



# Îmbunătățirea capacității de deshidratare mecanică a nămolului orănesc prin condiționare chimică

FLORICA MANEA<sup>1\*</sup>, NADIA POP<sup>1</sup>, ILIE VLAICU<sup>2</sup>, VASILE PODE<sup>1</sup>, RODICA PODE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitatea Politehnica din Timișoara, P-ța Victoriei, Nr.2, 300006, Timișoara, România

<sup>2</sup>R.A. AQUATIM Timisoara, Str. Gheorghe Lazar Nr. 11/A, 300081 Timișoara, România

*The aim of this experimental study was to evaluate the performance of chemical conditioning process that improves mechanical dewatering process of the municipal sludge from Timisoara city. The optimal dosages of single (FeCl<sub>3</sub> and cationic polyelectrolyte) and dual (their combination) chemical conditioning agent were determined based on the correlation between electrokinetic potential  $\zeta$  and the parameters that characterize mechanical dewatering process, i.e., the specific resistance to filtration ( $r$ ) and time to filtration (TF). The optimal dosage determined for single chemical conditioning was 180 g/kg d.s. FeCl<sub>3</sub>, 36g/kg d.s. FeCl<sub>3</sub> and 0,54 g/kg d.s. cationic polyelectrolyte for dual chemical conditioning respectively. The correlation between electrokinetic potential  $\zeta$  with the dewatering process' parameters led to the dosage of the chemical conditioning corresponding to the isoelectrical point was different versus the optimal dosage at which the best performance of sludge dewatering, respectively filtering was reached. The values of sludge volume index (IVN) shown a slight improving of gravitational settling behaviour of municipal sludge.*

*Keywords: municipal sludge, chemical conditioning, FeCl<sub>3</sub>, cationic polyelectrolyte*

Separarea, tratarea și depozitarea nămolului care rezultă din epurarea apelor uzate municipale reclamă costuri operaționale și capitale importante. În scopul reducerii cantității și volumului de nămol, acesta este supus deshidratării mecanice. Deoarece majoritatea nămolurilor care rezultă din stațiile de epurare a apelor uzate prezintă rezistență ridicată la deshidratare, îmbunătățirea capacității de deshidratare mecanică a acestora se poate realiza prin condiționare chimică. Condiționarea chimică se realizează în mod uzual cu reactivi minerali și/sau polielectrolizi organici sintetici, ce pot fi utilizați în sistem singular sau dual. [1-14]. Cei mai utilizați reactivi anorganici sunt sărurile de fier și de aluminiu, în prezența sau absența varului, performanța condiționării fiind mai bună în prezența varului [1]. Flocularea cu polielectrolit se utilizează în general pentru mărirea potențialului nămolului de sedimentare și îmbunătățirea filtrabilității nămolului [3]. Condiționarea chimică duală (combinația dintre un reactiv anorganic și unul organic sau a doi reactivi organici) a fost puțin studiată, performanța procesului fiind influențată de tipul polielectrolitului utilizat [5]. Pentru evaluarea procesului de condiționare care îmbunătățește comportarea nămolului la deshidratare, se impune stabilirea dozei optime de agent de condiționare. Doza optimă de agent de condiționare poate fi definită prin

cantitatea de reactivi chimici care conduce la o deshidratare optimă, sau prin cea mai mică cantitate de compuși chimici utilizați la condiționare pentru care se atinge o anumită performanță la deshidratare [12].

Obiectivul acestei lucrări a constat în îmbunătățirea comportării la deshidratare mecanică a nămolului primar provenit din Stația de epurare a municipiului Timișoara, prin testarea unor modele de condiționare chimică cu clorură ferică și polielectrolit cationic, în sistem singular, respectiv dual. Pentru evaluarea eficienței modelelor experimentate, s-au urmărit parametrii care caracterizează procesul de deshidratare: rezistența specifică la filtrare ( $r$ ), timpul de filtrare (TF) și indicele de volum al nămolului (IVN). De asemenea, în vederea stabilirii tipului de agent de condiționare s-a determinat și potențialul electrocinetic  $\zeta$ .

## Partea experimentală

Studiul a fost realizat pe nămolul primar prelevat din Stația de epurare a municipiului Timișoara. Caracteristicile fizico-chimice ale nămolului au variat funcție de data prelevării și sunt prezentate în tabelul 1.

În vederea îmbunătățirii capacității de deshidratare mecanică și a filtrabilității nămolului primar, s-au testat patru modele experimentale de condiționare chimică, pe

**Tabelul 1**  
CARACTERISTICILE NĂMOLULUI PRIMAR BRUT

Modelul experimental de condiționare	Caracteristicile nămolului primar brut					
	Umiditate, %	Substanță uscată, %	$\rho$ , g/cm <sup>3</sup>	pH	$r$ , m/kg	ZP, mV
FeCl <sub>3</sub> – sistem singular	94,26	5,74	1,0426	6,8	0,96 · 10 <sup>13</sup>	-40,05
72 g FeCl <sub>3</sub> /kg s.u. și PC – sistem dual	92,94	7,06	0,9900	5,3	0,42 · 10 <sup>13</sup>	-28,02
36 g FeCl <sub>3</sub> /kg s.u. și PC – sistem dual	90,66	9,34	0,9911	6,6	1,73 · 10 <sup>13</sup>	-18,58
PC – sistem singular	93,48	6,52	1,0040	7,6	1,26 · 10 <sup>13</sup>	-37,13

\* Tel.: (+40) 0728515075

**Tabelul 2**

DOZE DE POLIELECTROLIT CATIONIC PENTRU ACEEA<sup>a</sup>I DOZĂ DE FeCl<sub>3</sub>, LA APLICAREA JAR TESTULUI

Nr. Probă	1	2	3	4	5	6
V <sub>FeCl<sub>3</sub></sub> (ml/500 mL)	0	20	20	20	20	20
V <sub>polielectrolit</sub> (ml/500 mL)	0	5	10	15	20	25
C <sub>FeCl<sub>3</sub></sub> (g/l)	0	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
C <sub>polielectrolit</sub> (g/l)	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
C <sub>FeCl<sub>3</sub></sub> (g/kg s.u.)	0	72,07	72,07	72,07	72,07	72,07
C <sub>polielectrolit</sub> (g/kg s.u.)	0	0,14	0,29	0,43	0,57	0,72

bază de FeCl<sub>3</sub> sau polielectrolit cationic - PC (sistem singular), respectiv FeCl<sub>3</sub> cu adaos de PC (sistem dual). Fiecare model experimental de condiționare a fost testat pe nămol primar proaspăt prelevat, care a fost caracterizat fizico-chimic și din punctul de vedere al filtrabilității. Polielectrolitul cationic tip Zetag 7587 (Ciba) s-a caracterizat prin: densitate de sarcină mare, masă moleculară medie, concentrația maximă < 0.05 (%), solubil în apă, densitate cuprinsă între 500-800 kg/m<sup>3</sup>.

Studiile de condiționare s-au realizat prin metoda Jar-test. Au fost preparate soluții de FeCl<sub>3</sub> 10%, respectiv soluții de PC 1g/L. Probe de câte 500 mL nămol primar brut cu doze crescătoare de reactivi de condiționare (inclusiv doza „0”) au fost supuse agitării rapide (140 rot/min) și apoi agitării lente (40 rot/min) timp de 3, respectiv 20 min. pH-ul optim de floculare a fost reglat prin adaos de lapte de var.

Ulterior, toate probele de nămol condiționate, inclusiv cele cu doza „0”, au fost supuse sedimentării gravitaționale timp de o oră, respectiv determinării rezistenței specifice la filtrare. Rezistența specifică la filtrare s-a efectuat conform standardului românesc [15]. Testul de filtrare s-a realizat utilizând o pâlnie Buchner prin aplicarea unui vid de 0,49 bar (1bar=100 kPa). Rezistența specifică la filtrare, r (m/kg) s-a calculat pe baza ecuației:

$$r = \frac{2 \cdot a^2 \cdot b \cdot P \cdot 10}{c \cdot \eta} \quad (1)$$

în care:

- a - suprafața de filtrare (cm<sup>2</sup>);
- P - presiunea (Pa);
- b - parametru experimental care rezultă din panta graficului liniar t/v (raportul dintre timpul de filtrare și volumul filtratului) funcție de v (volum de filtrat);
- c - concentrația solidelor din turta de nămol pe unitatea de volum, determinată experimental (g/cm<sup>3</sup>);
- η - vâscozitatea supernatantului nămolului (Pa . s)

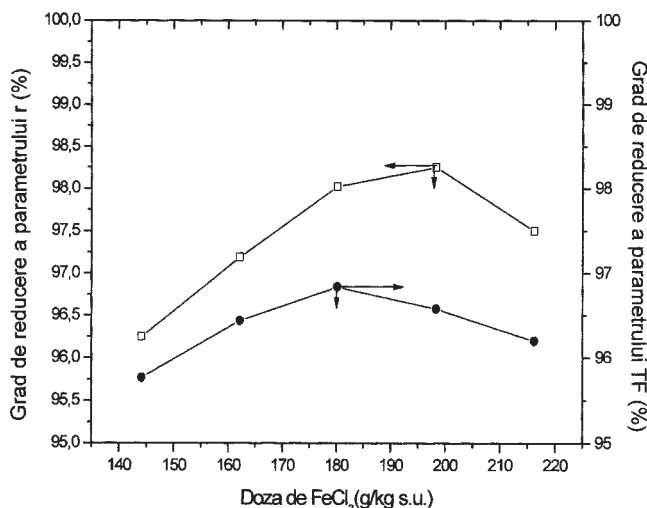


Fig. 1.a. Efectul dozei de FeCl<sub>3</sub> asupra reducerii rezistenței specifice la filtrare și asupra timpului de filtrare

Detalii asupra prelucrării datelor experimentale în vederea determinării parametrului r au fost prezentate într-o lucrare anterioară [14]. Suplimentar, în cadrul experimentelor de determinare a parametrului r, s-a urmărit și parametrul timp de filtrare (TF), definit ca timpul necesar filtrării a jumătate din volumul de filtrat [1].

Studiile de sedimentare gravitațională și de filtrabilitate au permis determinarea dozei optime de reactiv de condiționare (DO) și evaluarea comparativă a eficienței modelelor de condiționare testate asupra comportării nămolului la deshidratare.

Potențialul electrocinetic ζ al nămolului s-a determinat cu ajutorul Zetametruului de tip ZM 77, Zeta-Meter, Inc., New York, prin calculul mobilității electroforetice a particulelor încărcate, respectiv prin cronometrarea vitezei de deplasare a acestora într-un câmp electric.

Un exemplu de doze utilizate în unul din modelele de condiționare testate este prezentat în tabelul 2.

**Rezultate și discuții**

a) *Evaluarea eficienței modelelor de condiționare chimică, prin rezistența specifică la filtrare (r) și timpul de filtrare (TF)*

Rezistența specifică la filtrare (r) este parametrul utilizat pentru a exprima u<sup>o</sup>urința deshidratării mecanice a nămolului. Acest parametru face comparație între filtrabilitatea unor tipuri diferite de nămoluri și poate furniza informații referitoare la criteriile pentru alegerea și proiectarea metodelor de deshidratare. De asemenea, acest parametru poate fi folosit pentru a evalua efectele condiționării chimice asupra filtrabilității nămolului [1]. Valori ridicate ale parametrului r indică un nămol dificil de deshidratat iar valori mai scăzute indică un nămol care nu mai necesită condiționare. Timpul de filtrare (TF) oferă informații mai rapide asupra filtrabilității nămolului, principalul avantaj fiind că nu necesită determinarea tuturor parametrilor (concentrația de solide, presiunea

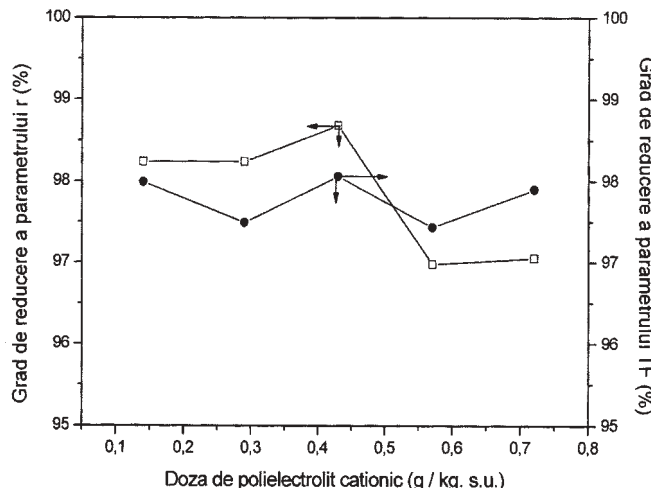


Fig. 1.b. Efectul dozei de PC în prezența a 72 g/kg s.u. FeCl<sub>3</sub> asupra reducerii rezistenței specifice la filtrare și asupra timpului de filtrare

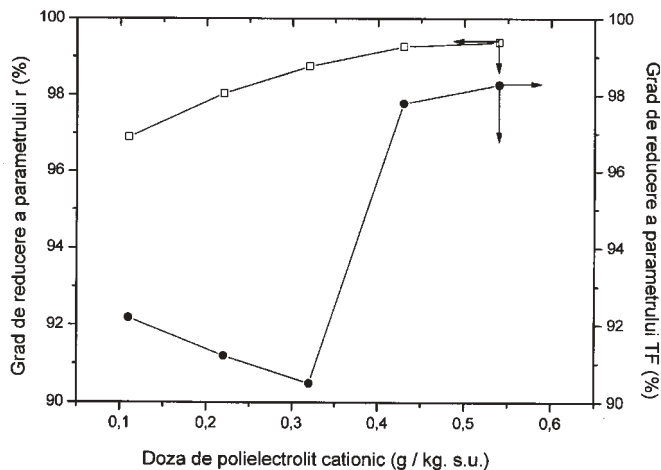


Fig. 1.c. Efectul dozei de PC în prezența a 36g/kg s.u. FeCl<sub>3</sub> asupra reducerii rezistenței specifice la filtrare și asupra timpului de filtrare

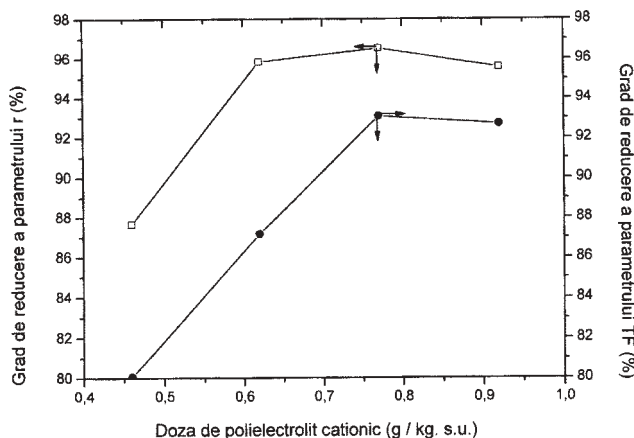


Fig. 1.d. Efectul dozei de PC în absența FeCl<sub>3</sub> asupra reducerii rezistenței specifice la filtrare și asupra timpului de filtrare

aplicată, suprafața de filtrare și vâscozitatea), necesari evaluării rezistenței specifice la filtrare. Dezavantajul utilizării acestui parametru este că nu dă informații asupra efectului parametrilor operaționali ai filtrării, de exemplu presiunea aplicată.

Rezultatele obținute în urma experimentelor Jar-test corespunzătoare modelelor de condiționare testate au permis calcularea gradului de reducere a parametrilor  $r$  și TF în raport cu valorile corespunzătoare nămolului brut (doza "0"). Pe baza lor s-a determinat doza optimă de reactiv de condiționare corespunzătoare fiecărui model și a fost evaluată eficiența modelelor experimentale în îmbunătățirea capacității de deshidratare mecanică, prin filtrare (fig. 1 a-d).

Valorile parametrului  $r$  pentru nămolul primar brut necondiționat s-au situat între  $0,42 \cdot 10^{13}$ - $1,73 \cdot 10^{13}$  m/kg, iar pentru nămolul condiționat la doza optimă rezultată pentru modelele experimentale, au variat între  $1,07 \cdot 10^{11}$ - $1,75 \cdot 10^{11}$  m/kg. Valorile obținute sunt în concordanță cu cele raportate în literatură atât pentru nămolul brut cât și pentru cel condiționat [1]. Gradul de reducere al parametrilor  $r$  și TF a depins de variantele de condiționare utilizate. Cele mai bune rezultate s-au obținut în cazul utilizării sistemului dual de condiționare, cu doza de 36 g/kg s.u. FeCl<sub>3</sub> și 0,54 g/kg s.u. PC. Pentru nămolul primar, modelul de condiționare numai cu PC (sistem singular) nu a fost eficient.

b) *Teste de sedimentare gravitațională - indicele de volum al nămolului (IVN)*

Procesul de sedimentare gravitațională a nămolului în modelele experimentale testate a fost caracterizat prin parametrul IVN (indicele de volum al nămolului). IVN-ul reprezintă un parametru standard pentru evaluarea sedimentării nămolului și totodată potențialul de deshidratare prin sedimentare simplă. Astfel, IVN-ul poate fi definit ca și volumul (ml) ocupat de 1 g substanță solidă după sedimentarea nămolului timp de 30 min și a fost calculat cu ajutorul relației:

$$IVN(ml/g) = \frac{V_{n,30}}{s.s.} \quad (2)$$

unde:

$V_{n,30}$  reprezintă volumul de nămol sedimentat timp de 30 min (mL/L);

s.s.- concentrația de solide (g/L).

Rezultatele testelor de sedimentare pentru două din modelele de condiționare utilizate sunt prezentate în tabelele 3 și 4.

Rezultatele obținute pentru acest parametru arată că prin condiționare cu FeCl<sub>3</sub>, respectiv cu 72 g/kg s.u. FeCl<sub>3</sub> și adaos de PC se obține o uoară îmbunătățire a IVN-ului. Totuși, prin micșorarea dozei de FeCl<sub>3</sub> capacitatea de sedimentare gravitațională a nămolului se diminuează.

Variantele de condiționare cu 36 g FeCl<sub>3</sub>/kg s.u. și diferite doze de PC (sistem dual), respectiv numai cu PC nu au

**Tabelul 3**  
PARAMETRII DE SEDIMENTARE OBTINUȚI ÎN CAZUL UTILIZĂRII FeCl<sub>3</sub> CA AGENT DE CONDIȚIONARE - SISTEM SINGULAR

Doza FeCl <sub>3</sub> (g/kg s.u.)	0	144	162	180	198	216
Parametru						
nămol sedimentat în timp de 30 minute (ml/L)	60	120	150	170	150	280
IVN (ml/g)	1,00	2,00	2,50	2,84	2,50	4,70

**Tabelul 4**  
PARAMETRII DE SEDIMENTARE OBTINUȚI ÎN CAZUL UTILIZĂRII A 72 g/kg s.u. FeCl<sub>3</sub> A DOZE DIFERITE DE PC-SISTEM DUAL

Doza PC (g/kg s.u.)	0	0,14	0,29	0,43	0,57	0,72
Parametru						
nămol sedimentat în timp de 30 minute (ml/L)	-	-	80	120	90	90
IVN (ml/g)	nosed.	nosed.	1,34	2,00	1,50	1,50

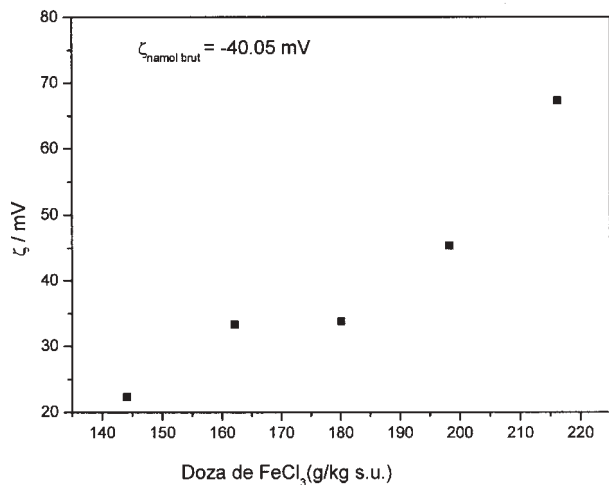


Fig. 2.a. Efectul dozei de  $\text{FeCl}_3$  asupra potențialului electrocinetic  $\zeta$

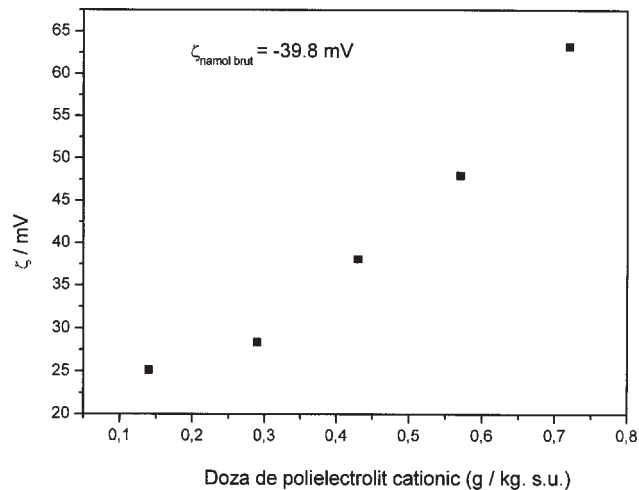


Fig. 2.b. Efectul dozei de PC în prezența a 72 g/kg s.u.  $\text{FeCl}_3$  asupra potențialului electrocinetic  $\zeta$

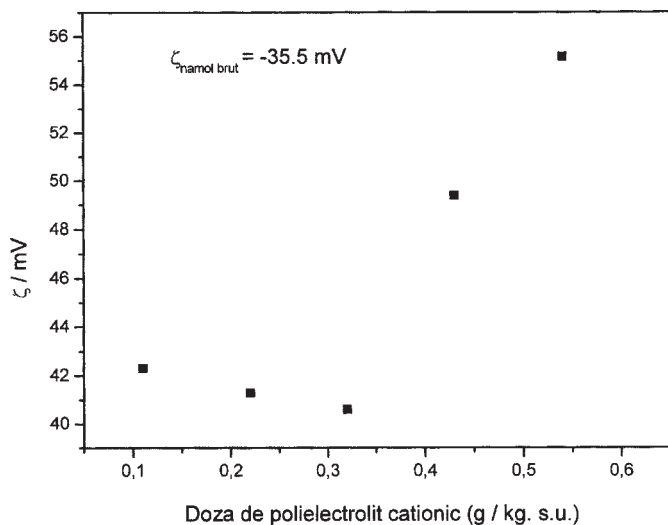


Fig. 2.c. Efectul dozei de PC în prezența a 36 g/kg s.u.  $\text{FeCl}_3$  asupra potențialului electrocinetic  $\zeta$

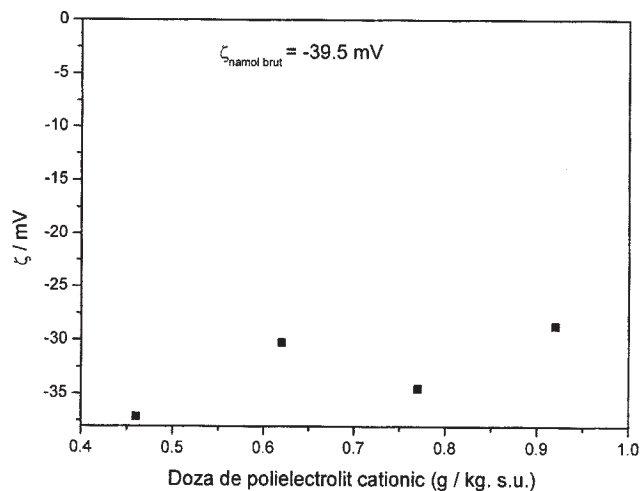


Fig. 2.d. Efectul dozei de PC în absența  $\text{FeCl}_3$  asupra potențialului electrocinetic  $\zeta$

determinat îmbunătățirea comportării la sedimentare gravitațională a nămolului primar.

### c) Potențialul electrocinetic $\zeta$

Variațiile potențialului electrocinetic  $\zeta$  cu tipul și dozele agenților de condiționare pentru modelele experimentale sunt prezentate în figurile 2a-d.

Prin folosirea unor doze diferite de  $\text{FeCl}_3$  s-au atins diferite puncte izoelectrice, care dau informații despre condițiile în care se produce neutralizarea sarcinii nămolului, aceste doze fiind considerate ca doze minime necesare procesului de condiționare a nămolului. Citirile potențialului  $\zeta$  pentru nămolul condiționat s-au situat în domeniul 20-80 mV. În cazul modelului de condiționare bazat numai pe adaos de PC nu s-a atins punctul izoelectric pentru nici una din dozele utilizate, în acest caz presupunând că mecanismul condiționării îl constituie preponderent adsorbția PC pe nămol prin legături de hidrogen și forțe de tip Van der Waals. Mai mult, la concentrații ridicate de PC, procesul de adsorbție poate fi împiedicat pentru anumite porțiuni ale nămolului, datorită respingerii electrostatice și a împiedicării sterice [2]. Pe de altă parte, chiar dacă valoarea 0 a potențialului  $\zeta$  indică neutralizarea completă a sarcinii, s-a arătat [4] că neutralizarea sarcinii nu corespunde și nu este suficientă pentru a atinge o doză optimă de agent de condiționare.

Prin corelarea potențialului electrocinetic  $\zeta$  cu variația parametrilor rezistență specifică la filtrare ( $r$ ) și timp de

filtrare ( $TF$ ), se poate concluziona că doza de agent de condiționare la care ar decurge neutralizarea sarcinii nămolului nu coincide cu doza optimă la care se obține cea mai bună performanță a procesului de deshidratare, respectiv de filtrare a nămolului. Ca atare, dozele la care decurge neutralizarea sarcinii pot fi considerate doze minime, dozele optime fiind cele pentru care se ating valori minime ale parametrilor  $r$  și  $TF$ . Explicația rezidă în mecanismul complex de coagulare, care presupune pe lângă neutralizarea de sarcină, procese de adsorbție și formare de punți între particule.

### Concluzii

Pentru îmbunătățirea capacității de deshidratare mecanică a nămolului primar provenit din Stația de epurare a municipiului Timișoara au fost experimentate sisteme de condiționare cu  $\text{FeCl}_3$  și PC, în sistem singular și dual.

Evaluarea eficienței modelelor de condiționare chimică testate s-a bazat pe determinarea parametrilor: rezistență specifică la filtrare- $r$ , timp de filtrare- $TF$ , indice de volum- $IVN$  și potențial electrocinetic  $\zeta$ .

Modelele de condiționare testate nu au îmbunătățit semnificativ comportarea nămolului la sedimentare gravitațională, aspect evidențiat prin parametrul  $IVN$ .

Din acest motiv, pentru stabilirea dozei optime, a fost corelat potențialul electrocinetic  $\zeta$  cu parametrii care caracterizează procesul de filtrabilitate și uorința

deshidratării mecanice a nămolului, respectiv rezistența specifică la filtrare ( $r$ ) și timpul de filtrare (TF).

Doza optimă determinată pentru condiționarea chimică cu  $\text{FeCl}_3$  (sistem singular) a fost cuprinsă în intervalul 180-200 g/kg s.u.  $\text{FeCl}_3$  (fig. 1a), iar cea determinată pentru modelul de condiționare în sistem dual a fost de 36g/kg s.u.  $\text{FeCl}_3$  și 0,54 g/kg s.u. PC (fig. 1c).

Din corelarea potențialului electrocinetic  $\zeta$  cu parametrii care caracterizează procesul de filtrabilitate, se poate concluziona că doza de agent de condiționare la care se atinge punctul izoelectric și care corespunde neutralizării sarcinii nămolului nu coincide cu doza optimă la care se obține cea mai bună performanță a procesului de deshidratare, respectiv de filtrare a nămolului.

*Acest studiu a fost desfășurat cu sprijin financiar din partea Programului CEEEX, Proiect BIOCHEM Nr. 59/3.10.2005 și a granturilor CNCSIS Cod 382/Tema 13 și Cod 361/Tema 14.*

### **Bibliografie**

1. BERKTAY, A., J. Eng. and Env. Sci. **22**, 1998, p. 377
2. CHANG, G. R., LIU, J.C., LEE, D.J., Wat. Res. **35**, nr. 1, 2001, p.786
3. CHU, C.P., LEE, D.J., Wat. Res. **35**, nr. 10, 2001, p.2377

4. COLE, A. I., SINGER, P.C., J. Environ. Eng. **111**, 1985, p.501
5. CHITIKELA, S., DENTEL, S.K., Wat. Env. Res. **70**, 1998, p. 1062
6. WU, C. C., HUANG, C., LEE, D. J., Colloids Surf. **122**, 1997, p. 89
7. WU, C. C., HUANG, C., LEE, D. J., Adv. Environ. Res. **4**, 2000, p. 245
8. WU, C.C., WU, J. J., HUANG, R. Y., Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects **221**, 2003, p.141
9. AL-MUTAIRI, N. Z., HAMODA, M. F., AL-GHUSIAN, I., Biores. Techn. **95**, 2004, p.115
10. ZHAO, Y. Q., Chem. Eng. J. **92**, 2003, p. 227
11. VANDERHASSELT, A., VANROLLEGHEM, Wat. Res. **34**, 2000, p.395
12. LEE, S. J., CHU, C. P., TAN, R. B. H., WANG, C.H., LEE, D.J., Chem. Eng. Sci. **58**, 2003, 1687
13. BUYUKKAMACI, N., Proc. Biochem. **39**, 2004, p. 1503
14. PODE, R., POP, N., MANEA, F., VLAICU, I., PODE, V., MURARIU, M., in: Proceedings of The 13<sup>th</sup> Symposium on Analytical and Environmental Problems, SZAB, Szeged, Hungary, 25 September 2006, p.120
15. \*\*\* STAS 12780-89, Determinarea rezistenței specifice la filtrare sub vid

Întrată în redacție: 26.01.2007



















