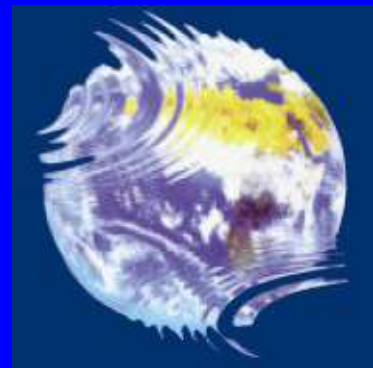


# **COAGULAREA si FLOCULAREA**



**SNF FLOERGER®**



*In întreaga lume, este aplicată o serie largă de procese de tratare a apelor reziduale.*

*Cel mai utilizat este procedeul de tratare fizico-chimică, în care sunt folosiți coagulanții și floculanții.*

# CUPRINS

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Date generale despre coagulare si floclulare</b>       | <b>4</b>  |
| <b>1.1. Coagularia</b>                                       | <b>4</b>  |
| 1.1.1. <i>Principiile de baza ale coagularii</i>             | 4         |
| 1.1.2. <i>Particulele coloidale</i>                          | 5         |
| 1.1.3. <i>Mecanismul coagularii</i>                          | 5         |
| 1.1.4. <i>Coagulantii</i>                                    | 5         |
| <b>1.2. Floclulare</b>                                       | <b>7</b>  |
| 1.2.1. <i>Principiile de baza ale floclularii</i>            | 7         |
| 1.2.2. <i>Particulele destabilizate</i>                      | 8         |
| 1.2.3. <i>Mecanismul floclularii</i>                         | 8         |
| 1.2.4. <i>Floclulantii</i>                                   | 8         |
| <br>                                                         |           |
| <b>2. Proceaele de tratare fizico-chimica apei</b>           | <b>10</b> |
| <b>2.1. Schema generala a procesului fizico-chimic</b>       | <b>10</b> |
| <b>2.2. Instalatie de tratare a apei</b>                     | <b>11</b> |
| 2.2.1. <i>Bazine de coagulare si floclulare</i>              | 11        |
| 2.2.2. <i>Bazine de sedimentare</i>                          | 11        |
| 2.2.3. <i>Instalatii de flotare</i>                          | 13        |
| 2.2.4. <i>Filtre</i>                                         | 13        |
| <b>2.3. Parametri care influenteaza alegerea produsului</b>  | <b>14</b> |
| 2.3.1. <i>Caracteristicile efluentului</i>                   | 14        |
| 2.3.2. <i>Conditiiile de operare</i>                         | 14        |
| 2.3.3. <i>Rezultatele obtinute</i>                           | 14        |
| <br>                                                         |           |
| <b>3. Teste de laborator</b>                                 | <b>15</b> |
| <b>3.1. Prelevarea probelor</b>                              | <b>15</b> |
| 3.1.1. <i>Probe de apa de tratat</i>                         | 15        |
| 3.1.2. <i>Probe de polimer</i>                               | 15        |
| <b>3.2. Instalatii de laborator</b>                          | <b>16</b> |
| <b>3.3. Proceduri de testare</b>                             | <b>16</b> |
| <b>3.4. Parametri urmariti si interpretarea rezultatelor</b> | <b>17</b> |
| <br>                                                         |           |
| <b>4. Experimente industriale</b>                            | <b>18</b> |
| <b>4.1. Desfasurarea experimentului</b>                      | <b>18</b> |
| <b>4.2. Parametri urmariti si interpretarea rezultatelor</b> | <b>18</b> |
| <br>                                                         |           |
| <b>5. Erori experimentale</b>                                | <b>19</b> |
| <b>5.1. In laborator</b>                                     | <b>19</b> |
| <b>5.2. Pe teren</b>                                         | <b>19</b> |

# 1. DATE GENERALE DESPRE COAGULARE SI FLOCULARE

Coagularea si flocularea reprezinta doua etape distincte ale procesului de tratare fizico – chimica a apelor reziduale.

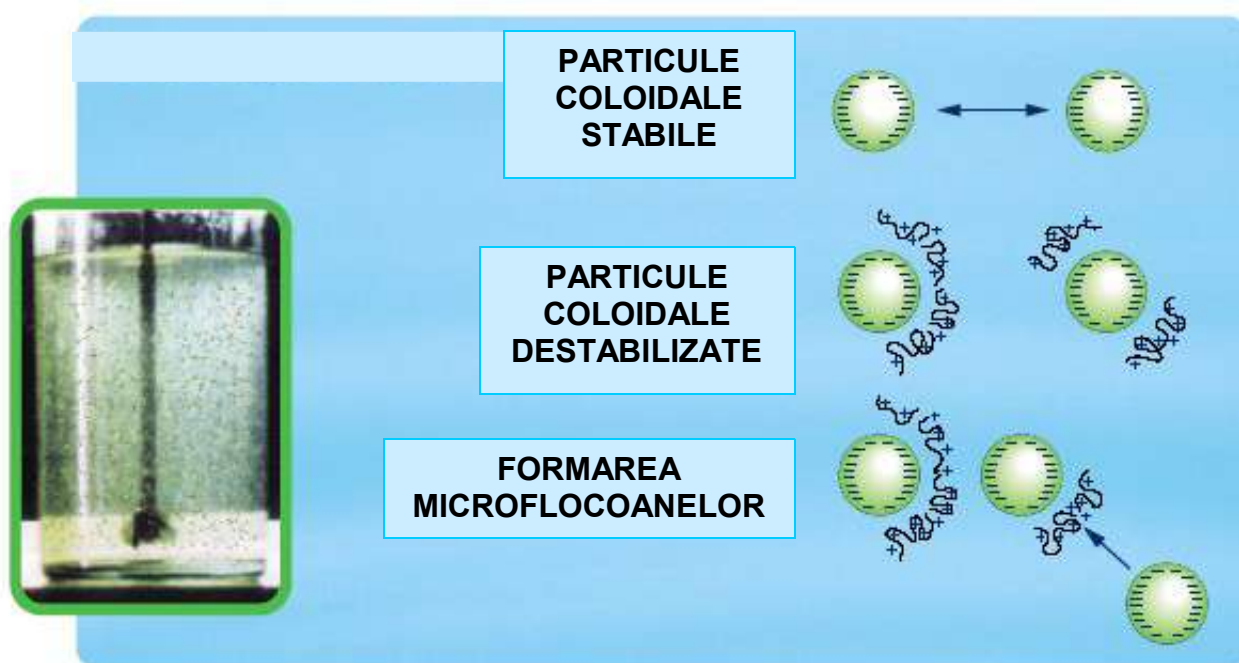
## 1.1. Coagularea

Coagularea este etapa in care sistemul format din particulele coloidale (asemanatoare cu sfere avand diametrul sub 1 micrometru) este destabilizat.

### 1.1.1 Principiile de baza ale coagularii

Termenul de coagulare provine din cuvantul latin “coagularae”, care inseamna “a aglomera”. In tratarea apei, coagularea este rezultatul aderarii reactivilor chimici la particulele suspendate in apa, cand particulele coloidale dispersate se unesc in agregate mai mari, denumite flocoane sau microflocoane.

### SCHEMA COAGULARII



Coagularea este o etapa intermediara, care este esentiala in procesul de tratare fizico – chimica a apelor si apelor reziduale. Aceasta reprezinta primul pas in eliminarea particulelor coloidale si functia sa principala consta in destabilizarea particulelor. Aceasta destabilizare este reprezentata prin neutralizarea sarcinilor electrice prezente pe suprafata particulelor, ceea ce inlesneste aglomerarea coloizilor.

## 1.1.2 Particulele coloidale

Coloizii sunt particule insolubile suspendate în apă. Diametrul lor redus (sub 1 micron) conferă particulelor o stabilitate extremă. Coloizii pot avea origini diferite :

- **Minerali:** namoluri, argile, silice, saruri și hidroxizi metalici
- **Organici:** acizii humic și fulvic, agenți activi de suprafață, culoare

**Nota :**

**Micro-organismele** de tipul bacterii, plancton, alge, virusi, sunt considerate de asemenea drept coloizi.

## 1.1.3 Mecanismul coagularii

Stabilitatea și respectiv instabilitatea particulelor în suspensie reprezintă factorul determinant al diferitelor forțe de atracție sau de repulsie :

- forțe Van der Waals
- forțe electrostatice
- forțe de atracție universală
- mișcare browniană

Coagularea este un proces care reprezintă un fenomen complex, atât fizic cât și chimic. Reacțiile între particule și coagulant conduc la formarea de agregate și în consecință la sedimentare.

**Coagulanții cationici neutralizează sarcinile negative ale coloizilor** și formează o masă spongioasă denumită microflocoane.

Mecanismul coagularii poate fi prezentat pe scurt în două etape :

**1- Neutralizarea sarcinilor :** corespunde reducerii sarcinilor electrice care au un efect de repulsie asupra coloizilor ;

**2- Agregarea particulelor**

## 1.1.4 Coagulanții

Coagulanții folosiți în prezent fac parte din două categorii :

### a – Coagulanții minerali

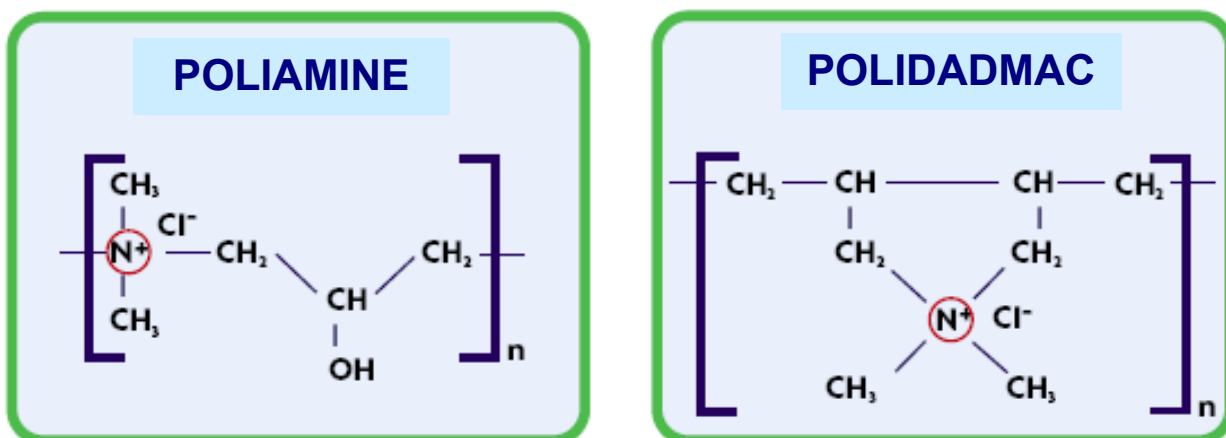
Acești sunt coagulanții utilizați în modul cel mai frecvent și sunt pe baza de saruri de fier ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ) și saruri de aluminiu (PAC = policlorura de aluminiu, alauni).

Sarcinile cationice sunt aduse de ioni metalici,  $\text{Fe}^{3+}$  sau  $\text{Al}^{3+}$ , care formează hidroxizii ferici  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sau de aluminiu  $\text{Al}(\text{OH})_3$  în contact cu apă.

Principalele avantaje ale utilizării acestor coagulanți sunt domeniul universal de aplicare și prețul scăzut.

## b – Coagulantii organici

Sarcinile cationice sunt aduse de ionul de amoniu cuartenar fixat pe catena principala a polimerului.



In prezent exista pe piata patru familii principale de coagulasi organici :

- Poliaminele (*FLOQUAT™ FL 17, FLOQUAT™ FL 28 P2*)
- PoliDADMAC (*FLOQUA™ FL 45 C, FLOQUAT™ FL 45 CLV*)
- Rasini diciandiamide (*FLOQUAT™ DEC 50*)
- Rasini melamin-formaldehidice (*FLOQUAT™ FL 42, FLOQUAT™ FL 61*)

Principalele avantaje ale utilizarii acestora sunt dozele scazute si volumul redus de namol format (lipsit de hidroxizi).

De asemenea, acesti coagulasi nu afecteaza pH-ul sau dozarea volumetrica a duritatii.

## c – Amestecuri de coagulasi minerali si organici

Aceste amestecuri aduc, intr-un singur produs comercial, avantajele atat ale coagulasilor organici cat si ale celor minerali. Coagulasul mineral cel mai frecvent utilizat in aceste amestecuri este PAC (policlorura de aluminiu).



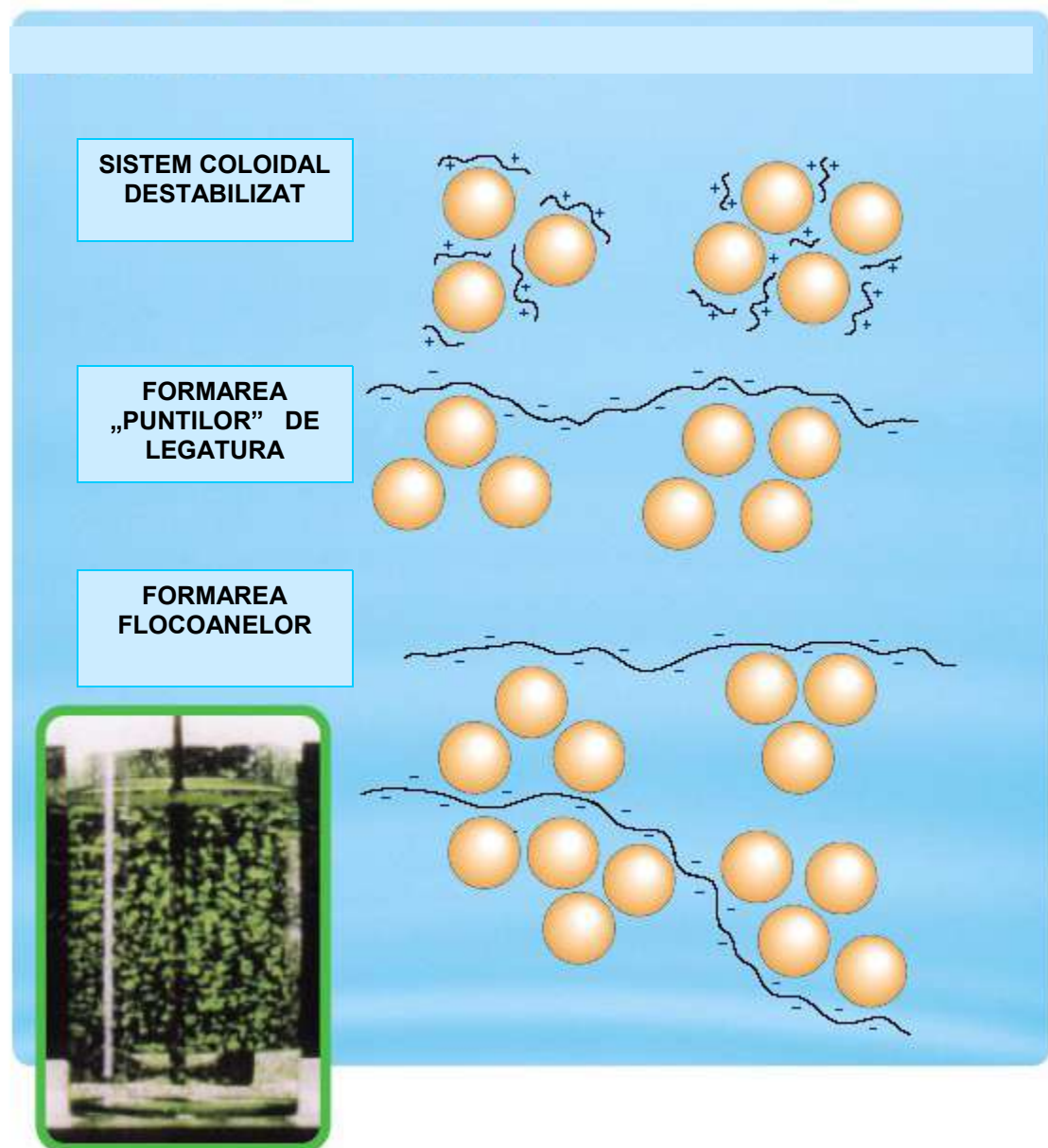
## 1.2. Flocularea

Flocularea este etapa in care particulele coloidale destabilizate (sau particulele formate in timpul etapei de coagulare) se unesc in aglomerari.

### 1.2.1 Principiile de baza ale flocularii

Etapa de floculare poate fi aplicata in procedeele de tratare a apelor / apelor reziduale numai in situatiile in care **particulele sunt deja destabilizate**. Ca urmare, este o etapa care urmeaza logic celei de coagulare.

### SCHEMA FLOCULARII



### 1.2.2 Particulele destabilizate

Originea particulelor destabilizate este variata si depinde in principal de originea apei care trebuie tratata. Acestea pot proveni din etapa initiala de coagulare.

**Sarcina electrica** (+ sau -) adusa de flocculant este selectata in functie de natura particulelor destabilizate din apa. In general, selectarea fiind in general de :

- flocculant anionic (-) pentru particulele **minerale**
- flocculant cationic (+) pentru particulele **organice**

### 1.2.3 Mecanismul floccularii

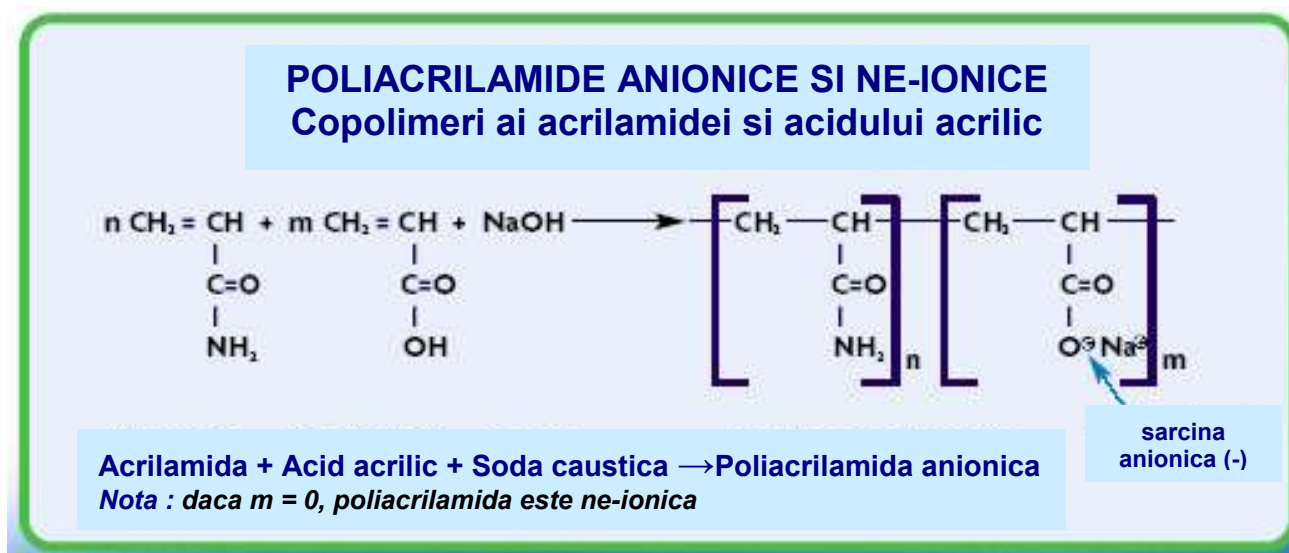
Flocculantii, cu greutatea lor moleculara foarte mari (lant lung al monomerului) si sarcinile electrice pe care le poarta, aglomereaza particulele destabilizate si le leaga de-a lungul lantului polimerului. In cursul etapei de flocculare urmeaza apoi o **crestere a dimensiunilor** particulelor prezente in apa, rezultand formarea **flocoanelor**.

Tipul de legaturi intre particulele destabilizate si flocculant sunt in principal **legaturi ionice** si **legaturi de hidrogen**.

### 1.2.4 Flocculantii

In cadrul gamei de 800 flocculanti diferiti tip **FLOPAM™**, se disting doua categorii principale de flocculanti :

#### 1. Flocculantii anionici si ne-ionici care aduc in mediu sarcini electrice negative (-)

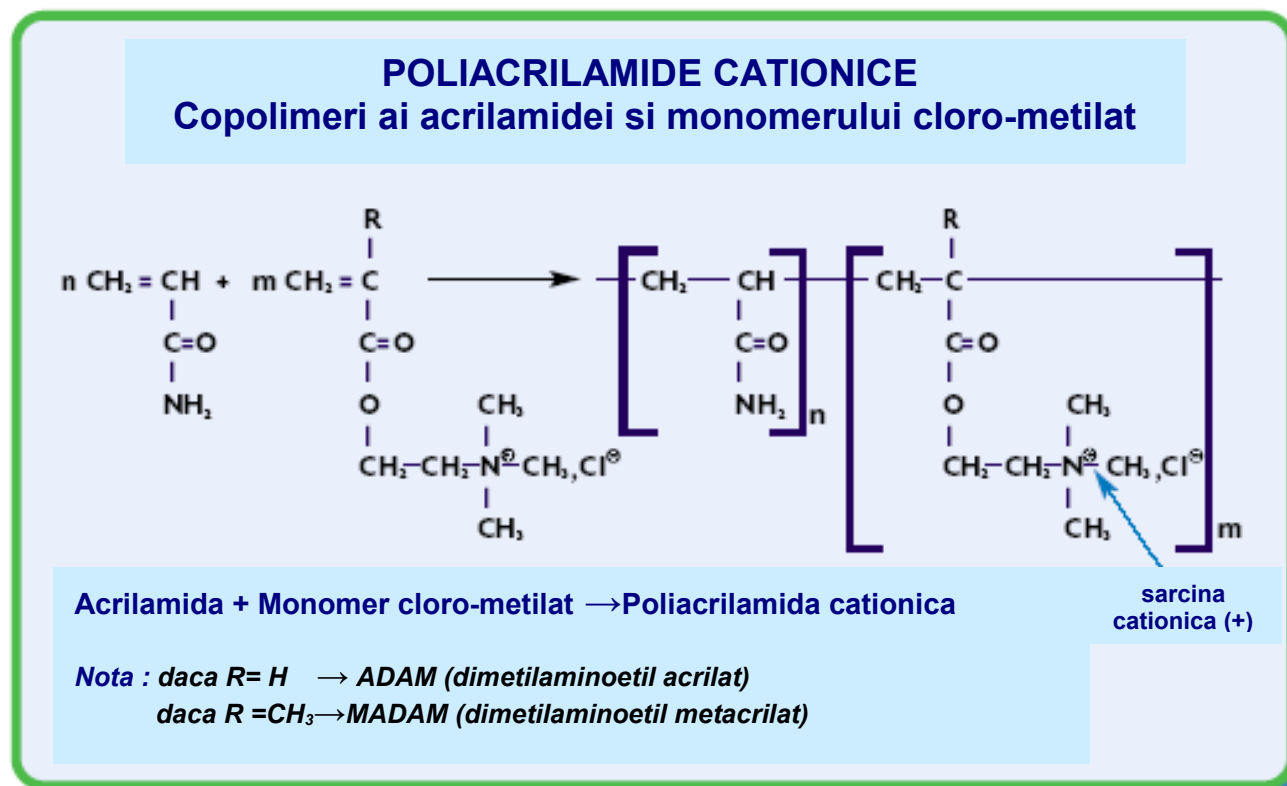


Sunt disponibile diferite forme comerciale :

- in forma solida : Seria tip **FLOPAM™ AN 900**
- in forma de emulsie : Seria tip **FLOPAM™ EM 3**



## 2. Floculantii cationici care aduc in mediu sarcini electrice pozitive (+)



Sunt disponibile diferite forme comerciale :

- in forma solida : Seria tip **FLOPAM™ FO 4000**
- in forma de emulsie : Seria tip **FLOPAM™ EM 4**

Different commercial forms exist :

● Solid form : FLOPAM™ FO 4000 Series

● Emulsion form : FLOPAM™ EM 4 Series

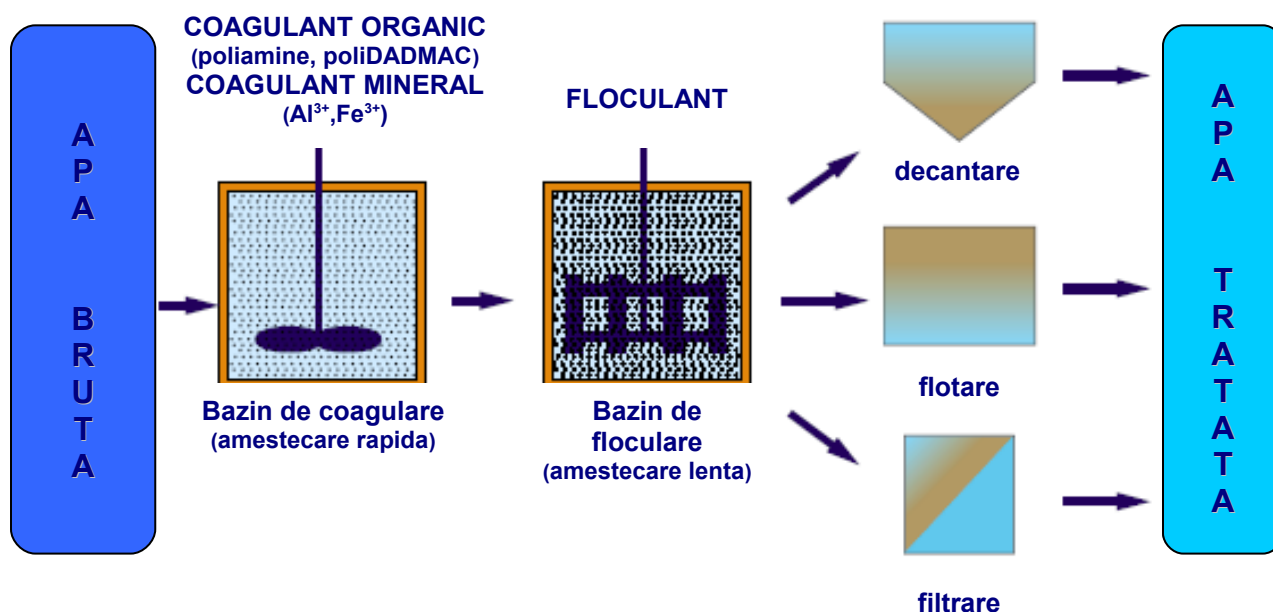


## **2. PROCESELE FIZICO-CHIMICE IN TRATAREA APEI**

Aceste procese sunt caracterizate prin :

- ✓ Utilizarea reactivilor **chimici** pentru destabilizarea si cresterea dimensiunilor particulelor care produc poluarea, urmata de
- ✓ Separarea **fizica** a solidelor de faza lichida. Separarea este de obicei realizata prin procesele de decantare, flotare sau filtrare.

### **2.1. Schema generala a unui proces fizico-chimic**



Reactivii cei mai uzuali sunt : coagulantii minerali si / sau organici, aditivi pentru floclulare (silice activa, talc, carbune activ), floclulanti anionici si cationici si reactivi de corectie pH, cum sunt acizii si bazele.

In cursul fazei de coagulare pot fi adaugati de asemenea si agenti de chelatizare a metalelor.

## 2.2. Instalatii pentru tratarea apei

### 2.2.1 Bazine pentru coagulare si floclulare

Etapele de coagulare / floclulare, in cursul carora particulele coloidale si / sau particulele destabilizate reactioneaza cu agentii chimici, se realizeaza in bazine sau rezervoare avand diferite dimensiuni si forme. Acestea pot fi uneori incluse ca parti din bazinul de decantare propriu-zis.

Pentru buna desfasurare a procesului, trebuie respectate o serie de reguli :

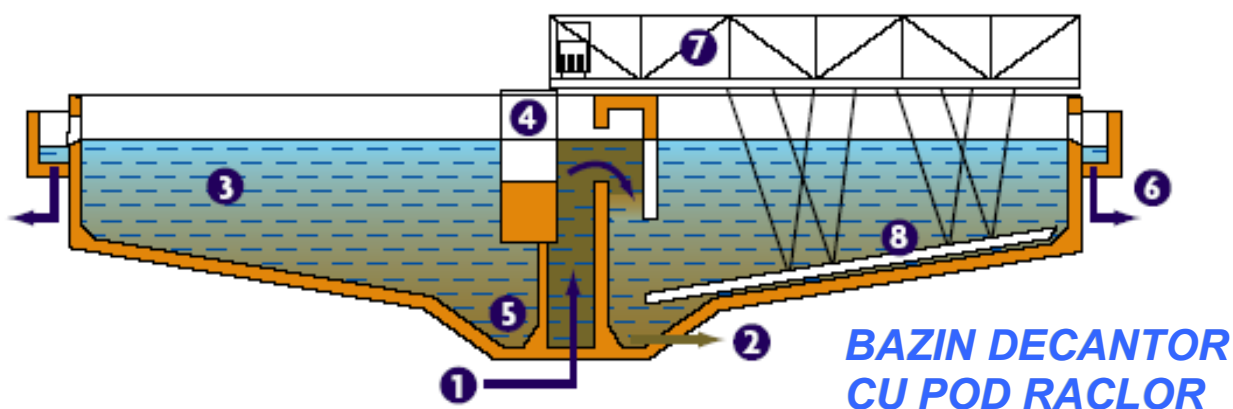
- **Volumul bazinului** se alege in functie de debitul care trebuie tratat ;
- **Punctele de injectie** pentru fiecare reactiv sunt stabilite in functie de caracteristicile reactivilor. De exemplu, un coagulant va fi intotdeauna injectat inaintea unui floclulant.
- **Dispozitivele de amestecare** (cu anumite dimensiuni si viteze de agitare) sunt alese in functie de tipul de reactivi utilizati.

Agitarea trebuie sa fie intensa in timpul etapei de coagulare (amestecare rapida cu un gradient de viteza recomandat de cca  $1.000s^{-1}$ ) si mai redusa in timpul etapei de floclulare (cu un gradient de viteza de cca  $100s^{-1}$ ), pentru a proteja formarea flocoanelor.

## 2.2.2 Bazine de decantare

Exista diferite tipuri de bazine de decantare. Acestea trebuie sa permita separarea fazei solide din apa prin **sedimentare**. Proiectarea lor se bazeaza, ca principal parametru, pe viteza de sedimentare a particulelor. Cele mai utilizate sunt :

- **Bazinul de decantare radial cu pod raclor** pentru razierea si evacuarea namolului depus. Alimentarea se face prin centrul bazinului, iar apa tratata este evacuata prin preaplinul inelului circular periferic din partea superioara. Un sistem curatitor de namol format dintr-un pod raclor cu brate previne acumularea namolului pe pantele conicitatii bazinului si impinge namolul spre evacuarea de la fundul bazinului.



- ① Intrare apa reziduala
- ② Evacuare namol
- ③ Zona de sedimentare
- ④ Distributie efluent

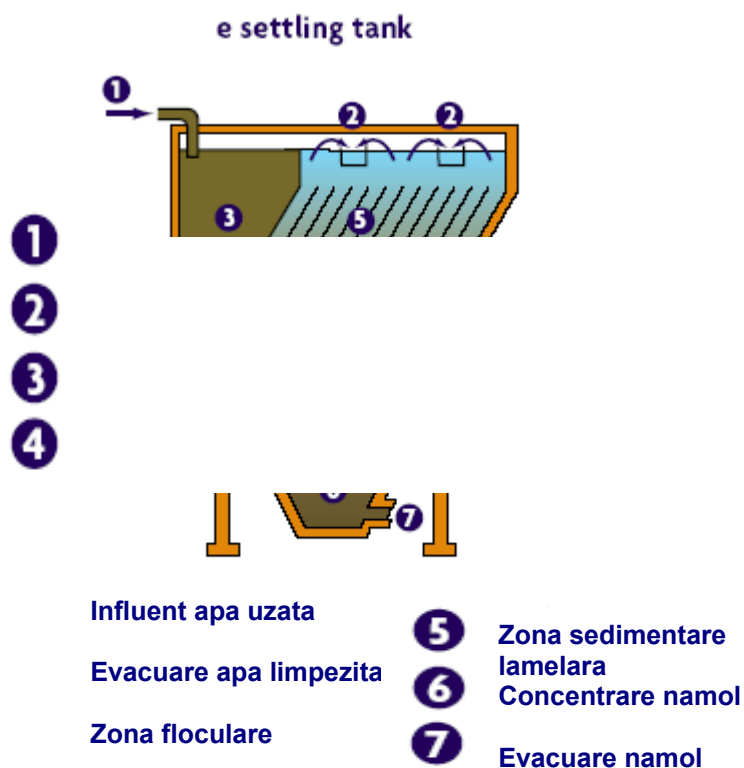
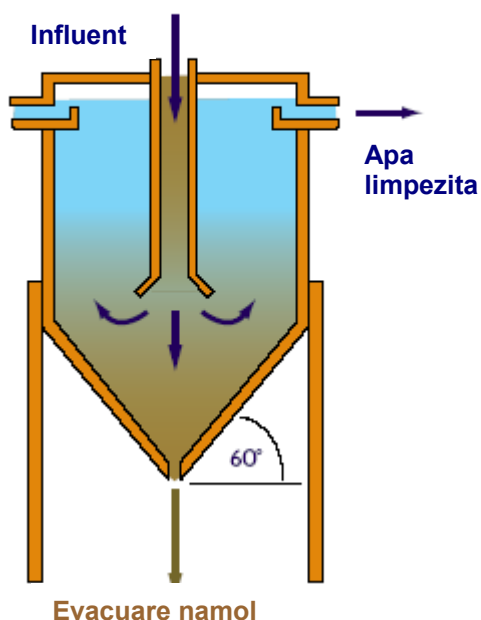
- ⑤ Zona de colectare namol
- ⑥ Preaplin de evacuare apa limpezita
- ⑦ Pod rotativ
- ⑧ Raclor de namol

### BAZIN DECANTOR CU LAMELE

- **Bazin decantor cilindric cu con** (cu curgere verticala): Intr-un astfel de bazin de sedimentare nu exista sisteme de raclare iar namolul este directionat spre evacuare de conicitatea de la baza cilindrului. Alimentarea se realizeaza central, iar evacuarea apei tratate prin preaplin periferic.

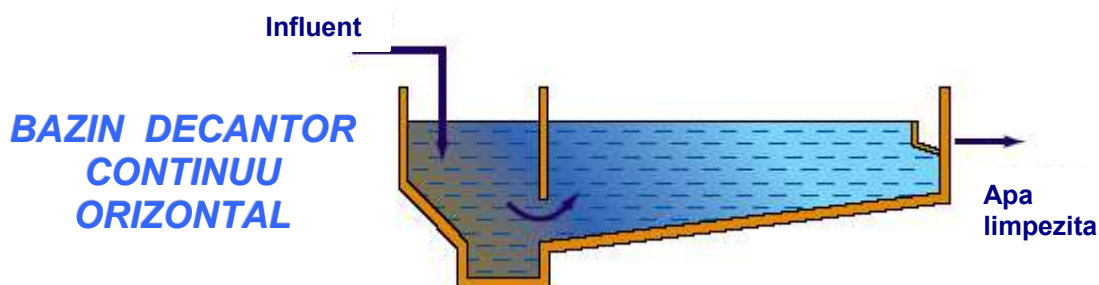
### BAZIN DECANTOR VERTICAL CILINDRIC CU CON

## Conical cylinder settling tank



Zona distributie apa floclata

- Bazin decantor cu blocuri lamelare :**  
 Este compus din module cu orificii prin care se evacueaza apa limpezita. Configuratia inclinata permite namolului sa se acumuleze gravitational la baza decantorului.
- Bazin de decantare orizontal cu curgere continua :** Denumit si bazin de decantare longitudinal, este caracterizat prin functionare in prezenta fluxului de apa de tratat, care il strabate continuu in plan orizontal.



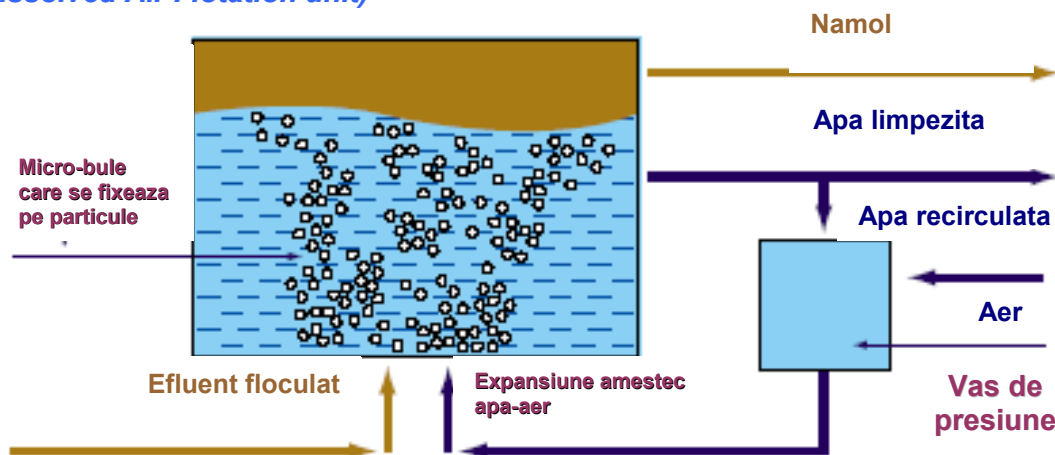
## 2.2.3 Instalatii de flotare

Contrar proceselor din bazinele de sedimentare, in instalatiile de flotare separarea solid/lichid se realizeaza prin **flotarea spre suprafata a solidelor**.

Flotatia poate fi naturala (cand densitatea particulelor este  $< 1$ ) sau indusa (prin introducerea unor micro-bule la particule). Evacuarea namolului se face la suprafata instalatiei.

## INSTALATIE DE FLOTARE CU AER DIZOLVAT

(DAF = Dissolved Air Flotation unit)



### 2.2.4 Filtre

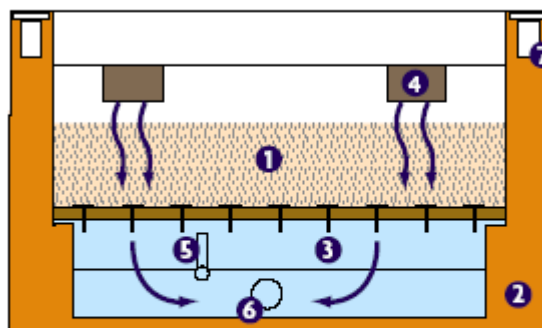
Filtrarea este procesul de trecere a amestecului solid-lichid printr-un mediu poros, pentru a retine solidele si a lasa sa treaca numai lichidul.

Filtrarea este o tehnologie bine adaptata pentru tratarea efluentilor cu concentratii scazute de impurificatori sau ca etapa de finisare a calitatii apei tratate.

Cele mai obisnuite filtre sunt :

- Filtrele de nisip
- Filtrele cu banda sau cu sac filtrant
- Filtrele cu rulouri de hartie filtranta
- Filtrele de vid (cu discuri sau cu placi)
- Filtrele cu membrane, pentru ultrafiltrare

#### FILTRU DE NISIP



- |   |                    |   |                             |
|---|--------------------|---|-----------------------------|
| ① | Nisip              | ⑤ | Suflanta pentru recirculare |
| ② | Structura de beton | ⑥ | Evacuare apa filtrata       |
| ③ | Duze de filtrare   | ⑦ | Evacuare namol              |
| ④ | Influent           |   |                             |

### 2.3. Param



Atat la preselectarea coagulantilor si flocculantilor in testele de laborator, cat si in selectarea finala prin experimente industriale, trebuie luata in considerare o serie de parametri.

### 2.3.1 Caracteristicile efluentului

- pH
- continut de substanta uscata (g/l)
- balanta ionica
- raportul mineral / organic

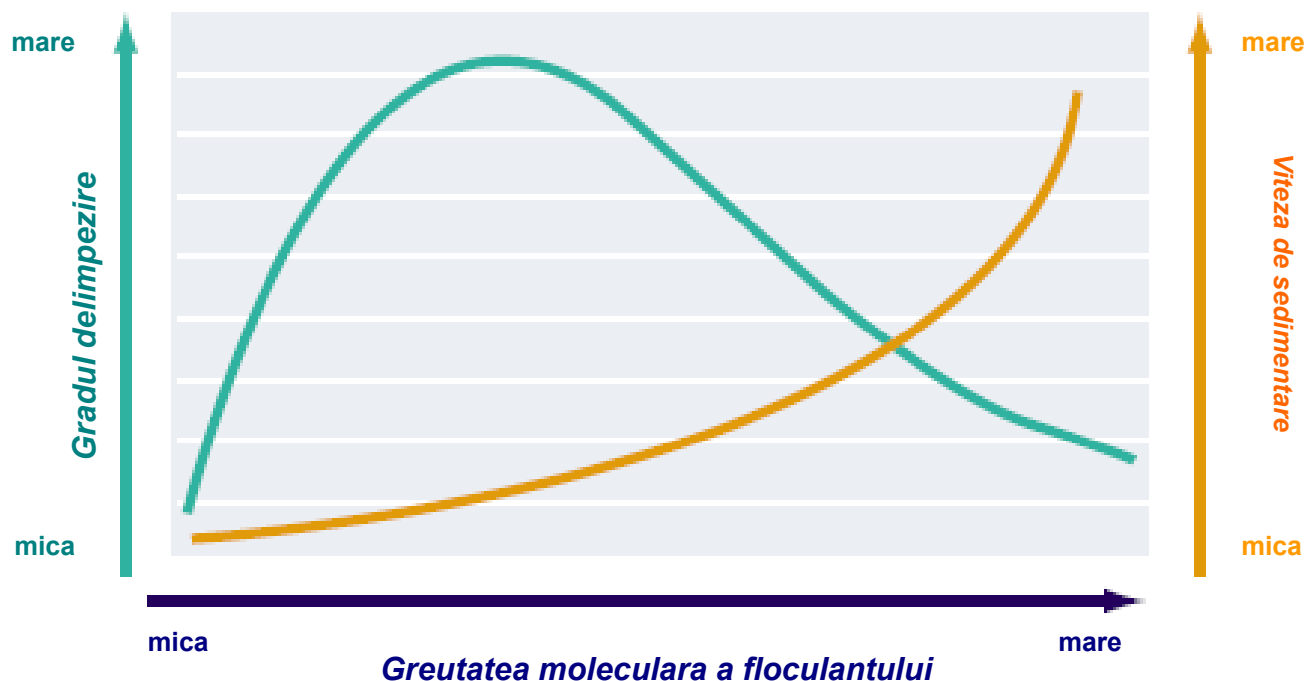
### 2.3.2 Conditile de operare

- capacitatea de a se asigura o amestecare rapida
- punctele de injectie a reactivilor
- conditiile de amestecare
- timpul de contact
- timpul de sedimentare

### 2.3.3 Rezultatele obtinute

- suspensii solide
- turbiditate
- culoare
- consum chimic de oxigen

## INFLUENTA GREUTATII MOLECULARE ASUPRA VITEZEI DE SEDIMENTARE SI A GRADULUI DE LIMPEZIRE



## 3. TESTE DE LABORATOR

Realizarea etapei de testare la nivel de laborator este esentiala. Luand in considerare gama foarte larga de produse disponibile (peste 800), testele de laborator sunt necesare pentru :

- Selectarea celui mai potrivit produs pentru a fi testat industrial
- Obținerea datelor preliminare si estimarea performantelor asteptate : suspensii solide, turbiditate, consum chimic de oxigen, s.a.
- Estimarea preliminara a dozelor necesare
- Stabilirea conditiilor optime de operare industrială : puncte de injectie, amestecare, s.a.

**Nota :** Testele de laborator nu sunt suficient de precise pentru a se extrapola rezultatele la o performanta industrială exacta.

## 3.1. Prelevarea probelor

### 3.1.1 *Prelevarea probelor de apa de tratat*

Inainte de efectuarea testului de laborator este necesara prelevarea unei probe reprezentative a efluentului de tratat. Pentru a putea fi efectuate testele cele mai adecvate, este necesara completarea unei cunoasteri aprofundate a procesului cu date referitoare la :

- Calitatea apei (pH, suspensii solide, substante dizolvate, culoare, turbiditate, consum chimic de oxigen, s.a.)
- Debitul mediu si maxim de efluent
- Variatiile calitative
- Echipamentele utilizate
- Necesarul de investitii viitoare in proces si/sau echipamente

### 3.1.2 *Prelevarea probelor de polimer*

Nu este necesar sa fie testate toate produsele disponibile, fiind realizata o selectie preliminara.

- Pentru **coagulanti**, poate fi testata cate o proba din fiecare clasa importanta de produse : poliamine (**FLOQUAT™ FL 17**), poliDADMAC – policlorura de dialildimetilamoniu (**FLOQUAT™ FL 45 C**), rasini diciandiamidice (**FLOQUAT™ DEC 50**), saruri metalice (PAC – policlorura de aluminiu).
- Pentru **floculanti**, se selecteaza sarcina ionica prin testarea domeniului de produse avand aceeasi greutate moleculara : seria **FLOPAM™ AN 900 SH** pentru pudrele anionice si **FLOPAM™ FO 4000 SH** pentru pudrele cationice.

## 3.2. Instalatii de laborator

Cel mai cunoscut aparat utilizat in testarea proceselor fizico-chimice este Aparatul Jar-test. Acesta permite un control strict al agitarii simultane in mai multe pahare de laborator (de obicei 6) si permite compararea eficientei mai multor produse sau a diferitelor doze din acelasi produs.

Pentru desfasurarea experimentului este necesar un echipament anex redus : seringi, pipete si un cronometru pentru masurarea timpilor de amestecare.



**Aparat Jar-test automat**



**Aparat Jar-test manual**

**Nota :** In documentul *“Prepararea solutiilor de polimeri organici”* sunt prezentate metodele de dizolvare pentru prepararea solutiilor de coagulanti si floculanti.

### 3.3. Proceduri de testare

Scopul acestui capitol nu este de a impune o procedura de testare, ci de a **descrie elementele cheie** care sunt importante si comune in toate procedurile existente. Orice procedura de testare la faza de laborator are ca scop simularea conditiilor industriale si verificarea manevrelor de operare. Urmarind aceste criterii, fiecare test este totusi specific.

- **Injectia reactivilor :**  
dupa prepararea diferitelor solutii de reactivi care trebuie comparate, se realizeaza simultan injectia dozelor de reactivi predeterminate.





- **Sedimentarea flocoanelor** : Odata ce s-au format flocoanele, incepe faza de sedimentare cu un timp mediu de 20 min pentru coagulanti si 10 min pentru floclanti.



- **Amestecarea reactivului in efluent** : dupa injectie este necesara o faza de amestecare, pentru a dispersa reactivul in masa de efluent. Aceste faze de amestecare pot varia in functie de timp si de viteza. De exemplu:

- pentru coagulant : 250 rot/min pentru 2 min, apoi 40 rot/min pentru 15 min ;
- pentru floclant : 250 rot/min pentru 10 s, apoi 40 rot/min pentru 5 min.

### 3.4. Parametri de urmarit si interpretarea rezultatelor

Principalii parametri care se controleaza in timpul testelor de laborator sunt :

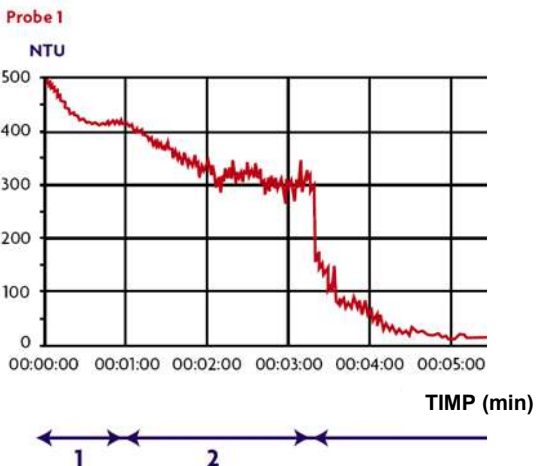
- Timpul de reactie
- Dimensiunea flocoanelor
- Timpul de sedimentare
- Limpezirea
- Amestecarea
- Taria floconului

Acesti parametri pot fi controlati vizual sau cu echipamente de tipul turbidimetrului cu 6 pozitii, perfectionat de **SNF** pentru masurarea continua a turbiditatii intr-un experiment Jar-test.

Toate datele sunt inregistrate, pentru a analiza rezultatele.



1. Injectie coagulant si amestecare rapida
2. Amestecare lenta
3. Sedimentare



## 4. EXPERIMENTE INDUSTRIALE

Desfasurarea experimentelor industriale trebuie sa poata **sa verifice si sa confirme rezultatele** obtinute anterior in faza de **laborator**.

### 4.1. Desfasurarea experimentului

In timpul desfasurarii experimentului industrial, calitatea si debitul efluentului de tratat trebuie sa fie cat mai apropiate posibil de valorile medii curente. Pregatirea reactivilor trebuie facuta cu minuziozitate. Concentratiile reactivilor si punctele de injectie ale acestora trebuie sa fie alese pe baza rezultatelor de laborator anterior determinate.

### 4.2. Parametri urmariti si interpretarea rezultatelor

Principalii parametri care sunt urmariti in timpul experimentului se aleg in functie de rezultatele urmarite. Totusi, cei mai des utilizati sunt :

- **Debitul de reactiv** (l/h, kg/h)
- **Debitul de efluent** (m<sup>3</sup>/h)
- **Concentratia** poluantilor in efluent (g/l)
- **Punctul de injectie** a reactivilor
- Gradul de **limpezire** a apei tratate
- Gradul de **ingrosare** a namolului separat

Pentru a analiza aceste rezultate, este util ca ele sa fie centralizate tabelar pentru a inlesni calcularea consumurilor specifice de reactivi, per volum tratat sau per greutate de substanta uscata.

## 5. ERORI EXPERIMENTALE

### 5.1. In laborator

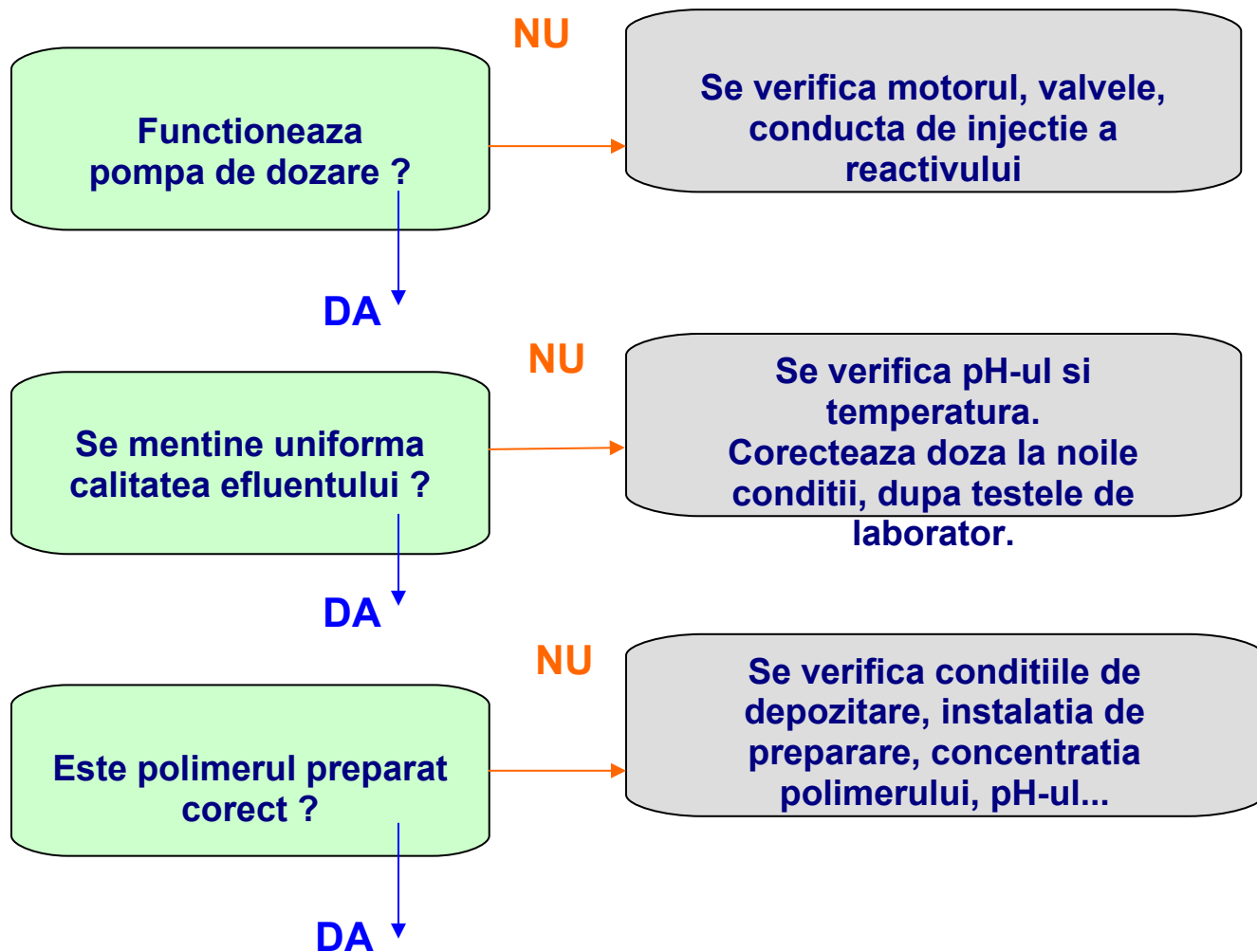
In laborator pot fi obtinute rezultate neasteptate datorita :

- **unei amestecari ineficiente a reactivului** : pot aparea dificultati in amestecarea reactivului in proba de apa, datorita vascositatii mari a flocculantilor organici.
- **unei supradozari** : la anumite doze, sarcinile ionice (+) sau (-) remanente in efluent sunt prea mari si provoaca un efect de repulsie intre particule.

### 5.2. Pe teren

Cand apare o problema cu doza de reactiv, este foarte important sa se verifice fiecare din etapele urmatoare :

#### DOZAREA IN TRATAREA APEI



Este polimerul utilizat  
corespunzator ?

Se verifica amestecul polimer /  
efluent, conditiile de  
amestecare, punctele de  
injectie, ...

Este polimerul ales  
adaptat efluentului ?

Se reia testarea in laborator a  
unei game mai largi de polimeri



## SNF S.A.

Zac de Milieux, 42163, Andrieux Cedex, France

Telefon : +33 (0)4 77 3

Fax: +33 (0)4 77 36 86

E-mail : [info@snf.fr](mailto:info@snf.fr)

[www.snf-group.com](http://www.snf-group.com)

**SNF FLOERGER®**

Jean Huss - 42028 Saint  
1 France

n : +33 (0)4 77 47 66 00

33 (0)4 77 47 66 96

| : [floerger@snf.fr](mailto:floerger@snf.fr)

## Flochem SNF Romania

Str. Mihail Cioranu 4, sector 5, Bucuresti

Telefon : 021 410 78 09

0744 567 466

0744 425 079

Fax : 021 410 30 26

E-mail : [flochem@floerger.ro](mailto:flochem@floerger.ro)

[office@snf.ro](mailto:office@snf.ro)

## chem SNF

hail Cioranu 4, sector 5,

n : 021 410 78 09