A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

METODE DE REDUCERE A COSTURILOR DE EXPLOATARE PENTRU STAȚIILE DE EPURARE RURALE

Mircea Vlad MUREȘAN, Elena Maria PICĂ

METHODS OF REDUCING THE OPERATING COSTS FOR WASTEWATER TREATMENT IN RURAL SETTLEMENTS

This paper represents an analysis of the development of sewage treament plants, in Romania, for the next decade. It also describes the current solutions to reduce operating costs for wastewater treatment. Although current solutions are viable for large capacity wastewater treatment plants, they are not efficient for small capacity water treatment plants from rural areas. This paper identifies unconventional and extensive technologies of wastewater treatment as optimal solutions for rural settlements. One of these technologies is the constructed wetlands. Identifying and understanding that constructed wetlands are the optimal solution for rural settlements is an important milestone for the aiming to reduce the energy costs at national level and thus reduce the risks related to environmental pollution.

Cuvinte cheie: așezări rurale, platouri dinamice, zone umede construite, tehnologii neconvenționale, extensive
Keywords: rural settlements, plateaus, constructed wetlands, unconventional technologies, extensive

1. Introducere

Obiectivul principal al epurării apelor uzate îl constituie îndepărtarea substanţelor în suspensie, coloidale şi în soluţie, a

substanţelor toxice, a microorganismelor etc. din apele uzate, în scopul protecţiei mediului înconjurător (aer, sol, emisar etc.) [1].

Staţiile de epurare reprezintă ansamblul de construcţii şi instalaţii, în care apele de canalizare sunt supuse proceselor tehnologice de epurare, care le modifică în aşa mod calităţile, încât să îndeplinească condiţiile prescrise, de deversare în receptorii naturali şi de îndepărtare a substanţelor reţinute din aceste ape. Staţiile de epurare pot fi clasificate în două mari categorii [1]:

- orăşeneşti;
- industriale.

Prin aderarea României la Uniunea Europeană, la 1 ianuarie 2007, s-au adoptat o serie de dispoziţii speciale care au sprijinit aderarea în bune condiţii a acesteia. O astfel de dispoziție specială este Directiva 91/271/CEE, acest document având ca obiectiv protecția mediului de efectele negative ale evacuărilor de ape uzate și prezintă etapele pe care România și le propune să le urmeze privind epurarea apelor uzate, graficul de realizare în timp şi costuri.

Conform acestora, apele uzate provenite de la aglomerări umane cu mai mult de 10.000 l.e.(locuitori echivalenți) trebuie sa fie supuse unei epurări terțiare (*reținerea compușilor azotului și fosforului, precum și a altor impurificatori a căror structură chimică și biologică nu permite ca aceștia să fie reținuți și eliminați într-o stație de epurare obișnuită*) până la data de 31 decembrie 2015, iar apele uzate provenite de la aglomerări umane cuprinse între 2.000-10.000 l.e. trebuie să fie supuse unei epurări biologice până la 31 decembrie 2018 [2].

Din aceste obiective impuse de către Uniunea Europeană, se poate identifica o nouă categorie de clasificare a stațiilor de epurare. Aglomerările umane cu mai mult de 10.000 l.e. se încadrează în categoria stațiilor de epurare orășenești, iar cele cu aglomerări umane cuprinse între 2.000 – 10.000 l.e. formează noua categorie a stațiilor de epurare rurale.

2. Costurile de exploatare ale stațiilor de epurare

Costurile de întreținere și exploatare se diferențiază în următoarele tipuri de costuri [3]:

a) Costuri specifice de întreținere și exploatare raportate la procesul tehnologic, cum ar fi, pentru:
   - Energie;
   - Întreținerea echipamentelor;
   - Consumabile (substanțe chimice, saci deshidratare etc.).

b) Costuri specifice de întreținere și exploatare raportate la ansamblul stației de epurare, cum ar fi, pentru:
   - Personal;
   - Evacuarea deșeurilor solide;
   - Altele (spre exemplu administrare etc.).

Dintre acestea, costurile cu energia reprezintă ponderea cea mai mare din totalul costurilor de exploatare și întreținere.

Sunt luate în considerare următoarele consumuri specifice (pe l.e.) de energie pentru stațiile de epurare, referitoare la:

- Grătare și site 0,5 kWh/l.e/an
- Separator grăsimi și deznisipator 2,2 kWh/l.e/an
- Decantor primar 0,6 kWh/l.e/an
- Modul biologic cu nămol activ 25,8 kWh/l.e/an
- Decantoare secundare 2,3 kWh/l.e/an
- Îngroșător nămol 1,1 kWh/l.e/an
- Bazin fermentare anaerobă nămol 2,9 kWh/l.e/an
- Fermentare și deshidratare nămol 1,2 kWh/l.e/an
- Altele (eliminare fosfor, administrare) 3,0 kWh/l.e/an

În total, consumul specific anual cu energia pentru o stație de epurare este de 39,6 kWh/l.e/an, iar consumul specific zilnic cu energia este de 0,108 kWh/l.e/zi [3].

La 1 ianuarie 2010, populația României a fost, conform Institutului Național de Statistică, de 21.462 mii locuitori, ponderea populației urbane fiind de 55,1 %, iar cea a populației rurale de 44,9 % din totalul populației [4]. Conform evidenței Administrației Naționale “Apele Române”, la finalul semestrului II al anului 2011, mediul urban avea un grad de racordare la stații de epurare de 67,17 %, iar mediul rural de 7,21 % [5].

Pentru calculul consumului specific zilnic cu energia pentru stațiile de epurare de pe teritoriul României în 2012, datele anterior menționate sunt centralizate în tabelul 1.

Tabelul 1

Total populație: 21462 mii loc.			Consum specific energie: 1 l.e = 0,108 kWh/zi		
Mediu	Pondere populație totală [%]	Mii locuitori/ mediu	Grad racordare la stațiile de epurare [%]	Mii locuitori/ mediu	MWh/zi
Urban	55,1	11825,56	67,17	7943,23	857,87
Rural	44,9	9636,44	7,21	694,79	75,04
				Total:	932,91

Consumul mediu zilnic de energie la nivel național este de 168.000 MWh [6], iar consumul de energie specific zilnic pentru stațiile de epurare este de 932,91 MWh, acesta reprezentând 0,56 % din consumul mediu zilnic de energie la nivel național, cu un cost zilnic de aproximativ 110.000 euro.

Dacă se presupune că România îşi va îndeplini îndatoririle cu privire la Directiva 91/271/CEE, în anul 2018, întreaga populație a României ar fi racordată la sisteme de epurare a apei uzate. Rezultatele consumului specific cu energia pentru stațiile de epurare de pe teritoriul României, în această ipoteză este prezentat în tabelul 2.

Tabelul 2

Total populație: 21462 mii loc.			Consum specific energie: 1 l.e=0,108 kWh/zi		
Mediu	Pondere populație totală [%]	Mii locuitori/ mediu	Grad racordare la stațiile de epurare [%]	Mii locuitori/ mediu	MWh/zi
Urban	55,1	11825,56	100	11825,56	1277
Rural	44,9	9636,44	100	9636,44	1041
				Total:	2318

Datele din tabelul 1 și respectiv din tabelul 2 sunt sintetizate în figura 1.

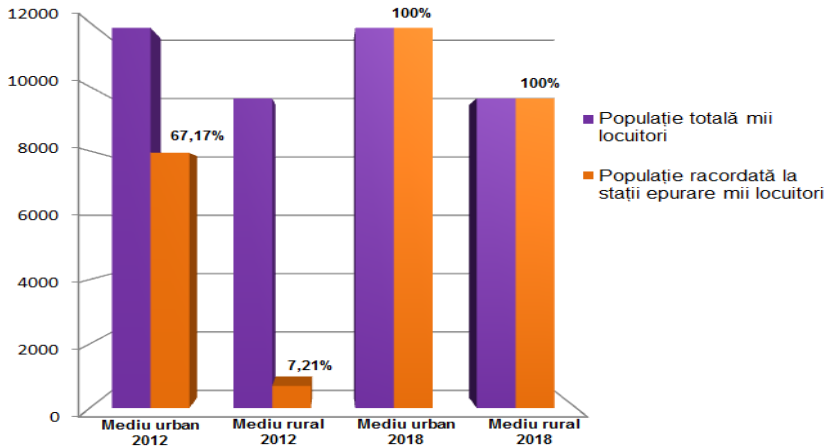

Fig. 1 Populația totală a României și procentajul de racordare a acesteia la stațiile de epurare

În această ipoteză consumul de energie zilnic total pentru stațiile de epurare este de 2.318 MWh, reprezentând 1,38 % din consumul mediu zilnic de energie la nivel național și un cost zilnic de energie de aproximativ 270.000 euro, figura 2.

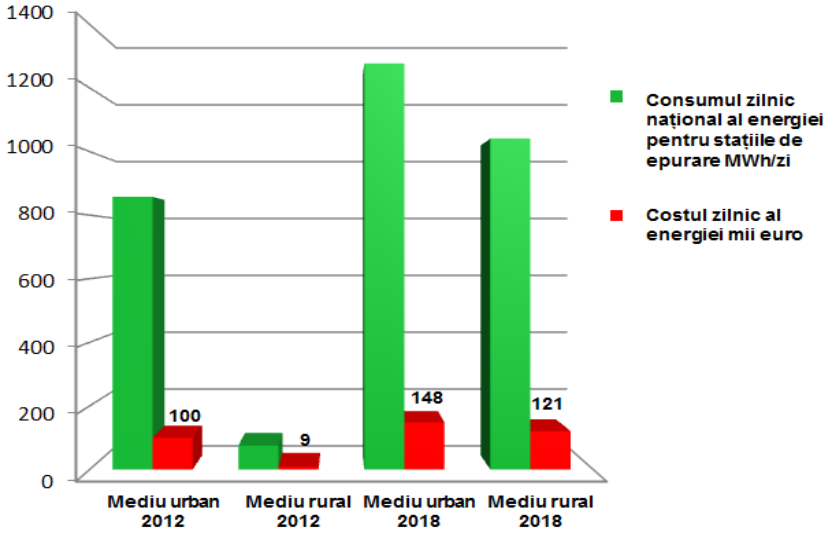

Fig. 2 Consumul și costul zilnic de energiei la nivel național, preconizat în 2018

Din analiza figurii 2 se observă o creștere a consumului de energie pentru stațiile de epurare în 2018 de 248 % în comparație cu anul 2012. Ponderea cea mai mare o reprezintă mediul rural, unde creșterea consumului de energie preconizat în 2018 este de 1.340 % față de anul 2012.

Așadar, se impune o optimizare a consumurilor de energie pentru stațiile de epurare existente și găsirea unor metode tehnologice cu consum redus de energie pentru stațiile de epurare care se vor construi în zona rurală.

3. Metode de reducere a consumului de energie

În prezent se cercetează noi metode de optimizare a consumului de energie și implicit a costurilor de exploatare. Printre metodele cele mai vehiculate se includ [7]:

- Automatizarea complexă a proceselor, prin asigurarea regimurilor optime de funcţionare a acestora cu consum minim de

energie şi materiale, cu o fiabilitate deosebită. Această metodă s-a impus în aproape toate domeniile, reprezentând astăzi nu o opţiune, ci o necesitate.

▪ Identificarea următoarelor surse de energie neconvenţională care ar putea conduce la optimizarea energetică a staţiei de epurare:

- Energie solară - panouri solare care obțin direct energie termică şi panouri fotovoltaice care furnizează direct energie electrică;
- Energie eoliană - prin intermediul turbinelor eoliene care produc direct energie electrică cu ajutorul curenţilor de aer;
- Energie geotermică - care prin intermediul pompei de căldură generează energie termică, folosind căldura extrasă din pământ;
- Energia co-generativă - prin utilizarea biogazului produs în staţia de epurare a apelor uzate în grupuri care furnizează direct energie electrică şi termică simultan cu randamente superioare (peste 70 %) în funcţie de mărimea grupului.
- Energia hidraulică - prin montarea unei centrale hidroelectrice de mică putere în punctul de deversare a apei epurate în emisar.

Într-adevăr, automatizarea complexă a proceselor prin implementarea unui sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition = control supravegheat și achiziții de date) este o metodă viabilă pentru stațiile de epurare de capacitate mare, unde există personal specializat, iar costurile de implementare se amortizează într-o perioadă relativ redusă. Totuşi automatizarea complexă a proceselor nu reprezintă o soluție pentru stațiile de epurare de capacitate mică din zonele rurale, unde nu există personal specializat cu capacitate de exploatare a acestor sisteme. De asemenea, procesele tehnologice sunt simple, nefiind justificată necesitatea alegerii unui sistem complex de automatizare.*

Prin amplasarea stațiilor de epurare în zonele limitrofe ale localităților, se creează condițiile optime de utilizare a surselor neconvenționale de energie. Dar analizând randamentele de conversie a surselor regenerabile în energie electrică (aproximativ 20 % [8]) se constată ineficacitatea implementării acestora raportate la costurile de investiție.

Epurarea apelor uzate se realizează convențional prin intermediul proceselor tehnologice care utilizează echipamente electrice (exemplu: pompe, aeratoare, suflante etc.), energia consumată pentru funcționarea continuă a acestora crescând costurile de exploatare a stației de epurare. Folosirea surselor regenerabile de energie nu reprezintă soluția fiabilă de reducere a acestor costuri

datorită randamentelor scăzute de conversie în energie electrică și a costurilor mari de investiție.

Metodele optime de epurare a apelor uzate le reprezintă procesele tehnologice neconvenționale, care nu utilizează echipamente electrice pentru tratarea biologică a apei. Exemple de tehnologii neconvenționale de epurare a apelor uzate sunt câmpurile de irigare și filtrare, filtrele de nisip, câmpurile de filtrare subterane, iazurile de stabilizare și platourile dinamice sau zonele umede construite [1].

4. Platourile dinamice

Cele mai bine dezvoltate tehnici la nivelul staţiilor de epurare a apelor reziduale urbane sunt procese biologice intensive. Principiul constă în exploatarea pe un spaţiu mic, intensificarea degradării naturale a materiilor organice şi înlăturarea nutrienţilor. O astfel de tehnologie consacrată şi dezvoltată este sistemul cu nămol activ cu aerare continuă, care necesită o alimentare permanentă cu energie electrică, precum şi un personal calificat pentru exploatare şi întreținere.

Tehnologiile extensive au avantaje considerabile atât în ceea ce priveşte cheltuielile de investiţie cât şi de exploatare. Procedeul de epurare extensiv se bazează pe *culturi de bacterii*. Epurarea se asigură datorită retenţiei de lungă durată care necesită un spaţiu mai larg decât în cazul sistemelor intensive. Metodele de epurare în platouri dinamice au o performanţă ridicată, costuri scăzute, consum mic de energie (uneori chiar egal cu zero) şi procedeu de epurare cu necesitate redusă de întreţinere, foarte potrivite zonelor rurale [9].

Platourile dinamice sunt ecosisteme naturale unde apele reziduale sunt introduse pentru epurare biologică şi fizică într-un filtru de nisip pe care se dezvoltă vegetaţie. “Patul” filtrant poate fi format din materiale precum nisip sau pietriş de diferite granulații şi izolat etanş (cu geotextil şi geomembrană). Tratarea apelor uzate este asigurată prin activitatea bacteriilor de pe biofilmul substratului şi filtrului fizic cât şi prin efectele absorbante. Pentru accelerarea procesului pe toată suprafaţa filtrului de nisip se cultivă plante, de obicei trestie, din acest motiv deseori sunt denumite filtre cu “pat” de trestie.

Există diferite tipuri de sisteme, însă predomină utilizarea sistemului *subsuperficial* în care nivelul apelor se menţine sub acela al suprafeţei. În general, zonele umede construite cuprind o etapă de tratare mecanică prealabilă pentru sedimentarea materiilor organice solide cu scopul evitării colmatării.

O tratare neeficientă poate rezulta prin acumulări în punctul de descărcare a influentului, miros neplăcut, colmatarea filtrului sau blocaje ale conductelor de înfiltrare. Tratarea prealabilă poate fi realizată prin sedimentare primară în decantoare. Pentru instalațiile de dimensiuni mici de regulă se folosesc fosele septice, figura 3. Nămolul primar trebuie evacuat frecvent (o dată pe an).

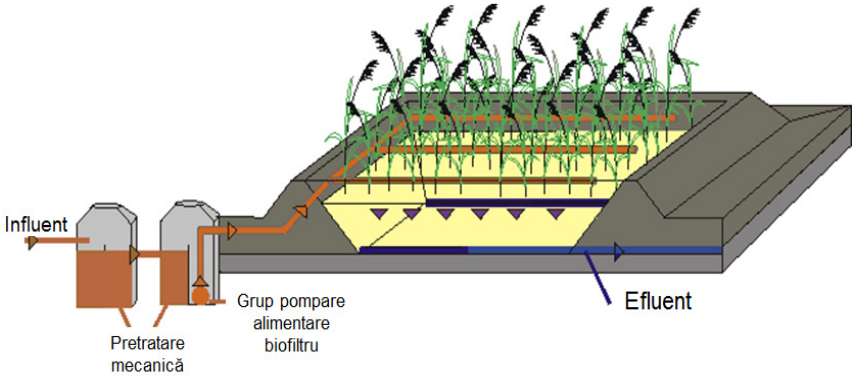

Fig. 3 Platou dinamic cu flux vertical și pretratare mecanică [10]

Zona umedă construită, după tratarea mecanică, poate fi un procedeu cu o singură etapă. Alimentarea platourilor dinamice se realizează intermitent, pentru a se asigura condiţiile aerobe în filtru.

Criteriile de proiectare pentru platoul dinamic sunt suprafaţă de 4 m^2/l.e şi o încărcare hidraulică zilnică de 80 mm. Adâncimea “patului” filtrant este între 0,5 - 1,0 m. Corpul filtrant se alcătuieşte din umplutură de nisip şi pietriş. În stratul inferior de granulație mare (filtru invers) se montează tuburile de drenaj, figura 4.

Tehnologia platourilor dinamice este fundamentată pe capacitatea de epurare a trei elemente principale: comunitatea microbiană dezvoltată în “patul” filtrant, proprietățile fizice şi chimice ale stratului filtrant şi plantele care populează platoul dinamic.

Microorganismele se atașează de particulele de nisip sau pietriș şi de rădăcinile plantelor. Acestea metabolizează materiile poluante, le degradează și le mineralizează [12].

Alegerea componenței stratului filtrant este foarte importantă și depinde de cerințele aplicației. Componența straturilor filtrante trebuie să permită un timpul de tranzitare a acestuia de aproximativ 60 de secunde [13].

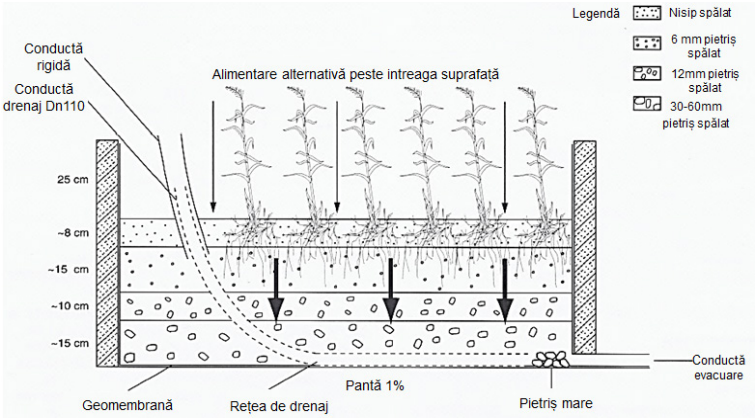

Fig. 4 Secțiune printr-un platou filtrant [11]

Plantele îndeplinesc trei funcții în cadrul platoului dinamic. Sistemul foarte extins de rădăcini creează, în primul rând, canale pentru ca influentul să treacă prin “patul” de nisip.

În al doilea rând, rădăcinile introduc oxigen în substraturile biofiltrului și asigură mediul unde bacteriile aerobice se pot dezvolta. Aceste organisme sunt necesare pentru a descompune multe tipuri de compuși, în special oxidarea azotului în nitrați.

În al treilea rând, plantele asimilează cantități de nutrienți din apa uzată.

În timpul sezonului cald, aproximativ 15 % din capacitatea de tratare a biofiltrului are loc pe această cale. Plantele sunt de asemenea capabile să acumuleze anumite metale grele, o arie de aplicare care prezintă un mare interes de cercetare în prezent.

5. Concluzii

■ Utilizarea platourilor dinamice pentru îmbunătățirea calităţii apei uzate menajere este o tehnologie în dezvoltare. Totodată, reprezintă soluția ideală pentru tratarea apelor uzate menajere provenite de la așezări rurale de capacitate mică, fiind o metodă care epurează suficient apele uzate menajere.

■ Această metodă este optimă din punctul de vedere al costurilor de exploatare și întreținere și ecoresponsabil în ceea ce privește protejarea tuturor componentelor mediului înconjurător.

ACKNOWLEDGMENT

Această lucrarea a fost realizată beneficiind de sprijinul Şcolii Doctorale a Universității Tehnice Cluj-Napoca.

BIBLIOGRAFIE

[1] Ionescu, G.C., S*isteme de epurare a apelor uzate*, Editura MatixRom, Bucureşti, 2010, pag. 9 și 114.
[2] * * * Guvernul României, *Plan de implementare pentru Directiva 91/271/CEE privind epurarea apelor uzate orășenești modificată prin Directiva 98/15/CE,* 2004, pag. 39.
[3] * * * Primăria Târgu Mureș, *Anexa D1.2 – Costuri de exploatare și întreținere Primărie costuri exploatare*,2005, Plan Director, pag. 3 și 4 [online] Disponibil la: <http://www.cjmures.ro/Programe_actiuni/MasterPlan/Anexe/Anexa%20D%20-%20Analize/Anexa%20D_1%20-%20Costuri/D1.2.pdf>.
[4] * * * Institutul Naţional de Statistică, *Populația României pe localități la 1 ianuarie 2010*, ISSN: 2066-2181, 2010, pag. 3.
[5] * * * Administrația Națională "Apele Române", *Stadiul realizării lucrărilor pentru epurarea apelor uzate urbane și a capacităților în execuție și puse în funcțiune pentru aglomerări umane, în semestrul II 2011*, 2012, pag. 1.
[6] * * * http://www.sistemulenergetic.com.
[7] Gligor, E.T., *Contribuții la optimizarea energetică a instalațiilor și echipamentelor din cadrul stațiilor de epurare a apelor uzate*, Rezumat al Tezei de doctorat, 2011, pag. 11 și 17.
[8] * * * http://ro.wikipedia.org/wiki/Energie_solar%C4%83_fotovoltaic%C4%83.
[9] Wendland, C., Albold, A., *Sisteme de epurare durabile și eficiente a apelor reziduale din comunitățile rurale și suburbane cu până la 10000 PE,* Editura WECF(*Women in Europe for a Common Future*), 2010, pag. 3 și 18-20.
[10] * * * http://www.bodenfilter.de/engdef.htm.
[11] DuPoldt, C., Edwards, R., Garber, L., Isaacs, B., *A handbook of Constructed Wetlands*, 1995, Vol.1, pag. 6-8.
[12] * * * http://www.ciwem.org/policy-and-international/current-topics/water-management/reed-bed-wastewater-treatment.aspx#.
[13] Weedon, C.M., *Vertical down-flow Constructed Wetlands - Towards optimal wastewater treatment*, Articol prezentat la Conferința "Constructed Wetland Association AquaEnviro", Londra, 2012.

Ing. Dipl. Mircea-Vlad Muresan
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
vladmmuresan@yahoo.com
Prof. univ. Dr. chim. Elena Maria PICĂ
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
empica@yahoo.com