	200
155	202	110	196
160	203	115	194
165	205	120	193
170	210	125	190
175	214	130	189
180	215	135	189
185	224	140	189
190	228	150	187
195	231	160	185
200	238	170	183
205	239	180	183
210	240	190	178
215	243	200	176
220	245	210	174
225	246	225	172
230	246	255	164
235	250	270	162
245	256	312	155
290	259	330	153
300	260	360	149
330	262	390	145
340	264	420	144
360	266	450	142
420	267	480	139
480	268	540	136
540	269	600	135

Tabelul 4.120: Rezultate experimentale pentru decantor.

Debit alimentare apă brută 40 l/s			
Timp ore	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp ore	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0.00	202	0.00	321
1.00	223	1.00	321
1.25	234	1.25	310
1.50	244	1.50	299
1.75	246	1.75	270
2.00	247	2.00	267
2.25	252	2.25	258
2.50	275	2.50	251
3.00	298	2.75	244
3.25	305	3.00	236
3.50	309	3.25	230
3.75	311	3.50	225
4.00	312	3.75	218
4.25	312	4.00	214
4.50	312	4.25	210
4.75	313	4.50	205
5.00	313	4.75	203
5.25	314	5.00	201
5.50	315	5.25	201
5.25	315	5.50	200
6.00	315	5.75	199
6.25	315	6.00	198
6.50	315	6.25	197
6.75	315	6.50	197
7.00	315	6.75	196
7.25	315	7.00	196
7.50	315	7.25	196
7.75	315	7.50	196
8.00	315	7.75	196
8.25	317	8.00	196
8.50	318	8.25	196
8.75	319	8.50	196
9.00	319	8.75	196
9.25	319	9.00	196
9.50	319	9.25	196
9.75	319	9.50	196
10.00	320	9.75	196
10.25	320	10.00	196
10.50	320	10.25	196
10.75	320	10.50	196
11.00	320	10.75	196

Tabelul 4.121: Rezultate experimentale pentru decantor.

Debit alimentare apă brută 40 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	172	0	272
30	174	60	252
45	174	75	241
60	179	80	231
85	191	85	220
90	196	90	219
110	199	95	218
115	207	100	215
120	218	105	211
122	221	110	209
124	223	115	207
126	224	120	205
128	226	125	204
130	227	130	204
134	228	135	203
140	229	140	202
145	231	148	202
150	237	150	201
158	240	156	201
162	242	158	200
170	244	162	198
185	248	166	196
190	254	170	195
200	256	180	193
210	258	185	191
215	261	190	190
225	262	195	188
235	265	200	187
250	266	210	186
270	266	215	185
275	267	220	184
280	266	240	180
330	268	260	178
360	269	360	168
390	269	375	167
420	269	390	167
460	269	405	166
480	268	420	165
540	272	480	165
560	272	540	167
600	271	600	166

Tabelul 4.122: Rezultate experimentale pentru decantor.

Debit alimentare apă brută 50 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	129	0	245
30	136	30	245
45	150	60	245
60	157	62	238
65	168	64	225
67	169	66	212
68	171	69	209
69	171	70	205
70	171	71	205
71	172	72	203
72	173	73	203
73	174	74	202
74	175	75	202
75	177	76	199
76	177	77	199
78	179	78	195
80	180	79	195
84	183	80	193
87	187	82	190
90	189	84	189
100	190	86	186
110	195	88	185
120	198	90	184
145	198	100	183
150	204	110	182
155	208	120	181
160	210	130	179
165	214	140	170
170	216	150	168
175	219	160	156
180	220	170	148
210	230	180	142
240	234	190	139
270	236	210	137
300	238	240	133
330	240	270	132
360	240	300	132
390	241	360	131
420	242	420	130
480	242	480	131
540	246	540	131

Tabelul 4.123: Rezultate experimentale pentru filtru.

Debit alimentare filtru 1 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	179	0	270
30	174	30	270
45	174	45	270
60	173	60	268
75	176	75	254
80	177	80	244
85	179	85	243
90	182	90	234
95	185	95	232
100	188	100	230
105	190	105	227
124	191	110	225
126	192	120	224
128	193	124	223
130	196	128	222
132	198	136	221
134	199	140	220
140	206	145	219
145	210	148	218
150	214	152	217
152	216	156	216
154	217	158	215
158	220	162	213
160	221	170	211
162	222	174	207
166	225	180	203
170	227	185	202
175	231	190	201
185	235	195	198
190	238	200	196
195	241	205	194
200	243	210	193
205	245	220	192
210	248	230	188
215	249	240	187
220	250	280	184
225	253	290	180
230	256	300	175
235	257	360	168
250	260	280	168
270	263	420	168
275	264	440	168
280	266	460	167
300	266	480	167

Tabelul 4.124: Rezultate experimentale pentru filtru.

Debit alimentare filtru 0.8 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	141	0	267
60	141	30	267
80	144	45	265
85	148	60	265
95	149	85	263
100	152	90	256
110	154	92	254
120	158	94	251
125	159	96	253
130	162	98	248
135	167	100	242
140	173	102	241
145	177	104	239
150	181	106	234
155	182	108	229
160	184	110	228
165	186	112	222
170	189	116	219
175	193	120	209
180	196	125	208
200	204	130	207
205	206	135	200
210	211	140	198
215	215	145	195
220	217	150	193
225	222	160	192
230	226	170	188
235	228	180	187
240	231	190	187
245	237	200	186
255	240	210	186
260	242	215	181
270	245	220	178
280	249	240	176
290	252	255	172
300	253	270	168
310	256	312	161
320	258	330	158
330	259	360	154
340	260	420	147
350	262	450	144
360	263	480	142
420	265	540	138
480	268	600	136

Tabelul 4.125: Rezultate experimentale pentru filtru.

Debit alimentare filtru 0.5 l/s			
Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$	Timp minute	Conductivitate $\mu\text{S/cm}$
cu saramură		fără saramură	
0	132	0	245
30	132	30	245
80	132	60	245
85	135	64	244
90	137	68	243
95	141	78	242
100	146	84	240
105	149	88	239
110	153	90	238
115	159	95	234
120	162	100	231
125	169	110	224
130	172	115	218
135	174	120	215
140	178	125	213
145	180	130	210
150	184	135	209
155	186	140	203
160	188	160	194
165	190	180	192
170	192	185	189
175	195	190	186
180	197	195	182
200	199	200	179
205	200	205	175
210	203	210	171
215	206	215	168
220	207	220	165
225	209	225	162
230	211	230	160
240	213	235	157
255	216	240	155
260	218	245	153
270	221	250	150
280	222	260	148
290	226	270	144
300	227	280	142
310	229	290	141
325	233	300	139
335	234	330	136
350	236	345	135
360	236	360	134
420	239	420	132
480	241	480	131

Astfel, datele experimentale au fost prelucrate cu ajutorul programului Jandel Scientific TableCurve 2D v5.01 în urma căruia pentru fiecare caz, calculatorul a propus 450-600 de soluții din care pe baza principiilor enunțate mai sus s-a ales ecuația următoare:

$$y = a + \frac{b}{1 + \left(\frac{x}{c}\right)^d} \quad (4.8)$$

unde:

y-conductivitatea, $\mu\text{S/cm}$

x-timpul, (secunde, minute, ore după caz)

a-conductivitatea inițială a apei brute, $\mu\text{S/cm}$

b-diferența dintre conductivitatea inițială și conductivitatea finală, $\mu\text{S/cm}$

c- timpul hidraulic, care depinde de geometria obiectului studiat

d- reprezintă panta curbei și depinde de modul de exprimare a timpului

Camera de amestec.

Rezultatele prelucrării datelor experimentale sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Tabelul 4.126: Valoarea coeficienților ecuației (4.8) pentru camera de amestec.

Debit alimentare l/s	cu saramură				fără saramură			
	a	b	c	d	a	b	c	d
20	178	148	204	-5.8	184	137	181	5.9
35	139	128	142	-5.6	148	114	128	6.0
40	186	111	125	-4.6	185	112	101	4.5
50	123	120	105	-5.9	128	120	90	5.1

Din tabelul 4.126 reiese că, coeficienții ecuației (4.8) sunt variabili. Ținând seama de semnificația acestor coeficienți, pentru a putea determina modelul matematic experimental trebuie verificat modul în care variația acestora influențează T_c și T_s .

În figura 4.37 este prezentată influența variației coeficientului „a” asupra lui T_c și T_s , când coeficienții „b”, „c”, și „d” sunt constanți.

Din figura 4.37 rezultă că T_c și T_s nu sunt influențați de variația coeficientului „a”. Așadar, pentru modelul matematic ajutător valoarea coeficientului „a” va fi media aritmetică a valorilor experimentale, **159** $\mu\text{S/cm}$.

În figura 4.38 este prezentată influența variației coeficientului „b” asupra lui T_c și T_s , când coeficienții „a”, „c”, și „d” sunt constanți.

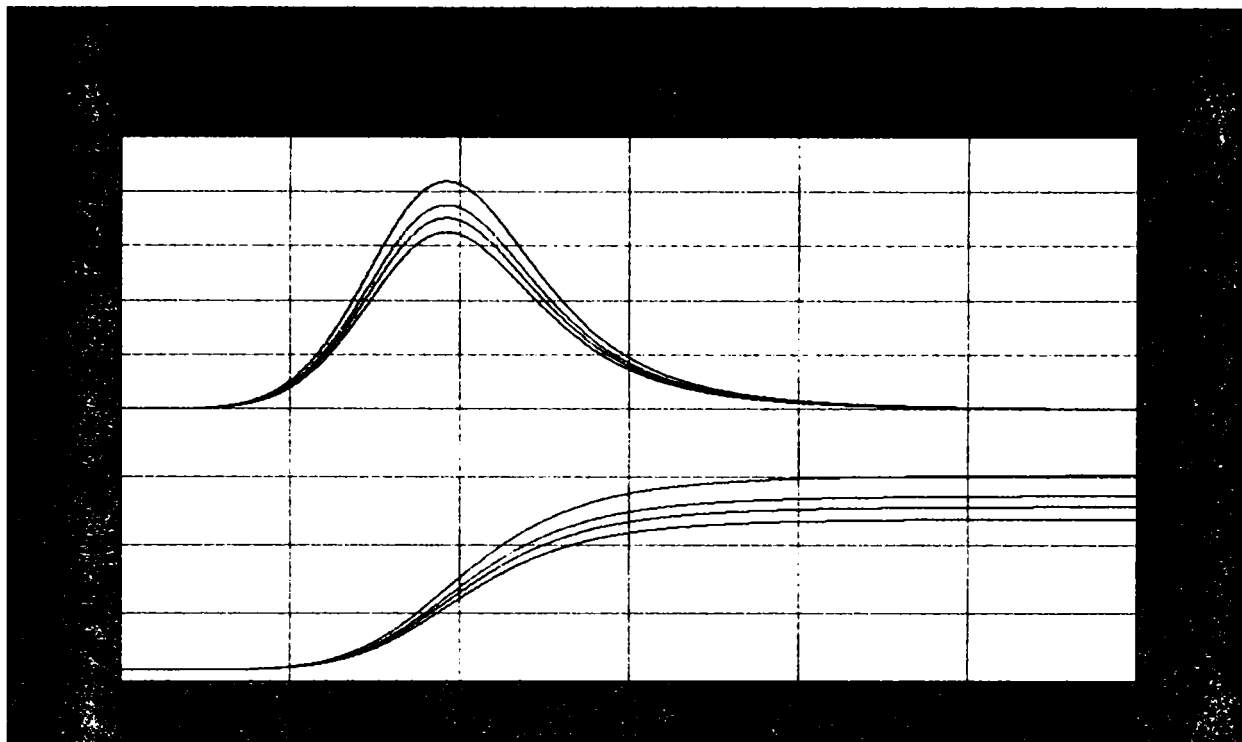


Figura 4.37: Influența variației coeficientului „a” asupra lui T_c și T_s

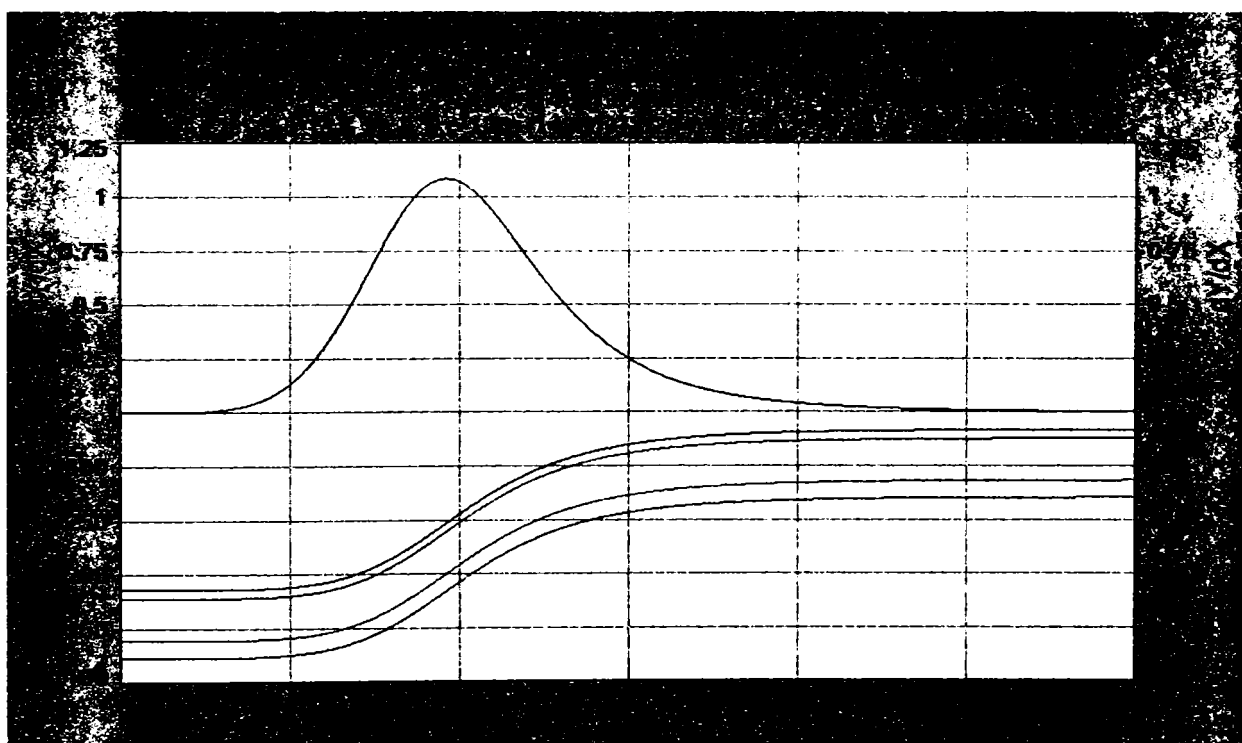


Figura 4.38: Influența variației coeficientului „b” asupra lui T_c și T_s

Din figura 4.38 rezultă că variația coeficientului „b” nu influențează T_c și T_s . Pentru modelul matematic ajutător valoarea coeficientului „b” va fi media aritmetică a valorilor experimentale, $123\mu\text{S/cm}$.

În figura 4.39 este prezentată influența variației coeficientului „d” asupra lui T_c și T_s , când coeficienții „a”, „b”, și „c” sunt constanți.

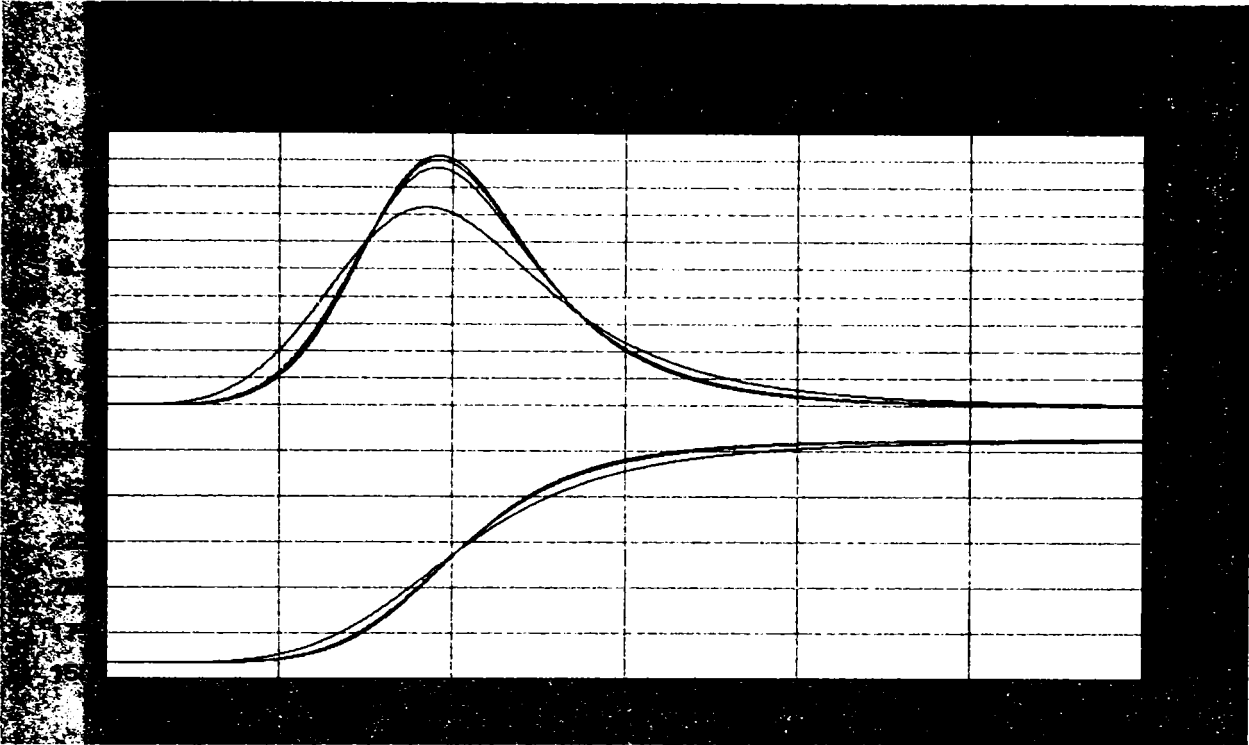


Figura 4.39: Influența variației coeficientului „d” asupra lui T_c și T_s

Din figura 4.39 rezultă că variația coeficientului „d” influențează neglijabil T_c și T_s . Pentru modelul matematic ajutător valoarea coeficientului „d” va fi media aritmetică a valorilor experimentale, ± 5.5 în funcție de modul de lucru cu sau fără saramură.

În figura 4.40 este prezentată influența variației coeficientului „c” asupra lui T_c și T_s , când coeficienții „a”, „b”, și „d” sunt constanți.

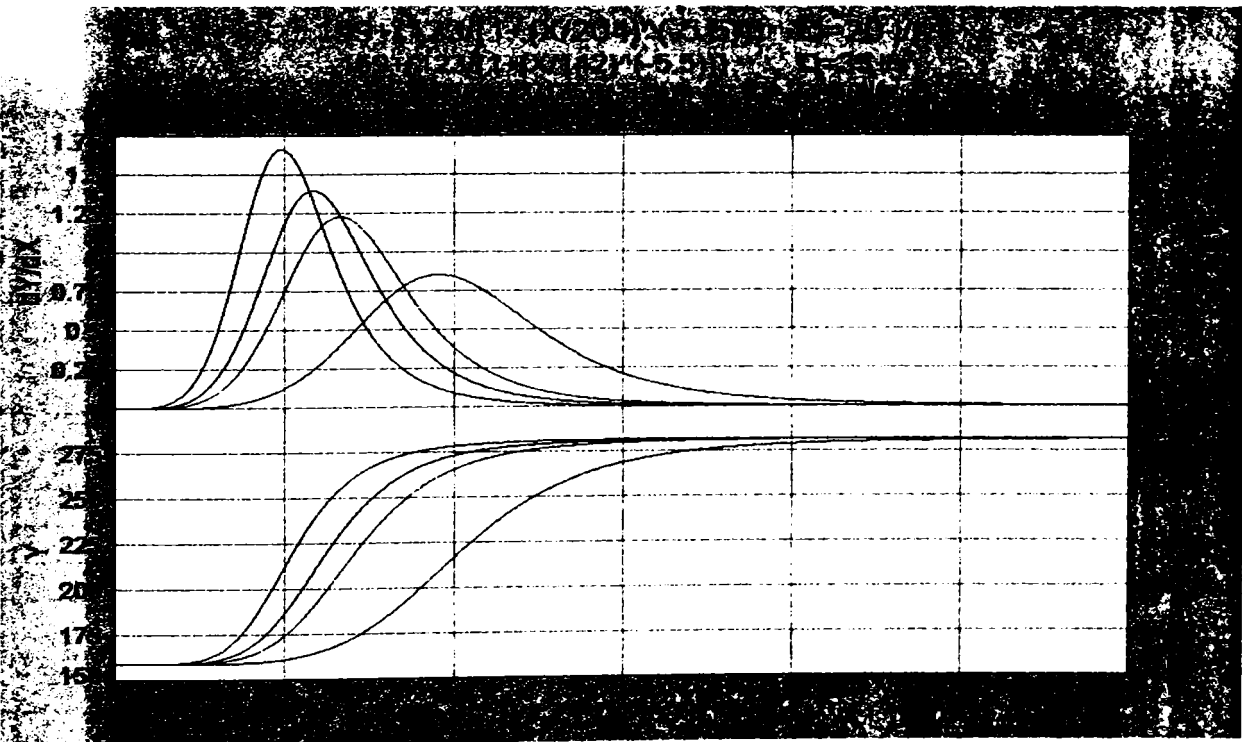


Figura 4.40: Influența variației coeficientului „c” asupra lui T_c și T_s

Din figura 4.40 rezultă că variația coeficientului „c” influențează T_c și T_s

Astfel, T_c și T_s cresc odată cu scăderea debitului de alimentare. Deoarece geometria camerei de amestec este foarte complexă, calculul unui timp hidraulic teoretic pentru verificarea datelor experimentale este dificil de realizat. Valoarea coeficientului „c” pentru un ciclu experimental, cu sau fără saramură, trebuie să fie constant.

Din datele experimentale rezultă că pentru un debit de alimentare al **SP** de 20 l/s acesta este cuprins între 180-205 secunde, 35 l/s este 125-145 secunde, 40 l/s este 100-125 secunde și la 50 l/s este 90-105 secunde. Pentru determinarea T_c și T_s corespunzător fiecărui debit de alimentare s-a făcut următoarea simulare: s-au dat valori coeficientului „c” pe intervalul 90-205 secunde cu o variație din 5 în 5 secunde și s-a determinat valoarea T_c și T_s .

$$y = 159 + \frac{123}{1 + \left(\frac{x}{c}\right) \pm 5.5} \quad (4.9)$$

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 4.127. De aici reiese că variația coeficientului „c” pentru un anumit debit nu influențează semnificativ valoarea T_c și T_s . Din acest motiv s-a determinat valoarea lui „c” ca fiind media aritmetică a valorilor experimentale. Astfel pentru un debit de alimentare de 20 l/s „c”= 193 secunde, 35 l/s „c”= 135 secunde, 40 l/s „c”= 113 secunde, 50 l/s „c”= 98 secunde.

Tabelul 4.127: Influența coeficientului „c” asupra T_c și T_s .

Valoarea coeficientului „c”	Timp critic		Timp staționar	
	secunde	minute	secunde	minute
90	85	1.4	217	3.6
95	91	1.5	229	3.8
100	91	1.5	241	4.0
105	97	1.6	253	4.2
110	103	1.7	265	4.4
115	109	1.8	277	4.6
120	115	1.9	289	4.8
125	115	1.9	301	5.0
130	121	2.0	313	5.2
135	127	2.1	325	5.4
140	133	2.2	337	5.6
145	133	2.2	349	5.8
150	139	2.3	361	6.0
155	146	2.4	373	6.2
160	152	2.5	385	6.4
180	170	2.8	433	7.2
185	176	2.9	445	7.4
190	176	2.9	457	7.6
195	182	3.0	469	7.8
200	188	3.1	481	8.0
205	194	3.2	493	8.2
210	194	3.2	505	8.4

Din reprezentarea grafică a modelului matematic ajutor corespunzător fiecărui debit experimentat a rezultat timpul critic și timpul staționar.

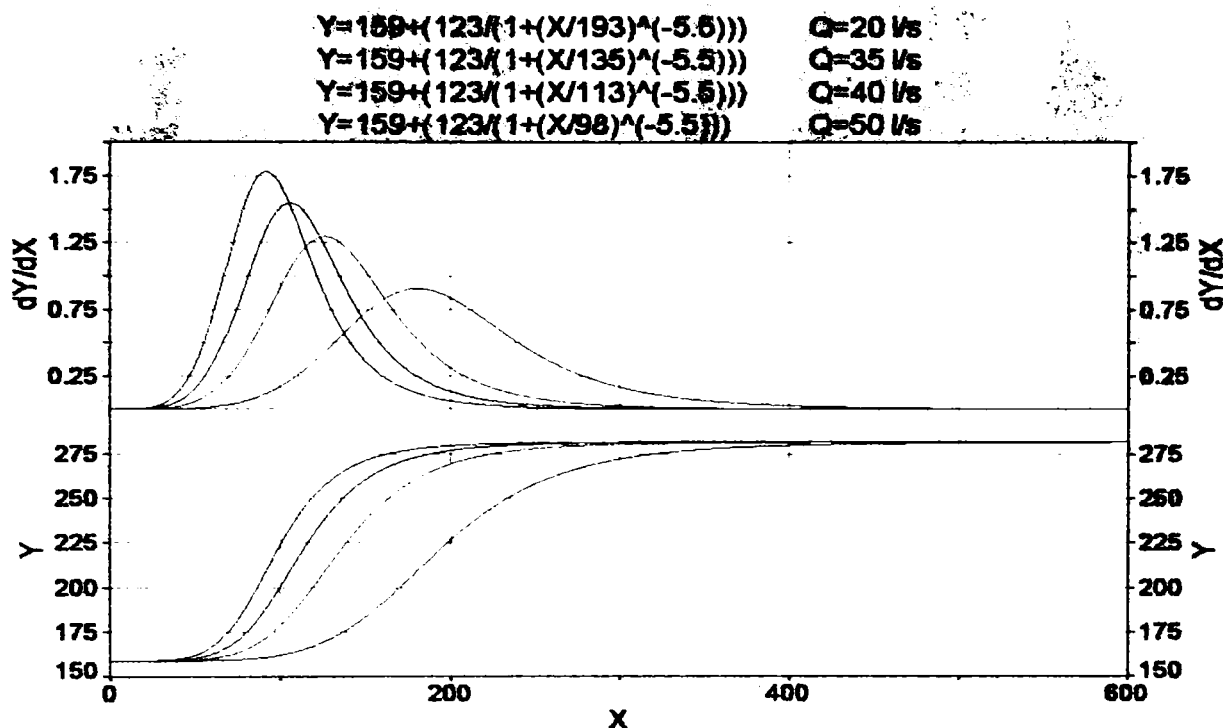


Figura 4.41: Modelul matematic experimental corespunzător debitelor experimentate.

Timpul critic și timpul staționar pentru fiecare debit experimentat este prezentat în tabelul 4.128.

Tabelul 4.128: Timp critic și timp staționar.

Debit alimentare l/s	Timp critic, T_c		Timp staționar, T_s	
	secunde	minute	secunde	minute
20	181	3.0	463	7.7
35	126	2.1	325	5.4
40	105	1.8	271	4.5
50	91	1.5	235	3.9

Pentru găsirea modelului matematic propriu-zis, s-au reprezentat grafic datele din tabelul 4.128 utilizând programul de calcul TableCurve 2D v5.01, calculatorul propunând 789 de soluții. Soluția propriu-zisă a fost aleasă pe baza principiilor enunțate mai sus. Astfel, modelul matematic propriu-zis al camerei de amestec este pentru:

- determinarea timpului critic (exprimat în secunde), T_c

$$T_c = 219.49528 - 0.10354857 \cdot Q^2 + 2.0804339 \cdot 10^{-5} \cdot Q^4 \quad (4.10)$$

- determinarea timpului staționar (exprimat în secunde), T_s

$$T_s = 559.76208 - 0.25988752 \cdot Q^2 + 5.184101 \cdot 10^{-5} \cdot Q^4 \quad (4.11)$$

unde Q este debitul de alimentare al **Stației Pilot** exprimat în l/s. Aceste modele sunt valabile pe intervalul de debite de 20-50 l/s.

Modele matematice propriu-zise ale camerei de amestec, valabile pe **ST** sunt pentru:

- determinarea timpului critic (exprimat în secunde), T_c

$$T_c = 219.49528 - 8957.49 \cdot 10^{-8} \cdot Q^2 + 15.57 \cdot 10^{-12} \cdot Q^4 \quad (4.12)$$

- determinarea timpului staționar (exprimat în secunde), T_s

$$T_s = 559.76208 - 22481.62 \cdot 10^{-8} \cdot Q^2 + 3.88 \cdot 10^{-11} \cdot Q^4 \quad (4.13)$$

unde **Q** este debitul de alimentare a **ST** exprimat în l/s. Aceste modele sunt valabile pe intervalul de debite de 680-1700 l/s.

Camera de reacție

Camera de reacție de tip longitudinal cu salt hidraulic este format din 9+1 șicane cu lungimea (L) de 18m respectiv 21m, lățimea(l) 0.40m, adâncimea(H) de 0.91-1.05m.

Rezultatele prelucrării datelor experimentale, tabelele 4.113-4.117, sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Tabelul 4.129: Valoarea coeficienților ecuației (4.8) pentru camera de reacție.

Debit alimentare l/s	cu saramură				fără saramură			
	a	b	c	d	a	b	c	d
20	178	140	40	-32	184	138	41	23
35	141	126	23	-30	147	114	23	28
40	147	111	21	-33	185	110	20	34
50	123	117	18	-26	129	118	17	28

unde:

y-conductivitatea, $\mu\text{S/cm}$

x-timpul, minute

a-conductivitatea inițială a apei brute, $\mu\text{S/cm}$

b-diferența dintre conductivitatea inițială și conductivitatea finală, $\mu\text{S/cm}$

c- timpul hidraulic, care depinde de geometria obiectului studiat

d- reprezintă panta curbei și depinde de modul de exprimare a timpului

Anterior, s-a demonstrat că, coeficienții **a**, **b** și **d** nu influențează timpul critic și timpul staționar, motiv pentru care valoarea acestor coeficienți se va lua ca medie aritmetică a valorilor experimentale. Astfel, **a = 154 $\mu\text{S/cm}$** , **b = 122 $\mu\text{S/cm}$** , **d = ± 30** . Coeficientul „c” reprezintă timpul hidraulic și depinde de viteză, geometria camerei de reacție. Pentru verificarea valorilor acestui coeficient s-a calculat un timp hidraulic teoretic. Adâncimea apei din camera de reacție(h) este funcție de debitul de alimentare și poate avea valori cuprinse între 74-84cm, astfel viteza în camera de reacție va fi și ea variabilă. În tabelul 4.130 este prezentat domeniul de variație a vitezei funcție de debitul de alimentare.

Tabelul 4.130: Variația vitezei în camera de reacție.

Debit de alimentare l/s	Viteza, m/s		
	h=0.84 m	h=0.79 m	h=0.74 m
20	0.0595	0.0633	0.0676
35	0.1042	0.1108	0.1182
40	0.1190	0.1266	0.1351
50	0.1488	0.1582	0.1689

Lungimea medie a camerei de reacție este 162m, timpul hidraulic teoretic funcție de debitul de alimentare și valoarea medie a coeficientului „c” rezultat în urma prelucrării datelor experimentale este prezentat în tabelul 4.131.

Tabelul 4.131: Variația timpului hidraulic teoretic.

Debit de alimentare l/s	Timp hidraulic teoretic minute			„c” mediu minute
20	45	43	40	40
35	26	24	23	23
40	23	21	20	21
50	18	17	16	18

Ecuția 4.14 reprezintă forma modelului matematic experimental unde „c” i-a valori în funcție de debitul de alimentare.

$$y = 154 + \frac{122}{1 + \left(\frac{x}{c}\right)^{\pm 30}} \quad (4.14)$$

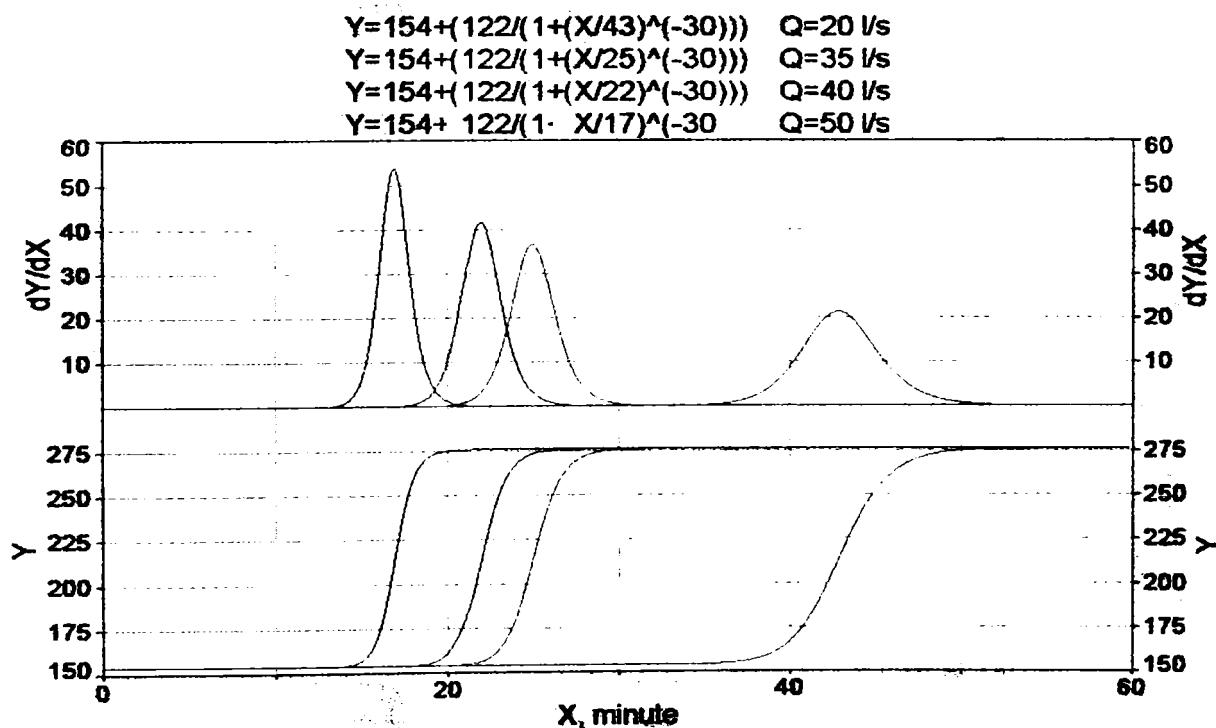
S-a verificat influența variației coeficientului „c” asupra timpului critic și timpului staționar. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 4.132. Din acest tabel rezultă că, în acest caz, valoarea coeficientului „c” coincide cu valoarea timpului critic T_c exprimat în minute. Din acest motiv pentru modelul matematic experimental valoarea coeficientului „c” este o medie aritmetică corespunzătoare debitelor și anume:

- **43 minute** pentru 20l/s
- **25 minute** pentru 35 l/s
- **22 minute** pentru 40 l/s
- **17 minute** pentru 50 l/s.

Tabelul 4.132: Influența coeficientului „c” asupra T_c și T_s

Debit l/s	Valoarea coeficientului „ c”	Timp critic minute		Timp staționar minute	
		cu saramură	fără saramură	cu saramură	fără saramură
20	40	40	40	47	47
	42	42	42	49	49
	43	43	43	51	51
	44	44	45	52	52
	45	45	46	53	53
35	23	23	23	27	27
	24	24	24	28	28
	25	25	25	29	29
	26	26	26	31	31
40	20	20	20	24	24
	21	21	21	25	24
	22	22	22	26	26
	23	23	23	27	27
50	16	16	16	19	19
	17	17	17	20	20
	18	18	18	21	21

În figura 4.42 este prezentat modelul matematic experimental corespunzător debitelor experimentate.

**Figura 4.42:** Modelul matematic experimental corespunzător debitelor experimentate.

Timpul critic și timpul staționar pentru fiecare debit experimentat sunt prezentate în tabelul 4.133.

Tabelul 4.133: Timp critic și timp staționar.

Debit alimentare l/s	Timp critic, T_c	Timp staționar, T_s
	minute	minute
20	43	51
35	25	29
40	22	26
50	17	20

Pentru găsirea modelului matematic propriu-zis, s-au reprezentat grafic datele din tabelul 4.133 folosind programul de calcul TableCurve 2D v5.01, calculatorul propunând 787 de soluții. Soluția propriu-zisă a fost aleasă pe baza principiilor enunțate anterior. Astfel, modelul matematic propriu-zis al camerei de reacție este pentru:

- determinarea timpului critic (exprimat în minute), T_c

$$T_c = 29.736917 - 0.31718563 \cdot Q + 7841.9004/Q^2 \quad (4.15)$$

- determinarea timpului staționar (exprimat în minute), T_s

$$T_s = 34.152618 - 0.35466059 \cdot Q + 9171.2319/Q^2 \quad (4.16)$$

unde Q este debitul de alimentare al Stației Pilot exprimat în l/s. Aceste modele sunt valabile pe intervalul de debite de 20-50 l/s.

Modele matematice propriu-zise al camerei de reacție, valabile pe **ST** sunt pentru:

- determinarea timpului critic (exprimat în minute), T_c

$$T_c = 29.736917 - 0.932899 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 9065.2369 \cdot 10^3/Q^2 \quad (4.17)$$

- determinarea timpului staționar (exprimat în minute), T_s

$$T_s = 34.152618 - 0.01043119 \cdot Q + 1060.1944 \cdot 10^4/Q^2 \quad (4.18)$$

unde Q este debitul de alimentare a **ST** exprimat în l/s. Aceste modele sunt valabile pe intervalul de debite de 680-1700 l/s.

Decantorul

Din camera de reacție apa trece într-un decantor de tip longitudinal cu următoarele caracteristici: $H_{\text{mediu}}=2.70\text{m}$, $L=32\text{m}$, $l=3.8\text{m}$. Rezultatele prelucrării datelor experimentale, tabelele 4.118-4.122, sunt prezentate în tabelul 4.134.

Tabelul 4.134: Valoarea coeficienților ecuației (4.8) pentru decantor.

Debit alimentare l/s	Cu saramură				fără saramură			
	a	b	c	d	a	b	c	d
20	182	145	288	-3.3	196	136	126	1.9
35	141	134	153	-3.1	137	136	125	1.5
40	194	101	133	-3.8	176	125	123	2.4
50	124	128	97	-1.7	132	118	84	3.4

unde:

y-conductivitatea, $\mu\text{S/cm}$

x-timpul, minute

a-conductivitatea inițială a apei brute, $\mu\text{S/cm}$

b-diferența dintre conductivitatea inițială și conductivitatea finală, $\mu\text{S/cm}$

c- timpul hidraulic, care depinde de geometria obiectului studiat

d- reprezintă panta curbei și depinde de modul de exprimare a timpului

Anterior, s-a demonstrat că coeficienții **a**, **b** și **d** nu influențează timpul critic și timpul staționar, motiv pentru care valoarea acestor coeficienți se va lua ca medie aritmetică a valorilor experimentale. Astfel, **a = 160 $\mu\text{S/cm}$** , **b= 128 $\mu\text{S/cm}$** , **d = ± 3** .

Din tabelul 4.134 rezultă că valoarea coeficientului „c” pentru un debit de alimentare dat, diferă foarte mult în etapa cu saramură față de etapa fără saramură, deși cele două valori ar trebui să fie identice având în vedere semnificația sa. Pentru verificarea valorilor rezultate în urma prelucrării datelor experimentale s-a calculat timpul hidraulic teoretic care:

- pentru 20 l/s este **266 minute**
- pentru 35 l/s este **152 minute**
- pentru 40 l/s este **133 minute**
- pentru 50 l/s este **106 minute**.

Comparând valorile teoretice cu cele experimentale se observă o abatere foarte mare atunci când s-a lucrat fără saramură, motiv pentru care aceste rezultate au fost eliminate.

În modelul matematic experimental, ecuația 4.19, coeficientul „c” i-a următoarele valori care:

- pentru 20 l/s este **277 minute**
- pentru 35 l/s este **153 minute**
- pentru 40 l/s este **133 minute**
- pentru 50 l/s este **102 minute**

valorile sunt rezultatul mediei aritmetice dintre valoarea teoretică și cea obținută experimental.

$$y = 160 + \frac{128}{1 + \left(\frac{x}{c}\right)^{\pm 3}} \quad (4.19)$$

În figura 4.43 este prezentat modelul matematic experimental corespunzător debitelor experimentate.

Timpul critic și timpul staționar pentru fiecare debit experimentat este prezentat în tabelul 4.135.

Tabelul 4.135: Timp critic și timp staționar.

Debit alimentare l/s	Timp critic, T_c		Timp staționar, T_s	
	minute	ore	minute	ore
20	222	3.7	1392	23.2
35	124	2.1	769	12.8
40	107	1.8	669	11.2
50	80	1.3	513	8.6

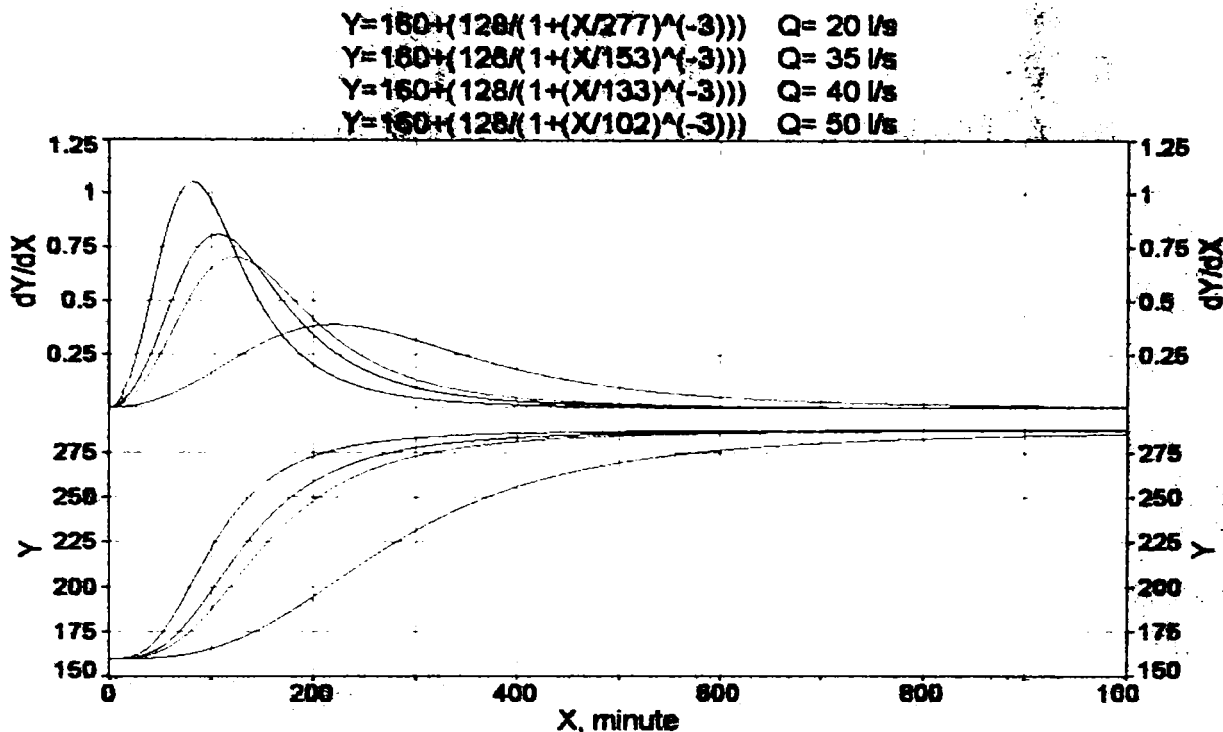


Figura 4.43: Modelul matematic experimental corespunzător debitelor experimentate.

Pentru găsirea modelului matematic propriu-zis, s-au reprezentat grafic datele din tabelul 4.135 utilizând programul de calcul TableCurve 2D v5.01, calculatorul propunând 787 de soluții. Soluția propriu-zisă a fost aleasă pe baza principiilor enunțate anterior. Astfel, modelul matematic propriu-zis al decantorului este pentru:

- determinarea timpului critic (exprimat în ore), T_c

$$T_c = 1.73022437 - 0.014001095 \cdot Q + 900.45839/Q^2 \quad (4.20)$$

- determinarea timpului staționar (exprimat în ore), T_s

$$T_s = 14.415782 - 0.15610337 \cdot Q + 4761.6464/Q^2 \quad (4.21)$$

unde Q este debitul de alimentare al Stației Pilot exprimat în l/s. Aceste modele sunt valabile pe intervalul de debite de 20-50 l/s.

Modele matematice propriu-zise ale decantorului, valabile pe **ST** sunt pentru:

- determinarea timpului critic (exprimat în ore), T_c

$$T_c = 1.7302437 - 0.411797 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 1040.929 \cdot 10^3/Q^2 \quad (4.22)$$

- determinarea timpului staționar (exprimat în ore), T_s

$$T_s = 14.415782 - 0.459128 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 5504.463 \cdot 10^3/Q^2 \quad (4.23)$$

unde Q este debitul de alimentare a **ST** exprimat în l/s. Aceste modele sunt valabile pe intervalul de debite de 680-1700 l/s.

Filtrul

Stația Pilot dispune de două filtre rapide deschise proiectate la scară de 1:1 față de **ST** cu o suprafață de filtrare de 1m^2 . Nivelul minim de apă deasupra stratului filtrant la punerea în funcție a filtrului este asigurat de garda hidraulică.

Modelarea filtrului s-a făcut după viteza de filtrare. Astfel, debitul de alimentare al filtrului a fost de 1 l/s, 0.8 l/s, 0.5 l/s ceea ce corespunde unor viteze de filtrare de 3.6 m/h, 2.9 m/h și 1.8 m/h.

Rezultatele prelucrării datelor experimentale, tabelele 4.123-4.125, sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Tabelul 4.136: Valoarea coeficienților ecuației (4.8) pentru filtru.

Viteza de filtrare m/h	Debit alimentare l/s	cu saramură				fără saramură			
		a	b	c	d	a	b	c	d
3.6	1.0	176	94	164	-5.0	152	124	151	1.9
2.9	0.8	141	135	198	-3.8	142	132	142	2.8
1.8	0.5	126	117	161	-2.9	120	127	182	3.2

unde:

y-conductivitatea, $\mu\text{S}/\text{cm}$

x-timpul, minute

a-conductivitatea inițială a apei brute, $\mu\text{S}/\text{cm}$

b-diferența dintre conductivitatea inițială și conductivitatea finală, $\mu\text{S}/\text{cm}$

c- timpul hidraulic, care depinde de geometria obiectului studiat

d- reprezintă panta curbei și depinde de modul de exprimare a timpului

Timpul critic și timpul staționar nu sunt influențate de coeficienții **a**, **b** și **d** motiv pentru care valoarea acestor coeficienți se va lua ca medie aritmetică a valorilor experimentale. Astfel, **a= 143 $\mu\text{S}/\text{cm}$, b= 122 $\mu\text{S}/\text{cm}$, d = ± 3 .**

Din tabelul 4.136 rezultă că valoarea coeficientului „c” pentru un debit de alimentare dat, diferă foarte mult. Având în vedere semnificația coeficientului „c” rezultă că valoarea acestuia depinde de lungimea traseului parcurs care, în cazul procesului de filtrare este variabil crescând odată cu colmatarea stratului filtrant. Variația acestei lungimi ΔL este de $\pm 2.0\text{m}$.

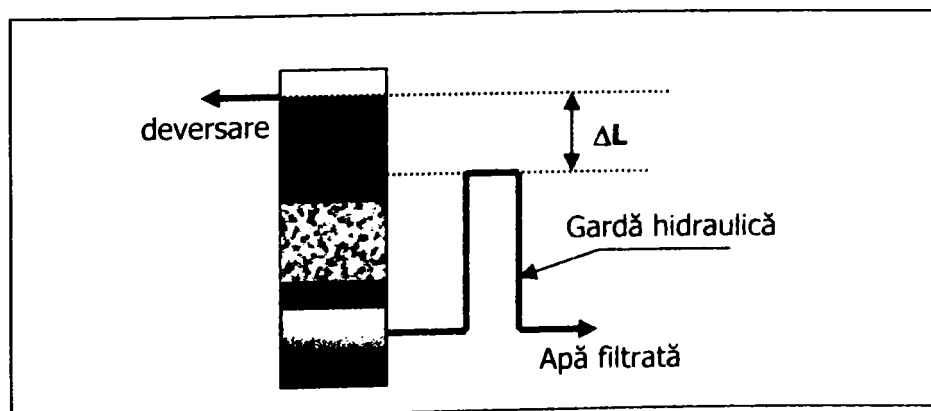


Figura 4.44: Definirea grafică a variației lungimii, ΔL

Variația timpului hidraulic teoretic funcție de lungimea traseului parcurs și funcție de viteză de filtrare este prezentat în tabelul 4.137.

Tabelul 4.137: Variația timpului hidraulic teoretic funcție de lungimea traseului parcurs și viteză de filtrare.

Lungimea m	4	5	6	7	8	9	10	„c” experimental minute
Viteza de filtrare m/h	Timp hidraulic teoretic minute							
3.6	67	83	100	117	133	150	167	151-164
2.9	83	103	124	145	166	186	207	142-198
1.8	133	167	200	233	267	300	333	161-182

Analizând datele din tabelul 4.137 rezultă că, modelul matematic propriu-zis va fi funcție de viteză de filtrare și lungimea traseului parcurs. Din acest motiv cu ajutorul modelului experimental, ecuația 4.24, s-a determinat T_c și T_s pentru valori ale lui „c” corespunzătoare vitezelor de filtrare de 3.6 m/h, 2.9 m/h, 1.8 m/h respectiv lungimii parcurse de 4 m, 6 m, 8m și 10m. Valorile obținute pentru T_c și T_s sunt prezentate în tabelul 4.138.

$$y = 143 + \frac{122}{1 + \left(\frac{x}{c}\right)^{\pm 3}} \quad (4.24)$$

Tabelul 4.138: Timpul critic și timpul de staționare pentru diferite valori ale lungimii parcurse(L).

Viteza de filtrare m/h	L=4 m		L=6 m		L=8 m		L=10 m	
	T_c minute	T_s minute	T_c minute	T_s minute	T_c minute	T_s minute	T_c minute	T_s minute
3.6	55	325	79	485	103	645	133	810
2.9	67	403	97	601	133	805	164	1004
1.8	103	645	158	970	212	1295	267	1615

Pentru găsirea modelului matematic propriu-zis, s-au reprezentat grafic datele din tabelul 4.138 utilizând programul de calcul TableCurve 2D v5.01, calculatorul propunând 110 soluții. Soluția propriu-zisă a fost aleasă, pe baza principiilor enunțate la începutul studiului, este de forma:

$$T_{cs} = a \times (W_{fil})^l \quad [\text{minute}] \quad (4.25)$$

unde:

- „a” este un parametru care depinde de lungimea traseului până la alimentarea filtrului, L, în m
- „ W_{fil} ” este viteză de filtrare exprimată în m/h

Valoarea parametrului „a” funcție de lungimea L pentru T_c și T_s este prezentată în tabelul 4.139.

Tabelul 4.139: Parametrul „*a*” funcție de lungimea traseului până la alimentarea filtrului **L**.

Lungimea m	<i>a</i>	
	Timp critic	Timp staționar
4	175.24281	1152.854
6	285.59858	1747.1894
8	386.35417	2334.9197
10	483.59619	2899.9942

Valoarea parametrului „*a*” funcție de lungimea **L** a fost găsită cu ajutorul programului de calcul TableCurve 2D v5.01, calculatorul propunând 791 soluții. Soluția aleasă pe baza principiilor enunțate la începutul studiului este de forma:

- pentru obținerea T_c exprimat în minute

$$a_c = 51.290787 * L - 26.33768 \quad (4.26)$$

prin înlocuirea acestuia în ecuația 4.25, rezultă modelul matematic propriu-zis al filtrului **SP** pentru determinarea T_c

$$T_c [\text{min}] = (51.290787 * L - 26.33768) * W_{\text{filt}}^{-1} \quad (4.27)$$

unde:

W_{filt} - viteza de filtrare, m/h

L- lungimea parcursă, m

- pentru obținerea T_s exprimat în minute

$$a_c = 291.45754 * L - 6.46349 \quad (4.28)$$

prin înlocuirea acestuia în ecuația 4.25, rezultă modelul matematic propriu-zis al filtrului **SP** pentru determinarea T_s

$$T_s [\text{min}] = (291.45754 * L - 6.46349) * W_{\text{filt}}^{-1} \quad (4.29)$$

unde:

W_{filt} - viteza de filtrare, m/h

Aceste modele matematice 4.27, 4.29 sunt valabile și în cazul **ST** pentru valori ale vitezei de filtrare cuprinse între 1.8-3.6 m/h și lungimea traseului parcurs de 4-10 m.

3. Concluzii:

*Pentru studiul comportării dinamice a Stației Pilot de potabilizare a apei de suprafață s-a folosit metoda răspunsului la semnal treaptă. Ca trasor s-a utilizat o soluție de saramură, parametrul măsurat fiind conductivitatea. Comportarea dinamică a **SP** a fost urmărită pentru diferite debite de alimentare cu apă brută de 20 l/s, 35 l/s, 40 l/s și 50 l/s respectiv viteze de filtrare de 2 m/h, 3 m/h și 4 m/h.*

În scopul modelării procesului tehnologic de tratare a apei de suprafață în vederea potabilizării, pentru prelucrarea datelor experimentale s-a folosit programul de calcul Jandel Sientific TableCurve 2D v5.01.

Modelul matematic experimental, valabil pentru toate fazele procesului tehnologic, cu ajutorul căruia se determină timpul critic și timpul staționar este de forma ecuației 4.8. Coeficienții a , b și d a acestei ecuații nu influențează valoarea timpului critic și staționar. Valoarea acestor coeficienți fiind luată ca medie aritmetică a valorilor experimentale.

Coeficientul „ c ” din ecuația 4.8 este variabil, reprezentând timpul hidraulic care depinde de geometria obiectului studiat. Acest coeficient are un rol determinant în găsirea modelului matematic propriu-zis din acest motiv coeficientul „ c ” a fost verificat și comparat cu valoarea teoretică a timpului hidraulic.

Modelului matematic propriu-zis pentru camera de amestec a SP este de forma $Y = a + bX^2 + cX^4$, valoarea timpului critic fiind cuprins între $T_c = 1.5 - 3$ minute iar valoarea timpului staționar $T_s = 3.9 - 7.7$ minute, pentru un debit de alimentare de $Q = 20 - 50$ l/s

Modelului matematic propriu-zis pentru camera de reacție și decantorul SP este de forma $Y = a + bX + c/X^2$, valoarea timpului critic și a timpului staționar pentru camera de reacție este $T_c = 17 - 43$ minute respectiv $T_s = 20 - 51$ minute iar pentru decantor este $T_c = 1.3 - 3.7$ h respectiv $T_s = 8.6 - 23.2$ h, pentru un debit de alimentare de $Q = 20 - 50$ l/s.

Modelului matematic propriu-zis pentru filtrul SP este de forma $Y = (aX + b)Z^1$, valoarea timpului critic și staționar corespunzătoare debitului de alimentare de $Q = 20 - 50$ l/s fiind de $T_c = 50 - 270$ minute respectiv $T_s = 322 - 1615$ minute.

Prin extrapolare s-au obținut modele matematice propriu-zise valabile pe ST, care au fost verificate practic.

Prin însumarea modelelor matematice propriu-zise corespunzătoare fiecărei faze se obține modelul matematic al SP respectiv ST.

4.2.4.1 Studii privind verificarea curbelor de dozare cu sulfat de aluminiu [14, 62, 88]

Stabilirea dozelor de reactivi urmărește folosirea în procesul de coagulare-floculare a dozelor optime, adică a cantităților minime de reactivi care produc efect de limpezire maxim într-un timp cât mai scurt.

Metoda cea mai des utilizată în acest sens este metoda JT. Folosind această metodă personalul de specialitate al ST a apei râului Bega a realizat încă din anul 1961, prima curbă de dozare a sulfatului de aluminiu, ceea ce a însemnat un pas deosebit în perfecționarea procesului de tratare chimică a apei. De-a lungul anilor această curbă de dozare a fost îmbunătățită astfel că astăzi se lucrează după curba de dozare prezentată în tabelul 4.140.

Tabelul 4.140: Curba de dozare a sulfatului de aluminiu funcție de turbiditatea râului Bega.

Turbiditate NTU	D_T minimă	D_T medie	D_T maximă	Turbiditate NTU	D_T minimă	D_T medie	D_T maximă
4	5	6	6	128	41	47	52
8	8	9	10	132	41	47	53
12	10	12	13	136	42	48	54
16	12	14	16	140	43	49	55
20	13	16	19	144	44	50	56
24	15	18	21	148	45	51	57
28	16	20	23	156	46	52	58
32	17	21	25	160	47	53	59
36	18	22	26	164	48	54	60
40	20	24	28	168	48	55	61
44	21	25	29	172	49	56	62
48	22	27	31	176	50	57	63
52	23	28	32	180	51	58	64
56	24	29	34	188	52	59	65
60	25	30	35	192	53	60	66
64	26	31	36	196	53	60	67
68	27	32	37	200	54	61	68
72	28	33	38	220	58	66	73
76	29	34	39	240	64	71	78
80	30	36	41	260	70	77	84
84	31	37	42	280	72	79	86
88	32	38	43	300	74	81	88
92	33	39	44	320	75	82	89
96	34	40	45	340	77	84	91
100	34	40	46	360	78	85	92
104	35	41	47	380	80	87	94
108	36	42	48	400	81	88	95
116	38	44	49	440	83	90	97
120	39	45	50	480	85	92	99
124	40	46	51	520	87	94	101

În vederea automatizării procesului de coagulare-floculare din **ST** este necesară verificarea curbei de dozare prezentată în tabelul de mai sus în special pentru turbidități mici, sub 10NTU, și temperaturi scăzute, sub 10⁰C, a apei râului Bega.

O primă verificare a constat în compararea curbei de dozare din tabelul 4.140 cu dozele optime de sulfat de aluminiu obținute în urma studiilor de laborator. Sinteza rezultatelor obținute este prezentată în tabelul 4.141.

Tabelul 4.141: Dozele de sulfat de aluminiu determinate în laborator comparativ cu cele din curba de dozare utilizată pe **ST**.

Turbiditatea NTU	D_T rezultat în laborator mg/l	D_T după curba de coagulare mg/l
3.4-6.0	7.8-8.4	5-10
7.4-12.0	10.2-11.2	8-13
20.0-25.0	16.0	13-21
24.0-28.0	21.8	15-23

Din datele prezentate în tabelul 4.141 rezultă că dozele de sulfat de aluminiu corespunzătoare unei anumite turbidități a apei râului Bega, determinate în laborator verifică curba de dozare utilizată pe **ST**.

O a doua verificare a constat în compararea curbei de dozare utilizată pe **ST** cu doza optimă de sulfat de aluminiu obținută pe **SP**.

1. Mod de lucru:

Determinările experimentale s-au făcut pe **SP** din cadrul **ST**. Condițiile de operare pe **SP** pe perioada testelor au fost similare cu cele ale **ST**. Astfel, condițiile de operare pe **SP** au fost:

- debit alimentare cu apă brută, 40 l/s
- debit alimentare filtru cu apă decantată, 1.7 l/s
- durata unui ciclu de filtrare, 48h

S-au utilizat doze crescătoare de sulfat de aluminiu și anume: **2 mg/l, 4 mg/l, 6 mg/l, 8 mg/l** și **10 mg/l**. **SP** a funcționat cu fiecare doză 120 de ore. S-au prelevat probe de apă brută, de apă decantată și de apă filtrată, din oră în oră pentru verificarea procesului de coagulare-floculare.

2. Rezultate experimentale:

Setul 22:

Temperatură apă, °C: 4-8
 Turbiditate apă brută, NTU: 3.2-9.0
 pH apă brută: 7.6-7.8

Sinteza datelor experimentale obținute pe **SP** este prezentată în tabelul 4.142.

Tabelul 4.142: Sinteza datelor experimentale obținute pe **SP**, pentru **Setul 22**.

Turbiditate apă brută NTU			Doza de sulfat de aluminiu mg/l	Turbiditate apă decantată NTU			Turbiditate apă filtrată NTU		
min	med	max		min	med	max	min	med	max
2.8	3.8	4.6	2	2.9	3.9	6.2	1.7	1.9	2.6
3.7	4.8	7.1	4	3.7	4.7	6.5	0.5	1.0	3.5
3.7	4.8	6.3	6	2.3	3.3	6.1	0.2	0.3	1.9
3.6	5.3	7.7	8	1.2	1.9	3.1	0.2	0.3	0.8
4.5	6.7	10.2	10	1.4	2.0	4.2	0.2	0.3	0.6

Pe perioada determinărilor **turbiditatea apei râului Bega** a fost cuprinsă între **2.8-10.2NTU**. Conform celor prezentate în tabelul 4.141 pentru acest domeniu de turbiditate, **doza optimă de sulfat de aluminiu determinată în laborator** ar trebui să fie **7.8-11.2mgAl₂(SO₄)₃/l**. De asemenea **doza optimă de sulfat de aluminiu din curba de dozare utilizată pe ST** este între **5-13mgAl₂(SO₄)₃/l**. Din tabelul 4.142 rezultă că doza optimă de sulfat de aluminiu pentru **turbiditatea apei râului Bega** cuprinsă între **2.8-10.2NTU** este de **6-10mgAl₂(SO₄)₃/l**.

3. Concluzii:

*Din cele prezentate mai sus reiese că, atât studiile de laborator pentru determinarea dozei optime de coagulant cât și cele de pe **SP**, verifică curba de dozare a sulfatului de aluminiu utilizată pe **ST** și la valori mici ale turbidității și temperaturi scăzute a apei râului Bega.*

*Astfel, această curbă de dozare poate fi utilizată pentru obținerea modelelor matematice necesare pentru automatizarea procesului de coagulare-floculare din **ST**.*

4.2.4.2 Studii privind efectul unor perturbații asupra procesului de coagulare-floculare

Identificarea principalilor parametri perturbatori la care este expus procesul de coagulare-floculare este necesar pentru automatizarea procesului, în vederea stabilirii sistemelor de stabilizare prin reglarea automată a acestora.

Cel mai important factor care influențează procesul de coagulare-floculare este pH-ul optim de coagulare, care pentru apa râului Bega în condițiile în care pentru coagulare-floculare se folosește sulfatul de aluminiu și aluminatul de sodiu este 7.0.

Parametrii perturbatori care influențează procesul de coagulare-floculare sunt: debitul de sulfat de aluminiu, debitul de aluminat de sodiu, debitul de apă brută. Aceste perturbații în procesul de tratare pot apărea accidental. Astfel, cauzele care fac ca parametrii amintiți mai sus să devină perturbatori respectiv efectele produse de aceste perturbații asupra procesului de coagulare-floculare sunt prezentate în tabelul 4.143.

Tabelul 4.143: Parametrii perturbatori care influențează pH-ul optim de coagulare.

Parametrii stabiliți în tratare	Parametru perturbator	Cauza apariției perturbației	Efectul perturbației asupra procesului de tratare
-debitul de apă brută, Q_{AB} -doza de sulfat de aluminiu, D_{SA} - concentrația soluției de sulfat de aluminiu, C_{SA} -debitul de sulfat de aluminiu, Q_{SA} -doza de aluminat de sodiu, D_{AN} concentrația soluției de aluminat de sodiu, C_{AN} -debitul de aluminat de sodiu, Q_{AN}	$Q_{AB}(\text{real}) < Q_{AB}$ D_{SA}, C_{SA}, Q_{SA} - constante D_{AN} - constant C_{AN} - constant Q_{AN} - constant	- scăderea nivelului râului Bega - colmatarea grătarelor de la captare	- crește doza de sulfat de aluminiu - crește doza de aluminat de sodiu - supradozare , crește turbiditate apei decantate
	$Q_{AB}(\text{real}) > Q_{AB}$ D_{SA} - constant C_{SA} - constant Q_{SA} - constant D_{AN} - constant C_{AN} - constant Q_{AN} - constant	- creșterea nivelului râului Bega	- scade doza de sulfat de aluminiu - scade doza de aluminat de sodiu - subdozare , crește turbiditate apei decantate
	Q_{AB} - constant D_{SA} - constant $C_{SA}(\text{real}) < C_{SA}$ Q_{SA} - constant D_{AN} - constant C_{AN} - constant Q_{AN} - constant	-diluarea soluției de sulfat de aluminiu - densimetru neetalonat, valoarea citită la densimetru este mai mică decât cea reală	-scade doza de sulfat de aluminiu - crește pH-ul de coagulare , crește turbiditate apei decantate - crește debitul de sulfat de aluminiu - scade pH-ul de coagulare , crește turbiditatea apei decantate
	Q_{AB} - constant D_{SA}, C_{SA} - constante $Q_{SA}(\text{real}) < Q_{SA}$ D_{AN}, C_{AN}, Q_{AN} - constant	-supapă de dozare înfundată -pompa dozatoare defectă - densimetru neetalonat, valoarea densității citite este mai mare decât cea reală	-scade doza de sulfat de aluminiu - crește pH-ul de coagulare , crește turbiditate apei decantate
	Q_{AB} - constant D_{SA}, C_{SA}, Q_{SA} - constante D_{AN} - constant $C_{AN}(\text{real}) < C_{AN}$ Q_{AN} - constant	-eroare la determinarea concentrației soluției de aluminat de sodiu	-crește debitul de aluminat de sodiu - crește pH-ul de coagulare , crește turbiditate apei decantate
	Q_{AB} - constant D_{SA}, C_{SA}, Q_{SA} - constante D_{AN} - constant $C_{AN}(\text{real}) > C_{AN}$ Q_{AN} - constant	-eroare la determinarea concentrației soluției de aluminat de sodiu	-scade debitul de aluminat de sodiu - scade pH-ul de coagulare , crește turbiditate apei decantate
	Q_{AB} - constant D_{SA}, C_{SA}, Q_{SA} - constante D_{AN} - constant C_{AN} - constant $Q_{AN}(\text{real}) < Q_{AN}$	-supapă de dozare înfundată -pompa dozatoare defectă	-scade doza de aluminat de sodiu - scade pH-ul de coagulare , crește turbiditate apei decantate

Pe baza celor prezentate mai sus respectiv ținând seama de timpii de răspuns pe camera de amestec, camera de reacție și decantor, am studiat pe **SP** efectul produs, asupra procesului de coagulare-floculare, prin oprirea timp de 15-30 minute a dozării sulfatului de aluminiu, a dozării aluminatului de sodiu respectiv reducerea debitului de apă brută.

1. Mod de lucru:

Determinările experimentale s-au făcut pe **SP** din cadrul **ST**. Condițiile de operare pe **SP** pe perioada testelor au fost similare cu cele ale **ST**. Astfel, condițiile de operare pe **SP** au fost:

- debit alimentare cu apă brută, 40 l/s
- debit alimentare filtru cu apă decantată, 1.7 l/s
- durata unui ciclu de filtrare, 48h
- dozele de reactivi de coagulare-floculare utilizate au fost similare cu cele de pe **ST**
- fiecare tip de perturbație a fost repetat de trei ori

2. Parametrii determinați:

- temperatura apei, °C: apă brută
- turbiditate, NTU: apă brută (T_{AB}), apă decantată (T_D), apă filtrată (T_F)
- pH, unități pH: apă brută (pH_{AB}), cameră de reacție(pH_{CR})

3. Rezultate experimentale:

Datele experimentale pentru fiecare tip de perturbație sunt prezentate în tabele 4.144-4.146.

Setul 23:

Temperatură apă, °C:	1-2
Turbiditate apă brută, NTU:	65-110
pH apă brută:	7.7-7.8
Debit captat, l/s:	40

Setul 24:

Temperatură apă, °C:	1-2
Turbiditate apă brută, NTU:	29-64
pH apă brută:	7.7-7.8
Debit captat, l/s:	40

Setul 25:

Temperatură apă, °C:	1-2
Turbiditate apă brută, NTU:	27-57
pH apă brută:	7.7-7.8

Tabelul 4.144: Date experimentale rezultate în urma variației debitului de **aluminat de sodiu**, pentru **Setul 23**.

Ora	D _T mg/l	D _{SA} mg/l	D _{AN} mg/l	pH _{CR}	T _{AB} NTU	T _D NTU	T _F NTU
09:30	28	28	0	6.9	96	6.7	2.2
09:40	28	28	0	7.0	96	6.7	2.2
09:50	28	28	0	6.9	96	6.7	2.2
10:00	28	28	0	6.7	96	6.7	2.2
10:10	49	28	21	6.8	96	6.7	2.2
10:20	49	28	21	7.0	96	6.7	2.2
10:30	49	28	21	7.0	96	6.7	2.2
11:30	49	28	21	7.0	99	7.0	1.9
12:30	49	28	21	7.0	99	7.2	2.2
13:30	49	28	21	7.0	107	7.3	2.2
14:30	49	28	21	6.9	110	7.1	2.3
15:30	49	28	21	7.0	105	6.7	2.3
16:30	49	28	21	7.0	102	6.5	2.1
17:30	49	28	21	7.0	101	6.2	2.2
18:30	50	29	21	7.0	96	5.7	2.2
19:30	50	29	21	7.0	96	5.9	2.1
20:30	50	29	21	7.0	96	5.7	2.1
21:30	50	29	21	7.0	95	5.7	2.1
22:00	29	29	0	7.0	90	5.8	2.1
22:10	29	29	0	6.9	90	5.8	2.1
22:20	29	29	0	6.8	90	5.8	2.1
22:30	29	29	0	6.7	91	5.9	2.1
22:40	50	29	21	7.0	91	5.9	2.1
22:50	50	29	21	6.9	91	5.9	2.1
23:00	50	29	21	6.9	91	5.7	2.2
00:00	50	29	21	7.0	88	5.9	2.1
01:00	50	29	21	7.0	88	6.1	2.2
02:00	50	29	21	7.0	85	6.2	2.2
03:00	50	29	21	7.0	85	6.1	2.3
04:00	43	26	17	7.0	84	6.2	2.3
05:00	43	26	17	7.0	82	6.4	2.3
06:00	43	26	17	7.0	78	6.5	2.4
07:00	43	26	17	6.9	74	6.7	2.6
08:00	43	26	17	7.0	74	7.1	2.8
09:00	43	26	17	7.0	76	7.7	2.7
10:00	43	26	17	6.9	74	7.5	1.2
11:00	26	26	0	7.0	76	7.4	1.2
11:10	26	26	0	6.8	76	7.4	1.2
11:20	26	26	0	6.7	76	7.4	1.2
11:30	26	26	0	6.6	77	6.2	1.0
11:40	43	26	17	6.8	77	6.2	1.0
11:50	43	26	17	6.8	77	6.2	1.0
12:00	43	26	17	7.0	77	6.2	1.0
12:30	43	26	17	6.9	83	8.4	0.8
13:30	43	26	17	6.9	84	6.2	0.8

Tabelul 4.144: (continuare)

Ora	D_T mg/l	D_{SA} mg/l	D_{AN} mg/l	pH_{CR}	T_{AB} NTU	T_D NTU	T_F NTU
14:30	43	26	17	7.0	84	6.8	0.8
15:30	43	26	17	6.9	88	6.8	0.9
16:30	43	26	17	7.0	86	7.0	1.0
17:30	43	26	17	7.0	83	6.5	1.2
18:30	43	26	17	6.9	82	6.1	1.4
19:30	43	26	17	6.9	80	5.4	1.8
20:30	43	26	17	7.0	79	5.2	1.5
21:30	43	26	17	7.0	74	5.1	1.4
22:30	43	26	17	7.0	72	4.7	1.3
23:30	43	26	17	7.0	73	4.8	1.3
00:00	27	26	0	7.0	71	5.0	1.4
00:05	27	26	0	6.8	71	5.0	1.4
00:10	27	26	0	6.7	71	5.0	1.4
00:15	27	26	0	6.8	70	5.7	1.4
00:20	43	26	17	6.9	70	5.7	1.4
00:25	43	26	17	7.0	70	5.7	1.4
00:30	43	26	17	7.0	69	5.8	1.3
01:30	43	26	17	7.0	70	6.5	1.5
02:30	43	26	17	7.0	68	6.2	1.6
03:30	43	26	17	7.0	71	5.6	1.6
04:30	43	26	17	7.0	67	5.4	1.6
05:30	43	26	17	7.0	65	5.4	1.6
06:30	43	26	17	7.0	66	5.5	1.6
07:30	43	26	17	7.0	67	5.7	1.8
08:30	43	26	17	7.0	65	5.8	1.9
09:30	43	26	17	7.0	66	5.3	1.9
10:30	43	26	17	7.0	65	4.8	1.6
11:30	43	26	17	7.0	65	5.4	1.8
12:30	43	26	17	7.0	62	4.8	2.0
13:30	43	26	17	7.0	63	4.9	1.8

În figura 4.45 este prezentat efectul opririi dozării aluminatului de sodiu asupra pH-ului din camera de reacție respectiv asupra turbidității apei decantate.

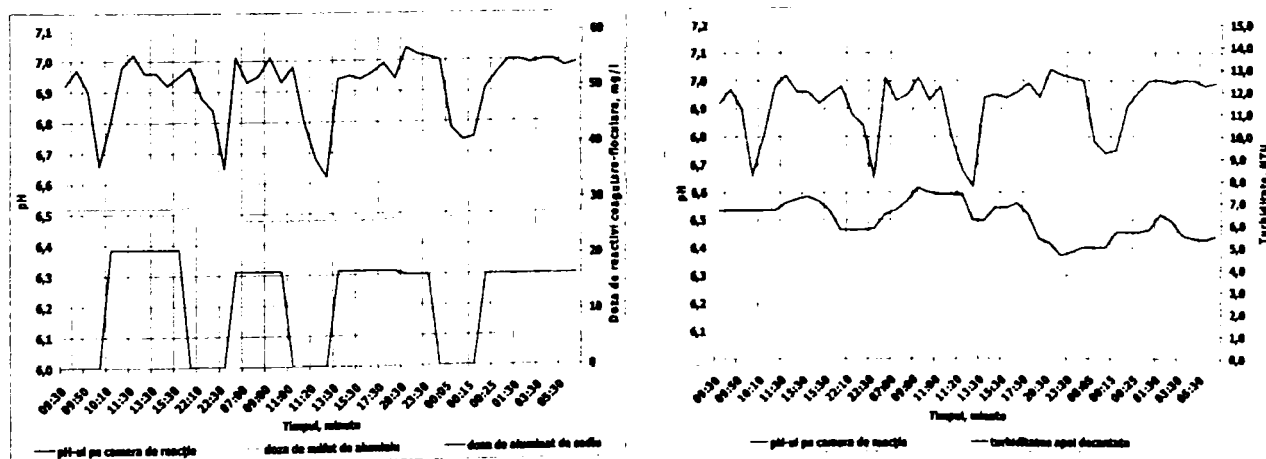


Figura 4.45: Efectul opririi dozării aluminatului de sodiu.

Din figura 4.45 rezultă că prin oprirea dozării aluminatului de sodiu are loc scăderea dozei totale de sulfat de aluminiu cu 40-43% față de cea necesară respectiv scăderea pH-ului de coagulare până la 6.6-6.7 ceea ce conduce la creșterea turbidității apei decantate de 1.3 ori.

Efectul opririi dozării aluminatului de sodiu asupra procesului de coagulare-floculare crește proporțional cu creșterea turbidității apei râului Bega respectiv cu durata perturbației.

Tabelul 4.145: Date experimentale rezultate în urma variației debitului de **sulfat de aluminiu**, pentru **Setul 24**.

Ora	D_T mg/l	D_{SA} mg/l	D_{AN} mg/l	pH_{CR}	T_{AB} NTU	T_D NTU	T_F NTU
14:00	15	0	15	7.1	63	5.1	1.9
14:10	15	0	15	8.2	63	5.1	1.9
14:20	15	0	15	8.3	63	5.1	1.9
14:30	15	0	15	8.3	62	5.0	2.1
14:40	39	24	15	7.5	62	5.0	2.1
14:50	39	24	15	7.3	62	5.0	2.1
15:00	39	24	15	7.2	62	5.0	2.1
15:30	36	24	12	7.1	63	19.6	8.6
16:30	36	24	12	7.1	63	12.3	4.7
17:30	36	24	12	7.1	64	8.9	2.5
18:30	36	24	12	7.1	60	8.8	2.7
19:30	36	24	12	7.1	61	8.5	2.6
20:30	36	24	12	7.1	57	7.3	2.6
21:30	36	24	12	7.1	59	7.1	2.5
22:30	36	24	13	7.1	56	7.0	2.6
23:30	36	24	13	7.1	56	6.7	2.5
00:30	36	24	13	7.1	57	6.5	2.4
01:30	36	24	13	7.1	53	6.4	2.5
02:30	36	24	13	7.1	54	6.1	2.6
03:00	13	0	13	7.1	53	6.3	2.5
03:10	13	0	13	8.1	53	6.3	2.5
03:20	13	0	13	8.3	53	6.3	2.5
03:30	13	0	13	8.3	52	6.2	2.7
03:40	36	24	13	7.5	52	6.2	2.7
03:50	36	24	13	7.2	52	6.2	2.7
04:00	36	24	13	7.2	52	6.2	2.7
04:30	36	24	13	7.1	52	27.4	6.2
05:30	36	24	13	7.1	52	11.7	5.3
06:30	36	24	13	7.1	50	7.5	3.9
07:30	36	24	13	7.1	44	6.6	3.9
08:30	33	22	11	7.1	44	6.0	3.0

Tabelul 4.145(continuare)

Ora	D _r mg/l	D _{SA} mg/l	D _{AN} mg/l	pH _{CR}	T _{AB} NTU	T _D NTU	T _F NTU
09:30	29	21	9	7.1	42	6.9	4.0
10:30	29	21	9	7.1	42	6.5	1.0
11:30	29	21	9	7.1	40	6.5	0.8
12:30	29	21	9	7.1	40	6.7	0.8
13:30	29	21	9	7.1	40	7.0	0.6
14:30	29	21	9	7.1	39	6.5	0.7
15:30	29	21	9	7.1	38	6.6	0.7
16:00	9	0	9	7.1	37	6.9	0.7
16:10	9	0	9	8.1	37	6.9	0.7
16:20	9	0	9	8.2	37	6.9	0.7
16:30	9	0	9	8.1	37	7.6	0.8
16:40	29	21	9	7.2	37	7.6	0.8
16:50	29	21	9	7.2	37	7.6	0.8
17:00	29	21	9	7.1	37	7.6	0.8
17:30	29	21	9	7.1	37	21.5	5.4
18:30	29	21	9	7.1	35	9.7	2.6
19:30	29	21	9	7.2	36	7.7	1.4
20:30	29	21	9	7.2	34	7.3	1.1
21:30	29	21	9	7.1	38	7.9	1.2
22:30	29	21	9	7.1	35	7.6	1.3
23:30	29	21	9	7.1	35	7.4	1.4
00:30	29	21	9	7.1	33	6.8	1.4
01:30	29	21	9	7.1	34	6.6	1.4
02:30	29	21	9	7.1	31	6.4	1.5
03:30	29	21	9	7.1	32	6.0	1.5
04:30	29	21	9	7.1	32	5.7	1.6
05:30	29	21	9	7.1	31	5.9	1.6
06:30	29	21	9	7.2	30	6.0	1.7
07:30	29	21	9	7.2	30	5.8	1.9
08:00	9	0	9	7.1	31	6.1	2.0
08:15	9	0	9	8.0	30	5.6	2.3
08:30	29	21	9	7.1	30	5.9	2.0
09:30	29	21	9	7.1	30	12.9	3.4
10:30	29	21	9	7.1	31	7.9	3.2
11:30	29	21	9	7.1	30	5.7	1.9
12:30	33	24	9	7.1	29	6.3	2.4
13:30	33	24	9	7.0	29	6.3	2.4
14:30	33	24	9	7.1	30	6.8	2.3
15:30	33	24	9	7.1	31	7.2	2.5
16:30	33	24	9	7.1	30	7.5	2.4

Tabelul 4.145(continuare)

Ora	D _r mg/l	D _{SA} mg/l	D _{AN} mg/l	pH _{CR}	T _{AB} NTU	T _D NTU	T _F NTU
17:30	29	20	9	7.1	30	8.0	4.1
18:30	29	20	9	7.1	33	8.7	3.2
19:30	29	21	9	7.2	35	6.5	2.5
20:30	29	21	9	7.3	39	6.6	2.3
21:30	32	23	9	7.2	43	6.3	2.4
22:00	9	0	9	7.2	44	6.1	2.4
22:15	9	0	9	8.1	44	6.6	2.8
22:30	32	23	9	7.2	44	7.4	2.6
23:30	33	24	9	7.0	44	13.2	4.7
00:30	33	24	9	7.0	49	8.6	3.3
01:30	33	24	9	7.1	51	7.5	3.1
02:30	33	24	9	7.0	50	7.9	3.0
03:30	33	24	9	7.0	50	6.9	2.8
04:30	33	24	9	7.0	48	6.7	3.0
05:30	33	24	9	7.0	47	6.8	2.9
06:30	33	24	9	7.1	47	6.7	2.9
07:30	33	24	9	7.0	48	7.4	3.1
08:30	33	24	9	7.0	47	6.8	3.0
09:30	33	24	9	7.0	49	6.2	4.0
10:30	33	24	9	7.1	49	6.3	0.9
11:30	33	24	9	7.1	51	6.4	0.6
12:00	9	0	9	7.0	52	6.3	0.6
12:15	9	0	9	8.1	52	6.2	0.6
12:30	33	24	9	7.1	52	6.7	0.5
13:30	33	24	9	7.1	52	17.7	5.4
14:30	33	24	9	7.0	53	8.6	1.3
15:30	33	24	9	7.1	55	7.0	0.7
16:30	36	23	12	7.1	57	6.7	0.7
17:30	36	23	12	7.1	57	7.2	0.8
18:30	36	23	12	7.0	57	5.7	1.3
19:30	36	23	12	7.1	57	5.8	1.1
20:30	36	23	12	7.1	57	5.6	1.0
21:30	36	23	12	7.1	58	5.6	1.1
22:30	36	23	12	7.1	56	5.7	1.3
23:30	36	23	12	7.1	54	5.4	1.4

În figura 4.46 este prezentat efectul opririi dozării sulfatului de aluminiu, timp de 30 respectiv 15 minute, asupra pH-ului din camera de reacție și asupra turbidității apei decantate.

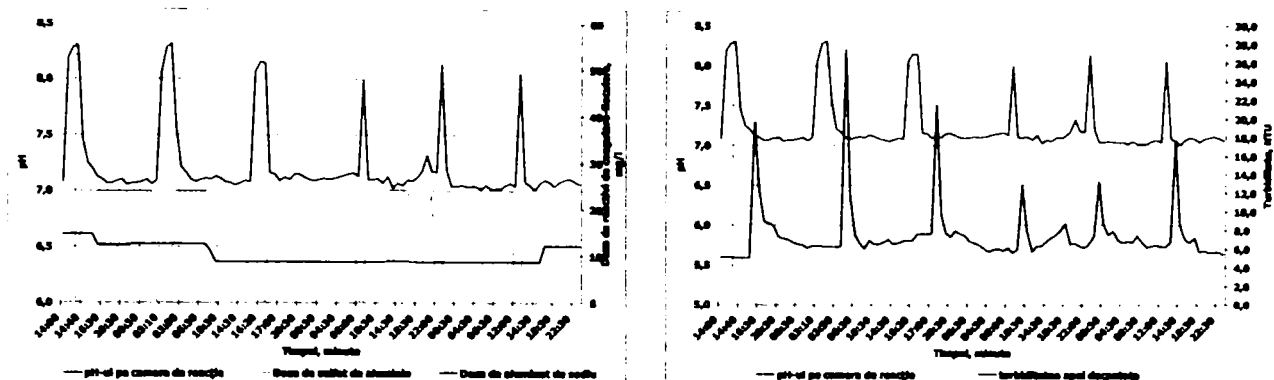


Figura 4.46: Efectul opririi dozării sulfatului de aluminiu.

Din figura 4.46 rezultă că prin oprirea dozării sulfatului de aluminiu are loc scăderea dozei totale de sulfat de aluminiu cu 62-72% față de cea necesară respectiv creșterea pH-ului de coagulare până la 8.0-8.3 ceea ce conduce la creșterea turbidității apei decantate de 3.7 ori, pentru o perturbație de 30 minute, și 2.5 ori pentru o durată a perturbației de 15 minute.

Oprirea dozării sulfatului de aluminiu are ca efect creșterea turbidității apei tratate. Efectul este cu atât mai pronunțat cu cât turbiditatea apei râului Bega este mai mare și cu cât durata perturbației este mai lungă.

Tabelul 4.146: Date experimentale rezultate în urma variației debitului de apă brută, pentru Setul25.

Ora	Q_{AB} l/s	D_T mg/l	D_{SA} mg/l	D_{AN} mg/l	pH_{CR}	T_{AB} NTU	T_D NTU	T_F NTU
00:30	40	36	23	12	7,1	53	5,6	1,2
01:30	40	36	23	12	7,1	52	5,4	1,3
02:00	20	71	47	24	7,1	51	5,5	1,6
02:30	20	71	47	24	6,9	52	5,6	1,8
03:00	40	36	23	12	7,0	54	4,9	1,4
04:00	40	36	23	12	7,1	57	5,9	1,7
05:00	40	36	23	12	7,1	54	6,2	1,9
06:00	40	36	23	12	7,1	51	6,3	1,8
07:00	40	36	23	12	7,1	47	6,4	1,4
08:00	40	32	22	10	7,1	46	6,5	1,3
09:00	40	32	22	10	7,1	47	6,7	1,2
10:00	40	32	22	10	7,1	47	6,8	1,6
11:00	40	32	22	10	7,1	44	6,6	1,7
12:00	40	32	22	10	7,1	45	6,5	1,8
13:00	40	32	22	10	7,1	40	6,6	2,0
14:00	40	32	22	10	7,1	39	6,6	2,0
15:00	40	32	22	10	7,1	40	6,4	2,1
16:00	40	32	22	10	7,1	39	6,5	2,2
16:30	20	65	44	21	7,1	38	6,3	2,2
17:00	20	65	44	21	7,0	39	5,3	2,3
18:00	40	32	22	10	7,1	39	5,2	2,5

Tabelul 4.146(continuare)

Ora	Q_{AB} l/s	D_T mg/l	D_{SA} mg/l	D_{AN} mg/l	pH_{CR}	T_{AB} NTU	T_D NTU	T_F NTU
19:00	40	32	22	10	7.1	39	5.9	2.2
20:00	40	32	22	10	7.1	39	6.0	2.1
21:00	40	32	22	10	7.1	39	6.2	2.2
22:00	40	32	22	10	7.1	39	6.4	2.3
23:00	40	32	22	10	7.1	39	6.6	2.4
00:00	40	32	22	10	7.1	40	6.7	2.4
01:00	40	32	22	10	7.1	39	6.7	2.5
02:00	40	32	22	10	7.1	37	6.4	2.5
03:00	40	29	20	9	7.1	39	6.3	2.5
04:00	40	29	20	9	7.1	35	6.2	2.6
05:00	40	29	20	9	7.1	34	6.0	2.7
06:00	40	29	20	9	7.2	33	5.6	2.8
07:00	40	29	20	9	7.2	34	5.5	2.7
08:00	20	57	40	18	7.1	34	5.4	2.7
08:30	20	57	40	18	6.9	34	5.3	2.6
09:30	40	29	20	9	7.0	32	5.2	2.6
10:30	40	29	20	9	7.0	31	5.6	1.6
11:30	40	29	20	9	7.1	30	5.4	1.2
12:30	40	29	20	9	7.1	29	5.8	1.0
13:30	40	29	20	9	7.1	29	6.1	0.9
14:30	40	29	20	9	7.1	28	7.0	0.6
15:30	40	29	20	9	7.1	29	7.7	0.6
16:30	40	32	23	9	7.1	28	8.7	0.5
17:30	40	32	23	9	7.0	27	6.8	0.5
18:30	40	32	23	9	7.0	27	5.0	0.5

În figura 4.47 este prezentat efectul reducerii debitului captat cu 50%, asupra procesului de coagulare-floculare și asupra turbidității apei decantate.

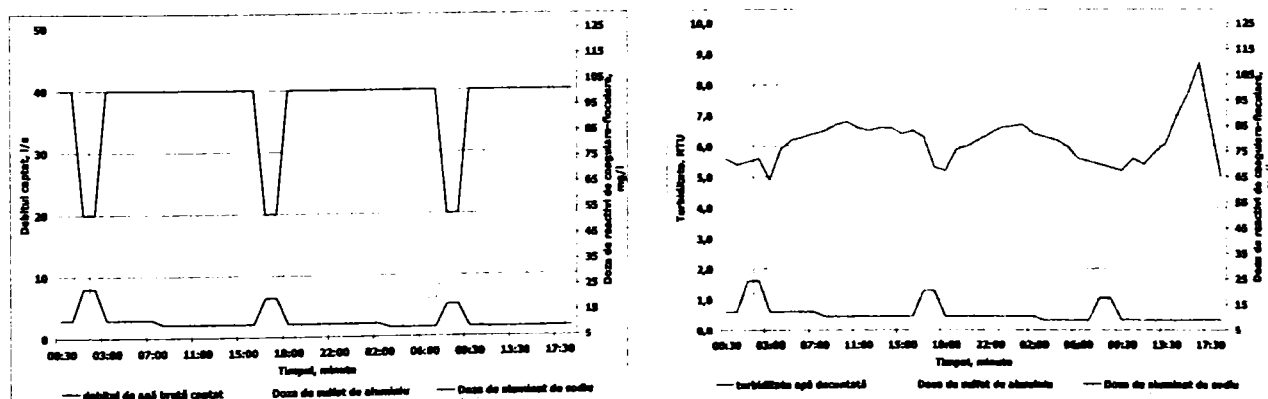


Figura 4.47: Efectul reducerii debitului captat.

Din figura 4.47 rezultă că prin reducerea debitului captat cu 50% timp de 30 minute are loc dublarea dozei totale de sulfat de aluminiu ce conduce la creșterea turbidității apei decantate de 1.5 ori datorită supradozării. Acest efect este mai accentuat când turbiditatea râului Bega este în scădere.

4. Concluzii:

Parametrii perturbatori studiați au efect asupra procesului de coagulare-floculare prin modificarea dozelor de sulfat de aluminiu respectiv aluminat de sodiu, generând modificarea pH-ului de coagulare ce are ca efect creșterea turbidității apei decantate.

Efectul produs asupra procesului de coagulare-floculare de către parametrii perturbatori studiați este direct proporțional cu turbiditatea apei râului Bega respectiv cu durata perturbației.

Deoarece parametrii de perturbație studiați pot influența mărimea de ieșire a procesului de coagulare-floculare, turbiditatea apei decantate, cu mai mult de 10%, în vederea automatizării, procesul de tratare trebuie prevăzut cu sisteme de stabilizare pentru reglarea automată a acestora.

4.2.5 Schemă logică de optimizare a procesului de coagulare-floculare în cazul strategiei S1 [35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 104]

Sistemul de automatizare monitorizare a procesului de coagulare-floculare, în vederea optimizării acestei faze a procesului tehnologic de tratare a apei râului Bega, va avea la bază o arhitectură decizională piramidală pe trei nivele și se va realiza sub formă de module funcționale autonome, asigurând conducerea procesului precum și a sistemului de comandă și control (SCC) subordonate chiar dacă s-a întrerupt legătura de date cu nivelul ierarhic superior. SCC va funcționa în acest caz cu ultimii parametri de stare primiți de la nivelul ierarhic superior sau cu parametri setați de un operator uman.

Nivelul 1 este alcătuit din aparatură locală de măsură și cuprinde elementele primare de măsură pentru:

- debitul captat
- turbiditatea apei brute, decantate, filtrate și potabile
- pH-ul apei brute și pH-ul în camera de reacție
- presiunea din conductele de refulare prin care se face transportul reactivilor de coagulare-floculare la punctele de injecție
- nivelul reactivilor de coagulare-floculare din bazine și rezervoare
- debitul masic al reactivilor de coagulare-floculare
- consumuri energetice, stări utilaje, precum și aparatura secundară de alimentare, indicare și conversie în semnal unificat 4-20 mA.

Nivelul 2 este alcătuit din aparatura locală de culegere a parametrilor din proces, control proces, SCC(Sistem de comandă și control-module programabile), și de transmitere a acestora către dispecherul local.

Nivelul 3 este alcătuită din aparatura aferentă sistemului de monitorizare automatizare (SMA), ce cuprinde microcalculator de tip compatibil IBM, periferia aferentă, stația locală „front end” ce asigură culegerea parametrilor din proces și transmiterea acestora dispecherului local și central.

Realizarea softului de aplicație are la bază definirea unor module funcționale și interconectarea acestora în vederea realizării funcției dorite prin utilizarea unui program de dezvoltare a aplicațiilor realizate cu automate programabile. Prin utilizarea acestor programe de dezvoltare a softului de aplicație se pot realiza, testări și simulări ale funcționării automatelor programabile în cadrul procesului pe care îl automatizează.

Softul necesar pentru conducerea procesului se implementează atât la nivelul 2 cât și la nivelul 3.

Obiectivul automatizării, monitorizării procesului de coagulare-floculare a apei râului Bega este optimizarea acestui proces astfel încât indiferent de calitatea apei râului Bega după faza de decantare turbiditatea să fie $\leq 5.0NTU$ iar după faza de filtrare turbiditatea să fie $\leq 1.0NTU$.

Pentru atingerea acestui obiectiv este necesară realizarea unui program de dezvoltare a softului de aplicație implementat cu ocazia monitorizării sistemului.

Scopul acestui program de dezvoltare este să stabilească doza optimă de coagulant funcție de mărimile de intrare, să dea comandă pompelor dozatoare pentru dozarea debitelor necesare de reactivi în vederea atingerii obiectivelor propuse respectiv să monitorizeze și stocheze rezultatele obținute.

La baza realizării programului de dezvoltare a softului de aplicație vor sta și studiile efectuate și descrise în această lucrare. Astfel, pentru realizarea acestui program se vor utiliza următoarele:

- date furnizate de la nivelul 1 al sistemului de automatizare și monitorizare prin intermediul traductorilor de măsură, a căror alegere se face ținând seama de parametrul măsurat, de caracteristicile fizico-chimice ale acestuia, de diferite date tehnice și de montaj, de performanțele și fiabilitatea acestora pentru atingerea obiectivului propus
- modele matematice bazate pe corelarea statistică a datelor experimentale
- calcule ingineresti (ecuații, inecuații) pentru, alegerea reactivilor care se dozează, determinarea debitelor de reactivi (sulfat de aluminiu și /sau aluminat de sodiu), determinarea dozei de aluminat de sodiu necesar pentru corecția pH-ului de coagulare

Programul de dezvoltare trebuie să permită rularea softului de aplicație în **regim manual**, toate datele sunt introduse de operator, în **regim semiautomat**, anumite date sunt introduse de operator, și în **regim automat**, sistemul lucrează fără intervenția operatorului.

În acest sens realizarea programului se poate face ținând seama de **legea reglării după perturbație**, care exprimă faptul că anumite sisteme, pe baza observării continue a perturbațiilor la care sunt expuse, i-au măsuri de compensare a efectului acestora imediat după ce le sesizează modificând în așa fel starea curentă încât să nu se abată de la starea de referință, sau ținând seama de **legea reglării după abatere**, care exprimă faptul că un sistem își compară în permanență starea lui curentă cu o stare de referință și acționează în vederea eliminării diferenței dintre cele două stări.

Schema logică necesară pentru realizarea programului de dezvoltare a softului de aplicație în vederea automatizării/optimizării procesului de coagulare-floculare a râului Bega este prezentată în figura 4.48.

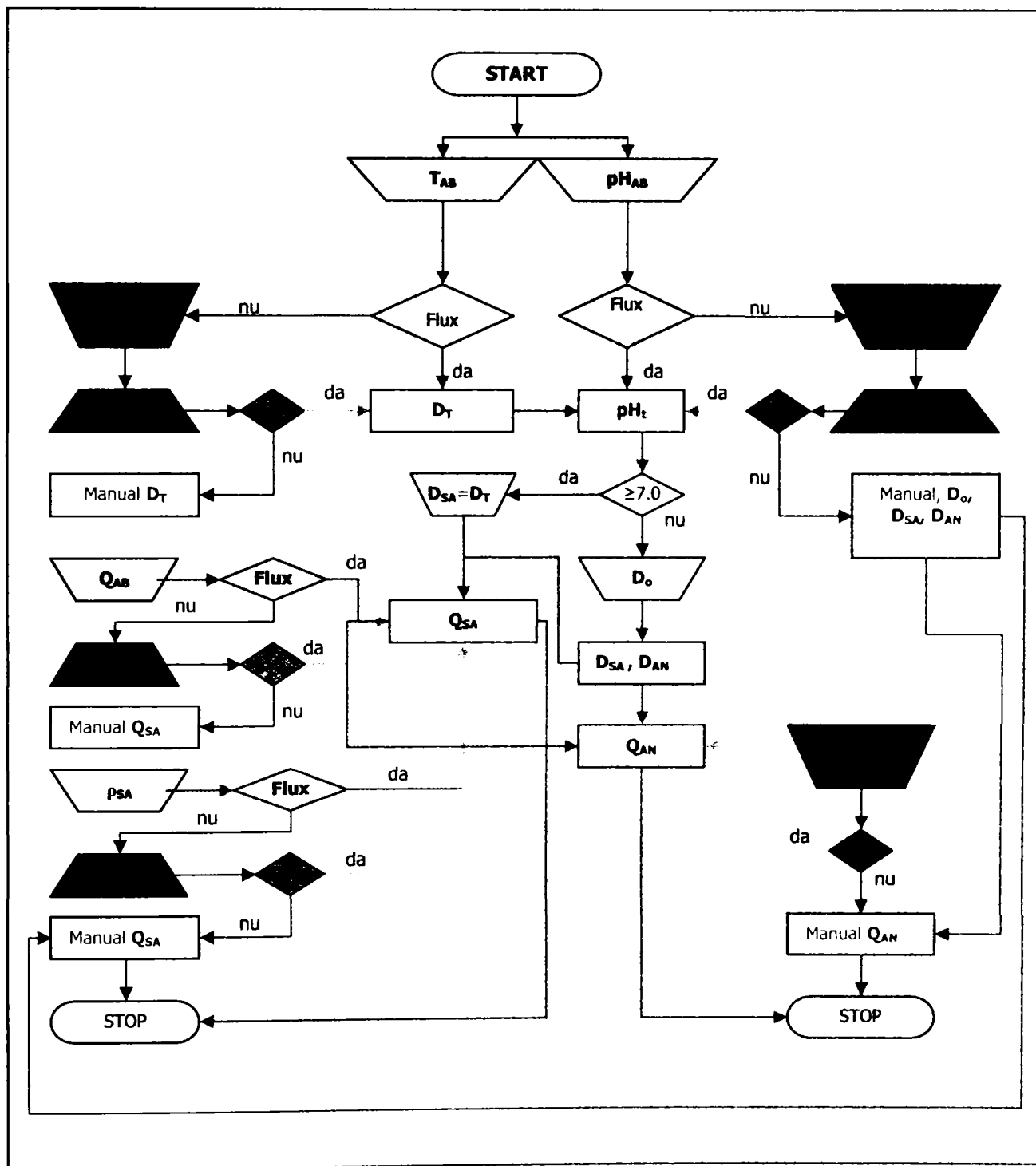
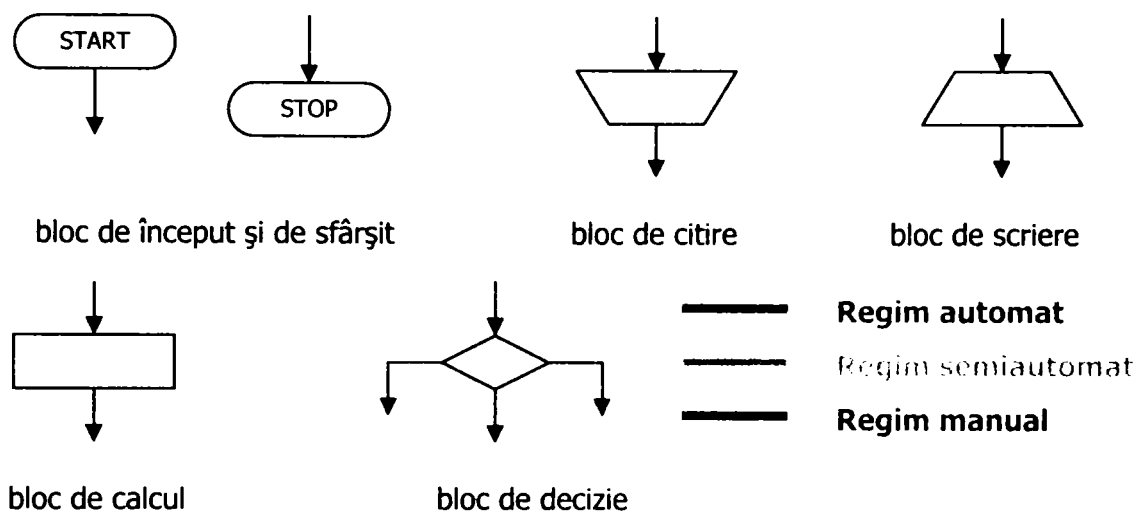


Figura 4.48: Schema logică pentru automatizarea procesului de coagulare-floculare a râului Bega.

unde:



T_{AB}	-turbiditatea râului Bega citită în flux sau la turbidimetrul portabil, NTU
pH_{AB}	-pH-ul râului Bega citit în flux sau la pH-metrul portabil, unități pH
PC	- calculatorul de proces pe care rulează softul de aplicație
pH_t	- pH-ul teoretic determinat automat pe baza modelului matematic din capitolul 5, sau manual conform relației 4.7 sau conform tabelului 4.170, unități pH
D_T	- doza totală de sulfat de aluminiu, determinată automat pe baza modelelor matematice din capitolul 5, sau manual din tabelul 4.140, mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l
D_{SA}, D_{AN}	- doza de sulfat de aluminiu respectiv aluminat de sodiu, determinate automat pe baza modelelor matematice, capitolul 5, sau manual conform relațiilor 4.3-4.5, mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l
D₀	- doza „zero”, determinată automat pe baza modelului matematic conform capitolului 5, sau manual din conform relației 4.7 sau tabelului 4.107, mgAl ₂ (SO ₄) ₃ /l
Q_{AB}	- debitul captat de apă brută determinat în flux sau introdus manual în PC, l/s
Q_{SA}, Q_{AN}	- debitul de sulfat de aluminiu respectiv aluminat de sodiu, determinat automat sau manual conform relației , l/h
C_{AN}	- concentrația aluminatului de sodiu determinată în laborator, gAl ₂ (SO ₄) ₃ /l
ρ_{SA}	- densitatea sulfatului de aluminiu determinată în flux sau în laborator, gAl ₂ (SO ₄) ₃ /l

Capitolul 5

Prelucrarea matematică a determinărilor experimentale

Elaborarea modelelor experimentale statistice

[96, Cap.4]

Principalul obiectiv al acestei lucrări constă ca în cadrul operației de modernizare a **Stației de Tratare** să se rezolve problema optimizării procesului de coagulare-floculare propunându-se în acest sens două strategii. Indiferent de strategia aleasă pentru automatizarea procesului de coagulare-floculare este necesar realizarea unui program de dezvoltare care să stabilească doza optimă de coagulant funcție de mărimile de intrare, să dea comandă pompelor dozatoare pentru dozarea debitelor necesare de reactivi în vederea atingerii condițiilor propuse respectiv să monitorizeze și stocheze rezultatele obținute.

Astfel, pe lângă datele furnizate de nivelul 1 al sistemului de automatizare și monitorizare prin intermediul traductoarelor de măsură sunt necesare o serie de modele matematice empirice sau experimentale bazate pe colerarea statistică a datelor experimentale.

La baza obținerii modelelor matematice a stat prelucrarea datelor experimentale sau statistice cu ajutorul programului Jandel Scientific TableCurve 2D v5.01. Acest program propunând pentru fiecare model sute de soluții posibile. Astfel, pentru alegerea modelului matematic s-a ținut seama de următoarele principii:

- ecuația aleasă trebuie să fie cât mai simplă
- ecuația trebuie să fie aplicabilă pe întregul domeniu experimentat
- ecuația să fie aplicabilă pentru toate fazele procesului tehnologic

Au fost determinate acele modele matematice care furnizează datele necesare pentru efectuarea calculelor în vederea obținerii mărimilor de execuție, debitul soluțiilor de dozare sulfat de aluminiu și / sau aluminat de sodiu, în vederea atingerii condițiilor propuse. Astfel, au fost determinate următoarele:

1. Modele matematice pentru determinarea comportării dinamice a ST valabile pe intervalul de debite de 680-1700 l/s.

Aceste modele sunt necesare pentru a determina timpul după care calculatorul trebuie să ia o decizie. De exemplu dacă reglarea pH-ului de coagulare se face după legea reglării după abatere timpul staționar la intrare în camera de reacție unde se va monta traductorul de pH este cuprins între 4- 8 minute.

Modele matematice propriu-zise ale **camerei de amestec**, valabile pe **ST** sunt pentru:

- determinarea timpului critic (exprimat în secunde), T_c

$$T_c = 219.49528 - 8957.49 \cdot 10^{-8} \cdot Q^2 + 15.57 \cdot 10^{-12} \cdot Q^4$$

- determinarea timpului staționar (exprimat în secunde), T_s

$$T_s = 559.76208 - 22481.62 \cdot 10^{-8} \cdot Q^2 + 3.88 \cdot 10^{-11} \cdot Q^4$$

unde Q este debitul de alimentare a **ST** exprimat în l/s.

Celelalte modele pot fi utilizate pentru interpretarea datelor având în vedere faptul că fenomenele mai ales în decantoare sunt foarte complexe existând posibilitatea ca unele perturbații să nu fie sesizate.

Modele matematice propriu-zise al **camerei de reacție**, valabile pe **ST** sunt pentru:

- determinarea timpului critic (exprimat în minute), T_c

$$T_c = 29.736917 - 0.932899 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 9065.2369 \cdot 10^3 / Q^2$$

- determinarea timpului staționar (exprimat în minute), T_s

$$T_s = 34.152618 - 0.01043119 \cdot Q + 1060.1944 \cdot 10^4 / Q^2$$

unde Q este debitul de alimentare a **ST** exprimat în l/s.

Modele matematice propriu-zise ale **decantorului**, valabile pe **ST** sunt pentru:

- determinarea timpului critic (exprimat în ore), T_c

$$T_c = 1.7302437 - 0.411797 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 1040.929 \cdot 10^3 / Q^2$$

- determinarea timpului staționar (exprimat în ore), T_s

$$T_s = 14.415782 - 0.459128 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 5504.463 \cdot 10^3 / Q^2$$

unde Q este debitul de alimentare a **ST** exprimat în l/s.

Până la automatizarea procesului de tratare pe baza acestor modele matematice s-a realizat, pentru ușurarea conducerii procesului de tratare a râului Bega în practică cât și pentru verificarea modelelor propuse, tabelul 5.1 unde este prezentat timpul critic funcție de debitul de alimentare și numărul de decantoare în funcțiune.

Tabelul 5.1: Determinarea timpului critic pentru diferite faze ale procesului tehnologic de tratare a apei râului Bega.

Debit alimentare l/s	Camera de amestec secunde	Camera de reacție minute	Decantor, ore							
			Decantoare în funcțiune							
			34	33	32	31	30	29	28	27
500	198	61	5.7	5.4	5.2	5.0	4.7	4.5	4.3	4.1
600	189	49	4.4	4.2	4.0	3.9	3.7	3.5	3.4	3.2
700	179	42	3.6	3.4	3.3	3.2	3.1	2.9	2.8	2.7
800	169	36	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3
900	157	32	2.6	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1
1000	145	29	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9
1100	134	27	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7
1200	123	25	2.0	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6
1300	113	23	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4
1400	104	21	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3
1500	97	20	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2
1600	92	18	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2
1700	91	17	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1

2. Modelul matematic care dictează reactivul de coagulare-floculare utilizat în procesul de coagulare-floculare în funcție de calitatea apei râului Bega.

Modelul matematic determină valoarea teoretică a pH-ului din camera de reacție (pH_t) pentru o anumită doză (D_T) de sulfat de aluminiu aleasă din curba de coagulare și un anumit pH a apei râului Bega (pH_{AB}) este de forma:

$$pH_t = pH_{AB} - 0.00017 \times D_T^2 - 0.14 \times D_T^{0.5}$$

și se poate aplica cu o precizie de ± 0.1 unități pH pe **Stația Pilot** și **Stația de Tratare**. Modelul este valabil pentru un domeniu de alcalinitate al apei râului Bega de 1.2-1.8 mvali/l și pH de 7.2-8.2.

Cu ajutorul acestui model matematic se poate determina rapid doza „zero” care este necesară pentru calculul dozei de sulfat de aluminiu și dozei de aluminat de sodiu atunci când pentru tratare se utilizează sulfatul de aluminiu în combinație cu aluminatul de sodiu.

Tot cu ajutorul acestui model matematic se poate controla procesul de coagulare-floculare atunci când se utilizează pentru tratare doar sulfatul de aluminiu, când pH-ul din camera de reacție trebuie să fie egal cu pH_t . Când pentru tratare se utilizează sulfatul de aluminiu în combinație cu aluminatul de sodiu pH-ul de pe camera de reacție trebuie să fie egal cu **7.0**.

$$7.0 = pH_{AB} - 0.00017 \times D_0^2 - 0.14 \times D_0^{0.5}$$

Cu ajutorul acestui model pentru ușurarea conducerii procesului tehnologic de tratare a apei râului Bega cât și pentru verificarea modelului a fost elaborat tabelul 4.107 care prezintă variația pH-ului teoretic în funcție de doza de sulfat de aluminiu și pH-ul inițial al apei râului Bega.

3. Modelele matematice pentru stabilirea dozei totale de sulfat de aluminiu funcție de turbiditatea râului Bega. Aceste modele au fost determinate pe baza datelor existente în curba de dozare a sulfatului de aluminiu utilizată pe **ST** care pentru zona critică a fost verificată atât în laborator cât și pe **SP**. Deoarece curba de dozare a sulfatului de aluminiu nu este liniară a fost necesară stabilirea mai multor modele matematice pentru diferite domenii de turbiditate ale apei râului Bega. Modele matematice au fost determinate cu ajutorul programului Jandel TableCurve 2D v5.01, pentru fiecare domeniu de turbiditate programul a propus între 3097- 3147 soluții, din care pe baza principiilor enunțate în Capitolul 4 la punctul 4.2.4.2 s-au ales modele matematice propriu-zise.

În programul de dezvoltare pentru creșterea flexibilității procesului de coagulare se recomandă introducerea a trei curbe de dozare și anume curba medie, minimă și maximă, modelul matematic a fost determinat pentru curba de dozare medie.

Pentru $T_{AB} \leq 280$ NTU

$$D_T = 3.8475385 + 0.8760657 \times T_{AB} - 0.073516216 \times T_{AB}^{1.5} + 0.002272664 \times T_{AB}^2 \quad (5.1)$$

- pentru **curba de dozare minimă** se va utiliza relația

$$D_T^{\min} = D_T - 6 \quad (5.2)$$

- pentru **curba de dozare maximă** se va utiliza relația

$$D_T^{\max} = D_T + 6 \quad (5.3)$$

Pentru $T_{AB} > 280$ NTU și $T_{AB} \leq 1000$ NTU

$$D_T = 73.481408 + 0.046384568 \times T_{AB} - 1835.9758/T_{AB} \quad (5.4)$$

- pentru **curba de dozare minimă** se va utiliza relația

$$D_T^{\min} = D_T - 4 \quad (5.5)$$

- pentru **curba de dozare maximă** se va utiliza relația

$$D_T^{\max} = D_T + 4 \quad (5.6)$$

Pentru $T_{AB} > 1000$ NTU și $T_{AB} \leq 3200$ NTU

$$D_T = 98.548681 + 0.02057807 \times T_{AB} \quad (5.7)$$

- pentru **curba de dozare minimă** se va utiliza relația

$$D_T^{\min} = D_T - 2 \quad (5.8)$$

- pentru **curba de dozare maximă** se va utiliza relația

$$D_T^{\max} = D_T + 2 \quad (5.9)$$

4. Modelele matematice pentru determinarea concentrației soluției de sulfat de aluminiu.

Datele utilizate pentru găsirea modelului matematic care să permită determinarea concentrației soluției de sulfat de aluminiu sunt cele din literatura de specialitate conform tabelului 5.2.

Tabelul 5.2: Concentrația soluției de sulfat de aluminiu funcție de densitate.

Densitatea la 19°C g/l	Concentrația gAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	Densitatea la 19°C g/l	Concentrația gAl ₂ (SO ₄) ₃ /l
1.005	5.60	1.155	163.18
1.010	11.20	1.160	168.43
1.020	21.38	1.170	178.93
1.025	26.45	1.175	184.18
1.030	31.51	1.180	189.43
1.040	41.60	1.190	200.93
1.045	46.85	1.195	206.18
1.050	52.10	1.200	211.43
1.055	57.36	1.205	216.68
1.060	62.61	1.210	221.90
1.065	67.83	1.215	226.00
1.070	73.05	1.220	232.43
1.075	78.30	1.225	237.68
1.080	83.51	1.230	242.93
1.085	88.81	1.235	248.18
1.090	94.24	1.240	253.43
1.095	99.65	1.245	258.65
1.100	105.07	1.250	263.93
1.105	110.50	1.255	269.18
1.110	115.70	1.260	274.60
1.115	120.90	1.265	279.00
1.120	126.11	1.270	297.12
1.125	131.32	1.275	304.62
1.130	136.60	1.280	312.12
1.135	142.21	1.285	316.46
1.140	147.43	1.290	320.80
1.145	152.64	1.300	329.00

A fost necesară determinarea mai multor modele matematice pentru diferite domenii de densitate. S-au utilizat doar domeniile de densitate utilizate în practica dozării sulfatului de aluminiu din **ST**. Modele matematice au fost determinate cu ajutorul programului Jandel TableCurve 2D v5.01, pentru fiecare domeniu de concentrație programul a propus între 3323- 3591 soluții, din care pe baza principiilor enunțate în Capitolul 4 la punctul 4.2.4.2 s-au ales modele matematice propriu-zise.

Pentru $\rho \geq 1.000 \text{ g/l}$ și $\rho \leq 1.200 \text{ g/l}$

$$C_{SA} = - 1061.7755 + 1060.6519 \times \rho \quad (5.10)$$

Pentru $\rho > 1.200 \text{ g/l}$ și $\rho \leq 1.265 \text{ g/l}$

$$C_{SA} = - 408.25485 + 430.29707 \times \rho^2 \quad (5.11)$$

Pentru $\rho > 1.265 \text{ g/l}$ și $\rho \leq 1.300 \text{ g/l}$

$$C_{SA} = - 3916294.7 + 9116503.9 \times \rho - 7073841.2 \times \rho^2 + 1829749.8 \times \rho^3 \quad (5.12)$$

Capitolul 6

Relații de interdependență între principalele variabile ale procesului

Pentru optimizarea procesului de tratare a apei râului Bega, prin automatizarea procesului de coagulare-floculare, este necesară stabilirea principalelor relații de interdependență între parametrii care intervin în proces în vederea stabilirii necesarului de reactivi de coagulare-floculare introduși pentru încadrarea calității apei potabile obținute în urma tratării în limitele prevăzute de standardele în vigoare.

Principali parametri utilizați în acest sens sunt:

- T_{AB} , turbiditatea apei râului Bega, NTU
- pH_{AB} , pH-ul apei râului Bega, unități pH
- D_T , doza totală de sulfat de aluminiu, $mgAl_2(SO_4)_3/l$
- D_{SA} , doza de sulfat de aluminiu, $mgAl_2(SO_4)_3/l$
- D_{AN} , doza de aluminat de sodiu, $mgAl_2(SO_4)_3/l$
- ρ , densitatea soluției de sulfat de aluminiu, g/l
- C_{SA} , concentrația soluției de sulfat de aluminiu, $mgAl_2(SO_4)_3/l$
- C_{AN} , concentrația soluției de aluminat de sodiu, $mgAl_2(SO_4)_3/l$
- Q_{AB} , debitul tratat de apă brută, l/s

Relația de determinare a mărimii de ieșire și anume debitul reactivilor de coagulare-floculare este:

$$Q_{\text{reactiv}} = \frac{Q_{AB} \times D_{\text{reactiv}}}{C_{\text{reactiv}}} \times 3.6 \quad (6.1)$$

unde:

- Q_{reactiv} , reprezintă debitul de sulfat de aluminiu sau aluminat de sodiu necesar a fi dozat în vederea atingerii obiectivului propus, l/h
- D_{reactiv} , reprezintă doza de reactivi, sulfat de aluminiu sau aluminat de sodiu, necesari pentru tratare, mg/l
- C_{reactiv} , reprezintă concentrația soluțiilor de sulfat de aluminiu sau aluminat de sodiu, utilizate pentru dozare, g/l
- **3.6**, coeficient de transformare în l/h

Așa cum am arătat în capitolul 5, doza totală de sulfat de aluminiu se determină în funcție de turbiditatea apei râului Bega conform modelelor matematice 5.1-5.9 care are următoarea formă generală:

$$D_T = a_1 + a_2 \times T_{AB} + a_3 \times T_{AB}^{1.5} + a_4 \times T_{AB}^2 + a_5 / T_{AB} \quad (6.2)$$

unde: a_i , $i=1-5$, depinde de domeniul de variație a turbidității apei râului Bega, 4-3200NTU

În funcție de doza totală de sulfat de aluminiu și în funcție de pH-ul apei râului Bega conform relației 4.7 sau tabelului 4.107 din capitolul 4 se alege unul din cei doi reactivi de coagulare-floculare.

Dacă conform relației 4.7, pH-ul obținut este mai mare sau egal cu 7.0 atunci $D_T = D_{SA}$ și relația 6.2 devine:

$$D_{SA} = a_1 + a_2 \times T_{AB} + a_3 \times T_{AB}^{1.5} + a_4 \times T_{AB}^2 + a_5 / T_{AB} \quad (6.3)$$

Dacă conform relației 4.7, pH-ul obținut este mai mic decât 7.0 atunci se utilizează în combinație atât sulfat de aluminiu cât și aluminat de sodiu și este necesar determinarea dozei „zero”, D_0 , care reprezintă doza maximă de sulfat de aluminiu pentru care pH-ul după adăugarea acestei doze rămâne 7.0, conform relației:

$$7.0 = pH_{AB} - 0.00017 \times D_0^2 - 0.14 \times D_0^{0.5} \quad (6.4)$$

astfel conform relațiilor 4.3-4.5 din capitolul 4 se determină D_{SA} respectiv D_{AN} , relații care devin:

$$D_{SA} = 0.375 \times (a_1 + a_2 \times T_{AB} + a_3 \times T_{AB}^{1.5} + a_4 \times T_{AB}^2 + a_5 / T_{AB}) + 0.625 \times D_0 \quad (6.5)$$

$$D_{AN} = 0.625 \times [(a_1 + a_2 \times T_{AB} + a_3 \times T_{AB}^{1.5} + a_4 \times T_{AB}^2 + a_5 / T_{AB}) - D_0] \quad (6.6)$$

Concentrația soluției de sulfat de aluminiu, C_{SA} , rezultă din tabelul 5.2 sau conform relațiilor 5.10-5.12 din capitolul 5, ca urmare a determinării densității soluției. Forma generală a relației de determinare a concentrației soluției de sulfat de aluminiu funcție de densitate este:

$$C_{SA} = b_1 + b_2 \times \rho + b_3 \times \rho^2 + b_4 \times \rho^3 \quad (6.7)$$

unde: b_i , $i=1-4$, depinde de domeniul de variație a densității soluției de sulfat de aluminiu, 1.100-1.300g/l

Concentrația aluminatului de sodiu, C_{AN} , se determină prin analiză de laborator prin metoda complexometrică.

Prin înlocuirea relațiilor 6.2-6.7 în relația 6.1 obținem relațiile de calcul ale debitului de sulfat de aluminiu și aluminat de sodiu funcție de parametrii care intervin în procesul de coagulare-floculare.

Atunci când se lucrează doar cu sulfat de aluminiu relația 6.1 devine:

$$Q_{SA} = \frac{Q_{AB} \times (a_1 + a_2 \times T_{AB} + a_3 \times T_{AB}^{1.5} + a_4 \times T_{AB}^2 + \frac{a_5}{T_{AB}})}{b_1 + b_2 \times \rho + b_3 \times \rho^2 + b_4 \times \rho^3} \times 3.6 \quad (6.8)$$

Atunci când se lucrează cu sulfat de aluminiu și aluminat de sodiu relația 6.1 devine:

$$Q_{SA} = \frac{Q_{AB} \times \left[0.375 \times \left(a_1 + a_2 \times T_{AB} + a_3 \times T_{AB}^{1.5} + a_5 \times T_{AB}^2 + \frac{a_5}{T_{AB}} \right) + 0.625 \times D_0 \right]}{b_1 + b_2 \times \rho + b_3 \times \rho^2 + b_4 \times \rho^3} \times 3.6 \quad (6.9)$$

$$Q_{AN} = \frac{Q_{AB} \times \left[0.625 \times \left(a_1 + a_2 \times T_{AB} + a_3 \times T_{AB}^{1.5} + a_5 \times T_{AB}^2 + \frac{a_5}{T_{AB}} \right) D_0 \right]}{C_{AN}} \times 3.6 \quad (6.10)$$

Capitolul 7

Testarea performanțelor modelelor matematice determinate

[82, 96]

Prelucrarea datelor experimentale s-a făcut cu ajutorul programului Jandel Scientific TableCurve 2D v 5.01 în urma căruia pentru fiecare caz calculatorul a propus 400-3600 soluții. Acest program utilizează patru din cele mai comune procedee matematice pentru estimarea statistică a soluțiilor propuse. Principalele calcule efectuate de acest program sunt:

1. Suma erorilor la pătrat, SSE

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (7.1)$$

unde:

y_i - valoarea introdusă (experimentală)

\hat{y}_i - valoarea teoretică (rezultată)

n - numărul de date experimentale introduse

2. Abaterea medie pătratică, SSM

$$SSM = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2 \quad (7.2)$$

unde:

\bar{y}_i - valoarea medie a valorilor experimentale

3. Coeficientul de corelare, r^2

$$r^2 = 1 - \frac{SSE}{SSM} \quad (7.3)$$

4. Gradul de libertate, DOF

$$DOF = n - m \quad (7.4)$$

unde:

m - numărul punctelor prin care trece curba

5. Coeficientul de corelare ajustat, DOF Adj r^2

$$DOF Adj r^2 = 1 - \frac{SSE(n-1)}{SSM(DOF-1)} \quad (7.5)$$

6. Abaterea standard, MSE

$$\text{MSE} = \frac{\text{SSE}}{\text{DOF}} \quad (7.6)$$

7. Eroarea standard, S_e

$$S_e = \sqrt{\text{MSE}} \quad (7.7)$$

8. F-statistic, F

$$F = \frac{\frac{\text{SSM} - \text{SSE}}{m - 1}}{\frac{\text{SSE}}{\text{DOF}}} \quad (7.8)$$

Conform acestui program, se consideră că o curbă este ideală atunci când, valoarea lui r^2 este sau tinde către 1, eroarea standard tinde către zero iar F-statistic tinde spre infinit.

Testarea performanțelor modelelor matematice obținute în cadrul lucrării au fost verificate și confirmate prin simulare pe calculator, în cazul modelelor la baza cărora au stat datele statistice, prin teste de laborator, pe **SP** și pe **ST**, în cazul modelelor la baza cărora au stat datele obținute în urma studiilor realizate în vederea elaborării acestora.

Astfel, modelul matematic care dictează reactivul de coagulare-floculare utilizat în procesul de tratare a râului Bega funcție de turbiditatea și pH-ul acesteia, obținut conform studiului 4.2.3.6 din capitolul 4, reprezentat prin relația 4.7, a fost verificat pe Stația Pilot și pe Stația de Tratare confirmându-se faptul că diferența dintre pH-ul calculat teoretic conform modelului (tabelul 4.107) și pH-ul măsurat cu ajutorul pH-metrului pe SP și ST este de ± 0.1 unități pH. Pe de altă parte evaluarea statistică a modelului matematic ales de către programul Jandel Scientific TableCurve 2D v 5.01 este prezentat în tabelul 7.1.

Tabelul 7.1: Principalele elemente de estimare statistică a modelului matematic ales.

Coeficientul de corelare r^2	Coeficientul de corelare ajustat DOF Adj r^2	Eroarea Standard S_e	F-statistic F
0.99995	0.99994	0.00243	401091

În vederea obținerii modelelor matematice care descriu comportarea dinamică a Stației Pilot datele experimentale au fost prelucrate cu ajutorul programului Jandel Scientific TableCurve 2D v5.01 în urma căruia pentru fiecare caz, calculatorul a propus 450-600 de soluții din care pe baza principiilor enunțate la Capitolul 4 punctul 4.2.4.4 s-a ales ecuația 4.8. Datele cu privire la evaluarea statistică a acestui model sunt prezentate în tabelul 7.2:

Tabelul 7.2: Principalele elemente de estimare statistică a modelului matematic ales.

Coefficientul de corelare r^2	Coefficientul de corelare ajustat DOF Adj r^2	Eroarea Standard S_e	F-statistic F
0.99921	0.99911	1.43450	16014

De asemenea performanțele modelelor matematice care descriu comportarea dinamică a Stației Pilot au fost confirmate prin studiul 4.2.4.4 din capitolul 4, privind efectul perturbațiilor asupra procesului de coagulare-floculare precum și prin folosirea în practică a tabelului 5.1 din capitolul 5, de determinare a timpului critic pentru diferite faze ale procesului tehnologic din Stația de Tratare.

Performanțele modelelor matematice pentru stabilirea dozei totale de sulfat de aluminiu respectiv de determinare a concentrației soluției de sulfat de aluminiu sunt prezentate în tabelele 7.3-7.4:

Tabelul 7.3: Valoarea estimată a dozei totale de sulfat de aluminiu funcție de turbiditatea apei brute pe baza modelelor matematice.

Turbiditate NTU	D_T mg/l	D_T prezisă mg/l	Turbiditate NTU	D_T mg/l	D_T prezisă mg/l
10	9	10.3	300	81	80.8
20	16	15.6	320	82	82.2
40	24	24.0	360	85	84.8
60	31	30.7	400	88	87.3
80	36	36.4	600	98	98.2
100	41	41.3	720	104	104.0
120	46	45.7	800	109	108.0
140	50	49.9	1000	117	118.0
160	54	53.8	1040	120	120.0
180	58	57.6	1600	131	131.0
200	62	61.5	1800	136	135.0
220	65	65.5	2000	140	139.0
240	69	69.6	2600	152	151.0
260	72	73.9	3000	160	159.0
280	80	78.5	3200	164	163.0

Tabelul 7.4: Valoarea estimată a concentrației soluției de sulfat de aluminiu pe baza modelelor.

Densitatea SA g/l	C_{SA} gAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	Valoarea prezisă a C_{SA}	Densitatea SA g/l	C_{SA} gAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	Valoarea prezisă a C_{SA}
1.1000	105	105	1.2000	211	212
1.1050	111	110	1.2050	217	217
1.1100	116	116	1.2100	222	222
1.1150	121	121	1.2150	226	227
1.1200	126	126	1.2200	232	232
1.1250	131	131	1.2250	238	237
1.1300	137	137	1.2300	243	243
1.1350	142	142	1.2350	248	248
1.1400	147	147	1.2400	253	253

Tabelul 7.4:

(continuare)

Densitatea SA g/l	C _{SA} gAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	Valoarea prezisă a C _{SA}	Densitatea SA g/l	C _{SA} gAl ₂ (SO ₄) ₃ /l	Valoarea prezisă a C _{SA}
1.1450	153	153	1.2450	259	258
1.1500	158	158	1.2500	264	264
1.1550	163	163	1.2550	269	269
1.1600	168	169	1.2600	275	274
1.1650	174	174	1.2650	279	280
1.1700	179	179	1.2700	297	297
1.1750	184	184	1.2750	305	305
1.1800	189	190	1.2800	312	312
1.1850	195	195	1.2850	316	317
1.1900	201	200	1.2900	321	321
1.1950	206	206	1.3000	329	329

Datele cu privire la evaluarea statistică a modelelor matematice pentru stabilirea dozei totale de sulfat de aluminiu respectiv de determinare a concentrației soluției de sulfat de aluminiu sunt prezentate în tabelul 7.5.

Tabelul 7.5: Principalele elemente de estimare statistică a modelului matematic ales.

Numărul modelului matematic din Capitolul 5	Coeficientul de corelare r^2	Coeficientul de corelare ajustat DOF Adj r^2	Eroarea Standard S_e	F- statistic F
5.1	0.99887	0.99858	0.77223	4992
5.4	0.99795	0.99751	0.54501	3643
5.7	0.99456	0.99348	1.27615	2012
5.10	0.99993	0.99993	0.27255	291542
5.11	0.99965	0.99958	0.42981	33981
5.12	0.99968	0.99839	0.33372	2067

Performanțele modelelor matematice stabilite sunt confirmate și prin utilizarea acestora în sistemul de automatizare al procesului de coagulare-floculare din Stația de Tratare care funcționează pe baza acestora din luna aprilie 2004.

Capitolul 8

Concluzii. Contribuții personale. Direcții viitoare de cercetare.

Concluzii

Concluziile finale rezultate în baza obiectivelor propuse sunt:

1. De-a lungul timpului mulți cercetători au folosit datele privind calitatea apei râurilor pentru obținerea unor modele matematice care să determine doza de coagulant necesară tratării apelor din diferite surse în vederea potabilizării.

Modelele acestora au fost complexe, complexitatea modelelor fiind în funcție de numărul parametrilor utilizați pentru stabilirea dozei de coagulant.

Conceptul fundamental care se desprinde din aceste cercetări arată importanța și complexitatea procesului de tratare al apei corelat cu tipul sursei și natura și tipul reactivilor utilizați, amprenta de calitate a apei brute indicând compatibilitatea cu diferiți reactivi de coagulare.

Din acest motiv pentru fundamentarea cercetărilor sunt foarte importante studiile pe Stații Pilot, care pot stabili atât tipurile cele mai adecvate de reactivi de coagulare, condițiile optime de adăugare (puncte de injecție, timp de reacție) cât și compatibilitatea proceselor existente în Stațiile de Tratare cu posibilitățile reale de îmbunătățire a acestora.

2. S-au stabilit două strategii posibile de urmat pentru optimizarea tehnologiilor din Stațiile de tratare a apei în vederea potabilizării și anume:

- automatizarea procesului de coagulare-floculare prin, conducere, control și monitorizare cu ajutorul calculatorului, fără intervenții majore în tehnologia existentă (S1)
- automatizarea procesului de coagulare-floculare prin, conducere, control și monitorizare cu ajutorul calculatorului, cu intervenții în tehnologia existentă (S2)

Avantajul alegerii primei strategii (S1) este că aceasta se poate realiza în termen scurt, fără o investiție majoră și ulterior poate fi îmbunătățită prin analizarea strategiei (S2).

Strategia (S2) presupune, o cercetare pe termen lung, pentru alegerea unor reactivi mai performanți având în vedere variația sezonieră a calității apei brute, investiții majore ca de exemplu înlocuirea amestecătoarelor existente cu amestecătoare mecanice prevăzute cu agitatoare cu turație variabilă pentru o flexibilitate ridicată, înlocuirea decantoarelor existente cu altele mai performante sau modernizarea celor existente pentru creșterea eficienței.

Avantajul strategiei(S2) este că ea se poate derula în paralel cu strategia (S1).

3. S-a stabilit că faza determinantă a procesului de coagulare-floculare prin metoda Jar-test este faza de agitare lentă (adică coagularea-flocularea propriu-zisă) indiferent de calitatea apei brute.

Faza de agitare rapidă (adică amestecul) are efect asupra procesului de coagulare-floculare doar în cazul apelor cu turbiditate scăzută sub 10NTU și temperatură de 1-3°C.

Faza deficitară a **Stației de Tratare** este faza de coagulare-floculare propriu-zisă, în special la temperaturi scăzute a apei brute, care poate fi îmbunătățită acționând asupra vitezei de coagulare adică asupra procesului de transport care constituie faza limitativă a coagulării.

De asemenea s-au stabilit condițiile de desfășurare ale procesului de coagulare-floculare prin metoda **Jar-test** care reproduc cel mai bine condițiile din Stația de Tratare. Acestea sunt:

Agitare Rapidă, 140rot/min, 120 secunde

Agitare Lentă, 40 rot/minut, 8 minute

Decantare, 30 minute

Realizarea procesului de coagulare-floculare prin metoda **JT** se face respectând condițiile de mai sus ori de câte ori obiectivele urmărite trebuie să țină seama de condițiile de desfășurare ale procesului de coagulare-floculare din Stația de Tratare.

Studiul folosirii unor reactivi noi de coagulare-floculare arată că:

- Prin utilizarea sulfatului de aluminiu prehidrolizat (**SAP**) la o turbiditate a apei râului Bega cuprinsă între 6-25 NTU, doza critică scade cu 0.5mgSA/l față de doza critică rezultată prin utilizarea sulfatului de aluminiu. Această scădere ajunge la 1mgSA/l atunci când turbiditatea apei râului Bega atinge 40 NTU.

Așadar, doza optimă de **SAP** scade cu 1mgSA/l respectiv cu 2mgSA/l față de doza optimă de **SA** necesară pentru coagularea suspensiilor din apa râului Bega, în condiții de temperatură joasă 3-4°C și turbiditate de 6-25NTU respectiv 40 NTU.

Prin utilizarea **SAP-ului** scade eficiența procesului de dezinfecție cu clor datorită menținerii pH-ului la valori de peste 7.5 atunci când pH-ul apei râului Bega este cuprins între 7.7-7.8 și turbiditatea este sub 10NTU.

Doza maximă de **SAP** care se poate utiliza fără a fi necesară corecția pH-ului de coagulare este 38-40mgSA/l față de 18-20mgSA/l, atunci când pH-ul apei râului Bega este cuprins între 7.7-7.8 iar alcalinitatea între 1.2-1.6mvali/l.

Prin utilizarea **SAP-ului** pe **ST** se poate obține o creștere a eficienței procesului de coagulare-floculare, în condiții de temperatură scăzută a apei râului Bega, cu 16-49% în funcție de turbiditatea apei brute.

- Prin utilizarea **BOPAC-ului** (soluție bazică de clorură de aluminiu) crește eficiența procesului de coagulare în condițiile în care turbiditatea și temperatura apei râului Bega este scăzută, sub 10NTU respectiv sub 10°C. De asemenea aluminiul rezidual din apa tratată se menține sub 50μg/l.

La turbidități mari ale apei râului Bega doza maximă de **BOPAC** care se poate utiliza fără a fi necesară corecția pH-ului de coagulare este 86-100mgBOPAC/l față de 22-24mgSA/l, atunci când pH-ul apei râului Bega este cuprins între 7.8-8.0 iar alcalinitatea între 1.2-1.8mvali/l.

Prin utilizarea **BOPAC-ului** scade eficiența procesului de dezinfecție cu clor datorită menținerii pH-ului la valori de peste 7.5 atunci când pH-ul apei râului Bega este cuprins între 7.8-8.0 și turbiditatea este sub 10NTU.

- Utilizarea floclanților anionici de tip **AN956, AN945, AN934, AN912, AN910** în combinație cu sulfatul de aluminiu, nu duc la o îmbunătățire semnificativă a procesului de coagulare-floculare, față de situația în care se utilizează doar sulfat de aluminiu atunci când turbiditatea râului Bega este sub 10NTU și temperatură sub 10°C.

Cel mai eficient floclant din cele studiate a fost floclantul **AN956**. Doza optimă de floclant **AN956** este 0.025mg/l, timpul optim de adăugare este după 10 minute de agitare lentă.

Când se utilizează în combinație sulfat de aluminiu cu floclant **AN956** doza de sulfat de aluminiu se poate reduce cu 25% față de doza optimă în condițiile de calitate a apei râului Bega de mai sus.

Utilizarea acestor reactivi pe Stația de Tratare este condiționată de rezultatele unui studiu economic comparativ cu reactivii utilizați în prezent.

- Utilizarea apelor de spălare cu nămol (**ASN**) ca adaos înainte de camera de amestec imediat după adaosul de reactivi de coagulare, în proporție de 1-5% din volumul de apă brută captat în vederea potabilizării, nu are efect negativ asupra procesului de coagulare-floculare și nici asupra calității apei decantate.

Avantajul acestei utilizări constă în primul rând în recuperarea apelor de spălare rezultate în urma spălării filtrelor, reducerea capacității echipamentelor și construcțiilor necesare pentru îngroșarea nămolului în vederea deshidratării și îmbunătățirea procesului de coagulare-floculare când turbiditatea apei brute este scăzută, sub 10NTU.

De asemenea s-a obținut modelul matematic pentru determinarea teoretică a pH-ului din camera de reacție (pH_t) pentru o anumită doză (D) de sulfat de aluminiu aleasă din curba de coagulare și un anumit pH a apei râului Bega (pH_i) care este de forma:

$$pH_t = pH_i - 0.00017 \times D^2 - 0.14 \times D^{0.5}$$

și se poate aplica cu o precizie de ± 0.1 unități pH pe **Stația Pilot** și **Stația de Tratare**. Modelul este valabil pentru un domeniu de alcalinitate al apei râului Bega de 1.2-1.8 mvali/l și pH de 7.2-8.2.

Cu ajutorul acestui model matematic se poate determina rapid doza „zero” care este necesară pentru calculul dozei de sulfat de aluminiu și dozei de aluminat de sodiu atunci când pentru tratare se utilizează sulfatul de aluminiu în combinație cu aluminatul de sodiu.

De asemenea cu ajutorul acestui model matematic se poate controla procesul de coagulare-floculare atunci când se utilizează pentru tratare doar sulfatul de aluminiu, când pH-ul din camera de reacție trebuie să fie egal cu pH-ul teoretic. Când pentru tratare se utilizează sulfatul de aluminiu în combinație cu aluminatul de sodiu pH-ul din camera de reacție trebuie să fie egal cu pH-ul optim de coagulare-floculare, în cazul nostru acesta este **7.0**.

4. Pentru studiul comportării dinamice a Stației Pilot de potabilizare a apei de suprafață s-a folosit metoda răspunsului la semnal treaptă. Ca traser s-a utilizat o soluție de saramură, parametrul măsurat fiind conductivitatea. Comportarea dinamică a **SP** a fost urmărită pentru diferite debite de alimentare cu apă brută de 20 l/s, 35 l/s, 40 l/s și 50 l/s respectiv viteze de filtrare de 2 m/h, 3 m/h și 4 m/h.

În scopul modelării procesului tehnologic de tratare a apei de suprafață în vederea potabilizării, pentru prelucrarea datelor experimentale s-a folosit programul de calcul Jandel Sientific TableCurve 2D v5.01.

Modelul matematic experimental, valabil pentru toate fazele procesului tehnologic, cu ajutorul căruia se determină timpul critic și timpul staționar este de forma ecuației 4.8 (Cap.4; 4.2.4.2). Coeficienții **a**, **b** și **d** a acestei ecuații nu influențează valoarea timpului critic și staționar, valoarea acestor coeficienți fiind luată ca medie aritmetică a valorilor experimentale.

Coeficientul „**c**” din ecuația 4.8 este variabil, reprezentând timpul hidraulic care depinde de geometria obiectului studiat. Acest coeficient are un rol determinant în găsirea modelului matematic propriu-zis, din acest motiv coeficientul „**c**” a fost verificat și comparat cu valoarea teoretică a timpului hidraulic.

Modelului matematic propriu-zis pentru **camera de amestec a SP** este de forma $Y = a + bX^2 + cX^4$, valoarea timpului critic fiind cuprins între $T_c = 1.5 - 3 \text{ minute}$ iar valoarea timpului staționar $T_s = 3.9 - 7.7 \text{ minute}$, pentru un debit de alimentare de $Q = 20 - 50 \text{ l/s}$

Modelului matematic propriu-zis pentru **camera de reacție și decantorul SP** este de forma $Y = a + bX + c/X^2$, valoarea timpului critic și a timpului staționar pentru camera de reacție este $T_c = 17 - 43 \text{ minute}$ respectiv $T_s = 20 - 51 \text{ minute}$ iar pentru decantor este $T_c = 1.3 - 3.7 \text{ h}$ respectiv $T_s = 8.6 - 23.2 \text{ h}$, pentru un debit de alimentare de $Q = 20 - 50 \text{ l/s}$.

Modelului matematic propriu-zis pentru **filtrul SP** este de forma $Y = (aX + b)Z^{-1}$, valoarea timpului critic și staționar corespunzătoare debitului de alimentare de $Q = 20 - 50 \text{ l/s}$ fiind de $T_c = 50 - 270 \text{ minute}$ respectiv $T_s = 322 - 1615 \text{ minute}$.

Prin însumarea modelelor matematice propriu-zise corespunzătoare fiecărei faze se obține modelul matematic al **Stației Pilot**.

Atât studiile de laborator pentru determinarea dozei optime de coagulant cât și cele de pe **Stația Pilot**, verifică curba de dozare a sulfatului de aluminiu utilizată pe **Stația de Tratare** și la valori mici ale turbidității și temperaturi scăzute a apei râului Bega.

Astfel, această curbă de dozare poate fi utilizată pentru obținerea modelelor matematice necesare pentru automatizarea procesului de coagulare-floculare.

Parametrii perturbatori studiați au efect asupra procesului de coagulare-floculare prin modificarea dozelor de sulfat de aluminiu respectiv aluminat de sodiu, generând modificarea pH-ului de coagulare ce are ca efect creșterea turbidității apei decantate.

Efectul produs asupra procesului de coagulare-floculare de către parametrii perturbatori studiați este direct proporțional cu creșterea turbidității apei râului Bega respectiv cu durata perturbației.

Deoarece parametrii de perturbație studiați pot influența mărimea de ieșire a procesului de coagulare-floculare, turbiditatea apei decantate, cu mai mult de 10%, în vederea automatizării, procesul de tratare trebuie prevăzut cu sisteme de stabilizare pentru reglarea automată a acestora.

5. Prin extrapolarea modelelor matematice rezultate din studiile efectuate s-au obținut modelele matematice propriu-zise valabile la Stația de Tratare. Implementarea lor pe Stația de Tratare le-a confirmat corectitudinea și certitudinea că pot fi folosite în procesul de automatizare, fapt care s-a și materializat ulterior.

6. Automatizarea și optimizarea procesului de coagulare-floculare a apei râului Bega a asigurat stabilizarea acestui proces astfel încât indiferent de calitatea apei după faza de decantare turbiditatea este $\leq 5.0\text{NTU}$ iar după faza de filtrare turbiditatea este $\leq 1.0\text{NTU}$.

Pentru atingerea acestui obiectiv s-a realizat un soft de aplicație implementat cu ocazia realizării investiției de automatizare-monitorizare a sistemului.

Scopul acestui program este să stabilească doza optimă de coagulant funcție de mărimile de intrare, să dea comandă pompelor dozatoare pentru dozarea debitelor necesare de reactivi în vederea atingerii obiectivelor propuse respectiv să monitorizeze și stocheze rezultatele obținute.

La baza realizării programului și a softului de aplicație au stat studiile efectuate și descrise în această lucrare. Astfel, pentru realizarea acestui program s-au utilizat următoarele:

- date furnizate de la nivelul 1 al sistemului de automatizare și monitorizare prin intermediul traductorilor de măsură, a căror alegere s-a făcut ținând seama de parametrul măsurat, de caracteristicile fizico-chimice ale acestuia, de diferite date tehnice și de montaj, de performanțele și fiabilitatea acestora
- modele matematice bazate pe corelarea statistică a datelor experimentale
- calcule inginerești (ecuații, inecuații) pentru, alegerea reactivilor care se dozează, determinarea debitelor de reactivi (sulfat de aluminiu și /sau aluminat de sodiu), determinarea dozei de aluminat de sodiu necesar pentru corecția pH-ului de coagulare

7. Cu ajutorul programului Jandel Scientific TableCurve 2D v5.01 s-au obținut modele matematice care furnizează datele necesare efectuării calculelor în vederea obținerii mărimilor de execuție și anume, stabilirea dozei totale de sulfat de aluminiu, curbele de dozare pentru diferite domenii precum și determinarea concentrației soluției de sulfat de aluminiu.

8. S-au determinat relațiile de calcul pentru debitele de reactivi necesare funcție de variabilele care intervin în procesul de coagulare-floculare – debit apă brută, turbiditate apă brută, pH-ul apei brute, concentrația reactivilor utilizați.

9. Testarea performanțelor modelelor matematice obținute în cadrul lucrării au fost verificate și confirmate prin simulare pe calculator, în cazul modelelor la baza cărora au stat datele statistice, prin

teste de laborator, pe **SP** și pe **ST**, în cazul modelelor la baza cărora au stat datele obținute în urma studiilor realizate în vederea elaborării acestora.

După realizarea investiției de automatizare-monitorizare a Stației de Tratare, mai 2004, performanțele modelelor matematice au fost confirmate și în practică.

Contribuții personale

Contribuțiile personale la realizarea acestei lucrări constau în abordarea originală a modului de evaluare a tehnologiei de tratare existente, depistarea fazelor deficitare și stabilirea strategiei de îmbunătățire a procesului de tratare în ansamblu, stabilirea studiilor necesare, elaborarea modelelor matematice și elaborarea schemei logice pentru automatizare.

Concret contribuțiile personale sunt:

1. **Abordarea originală a modului de evaluare a tehnologiei existente în Stația de Tratare** (Cap.4; 4.2)
2. **Metoda de determinare a fazei deficitare.** (Cap.4; 4.2.3.2)
3. **Metoda de determinare a condițiilor de desfășurare a procesului de coagulare-floculare prin metoda Jar-test.** (Cap.4; 4.2.3.3)
4. **Studiul comportării dinamice a Stației Pilot folosind metoda răspunsului la semnal treaptă în scopul cunoașterii comportării dinamice a Stației de Tratare.** (Cap.4; 4.2.4.2)
5. **Studiul parametrilor perturbatori care au efect asupra procesului de coagulare-floculare.** (Cap.4; 4.2.4.4)
6. **Elaborarea modelului matematic pentru determinarea teoretică a pH-ului din camera de reacție, pentru o anumită doză de sulfat de aluminiu aleasă din curba de coagulare și un anumit pH al apei râului Bega.** (Cap 4. 4.2.3.6)
7. **Elaborarea și implementarea schemei logice pentru automatizarea procesului de coagulare-floculare a apei râului Bega.** (Cap.4; 4.2.5)
8. **Elaborarea modelului matematic de stabilire a dozei totale de sulfat de aluminiu.** (Cap.5)
9. **Elaborarea modelului matematic de stabilire a concentrației soluției de sulfat de aluminiu.** (Cap.5)

Direcții de cercetare viitoare rezultate din lucrare

1. Îmbunătățirea modelelor matematice elaborate în această lucrare prin prelucrarea datelor achiziționate după un anumit interval de timp reprezentativ pentru funcționarea Stației de Tratare.
2. Abordarea strategiei S2 de optimizare cu intervenții în tehnologia existentă.

3. Abordarea optimizării procesului de coagulare-floculare prin utilizarea de reactivi noi, a sulfatului de aluminiu prehidrolizat obținut în Stația de Tratare precum și utilizarea apelor de spălare cu nămol.

Bibliografie

- 1 Agachi Ș., Automatizarea proceselor chimice, Casa Cărții de știință, Cluj Napoca, 1994
- 2 Bache D. H., Rasool E., Moffat D., Johnson M., Folc Characterisation at full scale: The Case of Humic Waters, Proceedings of 9th Gothenburg Symposium 02-04 october, Turkey, 2000
- 3 Baes C.F., Mesmer R.E., Hydrolysis of Cations, Jhon Wiley&Sons, New York, 1976
- 4 Berevoianu C., Lecu Ghe., Aspecte privind retehnologizarea uzinelor de apă pentru municipiul București, Sesiunea științifică 27 septembrie, București, 1996
- 5 Bolto B.A., Audrey D Levine, Reaction of Polyelectrolytes with Disinfectants to Produce Disinfection By-Products
- 6 Bosisio M., A.J. Drapeau; Env. Techn. Let. 9(10)1129-1136,1988
- 7 Ceașescu Elena, Enciclopedia de chimie, vol.3, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1986
- 8 Chadik P.A. G.L. Amy; Env. Techn. Let. 8(6) 261-268
- 9 Chiru E., Chilarescu I., Magda Mocanu, Modulul 1. Managementul resurselor de apă, CFDPDA, Proiect WAWAMAN „Dezvoltarea industriei apei pentru integrare europeană”
- 10 Chiru E., Chilarescu I., Magda Mocanu, Modulul 2. Reglementări europene în domeniul apei și surse de finanțare, CFDPDA, Proiect WAWAMAN „Dezvoltarea industriei apei pentru integrare europeană”
- 11 Chiru E., Chilarescu I., Magda Mocanu, Modulul 3.Tratarea apei destinată consumului uman, CFDPDA, Proiect WAWAMAN „Dezvoltarea industriei apei pentru integrare europeană”
- 12 Chiru E., Chilarescu I., Magda Mocanu, Modulul 5. Optimizarea costurilor serviciilor de apă., CFDPDA, Proiect WAWAMAN „Dezvoltarea industriei apei pentru integrare europeană”
- 13 Cochei V., colaboratorii, Bazele tehnologiei chimice, vol.II, IPTV, Timișoara, 1984
- 14 Colectivul G.I.G.C.L, Grupul întreprinderilor de gospodărie comunală și locativă Timiș, IPBT, 1988
- 15 Cranston K.O., A. Amirtharajan; J. Awwa, 79(12), 50-63
- 16 Cuirevici I., Automatizări în industria chimică, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983
- 17 Degremont, Water treatment, handbook, sixth edition, 1991
- 18 Dempsey B.A., AWWA, 76(4), 141-150, 1994
- 19 Dentel S.K., Gucciardi B.M., Griskowitz N.J., Chang L.L.,Chemistry, Function and Fate of Acrylamide-Based Polymers , Proceedings of 9th Gothenburg Symposium 02-04 october, Turkey, 2000

- 20 Dentel S.X., Gosset J.M., JAWWA 80,(4), 187-198,1988
- 21 Desjardins R. Le traitement des eaux. Ed. de l'École Polytechnique de Montreal; 366p
- 22 Desjardins R., Lergo K., Vecteur Environnement, 29, (6), 37-45, 1996
- 23 Driscoll C.T., Letterman R.D., J. Env. Eng. 114(1), 21-37, 1985
- 24 Driscoll C.T., Letterman R.D., J.AWWA 80(4), 154-158, 1988
- 25 Edzwald J.K., Pernitsky D.J., Parmenter W.L., Polyaluminium Coagulants for Drinking Water Treatment: Chemistry and Selection, Proceedings of 9th Gothenburg Symposium 02-04 october, Turkey, 2000
- 26 Epstein S.G., Envir.Geochemistry and Health 12(12), 65-70,1990
- 27 Faust S.D., Osman M.Aly, Chemistry of water treatment, 2nd Edition
- 28 Filho S.S.F., Hespanhol I., Moreria H.A., Flocculation Kinetics of Colloidal Suspensions: Effects of Metallic Coagulant Dosage and Primary Particle Concentration on the Breakup and Aggregation Constants, Proceedings of 9th Gothenburg Symposium 02-04 october, Turkey, 2000
- 29 Gabor O.,Șerban P., Ionescu C., Calitatea surselor de apă de suprafață destinate potabilizării, Conferință Internațională 20-21 mai 2004, București
- 30 Gao B., Yue Q., Zhao H., Song Y., Properties and Evaluation of Polyferric-Silicate-Sulfate (PFSS) Coagulant as a Coagulant for Water Treatment, Proceedings of 9th Gothenburg Symposium 02-04 october, Turkey, 2000
- 31 Georgeta Burtică, Vlaicu I., Rodica Pode, **Katalin Bodor**, Dalila Marșavina, Studies on the pilot plant for ground water manganese removal, 3rd International Conference of Balkan Environmental Association, 23-26 noiembrie, București, 2000
- 32 Grant B.S., Joon Ha Kim, Poor C., Kinetic Theories for the Coagulation and Sedimentation of Particles, J. Of Colloid and Interface Science 238, 238-250, 2001
- 33 Gregory J., Rossi L., Bonechi L., Monitoring Floccs Produced by Water treatment Coagulants, Proceedings of 9th Gothenburg Symposium 02-04 october, Turkey, 2000
- 34 Haarhoff J.L. Ceasby J. Awwa 80; 168-175, 1988
- 35 <http://lorien.ncl.ac.uk/ming/advcontrl/sect1.htm>
- 36 <http://lorien.ncl.ac.uk/ming/advcontrl/sect2.htm>
- 37 <http://lorien.ncl.ac.uk/ming/advcontrl/sect3.htm>
- 38 <http://lorien.ncl.ac.uk/ming/advcontrl/sect4.htm>
- 39 <http://lorien.ncl.ac.uk/ming/advcontrl/sect5.htm>
- 40 <http://lorien.ncl.ac.uk/ming/advcontrl/sect6.htm>
- 41 <http://lorien.ncl.ac.uk/ming/advcontrl/sect7.htm>
- 42 Hundt T.R. C.R. O'Melia J. Sciences et Technique de l'Eau, 22 (4), 297-304, 1989
- 43 Jekel M.R. Wat. Res. 20(12), 1535-1542
- 44 Jiang Jia-Qian, Graham Nigel J. D., Pre-polymerised inorganic coagulants for treating water

- and waste water,1997
- 45 Jolicoeur C.D. Haase, J. Sciences et Technique de l'Eau, 22(1); 31-46,1989
- 46 Jones S.C., Amirtharajah A., Sotiropoulos F., Skeens B. M., Using Static Mixers to Mix Coagulants :CFD Modeling and Pilot Plant Experiments , Proceedings of 9th Gothenburg Symposium 02-04 october, Turkey, 2000
- 47 Katalin Barkacs, Ildiko Bohuss, Bukovszky A., Varga I., Zaray G., Comparison of polyelectrolytes applied in drinking water treatment, Microchemical Journal (67), 271-277, 2000
- 48 **Katalin Bodor**, Utilizarea floclanților anionici în procesul de potabilizare a apei râului Bega, Instalatii pentru constructii si confortul ambiental, Conferinta cu participare internationala editia a 13-a, 22-23 aprilie 2004, Timisoara
- 49 Koether M., Deutschman I.E., Journal of Environnement Eng. 123, (9), 859-864, 1997
- 50 Korpijarvi J., Laine E., Ahlstedt H., Using CFD in the Study of Mixing in Coagulation and Flocculation, Proceedings of 9th Gothenburg Symposium 02-04 october, Turkey, 2000
- 51 Kuo C.J.J.G.E.Amy, Water Research, 22(7), 853-862, 1988
- 52 Leeuwen van J., Bursill D., Chow C., Drikas M., Impacts of Dissolved Organic Carbon on Water Treatment Processes Development of a Predictive Model for Process Optimisation, Australia-Germany Collaboration on Water and Environment R&D, March 1998
- 53 Letterman R.D,R.D. Iyer Envior Sci.Technol.19 (8) 673-681, 1985
- 54 Lindberg C. F., Control and estimation strategies applied to the activated sluge process, www.syscon.uu.se/Publications/PhDThese.html
- 55 Lindqvist N., Korhonen S., Jokela J., Tuhkanen T., Comparison of Iron and Aluminum Based Coagulants and Polymeric Flocculant Aids to Enhance NOM Removal, Chemical Water and Wastewater Treatment VII, 133-142
- 56 Man C, Apa sănătatea și producțiile animalelor,Editura Ceres, București, 1989
- 57 Maria Retezan, Dalila Marsavina, **Katalin Bodor**, Asupra utilizarii aluminatului de sodiu in scopul utilizarii in potabilizarea apei, vol 1, pg. 15, Instalatii pentru constructii si confortul ambiental, Conferinta cu participare internationala editia a 7-a, 23-24 aprilie, Timisoara
- 58 Marinoiu V., Paraschiv N., Automatizarea proceselor chimice, Editura Tehnică, București, 1992
- 59 Mănescu A., Sandu M., Ianculescu O, Alimentări cu apă, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1994
- 60 Monique Tardat, Sciences et Tehnique de l' eau 22, (4), 297-304, 1989
- 61 Olimpia Blăgoi, Construcții hidroedilitare, vol.1, Editura Dosoitei, Iași, 1998
- 62 Olimpia Blăgoi, Pușcaș E.L., Tratarea apelor de suprafață. Metode chimice., Editura Dosoitei, Iași, 1996
- 63 Pâslărașu I., Teodorescu M., Rotaru C., Alimentări cu apă, Editura Tehnică, București, 1981
- 64 Perju Delia, Automatizarea proceselor tehnologice în industria chimică, IPTVT, Timișoara, 1981

- 65 Perju Delia, Automatizarea utilajului tehnologic în industria chimică, volumul I, IPTVT, Timișoara, 1983
- 66 Perju Delia, Geantă M., Șuta M., Rusnac Carmen, Automatizarea proceselor chimice, Partea a I-a, Editura Mirton, Timișoara, 1998
- 67 Perju Delia, Șuta M., Rusnac Carmen, Echipamente de automatizare pneumatice de joasă presiune, Editura Politehnica, Timișoara, 2003
- 68 Perju Delia, Todincă T., Automatizarea proceselor chimice, Partea a II-a, UTT, Timișoara, 1995
- 69 Perju Delia, Todincă T., Automatizarea utilajului tehnologic în industria chimică, volumul II, IPTVT, Timișoara, 1986
- 70 Perju Delia, Todincă T., Barna R., Automatizări și optimizări în industria chimică, Lucrări de laborator, IPTVT, Timișoara, 1990
- 71 Perju Delia, Todincă T., Șuta M., Rusnac Carmen, Echipamente de automatizare pneumatice de joasă presiune. Aplicații, Editura Politehnica, Timișoara, 2001
- 72 Perry R.H., Green D., Perry's chemical engineers' handbook, McGraw-Hill Publishing Company, New York, sixth edition
- 73 Petca Gh., Dalila Marsavina, **Katalin Bodor**, Utilizarea sulfatului de aluminiu prehidrolizat într-o instalație pilot la potabilizarea apei din Bega, Zilele Academice Timisene, 27-28 mai 1999
- 74 Petca Gh., **Katalin Bodor**, Anca Nacu, Coagulanți prehidrolizați folosiți în coagularea suspensiilor din apă, Sesiunea "50 de ani de la înființarea Facultății de Chimie Industrială și Ingineria Mediului din Timișoara", oct. 1998
- 75 Petca Gh., **Katalin Bodor**, Aspecte ale calității apei potabile, Buletinul AGIR nr.1/2001, 65-76
- 76 Petca Gh., **Katalin Bodor**, Eficiența operațiilor de coagulare-decantare din tehnologia de potabilizare a apei din Bega, Zilele Academice Timisene, 27-28 mai 1999
- 77 Petca Gh., **Katalin Bodor**, Influența unor factori asupra aluminiului rezidual din apă potabilă, Zilele Academice Timisene, 27-28 mai 1999
- 78 Petca Gh., **Katalin Bodor**, Moșoarcă G.E., Efectul recirculării nămolului asupra operațiilor de coagulare-decantare, Instalații pentru construcții și confortul ambiental, Conferința cu participare internațională ediția a 10-a, 26-27 aprilie 2001, Timișoara
- 79 Petca Gh., **Katalin Bodor**, Vlaicu I. Aspecte ale reducerii impurificării apei potabile cu aluminiu în procesul de potabilizare, Resursele de mediu și protecția lor pentru o dezvoltare durabilă, Sesiune de Comunicări Științifice, 25-27 mai 2000, Oradea
- 80 Petca Gh., Moșoarcă G.E., Effect of filter water washing recycling on some parameters of coagulation-settling proces, Chem. Bull. „POLITEHNICA” Univ. Timișoara, vol 47(61), 1-2, 2002
- 81 Petca Gh., Vlaicu I., **Katalin Bodor**, Moșoarcă G.E., Analiza caracterului surselor de apă potabilă și a apei potabile distribuite din Timișoara, Instalații pentru construcții și confortul ambiental, Conferința cu participare internațională ediția a 9-a, 18-19 aprilie 2000, Timișoara
- 82 Pietrzyk D.J., Clyde W.F. Chimie analitică, Editura tehnică, București, 1989

- 83 Pontius F.W., Water Quality and Treatment, Mc Grawe Hill, New York,1990
- 84 Qureshi M.; R.M. Malmberg J. Awwa; 77(10) 101-108 ,1985
- 85 Racovițeanu G., Elena Vulpașu, Dinet E., Ghid de conformare a uzinelor de apă la prevederile Directivei CE/98/EC transpusă prin Legea 458/2002, privind calitatea apei potabile-Sinteză, Wokshop 2 octombrie, București, 2003
- 86 Racovițeanu G., Ștefănescu C., Elena Megelea, Perfecționarea proceselor de coagulare-floculare.Încercări efectuate în uzinele de apă din țara noastră,Seminarul științific 30 octombrie, 1997
- 87 Radu I., Vlădeanu D., Analiza diagnostic și strategia de dezvoltare a serviciilor publice de gospodărire comunală, Editura Tribuna economică, București, 2004
- 88 Rojanschi V., Cartea operatorului din stații de tratare a apelor, Editura Tehnică, București, 1996
- 89 Rojanschi V., Cecilia Iordache, Desalinizarea apei problemă tehnică sau economică, Editura Ceres, București, 1990
- 90 Sandu M., Racovițeanu G., Cercetări privind retehnologizarea și dezvoltarea uzinelor de apă din România, Conferință internațională 20-21 mai, București, 2004
- 91 Sandu M., Stadiul actual și tendințe în retehnologizarea uzinelor de apă în lume și în România, Sesiunea științifică 27 septembrie, București, 1996
- 92 Sandu M.,Racovițeanu G., Introducerea treptei de coagulare-floculare în filierele de tratare ale uzinelor existente, Sesiunea științifică 27 septembrie, București, 1996
- 93 Simpson A.M., W.Hatton; Env. Techn. Let.; 9(9) 907-916
- 94 Stumm, W. Morgan, J. I. , Aquatic Chemistry, John Wiby&Sons, New York, 1981
- 95 Swiderska-Broz M., Rak M., On the Importance of Aluminium Coagulant Basicity in Organic Matter Removal, Chemical Water and Wastewater Treatment VII, 153-162
- 96 TableCurve 2D Automated curve fitting and equation discovery version 5.01, User's Manual
- 97 Tang H.X., Stumm W., Water Research 21, (1), 115-121, 1987
- 98 Tchbanoglous G., E. Schroder, Water Quality
- 99 Todincă T., Perju Delia, Automatizări și utilizarea calculatoarelor în industria chimică, IPTVT, Timișoara, 1988
- 100 Todincă T., Perju Delia, Șuta M., Optimizări în industria chimică, volumul I, Editura Mirton, Timișoara, 1993
- 101 Trofin P., Alimentări cu apă, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983
- 102 Ungureanu Șt., Sensibilitatea sistemelor dinamice, Editura Tehnică, București, 1995
- 103 Viraraghavan T., C.H.Wimmer AQUA (6) 316-321
- 104 Vlaicu I., Hidiș P., **Katalin Bodor**, Optimizarea procesului de clorare a apei potabile la R.A."AQUATIM",Conferință Internațională 20-21 mai , București, 2004
- 105 Vlaicu I., **Katalin Bodor**, Ciorba G.A., Concerns for drinking water quality and environmental protection in Timișoara region, IAWD Symposium, 26-28 septembrie, Croația, 2002

- 106 Vlaicu I., **Katalin Bodor**, Modeling of Coagulation Process to Improve Drinking Water Quality, The International Conference Preventing and fighting Hydrological Disaster, p261-264 Noembrie 2002, Timișoara
- 107 Vos G., Yvette Brekvoort, Buys P., Full-scale treatment of filter backwash water in one step to drinking water, Desalination 113, 283-284, 1997
- 108 Wang J., Deevanhxay P., Hasegawa T., and others, A pilot plant study of polysilicato-iron coagulant, reasearch project ACT21 in Japan, 1997-2001
- 109 Weber W.J. A.M. Jodellah; J Awwa 77(4) 132-137
- 110 Wiesner M.R., Mazounie P., J. AWWA, 81, 80-89, 1989
- 111 www.alken-murray.com/polymarket.htm
- 112 www.alken-murray.com/polytest.htm
- 113 www.syscon.uu.se/Research/signals/general.html, Signals and Systems Modelling
- 114 www.techteach.no/syslab/cascade_control/index.htm,
- 115 [www.techteach.no/syslab/first_order_system_time_delay /index.htm](http://www.techteach.no/syslab/first_order_system_time_delay/index.htm)
- 116 www.techteach.no/syslab/frequency_response_lp_filter/index.htm
- 117 www.techteach.no/syslab/level_control_chip_tank/index.htm
- 118 www.techteach.no/syslab/second_order_system/index.htm
- 119 ***Directiva 98/83/EC, Official Jurnal of the European Communities, 1998
- 120 ***Legea privind calitatea apei potabile 458/2002, Parlamntul României
- 121 ***Norme de supraveghere, inspecție sanitară și monitorizare a calității apei potabile, Guvernul României, 2004
- 122 ***Normele de calitate pe care trebuie să le îndeplinească apele de suprafață utilizate pentru potabilizare, NTPA-013, Guvernul României, 2002
- 123 ***Condiții de calitate, apă potabilă, STAS 1342/1991
- 124 *** Condiții tehnice de calitate, apă de suprafață, STAS 4706-88