



ExpoApa

Splaiul Independentei 202H , Sector 6, Bucuresti - Romania
Telefon: 021 316 27 87/68, Fax: 021 316 27 88/68
E-mail: info@ara.ro, cts@ara.ro, secretariat@ara.ro
Website: www.ara.ro, www.araexpoapa.ro



Conferinta
Tehnico - Stiintifica



Danube-Eastern Europe Regional Water Forum

Bucharest, Palace of Parliament

16-18 June 2014



CONFERINTA TEHNICO - STIINTIFICA

PERFORMANTA IN SERVICIILE DE APA - CANAL

TEHNOLOGII DE TRATARE A APEI POTABILE,
EPURAREA APEI UZATE, GESTIONAREA NAMOLULUI, ECHIPAMENTE



Sponsori



C&V Water
TREATMENT TECHNOLOGIES

Sponsor Platinum



Partneri Media

16 - 18 Iunie 2014
CONFERINTA TEHNICO - STIINTIFICA
PERFORMANTA IN SERVICIILE DE APA - CANAL



ISBN 978-606-93752-0-4

ISBN 978-606-93752-1-1



CONFERINȚA TEHNICO - ȘTIINȚIFICĂ

PERFORMANȚA ÎN SERVICIILE DE APĂ - CANAL

**TEHNOLOGII DE TRATARE A APEI POTABILE,
EPURAREA APEI UZATE, GESTIONAREA
NĂMOLULUI, ECHIPAMENTE**

16 - 18 IUNIE 2014

**Palatul Parlamentului - București
România**

Editura ARA

COMITET ȘTIINȚIFIC

**Ioan Bica
Anton Anton
Sandu Marin
Alexandru Manescu
Vladimir Rojanschi
Ioan Mirel
Diana Robescu
Mihaela Vasilescu
Gabriel Racoviteanu
Constantin Ionescu
Sergiu Calos
Atanas Paskalev**

COMITET ORGANIZAȚIONAL

**Felix Stroe
Dan Robescu
Elena Manea
Sorin Perju
Melania Voinescu
Ilie Vlaicu
Dorin Ciataras
Mircea Niculescu
Mihai Chirita
Ion Toma
Eugenia Demetrescu**

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

PERFORMANȚA ÎN SERVICIILE DE APĂ-CANAL. Conferință internațională (2014 ; București)

Conferința tehnico-științifică Performanța în serviciile de apă-canal : 16-18 iunie 2014 : Palatul Parlamentului - București, România ; coord.: Felix Stroe, Eugenia Demetrescu, Ioan Bica. - București : Editura ARA, 2014

3 vol.

ISBN 978-606-93752-0-4

Vol. 1 : Tehnologii de tratare a apei potabile, epurarea apei uzate, gestionarea nămolului, echipamente. - Bibliogr. - Index. -

ISBN 978-606-93752-1-1

I. Stroe, Felix (coord.)

II. Demetrescu, Eugenia (coord.)

III. Bica, Ioan (coord.)

628(063)

TEHNOREDATOR

Gusatu Viorel

Motto

Dacă folosim orice experiență ca să ne sporim cunoștințele pentru a le folosi spre binele omenirii, aceasta va produce o schimbare în noi și în lumea noastră;

cunoașterea este puterea

Francis Bacon

Responsabilitatea pentru opiniile, conținutul lucrărilor și a bibliografiei utilizate în volum aparține exclusiv autorilor.

SECȚIUNEA I

Tehnologii de epurare a apei uzate. Gestionarea nămolului

Moderatori : Prof.Dr.Ing. Gabriel Racovițeanu; Dr.Ing. Sorin Perju

SECȚIUNEA II

Tehnologii de tratare a apei potabile

Moderatori: Prof.Dr.Ing. Alexandru Mănescu; Conf.Dr. Mihaela Nicoleta Vasilescu

SECȚIUNEA III

Eficiența energetică. Echipamente

Moderatori: Prof.Dr.Ing. Lăcrămioara Diana Robescu; Prof.Dr.Ing. Constantin Florescu

SECȚIUNEA IV

Rețele urbane

Moderatori: Prof.Dr.Ing. Ioan Mirel; Conf.Dr. Florian Grigore Rădulescu

SECȚIUNEA V

Management. Infrastructura urbană

Moderatori: Prof.Dr.Ing. Ioan Bica; Prof.Dr.Ing. Vladimir Rojanschi

SECȚIUNEA POSTER

Moderatori: Prof.Dr.Ing. Vladimir Rojanschi; Prof.Dr.Ing. Dan Niculae Robescu

CONȚINUT

SECȚIUNEA I

Tehnologii de epurare a apei uzate. Gestionarea nămolului

❖	Exploatarea judicioasă a stațiilor de epurare a apelor uzate <i>Gheorghe Constantin Ionescu, George Lucian Ionescu</i>	3
❖	Deshidratarea nămolurilor provenite de la stațiile de tratare prin supunere la microunde <i>Mihai Iorgulescu, Gabriel Racovițeanu</i>	8
❖	Modelarea îndepărtării nutrienților din apa uzată <i>Georgiana Radu, Lăcrămioara Diana Robescu</i>	18
❖	Rețelele de canalizare vaccumatice - procedeu eficient pentru colectarea și transportul apelor uzate menajere rezultate din localitățile rurale <i>Sorin Perju, Ștefan Dobrescu</i>	24
❖	Utilizarea apei uzate rezultate de la regenerarea unei rășini schimbătoare de ioni, ca soluție pentru irigații în agricultură <i>Florentina Musat</i>	32
❖	Aspects of wastewater treatment using constructed wetlands <i>Marinela Neculau, Josif Bartha, Scripcariu C.</i>	42
❖	Sewerage infrastructure asset management tools & techniques – a demonstration of methods developed for UK utilities <i>Ben Ward, Jeremy Hilderley</i>	48
❖	Lime used for municipal wastewater treatment sludge and bio solids <i>Bogdan Preda, Pavel Hanzl, Francois Ponchon</i>	58
❖	Soluții pentru reducerea producției de nămol a stațiilor de epurare menajere <i>Constantin Damian, Ioana Bercu</i>	67
❖	Opțiuni actuale de valorificare/eliminare a nămolurilor provenite de la stațiile de epurare a apelor uzate <i>Iulian Iancu, Alexandru Dimache, Ciugulea Oana</i>	77

SECȚIUNEA II

Tehnologii de tratare a apei potabile

❖ Considerații privind reabilitarea sistemelor de tratare a apei <i>Mihail Luca, Alexandru Lucian Luca, Mădălina Iosefina Dobreanu, Anca Bălan</i>	89
❖ Planurile de siguranță a apei - o necesitate obiectivă pentru operatorii de apă din România <i>Gabriel Racovițeanu, Mihaela Vasilescu</i>	97
❖ Soluții moderne și eficiente pentru reabilitarea și extinderea sistemelor de alimentare cu apă <i>Florin Rotaru</i>	104
❖ Probleme actuale în procesul de dezinfecție al apei potabile <i>Mihail Luca, Iosefina Mădălina Dobreanu, Anca Bălan, Alexandru Lucian Luca</i>	114
❖ Prognoza cerințelor de apă pentru populație <i>Elena Godeanu, Ionela Florescu</i>	122
❖ Tehnologii de filtrare a apelor prin utilizarea membranelor ceramice <i>Daniela Simona Moldovan</i>	131
❖ Considerații privind reactivitatea încărcării organice naturale față de clor din surse subterane tratate în sistem biologic pentru biooxidare ioni amoniu <i>Cristiana Cosma, Viorel Patroescu, Mihaela Alexie, Costel Bumbac, Olga Tricolici, Ionuț Cristea</i>	140
❖ Îmbunătățirea performanței decantorului radial cu camera de reacție tronconică <i>Gheorghe Poienariu, Daniela Gologan, Paul Poienariu</i>	147
❖ Evaluarea performanțelor floculantului tip cetaclear în procesele de coagulare – floculare <i>Daniela Gologan</i>	157

SECȚIUNEA III

Eficiența energetică. Echipamente

❖ Determinarea eficienței energetice a camerelor de reacție din cadrul stațiilor de tratare a apei <i>Marius Costin Bichir, Gabriel Racovițeanu</i>	165
❖ Dimensionarea resurselor IT hardware și software în sistemele SCADA. Particularizare pentru stațiile de epurare ape uzate <i>Janel Arhip, Dan Stănescu</i>	176

❖ Reducerea costurilor de operare în stațiile de epurare menajere prin recuperarea energiei termice conținute de apa uzată și epurată, pe drumul către independența energetică a stației de epurare <i>Constantin Damian, Ioana Bercu</i>	186
❖ Capacitatea de producere a energiei în sectorul de epurare a apei din România <i>Timur Mamut, Eden Mamut</i>	194
❖ Sistemul de intrări/ieșiri distribuite WAGO-I/O-SYSTEM pentru stații de tratare ape uzate și stații aducțiune apă <i>Adrian Traian Munteanu</i>	204
❖ Eficiența oferită de managerii energetici stațiilor de apă – eficiența Em Power <i>Andrei Ceclan, Ovidiu Fati, Izabella Geapana, Bogdan Bârgăuan, Iulia Chința</i>	210
❖ SCADA în managementul resurselor de apă <i>Aurel Presură, Măndița Popa, Elena Magda Chicheluș</i>	221
INDEX DE AUTORI	229

PREFAȚĂ

Water is the driving force of all nature.
Leonardo da Vinci

Prin multiplele sale folosințe, respectiv prin numeroasele probleme pe care dezvoltarea actuală a societății, dar mai ales a impactului pe care schimbările climatice îl pun asupra disponibilității resurselor de apă, Uniunea Europeană a selectat APA ca o prioritate particulară în cadrul *Programului de lucru 2014- 2015, Horizon 2020*. În argumentarea acestei decizii se subliniază potențialul substanțial al apei privind oportunitatea dezvoltării și creării de noi locuri de muncă în contextul provocărilor generate de necesitatea eficientizării resurselor de apă, a resurselor naturale în ansamblul lor.

Parteneriatul European de Inovare în domeniul Apei (EIP Water) reprezintă o inițiativă în cadrul *EU 2020 Innovation Union*. EIP Water urmărește facilitarea dezvoltării soluțiilor inovative în vederea abordării provocărilor majore din domeniul apei la nivel european și global.

Așa cum probabil mulți dintre dumneavoastră știți, în cadrul *EIP Water* au fost definite opt domenii prioritare, focalizate pe provocările și oportunitățile din sectorul de apă, precum și pe acțiunile de inovare capabile să genereze cel mai mare impact asupra dezvoltării acestui sector. Dintre acestea au fost selectate, într-o primă etapă, cinci priorități tematice:

- reutilizarea și reciclarea apei
- tratarea a apei și a apelor uzate, inclusiv recuperarea resurselor
- hidro-energie
- managementul riscului la inundații și secetă
- servicii pentru ecosisteme

În plus, au fost definite și adoptate trei priorități transversale:

- guvernare în domeniul apei;
- sisteme de suport decizional și de monitorizare;
- finanțare pentru inovare.

Tehnologia inteligentă (Smart technology) a fost definită ca factor comun aplicabil tuturor priorităților.

Cercetarea este singura cale spre dezvoltare durabilă, singura cale prin care, în contextul actual, se poate asigura progresul societății. Creșterea competitivității societății europene, atingerea nivelului de cea mai performantă economie este dezideratul pe care uniunea l-a fixat încă în urmă cu mai mulți ani prin Strategia de la Lisabona.

Conferința Tehnico-Stiințifică “Performanța în serviciile apă-canal” organizată de Asociația Română a Apei reprezintă în bună parte o confirmare a faptului că preocupările comunității

profesionale, științifice și tehnice din România sunt racordate la dezideratele și strategiile Uniunii Europene. Temele lucrărilor propuse pentru această conferință tratează aproape toate prioritățile tematice europene ale cercetării actuale în domeniul apei, așa cum au fost relevate în paragrafele precedente, lucru ce rezultă cu ușurință din temele celor cinci secțiuni ale acesteia:

- Tehnologii de Tratare a apei potabile.
- Tehnologii de Epurare a apei uzate; Gestionarea nămolului.
- Eficiența energetică; Echipamente.
- Rețele urbane.
- Management – infrastructură urbană.

Cele trei volume ale conferinței reunesc rezultatele studiilor și cercetărilor realizate de cei peste 140 de specialiști care, într-un fel sau altul, își desfășoară activitatea în infrastructura de apă: operare - exploatare, consultanță, învățământ universitar tehnic, proiectare, producerea și distribuția de echipamente tehnologice și de monitorizare, administrație etc.

Trebuie remarcat încă de la început numărul mare de lucrări propuse, peste 60, acest fapt demonstrând că există o preocupare reală și substanțială pentru creșterea performanțelor în acest domeniu, pentru eficientizarea realizării și exploatării sistemelor de tratare și distribuție a apei, respectiv de colectare și epurare a apelor uzate, pentru perfecționarea proceselor tehnologice specifice, reducerea consumurilor energetice și recuperarea resurselor, pentru managementul performant al infrastructurii de apă, în ansamblul ei etc. În al doilea rând, se remarcă faptul că sunt propuse teme noi, care urmăresc rezolvarea unor probleme noi, nediscutate în trecut pentru că nivelul lor de manifestare, efectele induse nu impuneau acest lucru. Creșterea numerică a populației urbane, extinderea suprafeței orașelor, modificările induse de schimbările climatice generează noi probleme care necesită o altă abordare, o altă viziune și desigur noi soluții pentru gestionarea acestora.

Sunt convins că dezbaterile din secțiunile acestei conferințe vor asigura un cadru fertil pentru găsirea soluțiilor eficiente, pentru dezvoltarea cunoașterii în acest domeniu spre folosul asociației noastre, spre creșterea încrederii și confortului beneficiarilor infrastructurii de apă. Rezultatele acestor lucrări ca și ale dezbaterilor din secțiuni vor putea fi implementate în noile proiecte de investiții preconizate pentru etapa 2014 – 2020, asigurând un nivel ridicat de tehnologizare și operare al acestora.

Profesor dr.ing. Ioan BICA

Președinte CTS - ARA

SECȚIUNEA I

**TEHNOLOGII DE EPURARE
A APEI UZATE.
GESTIONAREA NĂMOLULUI**

Exploatarea judicioasă a stațiilor de epurare a apelor uzate

Gheorghe Constantin Ionescu* and George Lucian Ionescu**

* Prof.univ.dr.ing. Universitatea din Oradea, Facultatea de Construcții și Arhitectură, Departamentul Construcții, Str. Barbu Ștefanescu Delavrancea nr. 4 cod 410058, Oradea, Romania
(E-mail: gheionescu@gmail.com)

** Student doctorand ing., Universitatea Politehnica București, Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică, Splaiul Independenței nr. 313, sector 6, București, CP 060042
(E-mail: lucian.ionescu1985@yahoo.com)

Abstract

Regarding the issues of judicious exploitation of wastewater treatment plants and thus, implicitly, the results obtained from this operation, a combined approach would meet future needs. The combination of the concept of sustainable development with quality of life, aims "to ensure current needs without compromising the ability of future generations to meet their needs."

A strategy for the recovery and reuse of valuable waste products would become a primary concern. Even traditional recycling options, such as direct use of wastewater in agriculture, are gradually limited and in some cases prohibited, which also leads to further searching for new solutions.

This paper brings forward two technologies for removal of dissolved inorganic substances, proposing a technological scheme for improving the quality of municipal wastewater using ultra filtration and reverse osmosis, and a flow chart for a process of single step reverse osmosis.

With the development of scientific knowledge of pollutants found in wastewater and the availability of an extensive information database from environmental monitoring studies, the requirements for the quality of the treated effluent, which is ultimately discharged into the environment, have become increasingly stringent. The clear conclusion that emerges from this work is the need for the advanced treatment of municipal wastewater due to residual substances existing in wastewater which, being scarcely removed or virtually unchanged through classical mechanical-biological treatment steps (detergent, phosphates, nitrogen based compounds, inorganic salts, persistent organic compounds, pesticides, various chemicals), create very serious environmental problems.

Keywords

Sustainable development, sustainability, recovery, reuse, ultra filtration, advanced treatment

1. INTRODUCERE

Evaluarea impactului unei stații de epurare asupra comunității și a mediului, trebuie privită prin prisma celor trei zone care trebuie să fie luate în considerare în elaborarea sau punerea în aplicare a unei abordări durabile pentru tratarea apelor reziduale, și anume: mediu, economie și societate. Se impune monitorizarea situațiilor diferite de tratare a apelor uzate din întreaga lume.

Referitor la problemele legate de exploatarea judicioasă a stațiilor de epurare a apelor uzate și implicit a rezultatelor obținute din această exploatare, o abordare combinată, ar răspunde nevoilor viitoare.

O privire de ansamblu la nivel mondial a stării actuale și prospectele privind viitorul, va furniza informații suplimentare cu privire la evoluțiile proceselor și materiilor rezultate din exploatarea apelor uzate.

2. OPTIMIZAREA EXPLOATĂRII STAȚIILOR DE EPURARE A APELOR UZATE

Exploatarea stațiilor de epurare și gestionarea nămolurilor, în contextul dezvoltării activităților umane, în special în domeniul mediului, trebuie privită prin perspectiva optimizării acestor activități în direcția protecției mediului înconjurător [1].

Asocierea noțiunii de dezvoltare durabilă cu calitatea vieții, are drept scop "asigurarea nevoilor actuale, fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a satisface nevoile lor".

Sistemele economice, sociale și de mediu care alcătuiesc comunitatea, oferind o piață sănătoasă, o viață prosperă, într-un procent semnificativ pentru toți rezidenții comunității, în prezent și în viitor, sunt puternic interconectate unul față de altul și nu pot fi considerate separat, atunci când se dorește realizarea durabilității efective.

Un mediu robust, susținut de cerințe coerente și normative juridice aplicabile, tehnologii fezabile și viabile operațional, precum și un mediu cultural acceptabil, demonstrează că durabilitatea este strâns legată de consumul de resurse regenerabile, într-o măsură cel puțin egală cu capacitatea naturii de a le reface.

Când suma totală a resurselor naturale este folosită mai repede decât poate fi alimentată natural, apare starea de nesustenabilitate, situație în care, degradarea mediului pe termen lung este de așteptat, implicând astfel incapacitatea de a susține viața umană.

Deși conceptul de durabilitate are direcții clare și precise în teorie, problema apare la transferul lor în practică, care se dovedește a fi o sarcină dificilă, deoarece soluțiile trebuie special concepute pentru fiecare domeniu de activitate, precum și pentru nivelele specifice sociale, economice și tehnologice ale fiecărei comunități implicate. Deci, în cazul gestionării stațiilor de epurare și a materiilor rezultate, problema apare atunci când se dorește ca aceste sisteme să îndeplinească cerințele de durabilitate în gestionarea nămolului rezultat în urma procesului de epurare [2].

Sistemele de gestionare a nămolurilor sunt adesea inefficiente și nesustenabile, mai ales pentru că un singur proces de tratare nu este capabil să abordeze toate cele trei aspectele; de mediu, economic și social, care sunt necesare pentru a îndeplini cerința dezvoltării durabile în întregime. O schimbare față de procedurile mai durabile trebuie să fie promovată printr-o abordare integrată, care să includă, printre altele, proceduri noi și inovatoare de planificare și conducere; promovarea auto-susținerii sistemelor energetice sau a sistemelor, cu un consum redus de energie; creșterea gradului de reutilizare a materialelor rezultate în urma proceselor din stațiile de epurare, pentru diferite scopuri utile etc.

O strategie pentru recuperarea și reutilizarea produselor reziduale de valoare ar urma să devină o preocupare principală. La fel și opțiunile tradiționale de reciclare, cum ar fi folosirea directă în agricultură a apelor uzate, sunt limitate progresiv și, în unele cazuri interzise, lucru care ne conduce, de asemenea, spre căutarea de soluții noi [3].

Dezvoltarea unor proceduri corecte și durabile de gestionare a nămolurilor ar trebui să se orienteze, în principal, spre reducerea cantității de nămol care urmează a fi eliminată prin:

- aplicarea opțiunilor de reutilizare, care sunt destinate recuperării de energie sau de produse utile, în loc de cele de eliminare simplă;
- dezvoltarea de sisteme integrate, care se auto-susțin din punct de vedere energetic;
- producerea, în condiții de siguranță și protecție a mediului, de materiale rezultate în urma exploatării nămolului (îngrășăminte naturale);
- implementarea unor sisteme operaționale adecvate condițiilor locale, pentru o dezvoltare durabilă, asigurând protejarea mediului.

3. TEHNOLOGII DE ÎNDEPĂRTARE A SUBSTANȚELOR ANORGANICE DIZOLVATE

Operațiile și procedeele aplicate în îndepărtarea substanțelor anorganice dizolvate sunt:

- precipitarea chimică;
- schimbători de ioni;
- ultrafiltrarea;
- osmoza inversă;
- electrodializa.

3.1. Ultrafiltrarea

Sistemele de ultrafiltrare sunt sisteme de membrane acționate de presiune care folosesc membrane poroase pentru reținerea materiilor coloidale și dizolvate. Aceste sisteme diferă de sistemele de osmoză inversă prin presiunea de acționare relativ scăzută, în mod curent sub 1.034 kN/m^2 .

Ultrafiltrarea este utilizată în mod normal pentru reținerea materiilor coloidale și a macromoleculelor cu greutatea moleculară peste 5.000. Aplicațiile pentru ultrafiltrare includ reținerea uleiurilor din apă și reducerea turbidității.

Cercetările recente arată că efluentul sistemului de ultrafiltrare este convenabil ca sursă de alimentare a procesului de osmoză inversă. Ultrafiltrarea a fost de asemenea sugerată ca unitate funcțională pentru îndepărtarea fosforului.

În **figura 1** este prezentată o schemă tehnologică pentru îmbunătățirea calității apelor uzate orășenești utilizând ultrafiltrarea și osmoza inversă [4].

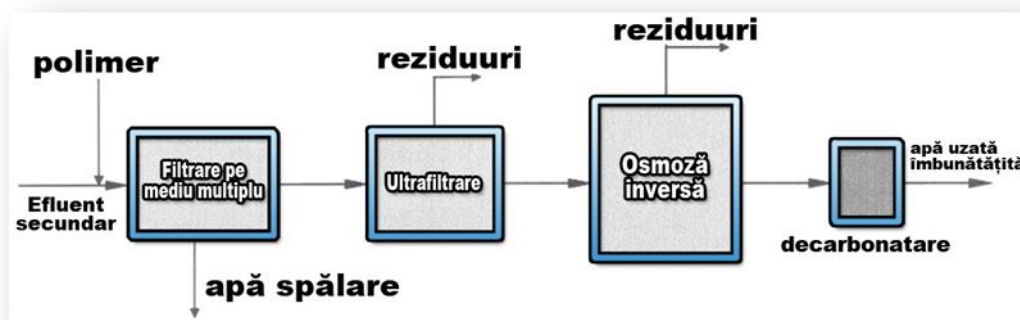


Figura 1. Schemă tehnologică pentru procedeul cu ultrafiltrare

3.2. Osmoza inversă (hiperfiltrarea)

Este un proces în care apa este separată de sărurile dizolvate în soluție prin filtrarea printr-o membrană semipermeabilă la o presiune mai mare decât presiunea osmotică realizată prin dizolvarea sărurilor în apa uzată (v. **fig. 2**).

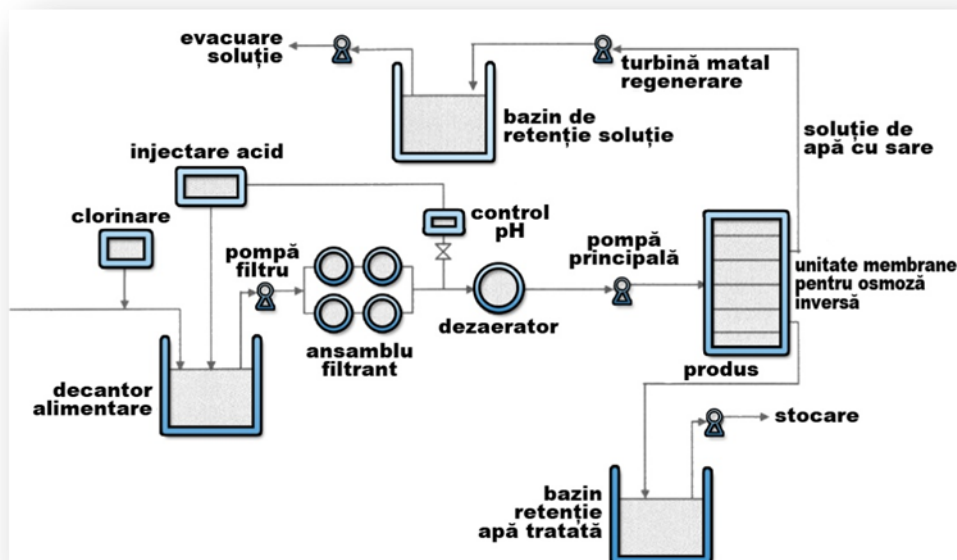


Figura 2. Schema tehnologică pentru un proces de osmoză inversă într-o singură treaptă

Cu membranele și echipamentele existente, presiunea de funcționare variază de la presiunea atmosferică la 6.900 kN/m^2 . Avantajul osmozei inverse este că reduce substanțele organice dizolvate care sunt mai puțin îndepărtate selectiv decât în alte tehnici de demineralizare. Principalele dezavantaje sunt costul ridicat și experiența limitată în funcționare pentru epurarea apelor uzate orășenești. Componentele de bază ale unei unități de osmoză inversă sunt membranele, structura suport pentru membrane, un recipient de siguranță și o pompă de înaltă presiune. Ca materiale pentru membrane s-au utilizat acetatul de celuloză și nylonul. S-au utilizat patru tipuri de suporturi pentru membrane: melc înfășurat, tubular și diverse configurații de filtre cu goluri. Suportul tip melc este cel mai indicat pentru apa uzată orășenească [5].

Unitățile de osmoză inversă pot fi amplasate fie în paralel pentru asigurarea unei capacități hidraulice adecvate, fie în serie pentru a asigura gradul de demineralizare dorit.

Pentru o eficientă funcționare a sistemului de osmoză inversă este nevoie de un influent de calitate superioară. Membranele sistemului pot fi colmatate de materiile coloidale existente în influent. De aceea, este necesară pretratarea efluentului secundar prin clarificare utilizând reactivi chimici și filtrare pe medii multiple, sau filtrare pe medii multiple și ultrafiltrare [6].

De asemenea, este necesară uneori îndepărtarea fierului și manganului pentru scăderea potențialului de curățare. pH-ul influentului trebuie adus în domeniul $4,0 \div 7,5$ pentru inhibarea formării pietrei. Curățarea chimică periodică a elementelor unității de membrane (circa o dată pe lună) este necesară pentru recondiționarea fluxului membranei.

4. CONCLUZII

Concluzia clară care se desprinde din această lucrare, este necesitatea epurării avansate a apelor uzate orășenești, datorită substanțelor reziduale existente în apele uzate care, extrem de puțin îndepărtate sau practic neschimbate prin treptele de epurare clasică mecano-biologică (detergenți, fosfați, compuși pe bază de azot, săruri anorganice, compuși organici persistenți, pesticide, diverși compuși chimici), creează probleme deosebit de grave mediului înconjurător. În scopul reținerii acestor substanțe rezistente, este nevoie de introducerea unei tehnologii de epurare care să

completeze epurarea clasică în scopul protecției mediului și al oamenilor, obținând o apă care să poată fi utilizată în diverse alte scopuri. Această tehnologie se numește *terțiară, avansată sau de finisare*.

O dată cu dezvoltarea cunoașterii științifice a elementelor poluante găsite în apa uzată, precum și disponibilitatea unei baze informaționale extinse, provenită din studiile de monitorizare a mediului, cerințele impuse pentru calitatea efluentului epurat descărcat în emisari, au devenit tot mai stricte. În cele mai multe situații, se impun condiții severe în privința reținerii substanțelor organice, a suspensiilor, a nutrienților și a compușilor toxici specifici, condiții ce nu pot fi respectate numai cu ajutorul tehnologiilor clasice de epurare convențională. În zonele în care emisarul ce preia efluentul stației de epurare, constituie sursă de alimentare cu apă potabilă pentru folosințele din aval, în mod cert, cerințele impuse prin standardele de calitate sunt extrem de severe.

5. BIBLIOGRAFIE

1. G. L. IONESCU, Gh. C. IONESCU, Aura SÂMBETEANU, Tehnologii moderne pentru epurarea apelor uzate, Editura MatrixRom – București, 2013.
2. E. GLIGOR, Contribuții la optimizarea energetică a instalațiilor și echipamentelor din cadrul stațiilor de epurare a apelor uzate. Teză de doctorat, Oradea, 2011.
3. Diana ROBESCU, Modelarea proceselor biologice de epurare a apelor uzate, Editura Politehnica Press București, 2009.
4. Diana, ROBESCU, S. ILIESCU, D. ROBESCU ș.a., Controlul automat al proceselor de epurare a apelor uzate, Editura Tehnică București, 2008.
5. Nicolae BĂRAN, Alexandru Sorin PĂTULEA, Ionela Mihaela CĂLUȘARU, “Design And Bulding Of A Setup For The Experimental Research Of Fine Bubble Generators”, Termotehnica, nr.2/2011, ISSN-L 1222-4057, Online: ISSN 2247-1871, p. 84-90, AGIR Publishing House, Bucharest, 2012.
6. Eugen ISBAȘOIU, Treatise on Fluid Mechanics, (in Romanian), AGIR Publishing House, Bucharest, 2011.

Deshidratarea nămolurilor provenite de la stațiile de tratare prin supunere la microunde

Mihai Iorgulescu* and Gabriel Racovițeanu **

* PhD Student, Technical University of Civil Engineering, Department of Doctoral Studies, Eng. SC INFRAWATER SRL

(E-mail: *mihai.iorgulescu@infrawater.ro*)

** Univ. Prof. Dr. Eng., Technical University of Civil Engineering, Director of Doctoral Studies, General Manager SC INFRAWATER SRL

(E-mail: *gabriel.racoviteanu@utcb.ro*)

Abstract

The paper presents the physical characteristics evolution of sludge from Water Treatment Plants after microwave exposure. There were analyzed 2 types of sludge with different values of humidity (sludge from Voila Water Treatment Plant of Campina municipality and sludge from Rosu Water Treatment Plant of Bucharest municipality).

The article presents the variation of dry solids content and humidity of the analyzed sludge depending on microwave exposure time. After the microwave exposure tests, the following results were registered: sludge from Voila WTP reduced its humidity from 79.14% (raw sludge) to 0.14% and sludge from Rosu WTP reduced its humidity from 45.38% (raw sludge) to 0.14%.

Based on the obtained results, there were elaborated formulas correlating energy costs for sludge dewatering with humidity variation for the analyzed sludge types.

Keywords

Sludge, dry solid contents, humidity, microwave, energy cost

1. INTRODUCERE

Spre deosebire de namolul rezultat din stațiile de epurare, în România, nu există cerințe specifice privind analiza namolului ce rezultă din tratarea apei potabile și se presupune că acesta este eliminat în depozitele de deseuri. Nu există date centralizate privind cantitatea de namol generat de tratarea apei potabile. Cu toate acestea, cantitățile totale de namol sunt importante, cantitatea specifică de namol produs de către stațiile de tratare depinzând de sursa de apă și de metoda de tratare. Pentru a reduce substanțial volumul de namol rezultat în urma proceselor de tratare se utilizează diferite metode de deshidratare.

Proveniența nămolurilor

Nămolurile provenite de la stațiile de tratare a apei potabile pot varia foarte mult în funcție de sursa de apă brută și procesele de tratare.

- Cele patru mari categorii de reziduuri generate din procesele de tratare a apei sunt (Office of Research and Development Cincinnati, OH 45268, 1996):
- nămolurile provenite din treapta de decantare, apele rezultate de la spălarea filtrelor;
- concentrat (de exemplu ca rezultat al osmozei inverse);
- rasini uzate, carbune activ granular uzat, mediu filtrant uzat;
- emisii în aer (gaze de la strippingul aerului, unitățile de neutralizare a ozonului etc.).

În stațiile de tratare a apelor potabile namolurile provin în proporție de 65 – 70 % din decantoare și 15 – 20 % de la spălarea filtrelor, restul fiind evacuarile depunerilor din deznisipatoare (PROED SA - București, 2003).

În Figura 1 sunt prezentate principalele procese care produc namoluri în stația de tratare.

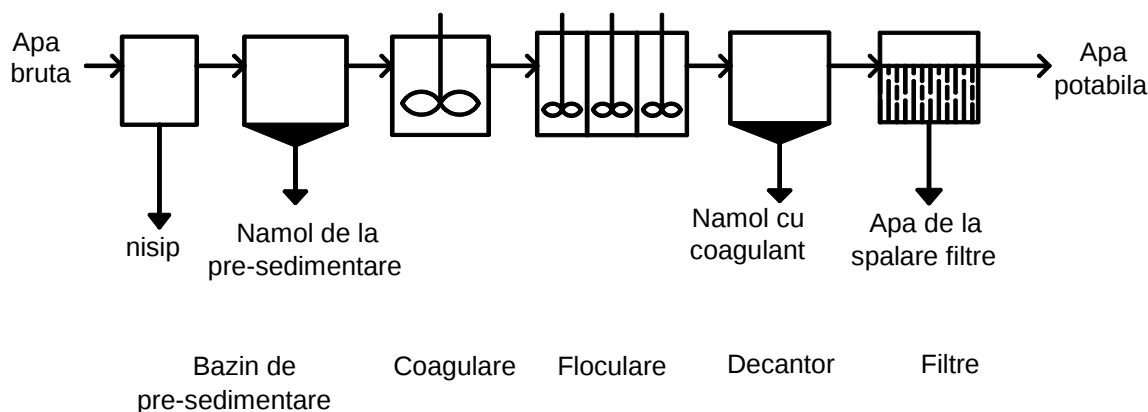


Figura 1 Surse de namoluri în stația de tratare [1]

Caracteristicile namolurilor

Caracteristicile namolului provenit de la stațiile de tratare a apei pot fi împărțite în:

- caracteristici fizice;
- caracteristici chimice;
- caracteristici biologice și bacteriologice.

Dintre caracteristicile fizice ale namolurilor, în cadrul cercetărilor realizate au fost analizate umiditatea, conținutul de substanță uscată și conținutul de materii organice pentru probele de namol testate.

2. METODE EXPERIMENTALE

Determinarea substanței uscate

Determinarea concentrației de substanță uscată a namolurilor s-a realizat prin metoda gravimetrică. Aceasta presupune uscarea probei de namol și cântărirea cantității de substanță uscată. S-a utilizat următoarea relație:

$$S.U. = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad [\%]$$

Unde:

m_1 - masă constantă a capsulei de porțelan, [g];

m_2 - masă cantității de namol, [g];

m_3 - masă constantă a cantității de namol uscată la 105 °C, [g].

Determinarea umidității

Determinarea umidității s-a realizat în funcție de conținutul de substanță uscată. Valoarea umidității namolurilor s-a obținut cu următoarea relație:

$$U = 100 - S.U. \quad [\%]$$

Unde:

$S.U.$ - conținutul de substanță uscată în namolul analizat, [%].

Determinarea conținutului de materii organice

Determinarea concentrației de materii organice s-a realizat prin utilizarea probei pe care s-a determinat concentrația de substanță uscată. Capsula de namol s-a calcinat la 600 °C timp de 1 oră, s-a răcit în exicator până la temperatura constantă și s-a cântărit masa constantă (m_4). Cantitatea de substanță organică (pierderea la calcinare) s-a determinat cu următoarea relație:

$$S.O. = \left(1 - \frac{m_4 - m_1}{m_3 - m_1} \right) \times 100 \quad [\%]$$

Unde:

m_1 - masă constantă a capsulei de porțelan, [g];

m_3 - masă constantă a cantității de namol uscat la 105 °C, [g];

m_4 - masă capsulei cu namol calcinat la 600 °C timp de 1 oră, [g].

3. REZULTATE EXPERIMENTALE

În acest articol a fost urmărit procesul de deshidratare a namolului provenit de la stațiile de tratare prin iradiere cu microunde.

Astfel, fost evaluate caracteristicile fizice (conținut de substanță uscată, umiditate și conținut de substanță organică) realizate pe probe de namol prelevate de la 2 stații de tratare și anume:

- Stația de tratare Voila – Campina;
- Stația de tratare Rosu – București.

Într-o primă etapă au fost analizate caracteristicile fizice ale probelor de namol brut, iar apoi s-au realizat probe iradiate cu microunde pentru diferite intervale de timp. Rezultatele analizelor probelor de namol prelevat de la stația de tratare Voila sunt prezentate în Tabelul 1, Figura 2 și Figura 3.

Tabelul 1 Caracteristicile fizice ale probelor de namol analizate – ST Voila (Campina)

Expunere la microunde	Timp de expunere [sec]	S.U. [%]	U [%]	S.O. [%]	ΔW [%]	E [kWh]	Cost energie consumată [euro/kg S.U.]
namol brut	0	20.86	79.14	11.09	0.00	0.0000	0.0000

Conferința Tehnico-Științifică
Performanța în serviciile de apă-canal

Expunere la microunde	Timp de expunere [sec]	S.U. [%]	U [%]	S.O. [%]	ΔW [%]	E [kWh]	Cost energie consumata [euro/kg S.U.]
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 15s	15	21.69	78.31	11.15	0.83	0.0042	0.0779
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 30s	30	22.46	77.54	10.42	1.60	0.0083	0.1504
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 45s	45	24.66	75.34	11.06	3.80	0.0125	0.2056
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 1 min	60	27.56	72.44	10.50	6.70	0.0167	0.2452
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 1 min 15s	75	30.62	69.38	10.35	9.76	0.0208	0.2759
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 1 min 30s	90	32.93	67.07	11.11	12.06	0.0250	0.3079
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 1 min 45s	105	39.12	60.88	10.09	18.25	0.0292	0.3024
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 2 min	120	46.63	53.37	11.15	25.77	0.0333	0.2899
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 2 min 15s	135	51.91	48.09	10.98	31.04	0.0375	0.2930
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 2 min 30s	150	56.18	43.82	11.14	35.32	0.0417	0.3008
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 5 min	300	99.81	0.19	4.60	78.95	0.0833	0.3386
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 10 min	600	99.84	0.16	4.38	78.98	0.1667	0.6770
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 15 min	900	99.86	0.14	5.70	79.00	0.2500	1.0153

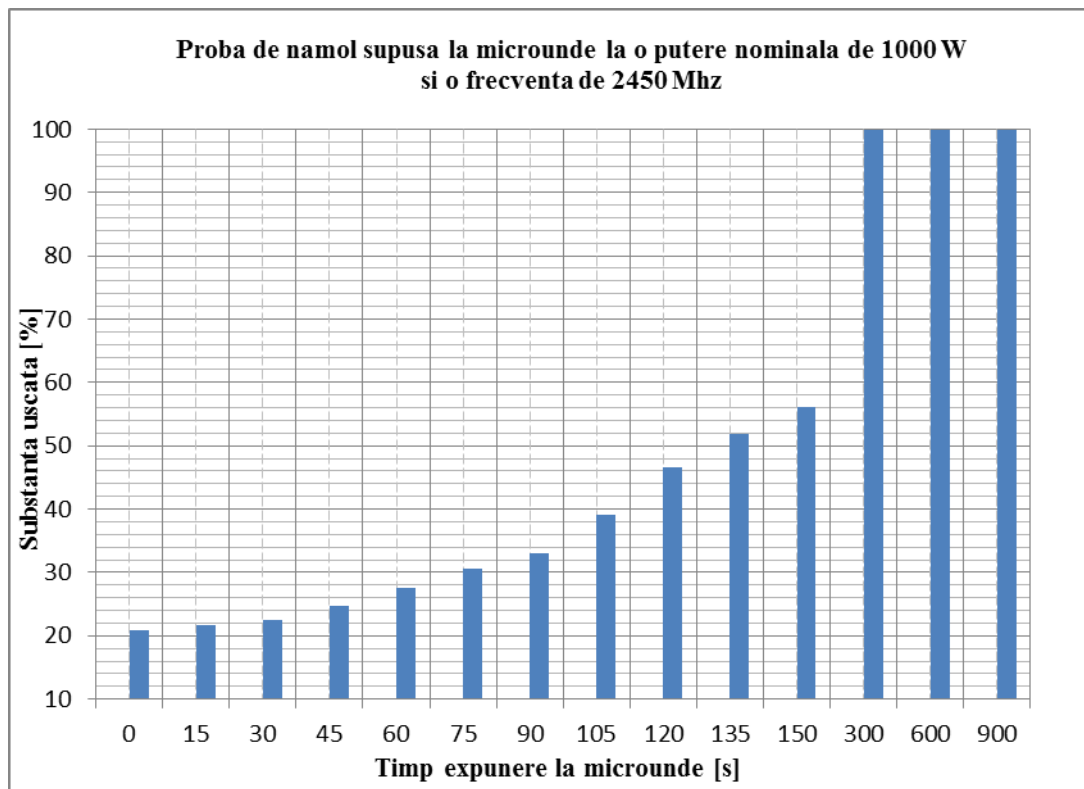


Figura 2 Continutul de substanta uscata in functie de timpul de iradiere cu microunde (namol statia de tratare Voila – Campina)

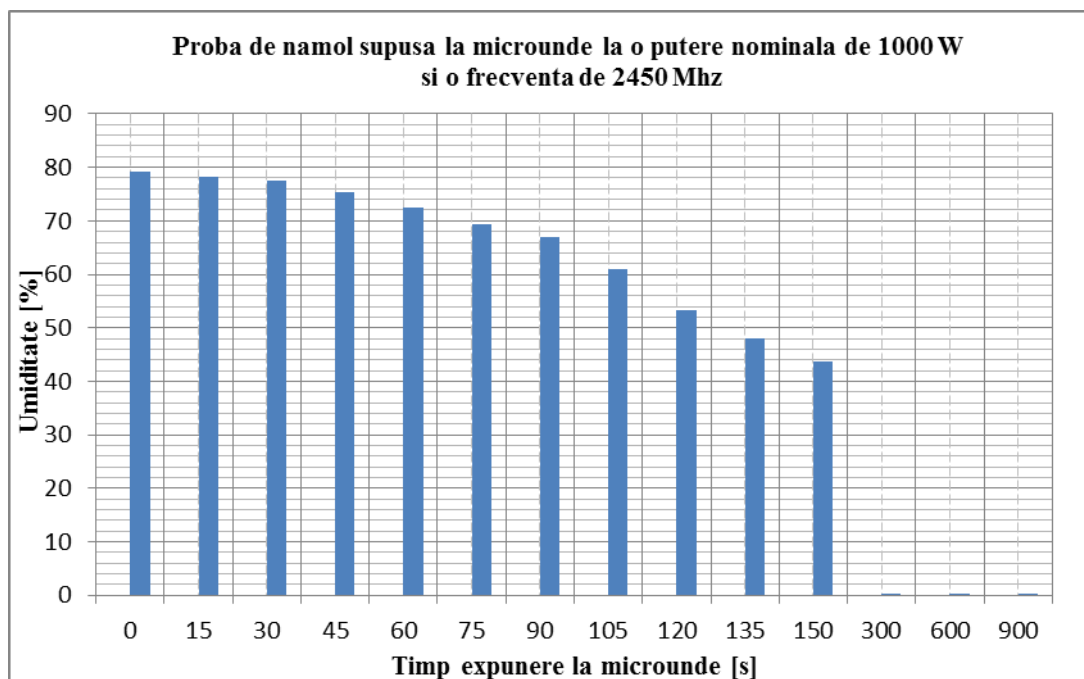


Figura 3 Umiditatea in functie de timpul de iradiere cu microunde (namol statia de tratare Voila – Campina)

Rezultatele analizelor probelor de namol pentru namolul prelevat de la statia de tratare Rosu sunt prezentate in Tabelul 2, Figura 4 si Figura 5.

Tabelul 2 Caracteristicile fizice ale probelor de namol analizate – ST Rosu (Bucuresti)

Expunere la microunde	Timp de expunere [sec]	S.U. [%]	u [%]	S.O. [%]	ΔW [%]	E [kWh]	Cost energie consumata [euro/kg S.U.]
namol brut	0	54.62	45.38	4.57	0.00	0.0000	0.0000
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 15s	15	56.64	43.36	4.25	2.02	0.0042	0.0158
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 30s	30	56.80	43.20	4.10	2.19	0.0083	0.0315
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 45s	45	57.61	42.39	3.95	2.99	0.0125	0.0466
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 1 min	60	62.71	37.29	4.30	8.09	0.0167	0.0571
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 1 min 15s	75	64.29	35.71	4.27	9.67	0.0208	0.0697
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 1 min 30s	90	67.64	32.36	4.32	13.02	0.0250	0.0794
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 1 min 45s	105	75.25	24.75	3.85	20.63	0.0292	0.0833
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 2 min	120	83.58	16.42	4.36	28.96	0.0333	0.0857
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 2 min 15s	135	88.96	11.04	6.58	34.35	0.0375	0.0906
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 2 min 30s	150	89.61	10.39	4.18	34.99	0.0417	0.0999
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 5 min	300	99.81	0.19	4.60	45.19	0.0833	0.1795
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 10 min	600	99.84	0.16	4.38	45.22	0.1667	0.3588

Expunere la microunde	Timp de expunere [sec]	S.U. [%]	u [%]	S.O. [%]	ΔW [%]	E [kWh]	Cost energie consumata [euro/kg S.U.]
namol rezultat dupa iradiere cu microunde 15 min	900	99.86	0.14	5.70	45.24	0.2500	0.5381

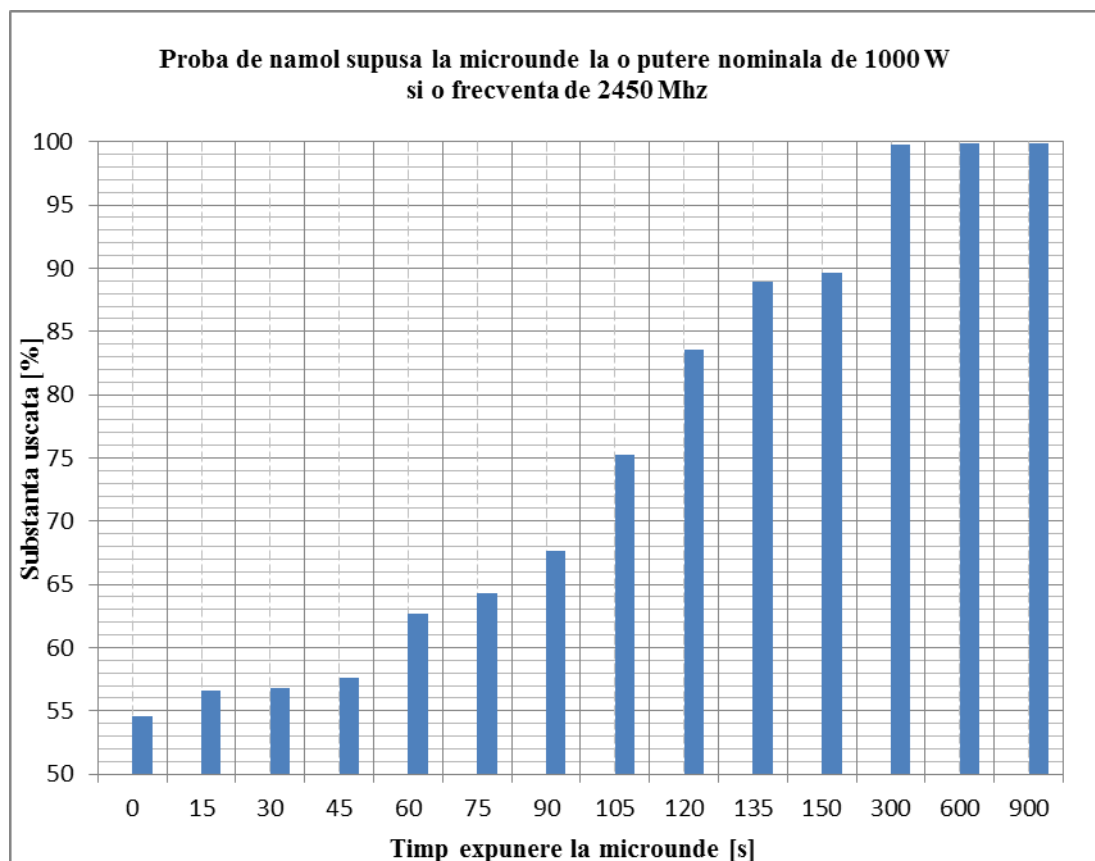


Figura 4 Continutul de substanta uscata in functie de timpul de iradiere cu microunde (namol statia de tratare Rosu – Bucuresti)

Namolul din Statia de tratare Voila (Campina) analizat are un continut de substanta uscata cuprins intre 20% pentru namolul brut si 99% pentru namolul iradiat la microunde timp de 5 min. Umiditatea namolului analizat variaza, de la 80% pentru namolul inainte de a fi iradiat cu microunde si 0.15% pentru namolul iradiat cu microunde timp de 5 min, in functie de timpul de iradiere.

Namolul din statia de tratare Rosu (Bucuresti) analizat are un continut de substanta uscata cuprins intre 54% pentru namolul brut si 99% pentru namolul iradiat cu microunde timp de 5 min. Umiditatea namolului analizat variaza, de la 46% pentru namolul inainte de a fi iradiat la microunde si 0.19% pentru namolul iradiat cu microunde timp de 5 min, in functie de timpul de iradiere.

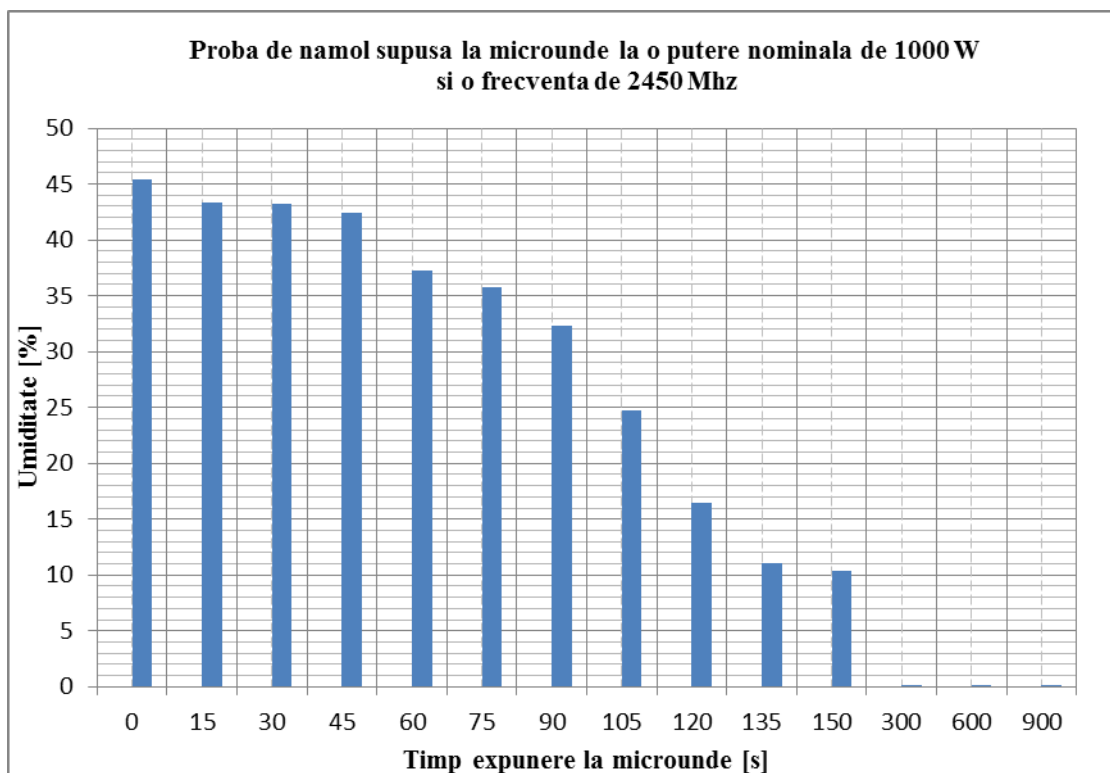


Figura 5 Umiditatea in functie de timpul de iradiere cu microunde (namol statia de tratare Rosu – Bucuresti)

4. INTERPRETAREA REZULTATELOR

În urma analizării datelor obținute și a calculului energiei consumate pentru a reduce umiditatea namolului cu ajutorul microundelor se constată faptul că se poate determina o corelație între costul energiei consumate și reducerea umidității namolului.

Astfel s-au realizat grafice, Figura 6 și Figura 7, pentru a evidenția costul reducerii umidității namolului prin iradiere cu microunde pentru ambele surse de namol și anume: Stația de tratare Voila (municipiul Campina) și Stația de tratare Rosu (municipiul București).

Pentru namolul provenit de la stația de tratare Voila a municipiului Campina costul energiei consumate variază între 0.08 Euro/kg S.U. pentru a reduce umiditatea cu 0.8% și 1.01 Euro/kg S.U. pentru a reduce umiditatea cu 79%.

Pentru namolul provenit de la stația de tratare Rosu (București) costul energiei consumate variază între 0.015 Euro/kg S.U. pentru o reducere de umiditate de 2% și 0.54 Euro/kg S.U. pentru a reduce umiditatea cu 45%.

Pentru namolul provenit de la stația de tratare Voila a municipiului Campina corelația teoretică definită între costul energiei consumate și reducerea umidității este prezentată în continuare:

$$C = 0.00004 \times \Delta W^2 + 0.0036 \times \Delta W + 0.16 \quad [\text{Euro/kg S.U.}]$$

Pentru namolul provenit de la stația de tratare Rosu (București) corelația teoretică definită între costul energiei consumate și reducerea umidității este prezentată în continuare:

$$C = 0.0003 \times \Delta W^2 - 0.0078 \times \Delta W + 0.075 \quad [\text{Euro/kg S.U.}]$$

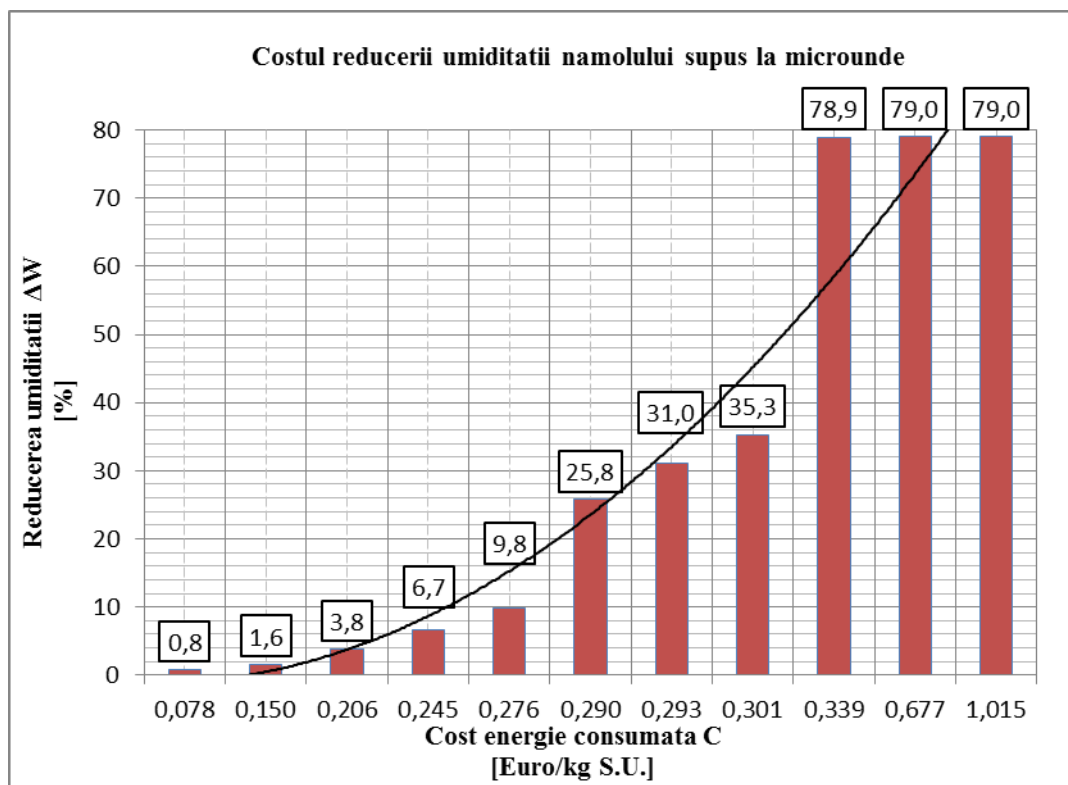


Figura 6 Costul reducerii umiditatii namolului prin iradiere cu microunde (namol statia de tratare Voila – Campina)

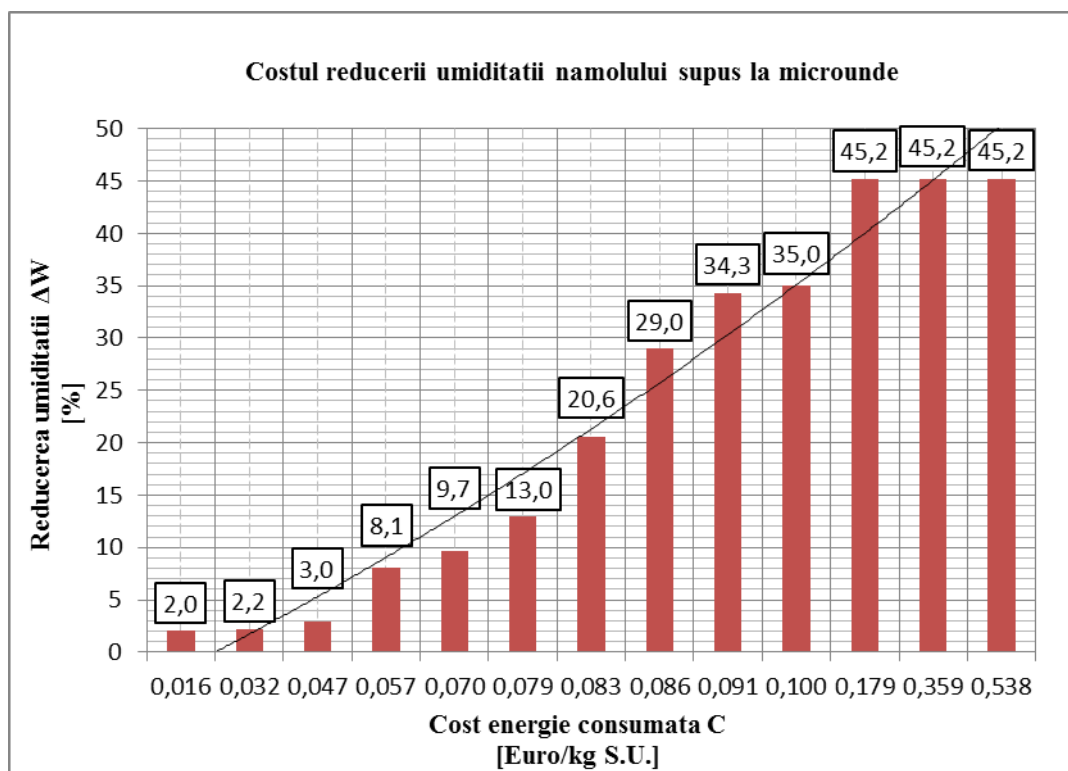


Figura 7 Costul reducerii umiditatii namolului prin iradiere cu microunde (namol statia de tratare Rosu – Bucuresti)

5. CONCLUZII

Iradierea cu microunde este o procedura care poate fi utilizata cu succes in vederea deshidratarii namolurilor de tratare. In lucrare s-au analizat probe de namol prelevate de la 2 statii de tratare din Romania si anume:

- Statia de tratare Voila – Campina;
- Statia de tratare Rosu – Bucuresti.

Caracteristicile fizice care s-au analizat au fost: umiditatea, continutul de substanta uscata si continutul de materii organice.

In urma cercetarilor realizate a rezultat o reducere semnificativa a umiditatii namolului din ambele statii de tratare prin iradiere cu microunde. Costurile specifice variaza in functie de timpul de iradiere si implicit de rezultatul obtinut.

In lucrare s-a determinat o corelatie teoretica intre costul energiei necesare deshidratarii namolului prin iradiere cu microunde si reducerea umiditatii namolurilor provenite de la cele doua statii de tratare.

Determinarea costului energiei consumate in procesul de deshidratare prin iradiere cu microunde in functie de reducerea de umiditate este importanta deoarece reprezinta un parametru in functie de care se poate realiza selectia procesului cel mai adecvat de deshidratare a namolurilor din statiile de tratare a apei.

6. BIBLIOGRAFIE

1. Office of Research and Development Cincinnati, OH 45268, Technology Transfer Handbook - Management of Water Treatment Plant Residuals, Cincinnati: United States Environmental Protection Agency, 1996.
2. PROED SA - Bucuresti, Ghid de proiectare a constructiilor pentru tratarea apei in vederea potabilizarii, Bucuresti: Ministerul transporturilor, constructiilor si turismului, 2003.
3. Mott MacDonald, ISPE, UTCB, BIOTEHNOL, Elaborarea politicii nationale de gestionare a namolurilor de epurare, Bucuresti: AM POS Mediu, 2013.
4. American Water Works Association, Raymond D. Letterman, Water Quality and Treatment - Fifth Edition, New York: McGRAW-HILL, 1999.
5. J. S. R. Brian E. Peck, Water treatment plant design - Fourth Edition - Process Residuals, New York: McGRAW-HILL, 2004.
6. D. G. J. Li, Advective Transport in Sludge Flocs, Water Environment Research, 1992.

Modelarea îndepărtării nutrienților din apa uzată

Georgiana Radu* and Lăcrămioara Diana Robescu**

* Student anul IV, Universitatea POLITEHNICA din București, Facultatea de Energetică – specializarea Ingineria și Protecția Mediului în Industrie
(E-mail: steaua_rg@yahoo.com)

** Professor, University POLITEHNICA of Bucharest, Faculty of Power Engineering
(E-mail: diana.robescu@upb.ro)

Abstract

The paper presents a case study regarding nutrients removal for a small wastewater treatment plant. A theoretical model is elaborated and the results are evaluated in order to optimize the nutrients removal process. Different configurations were considered in order to determine the optimal solution for the known wastewater composition.

Keywords

Advanced wastewater treatment, nutrients removal, modelling

1. INTRODUCERE

Odată cu creșterea îngrijorării privind calitatea mediului au fost impuse restricții severe pentru evacuarea apelor uzate astfel încât apele receptoare să fie protejate.

În apele uzate sunt prezente o serie de substanțe care nu pot fi reținute prin epurare clasică mecano-biologică decât în mică măsură, ca de exemplu compuși ai azotului (N) și fosforului (P). Deversarea apelor uzate epurate mecano-biologic în emisarii naturale are efecte negative, de la afectarea sănătății umane, până la probleme complexe de natură ecologică, tehnică și economică. Astfel, produc eutrofizarea și consumă oxigenul dizolvat din lacuri și a râuri, produc variația pH-ului care la rândul lui modifică echilibrul ionic din apa emisarilor, apa devenind toxică pentru fauna piscicolă, modifică culoarea apei emisarilor cu toate consecințele care decurg din aceasta, [1], [5]. Pentru îndepărtarea compușilor de azot și fosfor stația de epurare trebuie să includă o treaptă de epurare avansată.

Azotul există sub patru forme în apa uzată: azot organic, amoniu, nitriți și nitrați. Dintre acestea, azotul organic și amoniul se găsesc în apa netratată. Nitrificarea/denitrificarea biologică conduce la o mare eficiență de îndepărtare a azotului din apa uzată, are o mare stabilitate și fiabilitate, necesită suprafețe reduse, impune costuri moderate și permite un control relativ simplu al procesului, [4].

Nitrificarea reprezintă procesul autotrof de oxidare a amoniului în nitrit și apoi în nitrat cu ajutorul bacteriilor nitrificatoare aerobe. În cadrul proceselor de denitrificare, nitriții (NO_2^-) și nitrații (NO_3^-) sunt transformați cu ajutorul bacteriilor heterotrofe denitrificatoare în azot gazos liber, în mediu anoxic. În bazinele anoxice are loc o agitare a amestecului pentru a permite menținerea substanțelor solide în suspensie, dar suficient de lentă pentru a preveni contactul cu oxigenul atmosferic, [3].

Există diverse configurații pentru îndepărtarea azotului, în treaptă separată sau combinată cu îndepărtarea carbonului - cu predenitrificare, cu postdenitrificare, nitrificare-denitrificare discontinuă, procedeul Bardenpho în 4 trepte, cu denitrificare simultană, [2], [4].

Fosforul se găsește în apa uzată sub trei forme: ortofosfați, polifosfați și fosfor organic. Eliminarea fosforului, ca procedeu de epurare avansată, se poate realiza pe cale fizico-chimică și/sau pe cale biologică. Pe cale chimică eliminarea fosforului din apele uzate se realizează având la bază procese de precipitare și adsorbție sub efectul coagulanților, care îl leagă sub formă de săruri greu solubile

care apoi se sedimentează. Pentru aceasta se folosesc în principal săruri de fier sau de aluminiu sau polimeri în combinație cu varul sau aluminiul. Acestea se pot adăuga în diferite puncte în schema de epurare, înainte de decantorul primar, înainte sau după bioreactor sau după decantorul secundar, ultima dintre acestea asigurând îndepărtarea fosforului cu eficiență mai mare, [2]. Fosforul poate fi îndepărtat și prin epurare biologică, prin favorizarea creșterii în mediu anaerob a microorganismelor care acumulează fosforul, acesta fiind incorporat în celule ca polifosfat.

Configurația pentru îndepărtarea fosforului cuprinde un reactor anaerob, cu timp de retenție hidraulic de 0,5 – 1 h și amestecare, cu un timp de retenție a suspensiei recomandat de 1 – 1,5 zile, care este plasat înaintea reactorului cu nămol activ. În multe configurații, după reactorul anaerob urmează cel anoxic și apoi cel aerob, astfel încât reactorul anaerob este de fapt un selector ce favorizează creșterea microorganismelor care stochează fosforul. Aceste microorganisme formează flocoane foarte dense, bine sedimentabile în procesul cu nămol activ, astfel că de multe ori se utilizează acest reactor anaerob, chiar dacă nu este nevoie de îndepărtarea fosforului. O atenție deosebită trebuie acordată îndepărtării nămolului în exces, astfel încât să nu apară eliberarea $O-PO_4$ în reactorul anaerob, ceea ce conduce la eficiențe scăzute de îndepărtare a fosforului, [4].

În Figura 2 se prezintă o schemă de defosforizare biochimică cu îndepărtarea azotului cu predenitrificare caracterizată prin aceea că bazinul biologic este construit din două compartimente: anoxic și aerob.

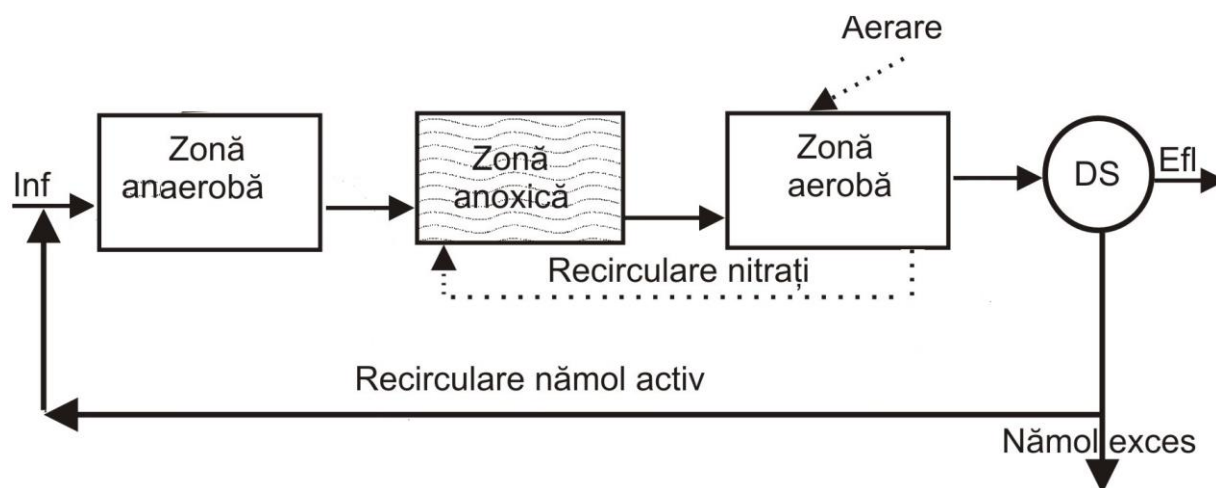


Figura.2 Schema de principiu a defosforizării biologice

2. STUDIU DE CAZ

Se consideră o stație de epurarea a apelor uzate orășenești, proiectată pentru un număr de 13000 locuitori echivalenți, cu debitul zilnic maxim de $Q_{zimax}=2112,5 \text{ m}^3/\text{zi}$, debitul zilnic mediu $Q_{zimed}=1625 \text{ m}^3/\text{zi}$, debitul orar maxim $Q_{omax}=182,772 \text{ m}^3/\text{h}$ și debitul orar minim de $Q_{omin}=30,807 \text{ m}^3/\text{h}$.

Încărcările la intrarea în stația de epurare au următoarele valori: concentrația de substanțe organice $CBO_{5i}=440 \text{ mg/l}$, concentrația de materii solide în suspensie $SS_i=520 \text{ mg/l}$, concentrația de azot total $N_{Ti}=48 \text{ mg/l}$ și concentrația de fosfor total $P_{Ti}=16 \text{ mg/l}$.

Conform NTPA 001/2005, [7], concentrațiile poluanților la evacuare sunt: $CBO_{5e}=25 \text{ mg/l}$, concentrația de materii solide în suspensie $SSe=35 \text{ mg/l}$, concentrația de azot total $N_{Ti}=15 \text{ mg/l}$ și concentrația de fosfor total $P_{Ti}=2 \text{ mg/l}$.

Stația de epurare a apelor uzate cuprinde:

- ✓ Grătar sită cu lumina de 3 mm, introdus într-un canal cu lățimea de $B=0,7\text{m}$;
- ✓ Reactor biologic cu nămol activ cu procedeu combinat de îndepărtare a carbonului și azotului cu predenitrificare cu un volum de $V=2125 \text{ m}^3$;

- ✓ Decantor lamelar cu următoarele caracteristici: lungimea decantorului este de $L=23$ m, lățimea $B=2,6$ m, înălțimea utilă a decantorului este de $h_u=3,2$ m

În vederea îndepărtării nutrienților din apa uzată calculul de proiectare a treptei biologice s-a realizat conform NP107-04, [6].

S-a considerat raportul dintre volumul zonei anoxice și volumul total al bioreactorului: $V_D/V = 0,2$. Eliminarea biologică a fosforului se realizează în bazine anaerobe amplasate în amonte bioreactorului. S-a determinat volumul bazinului anaerob: $V_{AN}=267$ m³. Concentrația de fosfor care trebuie îndepărtată prin precipitare $C_{P\text{ prec}} = 5,5 \frac{\text{mgP}}{\text{C}_{P\text{ prec}} \text{ l}} > 0$, astfel încât este necesar, în plus față de eliminarea biologică a fosforului, și de precipitare chimică, utilizând clorură ferică soluție 40% , $V=0,35$ m³ FeCl₃/zi.

3. MODELAREA ȘI SIMULAREA ÎNDEPĂRTĂRII NUTRIENȚILOR

Inițial s-a considerat treapta biologică alcătuită dintr-un bazin biologic anoxic și unul aerob pentru îndepărtarea combinată a carbonului și azotului (Figura 3.). Având în vedere că nu se realizează în aceasta configurație o îndepărtare eficientă a fosforului, s-a adăugat reactiv pentru îndepărtarea acestuia pe cale chimică. Simularea funcționării stației de epurare s-a realizat cu ajutorul pachetului software BioWin.

BioWin este un program de simulare a proceselor de epurare a apelor uzate, fiind folosit pe plan mondial la proiectarea și optimizarea instalațiilor de epurare a apelor. Nucleul programului îl reprezintă modelarea biologică, dar poate fi completat și cu modelări ale parametrilor chimici ai apei și interacțiuni gaz-lichid, [8].

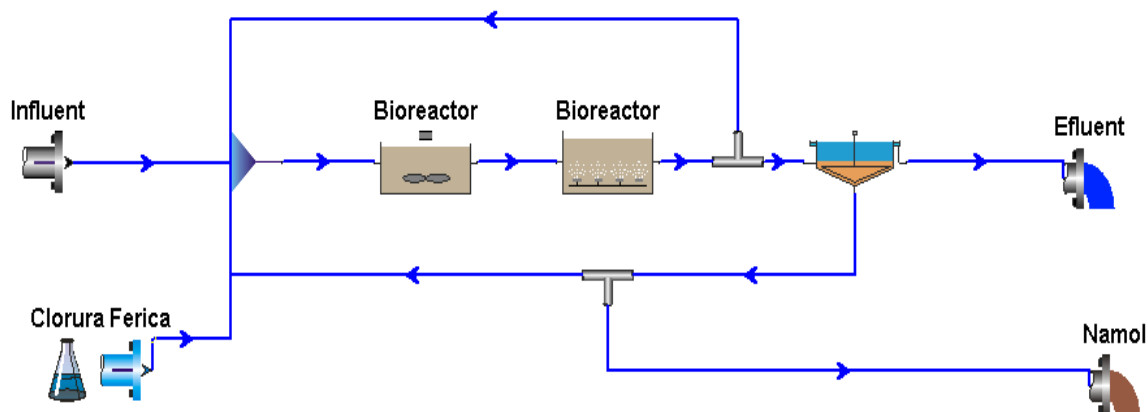


Figura 3. Schema procesului biologic de îndepărtare a nutrienților realizată cu un bazin biologic anoxic și unul aerob

Valorile obținute pentru principalii poluanți în efluent sunt prezentate în Tabelul 2. S-a considerat un debit inițial de clorură ferică 40% de 100 l/zi.

Tabelul 2. Evoluția parametrilor apei uzate în procesul de epurare

Elemente	N total [mgN/L]	P total [mgP/L]	Suspensii solide [mgSS/L]	CBO ₅ [mg/L]
Influent	48.00	16.00	520.07	784.78
Efluent	21.89	5.21	2.90	43.69

După cum se poate observa în Tabelul 2, valorile concentrațiilor de azot total, respectiv fosfor total sunt mult mai mari decât valorile admise de legislația română pentru evacuarea poluanților și anume valoarea maximă admisă a concentrației de azot total la evacuarea în emisar este de 10(15)[mg N/l], iar cea a fosforului total este de 1 (2) [mg P/l], (conform NTPA001).

În vederea reducerii concentrației de fosfor din efluent, s-a mărit debitul de soluție de clorură ferică de la 100 l/zi la 350 l/zi. Valorile obținute în cea de-a doua simulare sunt prezentate în Tabelul 3.

Tabelul 3. Evoluția parametrilor apei uzate pentru un debit de reactiv de [350 l/zi]

Elemente	N total [mgN/L]	P total [mgP/L]	Suspensii solide [mgSS/L]	CBO ₅ [mg/L]
Influent	48.00	16.00	520.07	784.78
Efluent	21.89	0.07	3.13	44.21

În cea de-a doua simulare se poate observa că odată cu creșterea debitului de reactiv, fosforul total a scăzut semnificativ, sub concentrația maximă admisibilă (conform NTPA 001), în schimb concentrația de azot total a rămas constantă.

Din această cauză s-a realizat o a doua configurație, care să reducă valorile încărcărilor efluentului, astfel încât să se încadreze în valorile normativelor în vigoare.

Cea de-a doua configurație considerată (a cărei proiectare este prezentată anterior) cuprinde în plus față de cea anterioară un bazin anaerob de îndepărtare biologică a fosforului (vezi Figura 4.)

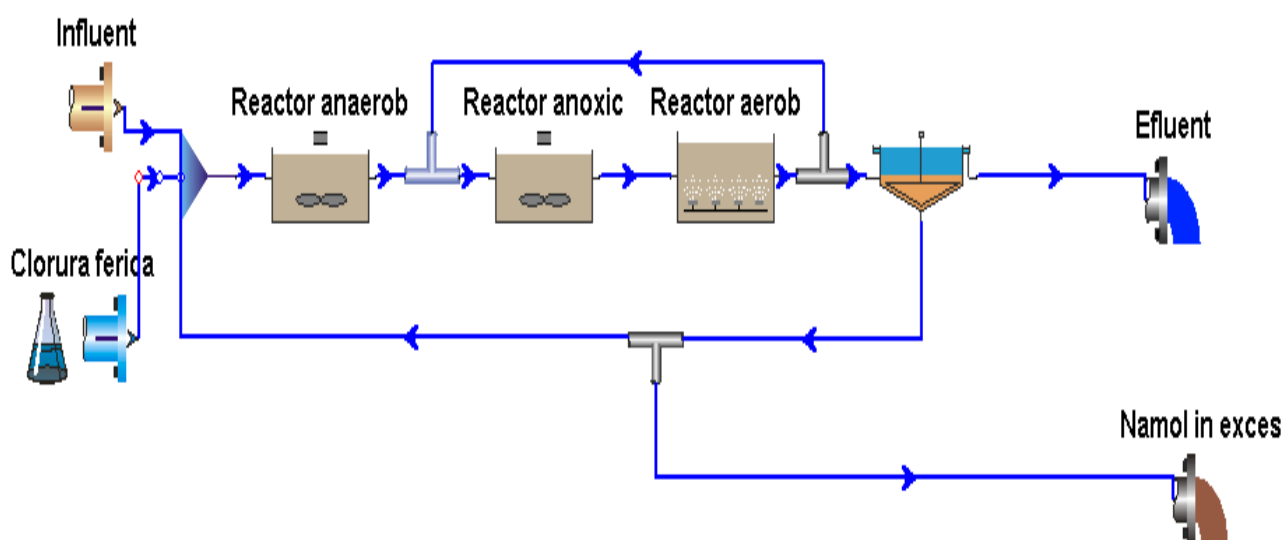


Figura4. Schema procesului biologic de îndepărtare a compușilor de N și P

Valorile obținute pentru principalii poluanți în efluent sunt prezentate în Tabelul 4. S-a considerat un debit inițial de clorură ferică 40% de 350l/zi;

Conform Tabelului 4. se observă că, odată cu modificarea configurației stației de epurare, și introducerea unui bazin anaerob, s-a modificat atât concentrația de azot total, cât și cea de fosfor total. Concentrația de azot total tinde să atingă valorile maxime admise, pe când concentrația de fosfor total a crescut semnificativ de la valoarea de 0,07 [mgP/L] la valoarea de 12,72[mgP/L].

Tabelul 4. Evoluția parametrilor apei uzate pentru cea de-a doua configurația

Elemente	N total [mgN/L]	P total [mgP/L]	Suspensii solide [mgSS/L]	CBO ₅ [mg/L]
Influent	48.00	16.00	520.07	784.78
Efluent	16.27	12.72	495.17	205.50

În vederea reducerii concentrației de fosfor și de azot din efluent, s-a modificat volumul bazinului anaerob, de la 266 m³ la 466m³, iar rezultatele simulării sunt prezentate în Tabelul 5.

Tabelul 5. Evoluția parametrilor apei uzate pentru volumul bazinului anaerob de 466m³

Elemente	N total [mgN/L]	P total [mgP/L]	Suspensii solide [mgSS/L]	CBO ₅ [mg/L]
Influent	48.00	16.00	520.07	784.78
Efluent	17.17	12.70	495.29	210.87

Conform Tabelului 5 se poate observa că reducerea concentrațiilor nutrienților în emisar este minimă, deși s-a modificat semnificativ volumul bazinului anaerob.

În vederea reducerii a P_T, respectiv a N_T, a fost modificat coeficientul de recirculare externă r_e, de la 100% la 25%, astfel s-au obținut parametrii apei uzate din Tabelul 6.

Tabelul 6. Evoluția parametrilor apei uzate pentru un coeficient de recirculare externă de 25%

Elemente	N total [mgN/L]	P total [mgP/L]	Suspensii solide [mgSS/L]	CBO ₅ [mg/L]
Influent	48.00	16.00	520.07	784.78
Efluent	16.98	8.07	303.40	149.79

Conform Tabelului 6. evoluția concentrației de azot total nu este una favorabilă, aceasta nu se încadrează în valorile indicate în NTPA, reducându-se foarte puțin. În schimb concentrația de fosfor total scade de la 12,7 mgP/l la 8,07 mgP/l, valoare superioară celor indicate în normative.

4. CONCLUZII

S-a realizat calculul de proiectare a treptei de epurare avansată a unei stații de epurare. S-au realizat simulări pentru două configurații diferite ale treptei biologice, cu și fără bazin anaerob destinat îndepărtării fosforului. În ambele cazuri a fost considerată ca necesară adăugarea de reactiv chimic pentru îndepărtarea compușilor de fosfor. În cazul primei configurații realizate s-a obținut o îndepărtare a 99% din concentrația inițială de fosfor și a 45% din concentrația compușilor de azot. În cazul celei de-a doua configurații s-a obținut o îndepărtare maximă 50% din concentrația inițială de fosfor și a 66% din concentrația compușilor de azot. Lucrarea va fi continuată prin studiul unor configurații suplimentare ale bazinelor în treapta biologică astfel încât să se asigure îndepărtarea eficientă a nutrienților, cu încadrarea lor în limitele admisibile conform legislației.

5. BIBLIOGRAFIE

1. Ianculescu, O. Ionescu, Gh., Racovițeanu, R., *Epurarea apelor uzate*, Ed. Matrix Rom, București, 2001
2. Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*, Fourth Edition, McGraw Hill Education, 2003
3. Robescu, D. ș.a., *Modelarea și simularea proceselor de epurare*, Editura Tehnică, București, 2004
4. Robescu, L.D., Stroe, F., Presura, A., Robescu, D.N., *Tehnici de epurare a apelor uzate*, Ed.Tehnica, 2011
5. Rojanschi, V., Bran, F., Diaconu, Gh., *Protecția și ingineria mediului*, Ed.Economică, București, 1997
6. NP 107/2004 – *Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a IV-a – Treapta avansată de epurare*
7. NTPA–001/2005–*Normativul privind stabilirea limitelor deîncărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali (HG nr. 352/2005)*
8. www.envirosim.com

Rețelele de canalizare vacuumatice - procedeu eficient pentru colectarea și transportul apelor uzate menajere rezultate din localitățile rurale

Sorin Perju* and Ștefan Dobrescu**

* Dr. ing., Șef lucrări, Departamentul de Inginerie Hidrotehnică, Universitatea Tehnică de Construcții București

(E-mail: sorin.perju@utcb.ro)

** Ing., Project Manager, DFR System S.R.L. Bucuresti

Abstract

The promotion and implementation of a centralized sewer system that provides controlled discharge of wastewater in rural areas, is a necessity for the community and also an opportunity for environmental and water protection. The implementation of the vacuum sewer systems provides controlled wastewater collection, thus eliminating the possibility of seepage into groundwater.

This will increase the comfort of the urban area, reducing the risk of pollution of groundwater and thus it will increase the level of civilization in that region.

Keywords

Wastewater, vacuum sewer network, sewer network operation

1. INTRODUCERE

În ultimii ani, simultan cu transformările sociale și economice, a crescut și interesul pentru domeniul serviciilor de alimentare cu apă și canalizare. În prezent, pentru localitățile urbane cu sisteme de alimentare cu apă și canalizare insuficient dezvoltate sunt în derulare investiții de reabilitare și extindere a infrastructurii de apă și apă uzată, iar pentru localitățile din mediul rural în etapa următoare urmează proiectarea și construirea de noi sisteme centralizate care să asigure o distribuție controlată a apei potabile, și o colectare adecvată a apelor uzate care să conducă la costuri minime de epurare și deversare a acestor ape în mediul natural.

Măsurile de protecție a mediului pe care trebuie să le îndeplinească România pentru a se alinia normelor europene, prevăd ca până în 2018 să se construiască sisteme centralizate de alimentare cu apă și canalizare, sisteme care să fie corect și eficient exploatate. Funcționarea corectă și eficientă a sistemului de alimentare cu apă nu poate fi realizată fără asigurarea colectării și epurării apelor uzate din localitate, motiv pentru care va trebui realizat concomitent și sistemul de canalizare.

Alcătuirea și funcționarea rețelelor de canalizare, este dimensionată funcție de cantitățile de apă uzată iar scurgerea în colectoarele rețelei este dependentă de formele de relief ale zonei. În acest context, la alegerea soluției optime privind proiectarea, construcția și exploatarea rețelelor de canalizare din mediul rural trebuie să se țină cont de condițiile de funcționare, de disponibilitatea tehnologică existentă, de variabilitatea consumurilor de apă, de dispersia consumatorilor de apă și posibilitățile financiare ale acestora, astfel încât atât costurile de investiție și costurile de exploatare să fie cât mai reduse iar sistemul de canalizare să fie sustenabil pentru operatori și suportabil financiar pentru populație.

2. ASPECTE CONSTRUCTIVE ȘI FUNCȚIONALE A REȚELOR DE CANALIZARE

Rețelele de canalizare constituie obiectul tehnologic cel mai dezvoltat al sistemului de canalizare, în cadrul căruia trebuie să funcționeze construcții de mari dimensiuni a căror lungimi, în mod normal sunt egale cu lungimea străzilor pe care sunt amplasate imobile cu funcționalitate casnică, socială, economică etc. Soluțiile care pot fi adoptate pentru realizarea rețelor de canalizare au fost dezvoltate în timp, pe măsură ce a fost nevoie de rezolvarea unor cazuri practice, funcție de caracteristicile zonei canalizate, de importanța obiectivelor existente în localitate, de calitatea apelor de canalizare, de materialele și tehnologiile existente.

Din punct de vedere hidraulic, funcționarea rețelor de canalizare existente se realizează predominant prin curgere gravitațională cu nivel liber, sistem dezvoltat din cele mai vechi timpuri și care practic este cel mai utilizat sistem de colectare, evacuare și transport a apelor uzate orășenești, figura 1.

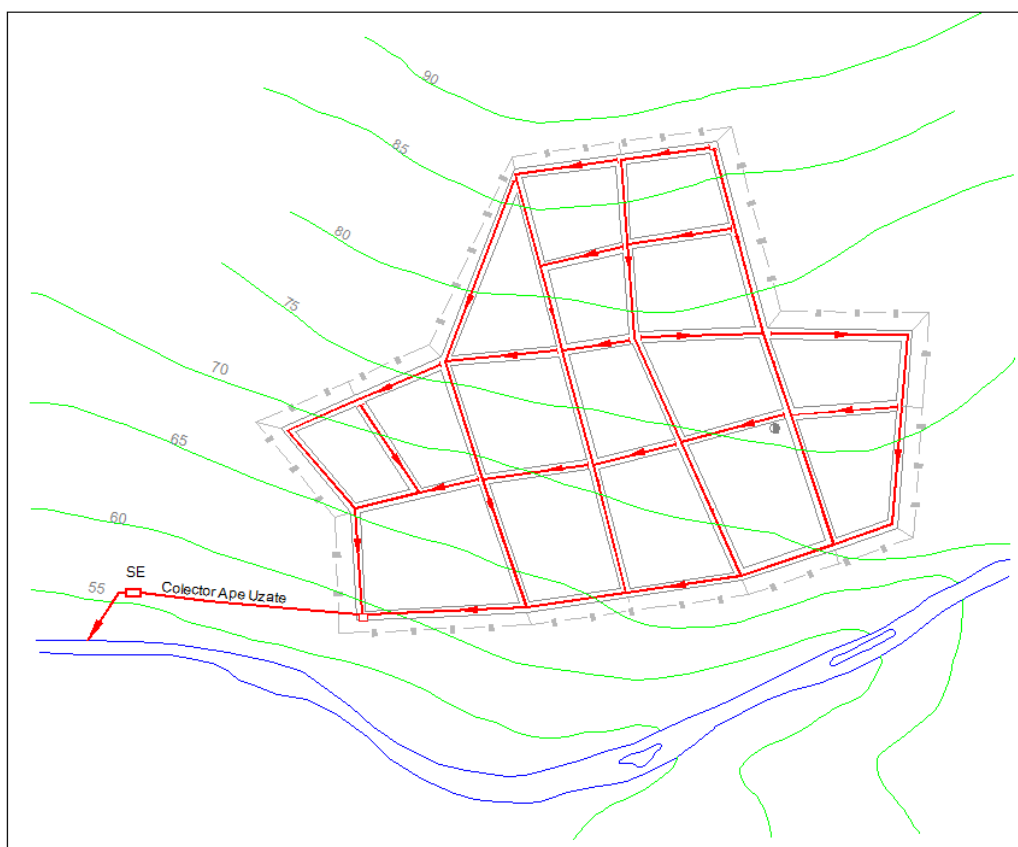


Figura 1 – Retea canalizare cu funcționare gravitațională

Pentru localitățile rurale, proiectarea și realizarea rețelor de canalizare prin curgere gravitațională cu nivel liber, generează o serie de aspecte referitoare la restricțiile de proiectare și exploatare corectă a rețelei de canalizare. Ca urmare, vom constata că în rețeaua de canalizare, viteza apei nu poate realiza valoarea minimă pentru viteza de autocurățire de 0,7 m/s cel puțin odată pe zi, astfel încât să se evite colmatarea colectoarelor de canalizare. Acest inconvenient este generat de următoarele aspecte:

- debitele de ape uzate sunt foarte mici;
- diametrul minim al tubului colector trebuie să fie de 250 mm, indiferent de mărimea debitului, conform standardelor și normativelor tehnice în vigoare;
- conform SR-EN 752, panta colectorului trebuie să fie cel puțin 1/DN, deci minimum 4‰;

- pentru un tub/colector din PVC, pentru a avea o viteză de peste 0,7 m/s, ar trebui ca debitul la secțiune plină să fie de cel puțin 35 l/s; la o localitate cu 5.000 de locuitori (o localitate mare), pentru un debit specific de 100 l/om·zi, respectiv un coeficient de variație zilnică egal cu 1,3 și un coeficient de variație orară egal cu 2, valoarea totală a debitului abia atinge 15 l/s (și aceasta în punctul final, înainte de stația de epurare);
- racordarea la rețea se realizează în timp, datorită situației financiare precare a locuitorilor din mediul rural, motive pentru care funcționarea și sustenabilitatea sistemului de canalizare devine incertă;
- este posibilă introducerea în rețeaua de canalizare a unor ape neconforme, deoarece educația consumatorilor în scopul folosirii corecte a canalizării este într-o fază incipientă;
- existența unui număr ridicat de stații de pompare reduce semnificativ siguranța funcționării: o avarie (lipsă de energie) la o treaptă de pompare poate bloca o mare parte a rețelei;

Eliminarea acestor inconveniente și evitarea riscurilor generate de disfuncționalitățile în exploatare pot fi rezolvate adoptând ca soluții de proiectare și construcție a rețelelor de canalizare vaccumatice sau rețele de canalizare sub presiune. Pentru zonele în care terenul este relativ plat, debitele sunt mici și foarte variabile, nivelul apei subterane este ridicat, sau acolo unde costurile de exploatare și întreținere a rețelei de canalizare gravitaționale sunt mari, soluția ce poate fi adoptată pentru canalizarea apelor uzate menajere o poate reprezenta rețeaua de canalizare sub vacuum (figura 2).

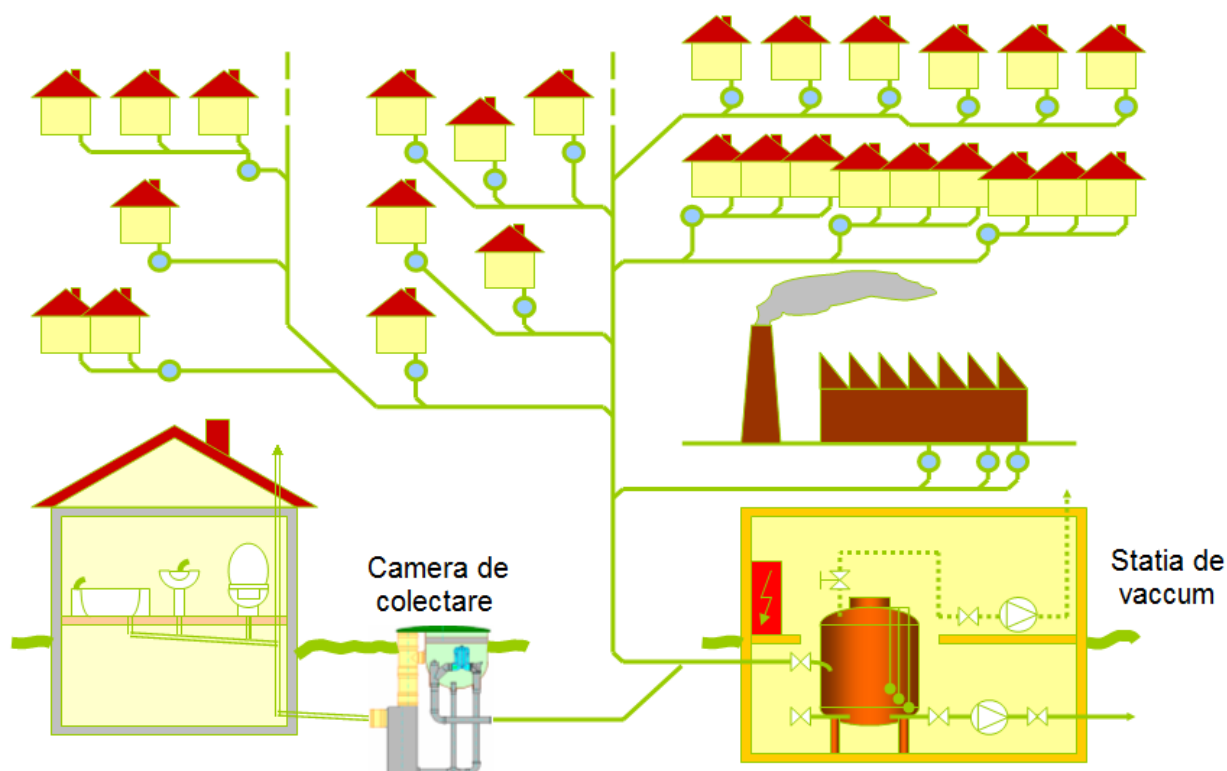


Figura 2 – Rețea canalizare cu funcționare vacuumatică

Sistemul de canalizare cu vacuum este în esență un sistem mecanizat de transport a apelor uzate. Spre deosebire de sistemele convenționale de canalizare gravitațională clasică, sau sistemele alternative de canalizare sub presiune, în cadrul sistemelor de canalizare prin vacuum este menținută o presiune negativă de -0,6 bar.

Elementele componente ale sistemului de canalizare prin vacuum prezentate în figura 3 constau în:

- camera de colectare prevăzută cu bazin de preluare prin curgere gravitațională a apelor uzate rezultate din clădiri și cu unitatea vanei de vacuum;
- rețeaua de vacuum, alcătuită dintr-o rețea de conducte ramificate, care asigură transportul apelor uzate către stația de vacuum;
- stația de vacuum cu rol de producere a vacuumului necesar funcționării sistemului, de colectare a apelor uzate și de pompare a acestor ape uzate către stația de epurare sau o altă canalizare învecinată

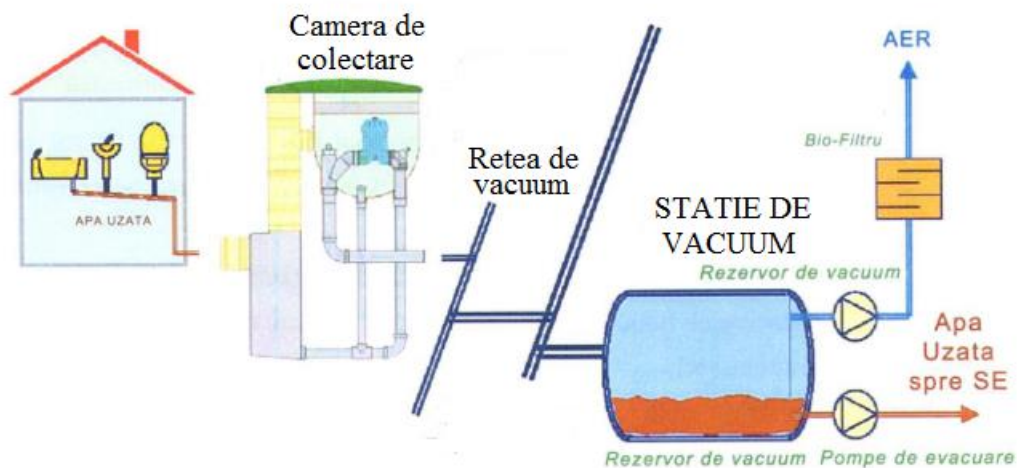


Figura 3 – Elementele componente ale sistemului de canalizare prin vacuum

Procedeul de funcționare a sistemului de canalizare prin vacuum constă în preluarea prin curgere gravitațională a apelor uzate din clădiri către bazinul din camera de colectare. După acumularea unui volum prestabilit de apă uzată în bazinul camerei de colectare, vana de vacuum se deschide automat folosind presiunea diferențială de aer (aer și vacuum) ca sursă de energie.

Deschiderea vanei de vacuum (figura 4) este declanșată de activarea controlerului comandat de presiunea creată în țeava senzor ca urmare umplerii bazinului din camera de colectare și vacuumul din rețea care a cărei valoare trebuie să fie de minim -0,22 bar.



Figura 4 – Vane de vacuum și controler

Odată deschisă vana, întreaga cantitate de apă acumulată în bazin plus un volum suplimentar de aer sunt vehiculate prin deschiderea vanei de vacuum în rețeaua de conducte și

transportate către stația de vacuum. Transportul apei, între camera de colectare și rețeaua de vacuum și mai departe către stația de vacuum, se realizează prin energia presiunii diferențiale.

Rețeaua de conducte este etanșă și menținută constant sub vacuum de pompele de generare vacuum amplasate în incinta stației de vacuum. Profilul rețelei de conducte se execută în așa numitul profil ”dinți de fierăstrău”, figura 4. În acest mod, în regim static, cantitățile de apă uzată staționează în partea jos a conductei, ceea ce face ca prin introducerea unei cantități de aer printr-o vană de vacuum situată în amonte, să se realizeze un efect de piston pentru transportul apei uzate peste liftul aval, spre stația de vacuum. Acest tip de profil în construcția rețelei de conducte este esențial în funcționare, pentru a realiza un transfer de impuls de la aer la apa uzată.

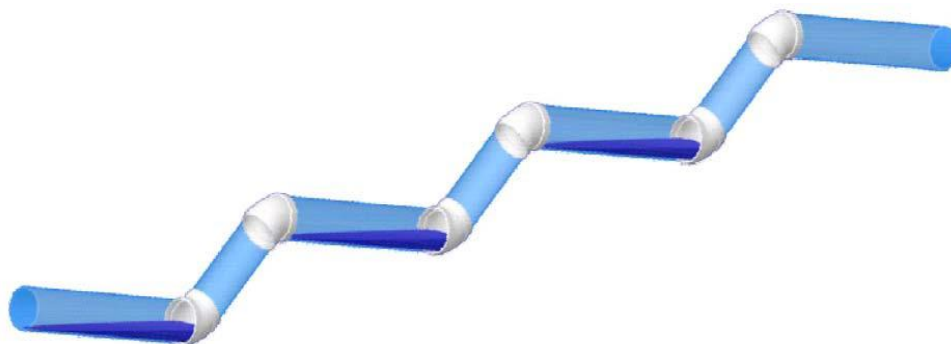


Figura 4 – Profilul ”dinți de fierăstrău” pentru construcția rețelei de conducte la canalizarea prin vacuum

Rețelele de canalizare prin vacuum proiectate și construite corespunzător asigură realizarea unor viteze de transport suficient de mari (3 – 5 m/s) prevenind astfel sedimentarea și colmatarea conductelor colector. Obiectele mari care ar putea să blocheze curgerea sunt reținute în bazinul colector, eliminarea lor realizându-se cu ajutorul lăncii de curățare.

Apa uzată și aerul sunt direcționate într-un vas de colectare (rezervorul de vacuum) amplasat în incinta stației de vacuum. Pompele de vacuum montate în stația de vacuum generează vacuumul necesar atât în rețeaua de conducte cât și în rezervorul de vacuum. Apa uzată din rezervorul de vacuum este pompată prin intermediul unor pompe convenționale pe o conductă de refulare către stația de epurare sau o canalizare învecinată.

3. APLICAȚII TIPICE PENTRU REȚELE DE CANALIZARE PRIN VACUUM

Alegerea sistemului de canalizare a apelor uzate din localitățile rurale constituie o problemă de proiectare ce trebuie să țină cont de natura și configurația naturală a terenului. Sistemele vacuumice pot fi proiectate în diverse moduri pentru care se iau în considerare parametrii precum zona conectată, locația stației de vacuum, alegerea rețelei principale, etc. Soluția finală se obține în baza unui studiu de fezabilitate care să reflecte eficiența economică a soluției adoptate, soluție care trebuie să înglobeze atât costurile investiției pentru realizarea construcției cât și costurile de operare înregistrate de exploatarea sistemului.

Pentru localitățile din zonele rurale unde:

- densitatea populației este redusă,
- configurația terenului prezintă pante insuficiente pentru construcția rețelelor de canalizare gravitațională,
- nivelul apelor subterane este situat la mică adâncime,
- terenul este de natură stâncoasă sau este un teren instabil,
- zona este protejată ecologic,

particularitatea sistemelor de canalizare prin vacuum constă în faptul că oferă avantaje suplimentare atât în perioada de construcție cât și în perioada de operare a acestor sisteme. Avantajele date de sistemele de canalizare vacuumatice construite în aceste zone sunt date de următoarele elemente:

- conductele sunt din material plastic cu diametre mici,
- săpătură îngustă și de mică adâncime pentru șanțuri,
- nu sunt necesare cămine de vizitare și stații de pompare,
- condiții de pozare mult mai permise față de conductele de apă,
- rețelele de canalizare prin vacuum pot traversa zonele de protecție sanitară deoarece nu există posibilitatea de exfiltrare a apei uzate,
- construcție și punere în operă rapidă cu minim de impact asupra mediului și asupra traficului rutier,
- viteza de autocurățire mare exclude posibilitatea colmatării colectoarelor,
- elimină posibilitatea infiltrațiilor de apă din pânza freatică, deoarece sistemul de canalizare prin vacuum este etanș,
- elimină posibilitatea infectării deoarece sistemul de canalizare prin vacuum este continuu aerat.

Cheltuielile de investiție și operare a sistemelor de canalizare prin vacuum sunt minime, dacă în faza de proiectare sunt abordate toate aspectele ce țin de conceperea, execuția și exploatarea sistemului. Ca exemplu se prezintă o analiză comparativă realizată între sistemul de canalizare cu curgere gravitațională și sistemul de canalizare prin vacuum, pentru o localitate cu o populație de 2570 de locuitori și un relief specific zonelor de deal.

Tabel 1- Evaluarea costurilor de investiție

Nr. crt.	Acțiune	Sistem gravitațional			Sistem Roediger Vacuum			Diferență (+/-)	Observații
		Cantitate	P.U. (€)	Valoare (€)	Cantitate	P.U. (€)	Valoare (€)		
1.	Tubulatură canalizare Tubriflat SN8, Dn 250 mm	15.000 ml	9,5	142.500	0	0	0	Prețuri ECE Nov. 2011	Manoperă pentru montaj ≈ 50.000
2.	Tubulatură canalizare Tubriflat SN8, Dn 315 mm	9.000 ml	12,8	115.200	0	0	0		
3.	Tub PEHD SDR 11, De = 90 mm	0	0	0	5.600 ml	4,7	26.320	Prețuri POLITUB Bistrița Ianuarie 2012	Manoperă pentru montaj ≈ 75.000 (Inclusiv piese speciale)
4.	Tub PEHD SDR 11, De = 110 mm	0	0	0	8.500 ml	6,9	58.650		
5.	Tub PEHD SDR 11, De = 125 mm	0	0	0	2.200 ml	8,9	19.580		
6.	Tub PEHD SDR 11, De = 140 mm	0	0	0	1.100 ml	11,1	12.210		
7.	Tub PEHD SDR 11, De = 160 mm	0	0	0	2.500 ml	14,5	36.250		
8.	Tub PEHD SDR 11, De = 200 mm	0	0	0	3.600 ml	22,7	81.720		
9.	Stații pompare A.U.	3 buc.	80.000	240.000	0	0	0	Prețuri S.P. ISPA	Notă: La sistemul gravitațional nu au fost incluse lucrările de sprijinire și nici cele de epuismen, în zonele unde NHS este < 3 m. De asemenea, nu au fost incluse refacerea infrastructurii rutiere pentru zonele unde colectorul este pozat pe strada
10.	Cămine de vizitare (Camere de preluare)	480 buc.	1.200	576.000	176 buc.	2.500	440.000	Prețuri ROEDIGER – Vacuum Ianuarie 2012	
11.	Stație de vacuum	0	0	0	1 buc.	197.000	197.000		
12.	Sistem monitorizare	0	0	0	1 buc.	92.000	92.000		
13.	Fitinguri speciale	0	0	0	1 set	252.000	252.000		
14.	Stații admisie aer	0	0	0	6 buc.	10.000	60.000		
15.	Rezervor tampon	0	0	0	3 buc.	10.000	30.000		
16.	Clădire vacuum	0	0	0	1 buc.	35.000	35.000		
17.	Excavări + umplere + compactare	50.000 mc	18,15	907.500	10.000	12,45	124.500	Prețuri Steel Market	
TOTAL C+M (inclusiv manoperă montaj)		≈ 2.031.200			≈ 1.428.230			-602.970	$V_{\text{Vacuum}} < V_{\text{Gravit}}$ cu ≈ 30 %

Conferința Tehnico-Științifică Performanța în serviciile de apă-canal

Tabel 2- Evaluarea costurilor de operare

Nr. crt.	Denumire activitate	Rețea gravitațională				Rețea prin vacuum				Observații
		U.M.	Cant.	P/U	Val.	U.M.	Cant.	P/U	Val.	
1	Operare sistem (cost personal)	pers.	1	2.85 €/h	5.814 €/an	pers.	0.03	2.85 €/h	1745 €/an	Sistemul de vacuum poate funcționa cu monitorizare totală la dispecerat și doar intervenții la eventualele probleme.
		pers.	3	2.85 €/h	17.442 €/an	pers.	1	2.85 €/h	6120 €/an	
2	Cost energie electrică	kWh	93.000	0.12 €/kWh	11.160 €/an	kWh	51.000	0.12 €/kWh	6.120 €/an	La sistemul gravitațional nu au fost luate în calcul posibilele debite de apă pluvială care ar necesita pompare dacă ajung în canalizare
3	Revizii, reparații pompe, stații de vacuum, valve	Buc	1	3700 €/an	3.700 €/an	Buc	1	3700 €/an	3.700 €/an	Schim uleiuri, rotor, filtru, armături, curățat bazine de aspirație, etc
4	Spălări rețele	100 m	230	29.65 €/100 m	6.820 €/an	100 m	0	29.65 €/100 m	0	În sistem gravitațional este necesar o spălare pe an datorită pantelor și debitelor mici. Sistemul cu vacuum este cu autocurățire datorită vitezelor de 3-5 m/s.
5	Infundări, blocaje	Buc	30/luna	18.4 €/buc	6.624 €/an	Buc	0	18.4 €/buc	0	
TOTAL					51560				15808	V < G cu 69.34 %

Din analiza calculelor economice prezentate pentru costurile de investiție și costurile de operare pentru această aplicație rezultă clar că sistemul de canalizare prin vacuum este mul mai avantajos comparativ cu sistemul clasic de canalizare gravitațională.

4. CONCLUZII

Sistemele pentru colectarea, evacuarea și transportul apelor uzate menajere tind să devină sisteme complexe de mare întindere, extrem de necesare aglomerărilor din zonele rurale. Această necesitate derivă mai mult din faptul că dezvoltarea și extinderea acestor rețele contribuie la creșterea nivelului de trai al comunității, și reducerea riscului de poluare a terenurilor localităților respective. În acest sens, construcția rețelelor de canalizare constituie o oportunitate pentru administratorii localităților urbane și rurale, iar preocupările acestora pentru găsirea unor soluții tehnice optim economice constituie o prioritate pentru sustenabilitatea sistemului. Apariția unor tehnologii noi de execuție precum și diversitatea producției de noi echipamente și materiale oferă posibilitatea tratării acestor probleme la un nivel superior, care să permită îndeplinirea cerințelor de proiectare, exploatare și întreținere a sistemelor de canalizare. Tematica s-a dezvoltat continuu, motiv pentru care astăzi, în acest domeniu, pe lângă o bogată literatură, s-au dezvoltat și perfecționat noi soluții de funcționare a rețelelor de canalizare. Printre soluțiile nou implementate se numără și rețelele de canalizare prin vacuum, rețele care prezintă o serie întreagă de avantaje pentru zonele în care relieful terenului sau nivelul ridicat al apelor subterane împiedică construcția și funcționarea rețelelor de canalizare cu scurgere gravitațională.

Principalele avantaje pe care le prezintă rețelele de canalizare prin vacuum derivă din faptul că:

- costurile de investiție sunt mici, datorită faptului că spre deosebire de rețelele gravitaționale volumele de pământ excavate/umplutură sunt mult mai mici (conductele colectoare sunt montate la adâncimea de îngheț), diametrele conductelor sunt maxim 200 mm, nu necesită cămine de vizitare/inspecție;
- lipsa mirosului, deoarece tot sistemul de canalizare este etanș;
- adâncimea de pozare depinde, în principal, doar de adâncimea de îngheț;

- restricții de montaj a conductelor colectoare sunt mult mai permise față de rețeaua de apă, deoarece sistemul sub vacuum și este etanș;
- flexibilitate față de obstacolele neprevăzute pe perioada construcției,
- sunt evitate racordările frauduloase, sistemul fiind sub presiune racordarea se poate face doar cu aprobarea operatorului de rețea;
- are avantajul că este colectată doar apa uzată, menținând în acest fel o concentrație relativ constantă, la intrarea în stația de epurare, pentru principalii indicatori de calitate (MTS, CBO₅, CCO-Cr, N, P);
- racorduri electrice doar la stația de vacuum,
- poate fi instalat în zone cu protecție sanitară,
- costuri de întreținere mici (mentenanța constă în verificarea anuală a pompelor din stația de vacuum);
- induce o responsabilitate mai ridicată a consumatorilor de apă (se evită deversarea în canalizare a obiectelor de dimensiuni mari deoarece acestea nu pot pătrunde în rețeaua de canalizare prin vacuum).

Pentru zonele rurale, s-a constatat că funcționarea rețelei gravitaționale este complicată; asigurarea unei exploatări adecvate este greu de realizat, motiv pentru care implementarea rețelelor de canalizare prin vacuum reprezintă o soluția viabilă acolo unde configurația terenului permite. Informațiile necesare proiectării unei astfel de rețele constau în: studii topografice pentru cunoașterea exactă a cotelor geodezice și a amplasamentului gospodăriilor ce urmează a fi racordate la rețeaua de canalizare; cunoașterea numărului de gospodării și a densității populației arondate fiecărui colector de canalizare pentru determinarea debitelor de calcul și determinarea raportului aer/apă necesar funcționării rețelei de canalizare prin vacuum.

5. BIBLIOGRAFIE

1. UTCB, Bilfinger Water Technologies GmbH, DFR - Systems, *Stagiu tehnic de pregătire în domeniul sistemelor de canalizare prin vacuum*, București, 2013
2. Mirel, I., s.a, - „Utilizarea sistemelor vacuumate de canalizare pentru colectarea și evacuarea apelor uzate menajere provenite de pe vatra colectivităților rurale”, Conferința tehnico-științifică Dezvoltarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare în comunități rurale, București, 2010.
3. Perju, S., Mănescu, Al., - „Exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare”, Editura Conspress, București, 2011.
4. Mănescu, Al., - *Alimentări cu apă și canalizări*, Editura Conspress, București, 2009.
5. Blitz, E., - *Proiectarea canalizărilor*, Editura Tehnică, București, 1970.

Utilizarea apei uzate rezultate de la regenerarea unei rășini schimbătoare de ioni, ca soluție pentru irigații în agricultură

Florentina Musat*

*Universitatea Tehnică de Construcții București, Facultatea de Hidrotehnică, Bd. Lacul Tei, nr.124, București, România
(E-mail: musat07@yahoo.com)

Abstract

This article aims to study the use of domestic wastewater, resulting from wastewater treatment plant, as a solution for irrigation in agriculture. In this regard, domestic wastewater was passed through an ion exchange process, using an ion exchange resin, with emphasis on removing nutrients (nitrogen and phosphorus) and not only, the wastewater resulting from regeneration process of ion exchange resin, having a possible reuse as irrigation water for plants.

Experiments were done on ion exchange resin which is not currently used for phosphorus removal but barrier filter (scavenger), for the reduction of average molecular weight organic substances, respectively for nitrate removal, even in the presence of high sulfates concentrations.

For the experiment, a pilot ion exchange columns plant was used, and a comparative study was performed using two synthetic solutions of different concentrations, for the regeneration of ion exchange resin from the columns: KNO₃ 10% and NaOH 2%, respectively NaCl 10% and NaOH 2%. The effluent from ion exchange resin regeneration process was chemically analyzed, for the following chemical parameters: nitrogen, phosphorus, chlorine and pH, which has a crucial role in harmonious development of plants.

Also, an individual study was performed, on the growth of some plant species, placed in pots and watered regularly, in parallel with a blank sample (potable water), respectively the resulting water from regeneration ion exchange process. The obtained data showed that the plant growth is significantly improved, in the case of use the water resulting from ion exchange regeneration, using synthetic solution containing potassium nitrate and sodium hydroxide. This is shown in graphs and some pictures, of the experiment, for a better overview of the performed experiment.

Keywords

Wastewater, ion exchange resin, nutrients, regeneration, biological activity tests

1. INTRODUCERE

Sursele de nutrienți din sol sunt - nitrati și fosforul - din surse naturale sau artificiale, solul oferind numeroase elemente chimice necesare dezvoltării vegetative și formării recoltelor [3],[42], [43]. Nutrienții sunt prezenți în mod obișnuit în apă și sol, iar prin poluare are loc o creștere a concentrației substanțelor nutritive peste concentrațiile determinate de mecanismele de funcționare a ecosistemelor [8], [38], [39].

Macronutrienții de ordin primar sunt macroelemente care conțin în principal azot, fosfor și potasiu, iar macronutrienții de ordin secundar conțin în principal sulf, calciu și magneziu. *Micronutrienții* sunt substanțe esențiale necesare în procesul de creștere și dezvoltare a plantelor, în cantități mici, având în constituție o serie de elemente chimice precum fier, mangan, cobalt, nichel, zinc, bor, clor [3], [17], [38].

În plante, *fosforul* intră în compoziția fosfoproteidelor și fosfolipidelor, fiind implicat prin intermediul ATP în transferul de energie și în procesul de respirație. Compușii fosforului din sol pot fi de natură organică (30-50 % din fosforul total) sau de natură minerală (50-70 % din fosforul total) prezenta acestui element în sol având rolul de a stimula dezvoltarea sistemului radicular și

influențează favorabil procesele de fructificare, rol în sinteza clorofilei, scurtează perioada de vegetație și mărește rezistența la ger și seceta a plantelor.

În literatura de specialitate [13], *schimbul ionic* se poate defini ca fiind un proces unitar în care anumite specii de ioni sunt dislocuite dintr-un material schimbător de ioni insolubil de către ioni ai altor specii chimice. *Schimbătorul de ioni* este o fază ce conține un purtător de sarcină electrică, insolubil și osmotic inactiv, care da posibilitatea purtătorului de a migra din fază unde este localizat în alta fază.

Rasinile schimbătoare de ioni (polimeri sintetici schimbători de ioni) sunt produse macromoleculare organice constând dintr-un schelet tridimensional pe care sunt fixate grupe polare apte pentru realizarea schimbului ionic și sunt caracterizate prin două componente structurale principale: suportul rasinei și structura polimerică.

Rasinile schimbătoare de ioni de tip macro și micro - poros, granular sau de tip liganzi polimerici constituie un element de viitor dar prezintă o incapacitate de regenerare a acestora [7], [16], [35]. Folosirea procesului convențional de schimb ionic decurge în paralel cu cel neconvențional, rezultate satisfăcătoare fiind obținute pentru materiale de tip WS-AE (paie de grau aminate) [2], [4], [22], [33], [35].

Evoluțiile recente pe membrane schimbătoare de ioni și procese de electro-membrană au condus la o cerere tot mai mare a acestora, luând în calcul o mai bună selectivitate și durabilitate [34]. Bioreactoarele cu membrană schimbătoare de ioni, cu eficiențe de reținere a fosforului de circa 85 %, sau fibrele schimbătoare de anioni, slab bazice, sunt soluții de actualitate, acestea din urmă dezvoltând o mare rezistență la mai multe cicluri de regenerare [11], [12], [15], [19], [20] .

Studiile recente arată importanța reutilizării apei uzate în agricultură, testele fiind efectuate pe sisteme pilot, și combinând procese de electrocoagulare și floculare, pentru eliminarea elementelor chimice toxice pentru plante [5], [10]. În ultima perioadă s-a pus accent pe diverse metode de îndepărtare a fosforului din apă uzată menajeră [9], [6], [14], [18]: cu hidrotalcit sintetic, adsorbție pe gel format din coji de portocale sau sub formă de struvit ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{X} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) [7], [10] și recuperarea acestuia pentru folosirea ulterioară ca apă de irigații [33], [34], [35].

Contaminarea zonele urbane dens populate, irigația intensivă în agricultură și creșterea nivelului de trai pentru un segment important al populației, impune necesitatea de a utiliza apele uzate epurate, în domenii în care cantitățile de apă devin insuficiente. În acest sens, la nivel mondial s-au adoptat diferite metode de reutilizare a apei epurate [39], [41].

2. EXPERIMENTAL

Caracterizarea rasinii utilizate

Rasina utilizată în experiment și descrisă în literatura de specialitate [13], [17], [40] este un schimbător anionic puternic bazic, de tip I, macroporos, pentru filtrele barieră. Structura este de tip stiren-divinilbenzen macroporos rezultată prin copolimerizarea unui amestec de monomeri stiren și divinilbenzen în soluție apoasă de alcool polivinilic. Polimerul rezistă la poluarea cu substanțe organice, fiind utilizat ca filtru barieră (scavenger) pentru reducerea conținutului de substanțe organice cu greutatea moleculară medie și ridicată din apă care intră în linia de demineralizare. Acest tip de rasina nu are selectivitate pentru reținerea de fosfor din apă uzată menajeră. [1], [17], [43], [44]

Descrierea instalației utilizate

S-a optat pentru o coloană cu funcționare în echicurent care constă dintr-un recipient cilindric vertical. Caracteristica în echicurent a sistemului este dată de sensul de trecere a regenerantului peste stratul de ionit, identic cu cel al apei, colectarea soluției făcându-se tot pe la partea inferioară, prin intermediul unei vane dispuse pe traseul de evacuare. În coloană, deasupra

stratului de rasina exista un spatiu liber suficient pentru a permite expandarea in timpul operatiei de afanare. Apa este admisa pe la partea superioara prin intermediul unui sistem de distributie, strabate stratul de ionit si este captata pe la partea inferioara intr-un rezervor, putind fi recirculata in proces. Procedura s-a facut cu ajutorul unei instalatii de inaltime 3,5 m, constand din 3 coloane schimbatoare de ioni, primele doua fiind umplute, la circa 1 m inaltime, cu rasina schimbatoare de ioni, iar ultima coloana cu nisip de granulatie medie. Instalatia a fost montata in cadrul Statiei de Epurare Constanta Nord, apartinand S.C. RAJA S.A., la o distanta de aproximativ 100 metri de decantorul secundar al statiei. Coloanele umplute cu rasina schimbatoare de ioni s-au alimentat cu apa uzata epurata provenita din decantorul secundar.

Schema instalatiei pilot utilizata in acest experiment este prezentata in figura 1.

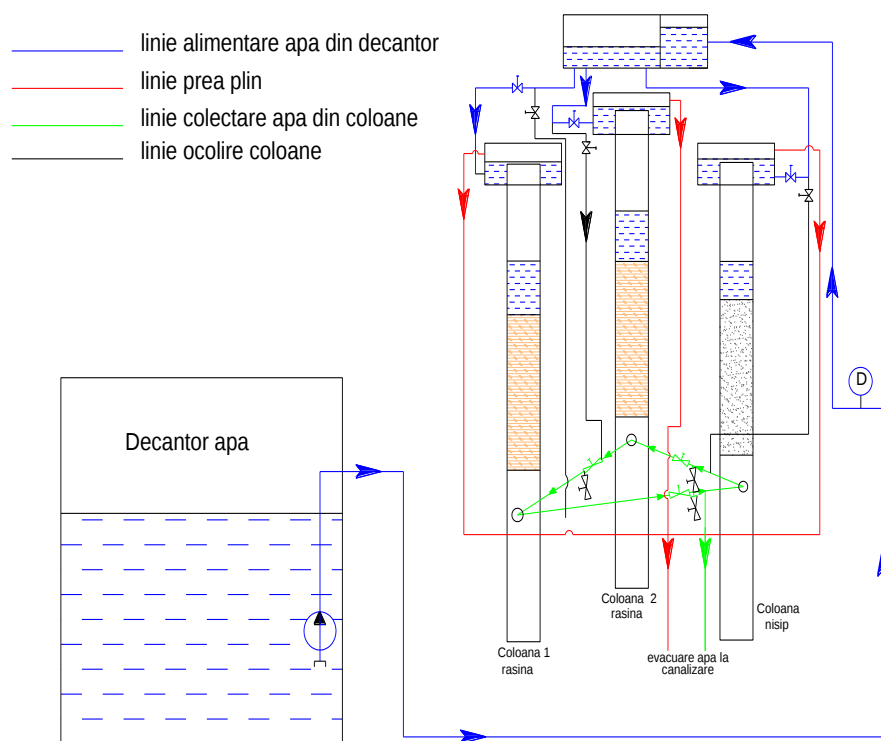


Figura 1. Instalatia pilot

Apa rezultata de la regenerarea rasiliei a fost colectata in 3 faze si anume: faza de inceput (faza 1), faza de mijloc(faza 2) si faza finala (faza 3), cand rasina era aproape regenerata in totalitate.

3 .REZULTATE SI DISCUTII

Regenerarea s-a facut cu amestec de solutii sintetice de NaCl 10% si NaOH 2% in proportie de 1:6 si apoi cu solutii sintetice de NaOH 2% si KNO₃ 10% (1:6). Apa obtinuta in urma regenerarii a fost analizata din punct de vedere fizico – chimic.

Analizele de laborator au fost facute in cadrul Laboratoarelor de incercari ape uzate Constanta Sud si Constanta Nord. Pentru efectuarea analizelor de laborator s-a utilizat un Spectrofotometru Spectrofotometru Jenway, seria 6715 cu drum optic de 10 pana la 50mm. Pentru acest model, sursa luminii este pe baza de xenon, iar lungimea de unda variaza intre 190-1100 nm. Pentru analizele de consum chimic de oxigen si fosfor, s-a utilizat un Termoreactor ECO6 Velp Scientifica, unde are loc evaluarea cantitativa a substantelor care pot fi oxidate cu ajutorul

oxidantilor. Pentru analiza pH s-a utilizat un aparat WTW Series InoLab 730. Reactivii utilizați pentru analiza chimică provin de la firmele Merck, Scharlau și Poch. S-au utilizat metodele standard de determinare a principalilor indicatori fizico – chimici ai apei.[3], [24-32].

Determinarea caracteristicilor fizico – chimice ale apei după regenerare cu soluție sintetică de NaCl 10% și NaOH 2%



Concentrația fosforului total și a fosforului din ortofosfați

În cazul utilizării regenerării cu soluția sintetică de NaCl și NaOH concentrația fosforului total și a celui din ortofosfați este prezentată în Figura 2 și Figura 3.

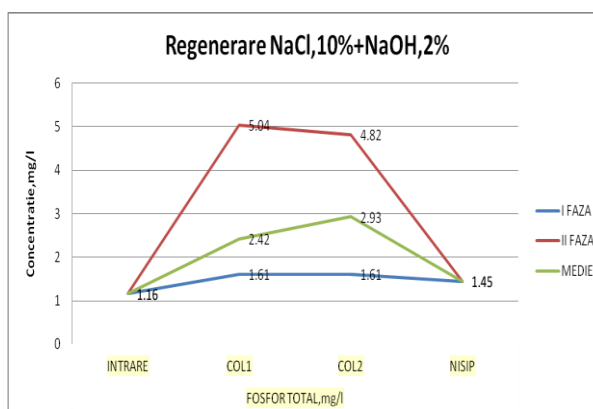


Figura 2. Concentrația Fosfor Total, mg/l

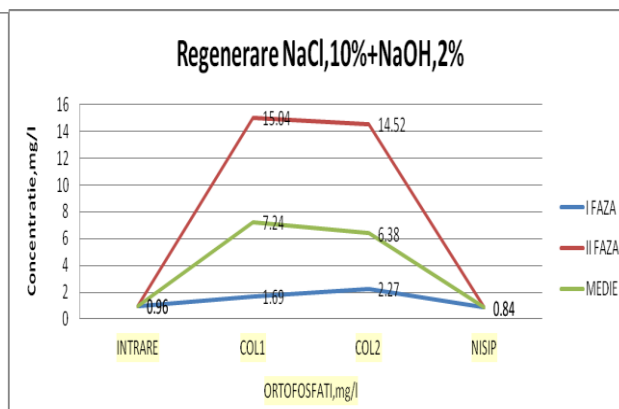


Figura 3. Concentrația ortofosfați, mg/l

Așa cum se observă în Figura 2, pentru coloana 1 s-a obținut cea mai mare concentrație de fosfor total în apa de regenerare, cea mai mică concentrație fiind pentru coloana cu nisip. Acest lucru reflectă faptul că în cazul rășinii schimb ionic a fost efectuat și o mare cantitate de fosfor a fost reținută în aceasta.

Din Figura 3 se observă că pentru ortofosfați, concentrația obținută în apa de regenerare este mai mare decât pentru fosforul total, cea mai mare concentrație fiind tot pentru coloana 1, umplută cu rășina schimbătoare de ioni. Acest lucru reflectă faptul că eficiența prin schimb ionic pentru rășina în cazul ortofosfaților este vizibil marită, aceasta fiind aproape nulă în cazul coloanei umplute cu nisip.



Concentrația clorurilor și nitratilor

Datorită introducerii clorurii de sodiu în soluția de regenerare, concentrația în cloruri a crescut foarte mult, așa cum este prezentat în Figura 4, ajungând la valori de 1500 mg/l pentru coloana 1. Acest lucru produce efectul de saturație al solului, afectând evoluția optimă a plantelor.

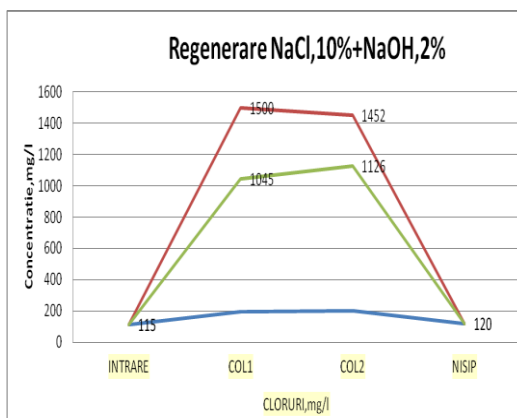


Figura 4. Concentratia ionilor clorura

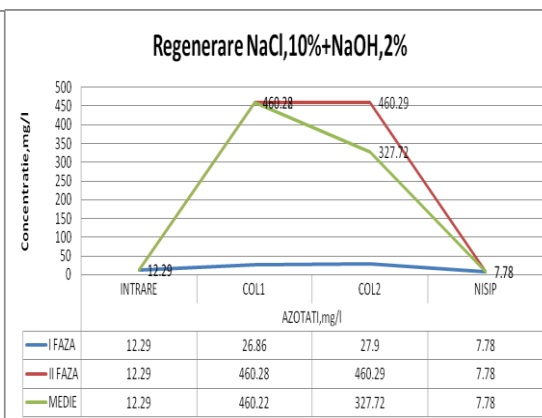


Figura 5. Concentratia ionilor azotat

Concentratia azotatilor in apa de la regenerare (Figura 5.) este mare datorita concentrarii in ioni amoniu si datorita actiunii bacteriilor nitrosomonas si nitrobacter [17], [44] si o concentratie mare de azotați.



pH-ul si consumul chimic de oxigen

In cazul utilizarii regenerarii cu solutia sintetica de NaCl si NaOH, variatia pH-ului este reprezentata in Figura 6, cresterea pH-ului pana la valori de 14 in apa de regenerare. In ceea ce priveste consumul chimic de oxigen, datorita valorii crescute de pH, continutul de materie organica in apa de regenerare s-a situat sub limita de detectie, pentru faza II, asa cum se observa in Figura 7.

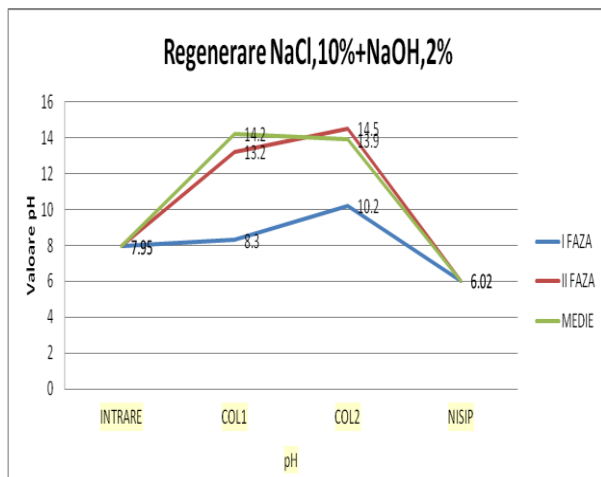


Figura 6. Variatia pH-ului

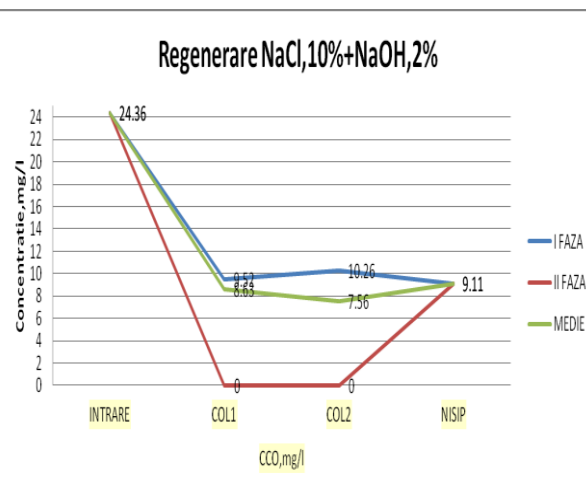


Figura 7. Continutul chimic de oxigen

Utilizarea apei rezultate de la regenerare, in teste de activitate biologica pe plante

Apa rezultata de la regenerarea rasilii schimbatoare de ioni cu solutie sintetica de NaCl 10% si NaOH 2% si analizata fizico – chimic a fost utilizata la observarea activitatii biologice a unor tipuri de plante. Astfel, s-au plantat in ghivece, seminte de grau, soia, sovarf, mazare si bumbac care au fost tinute in aceleasi conditii si udate cu apa potabila (proba martor) si cu apa rezultata in urma regenerarii rasilii.

Testele de activitate biologica arata ca:

Semintele de grau s-au dezvoltat rapid in cazul probei martor, dupa aproximativ 5 zile de germinatie. In cazul probele udate cu apa de le regenerarea rasinii, dezvoltarea plantei a fost foarte lenta, cu germinare de 5 zile, si oprire ulterioara a evolutiei (Figura 8).	 Figura 8. Dezvoltarea semintelor de grau
Semintele de soia au avut o evolutie buna, atat pentru proba martor cat si pentru proba de studiu, perioada de germinatie fiind de 5-6 zile, observandu-se totusi o dezvoltare putin mai lenta in cazul probei de studiu (Figura 9).	 Figura 9. Dezvoltarea semintelor de soia
Semintele de mazare – pentru o perioada de germinatie de 5-6 zile, proba martor s-a dezvoltat in conditii normale, in timp ce proba de studiu nu s-a dezvoltat deloc. Acest lucru este datorat solului sarat obtinut in urma utilizarii apei de la regenerarea rasinii, cu o concentratie mare de cloruri (Figura 10).	 Figura10.Dezvoltarea semintelor de mazare

Determinarea caracteristicilor fizico – chimice ale apei dupa regenerare cu solutie sintetica de KNO_3 10% si NaOH 2%

Apa obtinuta in urma regenerarii rasinii cu solutie sintetica NaOH 2% si KNO_3 in proportie de 1:6 s-a analizat fizico – chimic, urmand aceleasi proceduri standard si aparatura.



Concentratia fosforului total si a fosforului din ortofosfati

In cazul utilizarii regenerarii cu solutia sintetica de NaCl si KNO_3 concentratia fosforului total si a celui din ortofosfati este prezentata in Figura 11 si Figura 12.

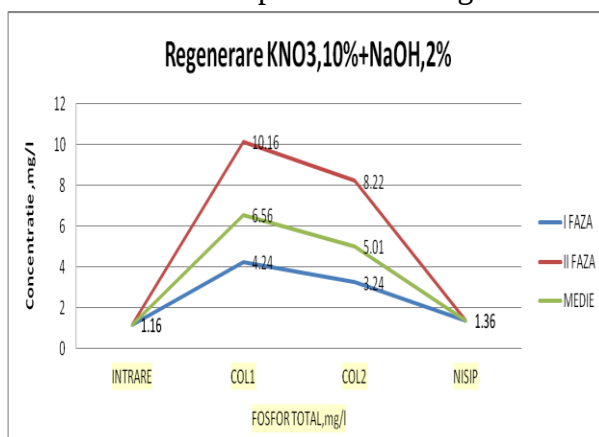


Figura 11. Concentratia fosforului total

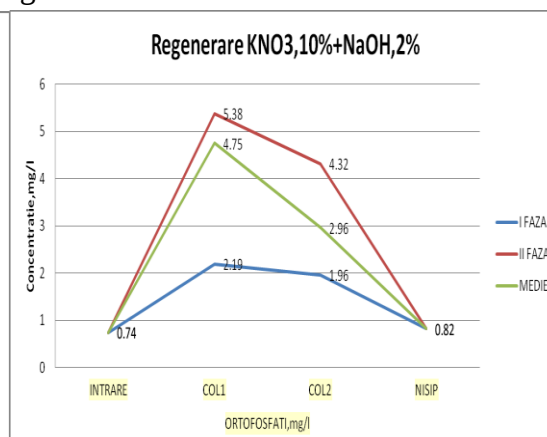


Figura 12. Concentratia ortofosfatilor

Concentrația fosforului total în acest caz în apa de regenerare sunt mai mari decât în cazul regenerării cu soluții de NaCl și NaOH, acestea ajungând până la 10 mg/l în cea de a doua fază, pentru coloana 1, așa cum se observă în Figura 11.

Concentrația fosforului provenit din ortofosfati scade până la valoarea de 5 mg/l în coloana 1, fază a doua (Figura 12).



Concentrația clorurilor și ionilor azotați

În cazul clorurilor s-au obținut valori mult mai mici decât în cazul regenerării cu prima soluție sintetică. Dacă valoarea maximă a concentrației ionilor clorura în primul caz a fost de 1500 mg/l în acest caz concentrațiile ionilor clorura pentru faza doi și trei se situează în jurul valorii de 20 – 25 mg/l, așa după cum se poate observa în Figura 13.

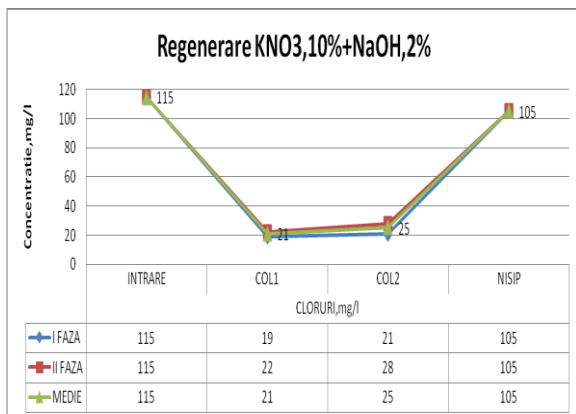


Figura 13. Concentrația ionilor clorura

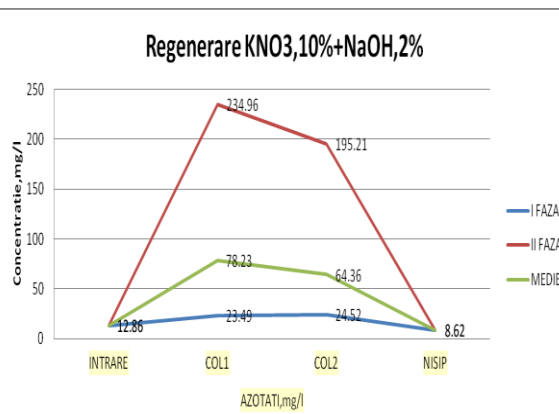


Figura 14. Concentrația ionilor azotați

În Figura 14 este reprezentată variația concentrației ionilor azotați pentru cele 3 coloane în timpul celor trei faze de lucru. Concentrația ionilor azotați prezintă valori situate în intervalul 8,52 - 235 mg/l pentru coloana 1, în cea de-a doua fază la dar nu sunt atât de mari ca în cazul anterior (aproximativ 460 mg/l), o explicație ar putea consta în faptul că s-a eliminat clorura de sodiu din soluția folosită la regenerare.



Variația pH-ului și a consumului chimic de oxigen

Așa după cum se observă din Figura 15, valorile pH-ului cresc datorită adăugării bazei tari de tipul hidroxidului de sodiu, variind între 7,01 și 14,52 unități de pH. În ceea ce privește conținutul chimic de oxigen, se observă din Figura 16 că odată cu crearea unor condiții alcaline, valorile acestui parametru scad pentru cele două coloane umplute cu rășina schimbătoare de ioni.

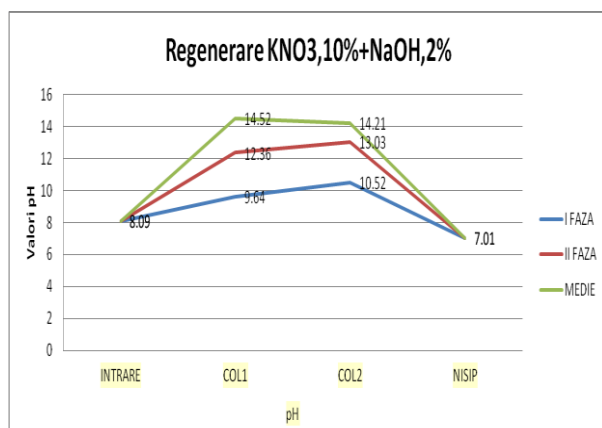


Figura 15. Variația pH-ului

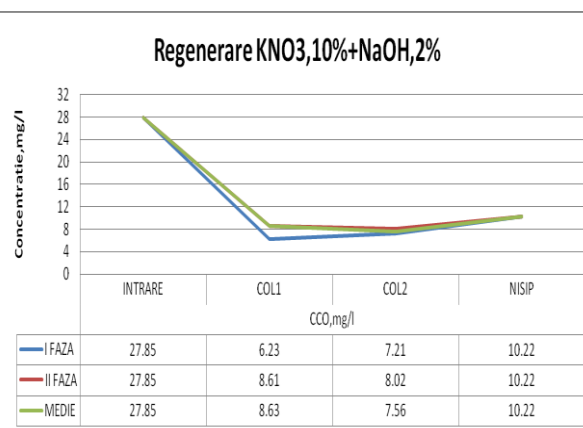


Figura 16. Conținutul chimic de oxigen

Apoi apa de regenerare astfel caracterizată a fost utilizată la testele de activitate biologică pe aceleași semințe de plante, deoarece în primul caz s-a obținut o concentrație mare de cloruri în apa rezultată de la regenerare, acest lucru conferind un efect de sărare a solului, drept pentru care plantele nu s-au dezvoltat în condiții normale.

Utilizarea apei de regenerare în teste de activitate biologică pe plante

Ca și în cazul anterior, plantele s-au udat cu apa rezultată de la regenerarea rășinii schimbătoare de ioni cu soluție sintetică de KNO_3 10% și NaOH 2%, din testul de activitate biologică observându-se următoarele caracteristici de dezvoltare:

In cazul graului s-a observat o îmbunătățire semnificativă față de primul test experimental, creșterea în ghiveci a plantei pentru proba martor și pentru proba de studiu fiind aproape identică. Se remarcă o scădere a perioadei de germinare care a fost de doar 2-3 zile (Figura 17)	
Pentru soia nu s-a observat o diferență majoră față de primul ciclu experimental (Figura 18), evoluția fiind bună și în primul ciclu și în al doilea, demonstrând faptul că soia este o plantă robustă.	
Boabele de mazăre au avut o evoluție bună, dar spre deosebire de prima soluție, în acest caz perioada de germinare a fost mai îndelungată, așa cum se observă în Figura 19 pentru proba de studiu.	

Figura 17. Dezvoltarea semintelor de grau

Figura 18. Dezvoltarea semintelor de soia

Figura 19. Dezvoltarea semintelor de mazare

4. CONCLUZII

Parametri de calitate ai apei de regenerare după spălarea rășinii (specială pentru adsorbția materiei organice și amoniului) cu soluție sintetică de azotat de potasiu și hidroxid de sodiu prezintă valori mult mai bune pentru utilizarea ei în testele de activitate biologică decât în cazul utilizării soluției de clorură de sodiu și hidroxid de sodiu. Noutatea constă în faptul că, pe de o parte, nu s-a utilizat o rășină specială pentru adsorbția fosforului, ci pentru adsorbția materiei organice și amoniului; pe de altă parte, s-a utilizat și o altă soluție de regenerare, față de cea dată de producător, cu o mai mare eficiență asupra creșterii plantelor. Spălarea instalației, după regenerare s-a făcut cu apă potabilă, ci nu cu apă distilată sau deionizată, fapt care a dus totuși la o bună capacitate de schimb ionic a rășinii și după regenerare. După observarea proceselor de creștere a plantelor din semințele puse la încolțit și udate cu soluțiile de regenerare, s-a observat că dezvoltarea cea mai bună în condițiile ambelor soluții de regenerare utilizate, a avut-o soia, datorită faptului că este mai

robusta și se adaptează mai ușor la condițiile de mediu. Testele biologice s-au efectuat și pe o serie de plante mai sensibile la condițiile de mediu (levantica, sovarf) dar care nu s-au dezvoltat satisfactor prin utilizarea apei de regenerare. Astfel, în acest context, în cazul în care se reușește reținerea și recuperarea nutrienților din apă uzată menajeră, liberă de metale grele, prin alte metode decât precipitarea chimică, apa rezultată se poate utiliza ca apă de irigații, limitând utilizării apei potabile în agricultură, în condițiile unor cantități de apă dulce din ce în ce mai mici. În viitor, aplicarea unei agriculturi eficiente cu costuri minime poate introduce utilizarea apei epurate ca apă pentru irigații pentru plante ca soia sau grâu, ceea ce ar duce la avantaje economice majore, dar și la protejarea resurselor naturale existente.

5. BIBLIOGRAFIE

1. Biplob K. Biswas, Katsutoshi Inoue et al., - "Removal and recovery of phosphorus from water by means of adsorption onto orange waste gel loaded with zirconium Bioresource Technology", 99 (2008) p.8685–8690;
2. DaeGun Kim a, InSang Yoo et al., - "Alternative technique for removal of phosphorus in wastewater using chemically surface-modified silica filter", Journal of Industrial and Engineering Chemistry 18 (2012) p.1560–1563;
3. Ianculescu O., R. Racoviteanu, Ghe.Ionescu – „Epurarea apelor uzate”-, Matrix Rom Bucuresti, 2001;
4. Jae-Woo Choi et al., - "Investigation of phosphorous removal from wastewater through ion exchange of mesostructure based on inorganic material", Desalination 266 (2011) p.281–285;
5. Kebreab Ghebremichael – Electro-Coagulation-Flocculation for water reuse, IWA Conferences, 2012;
6. Kazumichi Kuzawa et al., - "Phosphate removal and recovery with a synthetic hydrotalcite as an adsorbent", Chemosphere 62 (2006) p. 45–52;
7. Lee M. Blaney et al., - "Hybrid anion exchanger for trace phosphate removal from water and wastewater", Water Research, 41 (2007) p.1603 – 1613;
8. Lin W., Hsieh Y., - Polymer Chemistry, (1997), p.35,631;
9. Ling Zhanga, Qi Zhou et al., - "Phosphate adsorption on lanthanum hydroxide-doped activated carbon fiber", Chemical Engineering Journal 185– 186 (2012) p.160– 167;
10. Luz E. de-Bashana, Yoav Bashan - Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997–2003) Water Research 38 (2004) 4222–4246;
11. M.A.H. Johir et al., - "Removal and recovery of nutrients by ion exchange from high rate membrane bio-reactor (MBR) effluent", Desalination 275 (2011) p.197–202;
12. M.Y. Kariduraganavar et al., - "Ion-exchange membranes" -preparative methods for electrodialysis and fuel cell applications, Desalination 197 (2006) p.225-246 ;
13. Macoveanu M., Bilba D., Bilba N., - "Procese de schimb ionic in protectia mediului", Seria „Chimia si ingineria mediului”, Matrix Rom Bucuresti, 2002;
14. Margit Koiva, Martin Liira et al., - "Phosphorus removal using Ca-rich hydrated oil shale ash as filter material and the effect of different phosphorus loadings and wastewater compositions", Water Research 44 (2010) p.5232-5239;
15. Md. Rabiul Awual et al., - "A weak-base fibrous anion exchanger effective for rapid phosphate removal from water", Journal of Hazardous Materials 188 (2011) p.164–171;
16. Murat Barsbay et al., - "Removal of phosphate using copper-loaded polymeric ligand exchanger prepared by radiation grafting of polypropylene/polyethylene(PP/PE) non woven fabric Radiation", Physics and Chemistry 79 (2010) p.227–232;
17. Negoiu D., - "Tratat de chimie anorganica", Vol.II, Ed.Tehnica, 1972;

18. Nuray Karapınar - “Application of natural zeolite for phosphorus and ammonium removal from aqueous solutions”, *Journal of Hazardous Materials* 170 (2009)p. 1186–1191;
19. Patrick S. Bauerlein et al., - “Removal of charged micropollutants from water by ion-exchange polymers e Effects of competing electrolytes”, *Water Research*, 46)2012, p.5009-5018;
20. R.K. Nagarale et al., - “Recent developments on ion-exchange membranes and electro-membrane processes”, *Advances in Colloid and Interface Science* 119 (2006) p.97 – 130;
21. Rudolf S.S. Wu et al., - “Removal of phosphate from water by a highly selective La(III)-chelex resin”, *Chemosphere* 69 (2007) p.289–294;
22. Sang Hyup Lee, Ph.D. – “Removal of phosphate by amine grafted and one-pot synthesized mesoporous silica”, *IWA Conferences*, 2012;
23. Seval Kutlu Akal Solmaz et al., “- Treatability studies with chemical precipitation and ion exchange for an organized industrial district (OID) effluent in Bursa, Turkey *Desalination* 217 (2007) p.301–312;
24. SR ISO 10523-1997 – Determinarea pH-ului;
25. STAS 6953-81 – Determinarea materiilor totale in suspensie;
26. SR ISO 6060-1996 – Determinarea consumului chimic de oxigen;
27. SR ISO 5664-1 2001- Determinarea azotului amoniacal;
28. SR ISO 7890-2-2000 – determinarea azotatilor – metoda cu 2.6 dimetil fenol
29. SR EN 26777-ISO 6777/2002-determinarea azotitilor;
30. SR ISO 9297-2001-determinarea clorurilor;
31. SR EN 6878-2005-determinarea fosforului total;
32. SR EN 6878-2005-determinarea ortofosfatilor;
33. Sukalyan Sengupta et al., -“ Selective removal of phosphorus from wastewater combined with its recovery as a solid-phase fertilizer”, *Water Research* 45 (2011) p.3318-3330; articol;
34. Thierry Vincent, Aurely Parodi et al., - “Pt recovery using Cyphos IL-101 immobilized in biopolymer capsules “, *Separation and Purification Technology* 62 (2008) p.470–479;
35. Xing Xu et al., - “Preparation of agricultural by-product based anion exchanger and its utilization for nitrate and phosphate removal”, *Bioresource Technology* 101 (2010) p.8558–8564;
36. Zagan S., Musat F. – Studii privind eficienta utilizarii schimbatorilor de ioni in reducerea fosforului din apele uzate”, *Anale UMC*, Decembrie 2013, Constanta;
37. www.agricultura-usamvcluj.ro
38. www.gwp-romania.ro
39. www.hydrop.pub.ro
40. www.ibm.com
41. www.icpa.ro
42. www.inpcp.ro
43. www.purolite.com
44. www.revistadechimie.ro

Aspects of wastewater treatment using constructed wetlands

Marinela Neculau*, Josif Bartha** și Scripcariu C. ***

*Drd.ing.Universitatea Tehnică 'Gh.Asachi' din Iași, Facultatea de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului, Bd. D. Mangeron 65, 700050, Iași, Romania
(E-mail: marinela.neculau@yahoo.com)

**Prof.univ.dr.ing. Universitatea Tehnică 'Gh.Asachi' din Iași, Facultatea de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului, Bd. D. Mangeron 65, 700050, Iași, Romania

***Drd.ing.Universitatea Tehnică 'Gh.Asachi' din Iași, Facultatea de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului, Bd. D. Mangeron 65, 700050, Iași, Romania

Rezumat

Scopul acestui articol este de a evidenția aspecte importante cu privire la îmbunătățirea calității apei uzate folosind ca alternativă epurarea biologică artificială, punându-se accent pe utilizarea de zone umede construite prin curgere în substrat.

Cuvinte cheie

Zone umede construite, apă uzată, indicatori de calitate, plante emergente

1. INTRODUCTION

As a new type of ecological technology for wastewater treatments, constructed wetlands (CW) are getting more popular in the world. Constructed wetlands are engineered system that have been designed and constructed to utilize the natural processes involving wetland vegetation, soils and the associated microbial assemblages to assist in treating wastewaters [1].

The constructed wetland provides a natural environment of warm climate, high water table and high organic matter for bacteria to break down contaminants. In the reaction, physical, chemical, physic-chemical and biological processes are combined at the same time to treat pollutant [15].

Constructed wetlands have many unique benefits as a wastewater treatment process, including the ability to operate on ambient solar energy, self-organize and increase treatment capacity over time, create wildlife habitat, produce oxygen while consuming carbon dioxide, and achieve high levels of treatment with minimal maintenance [13].

2. COMPONENTS OF CONSTRUCTED WETLANDS

A constructed wetland consists of a properly designed basin that contains water, a substrate, and most commonly, vascular plants. These components can be manipulated in constructing a wetland. Other important components of wetlands, such as the communities of microbes and aquatic invertebrates, develop natural [14].

Water

Constructed wetlands are varied and include treatment of municipal, industrial, storm-water runoff and agricultural wastewaters. Treatment wetlands have been used also at hazardous waste sites to treat contaminated groundwater emanating from either seeps or pump-and-treat systems and landfill leachate [6].

Substrates

Substrates used to construct wetlands include soil, sand, gravel, rock, and organic materials such as compost. Sediments and litter then accumulate in the wetland because of the low water velocities

and high productivity typical of wetlands. In a saturated substrate, water replaces the atmospheric gases in the pore spaces and microbial metabolism consumes the available oxygen. Since oxygen is consumed more rapidly than it can be replaced by diffusion from the atmosphere, substrates become anoxic (without oxygen). A mixture of organic clay soils, sand, gravels and crushed stones could be used to provide support for plant growth. These substrates are ideal reactive surfaces for ion complexation and microbial attachment, also provide a sufficiently high hydraulic conductivity to avoid short-circuiting in the system [7].

Vegetation

The Common Reed (*Phragmites* spp.) and Cattail (*Typha* spp.) are good examples of emergent species used in constructed wetland treatment systems. Emergent wetland plants play a vital role in the removal and retention of nutrients in a constructed wetland

Vegetation plays an important role in the wetlands as they provide surfaces and a suitable environment for microbial growth and filtration. Pollutants are removed within the wetlands by several complex physical, chemical and biological processes. These plants have a large biomass both above (leaves) and below (underground stem and roots) the surface of the substrate. The sub-surface plant tissues grow horizontally and vertically, and create an extensive matrix, which binds the soil particles and creates a large surface area for the uptake of nutrients and ions [2].

Table. 1 .Major rol of plants in treatment process [3]

Macrophyte property	Role in treatment process
Aerial plant tissue	Light attenuation – reduced growth of phytoplankton Influence on microclimate – insulation during winter Reduced wind velocity – reduced risk of resuspension Aesthetic pleasing appearance of system Storage of nutrients
Plant tissue in water	Filtering effect Reduced current velocity – increase rate of sedimentation, reduces risk of resuspension Provide surface area for attached biofilms Excretion of photosynthetic oxygen – increases aerobic degradation Uptake of nutrients
Roots an rhizomes in the sediment	Stabilising the sediment surface – less erosion Prevents the medium from clogging in vertical flow system Release of oxygen increase degradation (and nitrification) Uptake nutrients Release of antibiotics

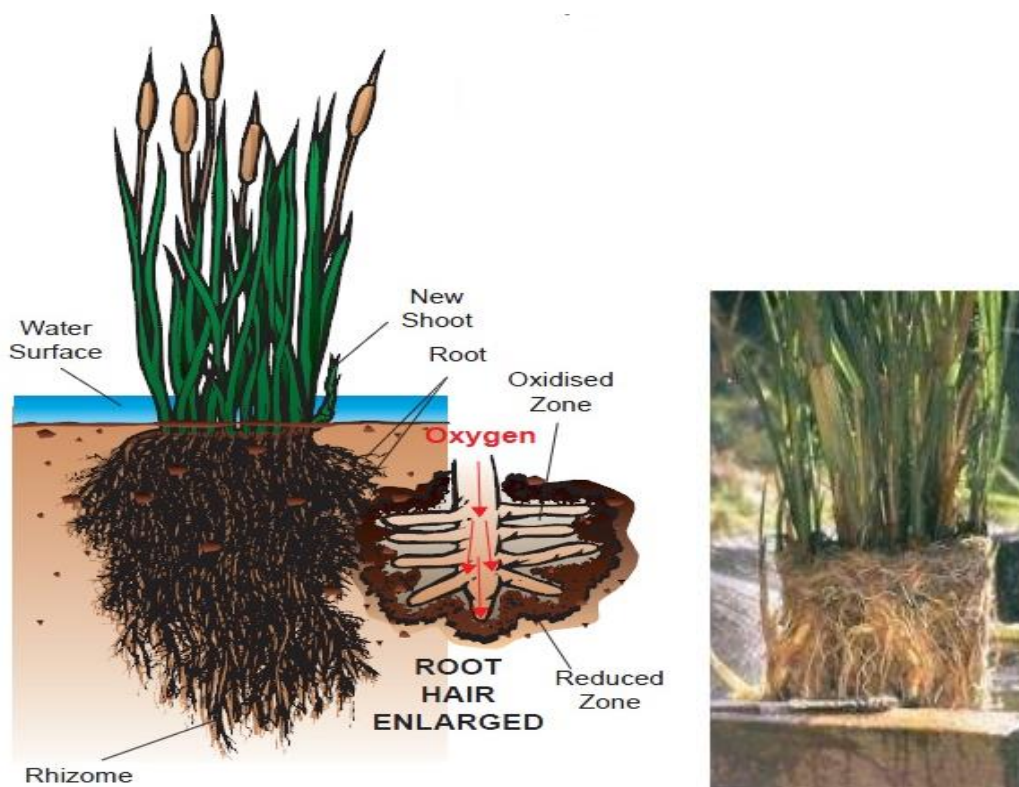


Fig.1. Root system of marsh plant [5]

Subsurface constructed wetlands

Constructed wetlands for wastewater treatment can be classified according to the water flow directions into Free Water Surface (FWS) or Subsurface Flow (SSF) systems divided in vertical and horizontal flow wetlands.

Horizontal flow constructed wetlands

It is called HF wetland because the wastewater pre-treated in a septic tank is fed in at the inlet and flow slowly through the porous substrate under the surface of the bed in a more or less horizontal path until it reaches the outlet zone. During this passage the wastewater will come into contact with a network of aerobic, anoxic and anaerobic zones. The aerobic zones will be around the roots and rhizomes of the wetland vegetation that leak oxygen into the substrate. During the passage of wastewater through the rhizosphere, the wastewater is cleaned by microbiological degradation and by physical and chemical processes [5].

At the outlet, the water level is controlled with an adjustable standpipe. A common design suggests a water level of about 60 cm which is maintained at ca. 5 to 15 cm below the surface of the CW to avoid anaerobic conditions in the bed [10].

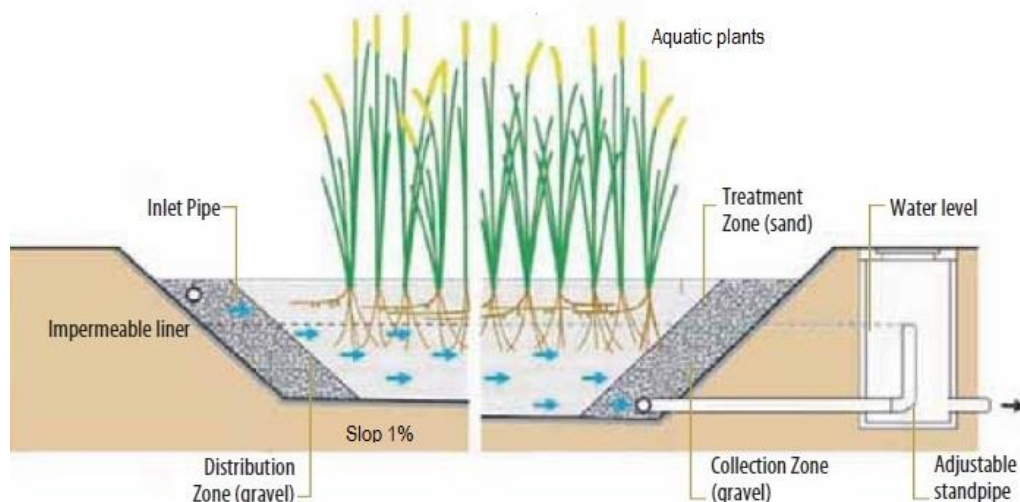


Fig.2. Horizontal flow constructed wetland [8]

Vertical flow constructed wetlands

VF constructed wetland comprises a flat bed of sand/gravel topped with sand/gravel and vegetation. Wastewater is fed from the top and then gradually percolates down through the bed and is collected by a drainage network at the base. VF wetlands are fed intermittently in a large batch flooding the surface. The liquid gradually drains down through the bed and is collected by a drainage network at the base. The bed drains completely free and it allows air to refill the bed. The next dose of liquid traps this air and this together with aeration caused by the rapid dosing onto the bed leads to good oxygen transfer and hence the ability to nitrify. The oxygen diffusion from the air created by the intermittent dosing system contributes much more to the filtration bed oxygenation as compared to oxygen transfer through plant [4].

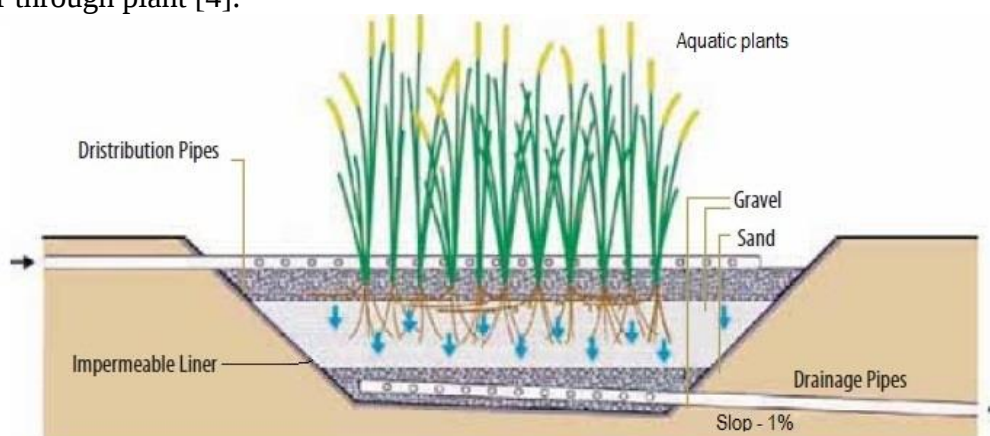


Fig.3. Vertical flow constructed wetland [8]

Performance of CW

The objective of using CWs is to remove organic matter, suspended solids, pathogenic organisms, and nutrients such as ammonia and other forms of nitrogen and phosphorus. The growing interest in wetland system is due in part to recognition that natural systems offer advantages over conventional activated sludge and trickling filter systems. When the same biochemical and physical processes occur in a more natural environment, instead of reactor tanks and basins, the resulting system often consumes less energy, is more reliable, requires less operation and maintenance and, as a result costs less. They also are used for removing heavy metals and toxic compounds [9].

Table.2.Treatment performance of SCW [11],[12]

Parameter	Type of CW					
	HF			VF		
	Influent, mg/L	Efluent mg/L	Removal %	Influent, mg/L	Efluent mg/L	Removal %
BOD ₅	170	42	75	64	29	55
TSS	141	35	75	57	13	77
TP	9.6	4.8	50	7.4	6.2	16
TN	63	36	43	29	16	46
NH ₄ -N	36	22	39	16	10	38

3. CONCLUSIONS

Constructed wetlands can be built and repaired with local materials, and utilize natural processes. Constructed wetlands are efficient in removing suspended and dissolved organics, nitrogen, phosphorus, nutrients and pathogens. The operation and maintenance costs are much lower compared to conventional treatment systems.

4. BIBLIOGRAPHY

1. Brix H., Schierup H.-H.-*The use of macrophytes in water pollution control*, Ambio, 1989.
2. Brix H., Schierup H.H.-*Soil oxygenation in constructed reed beds: the role of macrophyte and soil-atmosphere interface oxygen transport*. Water Research 29, 1990.
3. Brix H.-*Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants- the root zone method*, Wat.Sci. Tech, 19, 1987.
4. Brix H.-*Do Macrophytes play a Role in Constructed Wetlands?* Water Science and Technology, Vol: 35(5), 1997.
5. Cooper P.F., Job G.D., Green M.B., Shutes R.B.E.-*Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment*, WRc Swindon, 1996.
6. Lienard, A., Boutin C. and Esser, D. -*Domestic Wastewater Treatment with Emergent Helophyte Beds in France*, In: Cooper and B. C. Findlater (Eds). Constructed Wetlands in Water Pollution Control, Pergamon Press, Oxford U.K., 1990.
7. Markantonatos P.G., Bacalis, N.C., Lazaras G.-*Nutrient removal using reed bed systems in Greece*, Part A - Environmental Science and Engineering and Toxic and Hazardous Substance Control. Journal of Environmental Science and Health 31, 1996.
8. Morel A., Diener S.-*Greywater Management in Low and Middle-Income Countries*, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods, Duebendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science (EAWAG), Department of Water and Sanitation in Developing Countries (SANDEC), 2006.
9. S. Kayombo, N. Landegaard -*Waste stabilization pond and Constructed wetlands-Design Manual*, University of Dar es Salaam, 2010.
10. Tilley E., Luethi C., Morel A., Zurbrugg C., Schertenleib R.-*Compendium of Sanitation Systems and Technologies*, Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG), 2008.
11. Vymazal J., Kröpfelová L.-*Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*, Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2008.

12. U. S. Environmental Protection Agency (USEPA) - *Manual: constructed wetlands treatment of municipal wastewater*, EPA 625/R-99/010. U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, 1999.
13. Wallace S.-*Cold climate wetlands: design & performance*. In Proceedings of the Wetlands for Wastewater Recycling Conference, Baltimore MD. Environmental Concern, Inc. St. Michaels Maryland, 1999.
14. *** www.constructedwetlands.org
15. *** <http://water.epa.gov/type/wetlands/index.cfm>

Sewerage infrastructure asset management tools & techniques - a demonstration of methods from UK utilities

Ben Ward* și Jeremy Hilderley*

* AECOM, United Kingdom, Pynes Hill, Exeter, EC25WS, Tel: +44 (0)1392 663251
(E-mail: ben.ward@aecom.com)

Rezumat

Pe măsură ce România începe să ia decizii importante legate de investițiile din următorii 5 ani, este esențial ca aceste decizii să fie bazate și dezvoltate într-un cadru logic coerent de gestionare a activelor, cadru care să fie capabil să reziste provocărilor externe în timp ce asigură un randament maxim al investiției pentru furnizorii de apă.

AECOM lucrează cu mai multe companii de apă din Marea Britanie pentru a dezvolta proceduri cadru similare de gestionare a activelor și luare a deciziilor. Instrumentele și tehnicile prezentate în această lucrare abordează anumite provocări-cheie legate de cele mai bune practici de gestionare a activelor, și anume: calitatea și disponibilitatea datelor, riscul de eșec, cererea și furnizarea de apă, disponibilitatea și fiabilitatea serviciilor, prioritizarea inspecției, planificarea investițiilor și reabilitarea eficientă.

Abordarea noastră se bazează în mare măsură pe ghiduri acceptate pe scară largă, care promovează următoarele acțiuni: 1. O prognoză pe 25 ani a necesarului pentru întreținerea activelor; 2. Realizarea unei analize spațiale pentru a înțelege performanța și riscul; 3. Proceduri flexibile care pot fi ajustate și actualizate pentru a reflecta prioritățile de schimbare; 4. Aplicarea logicii bazate pe risc în luarea deciziilor.

Datorită faptului că aceste instrumente și tehnici s-au dovedit eficiente în industria apei din Marea Britanie, autorii se concentrează asupra caracterului transferabil al acestora, ele putând fi aplicate în alte zone geografice pentru a ajuta la rezolvarea unor provocări similare legate de gestionarea activelor unei companii de apă.

Cuvinte cheie

Infrastructură de apă uzată, gestionarea activelor, gestionarea datelor, SIG, risc

1. INTRODUCTION

A fundamental requirement of any asset management process is to provide an effective platform for the management of data upon which to plan, strategise and implement the best approach to future capital and operational investments. Historically, planning approaches in the UK have been inconsistent across different water and wastewater utility providers and the guidance from the industry regulator, Ofwat, has also been lacking - “The approaches adopted by both Ofwat and the companies have been criticised in recent years, and Ofwat have since modified their requirements...” (Haywood *et al.*, 2002).

Following the adoption of more formal asset management techniques and best practice since the late 1990's, the UK water industry has been rapidly maturing towards the delivery of greater operational efficiencies and robust investment decision making. Kleiner, et al., (2006) described the fundamental requirements for effective asset management in the water industry as: knowledge of asset condition; understanding asset deterioration; *and* an appreciation for expected consequence of failure. However, to be able to understand and quantify these three requirements, either now or in the future, a solid platform for accurate data capture and management is required. Therefore the authors propose a four staged approach for effective asset management, Figure 1, which is discussed in a UK context within.

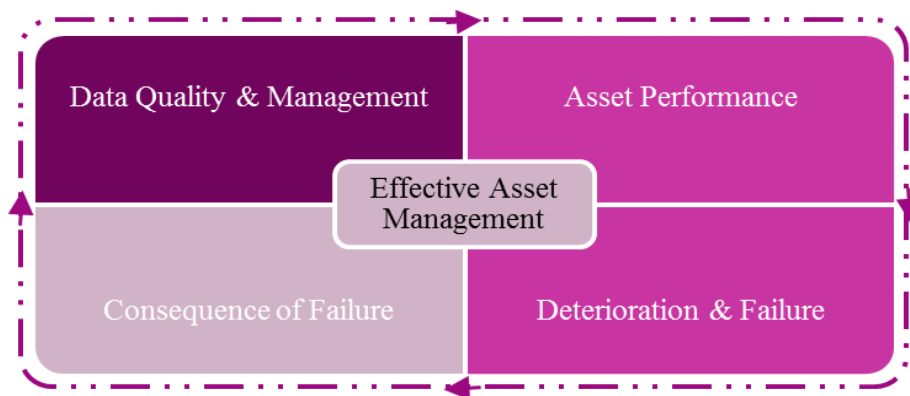


Figure 1. Four pillars of effective asset management

2. DATA QUALITY & MANAGEMENT

In-terms of data management and quality, the authors have developed a series of tools to produce, audit and manage data for Water Utility companies. With reference to most sewer network datasets, this starts with a review of the attributed construction date, material and diameter. It is generally accepted that where these attributes are available, they are correct. In order to confirm that these attributes are correct a series of checks are usually performed starting with a comparison of asset construction date against the known dates that the material were used. For example, HDPE was not generally used prior to 1990, so if the construction date for a HDPE pipe was 1960, the construction age would be amended to 1990. In addition, a comparison of material and diameter can also be undertaken given the physical limitations of certain material (e.g. the diameter of a clay pipe is unlikely to exceed 1200mm and so a 2000mm diameter clay pipe would be amended to the maximum size for this material). As a general rule, the material is accepted as the known attribute and the construction date and diameter are amended accordingly.

In the event that no construction date for a sewer exists or a more rigorous audit process is required using sources of property construction date. In the UK, this can generally be inferred from two sources. Firstly, the Ordnance Survey have an archive of national mapping which dates back to the early part of the 1800's and has a series of maps for various time intervals (5 to 10years) from then until present day. Through a process of digitising urban extents, the approximate construction age can be recorded, e.g., when a 1940's map is compared to a 1930's map the extent of properties constructed between this period is evident. In addition, the UK Governments Valuation Office Agency hold records about all properties within the UK and as such they are able to provided post code level information about when the development was constructed within +/- 10 years.

Where data exists from which the construction date can be estimated, a date can be estimated (typically to within a decade) and the estimated construction date and the attributed construction date can be compared. If these dates are found to fall within the same 20 year period, the attributed date is accepted as the correct attribute; if they do not fall within the same period, the material is again accepted as the correct attribute and the construction date is derived from the earliest or latest use of that material. The first part of this process is used to determine a construction date where neither the construction date nor material is attributed. In this scenario, the date is then used to attribute the material based on the materials most commonly used at that time.

For the purposes of building a geometrically correct network, the ArcGIS Network Analyst extension allows users to bring together vertex (e.g. manholes, chambers, pumps, nodes) and vertices (e.g. sewer pipes) and adjust the relative positions of the networks elements to correct any digitising mistakes such as undershoots, overshoots and missing segments (Robinson et al, 1995). In addition to using archive mapping to determine the age of a development area, the most up to date base mapping can be used to determine customer connections (the number of connections in a zone and the notional route of the connections). This is achieved rather simply by creating a straight line connection from the property centroid to the nearest main sewer. If this is brought together with a digital terrain model, significant errors can be avoided by identifying where sewers are at a higher or lower level than a property and so it can be determined whether a gravity system is feasible. Obviously, with sewers being an underground asset, some care needs to be taken to note which properties are within a level whereby if a sewer was buried, for example 3m deep, a gravity sewer could still be feasible even if the ground levels did not suggest a gravity sewer system was likely.

Where the locations of sewers are poorly recorded, processes can be developed to create a notional sewer network based on the recorded road network. Whilst this is not a highly accurate process, in the more densely developed areas (where space for placing linear networks to serve all customers is at a premium) it has been shown that the road network provides a good overall indication of most linear networks (Burch, et al., 2010). In any situation where data is inferred from a related data source, assets should be mapped and used in the asset management process in a timely manner, as until then, only a limited level of confidence can be justified. When using a good quality geometric network of sewers (either spatially correct or up and downstream nodes are attributed correctly), the ability to trace networks can also be used to locate connections along sewers and identify customers likely to be impacted upon by the failure of an asset (e.g. sewer collapse or pumping station failures that cause the system to back up and cause incidents of flooding). The three dimensional tracing mechanism that AECOM have developed can either be used to identify sewers at a lower elevation than a customer, and so identify points along a sewer within a defined distance where the sewer is at a lower level than the property, and so an alternative route for gravity sewer can be generated. Conversely, assuming that critical points of failure can be identified (e.g. pumping stations), a trace can be performed to identify properties at the same level and at specified elevations above the critical points of failure. Water companies are using this type of approach to identify high risk customers, and take necessary action to help prevent flooding of their properties in the future.

3. UNDERSTANDING ASSET PERFORMANCE

In recognition of the current limitations of basic structural condition grading systems for long-lived water industry assets such as; service reservoirs, conduits and tunnels - research has been conducted into an alternative methodology, utilising 21st Century technology, to aid the upfront data collection process and the downstream interpretation and decision making.

Data collection

It is widely recognised that on-site data capture and the management of condition inspection information is costly and time consuming. Coupled with today's emphasis on cost control and data quality, the need to deploy cost effective solutions for the purposes of accurate data capture is even more prevalent. In the transport industry, smarter data collection systems are more widely cited and similar solutions have been developed for building and property management. KyKloud is one such company offering secure cloud based platforms helping asset managers and operational teams to collect data efficiently and use this information to manage the life-time cost of major infrastructure/property portfolios (Wilkinson, 2012).

The KyKloud system has been integrated with this research to do exactly that. This model is based on a Capture-Manage-Report workflow, in line with the latest asset management industry standards ISO 55000, which sets out a process to host the new reliability modelling technology. The iPad® inspection application is an innovative approach to field based data capture because it offers a number of unique features such as integrated condition grading processes, photo/GPS location tagging and advanced rehabilitation specification and costing functionality. All of these features fit seamlessly within an online data management cloud to equip utility managers with an easy to use interface that provides instant access to their data for calculation, reporting and planning purposes.



Figure 2. Embedding research into leading technology

Decision making

The authors have also focused their research towards the development of a comprehensive and risk based condition classification system. Whilst more traditional condition classification systems, such as 1(good) to 5 (poor) rating scales have their place, i.e., for less critical infrastructure assets such as sewers - where a consistent, quick and repeatable mechanism is required. The authors felt that a less subjective mechanism for more critical long-lived infrastructure assets was necessary. The metric deemed most suitable by the authors to represent structural performance is reliability, which can be denoted in equation 1 as:

$$\text{Reliability} = 1 - \text{Probability of Failure} \quad (1)$$

The advantage of being able to express condition in-terms of structural reliability is that it can be used to develop an understanding of risk (probability of failure * consequence) – thereby aligning with the UK regulators requirement to justify capital investment in this way (UKWIR, 2002). Reliability is expressed as a probable value on the y-axis of Figure 3, between 0 (highly unreliable) and 1 (highly reliable), depending on the component's ability to perform its required function. A Weighted Severity and Extent score is produced from structural condition observations which capture details of the “severity” of damage, its spatial “extent” and the “weighting”. Where-by the weighting score is used to express the criticality of each element in relation to the overall structures stability. The severity and extent principles largely follow the best practice established by the County Surveyors Society (CSS, 2002) for bridge inspectors; where-by each component is assessed and scored under the measures in Table 1.

Table 1. CSS Severity & Extent Tables

<i>Severity Score</i>	<i>Description</i>	<i>Extent Score</i>	<i>Description</i>	<i>Weight</i>	<i>Description</i>
1	As new condition or defect has no significant effect	A(0.8)	No significant defect	0.0	No influence on the functionality
2	Early signs of deterioration, minor defect/damage, no reduction in functionality	B(1.6)	Slight, not more than 5%	0.25	Severe deterioration would affect functionality
3	Moderate defect/damage, some loss of functionality	C(2.4)	Moderate, 5% - 20%	0.5	Component is important to functionality
4	Severe defect/damage, significant loss of functionality	D(3.2)	Wide, 20% - 50%	0.75	Component is critical to functionality
5	The element is non-functional/failed	E(4.0)	Extensive, more than 50%	1.0	Component is critical to the overall structures functionality

Both severity and extent are parameters that are used to inform decisions about maintenance planning and management. The use of separate codes for each parameter eliminates any obscurity in the distinction between, for example, a single but severe defect and extensive but superficial deterioration. Whilst the severity and extent scoring system is a mechanism to provide a consistent and quantitative indication of the visible condition of each sub-component making up the overall structure, it is not an indication of how the asset is performing. Therefore, a weighting factor was introduced into the approach to identify the differing degrees of criticality, or influence, for each of the structures sub-components on its overall performance. The mathematical translation from the severity, extent and weighting factor observations to a reliability value uses a logistic function to automatically position the Weighted Condition Score as a reliability value somewhere along the components reliability curve, Figure 3 (dotted white line). Each component can be assigned a unique reliability curve using the logistic function, within the iPad application, to account for the different deterioration rates for each component.

$$\text{Weighted Severity \& Extent Score} = \text{Severity} * \text{Extent} * \text{Weight} \quad (2)$$

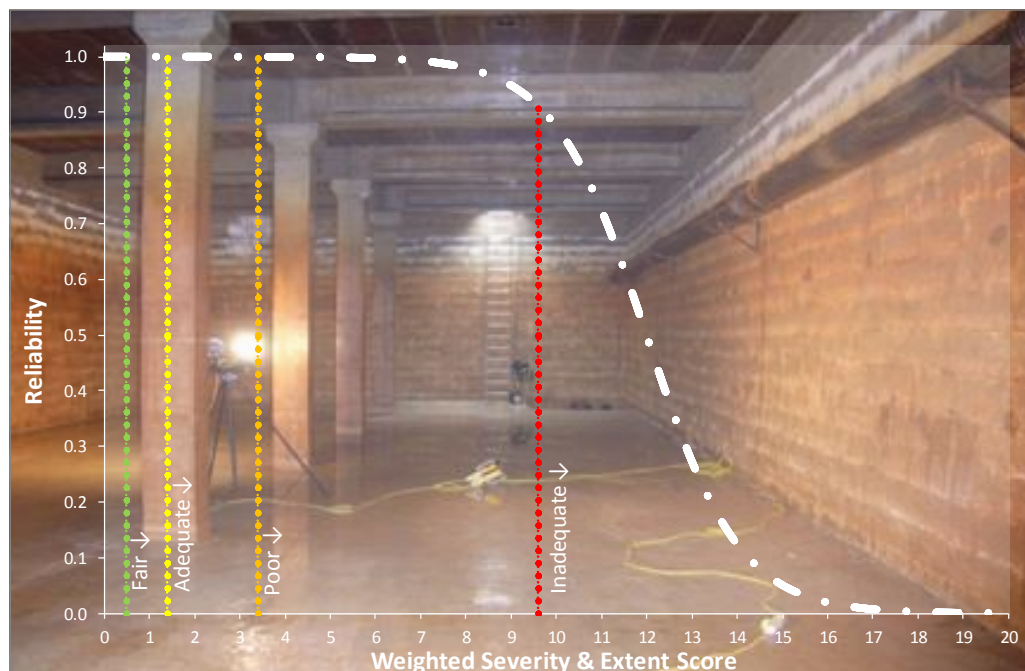


Figure 3. Masonry Wall Reliability Curve

4. PREDICTING DETERIORATION & FAILURE

In order to define, evaluate and forecast the probability of asset failure, the authors discuss a unique and easily applied sewer deterioration model has been established by AECOM to help predict the future condition of sewerage network infrastructure. The model achieves this by analysing historic CCTV survey information to identify unique deterioration trends for different cohorts of sewer. Extrapolation of these deterioration trends allows for the entire sewer network to be expressed in terms of its length within each of the appropriate condition grade scores (1 to 5) at any point in time. Where-by the WRc Method of Sewer Condition Classification (MSCC4) is used to define condition grade (WRc, 2004a).

The deterioration model is developed using a 4 step process:

1. *Group pipes into cohorts to maximise the condition survey information*

Grouping sewers into cohorts (assets with the same basic attribution) overcomes the need for vast amounts of survey data in-order to perform basic deterioration analysis by assuming that all assets in a given cohort will behave the same over-time. There-by allowing surveys on different sewers, but in the same cohort, to be grouped together. It is common for the utility provider to group their network into a manageable number of cohorts based on the availability of information. It is always important that consideration is given to the influencing factors behind sewer deterioration and a comprehensive review of the characteristics that commonly influence the deterioration of rigid sewers is provided by Davies et al. (2001). In this study; age, diameter, material and soil type, where used to establish the cohorts.

2. *Analyse the deterioration profile for the historic survey information*

Using a condition profile based approach, the authors have established a more representative

modelling technique for sewerage assets that reflects the fact that a single sewer may be in multiple states at a single point in time (Micevski et al., 2002). This is achieved through the analysis of historic condition surveys to determine how the actual proportions of a sewer gradually flows into the five condition grades using a Semi-Markov matrix. In essence, the condition “profile” of a sewer is simply the proportion of its length within each condition grade (1 to 5), shown in Figure 4. For this analysis, a condition “profile” is computed for all available historic survey information, using a bespoke algorithm.

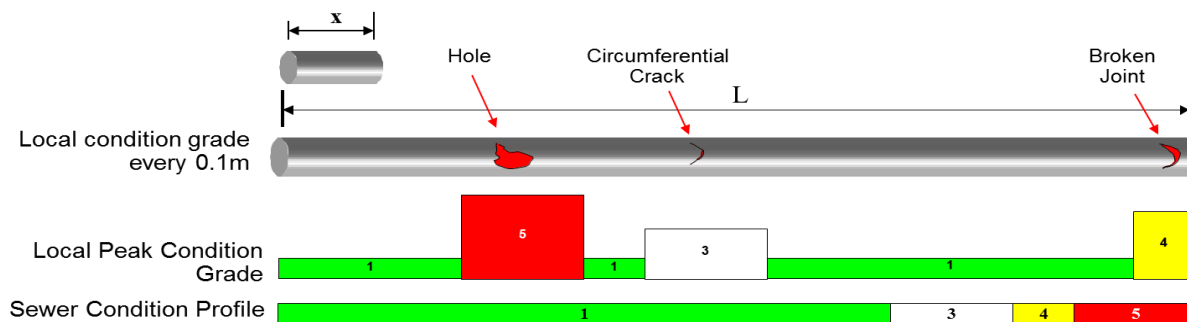


Figure 4. Sample sewer condition profile

3. Plot condition grade graphical against time

When the proportions of the sewer in each of the condition grades are grouped together, this is referred to as the sewer’s condition profile. The condition profile can be calculated for an individual sewer, Figure 4, or it can be used to express the overall condition of a group of pipes (cohort) using the length weighted mean approach, Figure 5. In this instance, the condition profile is calculated for all sewer cohorts but only within a single survey year. The survey year is held as a segregating factor because it represents the age of the pipe at the time of the survey and is thus the time variable in the assets deterioration profile.

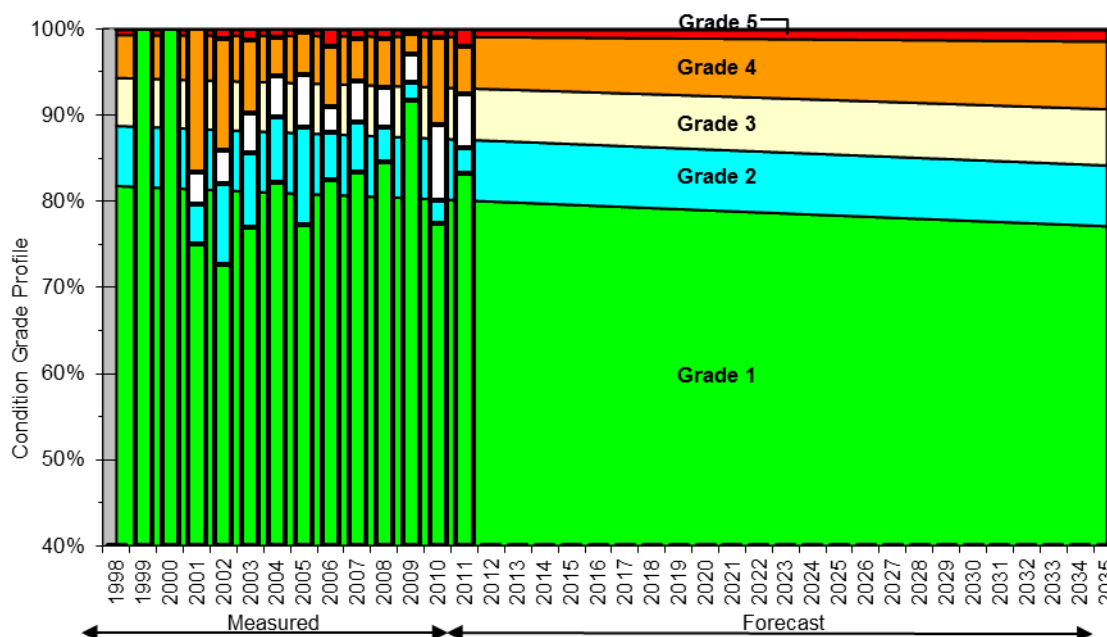


Figure 5. Example showing measured and forecast sewer condition profiles

4. Predict future condition (forecast)

Once the survey and sewer attribution data are analysed from the measured data, a simple trend analysis is drawn for each of the condition grade profiles (1 to 5) to predict how the sewer will deteriorate over-time.

The sewer deterioration profile which is calculated for each sewer cohort, provides a prediction of each individual sewers likely performance based on its age, material, diameter and surrounding soil type. Given the model is applied across the entire sewerage network it can be used to target survey investigations towards poorly performing assets, thus allowing a utility provider to quickly identify problematic sewers which are likely to lead to sewer collapse, blockages and flooding incidents due to the gradual deterioration of the sewers' fabric.

5. CONSEQUENCE OF FAILURE

If risk can be expressed in a clear and quantitative manner, the job of decision making can be informed by the true cost(s) and benefit(s) associated with the decision (Kaplan and Garrick, 1981). An essential part of quantifying risk is the accurate capture of the consequence costs that are associated with the failure of an asset. The consequence analysis in this study is undertaken as an economic assessment which captures the monetary value associated with the direct and indirect cost of failure. The term "direct costs" refer to the cost incurred to restore the functionality of the asset, whilst "indirect costs" account for the additional costs that may arise from its failure, e.g., infrastructure damage or fines (Ugarelli et al., 2010).

Historically, sewer criticality in the UK has been determined as A, B or non-critical C, as defined by the SRM (WRc, 2004b). As part of AECOM's asset management approach, a refined criticality grading is applied that has a number of additional benefits. The grading system is consequence-based, and subdivides the existing categories by appending a character, i.e. AA, AB, etc, where-by the second character is used to indicate why a sewer is critical. For example, sewers that are critical based on their material and depth only (e.g. AZ) are likely to be graded lower in consequence than similar sewers that are under major roads (e.g. AC). The process for determining each sewer's Criticality Category is achieved by evaluating the proximity of the sewer to critical infrastructure and/or special areas of interest, using GIS software, such as ArcGIS. Sewers that intersect the designated categories, listed in Table 2, are flagged with the appropriate code. The flags are then searched in reverse order of importance and progressively over-written if a higher consequence factor is flagged. Therefore, where a sewer has more than one contributing causal factor, which is often the case, then the most severe Category applies.

Therefore, the consequential costs of failure can be quantified in monetary terms under two categories; Private (PR) and Social/Environmental (S/E) costs. Private costs are those that are incurred by the business in response to a sewer failure and include all costs incurred to remedy the collapse. These are typically well understood and can be derived from an assessment of historic costs. Social and environmental costs are those that are incurred by society and/or the environment as a result of a collapse, i.e., disruption to traffic or pollution of a water course. These costs are typically more difficult to define and water utility providers often refer to guidance set out by the Environment Agency (2003) to help quantify the environmental impact, or, they rely on customer willingness to pay information linked to Operational Performance Measures (OPM's), (Willis et al., 2005; and Heather & Bridgeman, 2007). Approximate figures are present in Table 2 as a guide but should be developed specifically for each individual utility provider.

Table 2. Consequence scoring and costs

<i>Grade</i>	<i>Consequence type</i>	<i>Description</i>	<i>Social Cost (£,000's)</i>	<i>Private Cost (£ 000's)</i>
AA	Disruption	Under Railway	1,000	20
AB		Under Motorway/Protected Street	1,000	
AC		Under A Road	100	
AD		Under B Road	50	
AE		Under Minor Road	10	
AF		Would Disrupt Hospital Traffic	50	
AG		Would Disrupt Fire Station Access	50	
AH		Under Buildings	50	
AI	Pollution	Close proximity to bathing waters	300	30
AJ		Close proximity to shellfishery	50	
AK		In Biodiversity or heritage site	200	
AZ	n.a	None of the above	0.01	20

6. CONCLUSION

Infrastructure asset management is a dynamic and evolving process. It involves many groups of people with unique and varied skills: planners, data analysts, statisticians, financial planners, procurement, GIS specialists, engineers etc, who must work together to achieve a common goal. Some areas of asset management have suffered from over complexity and “...there is currently a lot of discussion about criticality, risk management and risk-based decision-making, [and] there is still plenty of confusion” (Woodhouse, 2001). It is important therefore that the key objectives of an asset management strategy are prominent, agreed, visible and attainable goals. Accurate data is an essential pre-requisite for effective asset management. Of equal importance is the platform in which that data is held. The platform needs to be centralised, accessible and consistent across the business. Software developers are in commercial competition and whilst this is beneficial for creating new technologies and techniques for data storage and manipulation, there is a danger of data formats being unique to certain software.

In some regard sewerage and potable water infrastructure asset management has historically lagged behind other infrastructure asset management approaches, e.g., rail. This is primarily due to the consequence of failure; for rail, where-by any failure is potentially catastrophic with possible associated loss of life - this is not the case for buried infrastructure like sewers and water mains. However, more recent advances in sewerage asset management have been driven by a need to reduce costs and more effectively manage risk. Additional environmental concerns have also heightened the need to manage water and wastewater infrastructure assets more effectively. In response to these challenges the authors have documented a number of tools that have been used to support a fully integrated approach to asset management decision making in the UK. A four staged approach is described looking at: 1. Data quality and management; 2. Asset Performance; 3. Deterioration Modelling; and 4. Consequence of failure.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the continued support from EPSRC through their funding of the STREAM Industrial Doctorate Centre, and from the project sponsors (AECOM).

8. BIBLIOGRAPHY

1. Burch, N., Holte, R., Müller, M., O'Connell, D and Schaeffer, J (2010) Automating Layouts of Sewers in Subdivisions. Proceedings of the 2010 conference on ECAI 2010: 19th European Conference on Artificial Intelligence, 655-660
2. CSS Bridges Group (2002) Bridge Inspection Reporting: Guidance Note on Evaluation of Bridge Condition Indicators. , Volume 2.
3. Environment Agency (2003) Assessment of Benefits for Water Quality and Water Resources Schemes in the PR04 Environment Programme Part One Introduction, [online] Available: http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/intro_part1_v1.pdf (Accessed 2 February 2013).
4. Kleiner, Y., Rajani, B., Sadiq, R., (2006) Modelling deterioration and managing failure risk of buried critical infrastructure, in: Sustainable Infrastructure Techniques. 1-13.
5. Heather AIJ and Bridgeman J (2007) Water Industry Asset Management : a proposed service-performance model for investment, Journal of Water and Environment, 21(2): 127–132.
6. Heywood, G, et al., (2002) Capital Maintenance Planning A Common Framework Volume 1, UK Water Industry Research Limited, London. ISBN 1 84057 265 5.
7. Kaplan, S and Garrick (1981), B J, On The Quantitative Definition of Risk, Risk Analysis, 1(1), 11-26.
8. Micevski, T., Kuczera, G., and Coombes, P. (2002) Markov Model for Storm Water Pipe Deterioration. Journal of Infrastructure Systems, 8(2), 49–56.
9. Arthur H. Robinson A., Morrison J., Muehrcke P., Kimerling J., Guptill S. (1995) Elements of Cartography, 6th Edition. UK: Wiley.
10. Ugarelli R and Federico VD (2010) Optimal Scheduling of Replacement and Rehabilitation in Wastewater Pipeline Networks, Journal of Water Resources Planning and Management, 136(3): 348–356.
11. Wilkinson, P. (2012) kykloud targets asset management with SaaS and apps | Extranet Evolution. Extranet Evolution. [online] <http://extranetevolution.com/2012/01/kykloud-targets-asset-management-with-saas-and-apps/> (Accessed December 29, 2012).
12. Willis KG. Scarpa R and Acutt M (2005) Assessing water company customer preferences and willingness to pay for service improvements: A stated choice analysis, Water Resources Research, 41(2): 2019.
13. Woodhouse, J. (2011) Value, Risks and Decision Making, Assets: The Institute of Asset Management Magazine, May 2011.
14. WRc (2004a) Manual of Sewer Condition Classification (MSCC), 4th Edition.
15. WRc. (2004b). Sewerage Rehabilitation Manual, Fourth Edition. UK: Water Research Centre, Swindon, UK.

Lime used for municipal wastewater treatment sludge and bio solids

Bogdan Preda*, Pavel Hanzl** și Francois Ponchon**

* SC CARMEUSE HOLDING SRL - Carmeuse Romania, Str. Carierei Nr. 127A, 500052 Brasov Romania
(E-mail: bogdan.preda@carmeuse.ro)

** Carmeuse Research and Technology, 65Boulevard de Lauzelle, Louvain-La-Neuve, 1348Belgium
(E-mail: pavel.hanzl@carmeuse.cz, francois.ponchon@carmeuse.com)

Rezumat

PROVOCAREA – Un efect complex

Alaturi de saruri de fier si aluminiu, varul conduce la floclurarea namolurilor lichide, fiind asadar des utilizat ca un prim pas in procesele de desecare.

Varul ca si aditiv mineral, creste eficienta celor mai multe tipuri de statii de desecare.

SOLUTIA - Orientare catre specificatiile proceselor

Varul nestins cu reactii exotermice intarziate poate fi utilizat in procese complexe de tratare a namolurilor (coagulare, desecare, solidificare, controlul agentilor patogeni, uscare), adaugand un singur reactiv in sistemul de dozare.

CODECAL este produsul nostru special conceput pentru asemenea procese.

Solutiile BioCalco QL pe baza de var nestins si BioCalco H pe baza de var hidratat pot fi utilizate in absolut toate procesele de tratare a biosolidelor si deseurilor de tip namol : produsele pe baza de var hidratat inaintea inceperii tratamentului, varul nestins dupa adaugarea varului, iar formulele foarte reactive sunt cele mai bune in cazul tratarii biosolidelor.

Laptele de var gata preparat poate fi solutia optima pentru pregatirea namolurilor de tratat. Laptele de var BioCalco MOL produs de catre Carmeuse, intotdeauna usor de pompat si cu o decantare usoara, poate fi livrat in diverse concentratii, de pana la 50%.

EXPERTIZA - Expertii Carmeuse, cu un background impresionant in tratarea apelor municipale in diverse statii, va pot oferi consultanta pentru a optimiza procesul clasic de utilizare a varului, integrandu-l in restul operatiunilor din cadrul fabricii. Carmeuse pune la dispozitie o unitate pilot pentru a testa solutia CODECAL in conditii reale.

REUTILIZAREA NAMOLURILOR TRATATE IN AGRICULTURA

Namolurile municipale tratate pot fi reutilizate in agricultura pentru a imbunatati calitatea solului, adaugand nutrienti, insa acestea trebuie sa fie sanitizate pentru a evita riscul contaminarii mediului inconjurator.

Cuvinte cheie

Nămol, tratament cu var, igienizare, deshidratare, stabilizare, reciclare

1. MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT SLUDGE PRODUCTION IN EUROPE

European regulations (91/271/EEC Directive) require systematic wastewater treatment to protect human health and environment. Large amounts of sludge are inevitable consequence of this treatment. The sludge amounts increase gradually. While 5,5 million tons of dry matter were produced in 1992 it reached 11,5million in 2010 and will grow to 13,0 million in 2020. More dynamic increase is expected in new member states (EU-12) – from 1,4 million in 2010 to 2,5 million tons in 2020 [1]. This all means that sludge end use or disposal will be a major issue in these countries.

In accordance with EU waste policy, which prefers re-use and recycling to recovery and disposal, volumes of organic waste (including sewage sludge) disposed in a landfill shall be reduced by 2016 to 35% of volumes, generated in 1995. Agriculture is the primary branch where sludge can be reused beneficially; agricultural reuse stands for 38% (EU-12) of sludge reuse / disposal paths in Europe.

Sludge is a valuable source of nutrients and organic matter for soil and its use can address at least three main threats – salinisation, compaction and organic matter decline – of those eight listed in the EU Thematic strategy for soil protection [2].

The Sludge Directive 86/86/278/EEC was adopted to encourage beneficial reuses of sludge in agriculture and to regulate them. This approach is followed by the European standard structure; the CEN TC 308 guidance documents place land application as the first choice in the decisionmaking scheme.

The CEN/TR 13097:2010 (also known as “Guide 4”) by TC 308 provides detailed guidance on application practices, nutrient management, operation planning and quality control.

The quality control, good environmental and health safety practices are also in the main focus of the Sludge Directive. In order to mitigate the main environmental and safety concerns at the sludge reuse, the Directive prescribes treatment reducing fermentability and health hazards.

Sludge fermentation is controlled by stabilisation processes. A major part of health hazards control is effective deactivation of pathogens – viruses, bacteria and parasites. A vast range of processes is used to treat sludge; the most frequent ones are listed in the CEN / TR 15809:2008 (also known as “Guide 10”).

In Romania, preferred ways and related standards for sludge treatment and defined quality are regulated by the National Agency of Environmental Protection Ordinance 95/2005.

Both the government and landfill operators must ensure that they achieved binding targets in terms of reducing biodegradable waste disposal and recycling of waste, required by the GD 349/2005 (transposing a part of the EU Landfill Directive) and the new Waste Act 211/2011 (implementing the EU Waste Framework Directive 2008/98/EC). The latter has 2020 as the deadline to recycle 50% of waste. If fully implemented, these targets may have a significant impact on costs in terms of landfilled sludge volumes reduction and their missing could result in penalties.

Agricultural reuse of sludge is regulated in Romania by the Ministry Ordinance 344/2004.

22% of total surface of agricultural land can be suitable for sludge reuse (OSPA statistics), which implies that over 415kt/y of treated sludge can be used as fertilizer.

2. PRINCIPLE OF LIME USES IN SLUDGE TREATMENT

The Guide 10 “Characterization of sludges – Hygienic aspects – Treatment” (see above) recognizes 10 basic treatment methods and their combinations. Liming is included in “chemical treatment” and its relatively high speed is pronouncedly mentioned. Lime treatment is, besides its simple application, mainly a very cheap method, compared with composting and thermal drying as main ways of treatment prior to field spreading. Thanks mainly to this cost- effectiveness, liming is the most widespread treatment way for agricultural re-use in Western European countries.

Liming is in principle a stabilisation / hygienisation process for sludge treatment but provides further effects both in the treatment itself and the treated sludge reuse in agriculture.

Lime effects in sludge dewatering

Lime, usually in the form of liquid slurry (milk-of-lime) is added to liquid sludge as a chemical conditioner, often together with a metal salt such as iron chloride or aluminium sulphate, to coagulate and flocculate fine particles, enabling improved dewatering. One of the purposes of using lime is to enhance the liquid-solid separation efficiency of sludge, i.e. to remove bound water incorporated in a structure in which fine particles are dispersed.

Sludge particles show a negative (anionic) surface charge, which lead to electrostatic repulsive forces which hamper the settling process of sludge particles. Cationic charge carriers like calcium in lime compensate the anionic surface charges, thus minimizing the electrostatic repulsive forces and starting floc formation (see Fig.1). This functionality of lime is commonly applied in plate filter presses [3].

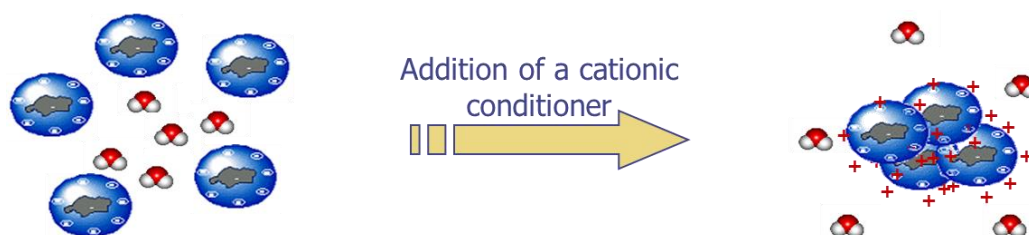


Fig. 1 Impact of lime on sludge flocculation process

Lime function in sludge stabilisation

Sludge stabilisation is defined as a process limiting the anaerobic digestion of the organic part for a given duration. Lime stabilises the sludge thanks to the high pH action (combined with high temperature if quicklime is used), which devitalises bacteria causing sludge biodegradation. The secondary impact of liming on stabilisation is the change of sludge structure to more granular. This promotes aerobic digestion, resulting in less bio-degradable sludge.

Several practical rules apply to manage both the process itself and to keep the organic part stability under long-term control.

Sludge hygienisation by lime

Lime has been known as an efficient natural disinfectant for centuries. Two principles of pathogen inactivation apply here. First, it is the effect of lime pH, sufficient for alkali hydrolysis on basic elements of microorganisms: destruction of RNA, protein-based cellular walls and enzymes and carbohydrate cell constituents and lipids. Next, it is the effect of temperature increase by reaction heat if quicklime is used to treat the sludge. The synergetic action of hydrolysis and thermolysis on pathogen enzymes is the principle in this case.

Pathogen devitalisation by lime was tested on a range of pathogen species. 3 representatives (most resistant species) of each group – viruses, bacteria and parasites – were chosen for tests to prescribe the safe liming protocol in Guide 10.

Sludge odour control by liming

The most important groups of odour substances occurring in sewage sludge are hydrogen sulphide, mercaptans, fatty acids and nitrogen-based compounds.

Alkali pH achieved by liming transforms sulphides and mercaptans into their non-volatile, ionic, non-odorous (HS^- , S^{--} and RS^-) forms. (see also Fig. 2). Therefore in filter press process where pre-liming is applied, odours are less persistent compared with centrifuge or belt filter processes.

Concerning nitrogen compounds, NH_3 emission is inevitable at pH values over 9. On one hand, ammonia gas is a strong disinfectant; on the other hand, the odour nuisance is high and therefore measures are adopted to control its emission at sludge liming by special lime products or processes.

Phosphorus recycling

Phosphorus in a form of calcium phosphate can be removed from sludge when lime is used together with iron chloride in the dewatering step. In the filter press process with sludge pre-liming or

centrifuge dewatering using the CODECAL[®] process (see below), the precipitated phosphate is retained in the dewatered sludge.

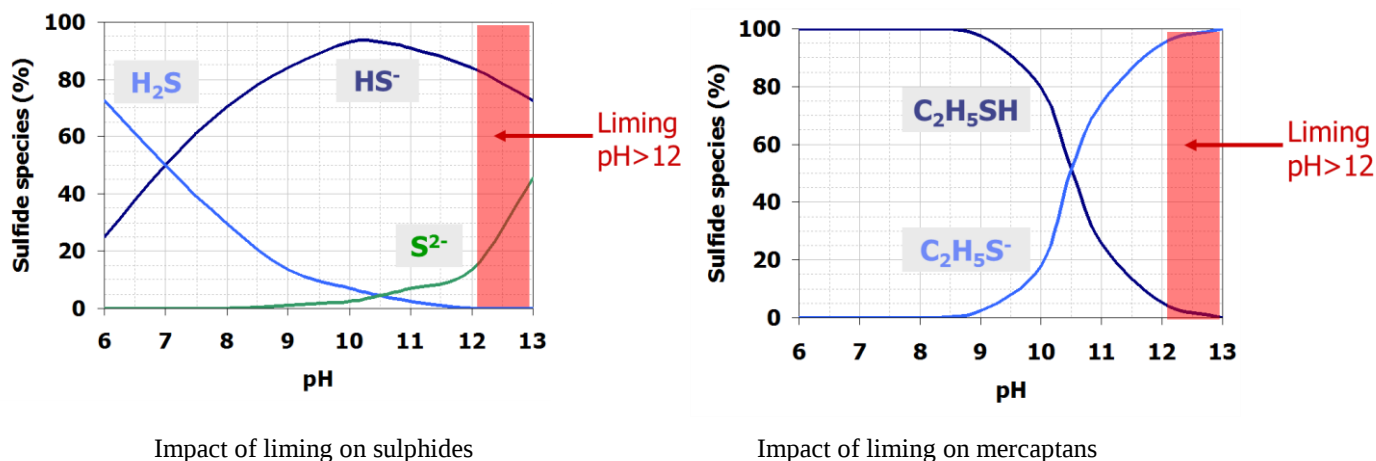


Fig 2: Impact of high pH by liming on odour substances

Lime-treated sludge reuse in agriculture

Positive impacts on sludge reuse in agriculture include not only the organic carbon addition but also the effect on soil structure improvement, control on moisture holding capacity and reduced risk of soil erosion and water run-off. Secondary effects are given by local sludge recycling – reduced greenhouse gas emissions, noise and costs from transport compared with long distance haulage to centralised incineration.

Additional effects of lime-treated sludge concern the nutrient balance. Extra phosphorus is added to soils if relevant liming processes are used. Liming also increases bio-availability of phosphorus and potassium in the soil for plants. Liming reduces soil nitrification and consequently the extra phosphorus runoff. Finally, it reduces the soil acidity and adds Ca and Mg ions.

Sludge reuse in agriculture was proven as the most cost-effective method of reuse or disposal [4].

Sludge liming compared with other treatment processes

Comparing the most common methods to treat sludge prior to agricultural reuse, liming is considered as a very fast and cheap process.

Compared with drying or further thermal stabilisation / hygienisation processes, it requires zero external energy input. In some cases, liming can be beneficially combined with solar drying in terms of quality and costs for the final product – soil amendment. Compared with composting, stabilisation with lime is very fast and does not require any excessive space for compost storage and windrowing.

Typical costs for main reuse / disposal ways are given in Tab. 1. Financial benefits of selected treatment and reuse methods, incl. liming and agricultural reuse of lime-treated sludge were calculated [1] and are shown in Fig. 3

Table 1. Costs comparison for selected sludge treatment ways

WAY OF TREATMENT	TOTAL COSTS EUR/t
Incineration	55
Co-incineration (cement plants, power plants)	45 – 60
Landfill disposal	100
Agricultural recycling	15

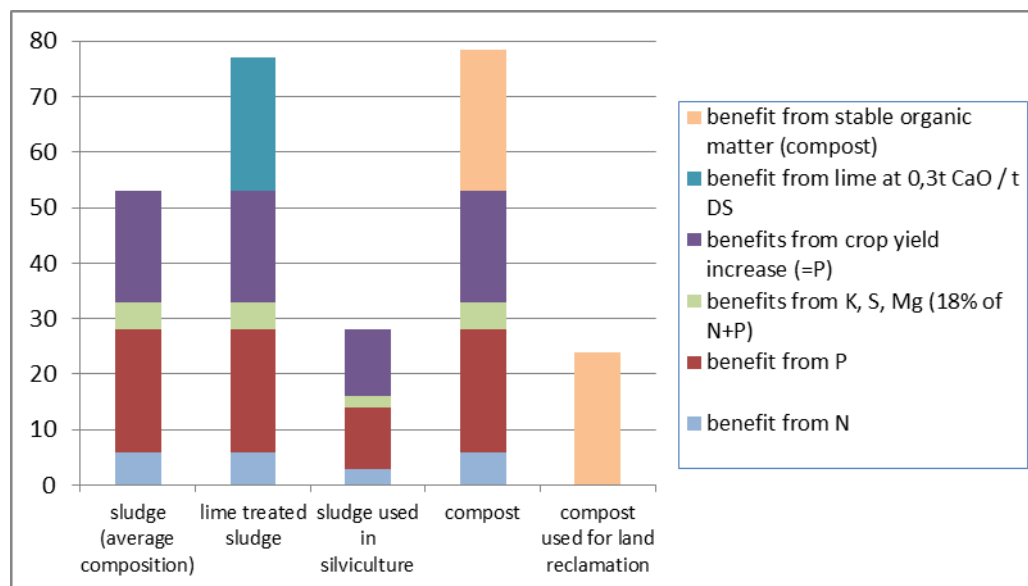


Fig. 3: Financial benefits of selected sludge treatment / reuse ways in EUR / t DS

3. PRACTICAL WAYS OF SLUDGE LIMING

Technical requirements

In order to utilise the functionalities of lime in sludge treatment and the resulting advantages in the treated sludge reuse in agricultural, prescribed liming practices shall be kept and further practical rules are recommended to follow.

Lime treatment shall comply with one of chosen protocols as described or referred to in CEN / TR 15809:2008 (Guide 10). Following them, homogeneous sludge / lime mixture shall be achieved at minimum pH 12 in the following lime dosage and kept for the adequate duration:

- For quicklime: minimum 75 minutes at minimum 55°C at the dosage of 50 – 90% CaO per a DS unit – depending on the DS content
- For hydrated lime: pH no less than 12 for three months at the dosage of 20 – 40 % CaO or equivalent amount of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ per a DS unit – depending on sludge buffering capacity

Further practical experience has proven an importance of homogeneous mixing for the cases where the treated sludge requires long-term storage. Homogeneous lime dispersion prevents the sludge re-fermentation. Sludge structure is another important parameter for storage and handling. Granular consistency and non-sticky behaviour is the target here. Good structure also contributes to re-fermentation control.

Following the listed rules and practices, 3 basic liming ways were developed: Pre-liming, post-liming and combined processes with controlled reactivity quicklime.

Pre-liming

The purpose of pre-liming is mainly to condition the sludge to improve its dewatering capacity, typically in a filter press. For this process, lime is added in a form of milk-of-lime (MOL), supersaturated solution of $\text{Ca}(\text{OH})_2$. This can be prepared either by quicklime slaking or hydrated lime dispersion in water. Ready-made distributed MOL is another product option applicable in small wastewater plants. The main advantage of pre-liming is perfect dispersion of lime in sludge while adding excessive water in MOL to the sludge loop is the main drawback of this method. A typical pre-liming scheme is shown in Fig. 4

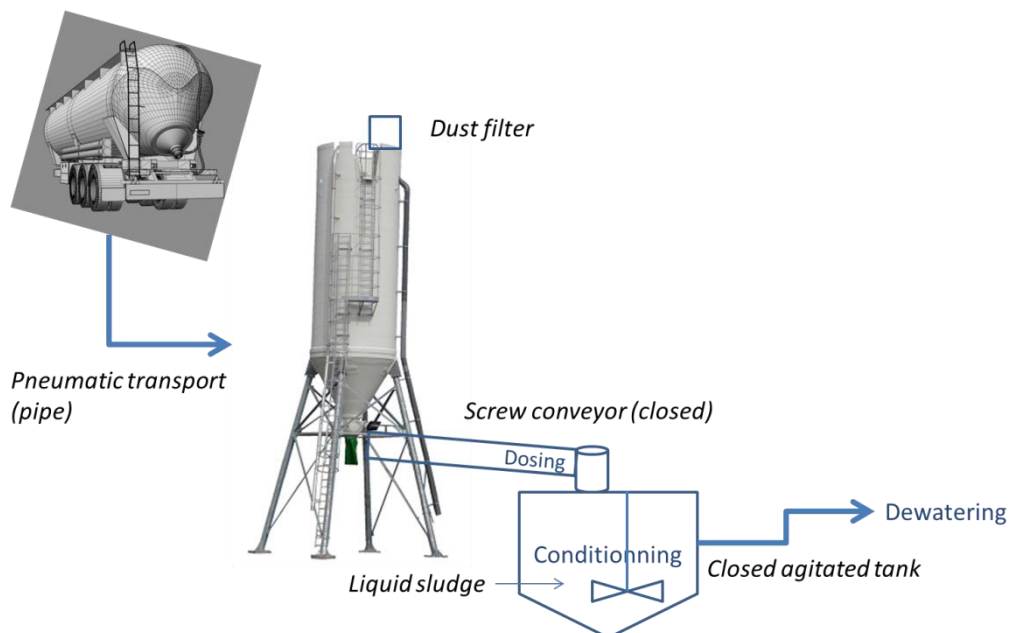


Fig. 4: Typical flow chart for sludge pre-liming

Post-liming

Post-liming is used solely for sludge hygienisation and drying. In this process, quicklime or possibly hydrate is added in a dry form to the dewatered sludge and homogenised in a post-liming mixer. The possibility of quicklime usage, which increases the hygienisation speed and helps dry the sludge by the reaction temperature and hydration reaction with moisture, are the main advantages of this process. Unlike pre-liming, this process is fully applicable whatever device was used for the sludge dewatering. A typical post-liming process scheme is shown in Fig. 5.

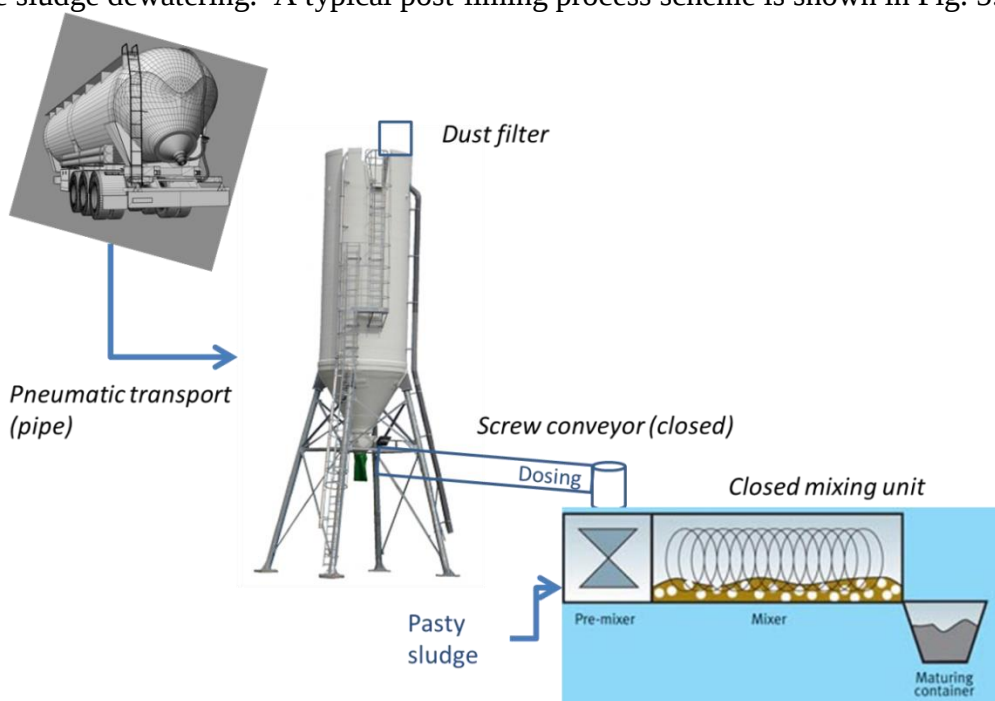


Fig. 5: Typical flow chart for sludge post-liming

4. CODECAL[®] process

This process was developed by Carmeuse Group, aiming at combining all specific advantages of pre- and post-liming techniques. The process combines the flocculation effect by lime and inorganic salts, increases dewatering as additional mineral load and dries the sludge after the dewatering device, together with its stabilisation and hygienisation.

The CODECAL[®] process uses delayed reactivity quicklime, which is produced by partial hydration of selected quicklime types in special conditions. Exothermic slaking reaction in contact with water, starting immediately with standard quicklime types, occurs in 5 – 10 min delay with this lime type. When mixed with liquid sludge, its slaking reaction starts much later. Depending on the sludge characteristics, the delay can be extended up to 120 min. In all cases, this exothermic reaction occurs as late as the conditioned sludge leaves the dewatering device. Delayed reactivity quicklime shall always be customised both by reactivity and the particle size to the dewatering process used. A typical delayed reactivity quicklime curve for the CODECAL[®] process is shown in Fig. 6. Depending on the sludge dewatering technique, the process is applied in two basic ways.

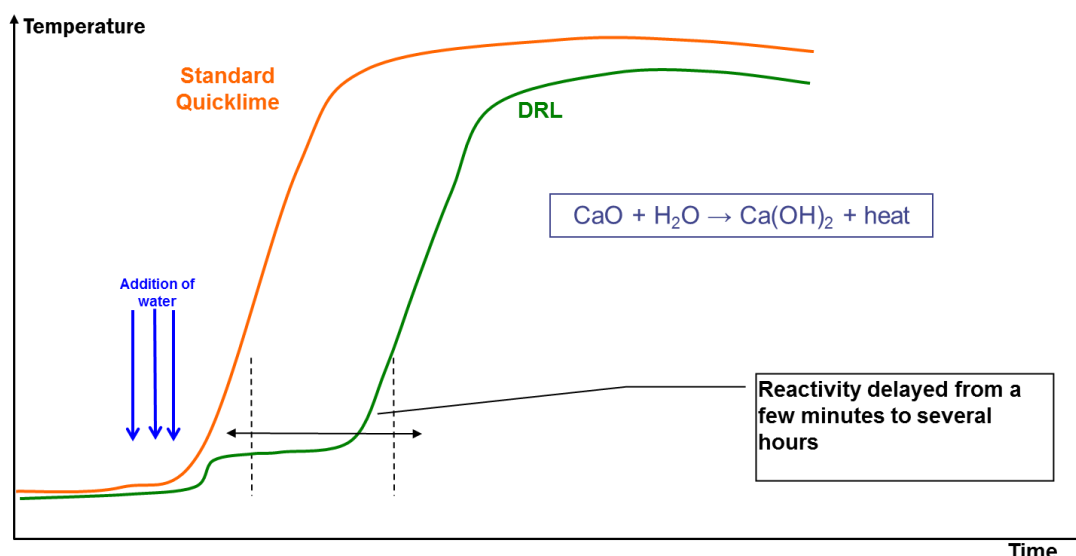


Fig.6: Delayed reactivity quicklime – necessary reactivity curve for CODECAL[®] process

CODECAL[®] process in filter press dewatering

Delayed reactivity quicklime is added directly to the liquid sludge in a mixing tank of an appropriate size. Liming increases the pH up to 11 while promoting flocculation. If iron chloride is used it may be added directly to the sludge incoming the tank. The conditioned sludge can be transported directly to the filter press without any maturation. Lime shall be applied in suitable granulation (typically 80 micron mean particle size) to work as a mineral load and improve dewatering in the filter press.

Thanks to the lime powder dosage to the liquid sludge, excellent homogenisation is achieved. The CODECAL[®] process can increase the final DS content by 5% or reduce the lime consumption by up to 30% compared with conventional pre-liming. The filtering efficiency is increased by up to 25%.

CODECAL[®] process in centrifuge dewatering

Centrifuge dewatering has certain advantages in compact design and continuous operation. Unlike in filter presses, polymers are exclusively used to flocculate the sludge here.

Delayed reactivity quicklime is added to the liquid sludge in a similar way as in the filter press process, using a volumetric dosing screw, and a mixing tank. High pH of lime requires dedicated

polymers only. If applied the flocculation is considerably enhanced. Iron chloride can be used simultaneously with lime to reduce the polymer consumption and to enable phosphorus removal from the centrate. Phosphorus is then precipitated in the dewatered sludge and does not loop in the plant feed water.

Operation results show an increase in centrifuge efficiency by 3-8%, thanks to improved flocculation. Lime consumption is reduced in a similar ratio as with filter presses. CODECAL[®] process lime is relatively fine, mechanically soft and does not show any abrasion at centrifuges. Sludge de-structuring, observed sometimes at conventional post-liming, is completely eliminated by using the CODECAL[®] process.

5. LIME SOLUTIONS FOR WASTEWATER SLUDGE TREATMENT IN ROMANIA

Carmeuse Group is the global leader in lime and limestone industry and also the leading lime producer in Romania. Carmeuse operates 4 plants in Romania, conveniently located to supply all regions with all necessary products.

Carmeuse product range and application experience in environmental technology

Carmeuse supplies a wide range of customised products for the entire branch of environmental protection: Air pollution control, drinking water treatment, process water treatment and wastewater purification, inorganic and organic sludge treatment and solidification / stabilisation. Carmeuse also supplies an array of application in the environmental remediation branch and industrial by-products stabilisation to convert them in valuable construction materials.

Carmeuse has developed a special BIOCALCO product range to treat biosolids – including wastewater sludge, animal by-products and many types of biological waste.

BIOCALCO Q is high reactive quicklime for conventional sludge post-treatment; BIOCALCO DR is delayed reactivity lime developed for the CODECAL[®] process. BIOCALCO QU is a controlled reactivity quicklime; its reactivity was extremely suppressed and prolonged to reduce the ammonia odour at the post-liming step. The quicklime family is completed with the BIOCALCO QB range – customised blended products. BIOCALCO QB, a blend of quicklime and mineral sorbent is an alternative solution to BIOCALCO QU to control ammonia odour at sludge liming.

Sludge pre-liming processes can be supplied with BIOCALCO S hydrate or BIOCALCO M ready-made MOL.

Carmeuse supporting activities towards the sludge treatment and use

Carmeuse Group supports lime users in the wastewater branch by providing extensive services. These include expert consultancy both in the sludge treatment and in its final application in agriculture. Carmeuse experts are members of CEN Working groups and EU expert bodies in the water treatment, sludge treatment and agricultural branches.

In addition to expert consultancy, Carmeuse provides laboratory testing and operation trials (see Fig. 7) to develop the most efficient sludge liming practices at wastewater plants, to test the CODECAL[®] process and to find the most suitable product solution from the BIOCALCO range for a given plant.



Fig. 7: Pilot unit for CODECAL[®] process testing

6. BIBLIOGRAPHY

1. Milieu Ltd. et al: *Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land. Final report*, <http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/index.htm>
2. Van-Camp et al.: *Reports of the Technical Working Groups established under the Thematic strategy for soil protection, Vol. III – Organic Matter* <http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/vol3.pdf>
3. Berbers, W., Forman, A.: *Operational experience of sludge pre-liming with delayed reactivity lime before filter press dewatering*, 13th European Biosolids & Organic Resources Conference & Workshop, Manchester, 2008
4. Hanzl et al.: *Sludge treatment with delayed reactivity lime – effective solution for new EU member states*, ECSM 2010 – 2nd European Conference on Sludge Management, Budapest, 2010
5. CEN/TR 13097:2010 *Characterisation of sludges – Good practice for sludges utilisation in agriculture*
6. CEN/TR 15809:2008 *Characterisation of sludges – Hygienic aspects - Treatments*

Soluții pentru reducerea producției de nămol a stațiilor de epurare menajere

Constantin Damian* and Ioana Bercu**

* Eng, director SC KEMATRONIC SRL, Baia Mare, Str Minerilor nr. 16, Tel 0040 362 802064, Fax 0040 362 802065, Mobil: 0040 744 636793

(E-mail: kematronic@yahoo.com)

** Ph.D., SC KEMATRONIC SRL, Baia Mare, Str Minerilor nr. 16, Tel 0040 362 802064, Fax 0040 362 802065, Mobil: 0040 744 636793

(E-mail: kematronic@yahoo.com)

Abstract

Allongside the improvement of the quality of treated wastewaters, the complex issue of wastewater sludge increase becomes more and more important. Sludge from municipal sewage treatment plants is considered by definition a municipal waste and as such minimizing the generated amount is a priority. This paper presents several reduction technologies of the sludge produced by wastewater treatment plants: low biomass yield technologies and advanced stabilization and dewatering technologies. The proposed technologies focus on sludge disintegration by ultrasonic and thermal treatment of sludge.

Keywords

Municipal sludge, ultrasonic treatment, sludge thermal treatment, wastewater treatment operating costs

1. INTRODUCERE

Paralel cu îmbunătățirea calității efluentului stațiilor de epurare municipale (conform Directivei 91/271/EEC), apare problema complexă a creșterii cantității de nămol rezultat din epurarea apelor, nămol aflat pe o curbă ascendentă, în timp ce cerințele de calitate impuse sunt tot mai stringente și totuși, presiunile economice cer soluții ieftine de management a acestuia.

Nămolurile rezultate din stațiile de epurare municipale sunt considerate prin definiție deșeuri municipale (biodegradabile), astfel minimalizarea cantității generate se afla pe locul 1 în ierarhizarea opțiunilor de management a nămolului.

Această lucrare prezintă tehnologii de reducere a nămolului produs de o stație de epurare:

- tehnologii cu indice mic de creștere a biomasei

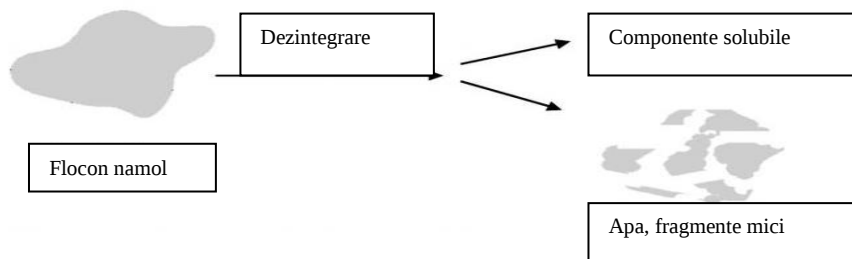
- tehnologii de stabilizare și reducere avansată a umidității nămolului

Tehnologiile propuse se axează pe dezintegrarea nămolului prin ultrasonare și tratarea termică a nămolului.

2. LIZA CELULARĂ

Ambele tipuri de tehnologii propuse în această lucrare se bazează pe fenomenul de liza a celulelor. Liza celulelor implică distrugerea peretilor celulari și eliberarea conținutului celular/ intercelular, respectiv solubilizarea CCO și eliberarea apei, conform Figura 1:

Figura 1: Dezintegrarea namolului



În general, în cazul aplicării unei energii de dezintegrare scăzute se observă doar dezintegrarea flocoanelor, fiind necesară o energie ridicată pentru distrugerea completă a celulelor (liza).

Liza celulară înainte de recircularea namolului în bazinul biologic

Unele tehnici de reducere a nămolului produc liza celulelor din nămolul activ recirculat. Celulele distruse prezintă o solubilizare ulterioară a componentelor celulare, care devin substrat disponibil pentru biodegradarea în continuare de către microorganismele existente în bazinul biologic, ceea ce determină fenomenul de creștere criptică.

Unul dintre mecanismele de reducere a nămolului în exces produs de reactorul biologic este cunoscut sub numele de creștere criptică. Termenul de creștere criptică a fost introdus pentru a indica re folosirea compusilor intracelulari (compusi cu carbon și nutrienți) eliberați prin liza celulelor pentru creșterea celulelor viabile din aceeași populație. Această formă de metabolism repetat al aceluiași carbon organic reduce producția de biomasă totală în mod semnificativ, deoarece în timpul fiecărui proces metabolic o porțiune de carbon se mineralizează ca produs al respirației.

Fenomenul de creștere criptică a fost demonstrat pentru prima dată în 1971, când s-a testat sonificarea ca metodă de liza celulară. De atunci au avut loc multe cercetări de investigare a lizei celulare urmate de creșterea criptică.

Procesul de creștere criptică duce la o reducere globală a producției de nămol. Randamentul maxim de creștere pentru bacteriile heterotrofe în condiții aerobe (YH) este de obicei 0.67 mg CCO sintetizat / mg CCO eliminat. În prezența lizei celulare și creșterii criptice YH poate ajunge până la valoarea de 0,43 mg CCO sintetizat / mg CCO eliminat pentru culturile pure (Canales et al., 1994), respectiv o reducere cu 50% a nămolului în exces produs.

Liza celulară înainte de fermentarea anaerobă

Deși digestia anaerobă este una dintre cele mai bune tehnici disponibile pentru tratarea nămolurilor, aplicarea sa este limitată uneori de perioadele lungi de retenție necesare (20-30 zile) și o degradare generală scăzută a solidelor organice (30-50%). Limitarea spațială este unul dintre factorii limitativi ai utilizării digestiei anaerobe la scară largă. Prin reducerea spațiului necesar, versatilitatea și aplicabilitatea procesului poate fi îmbunătățită reducându-se și cantitatea de nămol fermentat.

Procesul metanogen este în general limitat de viteza de hidroliză a materiei organice. În etapa de hidroliză au loc atât solubilizarea CCO prezent sub formă de particule cât și descompunerea biologică a polimerilor organici la monomeri sau dimeri. Factorul care afectează în mod esențial rata de biodegradare a nămolului este gradul de fluidizare a polimerilor organici la forma dizolvată, forma care este o precondiție pentru disponibilitatea substanțelor nutritive. Dacă faza de hidroliză este intensificată, substraturile pot deveni mai accesibile pentru bacteriile anaerobe și gradul de fermentare crește.

3. DEZINTEGRAREA NAMOLULUI PRIN ULTRASONARE

Dispozitivul de ultrasonare include generatorul de ultrasunete, care operează la frecvențe cuprinse între 20-40 kHz și sonotrodul, care transmite impulsurile mecanice în lichid.

În figura 2 sunt prezentate unitățile de ultrasonare instalate de producătorul Ultrawaves la SE Bamberg, Germania și reactorul standard de 5kW:



Figura 2 : Unitati de ultrasonare instalate de producatorul Ultrawaves

Unitățile oscilante transmit energia cu ultrasunete către nămol în timpul trecerii prin acestea. Corpul sistemului ultrasonic conține cinci unități oscilante într-o conductă de răcire fiecare, conform Figura 3.

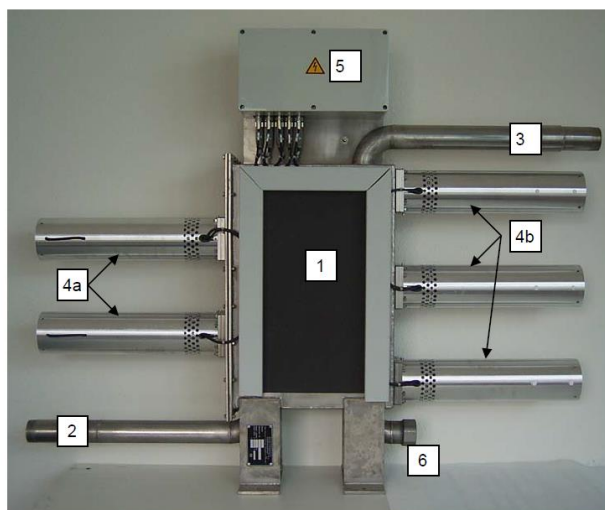


Figura 3: Reactorul standard de 5 kW

- 1 . Corp sistem cu ultrasunete
- 2 . Țeavă de admisie
- 3 . Țeavă de evacuare
- 4 . Conducte de răcire (montate pe unitățile oscilante) . Conducele 4a introduc aerul de răcire în carcasa de izolare opțională și conductele 4b împing aerul încălzit din carcasa de izolare opțională.
- 5 . Cutia de conexiuni electrice cu prize pentru cabluri de înaltă frecvență și de control
- 6 . Țeavă de scurgere

Caracteristicile unității de ultrasonare Ultrawaves sunt:

Dimensiuni (Lxlxh)	1450 x 250 x 1126 mm
Număr de unități oscilante	5
Putere ieșire a fiecărei unități oscilante	1000 Watt
Putere ieșire a modului reactor	5000 Watt
Debit recomandat	1,25 m ³ / h
Clasa de protecție	IP20 , până la IP44 dacă este echipat cu carcasa de protecție acustică
Generator modul KS1000/2000	5 buc
Tensiune	230V / 50 - 60Hz

În timpul sonficării, nămolul activ este bombardat cu unde acustice. Forțele atractive din lichid sunt

neutralizate și se formează bule, are loc fenomenul de cavitație cu implozia bulelor de gaz și obținerea unor presiuni și temperaturi foarte ridicate (5000°C), ceea ce determină forfecarea și distrugerea suprafețelor bacteriilor, fungilor și altor materii celulare din nămol, eliberându-se constituenții celulari și intracelulari: materie organică, enzime și polimeri.

Sonificarea nămolului activ se poate aplica astfel în fluxul stației de epurare:

- Sonificarea nămolului recirculat
- Sonificarea nămolului în exces

Modalitățile de aplicare a sonificării sunt prezentate în figura 4.

În cele ce urmează prezentăm mecanismele și avantajele reducerii nămolului generat aplicând ultrasonarea în locațiile din fluxul apei și nămolului din figura 4.

Sonificarea nămolului recirculat

O parte din nămolul activ recirculat este sonificat înainte de intrarea în bazinul de aerare. Este recomandată sonificarea unei fracțiuni îngroșate a nămolului.

Prin eliberarea conținutului organic al celulelor, nămolul activ sonificat recirculat înapoi în zona anoxică a reactorului biologic este o sursă de materie organică suplimentară și este astfel utilizat ca sursă de carbon internă pentru denitrificare.

Totodată, microorganismele stresate nu se implică în sinteza de noi celule (biosinteză), fiind necesară repararea celulelor vătămate, respectiv menținerea integrității acestora; astfel se obține reducerea creșterii biomasei în bazinele de aerare. În final manipularea specifică pentru întreținerea celulelor existente duce la reducerea cantității de nămol în exces care trebuie eliminată.

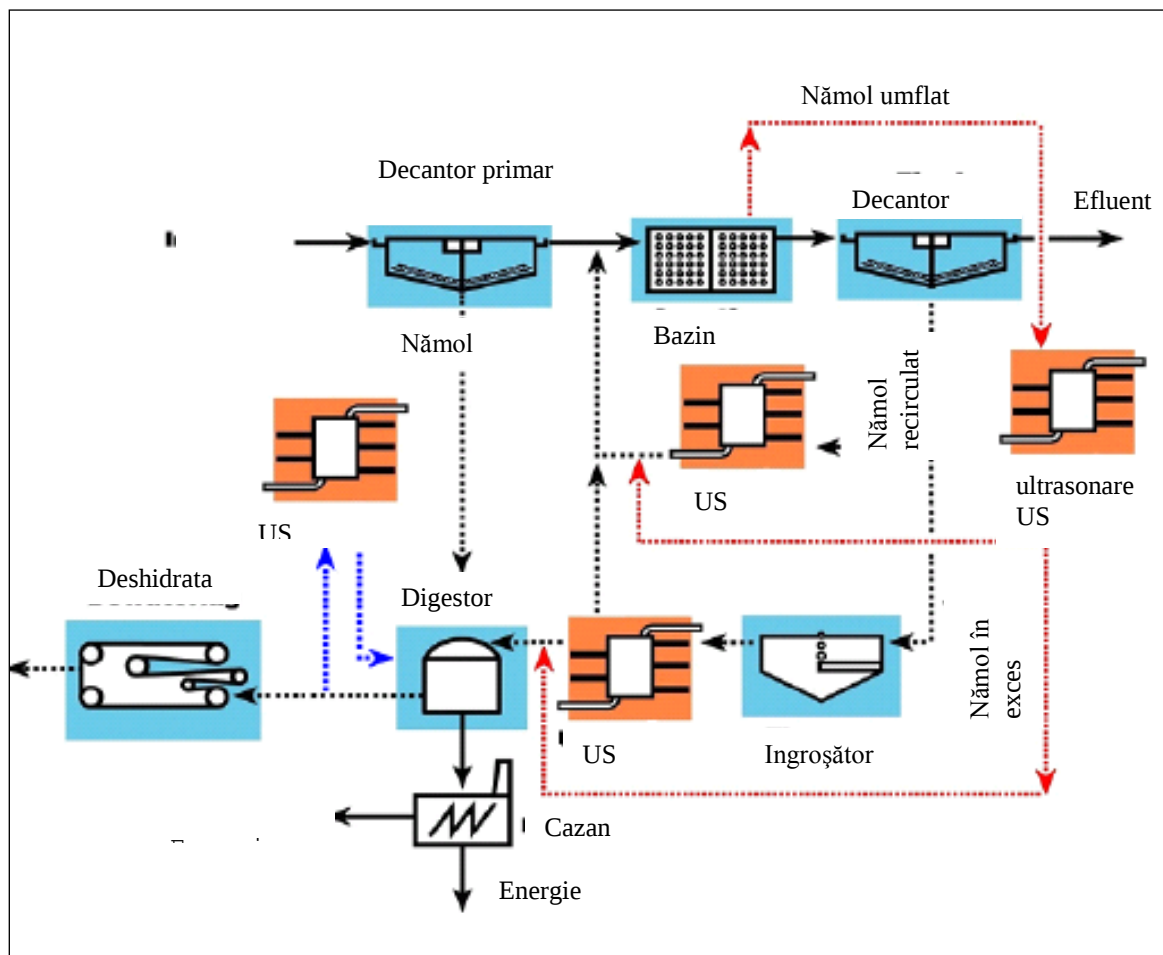


Figura 4: Posibilitati de ultrasonare in fluxul stației de epurare

Prin urmare sonficarea provoacă liza celulelor cu solubilizarea ulterioară a elementelor constitutive celulare, care devin substrat disponibil pentru biodegradarea în continuare care, la rândul său, duce la o reducere globală a producției de nămol în exces circa 30% .

Este astfel indus procesul de creștere criptic, ceea ce duce la o reducere globală a producției nămol.

Prin introducerea sonficării în fluxul nămolului recirculat se obține scăderea producției de nămol în exces cu circa 30% a nămolului în exces generat

Ca urmare se obțin următoarele reduceri ale costurilor în exploatarea stației de epurare :

- Reducerea costurilor de îngrosare și deshidratare nămol cu circa cu 30%, cu scăderea cantității finale de nămol și a timpului de funcționare
- Reducerea costurilor cu circa cu 30% prin scăderea consumului de polielectrolit
- Reducerea costurilor finale de transport și depozitare nămol cu circa cu 30%
- Reducerea costurilor de pompaj cu circa cu 30% în toate punctele de manipulare nămol
- Reducerea costurilor de mixare a rezervoarelor tampon de nămol cu circa cu 30%

În scopul de a controla procesul și pentru a evita rezultatele nedorite, este necesar să se monitorizeze procentajul de nămol în exces îngrosat TWAS de tratat (este indicată sonficarea nămolului în exces îngrosat TWAS pentru a reduce considerabil debitul de tratat).

În cazul în care a fost dezintegrat prea mult nămol înainte de recircularea în reactorul biologic, nu ar rămâne suficiente microorganisme în zona de aerare pentru a elimina atât contaminarea organică a apelor uzate cât și substratul nou din celulele dezintegrate din nămolul activ. În acest sens s-a introdus factorul de stress (SF) . SF este definit după cum urmează.

$$SF(z^{-1}) = \frac{\text{Cantitate de nămol de tratat pe zi}(kg * zi^{-1})}{\text{Cantitate de nămol în bazinul biologic}(kg)}$$

În plus, deși teoretic este posibil să se realizeze o producție de zero nămol în exces, acest lucru trebuie evitat deoarece s-ar putea acumula în sistemul de tratare a apelor uzate până la 30% din compusii anorganici , ducând la deteriorarea eficienței procesului.

Cele mai bune rezultate de reducere a nămolului în exces au fost obținute pentru $SF < 0,2 \text{ d}^{-1}$.

Sonficarea nămolului în exces înainte de fermentarea anaerobă

Sonficarea nămolului în exces (în general îngrosat) se poate aplica înainte de fermentarea anaerobă, conform Figura 5:

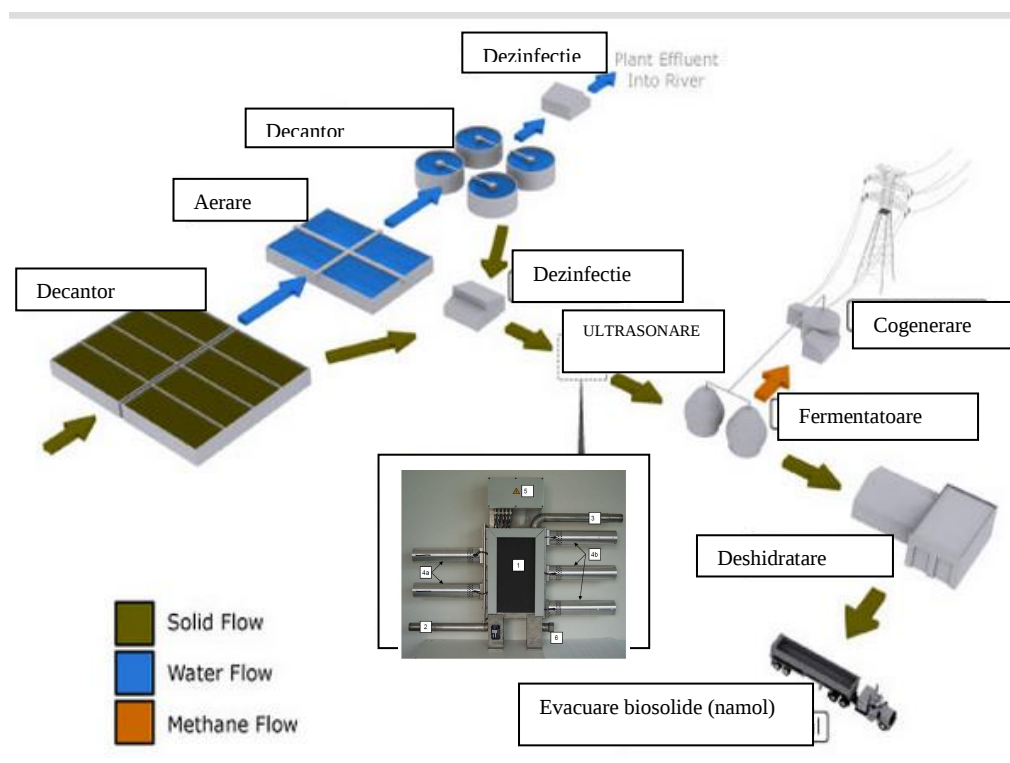


Figura 5 : Sonificarea namolului in exces inainte de fermentarea anaeroba

Prin tendința relativ recentă a stațiilor de epurare de renunțare la decantoarele primare (pentru a se păstra sursa de carbon pentru denitrificarea ulterioară), crește ponderea nămolului activ produs în cantitatea de nămol finală până la un procent de 100%.

Nămolul activ are caracteristici de fermentare și filtrabilitate scăzute datorită structurii sale celulare, fiind necesare tehnici de condiționare performante pentru îmbunătățirea acestora. Printre acestea se numără tehnicile de dezintegrare mecanică, care urmăresc distrugerea celulelor nămolului activ pentru eliberarea conținutului organic și a apei.

Etapa care încetinește fermentarea anaerobă este etapa de hidroliză. Prin sonificarea nămolului, această etapă este practic înlocuită, celulele biologice fiind distruse, conținutul organic fiind eliberat în lichid, crescând mult biodisponibilitatea acestuia, fiind astfel îmbunătățită biodegradabilitatea.

Efectele sonificării nămolului activ în exces:

- Creșterea eficienței degradării materiei organice (cu aprox 30%) și micșorarea conținutului volatil în nămolul fermentat, obținându-se un nămol stabilizat avansat
- Scăderea cantității de nămol fermentat cu circa 20%
- Creșterea producției de biogaz (cu aprox. 30%).
- Scăderea vâscozității nămolului, ușurând mixarea în metantanc. Astfel este posibilă și îngrosarea mai avansată a nămolului înainte de fermentarea anaerobă
- Îmbunătățirea proprietăților de deshidratare a nămolului fermentat- creșterea conținutului de SU în nămol după deshidratare.
- Reducerea necesarului de polimeri necesar pentru deshidratare, atât datorită scăderii cantității de substanță uscată din nămol cât și datorită scăderii procentajului volatil (scade și doza specifică de polielectrolit).
- Eliminarea spumării în fermentator

Ca urmare, se obțin următoarele reduceri de costuri în stația de epurare:

- Reduceri costuri prin creșterea energiei electrice și termice produse pe baza biogazului
- Reduceri costuri cu energia de mixare în metantancuri (scade vâzcozitatea)
- Reduceri costuri de pompaj în toate punctele de manipulare namol, prin reducerea cantității de namol și a vâzcozității acestuia
- Reduceri costuri cu deshidratarea:
 - prin scăderea cantității de namol, ducând la reducerea timpului de funcționare a masinilor
 - prin îmbunătățirea proprietăților de deshidratare a namolului
- Reduceri costuri cu polielectrolitul necesar pentru condiționarea namolului
- Reduceri costuri de transport namol deshidratat
- Reduceri costuri de depozitare namol deshidratat

O analiză a fezabilității ultrasonării ține cont de costuri și de beneficii. Ca urmare a acestor reduceri, la stațiile de epurare din Germania în care s-a instalat ultrasonarea, costurile de capital s-au amortizat în perioade de la 8 luni la 3 ani. Mai jos sunt prezentate 2 exemple.

Stația de epurare Mannheim Germania (1 000 000 LE)

La stația de epurare Mannheim Germania nămolul mixt (50% primar și 50% secundar) este îngroșat la 10% SU înainte de fermentarea anaerobă.

De la punerea în funcțiune a ultrasonării, s-au constatat următoarele efecte:

- Eficiența degradării substanței organice a crescut la 70%.
- Producția de biogaz a crescut cu 45%,
- S-au generat 1,2 MW suplimentari de energie electrică.
- Capacitatea necesară pentru uscare a scăzut cu 25%.

Astfel investiția s-a amortizat în 8 luni de la punerea în funcțiune.

Stația de epurare Bamberg Germania (330 000 LE)

La stația de epurare Bamberg Germania, în urma creșterii încărcării, era necesară construcția unui nou fermentator (în valoarea de 2.5 mil euro). După introducerea ultrasonării s-au constatat următoarele rezultate:

- Producția de biogaz a crescut cu 30%,
- Conținutul în metan al gazului a crescut
- Conținutul volatil al namolului fermentat a scăzut de la 60% la 36%
- A fost evitată construcția unui nou fermentator

Ca și consecințe principale pentru subiectul acestei lucrări au fost:

- scăderea cantității de namol fermentat produse
- îmbunătățirea deshidratării ulterioare a namolului, datorită scăderii conținutului volatil, deci scăderea volumului de namol produs

SE Bamberg este prima stație de epurare din Germania cu capacitate mai mare de 250.000 oameni care nu consumă energie electrică din rețea, ci livrează energie electrică în rețea, prin aplicarea ultrasonării namolului activ.

4. DEZINTEGRAREA NAMOLULUI PRIN TRATARE TERMICA

Tratamentul termic poate fi introdus ca metoda de dezintegrare pe linia namolului recirculat si/sau inainte de fermentare si deshidratare.

Tratarea termica a namolului prin incalzire produce dezintegrarea flocoanelor de namol, liza celulelor si eliberarea constituintilor celulari cu solubilizarea CCO, a apei intracelulare, scaderea vascositatii. Un namol tratat termic cu 12% SU poate fi manipulat ca si un namol netratat cu 5% SU

Efectul maxim este obtinut la temperaturi de 180°C, dar si tratmentul termic la $T < 100^{\circ}\text{C}$ produce reduceri semnificative ale productiei de namol , conform figura 6 [3], in care sunt rezumate concluziile mai multor studii.

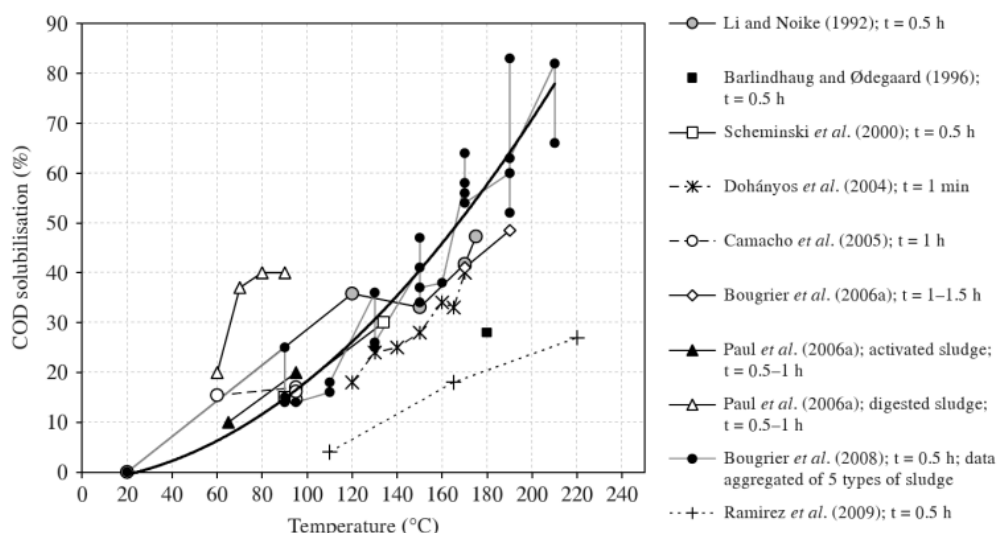


Figura 6: Solubilizarea CCO in functie de temperatura aplicata

La temperaturi ridicate de pre-tratare se obtine un efect maxim de dezintegrare, dar sunt necesare energii ridicate, procesul fiind si dificil de controlat datorita formarii unor comusi nedoriti. Prin urmare, pre-tratamentul la temperaturi sub 100 °C devine mai atractiv.

O alta cercetare [7] arata o distrugere semnificativa a celulelor namolului activ la 54°C.

Intr-un alt studiu [16], temperatura cea mai favorabila a fost de 70 °C cu timp de incalzire de 4,5 h, pentru care s-a obtinut cel mai inalt nivel de CCO intre toate temperaturile si timpii de tratament termic (2,398 mg O₂/dm³).

Prin urmare este demonstrata eficienta pre-tratamentului termic al namolului la temperaturi <100°C. Digestia anaeroba urmeaza patru etape: hidroliza, acidogeneza, acetogeneza si metanogeneza, etapa de hidroliza fiind considerata a fi etapa de limitare a vitezei procesului. Tratarea termica optimizeaza digestia anaeroba, prin imbuntatirea hidrolizei (solubilizarea CCO, determinand biodisponibilitatea ulterioara pentru digestie, imbunatatind gradul de fermentare (si productia de biogaz), ducand astfel la reducerea cantitatii de namol finale produse. Hidroliza reduce puternic si vascozitatea namolului.

Efectul termic de dezintegrare poate fi imbuntatit sinergic prin introducerea in flux a ultrasonarii sau a alcalinizarii namolului [11].

Namolul activ este dificil de deshidratat, fiind un sistem coloidal cu o structura celulara, cu un continut mare de substante exo-polimerice.

Proprietatile de deshidratare ale namolului pot fi imbunatatite prin preincalzirea namolului la circa 60°C înainte de deshidratare. [5] Procentul de substanta uscata poate fi imbunatatit cu 6%-20% , in timp ce consumul de polimer poate fi scazut cu pana la 25%. Utilizarea caldurii remanente din procesul de cogenerare pentru acest proces duce la reducerea costurilor finale cu deshidratarea si evacuarea namolului deshidratat.

5. CONCLUZII

- Sonificarea namolului activ reciclat duce la scaderea cu 30% a productiei de namol in exces
- Sonificarea namolului activ in exces inainte de fermentare anaeroba duce la la scaderea cu circa 20% a productiei de namol in exces si imbunatirea proprietatilor sale de deshidratare, ceea ce duce la reducerea suplimentara dupa deshidratare a productiei finale de namol.
- Alte avantaje sunt cresterea cu 30% productiei de energie electrica si termica (care se poate utiliza in continuare pentru reducerea volumului de namol).
- In cazul unei statii de 100 000 LE cu fermentare anaeroba, cu 5 kW consum de putere electrica pentru sonificare, se poata obtine o crestere a puterii electrice produse de circa 100 kW
- Prin efect sinergic, sonificarea impreuna cu tratarea termica (care utilizeaza energia termica recuperata din statie) duc la cresterea suplimentara a energiei electrice si termice produse in statia de epurare si scaderea cantitatii finale de namol generat de statie.

6. BIBLIOGRAFIE

1. Abwassertechnische Vereinigung (2003): Arbeitsbericht der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe AK-1.6: Thermische, chemische und biochemische Desintegrationsverfahren. Korrespondenz Abwasser, Heft 6, 50: 796-804.
2. Coffey, M. -Energy and power generation: *Maximising biogas yields from sludge-Filtration & Separation* 01/2009; DOI:10.1016/S0015-1882(09)70085-0
3. Foladori, P., Andreottola, G., Ziglio G. (Jul 5, 2010)- *Sludge reduction technologies in Wastewater Treatment Plants*- IWA Publishing, ISBN-10: 184339278X, ISBN-13: 978-1843392781
4. Ferrera, I, Ponsab, S., *Increasing biogas production by thermal (70 °C) sludge pre-treatment prior to thermophilic anaerobic digestion* - Biochemical Engineering Journal 42 (2008) 186–192
5. Ginestet P., Camacho P. (2007) "*Technical evaluation of sludge production and reduction*" In: Comparative evaluation of sludge reduction routes, pp. 1-15. IWA Publishing Ltd, London, UK. ISBN: 184339123
6. Lukicheva, I; Pagilla, K; Rohloff, G; Kunetz, T - *Do Class A or Not? What To Do To Enhance Sludge Processing?*, Proceedings of the Water Environment Federation, WEFTEC 2009: Session 21 through Session 30 , pp. 1256-1273(18)
7. Myszograj , S., Jędrzak , A, Suchowska-Kisielewicz, M., Sadecka , Z. -*Thermal and chemical disintegration of excessive sewage sludge* Global Virtual Conference April, 8. - 12. 2013
8. Neis, U ; Banduch, I., Nickel, K - *Stimulation of aerobic and anaerobic biological processes by ultrasound* EWA "Sustainable Wastewater management – New solutions for new problems", Munich, May 2012
9. Neis, U.; Nickel, K.; Tiehm, A. (2000) - *Enhancement of anaerobic sludge digestion by ultrasonic disintegration*. Wat. Sci. Tech., Vol. 42, No. 9, 73-80.
10. Sheng, J. , Vannela, R. , Rittmann, B. -Evaluation of Cell-Disruption Effects of Pulsed-Electric-

- Field Treatment of Synechocystis PCC 6803, Environ. Sci. Technol., 2011, 45 (8), pp 3795–3802
DOI: 10.1021/es103339x March 23, 2011
11. Shehu M. S., Manan A. Z., Alwi S. R. W. - *Optimization of thermo-alkaline disintegration of sewage sludge for enhanced biogas yield*. Bioresource Technology, 114, 2012, pp. 69-74.
12. Skiadas, I.V.; Gavala, H.N., J. Lu ; Ahring, B.K. - *Thermal pre-treatment of primary and secondary sludge at 70°C prior to anaerobic digestion*, The Environmental Microbiology and Biotechnology Group, Biocentrum-DTU, bldg 227, Technical University of Denmark, 2800 Lyngby, Denmark
13. Vergara, L., Nickel, K. and Neis, U. - *How to overcome anaerobic digestion technical limitations with ultrasound*, 18th EUROPEAN BIOSOLIDS & ORGANIC RESOURCES CONFERENCE & EXHIBITION – UK
14. Vergara, L., Nickel, K. and Neis, U. - *Disintegrating sludge as carbon source for denitrification* 17th EUROPEAN BIOSOLIDS & ORGANIC RESOURCES CONFERENCE & EXHIBITION – UK
15. Vergara, L., Nickel, K. and Neis, U. *Optimisation of assets by ultrasound to achieve lowest operational costs*, 6th European Waste Water Conference & Exhibition
16. Zawieja, I., Wolski, P. - Effect of thermal disintegration of excess sludge on the effectiveness of hydrolysis process in anaerobic stabilization Archives of Environmental Protection. Volume 38, Issue 2, Pages 25–31, ISSN (Online) 2083-4810, ISSN (Print) 2083-4772, DOI: 10.2478/v10265-012-0015-7, July 2012.

Opțiuni actuale de valorificare/eliminare a nămolurilor provenite de la stațiile de epurare a apelor uzate

Iulian Iancu*, Alexandru Dimache** and Ciugulea Oana***

* Universitatea Tehnică de Construcții București, Departamentul de Hidraulică și Protecția Mediului, B-dul Lacul Tei, Nr. 124, Sector 2, București 020396

(E-mail: iancuiulian@hidraulica.utcb.ro)

** Universitatea Tehnică de Construcții București, Departamentul de Hidraulică și Protecția Mediului, B-dul Lacul Tei, Nr. 124, Sector 2, București 020396

(E-mail: aldi@utcb.ro)

*** Universitatea Tehnică de Construcții București, Departamentul de Hidraulică și Protecția Mediului, B-dul Lacul Tei, Nr. 124, Sector 2, București 020396

(E-mail: oanaciugulea@yahoo.com)

Abstract

Recovery and / or disposal of sludge from wastewater treatment plants in European and national context, are highly disputed while the sludge management options are an environmental sensitive and expensive problem. Sludge production will continue to increase as quality standards for works in wastewater treatment plants and standards regarding environmental protection are becoming more stringent.

Assuming an appropriate management of sludge, water operators are often in critical situations on recovery / disposal of sludge, due either to lack of interest from farmers or the high cost of sludge dewatering and storage as waste in landfills and so on. Thus, although the options of disposal / recovery of sludge are diversified: recovery in agriculture and / or forestry on degraded land recovery, composting, energy recovery (incineration or co - incineration), storage, very few of these options are really applicable in a particular region.

For establishing the best options for recovery / disposal of sludge, should consider local factors influencing the practicality (technical and legal), sustainability (discharge capacity), environmental and economic impact. Costs are an important factor, but should not necessarily be the main criterion on which to choose the best options.

The paper aims to present the main problems encountered in implementing appropriate management of sludge from wastewater treatment plants by water operators in Romania, and proposes some solutions to the problem of short-term sludge.

Keywords

Sludge, recovery/disposal options, waste water treatment plant

1. INTRODUCERE

În scopul determinării celor mai bune opțiuni de management al nămolurilor provenite din stațiile de epurare, atât din punct de vedere al protecției mediului cât și din punct de vedere tehnico-economic, este necesară analiza unei serii de factori care determină aplicabilitatea și sustenabilitatea metodelor de valorificare/eliminare a nămolului. În acest sens, în cadrul prezentei lucrări, se prezenta sintetic principalele opțiuni de valorificare/eliminare a nămolului, posibil a fi aplicate în prezent în România, respectiv:

- utilizarea nămolului în agricultură;
- valorificarea silvică/ îmbunătățiri funciare;
- depozitarea nămolului;
- valorificarea energetică.

Fiecare opțiune este analizată inclusiv din punct de vedere al dificultăților legate de implementare, analiză bazată pe experiența autorilor în acest domeniu.

2. METODE DE VALORIFICARE A NĂMOLULUI ÎN ROMÂNIA ÎN PREZENT

Utilizarea nămolului în agricultură și silvicultură

Utilizarea nămolului în agricultură poate fi considerată o bună practică de mediu, dar care contrar acestui aspect, prezintă dificultăți în garantarea precisă a siguranței, având în vedere standardele impuse prin lege și presiunea populației.

Din punct de vedere legislativ, în România, utilizarea nămolurilor provenite de la stațiile de epurare în agricultură este reglementată prin OM 334/2004. Reglementările românești, pe lângă restricțiile impuse precum: aplicarea nămolului pe pășuni, plantații de pomi fructiferi și culturi de legume, oferă și cadrul legislativ și tehnic de aplicare. Accentul este pus pe monitorizarea și controlul contaminanților, în special a metalelor grele ce pot proveni din nămol.

Considerentele principale care trebuie abordate pentru utilizarea nămolului în agricultură constau în:

- monitorizarea strictă a nămolurilor produse, atât din punct de vedere cantitativ cât și calitativ;
- corelarea modalității de tratare a nămolului cu tipul de sol pe care poate fi aplicat;
- calitatea solului pe care urmează a fi depus nămolul;
- proximitatea solurilor față de stația de epurare;
- acceptul utilizatorilor de nămol;
- considerarea posibilităților de stocare, datorită producției continue de nămol și posibilității limitate de aplicare pe sol semestrial sau anual;
- logistica transportului și împrăștierii;
- utilizarea unor tehnici de tratare avansată a nămolurilor în scopul eliminării agenților patogeni, dar și a reticenței potențialilor utilizatori.

În momentul aplicării în agricultură a nămolului tratat corespunzător, deshidratat cu un conținut de substanță uscată de 15-35% și tratat sau nu cu var uscat sau compostat, trebuie ținut cont de aspecte precum:

- respectarea raportului privind rata de aplicare a nămolului și necesitatea de nutrienți ale culturilor, pentru evitarea excesului anumitor substanțe, în special azot, care se poate infiltra sub formă de nitrați în apele freactice subterane sau scurge odată cu apele pluviale în apele de suprafață;
- amestecarea nămolului cu solul imediat după aplicare, pentru evitarea mirosurilor neplăcute;
- menținerea unui pH al solului peste valoarea de 6,5, în scopul reducerii posibilității de asimilare a metalelor grele de către culturi.

În scopul evitării unei potențiale contaminări, se pot utiliza în agricultură numai nămolurile tratate, pentru care a fost emis Permisul de aplicare de către Agenția Județeană de Protecție a Mediului pe baza Studiului Agrochimic special elaborat de Oficiul de Studii Pedologice și Agrochimice și aprobat de Direcția pentru Agricultură și Dezvoltare Rurală.

Implementarea soluției de valorificare a nămolului în agricultură, necesită parcurgerea unor etape, care de cele mai multe ori pun probleme operatorului. Aceste probleme sunt legate de:

- operatorii agricoli – insuficienta informare sau cunoaștere a beneficiilor legate de aplicarea nămolului în agricultură; chiar și în cazul existenței acestor informări sau cunoașteri, operatorii agricoli dovedesc reticență în acceptarea acestei soluții datorită neîncrederii în posibilitatea și uneori corectitudinea autorităților sau a furnizorului de nămol de a asigura o calitate adecvată a acestuia.
- concurența realizată de furnizorii de îngrășăminte chimice, care nu au interes în înlocuirea acestora cu nămol organic, rezultat din fermentarea apelor uzate;
- implicațiile financiare – costurile ridicate pe care trebuie să le suporte operatorul de apă pentru realizarea studiilor pedologice necesare obținerii permisului de aplicare al nămolului;
- birocrația întâmpinată de către Operatorul de apă în obținerea Permisului de aplicare a nămolului; procesul este lent și dificil de urmat, mai cu seamă când Operatorul nu este familiarizat cu pașii care trebuie urmați; se recomandă ca procesul necesar obținerii Permisului de aplicare să înceapă cu aproximativ 3 luni înainte de data la care se preconizează a se obține, deci la data la care urmează de fapt ca nămolul să fie transportat la operatorul agricol și împrăștiat. Operatorul agricol are obligația să-l înștiințeze pe furnizorul de nămol de perioada în care are nevoie de nămol pentru ca acesta să demareze procedura de obținere a Permisului de nămol din timp.

În figura 1 se prezintă diagrama pașilor necesari a fi urmați de un Operator de apă în obținerea Permisului de aplicare a nămolului de la Agenția de Protecția Mediului din județul respectiv.

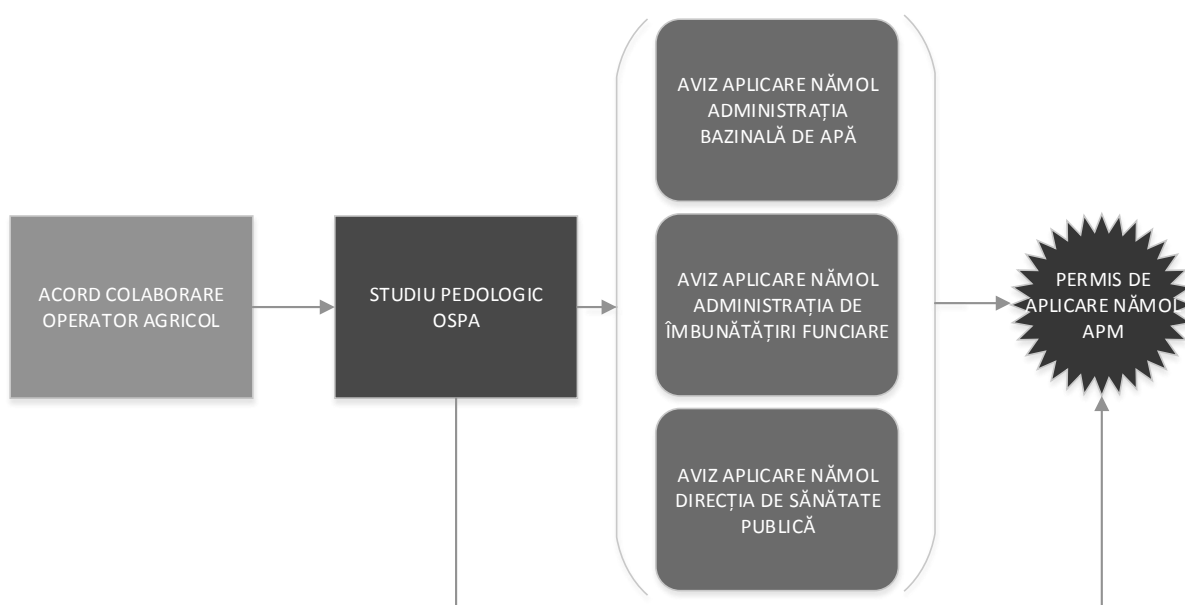


Figura 1. Diagrama procedurii de obținere a Permisului de Aplicare a nămolului, ce trebuie derulată de Operatorul de Apă.

Apariția unor efecte nefavorabile în ceea ce privește utilizarea nămolului în agricultură poate fi evitată prin implementarea unei monitorizări severe, ținând cont de proprietățile fizice, chimice și microbiologice ale acestuia, cât și de proprietățile solului, de capacitatea plantelor de valorificare a substanțelor nutritive furnizate de nămoluri, precum și de potențialul impact negativ asupra mediului înconjurător.

Aceste lucruri pot fi rezolvate prin intermediul Studiilor pedologice și al monitorizărilor periodice ale calității nămolurilor, desfășurate de Operatorii de apă.

O altă modalitate de utilizare a potențialului nutritiv a nămolurilor este reprezentată de folosirea acestora în silvicultură. Deși nu există date referitoare la impactul asupra sistemului ecologic caracteristic, se presupune că riscurile sunt mult mai reduse decât în cazul terenurilor agricole. Însă aceste utilizări nu sunt incluse în OM 344/2010, astfel nefiind reglementate specific în România. Prin urmare direcțiile silvice județene refuză să ia în calcul această posibilitate, până când nu va fi reglementată legislativ.

În tabelul următor se prezintă principalele avantaje și dezavantaje referitoare la utilizarea nămolului în agricultură și/sau silvicultură.

Tabel 1. Avantaje și dezavantaje – utilizarea nămolului în agricultură/silvicultură.

Avantaje	Dezavantaje
• costuri de investiție relativ scăzute; • depozitarea unor volume mari de nămol; • pot conduce la creșterea valorii terenurilor; • reducerea utilizării chimicalelor în agricultură; • soluție pe termen mediu.	• disponibilitatea terenului și acceptul proprietarilor; • opțiuni de siguranță reduse; • restricții date de compoziția solurilor (nutrienți, metale); • producătorul nămolului trebuie să asigure transportul și împrăștierea pe sol; • monitorizarea continuă a calității solurilor, nămolurilor și produselor alimentare; • dependență sezonieră.

Compostarea

Compostarea, o altă metodă de valorificare a nămolului, reprezintă descompunerea biologică și stabilizarea materialului organic în condiții aerobe, oferind astfel condiții ideale pentru atingerea unei temperaturi termofile generate de activitatea microbiană, astfel încât să fie obținut un produs finit suficient de stabil pentru manevrare, depozitare fără neplăceri și utilizare pe sol fără efecte adverse asupra mediului și sănătății umane.

Menținerea condițiilor aerobe în nămolul deshidratat, precum și menținerea structurii deschise necesare, este realizată prin adăugarea unui material de umplutură, care poate fi reprezentat de deșeuri organice, menajere și în special deșeuri vegetale din parcuri.

Compostarea presupune: (1) amestecul cu un agent de afânare; (2) o perioadă de aerare de 3-4 săptămâni sau mai mult (în funcție de temperatură); (3) maturarea; (4) separarea compostului de agentul de afânare o dată ce compostarea s-a terminat. Principalele avantaje și dezavantaje sunt prezentate în tabelul următor:

Tabel 2. Avantaje și dezavantaje - compostare.

Avantaje	Dezavantaje
• reducerea volumului ce trebuie transportat pentru distribuție în agricultură; • facilitarea depozitării și utilizării la distanțe relativ mari față de locul producerii; • un bun control al conținutului compostului, bine definit, stabil, bun potențial pentru îmbogățirea conținutului în humus a solului; • asigurarea posibilității managementului integrat al deșeurilor municipale de natură vegetală; • un bun control al condițiilor de igienă înainte de a fi folosit în agricultură; • încorporarea altor deșeuri solide a căror tratare necesită altă tehnologie.	• costul tratării este mare; • consum de energie pentru aerare; • necesitatea unei piețe pentru desfacere • competiție cu alte substanțe folosite pentru îmbunătățirea condițiilor solului.

Eliminarea în depozite de deșeuri ecologice

Nămolurile provenite de la stațiile de epurare pot fi depozitate fie în depozite omogene (mono-depozite) doar pentru nămol, fie în depozite mixte, nămolul fiind depozitat în amestec cu alte deșeuri municipale.

Utilizarea depozitelor omogene este condiționată de conținutul de apă al nămolului și de uscarea sa prealabilă, care ar conduce la eliminarea impedimentelor. Cele mai importante aspecte care necesită o armonizare perfectă între ele, constau în organizarea depozitului în sine, manipularea autovehiculelor de transport și manevrarea nămolului în depozit. De asemenea, trebuie controlat atent colectarea levigatului și a apelor pluviale, facilitățile de colectare, tratare și evacuare, dar mai ales monitorizarea calității apei subterane din vecinătatea depozitului.

În situația depozitelor mixte, nămolul este considerat a fi un deșeu suplimentar, având o pondere de 20-25% din volumul total al deșeurilor depozitate. Normele naționale limitează acest raport la 10% din totalul deșeurilor depozitate.

De asemenea, trebuie asigurată o consistență adecvată pentru manevrarea nămolului împreună cu deșeurile solide menajere, astfel încât utilajele de exploatare să poată realiza o bună compactare. Depozitarea nămolului este condiționată de asigurarea unui pat de aproximativ 3,0 m de deșeuri solide, iar straturile continue trebuie evitate.

În ceea ce privește conținutul de substanță solidă, legislația românească prevede un conținut minim de 35% substanță uscată.

Tabel 3. Avantaje și dezavantaje – eliminarea nămolului în depozitele de deșeuri.

Avantaje	Dezavantaje
• costuri de investiție scăzute în situația în care există deja sistem de deshidratare avansată a nămolului până la 35% conținut s.u.; dacă acest sistem nu există atunci costurile aferente implementării devin foarte mari; • depozitarea unor volume mari de nămol; • costuri relativ scăzute de operare; • posibilitatea utilizării imediate ca o soluție pe termen scurt; • nu depinde de condițiile climatice, anotimp etc.	• directive viitoare de depozitare a deșeurilor, ce pot interzice acceptarea nămolului; • dependentă de capacitatea de depozitare; • necesitatea re-evaluării anuale; • nu valorifica substanțele utile conținute; • reduce durata de operare a depozitului.

Și în cazul depozitării nămolului în cadrul depozitelor de deșeuri, apar o serie de probleme, legate în principal de:

- costurile legate de necesitatea atingerii unui conținut de substanță uscată de 35% a nămolului rezultat din epurare. Acest conținut poate fi atins prin procedee de deshidratare care implică costuri destul de mari, chiar în cazul aplicării unor soluții simple cum ar fi amestecul cu var;
- costuri legate de transportul nămolului la depozitul de deșeuri;
- costurile aplicate de deținătorul gropii de deșeuri pentru acceptarea nămolului în depozit (în jur de 25 euro/tonă).

Reducerea termică – co-incinerarea/incinerarea

Utilizarea de tehnologii bazate pe resurse regenerabile de energie, între care biomasa este considerată prioritară, este prevăzută în Strategia națională de dezvoltare energetică a României pe termen mediu. Din păcate, momentan în România nu există momentan facilități de incinerare pentru nămol.

Astfel, valorificarea energetică a nămolului provenit din stațiile de epurare se poate realiza prin intermediul tehnologiilor de fermentare anaerobă avansată și prin conversia termică prin tehnologii de oxidare/reducere termică a materiei organice (cu producere de energie și cu recuperarea unor produse).

Puterea calorică a nămolului fermentat este de aproximativ 12.000 kJ/kg solide uscare, ceea ce reprezintă circa jumătate din cea a cărbunelui brun, însă, datorită conținutului ridicat de umiditate al nămolului (exceptând situația în care nămolul este uscat), valoarea energetică netă este mult mai mică decât valoarea calorică. Cu cât nămolul este mai uscat, deși acesta arde la un conținut de umiditate ridicat (<60%), cu atât mai mare este energia generată.

Problema ridicată de incinerarea nămolului, fie într-o instalație consacrată fie co-incinerarea cu alte deșeuri cu (sau fără) recuperare de energie, constă în costul ridicat al instalației și al operării. De asemenea, apare și problema evacuării cenușie rezultate la un depozit de deșeuri.

Co-incinerarea nămolurilor provenite din stațiile de epurare presupune cel puțin următoarele:

- expunerea nămolurilor la temperaturi mai mari de 1100 °C;
- neutralizarea totală a agenților patogeni conținuți în nămoluri;
- deshidratarea prealabilă a nămolului până la o umiditate maximă de aproximativ 16%;
- implicarea unor costuri ridicate, în special legate de transport;
- necesitatea construirii unor crematorii pentru nămol, special proiectate pe bază de tehnologii de combustie cu pat fluidizat.

Nămolul poate fi utilizat ca sursă de energie în special în fabricile de ciment, datorită faptului că metalele grele vor fi blocate în ciment dar și datorită faptului că efectul conținutului ridicat de umiditate al nămolului deshidratat este minim, iar materia organică din nămol contribuie la bilanțul energetic global al fabricii. Problema cenușii în cadrul fabricii este rezolvată prin integrarea acesteia în ciment, fără a-i afecta proprietățile structurale.

Tabel 4. Avantaje și dezavantaje – recuperarea energiei.

Avantaje	Dezavantaje
• reciclarea subproduselor: cenușă și materialele inerte; acestea pot fi folosite ca filler pentru asfalt și producerea cimentului, respectiv a cărămizilor; • sensibilitatea redusă la calitatea nămolului; • o reducere semnificativă a volumului nămolului; • valorificarea energetică a nămolului; • minimizarea mirosului.	• costisitor, fiind justificat doar în cazul cantităților mari, respectiv pentru stații care operează pentru 200000 – 800000 locuitori echivalenți. • necesită o procesare avansată a nămolului pentru a-i ridica puterea calorică; • în cazul co-incinerării, capacitatea de tratare și eficiența depind de alimentarea incineratorului cu alte materiale solide.

Alte tipuri de reutilizare

Nămolurile provenite de la stațiile de epurare pot fi utilizate pentru reabilitarea terenurile degradate industrial, sau reconstrucția solurilor și refacerea fertilității solurilor.

Acest mod de valorificare nu este însă inclus în OM 344/2010, nefiind reglementat legislativ în vre-un fel specific în România.

Cu toate acestea, chiar în lipsa unei legislații specifice, această opțiune poate fi analizată și aplicată în situația în care nămolul se poate constitui ca strat fertil pentru revegetarea unor terenuri sărace în minerale, pe care se pot aplica ulterior culturi secundare (spre exemplu rapiță) sau vegetație arbustivă. Nu trebuie neglijat nici conținutul ridicat în apă al acestor nămoluri (82-78% umiditate) care poate contribui la combaterea aridității unor soluri.

O altă soluție o poate constitui aplicarea nămolului ca strat de închidere al haldelor de cenușă provenite de la CET-uri. În județul Arad a fost identificată această soluție și Operatorul de Apă, împreună cu Consultantul pentru asistența tehnică în implementarea proiectului de reabilitare și extindere a sistemelor de alimentare cu apă și canalizare la nivel de județ, au făcut o serie de demersuri în implementarea acestei soluții. Pașii parcurși în această direcție se prezintă în diagrama următoare:

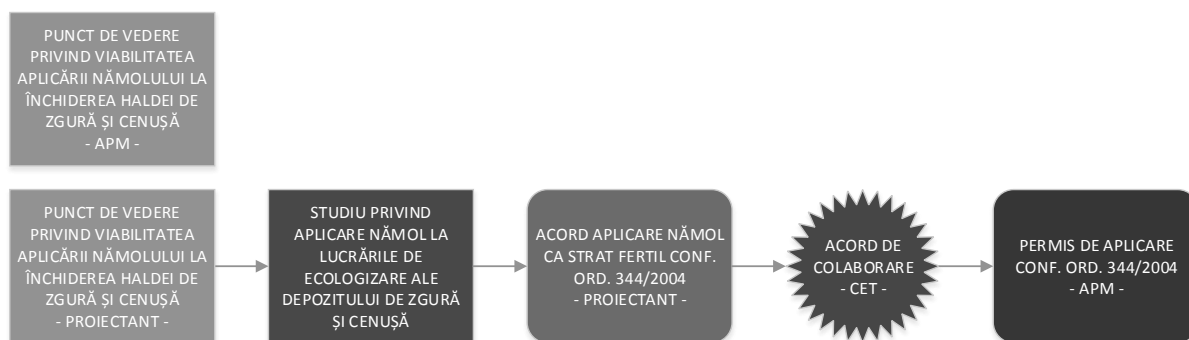


Figura 2. Diagrama procedurii de implementare a soluției de valorificare a nămolului la acoperirea haldelor de cenușă provenite de la CET-uri.

Studiul efectuat în vederea acestei posibilități de valorificare a nămolului a relevat faptul că acesta poate fi folosit ca strat fertilizant, de acoperire, în grosime de 10-15 cm. La suprafața haldelor respective de cenușă, s-ar fi putut aplica aproape 97000 tone de nămol.

Deși procedura a fost demarată, nu a putut fi finalizată cu succes până la data prezentului articol.

Tabel 5. Avantaje și dezavantaje – alte utilizări.

Avantaje	Dezavantaje
• costuri reduse comparativ cu celelalte soluții de valorificare a nămolurilor (sunt necesare costuri pentru realizarea studiilor necesare aplicării acestei soluții); • sensibilitatea redusă la calitatea nămolului; • eliminarea unor volume mari de nămol de pe paturile de uscare a stațiilor de epurare; • nu necesită procese avansate de deshidratare a nămolului; • soluție pe termen lung.	• birocrația întâmpinată de către Operatorul de apă în obținerea Permisului de aplicare a nămolului (proces lent și dificil de urmat); • autoritățile implicate în acest proces colaborează cu dificultate în acest sens, fiind vorba de modificarea autorizației de închidere a depozitului de cenușă; • soluție pe termen scurt.

3. CONCLUZII

De cele mai multe ori Consultanții care acordă asistență tehnică Operatorilor de Apă în implementarea proiectelor finanțate în cadrul POS Mediu, nu încearcă să găsească alternative celor general cunoscute de valorificare a nămolurilor, și să le adapteze la condițiile locale dintr-un anumit județ.

Nici caietele de sarcini care au fost elaborate la nivel de aplicație de finanțare și pe care au fost "grefate" ofertele tehnice ale celor care au câștigat licitațiile de asistență tehnică în implementarea proiectelor de alimentare cu apă și canalizare, nu sunt complete și foarte explicite. Sistemul de "copy" și "paste" de la un caiet de sarcini la altul a condus la perpetuarea unor lipsuri și incoerențe cum ar fi spre exemplu obligativitatea realizării a minim 5 analize privind calitatea nămolului, de către Consultant. Nu este specificată durata de realizare a acestei monitorizări, sau dacă este specificată, este incorect apreciată (câteva luni). O monitorizare a calității nămolului ar trebui

realizată cel puțin trimestrial, după ce stația de epurare a fost realizată și supusă probelor, deci este funcțională. Acest lucru nu se întâmplă, de obicei Strategia de management a nămolului care include și realizarea analizelor de monitorizare finalizându-se înainte de finalizarea testelor de exploatare a stațiilor de epurare nou construite sau reabilite. O altă "lipsă" a caietelor de sarcini, deci implicit și a strategiilor de nămol elaborate de Consultanți este obligativitatea creării unei baze de date privind calitatea și cantitatea nămolului rezultat din stațiile de epurare aflate în aria de operare a unei regii de apă. O astfel de bază de date ar permite un management eficient al acestuia și ar sta la baza deciziilor ce se pot lua ulterior în timp privind managementul nămolurilor.

Fiecare din soluțiile prezentate anterior, prezintă avantaje și dezavantaje, însă ceea ce este remarcat este faptul că nu trebuie neglijată posibilitatea aplicării unor metode alternative, funcție de specificul activităților și de particularitățile fiecărui județ. Aceste soluții pot ușor de implementat, deși nu sunt reglementate legislativ, putând fi abordate dacă sunt analizate corespunzător, prin studii de specialitate.

4. BIBLIOGRAFIE

1. *Elaborarea politicii naționale de gestionare a nămolurilor de epurare*, cod POSM/6/AT/I.1.2010.
2. *Strategia privind managementul reziduurilor din stațiile de epurare - Asistență tehnică pentru managementul proiectului "Extinderea și modernizarea infrastructurii de apă și apă uzată în județul Arad, POS Mediu 2007-2013"*.
3. *Strategia privind managementul nămolurilor și reziduurilor provenite de la stații de epurare din aria de operare a OR - Asistență tehnică pentru managementul proiectului și supervizarea lucrărilor "Reabilitarea și extinderea infrastructurii de apă și apă uzată în județul Galați, POS Mediu" PRM-173-12/118-1/06.06.2012*



Scurt istoric

Universitatea POLITEHNICA din București reprezintă cea mai veche și prestigioasă școală de ingineri din România. Tradițiile ei sunt legate de înființarea, în anul 1818, de către Gheorghe Lazăr, a primei "Școli Tehnice Superioare" cu predare în limba română la mănăstirea "Sfântu Sava" din București, care din anul 1832 este reorganizată în Colegiul de la "Sfântu Sava".

Învățământul energetic universitar din România se poate considera ca fiind inițiat din anul 1921.

În anul 1950, creșterea cererii de energie electrică și termică, necesitatea de construire a unor instalații moderne, consolidarea unui sistem interconectat la nivel național și implicarea activă a unor personalități vizionare au impus crearea Facultății de Energetică, cu trei specializări: Termoenergetică, Electroenergetică și Hidroenergetică. După 11 ani de la înființare, în anul 1961, facultatea s-a dezvoltat prin constituirea secției de Automatică, care în 1966 s-a desprins din nucleul inițial și a devenit facultate de sine stătătoare. În anii 1967 și 1972 s-au înființat specializările Centrale Nucleo-Electrice și Energetică Industrială.

În 1990, trecerea la economia de piață a determinat restructurări de fond în domeniul producției, transportului și distribuției energiei electrice și termice pe baza unor noi soluții tehnice, financiare și organizaționale, în vederea creșterii eficienței energetice și a respectării mediului ambiant. Pentru a face față noilor provocări de pe piața muncii, Facultatea de Energetică a implementat și dezvoltat trei noi specializări: Ingineria Mediului, Ingineria Economică și Informatică Aplicată în Energetică.

În anul 2006, evoluția mediului economic a determinat transformarea specializărilor Electroenergetică și Energetică Industrială, atât ca formă cât și ca denumire, în Ingineria Sistemelor Electroenergetice, respectiv Managementul Energiei.

Astăzi, **Facultatea de Energetică** este:

- o școală de elită a învățământului superior românesc;
- prima instituție academică de învățământ energetic din țară, care reunește experiențe și problematice din toate domeniile ingineriei energetice;
- recunoscută pentru profesionalism, standarde academice și științifice de înaltă calitate.



Energy for a green future!

Facultatea de Energetică asigură:

- Studii universitare organizate pe trei cicluri:
 - Studii universitare de licență cu durată de 8 semestre
 - Studii universitare de masterat cu durată de 4 semestre
 - Studii universitare de doctorat
- Diplome acreditate de Ministerul Educației Naționale;
- Recunoșterea internațională a diplomelor;
- Programe de studiu compatibile cu sistemul european de credite transferabile.



Oferta de studii:

Studii universitare de licență cu durată de 8 semestre

Inginerie Energetică	Energetică și Tehnologii Nucleare Hidroenergetică Ingineria Sistemelor Electroenergetice Managementul Energiei Termoenergetică
-----------------------------	--

Științe Inginerești Aplicate	Informatică Industrială
-------------------------------------	-------------------------

Ingineria Mediului	Ingineria și Protecția Mediului în Industrie
---------------------------	--

Inginerie și Management	Inginerie Economică în domeniul Electric, Electronic și Energetic
--------------------------------	---

Studii universitare de masterat cu durată de 4 semestre

- Informatică aplicată în energetică
- Ingineria sistemelor electroenergetice
- Sisteme termoenergetice
- Eficiență energetică
- Inginerie nucleară
- Hidraulică tehnică și hidroenergetică
- Ingineria mediului în energetică
- Managementul sistemelor energetice
- Surse regenerabile de energie
- Managementul mediului și dezvoltare durabilă

Studii universitare de doctorat





STUDII DE LICENȚĂ

Ingineria și Protecția Mediului în Industrie – IM

- hidrologie și meteorologie, dinamica fluidelor polifazate poluante, chimia factorilor poluanți, metrologia poluanților
- tehnologii și echipamente pentru epurarea apelor, ecologizarea solurilor poluate, poluarea râurilor și apelor subterane, managementul deșeurilor solide, calitatea aerului în incinte
- amenajarea resurselor de apă, ecotoxicologie, tehnologii curate, surse regenerabile, radioprotecție, impactul instalațiilor de ardere asupra mediului
- monitorizarea și informatizarea mediului, studii de impact asupra mediului
- management în energie și mediu, drept și legislație în energetică și mediu

Ingineria Mediului în Energetică

- procese unitare moderne de tratare și epurare și tehnicile de măsurare a poluanților
- modelarea și simularea proceselor de epurare și tehnici avansate de calcul în dinamica fluidelor poluante
- curgerea apei în acvifere, poluarea acestora și restaurarea calității apelor de suprafață
- determinarea cantității de noxe emise în procesele energetice, dispersia particulelor poluante și alegerea tehnologiei optime de tratare a deșeurilor
- identificarea și evaluarea unei probleme de mediu și elaborarea unui proiect de mediu
- analiza, integrarea, gestionarea și prezentarea datelor spațiale legate de mediu cu ajutorul programelor specifice
- tehnici și metodologii de cercetare a instalațiilor și echipamentelor de epurare și de prelucrare statistică a datelor



Managementul Mediului și Dezvoltare Durabilă

- sisteme de măsură și analiză a poluanților și tehnologiile avansate de tratare a apelor uzate, aerului, solului și deșeurilor solide
- sisteme de generare distribuită a energiei electrice, impactul acestora asupra mediului și proiectarea schemei de control a surselor de energie
- modele de analiză de impact, metodologia Analizei Ciclului de Viață și metodele multicriteriale pentru selectarea scenariului optim
- tehnologii informatice moderne pentru monitorizarea și achiziția datelor privind parametrii de calitate a mediului și realizarea unui sistem de monitorizare a parametrilor într-o stație de epurare a apelor uzate
- reabilitarea ecologică a ecosistemelor acvatice în contextul dezvoltării durabile
- evaluarea impactului asupra mediului, întocmirea planului de management de mediu, a manualului de mediu și implementarea sistemului de management al mediului
- procese termo-chimice utilizate pentru conversia directă sau indirectă în energie a combustibililor regenerabili

STUDII DE MASTERAT



Facultatea de Energetică

Splaiul Independenței 313, corp EH, sector 6, cod 060042, București
 E-mail: facultatea.energetica@gmail.com, diana.robescu@upb.ro
 Tel.: + 4 021-402 93 22 (secretariat), + 4 021-402 94 33 (decanat)
 +4 021-402 94 93 (responsabil domeniu Ingineria Mediului - prof.dr.ing. Diana Robescu)

SECȚIUNEA II

TEHNOLOGII DE TRATARE A APEI POTABILE

Considerații privind reabilitarea sistemelor de tratare a apei

Luca Mihail*, Luca Alexandru Lucian**, Dobreanu Mădălina Iosefina** and Bălan Anca**

* Professor at Gheorghe Asachi Technical University of Iasi ,
Faculty of Hydrotechnics, Geodesy and Environmental Engineering, D.Mangeron 65, 700050
(E-mail: mluca2004@yahoo.com)

** Doctorand at Gheorghe Asachi Technical University of Iasi ,
Faculty of Hydrotechnics, Geodesy and Environmental Engineering, D.Mangeron 65, 700050

Abstract

Constructions and installations water treatment facilities to be rehabilitated after a while. Technological process of rehabilitation is complemented with the modernization of structures, facilities and technologies used in water treatment. Research conducted on a settler at a drinking water treatment showed a number of negative aspects. They influence the process of water treatment technology and in particular quality parameters. People are present in the structure and facilities of the settling vessel in various stages of evolution. Hydraulic presents the most important degradation due to increased wear and tear over time and big time. Resistance structure present cracks and crevices through which water losses occur. The treated water collection presents important structural degradation affecting the operation. The absence of rehabilitation works determines the operating process. In the present state cannot achieve a proper water treatment sludge trap. The rehabilitation works to be carried out at the structural elements of the settling vessel mainly to interior and exterior walls. Rehabilitation and upgrading works to be carried out urgently to hydraulic treated water collection.

Keywords

Sludge trap, rehabilitation, water treatment, hydraulic installation, water quality

1. INTRODUCERE

Asigurarea cu apă de o anumită calitate a consumatorilor casnici și industriali impune funcționarea stațiilor de tratare în ritm continuu. O parte din condițiile în care are loc procesul de exploatare influențează în mod negativ caracteristicile constructive și funcționale ale componentelor sistemului de alimentare cu apă. Componentele structurale și funcționale ale stațiilor de tratare a apei sunt printre cele mai afectate de parametri mediului de înglobare (teren, climă), de calitate ai apei captate, precum și cei specifici procesului de exploatare.

Apa existentă în natură prezintă o serie de proprietăți ce nu îndeplinesc condițiile de calitate solicitate de consumatori. Condițiile de calitate pentru apa potabilă captată în România sunt stabilite prin STAS 1343 – 91, care a fost înlocuit de Legea Privind Calitatea Apei Potabile, ce adoptă Directiva 98/83/EC. În acest context se proiectează structura funcțională a stațiilor de tratare în funcție de proveniența apei (captare subterană sau de suprafață) și conținutul de natură fizico-chimică și bacteriologică.

În ultima perioadă de timp s-a constatat o modificare importantă în sens negativ a parametrilor de calitate a apei captate atât de suprafață, cât și celei din subteran. Calitatea surselor de apă subterană s-a depreciat, iar captarea de mare adâncime a devenit neeconomică. În această situație devine relativ mai economică captarea și tratarea apelor de suprafață (râu, lac).

Stația de tratare, care este definită ca un ansamblu de o anumită complexitate ce înglobează construcțiile și instalațiile în care se desfășoară corectarea parametrilor de calitate ai apei

captate, devine un obiectiv ce este influențat puternic de modificarea continuă a tehnologiilor de tratare și de apariția unor construcții și echipamente noi în acest domeniu. Timpul de modificare și îmbunătățire a proceselor tehnologice, de apariția de noi echipamente și metode de tratare se reduce semnificativ în ultima perioadă de timp din cauza progresului științific.

Concepția, proiectarea, execuția și exploatarea componentelor structurale și funcționale ale stațiilor de tratare trebuie să ia în considerare progresul tehnic și evoluția științifică în domeniu.

2. STAREA ACTUALĂ STRUCTURALĂ ȘI FUNCȚIONALĂ STAȚIILOR DE TRATARE

Sistemele de alimentare cu apă din România au fost realizate în etape mari de timp, cu folosirea unor concepții de proiectare diferite (specifice fiecărei etape de dezvoltare economică și politică) și folosirea unei game diverse de materiale. Sistemul de alimentare cu apă se află într-o funcționare continuă. Construcțiile și instalațiile ce structurează sistemul parcurg trei faze caracteristice de exploatare, respectiv:

a - faza primilor ani de exploatare, când sistemul intră în funcțiune și se rodează elementele componente;

b - faza de exploatare curentă, care este practic perioada de funcționare economică a sistemului, când cheltuielile de întreținere sunt reduse;

c - faza îmbătrânirii rapide, perioada caracterizată prin uzura accentuată, fizică și morală, a componentelor, cu implicații deosebite asupra cheltuielilor de exploatare (acestea pot deveni uneori mai mari decât cheltuielile pentru o construcție nouă).

Sistemele de alimentare cu apă din mediul urban al României se află, în cea mai mare parte, spre sfârșitul fazei a doua, iar unele se situează în cea de a treia fază de funcționare. În această situație, exploatarea sistemelor de alimentare cu apă solicită cheltuieli de întreținere și reparații anuale extrem de ridicate. Totodată, sistemele de alimentare cu apă executate în ultimii 30-40 de ani nu mai corespund standardelor moderne, fapt care grevează relațiile dintre producătorul de apă și utilizatorul acesteia. Referitor la deficiențele structurale și funcționale se remarcă, în principal, următoarele:

- unele elemente structurale, executate cu 25...40 de ani în urmă, nu mai corespund din punct de vedere tehnic și funcțional etapei actuale, conform cerințelor utilizatorilor de apă (exemple: elemente componente ale stațiilor de tratare, stațiilor de pompare, prizelor de apă, unele sectoare din rețeaua de distribuție);

- rigorile financiare impuse în anii anteriori nu au permis execuția în totalitate a unor elementele funcționale ale sistemului, fapt care a contribuit la degradarea lor și implicit a altora, determinând micșorarea randamentelor și creșterea consumurilor energetice, materiale și financiare;

- parțial, sau total, unele elemente constructive ale sistemului prezintă o uzură fizică extrem de ridicată și un proces de îmbătrânire accentuat (exemple: conducte, echipamente hidromecanice și energetice, bransamente pe rețea, construcții);

- degradarea înainte de termenele de amortizare a unor elemente, datorită limitării financiare a programelor de întreținere și de remedieri anuale.

Construcțiile și instalațiile de tratare a apei trebuie reabilitate după un timp de funcționare. Procesul tehnologic de reabilitare este completat cu lucrări de modernizare a construcțiilor, instalațiilor și tehnologiilor utilizate la tratarea apei. În această situație intră și decantoarele din cadrul stațiilor de tratare. Studiul efectuat a vizat modul de evoluție în exploatare a decantoarelor suspensionale în funcție de condițiile impuse de amplasament și caracteristicile apei brute captate.

Decantorul suspensional cu recircularea nămolului analizat se bazează pe amestecul reținut cu apa brută cu ajutorul dispozitivelor mecanice sau hidraulice. Decantorul prezintă un compartiment central în care se realizează reacțiile chimice (camera de reacție), un compartiment de limpezire, în care se formează un strat suspensional având concentrație mare (10-15000 mg/dm³), dar și de concentrare a nămolului, precum și evacuarea nămolului în exces din stratul suspensional. Apa brută este adusă în canalul inelar aflat în mijlocul bazinului, din care trece în compartimentul inferior, unde se introduc reactivii pentru coagulare. În acest compartiment se realizează o agitare continuă cu ajutorul unui dispozitiv cu palete, care se rotește în jurul unui ax vertical. Acest compartiment reprezintă prima camera de amestec și reacție. Apa cu reactivi este trecută în compartimentul superior, unde se introduce o nouă doză de reactivi pentru floculare. Acest compartiment reprezintă a doua cameră de amestec și reacție. Apa cu flocoane deversează peste peretele inelar și coboară în compartimentul de limpezire, unde apa trece prin stratul de suspensii depuse anterior. Apa urcă apoi prin stratul de protecție, se filtrează și este colectată de jgheburile laterale și periferice. Viteza ascendentă a apei în camera de limpezire a acceleratorului este redusă (circa 1,1-1,2 mm/s). O parte din apa recirculă în prima camera de amestec și reacție, unde antrenează o parte din nămolul depus, reîntră în circuitul normal. Nămolul aflat în exces este acumulat în rezervoare de concentrare dispuse pe peretele exterior al decantorului. La intervale de timp se evacuează nămolul în rezervoare speciale.

3. STUDIU DE CAZ. REZULTATE OBȚINUTE

Cercetările au fost realizate pe structura și instalațiile funcționale ale unui decantor suspensional cu volumul de 10.000 m³. Decantorul este amplasat în cadrul unei stații de tratare a apei potabile pentru consum menajer și industrial, unde sursa de captare este un râu. Încărcarea apei din râu cu suspensii, în special minerale, este variabilă în timp și cu valori ridicate. Apa captată din râu este supusă unui proces de deznisipare chiar la sursă, în cadrul construcției stației de pompare, precum și într-un deznisipator special construit. În situația unei încărcări mai reduse se modifică direct calitatea apei în cadrul stației de tratare.

Analiza parametrilor structurali și funcționali ai decantorului a fost impusă de modificarea unor caracteristici ale procesului de funcționare ale instalației hidraulice de colectare a apei filtrate. Modificarea parametrilor funcționali a influențat negativ randamentul de exploatare și calitatea apei preluate din decantor. Analiza stării structurale și funcționale a decantorului a luat în considerare următoarele aspecte:

- caracteristicile constructive ale decantorului conform proiectului de execuție;
- caracteristicile structurale și funcționale ale instalațiilor hidraulice ale decantorului conform proiectului de execuție;
- modificări aduse la structura constructivă, la instalațiile hidraulice și mecanice în perioada de exploatare;
- caracteristicile climatice și geotehnice ale amplasamentului;
- caracteristicile procesului tehnologic de tratare a apei;
- lucrările de întreținere și reparații efectuate în perioada de exploatare;
- situații de extrem apărute în perioada de exploatare.

Decantorul suspensional cu volumul de 10.000 mc este realizat cu poziție semiîngropată. Structura constructivă este formată din cuva împărțită pe camera de reacție și compartimentul de limpezire. Atașat cuvei este amplasată camera vanelor (Fig. 1.b). Cuvă este realizată din

beton armat. Peretele interior pentru recircularea apei este realizat din tablă de oțel inoxidabil. Decantorul suspensional este dotat cu o instalație hidraulică pentru asigurarea procesului funcțional la parametri solicitați de tratarea apei. Instalația hidraulică a decantorului este formată din următoarele componente:

- a) conducta de alimentare Dn 1000;
- b) conductele Dn 250 de preluare a apei limpezite din camera decantorului și evacuare în jgheabul colector;
- c) conductele de transport a apei limpezite (7 fire Dn 500 care pleacă din decantor, o conductă pantalon Dn 1200) la stația de filtre / stația de pompare (2 conducte de transport subterane Dn 1000);
- d) conductele de alimentare cu reactivi a camerei centrale;
- e) conducta de evacuare a nămolului Dn 300.



a



b

Fig. 1. Analiza comparativă a procesului de funcționare a decantoarelor
suspensionale: a – funcționare normală; b – funcționare anormală

Conductele de captare a apei limpezite sunt realizate din țevă de oțel inox cu Dn 250. Conductele sunt prinse de stâlpii căii de rulare a podului raclor printr-un sistem de console de susținere și bride de oțel. Conductele de captare sunt sudate de peretele metalic, iar cealaltă extremitate trece prin jgheabul de colectare, unde apa colectată este evacuată printr-un cot tip „pipă”. Conductele de captare prezintă două puncte de sprijin: peretele jgheabului la prima extremitate și stâlpii căii de rulare la mijlocul conductei. Peretele metalic este poziționat pe capătul liber al conductei de colectare, fiind astfel suspendat în bazin.

Analiza în teren s-a realizat în două etape specifice perioadei de exploatare, astfel:

- prima etapă a corespuns funcționării decantorului în stadiul actual, conform programului de exploatare.

- a doua etapă s-a realizat cu decantorul parțial golit pentru evidențierea stării structurale și funcționale a instalației hidraulice de colectare și evacuare a apei limpezite.

În ambele etape s-au efectuat verificări și analize asupra unor elemente constructive și funcționale ale construcției și instalațiilor decantorului.

În analiză s-au luat în considerare structurile constructive și funcționale asemănătoare celor prezentate în planșele de execuție și în proiectele tip.

Printre componentele structurale și de instalații analizate a rezultat într-o primă etapă de evaluare, o stare nesatisfăcătoare în exploatare a instalației hidraulice de colectare și evacuare a apei limpezite. Modul defectuos de funcționare a acestei instalații este determinată de structura constructivă realizată din beton armat și metal, ce poziționează și susține conductele de

colectare a apei limpezite. Factorii ce au determinat această stare funcțională sunt prezenți încă din procesul de proiectare inițială sau de reabilitare, din procesul de execuție și la care se adaugă factori determinați de mediul de înglobare, în special cei climatici.

Procesul de colectare a apei limpezite la data analizei se afla cu parametri modificați determinați de impunerea unui nivel mai coborât al apei în camera de limpezire. Ridicarea nivelului la cota normală de exploatare determină o perturbare a modului de circulație a apei și a parametrilor de calitate a apei limpezite. Conducele de evacuare a apei limpezite prezintă o stare structurală și funcțională bună fără evidențierea de degradări, coroziuni, fisuri. Dar, întregul ansamblu al instalației de conducte, la care este atașat și peretele separator al decantorului, prezintă deplasări în plan vertical. Această stare structurală a fost pusă mai bine în evidență la golirea parțială a cuvei decantorului (Fig. 2).



Fig. 2. Starea actuală a instalației hidraulice de colectare a apei tratate: a – vedere generală a instalației hidraulice; b – racordul conductelor la jgheabul de colectare.

Zonele de îmbinare a conductele de evacuare a apei limpezite cu peretele separator se află într-o stare structurală nesatisfăcătoare, fiind degradate prin fenomene de coroziune chimică (Fig. 2.b) Piesa de trecere prin peretele jgheabului a conductelor prezintă deformări, deplasări și degradări, fapt ce permite infiltrații și exfiltrații de apă între jgheab și camera de colectare. Instalația hidraulică de alimentare a camerei de reacție se prezintă structural și funcțional într-o stare satisfăcătoare, având în vedere mediul în care lucrează; conductele sunt acoperite cu precipitații chimice, fără evidențierea de degradări, coroziuni și deformări.

Analiza efectuată privind cauza care a determinat degradarea instalației cu conducte de colectare a apei a pus în evidență modul defectuos de concepere a sistemului prindere a conductelor și peretelui despărțitor. Soluția tehnică diferă parțial față de cea clasică, dar a prezentat o serie de deficiențe în exploatare. Absența unor documentații tehnice de execuție nu a permis analiza soluției prezentate în proiectul tehnic și modul de calcul al structurii de rezistență. Peretele separator din camera de limpezire prezintă o poziție deplasată pe verticală, în jos, cu adâncimi variabile pe perimetru cuvei, situație în care nu se mai respectă cota normală de exploatare a decantorului. Poziția coborâtă a peretelui despărțitor determină o circulație nefavorabilă prin stratului de flocoane, influențând astfel calitatea apei tratate în decantor. Conducele de colectare preiau apa limpezită de la o cotă inferioară față de cea prevăzută în proiect.

La golirea parțială a cuvei decantorului s-a constatat un fenomen de încovoiere a conductelor de colectare sub efectul greutății peretelui metalic. Fenomenul de încovoiere pe verticală a

conductelor de colectare a apei limpezite este determinat de modul de concepere a sistemului de suspendare de construcția cuvei a ansamblului „conducte + perete separator” (Fig. 4.a).

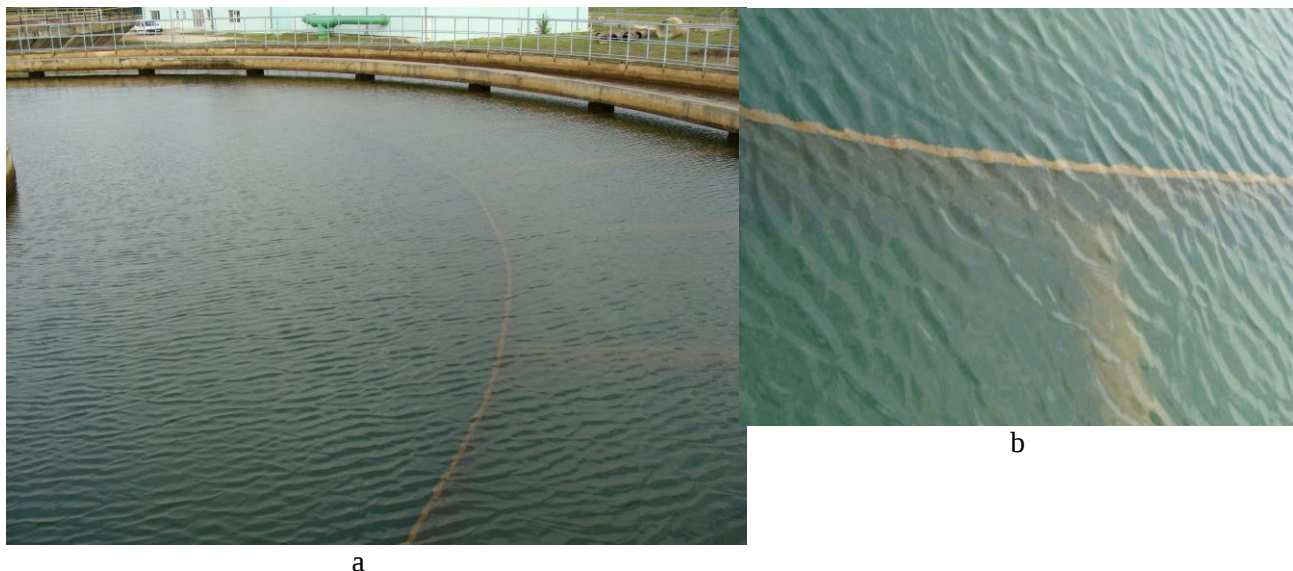


Fig. 3. Modul de poziționare a peretelui separator: a – vedere generală a peretelui în stare de exploatare a decantorului; b – detaliu privind poziția de lucru în stadiul actual.

Sistemul de fixare nu permite obținerea caracteristicilor mecanice necesare asigurării stabilității în plan vertical a componentelor structurale a instalației de colectare. Confecțiile metalice de fixare pe stâlpi a conductelor, prin modul lor de concepere, nu asigură stabilitatea instalației hidraulice. Analiza efectuată la majoritatea stâlpilor prezintă conceperea neadecvată a soluției de prindere și ancorare a conductelor, cu console orizontale din profil metalic U prinse pe stâlp, cu fixare verticală a consolelor prin profil metalic U prins doar într-un singur prezon, iar conducta rigidizată pe consolă prin o bridă metalică (Fig. 4).



Fig. 4. Starea actuală a sistemului de suspendare a conductelor de captare a apei: a – vedere generală a conductelor de preluare a apei și peretelui despărțitor; b – detaliu privind modul de ancorare a conductei.

Absența unor elemente constructive de susținere a peretelui metalic și greutatea sa au determinat o forță de tracțiune a conductelor și deformarea acestora în plan vertical. toate sistemele de fixare a conductelor sunt degradate și deplasate în plan vertical, situație în care conductele sunt deformate în mod variabil pe perimetru. Deformarea conductelor începe de la trecerea acestora prin peretele jgheabului de colectare, situație în care piesele de trecere au fost degradate, iar materialul de etanșare expulzat. Deformarea conductelor în plan vertical devine accentuată după prinderea lor de stâlp, respectiv pe tronsonul „stâlp – perete metalic”, situație în care apa încărcată cu flocoane circulă pe deasupra peretelui spre zona de colectare (Fig. 5).



Fig. 5. Modul de deformare a conductelor de captare a apei: a – vedere generală a instalației de conducte rigidizată cu peretele despărțitor; b – detaliu privind modul de deformare a consolei.

Cercetările efectuate pe un decantor într-o stație de tratare a apei potabile au pus în evidență o serie de aspecte negative la partea constructivă și la instalația hidraulică. Acestea influențează procesul tehnologic de tratare a apei și în special parametri de calitate. Degradările sunt prezente în structura și instalațiile decantorului în diverse stadii de evoluție. Instalația hidraulică prezintă cele mai importante degradări din cauza uzurii accentuate în timp și timpului mare de exploatare. Structura de rezistență prezintă fisuri și crăpături prin care se produc pierderi de apă. Instalația de colectare a apei tratate prezintă degradări importante structurale ce influențează modul de funcționare. Absența unor lucrări de reabilitare determină în mod negativ procesul de exploatare. Lucrări de reabilitare și modernizare trebuie realizate cu prioritate la instalația hidraulică de colectare a apei tratate. Ca o primă urgență trebuie conceput un nou sistem de prindere a conductelor metalice de stâlp, precum și de poziționare și sprijin a peretelui metalic separator. Reabilitarea peretelui separator va urmări aducerea acestuia la cota normală de exploatare conform proiectului inițial.

4. CONCLUZII

Elementele structurale și funcționale ale decantoarelor din cadrul stațiilor de tratare sunt supuse unui complex de acțiuni de natură endogenă și andogenă care modifică în timp parametri de exploatare cu influențe asupra calității apei obținute.

Componentele structurale și funcționale ale decantoarelor suspensionale sunt afectate în timp de acțiunea factorilor climatici care modifică parametri de rezistență a materialelor și implicit a structurii constructive pe ansamblu, cu repercursiuni asupra calității apei tratate.

Soluțiile de realizare a sistemului de suspendare a conductelor de colectare a apei filtrate la decantoare trebuie verificate la acțiunea factorilor accidentali ce intervin în amplasament, în scopul evaluării efectelor aleatorii ce pot apare și influența în mod negativ stabilitatea ansamblului.

Cercetările efectuate în teren au evidențiat situațiile negative în care o serie din componentele instalației hidraulice a unui decantor suspensional lucrează în afara parametrilor normali și influențează negativ procesul de exploatare și calitatea apei procesate.

5. BIBLIOGRAFIE

1. Hobjilă V., Luca M., 2000, Complemente privind proiectarea și expertizarea unor tipuri de construcții hidrotehnice, Editura Cermi, Iași,
2. Hunter P.R., *et. al*, *Water Supply and Health*, PLOS Medicine, Vol. 7, 2010
3. Mănescu Al., Sandu M., Ianculescu O., 1994, Alimentați cu apă, Editura Didactică și Pedagogică, București
4. *** NP 036 Normativ de reabilitare a lucrărilor hidroedilitare din localitățile urbane, MLPAT, București, 1999
5. *** GP 087 Ghid de proiectare a construcțiilor pentru tratarea apei în vederea potabilizării, MTCT, București, 2003

Planurile de siguranță a apei - o necesitate obiectivă pentru operatorii de apă din România

Gabriel Racovițeanu * and Mihaela Vasilescu**

* Prof. dr. ing., Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Hydrotechnics, Departament of Hydrotechnical Engineering, B-dul Lacul Tei, nr. 122-124, RO 020396, București, România

(E-mail: gabriel.racoviteanu@utcb.ro)

** Conf. dr. chim., Ecological University of Bucharest, Faculty of Ecology and Environmental Protection, B-dul Vasile Milea, nr. 1G, RO 061341, Bucharest, România

(E-mail: vasilescum13@yahoo.com)

Abstract

The goal of Water Safety Plan (WSP) is to provide good, safe, drinking water that has the consumers' trust (safe, acceptable, reliable). WSP is a proactive management tool based on hazard identification, risk assessment and risk management from source to the tap, by raising successive barriers against contamination. Till the year 2013, WSP was the „best management practice” at international level in order to provide safe drinking water to the consumer, being based on World Health Organization Guideline (WHO) and IWA's WSP Manual – Step by step risk management for drinking water suppliers. The amendments of the Directive 98/83/EC regarding the quality of water intended for human consumption, unify the requirements of Environmental Acquis Communautaire with the WHO recommendations, making WSP a compulsory management tool; risk assessment of every drinking water supply system becomes the professional, objective reason for tailoring the monitoring programs to the features of each system.

Measurement of drinking water quality that is the final product, is retrospective „tells you after you have a problem”. WSP helps to prevent the unwanted events by their anticipation, and proper management.

The paper presents the European legal frame that has to be transposed into the national legislation within the next 18 months, the main components of WSP and the methodology to elaborate such a plan, based on the following milestones: Water Supply Assessment and Documentation, Hazard Identification, Risk Assessment, Control Measures, Monitoring of Control Measures, and Risk Management Procedures-WSP.

Keywords

Water safety plan, hazard, risk, consumers' trust regarding tap water quality

1. INTRODUCERE

Modificările aduse Directivei 98/83/EC privind calitatea apei destinate consumului uman, cunoscută ca Directiva apei potabile (DWD), au fost finalizate în luna octombrie 2013 prin publicarea formelor revizuite ale anexelor tehnice II - Monitorizarea și III - Specificații pentru analiza parametrilor. Modificările aduc consecvență în cadrul Aquis-ului comunitar din domeniul apei, dar și între acesta și ghidurile elaborate de Organizația Mondială a Sănătății (OMS), transferând accentul de pe conformarea la valorile parametrilor, pe clădirea încrederii consumatorului că tratarea și distribuția apei este adecvată riscurilor existente pe traseul de la sursa de apă, la robinetul consumatorului, protejându-se astfel în mod adecvat sănătatea publică. Modificarea legislației se bazează pe recomandările din Ghidul OMS privind Calitatea Apei Potabile (2004), care introduce conceptul de Plan de Siguranță a Apei (PSA), o abordare bazată pe evaluarea și managementului riscului, metodologia de implementarea a acestuia fiind detaliată în Manualul PSA (2009), elaborat în cooperare cu Asociația Internațională a Apei (IWA).

Apare ideea unei prelevări și analize diferențiate a parametrilor în punctele de conformare cum sunt ieșirea din stația de tratare a apei, rețeaua de distribuție și robinetul consumatorului și a grupării parametrilor chimici în parametri asociați unui risc asupra sănătății, acceptabilității apei, optimizării operării stației de tratare a apei și parametri chimici cu risc asupra sănătății identificați prin PSA sau controlați prin specificațiile de produs. Anexa II modificată, permite o anumită flexibilitate în efectuarea monitorizării calității apei potabile, permițând reducerea frecvenței de prelevare în anumite condiții, reducând implicit și costurile. Introducerea abordării de evaluare și management a riscului, precum și a cerințelor privind monitorizarea operațională ar trebui să se concretizeze într-un volum redus al punctelor de conformare și implicit a numărului de probe analizate. De asemenea, dacă o substanță nu este prezentă în zona de captare, monitorizarea ei ar trebuie redusă sau chiar abandonată. Accentul trebuie pus în primul rând pe controlul calității apei la sursă. Pentru întocmirea programelor de monitorizare se pot utiliza și informațiile aduse de utilizarea unor tehnici complementare, ca de exemplu inspecția vizuală și inspecția sanitară a infrastructurii de aprovizionare cu apă potabilă.

Noua abordare aduce în discuție standardul EN 15975: 2013 - Siguranță sistemului de aprovizionare cu apă, ghid pentru managementul riscului și situațiilor de urgență. Acest standard este structurat în două părți:

- (1) Răspunsul la situații de urgență care este congruent cu Planul de răspuns la incidentele din sistemul de aprovizionare cu apă și
- (2) Managementul riscului, care urmărește principiile Planului de Siguranță al Apei.

Monitorizarea produsului final - apa furnizată la robinetul consumatorului, oferă o informație retrospectivă despre nerespectarea unor standarde. PSA reprezintă o abordare preventivă, furnizând cadrul pentru anticiparea problemelor și asigurarea procedurilor de stabilire a măsurilor de control preventiv, pentru asigurarea funcționării optime a sistemului de aprovizionare cu apă. PSA este un instrument de management preventiv prin care se ridică bariere succesive pentru evitarea contaminării apei, pe lanțul cauzal de la sursa de apă potabilă, la robinetul consumatorului.

2. PLANUL DE SIGURANȚĂ A APEI - PSA

Necesitatea elaborării PSA

Sistemul public de alimentare/ aprovizionare cu apă este într-o evoluție permanentă determinată de progresul tehnic, diversificarea elementelor de pericol (hazard), apariția de tehnologii și materiale noi, dar și datorită presiunii societății civile și consumatorilor pentru transparență în operare și comunicare. Principalele probleme cu care se poate confrunta orice sistem de alimentare cu apă sunt:

(i) Probleme din exteriorul sistemului:

- ignorarea elementelor de pericol (hazard) și risc;
- apariția unor catastrofe naturale;
- lipsa de comunicare între factorii responsabili;
- decizii luate fără consultarea tuturor părților implicate în gestionarea sistemului de alimentare cu apă;
- planuri dezvoltate fără perspectivă sau fără a ține cont de elementele care pot genera riscuri;

(ii) Probleme din interiorul sistemului:

- Generale: cunoașterea insuficientă a sistemului, operarea defectuoasă, echipamente vechi, infrastructură deteriorată, management eronat;
- Sursele de apă: nerespectarea zonelor de protecție sanitară, agricultură intensivă în zona de reîncărcare a acviferului, catastrofe naturale, deversări neautorizate;
- Stația de tratare a apei: schemă și procese de tratare inadecvate, lipsa echipamentelor de automatizare și control, utilizarea greșită și/sau dozarea incorectă a reactivilor chimici, procedură inadecvată de spălare a filtrelor, recircularea excesivă a apei de la spălarea filtrelor și a nămolului din decantoare, monitorizarea inadecvată (subdimensionată, parametri nerelevanți, puncte de conformare/ prelevare nereprezentative);
- Complexul de înmagazinare - pompare - rețea de distribuție: timpi de retenție inadecvați, presiune excesivă, variații importante ale parametrilor de operare (debit, presiune), zone stagnante, materiale inadecvate utilizate pentru construcția rețelei de distribuție a apei; coroziunea și îmbătrânirea infrastructurii;
- Rețeaua interioară de distribuție a apei: utilizarea unor materiale inadecvate care deteriorează calitatea apei, construcția acestora de către persoane neprofesioniste, lipsa de întreținere a rețelelor interioare, lipsa de educație a consumatorilor.

În acest context, Planul de Siguranță a Apei reprezintă un instrument prin care se poate furniza consumatorilor o apă sanogenă și curată, care se conformează reglementărilor în vigoare și protejează sănătatea publică. PSA se bazează pe o abordare atentă și adaptată a operării întregului sistem de aprovizionare cu apă, prin gestionarea personalizată a pericolelor și riscurilor specifice fiecărei verigi a unui anumit sistem; particularitățile generează deosebiri importante între sistemele de aprovizionare cu apă și implicit între PSA aferente.

Obiectivul PSA

Obiectivul principal al unui PSA este acela de a asigura consumatorilor o apă de băut sanogenă și curată, printr-un management adecvat care:

- Minimizează contaminarea surselor de aprovizionare cu apă
- Utilizează un tratament adecvat pentru a reduce sau îndepărta contaminarea apei brute astfel încât apa tratată să se conformeze standardelor de calitate și
- Previne recontaminarea apei tratate în timpul înmagazinării, distribuției sau manipulării ei.

Componentele PSA

Un plan de siguranță a apei este constituit din trei componente principale:

- Evaluarea întregului sistem de alimentare, de la sursa de apă până la robinetul consumatorului, prin identificarea pericolelor potențiale și riscurilor asociate;
- Planul de monitorizare operațională a sistemului de alimentare cu apă, care include și stabilirea măsurilor de control pentru pericolele și/sau riscurile identificate prin evaluare;
- Planul de management a riscului care trebuie să pună în aplicare monitorizarea măsurilor de control, acțiunile de remediere în situația în care o măsură de control nu are eficiența scontată și validarea sistemului de monitorizare a măsurilor de control. Planul de management include documentarea celor trei componente principale ale PSA și strategia de comunicare internă și cu parteneri externi.

Etapele de elaborare a unui PSA

Planul de Siguranță al Apei presupune asamblarea unei echipe multi-disciplinare și inter-instituționale care să opereze eficient sistemul de aprovizionare cu apă, în ansamblul lui. Rolul conducător este al operatorului de apă, pentru că el asigură managementul operațional. Dar și

ceilalți parteneri au responsabilitățile lor, astfel încât se realizeze un management integrat la nivel de bazin hidrografic, în conformitate cu prevederile Directivei Cadru a Apei.

În procesul de elaborare a unui PSA, cele trei componente principale pot fi realizate prin parcurgerea următoarelor etape (Figura 1):

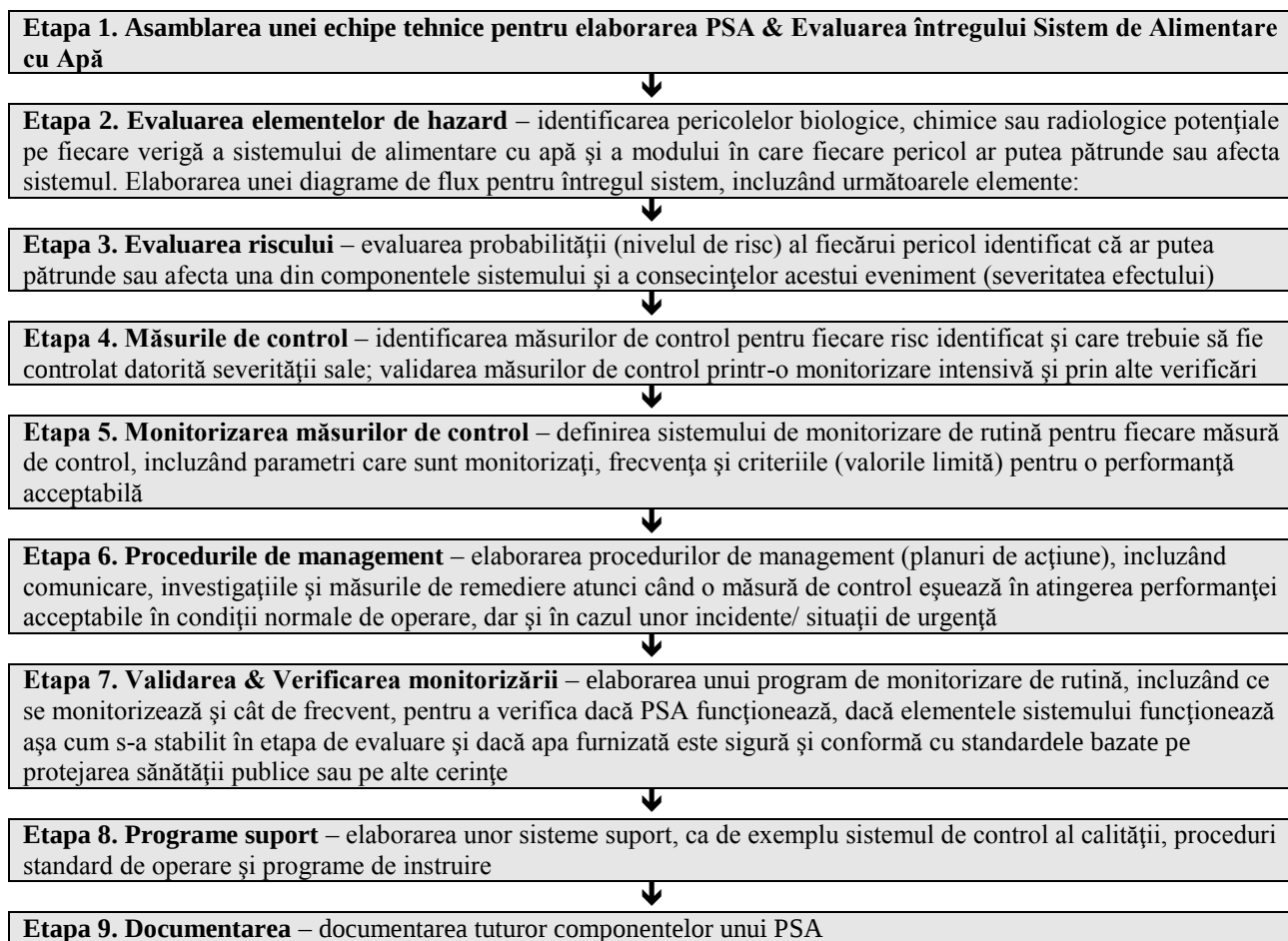


Figura 1. Cele nouă etape de elaborare a unui PSA [10, 11, 12].

Pretutindeni în lume, o sursă de apă de profunzime este considerată mai puțin vulnerabilă la poluare și mai puțin expusă unor situații extreme, fiind preferată pentru aprovizionarea cu apă a populației ori de câte ori acest lucru este posibil. Totuși, la o analiză atentă și la exploatarea surselor subterane pot exista pericole care prin frecvența producerii și consecințe se pot transforma în riscuri ca cele exemplificate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Evaluarea riscului pentru captari din surse subterane [7].

Cauze	Măsuri preventive	Elemente de verificare		Acțiuni corective
		Ce se verifică	Semne că acțiunile sunt necesare	
Eveniment: Contaminanți în cabina forajului Riscuri posibile: Germeni patogeni și/ sau substanțe chimice periculoase pot pătrunde în apa subterană Nivel de risc: Mare				
Ploi torențiale pot conduce la modificarea calității apei din stratul acvifer	Frontul de captare se va proteja prin canale perimetrale etanșe, de evacuare a apelor meteorice Verificarea etanșeității fiecărui foraj, prin prelevare și analize de probe de apă de la fiecare foraj Oprirea pompării apei din forajele la care există infiltrații de la suprafață	Parametri de calitate ai apei: - turbiditate - suspensii - fier și mangan - pH - microbiologici	Neconformarea la prevederile legale Infiltrații în cabina forajului În stația de tratare (dacă ea există) sunt puse în evidență schimbări calitative ale apei	Forajele afectate se pompează și deznisipează până la revenirea calității apei la parametrii inițiali Se reface izolația la cabina forajelor Se completează și actualizează planurile de acțiune pentru astfel de situații
Contaminare observată sau cunoscută, în zona unui foraj	Controlul regulat (după fiecare ploaie) în exteriorul și interiorul cabinei forajului Verificarea zonei de protecție sanitară	Calitatea apei prelevată din foraj	Apă în cabina forajului Exfiltrații de la instalația hidraulică Calitatea apei nu corespunde prevederilor legale	Scoaterea din funcțiune a forajului Verificarea lui integrală Pompare - deznisipare

Dacă în ciuda măsurilor preventive și corective luate, apare totuși un eveniment nedorit, trebuie consultat specialistul de sănătate publică din echipa PSA, pentru a evalua gravitatea situației. De obicei, PSA-urile cuprind indicații privind acțiunile necesare și responsabilitățile ce revin fiecărei instituții/ persoane desemnate pentru evenimentele care pot apărea în situații neprevăzute (a se vedea Tabelul 2).

Tabelul 2. Planuri pentru situații neprevăzute [7].

Eveniment – Contaminarea pătrunde în stratul acvifer sau în foraj	
Indicatori	Reclamații ale consumatorilor privind schimbarea culorii, gustului sau mirosului apei de la robinet. Contaminarea continuă a sursei de apă: detectarea <i>E. Coli</i> sau a concentrațiilor de substanțe chimice cu depășiri peste 50% din CMA. Îmbolnăviri semnalate în anumite zone de aprovizionare cu apă din comunitate, ce pot fi puse în legătură cu calitatea apei.
Acțiuni necesare	Inchiderea captării Notificarea Autorității de Sănătate Publică locală, împreună cu care vor fi avertizați consumatorii, să nu folosească apa din zona respectivă până la următoarea notificare. Identificarea sursei de contaminare, dacă problema este una tranzitorie și dacă se poate aplica o tratare temporară. Dacă problema este tranzitorie se vor adopta următoarele măsuri: - Se golește și se spală zona afectată din rețeaua de distribuție, spălarea efectuându-se cu supradoze de dezinfectant/clor dacă incidentul presupune o contaminare

Conferința Tehnico-Științifică
Performanța în serviciile de apă-canal

Eveniment – Contaminarea pătrunde în stratul acvifer sau în foraj	
	microbiologică; se acordă o atenție deosebită eliminării apei de la spalăre; - Se monitorizează parametri adecvați în zona afectată, pentru a vedea succesul măsurilor de urgență și se anunță consumatorii când apa redevine sigură pentru consum, să lase să curgă robinetele până când obțin o apă de bună calitate. Dacă problema este de lungă durată sau permanentă, se adoptă următoarele măsuri: - Se investighează și se stabilește o sursă de aprovizionare și/ sau tratare alternativă - Se asigură o sursă alternativă de apă, până când se va putea furniza din nou o apă conformă cu standardele de calitate. Înregistrarea cauzei defecțiunii și măsurilor corective aplicate. Modificarea Planului de Management al Riscului pentru Sănătatea Publică (PMRSP), dacă este necesar.
Responsabilitate	Operatorul sistemului de alimentare cu apă Proprietarul sursei de apă

Pentru a fi siguri că planul de management al riscului pentru sănătatea publică aferent sistemului de alimentare cu apă este adecvat, sunt necesare verificări periodice. Tabelul 3 prezintă un exemplu de astfel de plan și furnizează informații detaliate pentru verificarea elementelor specifice.

Tabelul 3. Planul de management al riscului pentru sănătatea publică PMRSP [7].

Ce se măsoară sau se observă	Debitele în toate secțiunile de control: foraj, grup, captare Starea captării Calitatea apei: turbiditate, conductivitate, clor rezidual liber
Cât de des	Inspecția regulată a captărilor și înregistrărilor; frecvența depinde de amplasament și se bazează pe datele anterioare Efectuarea unor inspecții în următoarele situații, dar nu numai: - După evenimente naturale deosebite sau cu risc mare - Pe baza rezultatelor determinărilor chimice și microbiologice - Pe baza rapoartelor de inspecție
Ce se face cu rezultatele	Rezultatele trebuie înregistrate în conformitate cu cerințele Legii privind Calitatea Apei Potabile și trebuie să permită evaluarea performanței PMRSP. Datele colectate trebuie analizate periodic pentru a vedea dacă apar probleme legate de această componentă a sistemului de alimentare cu apă. Analiza se face cu frecvența decisă de responsabilul pentru minimizarea riscului asupra sănătății publice. Dacă analiza pune în evidență incidente neobișnuite, nerespectarea procedurilor sau calitatea necorespunzătoare a apei furnizate consumatorilor, atunci se revizuiesc procedurile de gestionare a resursei de apă. Evaluarea rezultatelor monitorizării și a oricărei acțiuni întreprinse ca urmare a necesității de a implementa un plan pentru situații neprevăzute, pentru a vedea dacă trebuie modificat PMRSP (de exemplu: reactualizarea măsurilor preventive, verificarea adecvării pașilor din planul de situații neprevăzute și includerea în plan a necesităților de modificare a sistemului de captare).
Responsabilitățile	Operatorul sistemului de alimentare cu apă Proprietarul sursei de apă

3. CONCLUZII

Planul de Siguranță a apei reprezintă un instrument de optimizare a funcționării întregului sistem de alimentare cu apă prin:

- (i) Oferirea imaginii de ansamblu a sistemului;
- (ii) Identificarea punctelor slabe din sistem;
- (iii) Identificarea și alocarea corectă a responsabilităților pentru managementul evenimentelor cu risc asupra sistemului;

- (iv) Identificarea posibilelor abateri generatoare de pericole;
- (v) Stabilirea priorităților de rezolvare a evenimentelor și procedurilor adecvate pentru fiecare caz;
- (vi) Contribuția la diminuarea și prevenirea riscurilor.

Planul de Siguranță a Apei prezintă o serie de caracteristici valoroase pentru operatorii de apă:

- Demonstrează publicului, autorității de sănătate publică și agenților de reglementare că operatorul de apă aplică cele mai bune practici pentru a asigura o apă curată și sanogenă;
- Evidențiază beneficiile care decurg din implementarea unor sisteme de asigurare a calității pentru furnizarea unei ape potabile sigure;
- Evită limitările asociate testării produsului final ca mijloc de control a siguranței apei;
- Furnizează economii potențiale, prin evitarea situațiilor de urgență și funcționării defectuoase a stației de tratare, printr-o monitorizare mai adecvată;
- Permite o îmbunătățire semnificativă în gestionarea activelor;
- Crește potențialul pentru comercializarea serviciilor pentru clienții existenți și pentru cei noi, prin oferirea unui produs mai bun și mai credibil.

Se recomandă elaborarea unui Plan de Siguranță a Apei, ca studiu pilot, care să coexiste cu practicile de management al calității utilizate în mod curent de operatorii de apă, pentru a demonstra fezabilitatea și avantajele acestei abordări, favorizând acceptarea ei.

4. BIBLIOGRAFIE

1. European Commission - http://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/review_en.html.
2. Guy, Howard - *Water Supply Surveillance - A reference manual*, WEDC, Loughborough University, 2002.
3. IWA- *The Bonn Charter for Safe Drinking Water*, 2004.
4. Ministry of Health New Zealand - *Public Health Risk Management Plan Guides*, 2002.
5. Parlamentul României – *Legea Privind Calitatea Apei Potabile nr. 458/2002* – Monitorul Oficial al României PI, nr. 552/29.07.2002.
6. Parlamentul României – *Legea nr. 311/2004 pentru modificarea si completarea Legii nr. 458/2002 Privind Calitatea Apei Potabile* – Monitorul Oficial al României PI, nr. 582/30.06.2004.
7. Sandu, M., Racovițeanu, G., – *Manual Pentru Inspectia Sanitară și Monitorizarea Calității Apei în Sistemele de Alimentare Cu Apă*, editura Conspress, București, 2006.
8. The Council of the European Union – *Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption* – Official Journal of the European Communities, 1998.
9. World Health Organization - *Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition, Volume 1, Recommendations*, Geneva, 2004.
10. World Health Organization - Drinking Water Inspectorate – *A brief guide to drinking water safety plans*, October 2005.
11. World Health Organization and International Water Association - *Water safety plan manual (WSP manual) Step-by-step risk management for drinking-water suppliers*, ISBN: 978 92 4 156263 8, 2009.
12. World Health Organization - *Water safety planning for small community water supplies: step-by-step risk management guidance for drinking-water supplies in small communities*, ISBN 978 92 4 154842 7, 2012.

Soluții moderne și eficiente pentru reabilitarea și extinderea sistemelor de alimentare cu apă

Florin Rotaru *

*Dr. Ing., Water Management (Partener Bentley Systems în România)
(E-mail: florin.rotaru@water-management.ro)

Abstract

This article presents solutions that can be applied for the rehabilitation and extending of water supply systems. Due to the complexity and challenges faced in this type of situations, effective management is done with the help of genetic algorithms.

Keywords

Bentley Systems, Bentley WaterGEMS V8i, Darwin Designer, genetic algorithms, pipe design, cleaning pipe, relining pipe, rehabilitation pipe, pipes, groups, optimization, diameter, unit cost, roughness, alternative, scenario, solutions, CAD, GIS

1. CONSIDERAȚII GENERALE

Acest articol prezintă soluțiile ce pot fi aplicate atât pentru reabilitarea, cât și pentru extinderea sistemelor de alimentare cu apă. Din cauza complexității și dificultăților întâlnite în astfel de situații, gestionarea eficientă a acestor sisteme se realizează cu ajutorul algoritmilor genetici (incrușare, mutație, etc.).

2. UTILIZAREA PROGRAMULUI BENTLEY WATERGEMS V8i PENTRU GĂSIREA SOLUȚIILOR OPTIME DE REABILITARE, EXTINDERE ȘI MODERNIZARE A SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ

Bentley WaterGEMS V8i reprezintă o soluție eficientă de modelare hidraulică și de analiză a calității apei pentru sistemele de distribuție a apei, având funcții avansate de interoperabilitate, realizare model geospațial, optimizare, precum și instrumente valoroase de management. De la debitele pentru combaterea incendiilor și analize ale calității apei, până la consumurile energetice și gestionarea costurilor de investiție, Bentley WaterGEMS V8i oferă un mediu de lucru ușor de utilizat de către toți specialiștii, pentru a putea analiza, proiecta și optimiza sistemele de distribuție a apei.

Utilizatorii Bentley WaterGEMS V8i se pot bucura de puterea și flexibilitatea de lucru oferite de platformele CAD, GIS și independente, în timp ce pot accesa o singură sursă de date, comună unui anumit proiect.

Modulul *Darwin Designer* identifică automat profitul maxim, sau costurile de proiectare minime și strategiile de reabilitare, pe baza cheltuielilor de investiție, rezonează costurilor și restricțiile legate de presiuni și viteze. De asemenea, proiectanții pot gestiona eficient costurile de investiție ale infrastructurii de apă și pot analiza consumurile energetice, pentru a reuși să identifice cele mai eficiente strategii de programare a funcționării pompelor.

În continuare vor fi prezentate succint câteva aspecte definitorii referitoare la acest modul, care are la bază teoria algoritmilor genetici.

Astfel, se consideră sistemul de alimentare cu apă din Fig. 1 format din conducte, rezervoare,

bazine, pompe și având scenariul curent "Existing Systems", care urmează să fie extins și reabilitat în scenariul "Future Condition". Deoarece se iau în calcul mai multe condiții pentru aceste situații, se va genera un set de soluții din care se va alege, în final, soluția optimă din punct de vedere al cheltuielilor minime totale. Astfel, după alegerea corespunzătoare a tuturor parametrilor de calcul, calibrarea modelului și efectuarea calculelor, se constată că soluția optimă este soluția 1 (Fig.15).

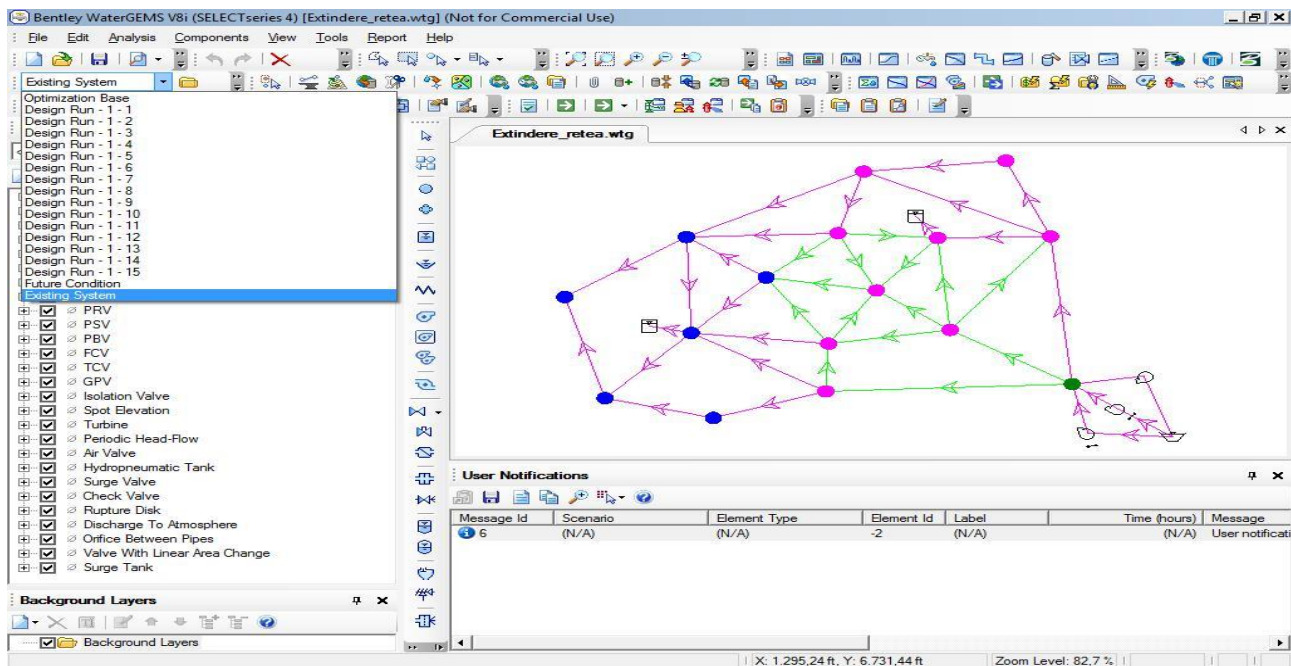


Fig. 1 – Interfața și scenariile propuse împreună cu sistemul de alimentare cu apă studiat

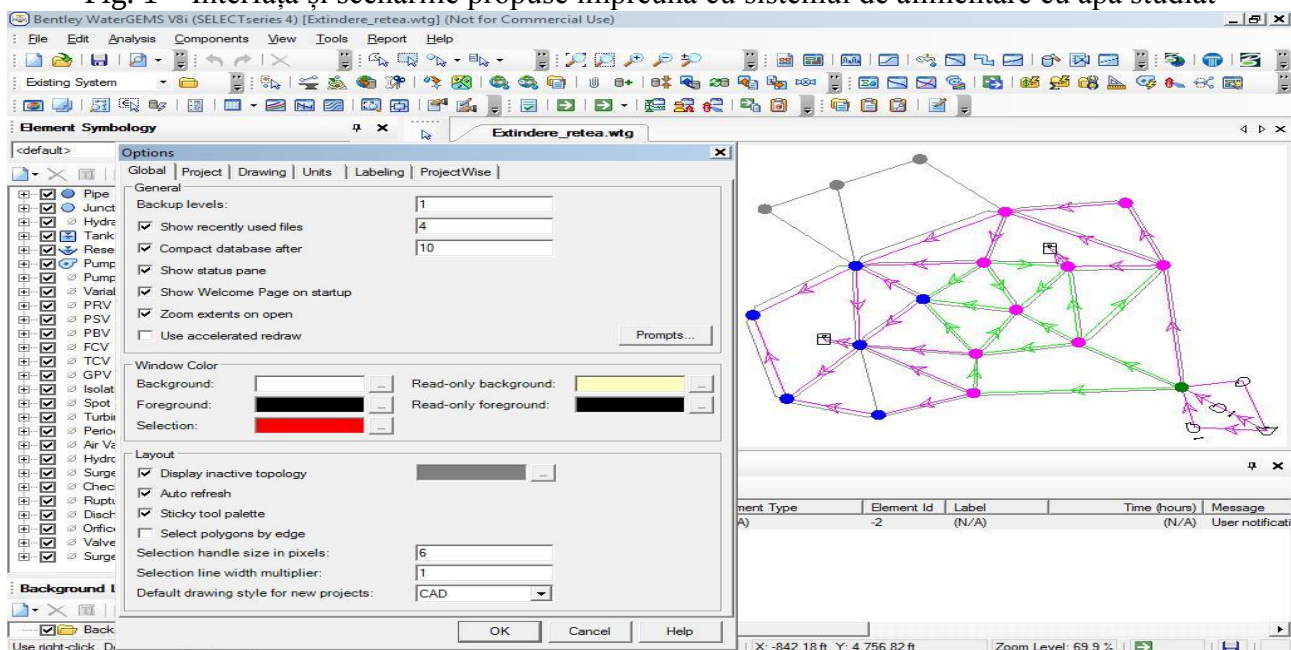


Fig. 2 – Afișarea topologiei inactive pentru scenariul curent "Existing Systems"

Conferința Tehnico-Științifică Performanța în servicii de apă-canal

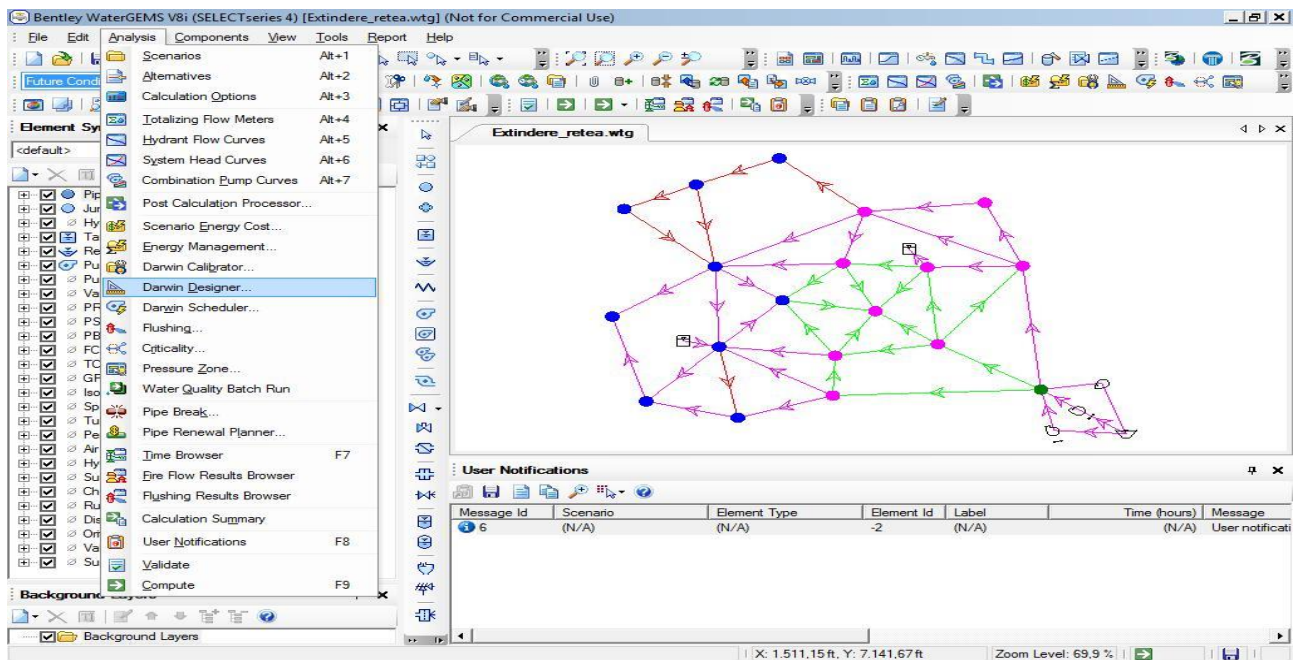


Fig. 3 – Modulul *Darwin Designer* și topologia activă aferentă scenariului "Future Condition"

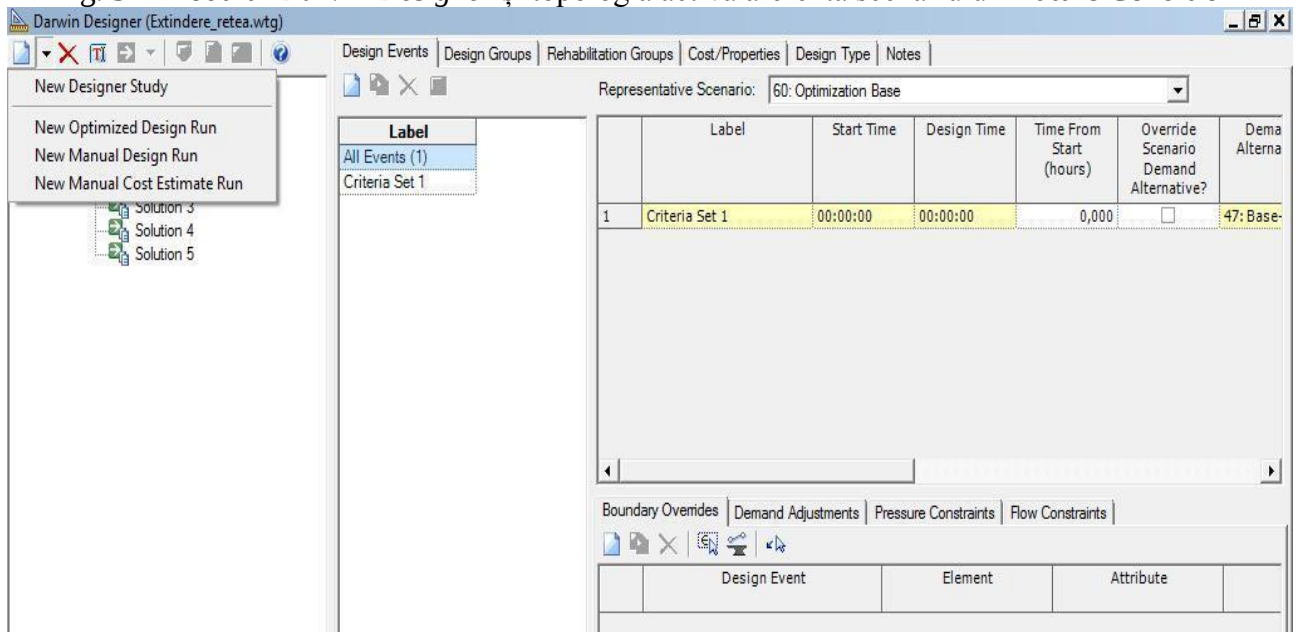


Fig. 4 – Interfața principală a modului "Darwin Designer" din programul *Bentley WaterGEMS*

Conferința Tehnico-Științifică Performanța în serviciile de apă-canal

Darwin Designer (Extindere_retea.wtg)

Design and Rehabilitation
Design Run - 1
Solutions
Solution 1
Solution 2
Solution 3
Solution 4
Solution 5

Design Events	Design Groups	Rehabilitation Groups	Options	Notes
	Design Pipe Group	Is Active?	Cost/properties	
1	242: Design Group - 54	☒	240: Design Cost Table - 2	
2	243: Design Group - 68	☒	240: Design Cost Table - 2	
3	244: Design Group - 70	☒	240: Design Cost Table - 2	
4	245: Design Group - 72	☒	240: Design Cost Table - 2	
5	246: Design Group - 74	☒	240: Design Cost Table - 2	
6	247: Design Group - 76	☒	240: Design Cost Table - 2	
7	248: Pipe Group - P-1	☒	239: Design Cost Table - 1	
8	249: Pipe Group - P-7	☒	239: Design Cost Table - 1	
9	250: Pipe Group - P-8	☒	239: Design Cost Table - 1	
10	251: Pipe Group - P-9	☒	239: Design Cost Table - 1	
11	252: Pipe Group - P-10	☒	239: Design Cost Table - 1	
12	253: Pipe Group - P-11	☒	239: Design Cost Table - 1	
13	254: Pipe Group - P-12	☒	239: Design Cost Table - 1	
14	255: Pipe Group - P-13	☒	239: Design Cost Table - 1	
15	256: Pipe Group - P-14	☒	239: Design Cost Table - 1	
16	257: Pipe Group - P-15	☒	239: Design Cost Table - 1	
17	258: Pipe Group - P-16	☒	239: Design Cost Table - 1	
18	259: Pipe Group - P-17	☒	239: Design Cost Table - 1	
19	260: Pipe Group - P-18	☒	239: Design Cost Table - 1	
20	261: Pipe Group - P-19	☒	239: Design Cost Table - 1	
21	262: Pipe Group - P-20	☒	239: Design Cost Table - 1	
22	263: Pipe Group - P-21	☒	239: Design Cost Table - 1	
23	264: Pipe Group - P-22	☒	239: Design Cost Table - 1	
24	265: Pipe Group - P-23	☒	239: Design Cost Table - 1	
25	266: Pipe Group - P-24	☒	239: Design Cost Table - 1	
26	267: Pipe Group - P-25	☒	239: Design Cost Table - 1	
27	268: Pipe Group - P-26	☒	239: Design Cost Table - 1	
28	269: Pipe Group - P-27	☒	239: Design Cost Table - 1	
29	270: Pipe Group - P-28	☒	239: Design Cost Table - 1	
30	271: Pipe Group - P-29	☒	239: Design Cost Table - 1	
31	272: Pipe Group - P-30	☒	239: Design Cost Table - 1	
32	273: Pipe Group - P-31	☒	239: Design Cost Table - 1	
33	274: Pipe Group - P-32	☒	239: Design Cost Table - 1	
34	275: Pipe Group - P-33	☒	239: Design Cost Table - 1	
35	276: Pipe Group - P-34	☒	239: Design Cost Table - 1	
36	277: Pipe Group - P-35	☒	239: Design Cost Table - 1	
37	278: Pipe Group - P-36	☒	239: Design Cost Table - 1	
38	279: Pipe Group - P-37	☒	239: Design Cost Table - 1	
39	280: Pipe Group - P-38	☒	239: Design Cost Table - 1	

Fig. 5 – Prezentarea caracteristicilor din zona de proiectare a grupurilor de conducte

Darwin Designer (Extindere_retea.wtg)

Design and Rehabilitation
Design Run - 1
Solutions
Solution 1
Solution 2
Solution 3
Solution 4
Solution 5

Design Events	Design Groups	Rehabilitation Groups	Options	Notes
	Rehabilitation Group	Is Active?	Rehabilitation Option Group	
1	282: Rehabilitation Group - 10	☒	241: Rehab Cost Table - 1	
2	283: Rehabilitation Group - 7	☒	241: Rehab Cost Table - 1	
3	284: Rehabilitation Group - 9	☒	241: Rehab Cost Table - 1	
4	285: Rehabilitation Group - 11	☒	241: Rehab Cost Table - 1	
5	286: Rehabilitation Group - 12	☒	241: Rehab Cost Table - 1	
6	287: Rehabilitation Group - 13	☒	241: Rehab Cost Table - 1	

Fig. 6 – Prezentarea caracteristicilor din zona de reabilitare a grupurilor de conducte

Conferința Tehnico-Științifică Performanța în serviciile de apă-canal

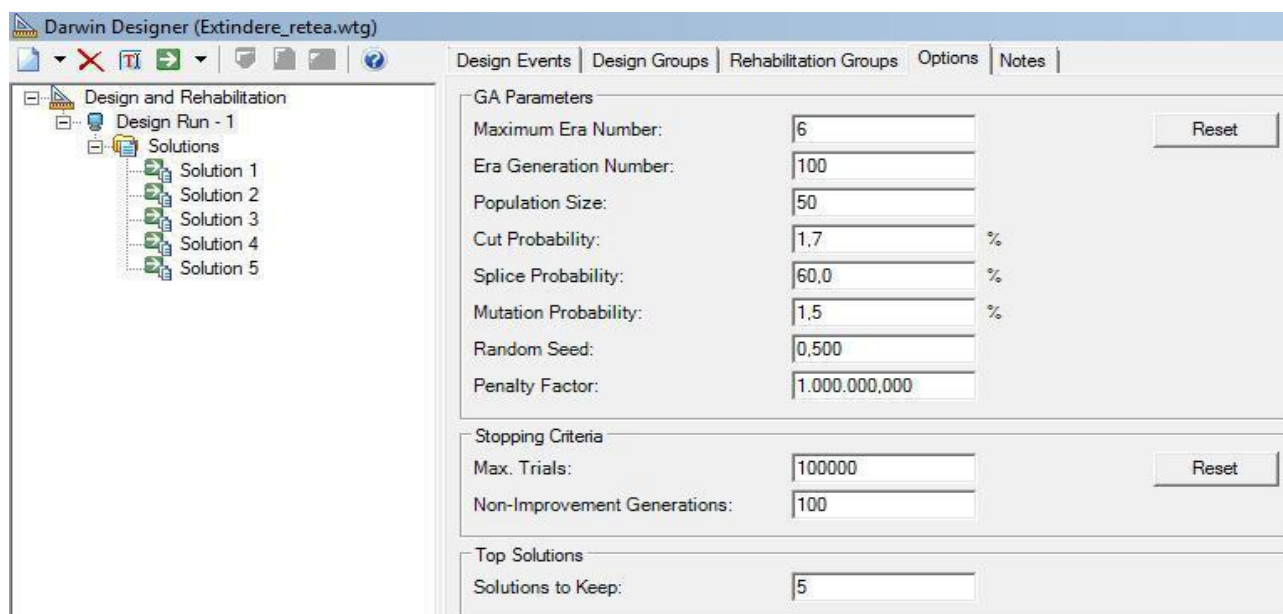


Fig. 7 – Principali parametri ai algoritmilor genetici ce urmeaza a fi luați în calcul

The screenshot shows the 'Darwin Designer (Extindere_retea.wtg)' interface with the 'Cost/Properties' tab active. The left pane shows the same tree view as Fig. 7. The right pane shows a table of pipe materials and costs.

	Material	Diameter (m)	Hazen Williams C Factor	Unit Cost (lei/m)
	Aluminum structural plate 32 in CR	0,2	130,0	41,99
	Aluminum	0,2	130,0	58,40
	Aluminum	0,3	130,0	73,82
	Aluminum	0,3	130,0	95,80
	Aluminum	0,4	130,0	118,77
	Aluminum	0,4	130,0	143,04
	Aluminum	0,5	130,0	168,96
	Aluminum	0,5	130,0	197,18
	Aluminum	0,6	130,0	252,62
	Aluminum	0,8	130,0	346,13
*	Aluminum	0,0	130,0	0,00

Fig. 8 – Costuri si caracteristici specifice conductelor

The screenshot shows the 'Darwin Designer (Extindere_retea.wtg)' interface with the 'Cost/Properties' tab active. The left pane shows the same tree view as Fig. 7. The right pane shows a table of rehabilitation actions and functions.

	Action	Pre-Rehabilitation Diameter vs. Post-Rehabilitation Diameter Function	Pre-Rehabilitation Diameter vs. Unit Cost Function	Pre-Rehabilitation Diameter vs. Post-Rehabilitation Roughness Function
	Clean	289: Function - 0	290: Function - 1	291: Function - 2
	Relining 1	289: Function - 0	292: Cost Function - reline 1	291: Function - 2
	Do Nothing	289: Function - 0	293: Cost Function - Do Not...	291: Function - 2
*				

Fig. 9 – Crearea funcțiilor necesare reabilitării conductelor

Rehabilitation Functions		
- Pre-Rehabilitation Diameter vs. Post-Rehabilitation Diameter - Function - 0 - Pre-Rehabilitation Diameter vs. Post-Rehabilitation Roughness - Function - 2 - Pre-Rehabilitation Diameter vs. Unit Cost - Function - 1 - Cost Function - reline 1 - Cost Function - Do Nothing	Pre-Rehabilitation Diameter (m)	Post-Rehabilitation Diameter (m)
1	0,2	0,2
2	0,2	0,2
3	0,3	0,3
4	0,3	0,3
5	0,4	0,4
6	0,4	0,4
7	0,5	0,5
8	0,5	0,5
*		

Fig. 10 – Editarea funcțiilor de reabilitare a conductelor (diametre)

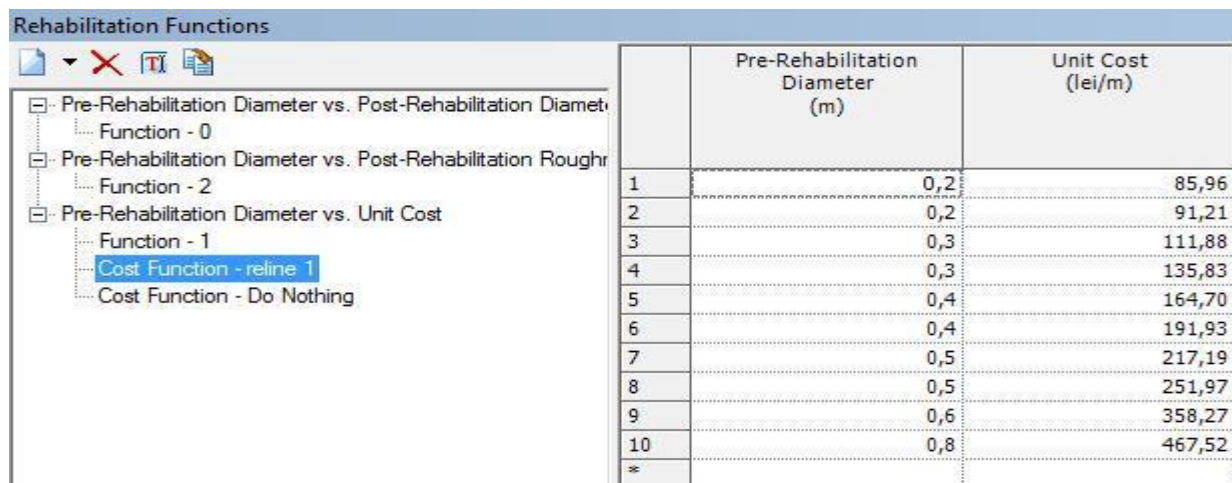
Rehabilitation Functions		
- Pre-Rehabilitation Diameter vs. Post-Rehabilitation Diameter - Function - 0 - Pre-Rehabilitation Diameter vs. Post-Rehabilitation Roughness - Function - 2 - Pre-Rehabilitation Diameter vs. Unit Cost - Function - 1 - Cost Function - reline 1 - Cost Function - Do Nothing	Pre-Rehabilitation Diameter (m)	Post-Rehabilitation Hazen -Williams C
1	0,2	130,0
2	0,2	130,0
3	0,3	130,0
4	0,3	130,0
5	0,4	130,0
6	0,4	130,0
7	0,5	130,0
8	0,5	130,0
*		

Fig. 11 – Editarea funcțiilor de reabilitare a conductelor (diametre / rugozități)

Rehabilitation Functions		
- Pre-Rehabilitation Diameter vs. Post-Rehabilitation Diameter - Function - 0 - Pre-Rehabilitation Diameter vs. Post-Rehabilitation Roughness - Function - 2 - Pre-Rehabilitation Diameter vs. Unit Cost - Function - 1 - Cost Function - reline 1 - Cost Function - Do Nothing	Pre-Rehabilitation Diameter (m)	Unit Cost (lei/m)
1	0,2	55,77
2	0,2	55,77
3	0,3	55,77
4	0,3	55,77
5	0,4	59,71
6	0,4	64,96
7	0,5	70,87
8	0,5	77,10
9	0,8	83,66
*		

Fig. 12 – Editarea funcțiilor de reabilitare a conductelor (diametre / costuri unitare)

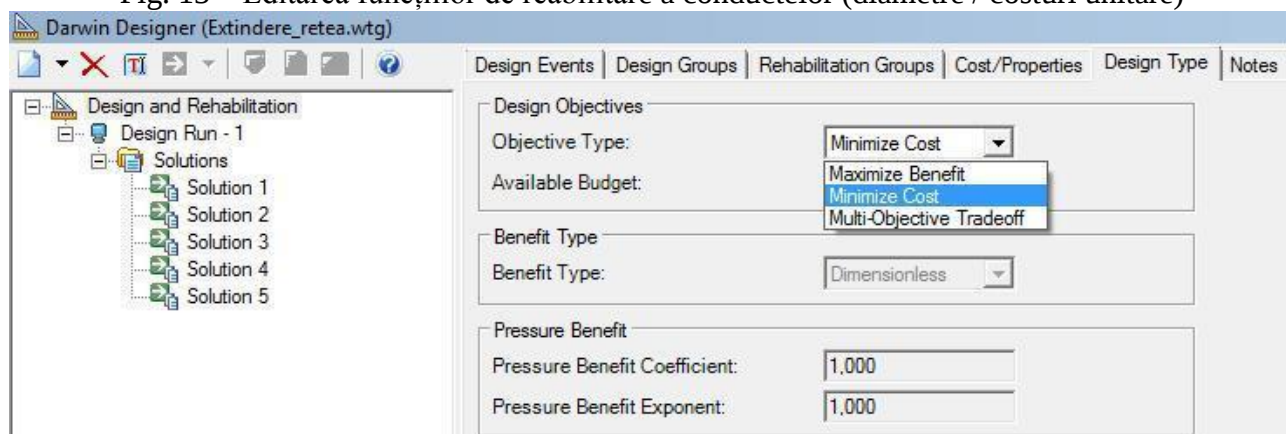
Rehabilitation Functions



	Pre-Rehabilitation Diameter (m)	Unit Cost (lei/m)
1	0,2	85,96
2	0,2	91,21
3	0,3	111,88
4	0,3	135,83
5	0,4	164,70
6	0,4	191,93
7	0,5	217,19
8	0,5	251,97
9	0,6	358,27
10	0,8	467,52
*		

Fig. 13 – Editarea funcțiilor de reabilitare a conductelor (diametre / costuri unitare)

Darwin Designer (Extindere_retea.wtg)



Design Events | Design Groups | Rehabilitation Groups | Cost/Properties | Design Type | Notes

Design Objectives

Objective Type: Minimize Cost

Available Budget: Maximize Benefit, Minimize Cost, Multi-Objective Tradeoff

Benefit Type

Benefit Type: Dimensionless

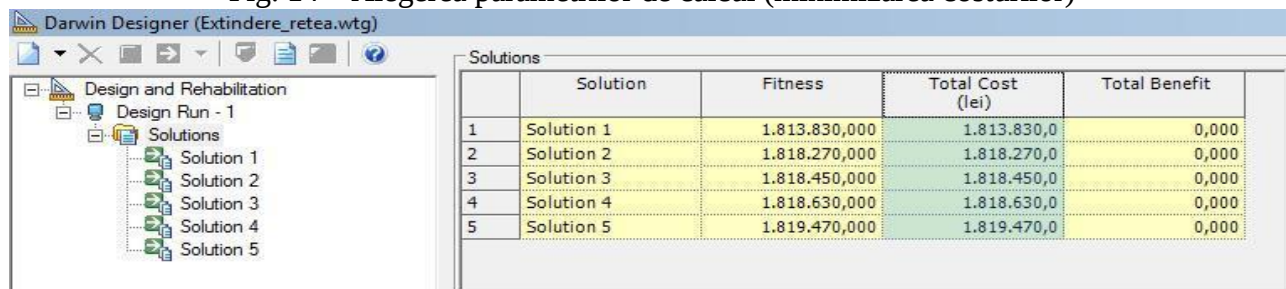
Pressure Benefit

Pressure Benefit Coefficient: 1.000

Pressure Benefit Exponent: 1.000

Fig. 14 – Alegerea parametrilor de calcul (minimizarea costurilor)

Darwin Designer (Extindere_retea.wtg)



	Solution	Fitness	Total Cost (lei)	Total Benefit
1	Solution 1	1.813.830,000	1.813.830,0	0,000
2	Solution 2	1.818.270,000	1.818.270,0	0,000
3	Solution 3	1.818.450,000	1.818.450,0	0,000
4	Solution 4	1.818.630,000	1.818.630,0	0,000
5	Solution 5	1.819.470,000	1.819.470,0	0,000

Fig. 15 – Afișarea soluțiilor și determinarea soluției optime (costurilor totale minime – soluția 1)

Conferința Tehnico-Științifică Performanța în serviciile de apă-canal

Darwin Designer (Extindere_retea.wtg)

Solution | Simulated Results

Design and Rehabilitation

- Design Run - 1
 - Solutions
 - Solution 1
 - Solution 2
 - Solution 3
 - Solution 4
 - Solution 5

Solution Browser

Pipe Group Type

Design Groups

Rehabilitation Groups

Solutions

	Design Group	Pipe	Material	Hazen-Williams C	Diameter (m)	Cost (lei)
1	268: Pipe Group - P-26	211: P-26	Aluminum	130,0	0,6	924.000,0
2	279: Pipe Group - P-37	222: P-37	Aluminum	130,0	0,3	350.400,0
3	243: Design Group - 68	178: 68	Aluminum structural pla...	130,0	0,2	76.800,0
4	244: Design Group - 70	179: 70	Aluminum structural pla...	130,0	0,2	76.800,0
5	245: Design Group - 72	180: 72	Aluminum structural pla...	130,0	0,2	76.800,0
6	246: Design Group - 74	181: 74	Aluminum structural pla...	130,0	0,2	76.800,0
7	247: Design Group - 76	182: 76	Aluminum structural pla...	130,0	0,2	76.800,0
8	278: Pipe Group - P-36	221: P-36	Aluminum	130,0	0,8	63.300,0
9	242: Design Group - 54	171: 54	Aluminum	130,0	0,3	13.500,0
10	256: Pipe Group - P-14	199: P-14	Aluminum	130,0	0,3	13.500,0
11	280: Pipe Group - P-38	223: P-38	Aluminum	130,0	0,3	13.500,0
12	263: Pipe Group - P-21	206: P-21	Aluminum	130,0	0,2	10.680,0
13	267: Pipe Group - P-25	210: P-25	Aluminum	130,0	0,2	10.680,0
14	271: Pipe Group - P-29	214: P-29	Aluminum	130,0	0,8	10.550,0
15	273: Pipe Group - P-31	216: P-31	Aluminum structural pla...	130,0	0,2	7.680,0
16	274: Pipe Group - P-32	217: P-32	Aluminum structural pla...	130,0	0,2	7.680,0
17	258: Pipe Group - P-16	201: P-16	Aluminum	130,0	0,4	4.360,0
18	248: Pipe Group - P-1	191: P-1	Aluminum	130,0	0,0	0,0
19	249: Pipe Group - P-7	192: P-7	Aluminum	130,0	0,0	0,0
20	250: Pipe Group - P-8	193: P-8	Aluminum	130,0	0,0	0,0
21	251: Pipe Group - P-9	194: P-9	Aluminum	130,0	0,0	0,0
22	252: Pipe Group - P-10	195: P-10	Aluminum	130,0	0,0	0,0
23	253: Pipe Group - P-11	196: P-11	Aluminum	130,0	0,0	0,0
24	254: Pipe Group - P-12	197: P-12	Aluminum	130,0	0,0	0,0

Fig. 16 – Afișarea rezultatelor calculelor pentru grupurile de conducte aferente soluției 1

Darwin Designer (Extindere_retea.wtg)

Solution | Simulated Results

Design and Rehabilitation

- Design Run - 1
 - Solutions
 - Solution 1
 - Solution 2
 - Solution 3
 - Solution 4
 - Solution 5

Solution Browser

Constraint Type

Pressure

Flow

Solutions

	Design Event	Element	Required Minimum Pressure (m H2O)	Required Maximum Pressure (m H2O)	Simulated Pressure (m H2O)	Violation (m H2O)
1	288: Criteria Set 1	120: 20	31,6	70,3	70,3	0,0
2	288: Criteria Set 1	134: 130	31,6	70,3	32,0	0,0
3	288: Criteria Set 1	138: 170	31,6	70,3	32,0	0,0
4	288: Criteria Set 1	133: 120	31,6	70,3	32,1	0,0
5	288: Criteria Set 1	127: 75	31,6	70,3	44,2	0,0
6	288: Criteria Set 1	123: 50	31,6	70,3	53,4	0,0
7	288: Criteria Set 1	128: 80	31,6	70,3	53,3	0,0
8	288: Criteria Set 1	132: 115	31,6	70,3	44,2	0,0
9	288: Criteria Set 1	130: 100	31,6	70,3	53,4	0,0
10	288: Criteria Set 1	135: 140	31,6	70,3	44,2	0,0
11	288: Criteria Set 1	124: 55	31,6	70,3	44,2	0,0
12	288: Criteria Set 1	129: 90	31,6	70,3	53,3	0,0
13	288: Criteria Set 1	121: 30	31,6	70,3	53,5	0,0
14	288: Criteria Set 1	137: 160	31,6	70,3	32,0	0,0
15	288: Criteria Set 1	126: 70	31,6	70,3	53,5	0,0
16	288: Criteria Set 1	125: 60	31,6	70,3	53,4	0,0
17	288: Criteria Set 1	136: 150	31,6	70,3	32,0	0,0
18	288: Criteria Set 1	131: 110	31,6	70,3	53,6	0,0
19	288: Criteria Set 1	122: 40	31,6	70,3	53,4	0,0

Fig. 17 – Afișarea rezultatelor calculelor (presiuni / debite) aferente soluției 3

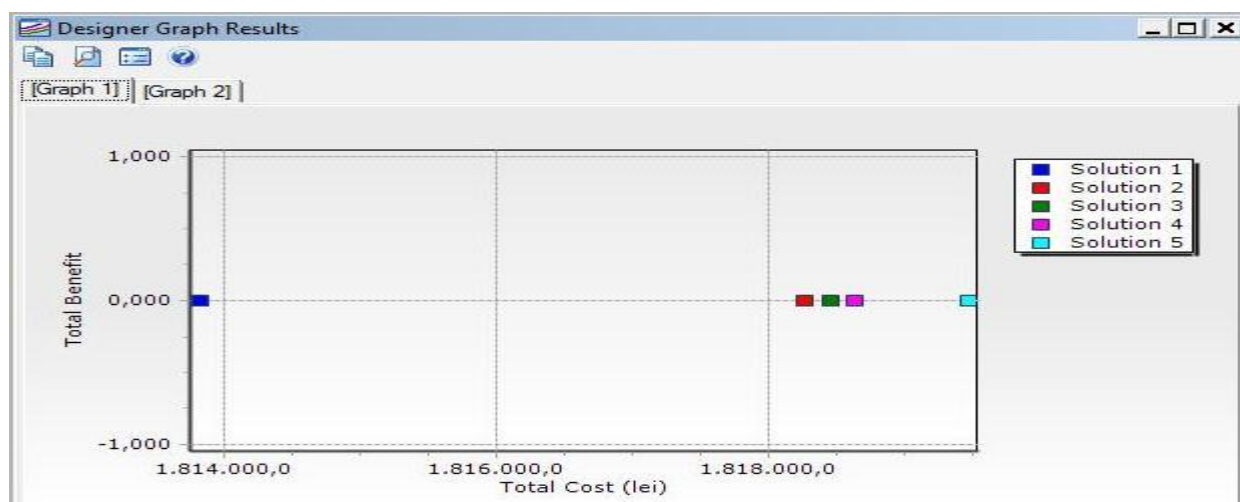


Fig. 18 – Reprezentarea grafică a soluțiilor obținute în urma calculelor efectuate (costuri / beneficii)

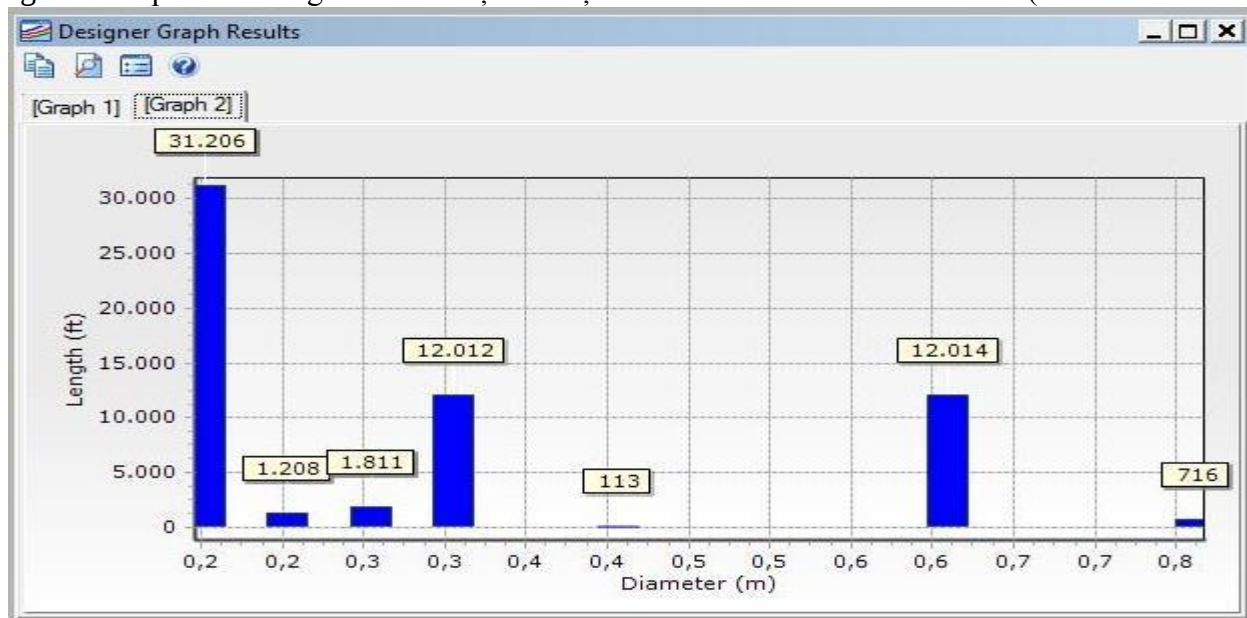


Fig. 19 – Reprezentarea grafică a diametrelor conductelor în funcție de lungimea acestora

3. CONCLUZII

Datorită complexității sale și tipurilor de analize pe care le poate efectua, atât modulul *Darwin Designer*, cât și întreg programul Bentley WaterGEMS V8i reprezintă, cu siguranță, instrumente extrem de valoroase pentru proiectarea, execuția, exploatarea, întreținerea și reabilitarea sistemelor de alimentare cu apă.

4. BIBLIOGRAFIE

1. Bentley WaterGEMS V8i
2. F. Rotaru, Soluții și metode moderne aplicate pentru gestionarea eficientă a proiectelor de infrastructură. A opta Conferința a Hidroenergeticienilor din România, Dorin Pavel, U.P.B, 22 – 23 mai 2014, București
3. F. Rotaru, Aspecte teoretice referitoare la utilizarea algoritmilor genetici în modelele destinate distribuției apei. Detectivii apei pierdute. Supliment al publicației Aquastiri, editată de Aquatim S.A. Anul 3, Nr. 6, Decembrie 2013, Timișoara
4. F. Rotaru, Posibilități de aplicare a instrumentelor de proiectare, în cadrul domeniilor de inginerie

- și protecție a mediului. Seminar susținut la U.P.B., Facultatea de Energetică, în cadrul Departamentului de Hidraulică, Mașini Hidraulice și Ingineria Mediului, Decembrie 2013
5. F. Rotaru, Case study regarding the optimization of energy consumption and the functioning of pumps and pumping station within the water supply systems, Sesion III – "Performance management systems for water / sewerage", Danube – Black Sea Regional Water Forum, International Conference "Water services and the new energy challenges", Palace of the Parliament, Bucharest, 10 – 12 June 2013
6. F. Rotaru, Solutions for optimizing the energy consumption within water supply systems. Poster sesion, Danube – Black Sea Regional Water Forum, International Conference "Water services and the new energy challenges", Palace of the Parliament, Bucharest, 10 – 12 June 2013
7. F. Rotaru, Progresul tehnologic – prezent și viitor. A VIII-a ediție a simpozionul "Progresul tehnologic – rezultat al cercetarii". AGIR, 26 Aprilie 2013, București
8. <http://www.bentley.com/>
9. WaterGEMS V8i User's Guide
10. Z. Y. Wu, P. Sage, D. Turtle, M. Wheeler, M. Hayuti, S. Velickov, C. Gomez, J. Hartshorn, F. Rotaru, Studiu de caz pentru detectarea pierderilor de apă, utilizând modelele hidraulice și datele măsurate. Detectivii apei pierdute. Supliment al publicației Aquastiri, editată de Aquatim S.A. Anul 3, Nr. 5, Apr. 2013, Timișoara

Probleme actuale în procesul de dezinfecție al apei potabile

Luca Mihail*, Dobreanu Iosefina Mădălina** Bălan Anca** and Luca Alexandru Lucian**

* Technical University "Gh. Asachi" Iași, Facultatea de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului, Catedra Inginerie Civilă, Bd. D. Mangeron 65, Iași 700050, Romania
(E-mail: mluca2004@yahoo.com)

** Technical University "Gh. Asachi" din Iași, Facultatea de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului, Catedra Inginerie Civilă, Bd. D. Mangeron 65, Iași 700050, Romania
(E-mail: mada.iose.dobreanu@gmail.com)

Abstract

This paper covers one of the major current issues faced globally and nationally on disinfection of water used in consumption. Current disinfection methods have problems because of the negative quality of water sources. In this context it is necessary to use new technologies or alternative disinfection. New technologies comparatively analyzed in the paper refers to disinfection with ozone, UV radiation, chloramines. The novelty of this approach requires their analysis to determine the conditions of application, energy efficiency and the quality of the product obtained. Worldwide but also in our country already are applied some of these modern disinfection technologies. Studies presents some comparative data that allow the implementation of modern disinfection technologies in a water system.

Keywords

Water treatment, technology, chlorine, ozone, UV, disinfection facility

1. INTRODUCERE

Accesul la apă potabilă de bună calitate reprezintă o condiție esențială pentru sănătatea umană și unul din drepturile fundamentale ale omului, fiind una dintre componentele unei politici eficiente de protecție a sănătății.

Obiectivul principal al tratării apei pentru consum uman îl constituie îndepărtarea turbidității și a contaminanților fizici și patogeni, prin aplicarea celor mai bune tehnologii disponibile.

Dezinfecția apei este necesară înaintea distribuirii către consumatori, deoarece prin procesele de coagulare, floculare și filtrare nu se înlătură toate bacteriile patogene.

Până de curând se credea că singura modalitate viabilă de dezinfecție a apei este dezinfecția cu clor, având în vedere că acesta este un dezinfectant puternic. Și la această oră există aceeași convingere la nivel global. Totuși, există îndoieli în privința acestuia, datorate produșilor secundari rezultați în urma dezinfecției cu clor, produși cu potențial nociv asupra sănătății oamenilor.

În aceste condiții la nivel global nu se dorește încetarea dezinfecției (în vederea evitării unor epidemii, cum a fost cea din Peru din anul 1991), ci se încearcă dezvoltarea și inovarea de metode alternative, ce nu au produși secundari atât de periculoși.

Dezinfectantul ideal pentru apa potabilă trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să prezinte efect germicid asupra tuturor patogenilor din apă;
- la folosirea lui să nu rezulte compuși toxici în apă;
- să asigure remanență, fără a fi nevoie de un exces de chimicale;
- să fie sigur, ușor de folosit și necostisitor financiar;
- să îndeplinească toate condițiile și reglementările în vigoare.

2. DEZINFECȚIA CU METODE CHIMICE

Dezinfecția are la bază, fie procese de oxido-reducere, ca urmare a folosirii unor agenți oxidanți puternici (numiți agenți de dezinfecție), fie separarea prin filtrare, combinată sau nu cu procese biologice (filtrarea lentă pe nisip, procesele de membrană). Natura agentului de dezinfecție influențează, de asemenea, cinetica inactivării. Agenții oxidanți din apa de tratat reacționează competitiv cu compușii chimici din apă în modul următor:

- cu apa, prin reacții de dizolvare/solvatare;
- cu compușii având caracter reducător, prin reacții de oxido-reducere;
- cu alți oxidanți, prin reacții de oxidare radicalice;
- cu microorganismele, prin reacții de oxidare a constituenților celulari.

Cei mai utilizați agenți de dezinfecție chimici sunt: clorul și derivații săi și ozonul.

Dezinfecția cu clor

Clorul este cel mai răspândit dezinfectant folosit la dezinfecția apei potabile. Poate fi aplicat, măsurat și controlat ușor în același timp oferind remanență, iar costul de achiziționare este foarte scăzut. Efectul germicid asupra bacteriilor și virusurilor se bazează pe ruperea legăturilor chimice din moleculele acestora, printr-o reacție de hidroliză. Eficacitatea procesului de dezinfecție depinde de pH-ul apei, având o eficacitate maximă la un pH cuprins între 5,5 și 7,5. În momentul în care se face dozarea clorului, trebuie avut în vedere că doza trebuie să fie îndeajuns de mare încât să rămână o doză de clor rezidual în apă, care să asigure remanența procesului. Doza de clor necesară este cuprinsă între 0.2 și 0.4 mg/L, dar concentrația de clor adăugată în apă este mai mare de obicei, pentru a asigura această doză de clor rezidual.

Clorul rezidual reacționează cu materia organică din apă și formează anumiți compuși chimici nedorți, toxici, numiți produși secundari ai dezinfecției sau DBP – disinfection by-products. Cei mai cunoscuți și cei mai toxici dintre aceștia sunt trihalometanii (THM) și acizii haloacetici (HAA). Factorii ce determină eficacitatea dezinfecției sunt: concentrația de clor, timpul de contact, temperatura, pH-ul apei, numărul și tipul microorganismelor și concentrația de materie organică din apă.

Tabel 1. Timpul necesar la dezinfecția cu clor pentru o apă încărcată cu microorganisme patogene; doza de clor: 1 mg/l, pH = 7.5, T = 2.5°C

Microorganism	Timp de dezinfecție
Bacteria E. Coli 0157 H7	<1 minut
Virusul Hepatitei A	Aproximativ 16 min
Giardia	Aproximativ 45 min
Cryptosporidium	Aproximativ 9600 min (6.7 zile)

Avantajele dezinfecției cu clor sunt:

- cost redus de achiziție și de operare;
- eficacitatea împotriva majorității microorganismelor, necesitând în majoritatea cazurilor timp de contact scurt spre moderat;
- remanența în sistem;
- tehnologia aplicată este ușoară și deja cunoscută.

Dezavantajele dezinfecției cu clor sunt:

- pericol în exploatarea neglijentă, clorul este foarte volatil și inflamabil necesitând condiții speciale de transport, stocare și manipulare (spre exemplu sistemele de tratare cu clor gazos

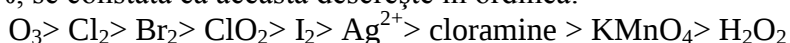
localizate în apropierea zonelor populate sau a altor facilități necesită precauții suplimentare în ce privește amplasarea buteliilor de clor într-o clădire închisă echipată cu un sistem de ventilare ce evacuează orice scăpări de gaz);

- formarea DBP, cu efect mutagenic și carcinogenic. Dacă nivelul acestora este prea mare se impune modificarea sistemului pentru a reduce formarea de produși secundari. O modalitate de a reduce nivelul THM este relocarea procesului de clorinare după sedimentare și coagulare și înainte de filtrare [USEPA, 1998]. Modificarea procesului duce la creșterea costurilor de exploatare prin folosirea excesivă și uzarea filtrelor de cărbune activ. Preozonizarea, folosită la oxidarea materiei organice înainte de filtrele rapide cu nisip și filtrele cu cărbune activ, poate fi folosită de asemeni pentru a prelungi viața filtrelor cu cărbune, astfel reducându-se cât de cât costurile;

- ineficacitate împotriva protozoarelor *Giardia* și *Cryptosporidium*;

- poate cauza gust și miros neplăcut al apei.

Din punct de vedere al eficienței dezinfecțanților chimici pentru distrugerea microorganismelor în proporție de 99,99%, se constată că aceasta descrește în ordinea:



Dezinfecția cu cloramine

Cloraminele sunt produse prin reacția clorului cu amoniacul și sunt la fel de eficiente ca și clorul în distrugerea bacteriilor și a altor microorganisme. Reacția de oxidare este lentă.

Dezinfecția se bazează pe distrugerea patogenilor prin blocarea metabolismului microorganismului și reacția directă cu aminoacizii din ADN-ul bacterian. În timpul dezactivării cloraminele distrug învelișul protector al virusului. Cloraminele reacționează cu materia organică din apă într-o măsură mai mică decât clorul iar astfel sunt puțini produși secundari formați. Amoniacul reprezintă o sursă de nutrienți pentru microorganismele din apă, iar acest lucru duce la creșterea nivelului de nitrați, compuși considerați carcinogenici. Avantajele dezinfecției cu cloramine sunt:

- formarea de produși reziduali mai stabili decât cei ai clorului;
- produce un număr mai redus de produși secundari față de clor;
- afectează într-o măsură redusă gustul și mirosul apei tratate;
- tehnologia este cunoscută.

Dezavantajele dezinfecției cu cloramine sunt:

- generarea *in situ* a cloraminelor necesită clor gazos sau hipoclorit fiind nevoie de condiții speciale de transport, stocare și manipulare pentru a evita formarea triclorurii de azot și vaporizarea amoniacului la temperatura mediului ambiant [USEPA, 1998];

- eficacitate mai scăzută în eliminarea microorganismelor din apă, necesitând timp de contact mult mai ridicat decât celelalte metode de dezinfecție;

Dezinfecția cu dioxid de clor

Utilizarea dioxidului de clor la dezinfecția apei a crescut semnificativ în ultimii 20 de ani și este folosit pe scară largă la noi în țară. Dioxidul de clor este un dezinfectant mult mai eficient decât clorul gazos reducând proșii secundari prin oxidarea precursorilor THM. Generarea trebuie făcută *in situ* deoarece este un compus instabil (este explozibil în aer, la concentrații mai mari de 10%). El se produce în soluție apoasă și trebuie utilizat la puțin timp după aceasta. Trebuie luate precauții la păstrarea sa în soluție deoarece se descompune la lumină.

În mod convențional dioxidul de clor este produs prin reacția dintre hipocloritul de sodiu și clorul gazos, dar se pot folosi și alte procese ce nu utilizează clor gazos (acid hidrocloric, clorit de sodiu) [www.capitalcontrols.com/cat006.htm].

Avantajele dezinfecției cu dioxid de clor sunt:

- dezinfecția cu dioxid de clor produce niveluri scăzute de THM și nu produce HAA;

- sistemele moderne ce nu necesită transportul clorului gazos și previn descărcarea de cloriți și clorați.

- eficiență mai ridicată în eliminarea microorganismelor față de clor sau cloramine, dar nu este un oxidant la fel de puternic ca și clorul gazos.

Dezavantajele dezinfecției cu dioxid de clor sunt:

- producerea *in situ* în cazul metodei convenționale, necesitând condiții speciale asociate transportului și manipulării clorului gazos.

- dioxidul de clor este un gaz exploziv și necesită condiții și reguli speciale de utilizare;

- producerea dioxidului de clor folosind clor gazos sau hipoclorit necesită un exces de compuși pentru a eficientiza procesul. Dacă procesul nu este controlat cu atenție acest lucru poate cauza prezența unei concentrații de clor în apa tratată și formarea de produși secundari toxici (cloriți, clorați);

- monitorizarea zilnică a cloriților și dioxidului de clor;

- cost ridicat al echipamentelor necesare;

- nivel ridicat de cunoștințe tehnice pentru operatori.

Dezinfecția cu ozon

Dezinfecția cu ozon este folosită pentru apa potabilă înbeosebi în Europa de Vest, încă de când a fost construită prima stație de tratare la Nisa în Franța. Ozonul este un gaz instabil ce se descompune rapid într-o moleculă de oxigen și un atom de oxigen liber. Această reacție de descompunere face ca ozonul să fie un oxidant extrem de puternic și de asemenea unul din cei mai puternici dezinfecțanți, nefiind influențat de temperatură sau pH. Ozonul poate fi combinat cu peroxid de hidrogen sau UV pentru a mări puterea de oxidare, pentru a înlătura mirosul și gustul apei și pentru a minimiza formarea de DBP rezultați în urma dezinfecției cu clor. Contaminanții organici sunt transformați în urma procesului de dezinfecție în dioxid de carbon și apă iar metalele sunt precipitate și sunt filtrate ulterior cu ajutorul filtrelor rapide de nisip sau prin filtre cu carbune activ.

Studiile efectuate au arătat că distrugerea *E-coli* se realizează în proporție de 99,99% în mai puțin de 100 s la o doză de 10 mg ozon/l apă (de 3000 de ori mai rapid decât clorul).

Fiind foarte instabil, este produs *in situ* prin descărcare electrică de înaltă tensiune în aer uscat și nu poate fi stocat pentru o perioadă lungă de timp.

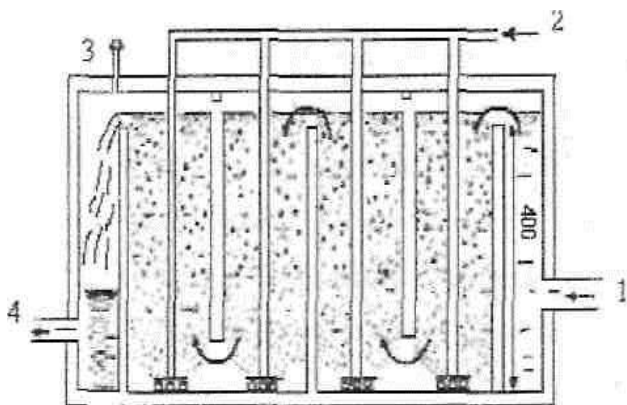


Fig. 1 Reactoare de ozonizare cu difuzori poroși: 1- apa brută, 2- introducere ozon, 3- exces ozon, 4- apa tratată

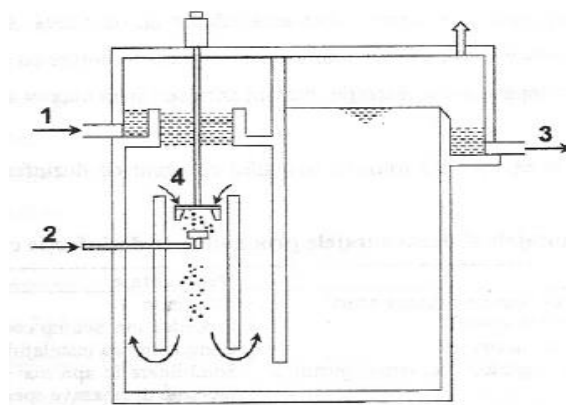


Figura 2 Reactor de ozonizare cu turbine: 1- alimentare cu apă, 2- introducere ozon, 3- apă tratată, 4- agitator tip turbină

Avantajele folosirii ozonului la dezinfecția apei sunt:

- datorită generării *in situ* nu necesită transport sau stocare;

- eficacitatea extrem de ridicată, chiar și împotriva protozoarelor rezistente (spre exemplu pentru inactivarea cyst-urilor de *Giardia* este necesar un timp de contact de 100 de ori mai scăzut decât cel necesar dezinfecției cu clor);

- oxidarea materialului organic și anorganic din apă (fier, mangan, sulfizi) și reținerea lor în treapta de filtrare;

- nu generează THM;

- automatizare completă a procesului;

Dezavantajele folosirii ozonului ca și dezinfectant sunt:

- monitorizare permanentă, datorată toxicității ozonului. În camera în care ozonul este injectat în apă, numită contactor, apar pierderi de ozon, la concentrații ce depășesc limita maximă admisă și sunt fatale. Acesta este colectat și transformat în oxigen pentru a fi emis în atmosferă;

- necesitatea luării unor măsuri de siguranță speciale datorate stocării oxigenului lichid de mare puritate;

- costul ridicat;

- lipsa remanenței, datorată timpului de viață scurt al ozonului (aproximativ 20 minute).

Timpul de viață depinde de temperatura apei și pH.

- instabilitate crescută;

- nivel ridicat de cunoștințe tehnice pentru operatori;

- formarea de produși secundari toxici (bromați).

3. DEZINFECȚIA PRIN METODE FIZICE

Dezinfecția cu raze ultraviolete

Spre deosebire de majoritatea dezinfectanților utilizați la ora actuală, radiația ultravioletă nu dezactivează microorganismele folosind o reacție chimică. Inactivarea are la bază o reacție fotochimică declanșată de absorbția luminii. Aceasta produce, în general, lizarea ADN-ului și moartea microorganismelor expuse.

Eficiența maximă se înregistrează în intervalul 2500 - 2650 Å, dar este condiționată de următorii factori: nu trebuie să existe în apă materii în suspensie, apa trebuie să fie curată, nu trebuie să conțină fier, coloizi organici sau microorganisme planctonice (se depun pe instalație), curgerea trebuie să fie în film subțire, de aproximativ 120 mm iar doza și timpul de expunere trebuie să fie corect calculate. Radiația este produsă de o lampă cu mercur construită din cuarț sau sticlă.

Deși radiația UV poate dezinfecta apa până la 99,99 %, unele studii au îndoieli asupra eficienței procesului, dozele necesare pentru dezactivarea microorganismelor rezistente (*Giardia* și *Cryptosporidium*) fiind foarte mari.

Dezinfecția cu radiație ultravioletă poate fi realizată în spații închise sub presiune (conducte, Fig. 3) sau spații deschise (canale, bazine Fig. 4).

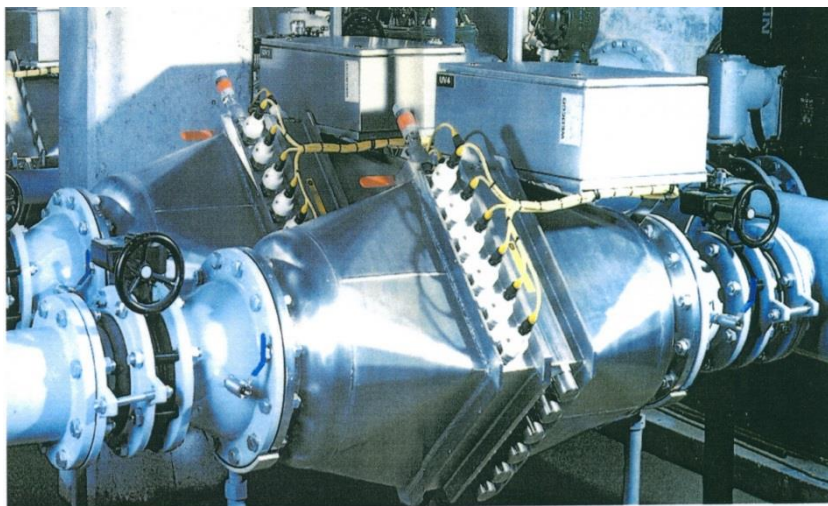


Fig. 1. Instalație de tratare cu UV montată în conductă

Avantajele acestei metode sunt următoarele:

- nu formează produși secundari;
- nu modifică mirosul și gustul apei;
- expunerea este de scurtă durată;
- asigură o distrugere completă a microorganismelor, inclusiv a protozoarelor rezistente

[Darby et al, 1995].

Dezavantajele folosirii dezinfecției cu radiație ultravioletă sunt:

- eficiența procesului depinde de turbiditate și materii dizolvate;
- nu prezintă remanență;
- echipamentele necesare sunt complexe;
- operatorii au nevoie de o instruire prealabilă.



Fig. 2. Instalație de tratare cu UV montată în canal

Dezinfecția solară (SODIS)

Eficiența acestei metode este recunoscută la scară redusă (sub 3:1), dar aplicarea la scară mare a acestei metode este încă studiată. În lume sunt construite stații pilot ce dezinfectează apa folosind această metodă (în Spania și Bolivia), iar eficiența înregistrată este ridicată.

Patogenii eliminați prin această metodă sunt următorii; *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, *E. Coli*, *Staphylococcus epidermis* și *Bacillus subtilis* etc.

Dezinfecția solară depinde de radiația UV, respectiv radiația din spectrul vizibil și radiația infraroșie. Cele mai importante sunt radiațiile UVA și UVB, cu o pondere de 70% din efectul dezinfectant. Celelalte 30% sunt "acoperite" de radiația din spectrul vizibil. Radiația infraroșie are rolul de a mări temperatura apei la peste 50°C pentru minim 60 minute.

Pentru fiecare patogen există un anumit nivel de radiație pe care acesta trebuie să îl absoarbă înainte de a fi dezactivat. Bacteriile și majoritatea virusurilor sunt ușor de distrus, în timp ce sporii bacterieni și ouăle parazite, cyst-urile și oocyst-urile sunt mai dificil de înlăturat (aproximativ ≈ 367 ani la expunerea la o radiație de 254 nm, dar dacă puterea radiației se mărește la 16000 uM/ cm² ar fi nevoie de doar 8750 s ≈ 2 ore).

Reacțiile de dezactivare a microorganismelor sunt similare celor de la dezinfecția cu raze UV: în momentul în care radiația solară ajunge în contact cu apa, eliberează atomi de oxigen ce afectează celulele printr-un proces de oxidare a membranei celulare. Distrugerea celulei este cauzată de afectarea directă a ADN-ului și a diferitor organe.

Deși metoda este eficientă împotriva anumitor patogeni ce cauzează boli hidrice, anumite specii pot fi rezistente la acest tip de dezinfecție. Printre avantajele acestei metode se numără faptul că nu produce compuși ce alterează gustul sau mirosul apei tratate și distrugerea completă a microorganismelor.

Analiza comparativă a metodelor de dezinfecție

Analiza comparativă a luat în considerare o serie de criterii privin aplicabilitatea, costul investiției și exploatarea, eficiența la degradarea și distrugerea agenților patogeni, precum și influența asupra personalului operator. Analiza comparativă privind unele criterii de aplicabilitate este prezentată în tabel 2. Analiza comparativă privind costurile este prezentată în tabel 3.

Tabel 2. Analiza comparativă a metodelor analizate

Criteriul	UV	Ozon	Clor	Cloramine	Dioxid de Clor	SODIS
DBP	NU	DA	DA	DA	DA	NU
Eliminare bacterii	DA	DA	DA	DA	DA	Majoritatea
Eliminare virusuri	DA	DA	DA	DA	DA	Majoritatea
Corectare miros și gust	NU	DA	NU	NU	NU	NU

Singurele variante viabile pentru dezinfecția apei sunt ozonul și radiația UV. Departajarea acestor două metode se realizează prin costurile ce le implică (Tabel 3).

Tabel 3. Analiza comparativă a costurilor pentru metodele de dezinfecție analizate

Criteriu	UV	Ozon
Costuri de operare	Scăzute	Scăzute
Costuri de investiție	Medii	Ridicate
Mentenanță	Ridicate	Medii
Complexitate proces	Scăzută spre medie, necesită instruire	Medie spre ridicată, necesită instruire personal și prezintă pericol de explozie

4. CONCLUZII

Toate tehnologiile analizate sunt disponibile pentru tratarea apei potabile, dar aplicarea lor depinde re tehnologizarea stațiilor de tratare și introducea acestora ca o metodă alternativă la cele existente în stadiul actual.

Metodele de dezinfecție ce folosesc compuși ai clorului sunt soluții viabile pentru înlocuirea clorului gazos. Generarea *in situ* elimină o parte din problemele cauzate de expunerea la substanțe toxice. Un avantaj al metodelor analizate îl constituie numărul redus de produși secundari ce se formează în urma dezinfecției.

Metodele de dezinfecție cu ozon și UV prezintă costuri de investiție relativ mari și o monitorizare foarte atentă (în special la ozon).

Sistemul de tratare cu ozon prezintă costul de investiție cel mai ridicat dintre toate metodele analizate, precum și un risc mare la care sunt expuși operatorii.

Sistemul de tratare cu ozon asigură nivelul de dezinfecție cel mai ridicat dintre soluțiile analizate.

Singurele metode care nu produc DBP sunt dezinfecția cu UV și SODIS, dar nu oferă remanență procesului.

Dezinfecția cu UV este fezabilă doar pentru sisteme ce nu folosesc apă de suprafață.

5. BIBLIOGRAFIE

1. Bartram J., *et. al*, *Hygiene, sanitation and water: forgotten foundations of health*, PLOS Medicine, Vol. 7, 2010
2. Boyle M., *et. al*, *Bactericidal effect of solar water disinfection under real sunlight conditions*, Applied and Environmental Microbiology, 2008, pag. 2997 – 3001
3. Cairncross S., *et. al*, *Hygiene, sanitation and water: what needs to be done?*, PLOS Medicine, Vol. 7, 2010
4. Darby J., *et al.*, *Comparison of UV Irradiation to Chlorination: Guidance for Achieving Optimal UV Performance (Disinfection)*, final report, Project 91-WWD-1, 1995, p.44
5. *EPA Guidance Manual – Alternative Disinfectants and Oxidants, Cap. 8 Ultraviolet Radiation*, Aprilie 1999
6. Hunter P.R., *et. al*, *Water Supply and Health*, PLOS Medicine, Vol. 7, 2010
7. Mănescu Al., Sandu M., Ianculescu O., *Alimentări cu apă*, Edit. Did. Pedag. București, 1994
8. Rothman K.J., *Defining safe drinking water*, Epidemiology, Vol. 8, 1997, pag. 607-609
9. Salama M., *The replacement of chlorination in the treatment of municipal drinking water*, Technical Paper II, 1997
10. Somani S.B., Ingle N.W., *Alternative approach to chlorination for disinfection of drinking water – an overview*, IJAERS, Vol I, 2011, pag. 47-50
11. Steenland K., Moe C., *Are we running dry?*, Epidemiology, Vol. 14, 2003, pag. 635-636
12. *** GP 087 Ghid de proiectare a construcțiilor pentru tratarea apei în vederea potabilizării, MTCT, București, 2003.

Proгноza cerințelor de apă pentru populație

Elena Godeanu* and Ionela Florescu**

* Eng. National Institute of Hydrology and Water Management, 97 Sos. Bucuresti-Ploiesti, Bucharest
Romania
(E-mail: elena.godeanu@hidro.ro)

** Eng. National Institute of Hydrology and Water Management, 97 Sos. Bucuresti-Ploiesti, Bucharest
Romania
(E-mail: ionela.florescu@hidro.ro)

Abstract

The forecast highlights the tendencies of development by which is performed the investigation, the knowledge and the foreshadowing of future.

The forecast for water demands suppose the foresight of water demand based on information processing using special statistical procedures.

The forecast for water demands are made for three scenarios depending on the fertility rate: medium scenario (medium fertility rate), maximal scenario (high fertility rate), minimal scenario (low fertility rate). The planning based upon the scenarios is a strategic planning method to elaborate flexible plans for a long term period. Elaboration of the scenarios on forecast of water demand for population are based on the following data: historical information that can be used to estimate future water use, projections on the evolution of population, based on demographic studies, population distribution by area of housing, by county, by development regions, by river basins, eg.

Scenarios shows the evolution of the population and its water demands.

Statistical data and strategies/programs/sectoral development plans are analyzed for the elaboration of scenarios concerning the future evolution of water demands for the population. To achieve the forecast of water demands for the population was applied "The forecast methodology of water demand of the water users" elaborated by the National Institute of Hydrology and Water Management.

This methodology was applied to elaborate the Development Plan of River Basin, part of the Directory Scheme of River Basins Management and Development.

For the case study are analyzed the river basins administrated by the Arges-Vedea Water Basin Administration, and the forecast period is the time interval from 2015 to 2050.

Keywords

Scenario, forecast, water demand

1. CERINȚA DE APĂ

Apa este însăși viața și elementul indispensabil activității omului reprezentând un indicator al aprecierii gradului de civilizație și al posibilităților de dezvoltare pe care societatea le oferă populației.

În epoca actuală omenirea se confruntă cu trei probleme fundamentale: pacea, energia și apa. De rezolvarea acestora depinde însăși viitorul și progresul omenirii.

Țara noastră dispune de surse interne relativ reduse de apă, de ordinul a 2000 m³/locuitor și an, față de 20000 m³/locuitor și an în țările nordice și 5000 – 10000 m³/locuitor și an în cea mai mare parte a țărilor europene: Austria, Elveția, Turcia, Rusia.

Cerința de apă este cantitatea de apă care trebuie prelevată dintr-o sursă pentru satisfacerea necesarului (nevoilor) rațional de apă ale unui beneficiar/utilizator.

Principalii factori care influențează cerința de apă sunt: natura folosinței de apă (alimentarea cu apă a populației, apa industrială, irigații, zootehnie, producerea de energie), prețul apei, existența unor surse alternative de alimențare cu apă, numărul populației, mediul de locuire al populației, venitul

populației, starea actuală a sistemului de alimentare cu apă, etc.

La nivelul anului 2012 cerința de apă este repartizată pe 3 categorii de utilizatori: populației îi revine 15,30% din cerința totală de apă, agriculturii îi revine 17,80% din cerința totală de apă, iar industriei 66,90% din cerința totală de apă.

Cerința de apă potabilă trebuie să asigure:

- necesarul de apă potabilă;
- nevoile tehnologice ale sistemului de alimentare cu apă și canalizare pentru: spălarea aducțiunilor, a rețelelor de distribuție, a rețelei de canalizare, asigurarea tehnologiei de funcționare a stațiilor de epurare etc.;
- pierderile de apă în aducțiune și rețeaua de distribuție.

Proгноza cerințelor de apă este o activitate complexă ce are ca scop previziunea cerințelor de apă pe baza prelucrării informațiilor cu ajutorul procedurilor statistice speciale astfel încât să se realizeze o concordanță între consumurile prognozate și consumurile înregistrate. Prognoza cerințelor de apă se realizează pentru trei scenarii în funcție de rata fertilității: scenariul mediu (rata medie a fertilității), scenariul maximal (rata ridicată a fertilității) și scenariul minimal (rata scăzută a fertilității). Informațiile care stau la baza elaborării scenariilor privind prognoza cerințelor de apă pentru populație sunt următoarele: informații istorice - ce pot servi la estimarea utilizării viitoare a apei, proiecții asupra evoluției populației, având la bază studii demografice, repartitia populației pe medii de locuire, pe județe, pe regiuni de dezvoltare, pe bazine hidrografice, etc.

2. STUDIU DE CAZ. BAZINELE HIDROGRAFICE AFLATE ÎN ADMINISTRAREA ADMINISTRAȚIEI BAZINALE DE APĂ ARGEȘ-VEDEA

Administrația Bazinală de Apă Argeș-Vedea își desfășoară activitatea pe teritoriile a șase județe (Argeș, Dâmbovița, Olt, Giurgiu, Teleorman, Ilfov) și Municipiul București (conform figura 1), prin tot atâtea Sisteme de Gospodărire a Apelor, acoperind bazinele hidrografice ale râurilor Argeș, Vedea, Călmățui toate tributare fluviului Dunărea, precum și o parte din bazinul hidrografic al Dunării situat între confluența cu râul Olt și cea cu râul Argeș.



Figura 1 - Județele aferente ABA Argeș-Vedea

Administrația Bazinală de Apă Argeș-Vedea, gestionează un patrimoniu bogat în lucrări hidrotehnice specifice activității de gospodărire a apelor, pe o suprafață de 21479 km², asigurând necesarul de apă pentru o populație de circa 3,8 milioane locuitori (conform tabelului 1), 67.29% reprezentând populația din mediul urban și 32.71 % populația din mediul rural.

Tabel 1 - Populația pe județe și medii de locuire aferentă zonei de studiu conform recensământului din anul 2011

Județe	TOTAL	Urban	Rural
OT	69358	17509	51849
TR	374784	123188	251596
B	1883425	1883425	0
CL	69225	7725	61500
DB	238716	29905	208811
GR	281422	82205	199217
IF	337630	167028	170602
AG	598637	281642	316995
Total	3853197	2592627	1260570

În figura 2 este prezentată ponderea populației fiecărui județ din totalul populației din zona de studiu.

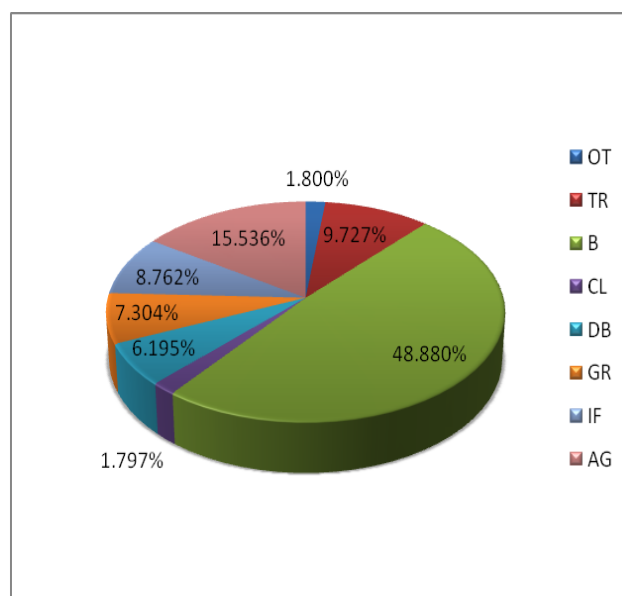


Figura 2 - Ponderea populației fiecărui județ din totalul populației din zona de studiu

Trebuie menționat faptul că, Administrația Bazinală de Apă Argeș-Vedea este furnizorul principal de apă de suprafață pentru alimentarea cu apă a populației, industriei și agriculturii din întregul bazin hidrografic, revenindu-i sarcina asigurării necesarului de apă pentru populația municipiilor București și Pitești, drept pentru care toate obiectivele hidrotehnice sunt monitorizate permanent acționându-se atât în perioadele de secetă cât și în perioadele de ape mari (inundații) sau alte dezastre, în baza unor regulamente de exploatare aprobate de către Administrația Națională Apele Române.

Proгноza evoluției populației din zona de studiu ABA Argeș - Vedea, pentru intervalul 2015-2050

Ca informații necesare elaborării scenariilor privind evoluția viitoare a cerințelor de apă ale populației, sunt analizate strategii/programe/planuri de dezvoltare sectoriale și informații statistice. Pentru realizarea prognozei cerințelor de apă pentru populație a fost aplicată „Metodologia de prognoză a cerințelor de apă ale folosințelor”, elaborată de Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor. Această metodologie a fost aplicată la elaborarea Planului Național de Amenajare a Bazinelor Hidrografice, parte componentă a Schemei Directoare de Amenajare și Management a Bazinelor Hidrografice.

Pentru calculul prognozei evoluției populației din zona de studiu ABA Argeș – Vedea pentru intervalul 2015-2050 s-au folosit datele furnizate de Institutul Național de Statistică și informațiile statistice furnizate de Organizația Națiunilor Unite – Departamentul pentru Economie și Afaceri Sociale.

Populația României conform recensământului din 2011 este de 20.121.641 locuitori.

Ponderea populației din zona de studiu din populația României este de 19.149 %.

În tabelul 2 este prezentată prognoza evoluției populației României în intervalul 2015-2050 pentru 3 scenarii.

Tabel 2 - Prognoza evoluției populației României pentru intervalul 2015-2050

Scenariul de prognoză	Scenariul mediu	Scenariul maximal	Scenariul minimal
2015	21579201	21775120	21383282
2020	21226122	21707193	20745051
2025	20770532	21561632	19979429
2030	20232088	21305990	19162511
2035	19652457	21019961	18306614
2040	19056152	20772509	17406924
2045	18445370	20594149	16449708
2050	17808862	20456007	15435657

Planificarea prin scenarii constituie o metodă de planificare strategică pentru a elabora planuri flexibile pe termen lung.

Cunoscând ponderea populației din zona de studiu din populația României și prognoza evoluției populației României pentru intervalul 2015 – 2050 se poate realiza prognoza evoluției populației pentru zona de studiu în intervalul 2015-2050. În tabelul 3 este prezentată prognoza evoluției populației ABA Argeș– Vedea pentru intervalul 2015 – 2050 pentru cele 3 scenarii.

Tabel 3 - Prognoza evoluției populației ABA Arges – Vede pentru intervalul 2015 – 2050

Anul	Scenariul de bază	Scenariul maximal	Scenariul minimal
2015	4132313	4169830	4094795
2020	4064700	4156823	3972577
2025	3977839	4128948	3825964
2030	3874347	4079994	3669528
2035	3763351	4025221	3505628
2040	3649161	3977835	3333342
2045	3532199	3943680	3150040
2050	3410311	3917226	2955854

În figura 3 este reprezentată evoluția populației prognozate aferente zonei de studiu pentru intervalul 2015-2050 în cazul celor 3 scenarii.

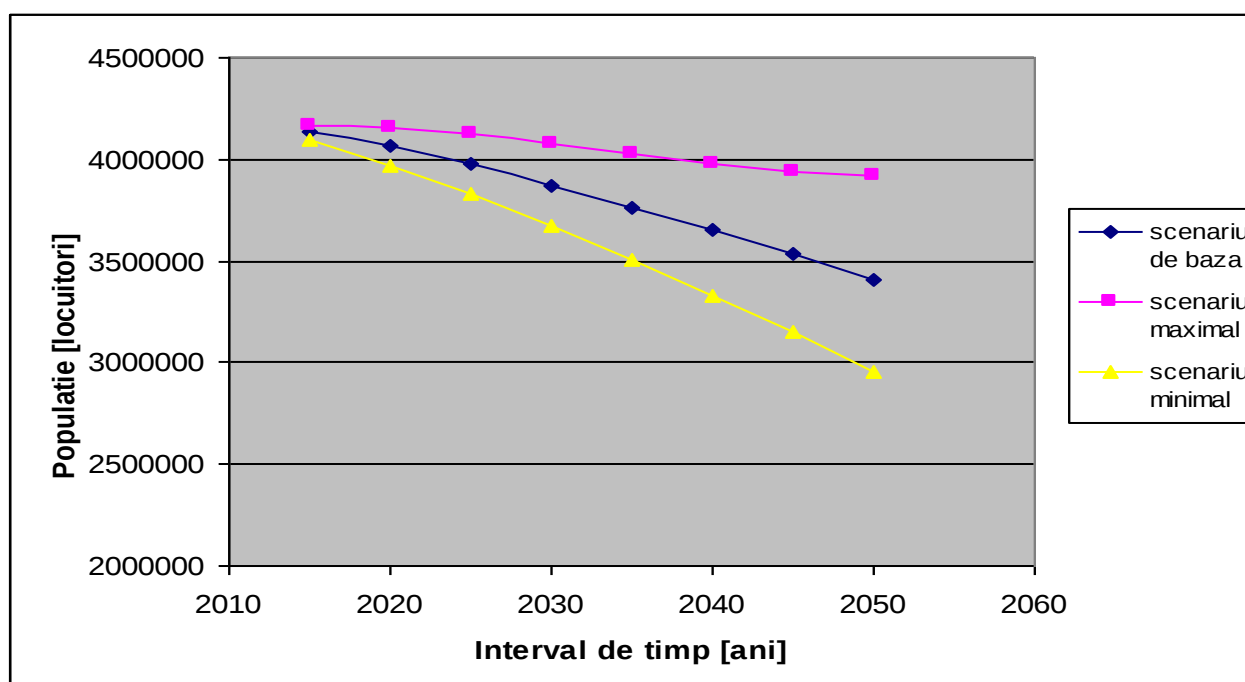


Figura 3 - Evoluția populației prognozate aferente zonei de studiu pentru intervalul 2015-2050 în cazul celor 3 scenarii

Repartiția prognozată a populației din zona de studiu pe medii de locuire pentru intervalul 2015 - 2050. Gradul de urbanizare reprezintă raportul dintre populația urbană a unui județ și populația totală a aceluiași județ. Deoarece nu se cunoaște o prognoză în ceea ce privește creșterea gradului de urbanizare în intervalul 2011 – 2050, pentru calculul acestuia se folosește coeficientul creșterii anuale a gradului de urbanizare pentru intervalul 2011-2050 furnizat de statistica Organizației Națiunilor Unite. În figura 4 este prezentată creșterea gradului de urbanizare pentru intervalul de timp 2011 – 2050.

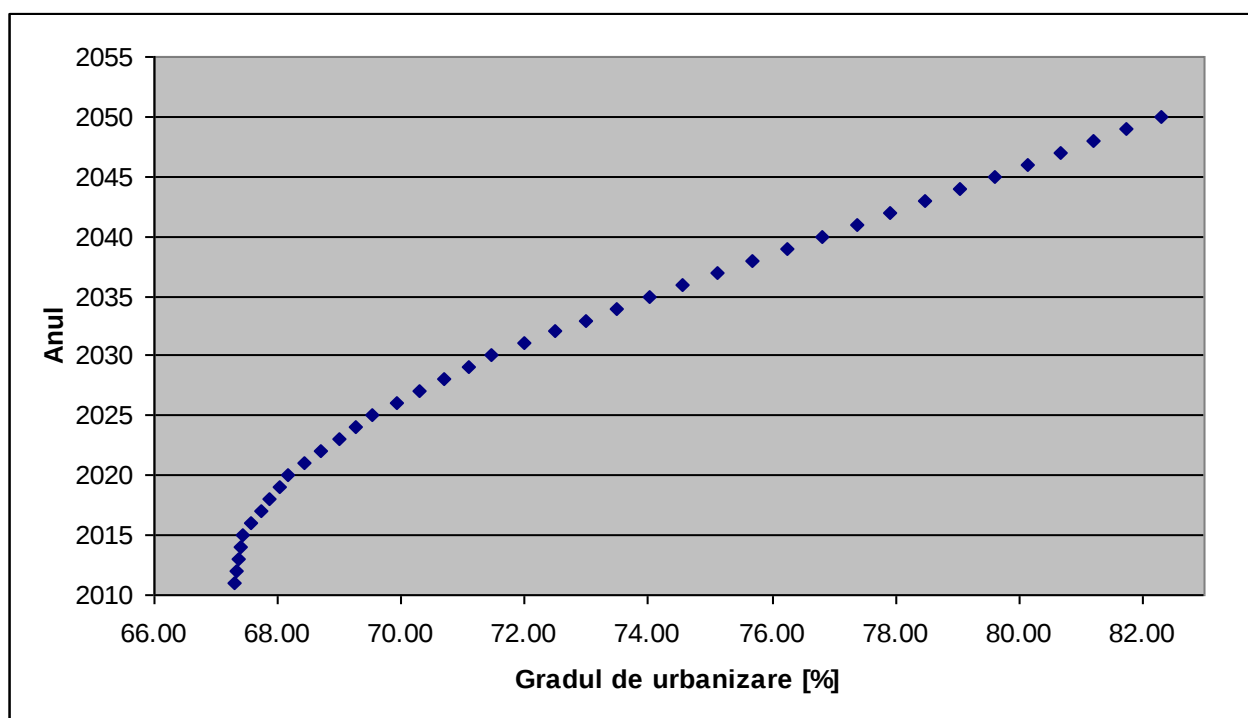


Figura 4 - Creșterea anuală a gradului de urbanizare în intervalul de timp 2011 – 2050

Cunoscând gradul de urbanizare și prognoza evoluției populației ABA Argeș Vede în perioada 2015-2050 se determină repartitia prognozată a populației pe medii de locuire. În tabelul 4 este prezentată repartitia prognozată a populației din zona de studiu pe medii de locuire pentru intervalul 2015 – 2050.

Tabelul 4 - Repartitia prognozată a populației pe medii de locuire [număr locuitori]

Anul/mediu de locuire		Scenariul de bază	Scenariul maximal	Scenariul minimal
2015	Urban	2785995	2811290	2760701
	Rural	1346317	1358541	1334094
2020	Urban	2770688	2833483	2707893
	Rural	1294012	1323339	1264684
2025	Urban	2766145	2871225	2660533
	Rural	1211694	1257723	1165431
2030	Urban	2769087	2916068	2622698
	Rural	1105260	1163926	1046830
2035	Urban	2785224	2979032	2594486
	Rural	978126	1046189	911142
2040	Urban	2803521	3056029	2560888
	Rural	845640	921806	772454
2045	Urban	2811376	3138885	2507204
	Rural	720823	804795	642835
2050	Urban	2806520	3223686	2432523
	Rural	603791	693540	523330

Din tabelul anterior se observă o creștere a gradului de urbanizare din zona de studiu de la 67,42% la 82,30%, ca urmare a preconizării creșterii economice.

Proгноza cerințelor de apă pentru populația din mediul urban

Numărul populației urbane branșate la sistemele centralizate de alimentare cu apă se determină prin calcul ținându-se seama de prevederile Programului Operațional Sectorial de Mediu (POS MEDIU) pentru intervalul 2015-2020, care menționează că, începând cu anul 2015, întreaga populație urbană va fi branșată la sistemele centralizate de alimentare cu apă.

Pentru calculul de prognoză se va utiliza cerința medie de apă pe locuitor, în mediul urban, la nivelul României respectiv de 95 m³/loc/an.

În tabelul 5 este prezentată cerința de apă prognozată pentru populația din mediul urban.

Tabelul 5 - Cerința de apă prognozată pentru populația din mediul urban [mil.m³]

Scenariu	Județul	Anul (orizont de prognoză)							
		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Scenariul de baza	OT	1.79	1.78	1.77	1.78	1.79	1.80	1.80	1.80
	TR	12.58	12.51	12.49	12.50	12.57	12.65	12.69	12.67
	B	192.27	191.21	190.90	191.10	192.22	193.48	194.02	193.69
	CL	0.79	0.78	0.78	0.78	0.79	0.79	0.80	0.79
	DB	3.05	3.04	3.03	3.03	3.05	3.07	3.08	3.08
	GR	8.39	8.35	8.33	8.34	8.39	8.44	8.47	8.45
	IF	17.05	16.96	16.93	16.95	17.05	17.16	17.21	17.18
	AG	28.75	28.59	28.55	28.58	28.74	28.93	29.01	28.96
	Total	264.67	263.22	262.78	263.06	264.60	266.33	267.08	266.62
Scenariul maximal	OT	1.80	1.82	1.84	1.87	1.91	1.96	2.01	2.07
	TR	12.69	12.79	12.96	13.16	13.45	13.79	14.17	14.55
	B	194.02	195.55	198.15	201.25	205.59	210.91	216.62	222.48
	CL	0.80	0.80	0.81	0.83	0.84	0.87	0.89	0.91
	DB	3.08	3.10	3.15	3.20	3.26	3.35	3.44	3.53
	GR	8.47	8.53	8.65	8.78	8.97	9.21	9.45	9.71
	IF	17.21	17.34	17.57	17.85	18.23	18.70	19.21	19.73
	AG	29.01	29.24	29.63	30.09	30.74	31.54	32.39	33.27
	Total	267.07	269.18	272.77	277.03	283.01	290.32	298.19	306.25
Scenariul minimal	OT	1.77	1.74	1.71	1.68	1.66	1.64	1.61	1.56
	TR	12.46	12.22	12.01	11.84	11.71	11.56	11.32	10.98
	B	190.52	186.88	183.61	181.00	179.05	176.73	173.03	167.88
	CL	0.78	0.77	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.69
	DB	3.03	2.97	2.92	2.87	2.84	2.81	2.75	2.67
	GR	8.32	8.16	8.01	7.90	7.82	7.71	7.55	7.33
	IF	16.90	16.57	16.28	16.05	15.88	15.67	15.34	14.89
	AG	28.49	27.95	27.46	27.07	26.78	26.43	25.87	25.10
	Total	262.27	257.25	252.75	249.16	246.48	243.28	238.18	231.09

Proгноza cerințelor de apă pentru populație în mediul rural

Gradul de racordare al populației rurale la sistemele centralizate de alimentare cu apă în intervalul 2015-2050 se stabilește ținând seama de prevederile POS Mediu și de prognoza financiară.

Pentru prognoza cerințelor de apă în intervalul 2015-2050, în mediul rural se pleacă de la următoarele prevederi:

- Până în anul 2015 se prognozează a avea acces la sistemele centralizate de alimentare cu apă 50% din populația rurală.
- Până în anul 2020 se prognozează a avea acces la sistemele centralizate de alimentare cu apă 80% din populația rurală.
- Până în anul 2050, 100% din populația rurală se prognozează să aibă acces la sistemele centralizate de alimentare cu apă.
- Rata medie a utilizării apei în mediul rural este de 350 l/om zi (128 m³/an loc)

În tabelul 6 este prezentată cerința de apă prognozată pentru populația din mediul rural.

Tabelul 6 - Cerința de apă prognozată pentru populația din mediul rural [mil.m³]

Scenariul	Județul	Anul (orizont de prognoză)							
		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Scenariul de baza	OT	3.54	5.45	5.42	5.24	4.89	4.45	3.80	3.18
	TR	17.20	26.45	26.31	25.41	23.74	21.60	18.42	15.43
	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CL	4.20	6.46	6.43	6.21	5.80	5.28	4.50	3.77
	DB	14.27	21.95	21.84	21.09	19.70	17.93	15.28	12.80
	GR	13.62	20.94	20.83	20.12	18.80	17.11	14.58	12.21
	IF	11.66	17.93	17.84	17.23	16.10	14.65	12.49	10.46
	AG	21.67	33.32	33.15	32.02	29.91	27.22	23.20	19.43
	Total	86.16	132.51	131.83	127.33	118.94	108.24	92.27	77.29
Scenariul maximal	OT	3.58	5.57	5.63	5.52	5.23	4.85	4.24	3.65
	TR	17.35	27.05	27.31	26.76	25.39	23.55	20.56	17.72
	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CL	4.24	6.61	6.68	6.54	6.21	5.76	5.03	4.33
	DB	14.40	22.45	22.67	22.21	21.07	19.55	17.06	14.71
	GR	13.74	21.42	21.63	21.19	20.10	18.65	16.28	14.03
	IF	11.77	18.34	18.52	18.15	17.22	15.97	13.94	12.01
	AG	21.86	34.08	34.41	33.72	31.99	29.67	25.90	22.32
	Total	86.95	135.51	136.84	134.08	127.22	117.99	103.01	88.77
Scenariul minimal	OT	3.51	5.33	5.22	4.96	4.56	4.07	3.38	2.76
	TR	17.04	25.85	25.31	24.07	22.11	19.73	16.42	13.37
	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CL	4.17	6.32	6.19	5.88	5.41	4.82	4.01	3.27
	DB	14.14	21.45	21.00	19.98	18.35	16.38	13.63	11.10
	GR	13.49	20.47	20.04	19.06	17.51	15.63	13.00	10.59
	IF	11.56	17.53	17.16	16.32	14.99	13.38	11.14	9.07
	AG	21.47	32.57	31.89	30.33	27.86	24.86	20.69	16.85
	Total	85.38	129.50	126.80	120.59	110.79	98.87	82.28	66.99

3. CONCLUZII

Ca urmare a creșterii economice, a nivelului de trai și a dezvoltării sociale, se preconizează o creștere a gradului de urbanizare din zona de studiu de la 67,28% în anul 2011, la 67,42% în anul 2015, la 82,30 în anul 2050.

Potrivit Programului Operațional Sectorial de Mediu (POS MEDIU), începând cu anul 2015, întreaga populație urbană va fi branșată la sistemele centralizate de alimentare cu apă.

Ținând cont de prevederile Programului Operațional Sectorial de Mediu (POS MEDIU), și de prognoza financiară, până în anul 2015 se prognozează a avea acces la sistemele centralizate de alimentare cu apă 50% din populația rurală, până în anul 2020, 80% din populația rurală, iar până în anul 2050, 100% din populația rurală se prognozează să aiba acces la sistemele centralizate de alimentare cu apă.

În mediul rural, majoritatea gospodăriilor dispun de o sursă alternativă de apă de bună calitate care este disponibilă tot anul, provenită din fântânile proprii, fapt ce motivează populația să nu apeleze la un sistem centralizat de alimentare cu apă.

Unul dintre principalii factori care influențează cerința de apă pentru populație este prețul apei, care trebuie să fie suficient de mare astfel încât populația să utilizeze apa în mod rațional, dar și suficient de mic astfel încât întreaga populație să-și poată permite accesul la sistemele centralizate de alimentare cu apă.

4. BIBLIOGRAFIE

1. „*Metodologia de prognoză a cerințelor de apă ale folosințelor*”, elaborată de Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor;
2. Strategia Națională pentru Dezvoltarea Durabilă a României Orizonturi 2013-2030-2050;
3. Directiva 2000/60/CE;
4. Programul Operațional Sectorial Mediu și Documentul Cadru de Implementare a acestuia,
5. Standard român SR 1343-1, Iunie 2006
6. Recensământul Populației și locuințelor (RPL 2011) publicat de Institutul Național de Statistică (INS)
7. Organizația Națiunilor Unite – Departamentul pentru Economie și Afaceri Sociale.
8. Date furnizate de Administrația Națională Apele Române și Administrațiile Bazinale de Apă.
9. Ovidiu Ianculescu, Gheorghe Ionescu - *Alimentări cu apă*, Editura Matrix Rom București, 2002
10. www.capital.ro

Tehnologii de filtrare a apelor prin utilizarea membranelor ceramice

Daniela Simona Moldovan*

* PhD Engineer, Water Company Brașov, 13 Vlad Tepes str, Brasov, Code 500092, România, Chairman of the Quality-Environment Commission of ARA
(E-mail: danielamoldovan@apabrasov.ro)

Abstract

In the technological process of water treatment, an extremely important phase is its filtering. Filtering is used as a last level of clearing, both for producing drinking water, and for frequent treatment of industrial water. Through this function, filtering has an essential role in reaching the quality indicators of the water at the required specifications.

The procedure of advanced clearing of water – filtering – consists of its passing through a compound of spongy material named filtering layer, chosen according to the intended purpose.

During the last decades, the diaphragm science enjoyed a dashing development and there were recorded successive processes from the first studies on osmosis until the present complex installations meant for phase separations or purifications.

The main advantages of the ceramic diaphragms are: thermic stability at high baric gradients, mechanical stability (it doesn't densificate when being pressed), microbiological stability, chemical stability, especially in solvents.

The most frequent procedure, used in separating and cleaning the fluids of contaminants, is filtering in spongy agents. This filtering type is efficient when treating high discharge fluids with a small concentration of contaminants and a previous sedimentation of bigger particles.

Microfiltering has a decisive role in water and waste water treatment in order to discard the dissolved substances and the colloidal particles.

This study analyses the ceramic diaphragm made of alum shale, used in separation processes, having as major phasal constituent α -Al₂O₃, together with mullite, derived from the transformations suffered by china-clay, with the role of binder in compound and pores.

The use of porous ceramic made of alum shale offers the possibility to improve the quality of drinking water, as well as the quality of cleaning water discharged in the emissary, firstly due to the microbiological and chemical stability and secondly to the significant decrease of the dissolved substances and colloidal particles.

Keywords

Water treatment, ceramic diaphragm, α -Al₂O₃, filtering in spongy agents, water microfiltering

1. INTRODUCERE

În procesul tehnologic de tratare al apei brute în scopul potabilizării, o fază extrem de importantă este filtrarea apei.

Filtrarea este procedeul de limpezire avansată a apei, constând din trecerea acesteia printr-o masă de material poros denumit strat filtrant, ales în concordanță cu scopul propus.

Filtrarea este utilizată ca ultimă treaptă de limpezire, atât pentru producerea apei potabile, cât și în frecvente cazuri pentru tratarea apei industriale, funcție prin care filtrarea are rol în obținerea indicatorilor de calitate ai apei la nivelul exigențelor solicitate.

Procesul de filtrare rapidă a fost examinat din punct de vedere teoretic și experimental, pentru prima oară în mod sistematic de R. Eliassen în anul 1935 în lucrarea: " An Experimental and Theoretical Investigation of the Clogging of a Rapid Sand Filtration " [1].

Factorii care influențează și definesc procesul complex al limpezirii apei prin filtrare pot fi grupați după:

- a) Caracteristicile dispersiilor care se filtrează: natura, mărimea, concentrația și starea de agregare a acestora în apă.
- b) Caracteristicile mediului filtrant: natura, mărimea și forma granulelor, structura, porozitatea și grosimea stratului filtrant.
- c) Condițiile hidrodinamice ale filtrării: viteza de filtrare, temperatura apei, pierderile de sarcină, regimul de curgere și variațiile acestora în decursul unui ciclu [1].

În general, în România filtrarea apei decantate în uzinele de apă se realizează cu nisip cuarțos (grosimea stratului de 1-1,10m), de granulometrie aprox. 0,5-2 mm și sistem de drenaj plăci cu crepine și plăci M.

2. TEHNOLOGII DE FILTRARE A APELOR PRIN UTILIZAREA MEMBRANE CERAMICE POROASE DIN ALUMINĂ

2.1. Importanța membranelor ceramice

Știința membranelor s-a bucurat în ultimele decenii de o impetuoasă dezvoltare, fiind înregistrate în timp procese succesive asupra osmozei (1927) și până la actualele instalații complicate, destinate separărilor sau purificărilor de fază.

Membrana reprezintă o barieră imperfectă între două faze, componenții din masa fazei putând fi transportați inegal prin membrană, ceea ce permite o separare a lor [2].

Procesul de membrană reprezintă trecerea unui component sau a unui grup de componenți similari din fluidul aflat în contact cu o față a membranei, în fluidul aflat în contact cu cea de-a doua față, astfel putând conduce la separarea componenților ce se află în faza fluidă [4].

Principalele avantaje ale membranelor ceramice sunt :

- stabilitate termică și la gradient mare de presiune;
- stabilitate mecanică (nu se compactează la presare);
- stabilitate microbiologică;
- stabilitate chimică, în special la solvenți.

Membranele permit o separare selectivă în sensul că particulele mai mari decât porii membranei, sunt reținute, pe când particulele mai mici trec în ultrafiltrant.

Practic, ultrafiltrarea și microfiltrarea care au devenit posibile de realizat industrial datorită procedurii membranelor semipermeabile pot fi folosite în operații de separare, purificare, concentrare.

La modul general, membrana este un solid cu un conținut de goluri sau pori, care pot fi dispersați fie regulat, fie neregulat în matricea solidă, și pot fi intercomunicați sau necomunicați. Un fluid penetrează porii intercomunicați ai membranei, volumul acestora denumindu-se volum de pori efectiv [4].

Membranele oxidice se caracterizează printr-o serie de parametrii, care împreună pe de-o parte determină structura, iar pe de altă parte influențează caracteristicile funcționale ale lor. Parametrii care definesc microstructura poroasă a membranelor sunt: porozitatea, caracterul porilor (intra- și intergranular), tipul de pori (închiși, deschiși, înfundați), distribuția mărimii porilor, dimensiunea maximă și medie a porilor, suprafața specifică interioară a materialului sintetizat, modalitatea sau numărul deferitelor populații de pori, suprafața minimă a punților intergranulare [5].

2.2. Caracteristici funcționale ale membranelor oxidice

Procedeul cel mai frecvent, utilizat la separarea și curățirea fluidelor de impurități, este filtrarea în medii poroase. Acest tip de filtrare este eficient la tratare unor fluide cu debite mari, cu o concentrație mică de impurități în suspensie și cu o decantare prealabilă a particulelor de dimensiuni mari.

Mecanismul filtrației poate fi studiat prin două considerente:

- reținerea particulelor de impurități la nivelul suprafeței porilor mediului poros,

- reținerea impurităților în ansamblul stratului filtrant.

Modul de reținere în ansamblul stratului filtrant poate fi expus sub forma:

- fiecare porțiune a stratului poros are o capacitate de reținere a suspensiilor,
- după epuizarea acestei capacități, suspensiile sunt reținute pe porțiunea următoare din grosimea stratului filtrant.

Performanța sau fluxul membranelor oxidice este dependentă de microstructura - textura membranelor.

Rezistența hidraulică a membranelor este determinată de microstructura lor poroasă.

În procesele de separare cu membrane microfiltrante, se disting două tipuri de microfiltre [6]:

- microfiltre în profunzime, la care macromoleculele, particulele coloidale, bacteriile sunt reținute în volumul materialului membranal, ceea ce determină colmatarea ireversibilă a porilor;
- microfiltre de tip ecran, în cadrul cărora constituenții lichidelor sunt reținuți la suprafața superficială a membranei.

2.3 Membrane oxidice de micro și ultrafiltrare

Materialele de baza ale acestor membrane, sunt de natura oxidica (Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , SnO_2) sau hidroxidică.

Membranele pot fi obținute prin diverse metode de preparare :

- presarea pulberii oxidice fin granulate, urmată de sinterizare la temperatura de fuziune a materialului,
- presarea izostatică;
- turnarea suspensiilor apoase;
- turnarea sub presiune la cald;
- prepararea stratului selectiv al membranei compozite prin tehnica sol-gel.

Microfiltrarea este un proces de separare prin membrana determinată de presiune, în vederea separării particulelor coloidale, a microorganismelor și a emulsiilor.

Filtrul este o membrană microporoasă cu limita de separare cuprinsă între 0,02 - 10 μm . Din acest motiv, microfiltrarea se situează între ultrafiltrare și filtrarea grosieră, care nu este un proces de membrană.

Microfiltrarea are un rol hotărâtor în tratarea apei și al apei uzate, în vederea îndepărtării substanțelor dizolvate și a particulelor coloidale. Deseori, microfiltrarea se combină cu alte procese de separare.

În microfiltrarea tangențială, lichidul care urmează a fi filtrat curge paralel la suprafața membranei ceea ce reduce formarea sedimentelor pe suprafața sa, sau o menține la un nivel scăzut. Datorită microfiltrării tangențiale pot fi salvate costuri substanțiale prin reciclarea apei și a altor costuri.

Separarea particulelor dintr-o fază lichidă prin intermediul membranei de microfiltrare cu structura microporoasă, are loc prin așa numitul efect de sită, filtrarea limitându-se la suprafața exterioară a membranei. Distribuția îngustă a mărimii porilor, este premiza asigurării retenției cantitative a particulelor de o anumită mărime și tip. Totodată, retenția microorganismelor și a particulelor coloidale depinde și de alți factori: deformabilitate (hematii, bacili, bacterii), tendința de absorbție (coloizi) și fluxul transmembranian (viteza de filtrare).

3. LUCRĂRI DE CERCETARE PENTRU PRODUCEREA MEMBRANELOR DIN ALUMINĂ

3.1. Studiu de literatură

Caracteristicile impuse membranelor ceramice din alumină sunt:

- permeabilitate la apă și alte lichide;
- rezistență mecanică ridicată;
- stabilitate chimică la acizi, baze și solvenți;
- pH-ul de utilizare de la 0 la 14;
- rezistență la temperatură;
- rezistență la compresiune.

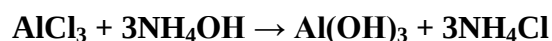
În sens restrictiv, aceste caracteristici devin:

- permeabilitate: minim 3l/m²h;
- porozitate deschisă: minim 20%;
- mărime pori: sub 10μm;
- rezistență la temperatură: până la 1200°C;
- rezistență mecanică la tracțiune din încovoiere: 150 daN/cm².

3.2. Metoda de obținere a membranelor

Membranele ceramice din alumină, utilizate în procesele de separare au ca și constituent fazal important α-Al₂O₃, alături de mulit, obținut prin transformările suferite de caolin, cu rol de liant în masă și pori.

Forma α a oxidului de aluminiu, se obține la temperaturi înalte (1200°C) din forme de temperatură joasă, acestea la rândul lor obținându-se dintr-un hidroxid de aluminiu, obținut prin precipitarea unei săruri de aluminiu cu o bază:



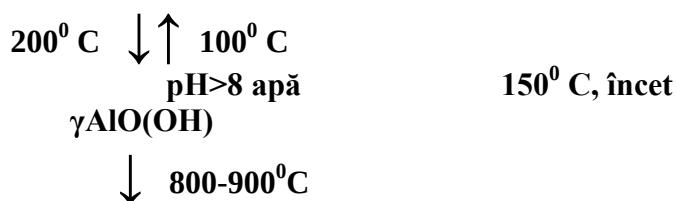
Din sărurile de aluminiu se precipită Al(OH)₃, cu baze ca NH₄OH, NaOH, Na₂CO₃ adăugate la rece, reacția fiind puternic exotermă, când rezultă un gel incolor, voluminos, translucid de Al(OH)₃ forma γ, de temperatură joasă [7].

Soluției de Al₂(SO₄)₃ de pH = 2, i se adaugă NH₄OH concentrat, până la pH maxim = 6. În prealabil, soluția de Al₂(SO₄)₃ se obține prin dizolvarea în apă a sulfatului de aluminiu.

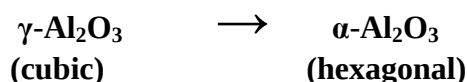
Se obține un gel alb (spre incolor) a cărui vâscozitate crește odată cu creșterea pH-ului, deci a adăugării de bază. Hidroxidul de aluminiu proaspăt precipitat este amfoter, se dizolvă în acizi cu formare de săruri. Deci se evită mediul acid.

Precipitatul obținut se filtrează, spălându-se continuu, iar apoi se supune uscării la etuvă, când pierde treptat apa odată cu temperatura și suferă transformări structurale, mai mult sau mai puțin profunde, conform schemei :

repede



1200 - 1300⁰ C



Hidroxizii și oxihidroxizii aluminiului sunt denumiți astfel:

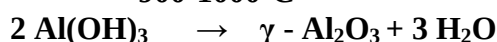
- bayerit : $\alpha \text{ Al(OH)}_3$;
- gibbsit sau hidrargilit : $\beta \text{ Al(OH)}_3$;
- boehemit : $\gamma \text{ AlO(OH)}$;
- diaspor : $\alpha \text{ AlOOH}$.

Principiul care stă la baza obținerii membranelor ceramice poroase cu $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$, pentru separarea suspensiilor fine, constă în obținerea porilor în urma transformării $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$ în $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$, prima fiind mai densă, cu structură cubică (tip NaCl) și prin transformarea ei la peste 1000⁰ C (în jur de 1250⁰ C) se obține o structură mai (puțin) densă - cu pori - hexagonală, de $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$.

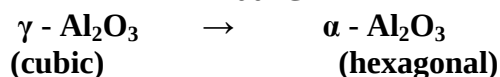
Forma $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$ este o modificare polimorfă de temperatură joasă, cu simetrie cubică și greutate specifică 3,47 g/cm³. Este solubilă în acizi concentrați spre deosebire de $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ care este insolubil și se obține prin calcinarea la 900 - 1000⁰ C a aluminei precipitate.

$\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$, la temperaturi ridicate (~ 1250⁰ C) trece în $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$, reacția fiind însoțită de o foarte mare contracție de volum. Această transformare nu se face la un punct fix de temperatură, întrucât cele două stări polimorfe sunt monotrope [8].

900-1000⁰C



T > 1200⁰ C



Forma cristalină de temperatură înaltă, $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ are greutate specifică 3,99 g/cm³ și duritate 9 în scara Mohs. Este cea mai stabilă modificare a oxidului de aluminiu și singura care se găsește în natură. [9].

$\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ se cunoaște și sub denumirea de corindon.

Mecanismul transformării constă în distrugerea rețelei $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$ și din materia amorfă rezultată recrystalizează rețeaua α , ceea ce explică variația de volum și contracția atât de mare care însoțește reacția [9].

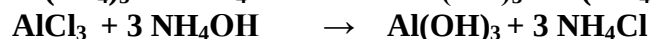
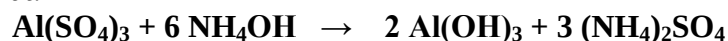
Introducerea porilor în masă se poate face pe mai multe căi :

- cu ajutorul unor substanțe spumogene care produc efervescență prin degajare de gaze;
- cu ajutorul unor substanțe combustibile care ard și degajă gaze.

Deoarece la 1250⁰ C - temperatura de ardere a membranelor - nu există substanțe capabile să îndeplinească cele două condiții de mai sus, s-a ales pentru inducerea porilor transformarea γ aluminei în α alumină.

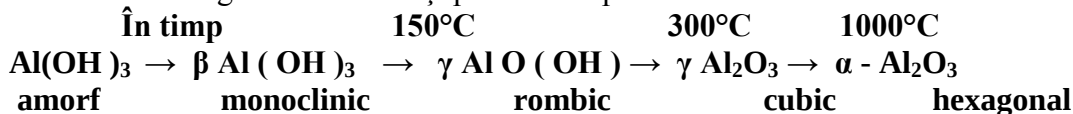
Etapele de obținere a membranelor ceramice din alumină sunt:

1. Obținerea gelului de alumină prin precipitarea soluției de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sau AlCl_3 cu NH_4OH concentrat.



2. Filtrarea și spălarea precipitatului.

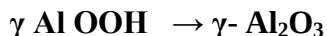
3. Uscarea gelului în etuvă și pierderea apei conform schemei:



Uscarea decurge până la etapa de obținere a $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

4. Arderea oxihidroxidului, în cuptor electric:

800°C



5. Măcinarea umedă a γ aluminei cu caolin, respectiv cu diatomit și porțelan sanitar în proporțiile date de cele șase rețete ($M_1 - M_6$), timp de trei ore.

M_1 : 80% $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -20% caolin;

M_2 : 50% $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ - 50% caolin;

M_3 : 60% $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ - 40% caolin;

M_4 : 80% $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ - 20% porțelan sanitar;

M_5 : 80% $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ - 15% caolin H - 5% diatonit;

M_6 : 50% $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ industrială - 50% caolin.

În ultima rețetă (M_6) se folosește alumina industrială, pentru a se realiza o discuție comparativă cu primele cinci rețete (M_1-M_5) când se folosește alumina precipitală.

6. Uscarea barbotinei de la $u_i = 35\%$ - 40%, la $u_f = 6 - 12\%$ în vederea obținerii pudrei de presare.

7. Sitarea în două etape, pe sita nr.1 și 0,5 mm a materialului obținându-se pudra de presare prin reținerea a ceea ce a rămas pe sita 0,5.

8. Macerarea pudrei de presare în vederea uniformizării umidității, timp de 24 ore minim.

9. Presarea pudrei cu presa hidraulică în matriță de 3cm și 10 cm diametru, cu următoarele forțe de presare:

$$A_1 = \pi r^2 = 3,14 (1,5)^2 = 7,065 \text{ cm}^2$$

$$P = 8000 \text{ kgf}$$

$$\text{Presiunea necesară presării este: } p_1 = P/A_1 = 8000/7,065$$

$$p_1 = 1132,0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_2 = \pi r_2^2 = 3,14 \times 10^2/4 = 78,5 \text{ cm}^2$$

$$P = 250 \text{ kgf}$$

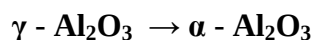
$$\text{Presiunea specifică este: } p_2 = 250/78,5 = 3,1847 \text{ kgf/cm}^2$$

10. Uscarea membranelor în atmosferă și apoi în etuvă.

11. Arderea membranelor la 1200°C , timp de 24 ore, în cuptorul de ardere a produselor sanitare, pe diagramă lungă de ardere.

Are loc reacția:

1200°C



12. Răcirea, controlul și sortarea membranelor.

13. Verificarea proprietăților urmărite inițial, prin determinari și încercări efectuate pe produs.

În obținerea membranelor pe bază de alumină α s-au studiat cinci mase în sistemul $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ și o masă în sistemul alumină - porțelan sanitar.

Toate masele s-au plasat în domeniul formării mulitului - consistent deosebit de valoros alături de α Al_2O_3 .

Rețetele s-au alcătuit luând ca și materii prime caolin Harghita, diatomit, porțelan sanitar (M_4) și $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ca aportor de Al_2O_3 , prin precipitare cu NH_4OH concentrat.

Modul de lucru a fost simplu, deoarece a presupus dozarea cu exactitate la balanța tehnică a materiilor prime, după ce - în prealabil - s-a obținut γ - Al_2O_3 prin precipitarea $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ soluție cu NH_4OH prin filtrarea, urcarea și arderea gelului $\text{Al}(\text{OH})_3$ în cuptor electric (timp de 2 zile), la 800 - 950°C .

După dozare, amestecurile au fost omogenizate pe cale umedă în mori cu bile, timp de 3 ore minim, datorită durității aluminei. Apa adăugată în moară reprezintă 60% din cantitatea de caolin necesară, iar în moara cu bile de porțelan aluminos de 3 kg capacitate, raportul material: bile este 1 : 0,4.

Masa preparată pe cale umedă, barbotina, a fost supusă uscării în etuvă la 120°C , până la umiditate maxim 12%, după care s-a sitat prin sitele 1 și 0,5mm, fracțiunea dintre cele două site fiind cea utilă. Se lasă la macerat 1-2 zile pulberea, i se determină umiditatea și dacă este cuprinsă între 4 - 12% se presează la presa hidraulică, membranele cu diametrul de 30 mm sau 100 mm. Se supun uscării mai întâi în aer liber pentru evitarea unei contracții prea bruște și apoi în etuvă timp de 2 zile.

La presare, după scoaterea din matrită, se observă că membranele cu diametrul mai mare decât al matriței, datorită elasticității caolinului. Drept urmare contracția la uscare va fi foarte mică.

Arderea maselor, s-a făcut în cuptorul industrial tunel - cu diagramă lungă de ardere, de 24 ore - din cadrul unității S.C. SANEX S.A. Cluj-Napoca, deci arderea s-a realizat în cuptorul de ardere a produselor sanitare, în atmosferă neutrală.

Faza de laborator a confirmat că masele M_1 , M_5 și M_4 sunt cele mai bune deoarece au o porozitate deschisă mare și se formează compoziția mineralogică adecvată utilizării membranelor în microfiltrare.

4. CONCLUZII. DETERMINĂRI. REZULTATE OBTINUTE

Membranele ceramice au fost supuse unor încercări de natură fizică, chimică și mecanică, evidențiind astfel structura, proprietățile și utilitatea lor.

Determinările efectuate au fost următoarele:

- a) Contracția la uscare și ardere.
- b) Capacitatea de absorbție a apei.
- c) Analiza termică a precipitatului uscat și a aluminei calcinate.
- d) Analiza cu raze Roentgen a precipitatului uscat, a aluminei calcinate și a membranelor obținute.
- e) Vizualizarea și determinarea mărimii porilor.

Determinările s-au făcut pe membrane ceramice cu dimensiunile:

- grosime: 3 mm,
- diametru: 30 mm.

4.1. Contracția la uscare și ardere a membranelor

Contracția la uscare, se efectuează prin măsurarea diametrului membranei înainte și după uscare.

Pentru membrane cu diametru de 30 mm, s-a obținut o contracție la uscare de 3,33%.

Pentru membrane cu diametru de 120 mm, s-a obținut o contracție la uscare de 0,16%.

Contracția la ardere, se efectuează prin măsurarea diametrului membranei înainte și după ardere.

Pentru fiecare rețetă s-a făcut o medie a trei determinări și s-a obținut o contracție la ardere între 3 și 15,22%.

Concluzii:

- Masele cu alumină industrială (M_6) au contracție foarte mică (3%) spre deosebire de cele cu alumină precipitată (M_1 - M_5) care au contracție la ardere până la 13,89% și chiar 15,22% (M_5).
- Cu scăderea conținutului de alumină, de la 80% la 50%, concentrația rămâne aproximativ aceeași, în schimb prezența diatomitului în M_5 aduce un plus de contracție.

4.2. Capacitatea de absorbție a apei (porozitate deschisă)

S-a determinat prin metoda gravimetrică, luându-se din fiecare rețetă câte două probe care se supun fierberii minim 2 ore în apă.

Concluzii:

- Odată cu scăderea conținutului de alumină, scade porozitatea deschisă (M_1 - M_3 - M_2).
- La același conținut de alumină, dar în prezența porțelanului sanitar în loc de caolin, apare o ușoară scădere a porozității (M_1 - M_4).
- În masele cu alumină precipitată absorbția apei este dublă ca valoare, comparativ cu masele cu alumină industrială (M_2 - M_6).
- Prezența diatomitului alături de caolin și un procent mare de alumină (80%) aduce o porozitate deschisă mare (M_5).
- Masele cu alumină industrială prezintă porozitate deschisă mică, textura lor prezentând pori mari ceea ce ne duce la concluzia că astfel de mase nu au utilizare în micro și ultrafiltrare.

4.3. Analiza termică

Este o metodă complexă de analiză, în care materialul este încălzit o oră jumătate, cu o viteză de încălzire constantă, urmărindu-se transformările suferite de 1 g amestec probă.

S-au efectuat trei analize termice: ATD (analiza termică diferențială), GT (gravimetria termică), GTD (dravimetria termică diferențială), pe o singură diagramă numită derivatografie termică, ce reprezintă o reuniune a trei tehnici experimentale și care măsoară simultan: temperatura probei, a substanței inerte și a cuptorului și diferența de temperatură între probă și substanța inertă când au loc transformări termice.

La analiza termică a amestecului $\text{Al}(\text{OH})_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, s-a constatat, la 900°C obținerea $\gamma \text{ Al}_2\text{O}_3$, pulbere foarte fină și reactivă.

La analiza termică a aluminei calcinate, între 900 - 1000°C are loc formarea $\gamma \text{ Al}_2\text{O}_3$, iar peste 1100°C se formează $\alpha \text{ Al}_2\text{O}_3$. Maximul efectului are loc la 1270°C .

4.4. Analiza cu raze x (Analiza Roentgen)

Analiza Roentgen constă în penetrarea probei de către razele x produse de catod în urma bombardării acesteia cu electrozi emiși de anod, între cei doi electrozi existând o tensiune de 10 000 V.

Analiza Roentgen a aluminei precipitate și uscate la etuvă relevă prezența unui alaun de amoniu cu un număr de molecule de apă.

Difractograma probei calcinate la 450°C , arată prezența sulfatului de aluminiu și amoniu care la analiza termică s-a constatat că pleacă la 600°C .

Difractograma probei calcinate până la 1000°C (cuptor derivatograf) identifică prezența $\gamma \text{ Al}_2\text{O}_3$, iar difractograma aluminei calcinate la 1275°C (prin arderea probei calcinate la 450°C în cuptorul derivatografului) indică prezența $\alpha \text{ Al}_2\text{O}_3$ pur.

4.5. Vizualizarea și determinarea mărimii porilor

Porii incluși în structura membranei au fost puși în evidență la microscop și fotografiați.

S-a constatat că porii sunt mici, uniform distribuiți în structura membranei, au forme aproximativ sferice și sunt în număr mare. Porii deschiși aduc o porozitate deschisă de 37,68%.

Forma porilor este deosebit de complexă și depinde de forma și dimensiunea granulelor inițiale, de presiunea de compactizare și de regimul de sinterizare.

Dimensiunea maximă a porilor echivalată cu diametrul maxim al porilor, este o caracteristică structurală importantă în cazul filtrelor, deoarece determină dimensiunea maximă, teoretică a granulelor impurităților care pot trece prin filtru.

S-a determinat aproximativ dimensiunea porilor și prin măsurători s-au obținut dimensiuni între 0,010 - 0,024 mm. Pozele au fost mărite de aproximativ 250 ori.

Utilizarea membranelor ceramice poroase din alumina la microfiltrarea apei oferă posibilitatea îmbunătățirii calității apei potabile precum și a apelor de spălare deversate în emisar, datorită pe de o parte stabilității microbiologice și chimice pe care le prezintă și pe de altă parte datorită reducerii în cantitate mare a substanțelor dizolvate și a particulelor coloidale.

5. BIBLIOGRAFIE

1. Pîslărașu, I, Rotaru, N, Teodorescu, M, Alimentații cu apă, Ed. Tehnică București-1981
2. Nenițescu, C, D, Chimie Generală, Editura Didactică și pedagogică, București 1982.
3. Mîndru, I, Ceoreanu, M, D, Chimia coloizilor și suprafețelor, Editura tehnică București, 1977.
4. Simiti, I, V, Magyarosi, I, Materiale poroase permeabile sinterizate, București, 1992.
5. Rice, R, W, J. Of american ceramic society, vol.76, Nr.7, p.1801-1808, 1993.
6. Brun, J, P, Procèdes de Separation par membrane. Transport. Technique membranaires. Application, Masson, Paris, 1989.
7. Macarovici, C, Chimie anorganică. Metale, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1972.
8. Abramovici, R, Materii prime ceramice, Timișoara, 1974.
9. Solacolu, P, Chimia fizică a silicaților tehnici, Editura tehnică București, 1980

Considerații privind reactivitatea încărcării organice naturale față de clor din surse subterane tratate în sistem biologic pentru biooxidare ioni amoniu

Cristiana Cosma*, Viorel Patroescu*, Mihaela Alexie*, Costel Bumbac*, Olga Tricolici* and Ionuț Cristea*

* National Research and Development Institute for Industrial Ecology – ECOIND, 71-73 Drumul Podu Dambovitei, Bucharest – 6, 060652
(E-mail: tehnologi@incdecoind.ro)

Abstract

The presence of inorganic compounds containing oxidable nitrogen within groundwater sources at various, high concentration levels, especially in the case of NH_4^+ ($\text{NH}_4^+ \leq 8 \text{ mg/l}$), is asking for the replacement of classical oxidation technology using “break point” chlorination, due to non-conformities generated by high consumptions of chlorogenic agents (tens $\text{mg Cl}_2/\text{l}$) upon the quality of treated water (acid pH, high ratio of residual bound chlorine, trihalomethanes above the maximum admissible concentration).

Biochemical oxidation using a bio-filter system in specific operating conditions (media type, temperature, oxygen demand, inorganic carbon and phosphorus sources, biological contact time, etc.) is representing a feasible technological alternative.

Taking into account that carbon source used within the biochemical process is inorganic, the dissolved natural organic matters (NOM- humic matters) can react with the chlorine used in the final stage of biological effluent treatment.

In the conditions of advanced removal of NH_4^+ , oxidation to NO_3^- , the chlorine dosages needed for effluent's finishing, disinfection are reduced.

Experimental tests have as objectives to set up the chlorine dosage ($\text{Cl}_2 = 0,5 \div 0,8 \text{ mg/l}$) that assures the disinfection of effluents resulted from biological nitrification step and a minimum ratio of residual bound chlorine, as well as the assessment of trihalomethanes formation potential in case of dissolved organic load, $\text{DOC} \leq 1,8 \text{ mg C/l}$ (weight ratios $\text{Cl}_2 / \text{DOC} = 1 \div 8$).

Keywords

Ground water sources, biological nitrification, chlorination, THMs

1. INTRODUCERE

Prezenta ionilor amoniu în unele surse subterane, în concentrații ridicate și fluctuante ($\text{NH}_4 \leq 8 \text{ mg/l}$) impune includerea unei trepte de nitrificare biologică în componenta filierelor de tratare în vederea asigurării conformării calității apei destinate consumului uman cu exigențele impuse de legislația în vigoare.

La ora actuală, oxidarea ionilor amoniu cu clor este singura soluție tehnică aplicată în filierele de potabilizare în România, proces inadecvat pentru concentrații inițiale de amoniu de ordinul mg/l . Argumentele care susțin necesitatea implementării procesului de oxidare biochimică în filierele de potabilizare surse subterane cu conținut de ioni amoniu ($\text{NH}_4^+ > 1 \text{ mg/l}$) și poluanți asociați oxidabili de natură anorganică/organică sunt, după cum urmează:

- consumul ridicat de clor necesar pentru oxidarea NH_4^+ la break point ($8 - 15 \text{ mg clor/mg N-NH}_4^+$) care generează concentrații mari de clor rezidual legat sub formă de cloramine și totodată de trihalometani, peste limitele admise;
- toxicitatea cloraminelor și respectiv a derivatilor de tip nitrozodimetilamina (NDMA) formați majoritar în procesul de clorare;

- orientarea la nivel european spre tehnologiile biologice pentru îndepărtare ioni amoniu prin biooxidare.

Compusii organohalogenati generati in timpul procesului de clorare (oxidare/dezinfectie) includ o gama variata de derivati (trihalometani, haloacizi, halocetone, haloacetoni, clorpicrina, clorfenoli etc.), dintre care numai trihalometanii (CHCl_3 , CHCl_2Br , CHClBr_2 , CHBr_3) si acizii haloacetici (monoclor-, -diclor-, triclor-, monobrom-, dibromacetic) sunt reglementati de legislatia internationala/nationala [1-2].

Astfel, conform reglementarilor U.S. EPA si respectiv standardelor UE, limitele pentru subprodusi de dezinfectie in apa tratata sunt, dupa cum urmeaza [3].

U.S. EPA THM totali – 80 $\mu\text{g/l}$; Acizi haloacetici – 60 $\mu\text{g/l}$

UE/Romana THM totali – 100 $\mu\text{g/l}$

In consecinta, se impune descarcarea majora a apei subterane de poluantii oxidabili (in special NH_4^+) inainte de dezinfectia cu clor, pentru evitarea consecintelor nedorite care conduc la alterarea calitatii apei destinate consumului uman.

2. PARTE EXPERIMENTALĂ

Lucrarea prezinta rezultatele testelor experimentale efectuate pentru finisarea calitatii unei surse subterane cu continut de amoniu (NH_4^+ initial = 3-7,6 mg/l) rezultata din treapta de nitrificare biologica cuplata cu filtrare, in vederea stabilirii dozei de clor necesare dezinfectiei avansate si asigurarii unui procent minim de clor legat in apa tratata.

De asemenea, s-a evaluat reactivitatea incarcarii organice naturale, evaluata global prin determinarea parametrului carbon organic dizolvat ($\text{DOC} \leq 1,8 \text{ mg/l}$) fata de clor, respectiv potentialul de formare THM la diverse rapoarte masice Cl_2/DOC ($\text{Cl}_2 : \text{DOC} = 2-8/1$) si diverse intervale de timp.

Etapele de lucru au fost urmatoarele:

- **Evaluare caracteristici fizico-chimice si bacteriologice efluent biologic**, in conformitate cu metodele standardizate
 - *Caracteristici fizico-chimice:* pH = 8,45, $\text{NH}_4^+ < 0,1 \text{ mg/l}$, $\text{NO}_2^- < 0,1 \text{ mg/l}$, $\text{NO}_3^- < 18,1 \text{ mg/l}$, turbiditate $< 1 \text{ UNT}$, DOC = 1,8 mg C/l, alcalinitate = 268 mg CaCO_3/l
 - *Caracteristici bacteriologice:*
 - Colonii la 22°C (UFC/cm³) = 6800
 - Colonii la 37°C (UFC/cm³) = 8400
 - Coliformi totali (nr/250cm³) = 54
 - Escherichia coli (nr/250cm³) – lipsa
 - Enterococi (nr/250cm³) – lipsa
- **Dezinfectie efluent biologic. Influenta doza de clor**
 - *Doze aplicate* (apa de clor → 200 mg Cl_2/l)
 - a) 0,5 ÷ 0,8 mg Cl_2/l
 - b) 1 ÷ 2 mg Cl_2/l
 - *Timp contact*

- a) $\tau_c = 10 \div 30$ min
- b) $\tau_c = 10$ min $\div$ 24 ore
- *Indicatori analizati*
 - pH, clor liber, clor legat, THM
 - incarcare bacteriologica (doze de $\text{Cl}_2 = 0,5 - 0,6$ mg/l, τ contact – 10 min)
- **Evaluare potential de formare THM**
 - rapoarte masice $\text{Cl}_2 \div \text{DOC} = 2 \div 8/1$
 - timp contact $0,5 \div 72$ ore
 - pH neutru ($\text{pH} = 7 - 7,5$)
 - $t = 20^\circ\text{C}$

3. REZULTATE SI DISCUTII

Sursa subterana cu continut ridicat de $\text{NH}_4^+ \leq 7,6$ mg/l a fost tratata intr-o instalatie pilot tip biofiltru cu functionare in sistem continuu. Procesul de nitrificare biologica pentru biooxidare NH_4^+ , proces aerob si autotrof realizat in prezenta bacteriilor nitrificatoare (Nitrosomonas si Nitrobacter), bacterii nepatogene, in conditii specifice de operare a condus la indepartarea avansata a compusilor cu azot oxidabil (NH_4^+ , NO_2^-) sub limitele normate de legislatia in vigoare.

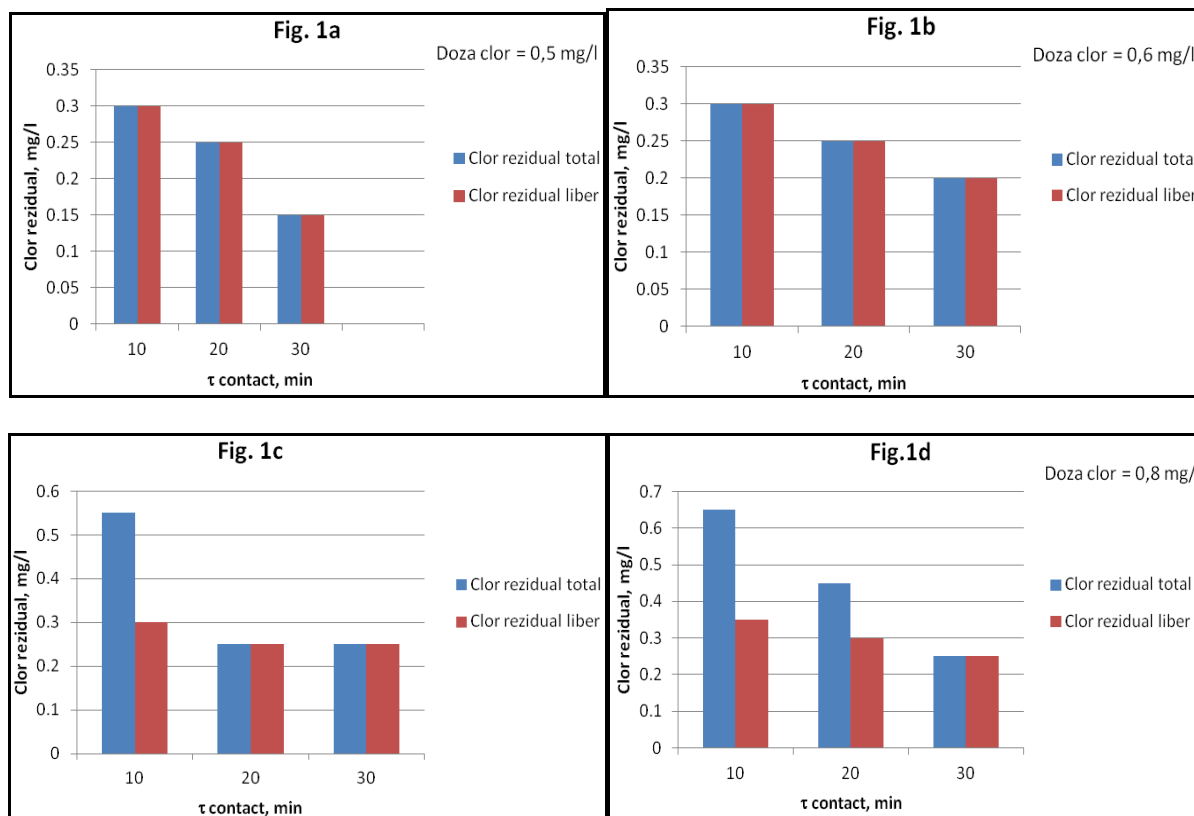
Analizele specifice au evidenciat un nivel moderat de incarcare microbiana, respectiv prezenta de germeni totali in efluentul instalatiei de nitrificare biologica.

Pentru stabilirea dozei de clor necesara dezinfectiei efluentului biologic descarcat de compusii anorganici cu azot ($\text{NH}_4^+ < 0,1$ mg/l, $\text{NO}_2^- < 0,1$ mg/l) s-au efectuat teste de clorare, dupa filtrare efluent biofiltru pentru reducere turbiditate.

Testele de clorare efectuate la doze de $\text{Cl}_2 = 0,5 \div 0,8$ mg/l, au urmarit evolutia in timp (τ contact = 10-30 min) a formelor de clor rezidual (figurile 1a÷1d).

De asemenea, probele tratate cu doze de 0,5 mg Cl_2 /l si 0,6 mg Cl_2 /l au fost analizate din punct de vedere al incarcarii bacteriene remanente, dupa 10 minute de contact.

Fig. 1a ÷ 1d. Evoluție clor rezidual total și liber în timp la diverse doze de agent de dezinfectie (doze clor = 0,5 ÷ 0,8 mg/l)

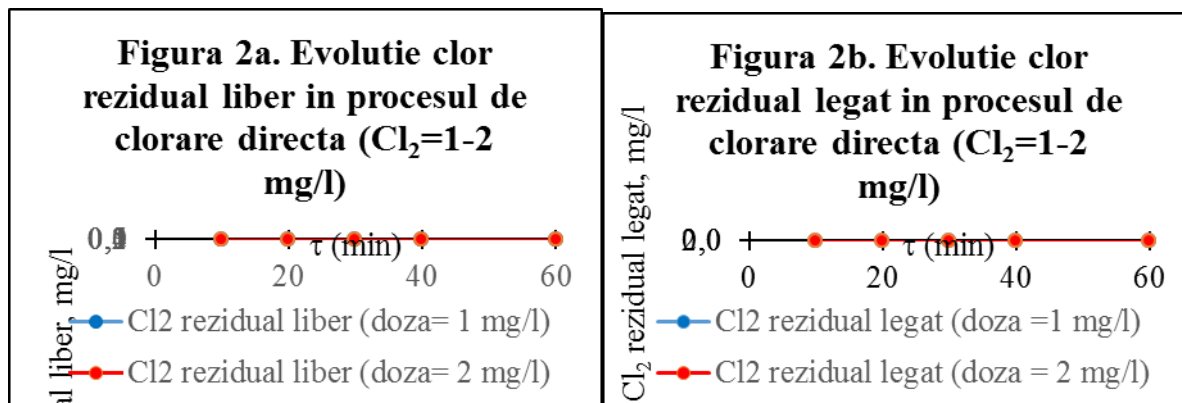


Rezultatele testelor de dezinfectie efectuate la doze de Cl₂ ≤ 0,8 mg/l au evidențiat următoarele aspecte:

- clorul rezidual prezintă evoluție descrescătoare în timp indiferent de doza inițială aplicată (0,5 ÷ 0,8 mg Cl₂/l);
- scăderea clorului rezidual legat format la doze de 0,7-0,8 mg Cl₂/l, cu dispariția acestuia după 20-30 de minute de contact;
- clorul rezidual liber se regăsește în concentrații ≤ 0,25 mg/l după 30 de minute de contact;
- dezinfectia totală a apei este asigurată la doze mici de clor (Cl₂ = 0,5/0,6 mg/l) după 10 minute de contact (Nr. total de bacterii care se dezvoltă la 22⁰C – lipsa, Nr. total de bacterii care se dezvoltă la 37⁰C – lipsa, Bacterii coliforme totale – lipsa, Escherichia coli – lipsa, Enterococi – lipsa).

În vederea asigurării unei concentrații remanente de clor rezidual liber de 0,5 mg/l în apa tratată, s-a urmărit evoluția formelor de clor la doze inițiale mai mari, 1 mg Cl₂/l și respectiv 2 mg Cl₂/l pe

intervalul de timp 10-60 minute (fig. 2a-2b). De asemenea, s-au determinat THM în apa tratată după 60 minute și respectiv 24 ore de contact (tabel 1).



Conform rezultatelor obținute (fig.2a-2b) se constată următoarele:

- scăderea în timp a concentrației de clor liber indiferent de doză;
- apariția clorului rezidual legat la valori de concentrații mai mari comparativ cu clorul liber.

Cresterea dozei de agent de clorare conduce la dezvoltarea reacțiilor de degradare materii organice dizolvate cu structuri complexe, evaluate global prin indicatorii carbon organic dizolvat și azot organic dizolvat (DOC = 1,8 mg C/l, N organic = 0,8 mg/l).

În acest context, se evidențiază formarea clorului legat și respectiv a trihalometanilor cu evoluție diferită în timp ($\tau > 60$ min):

- scăderea clorului legat cu dispariția totală după 24 ore;
- creșterea trihalometanilor în timp.

Tabel.1. Evoluția formelor de clor rezidual și THM la timpi de contact > 60 min

Parametru	$\tau_c = 60$ min		$\tau_c = 24$ h	
	$Cl_2=1$ mg/l	$Cl_2=2$ mg/l	$Cl_2=1$ mg/l	$Cl_2=2$ mg/l
Clor rezidual liber, mg/l	0,08	0,1	0,06	0,06
Clor rezidual legat, mg/l	0,14	0,9	$< 0,03$	$< 0,03$
THM, μ g/l	8,02	11,2	13,8	23,5

Încărcarea organică dizolvată (DOC) prezentă în resursele naturale de apă potabilă, în acest caz surse subterane, se regăsește majoritar și în apele tratate prin nitrificare biologică, având în vedere

faptul ca bacteriile implicate in biooxidarea NH_4^+ sunt autotrofe si folosesc sursa anorganica de carbon (HCO_3^-).

Utilizarea unor doze mari de clor poate conduce la formarea unor concentratii ridicate de compusi organohalogenati din categoria celor volatili (trihalometani), care sunt normati de legislatia in vigoare ($\text{CMA}_{\text{THM}} = 100 \mu\text{g/l}$).

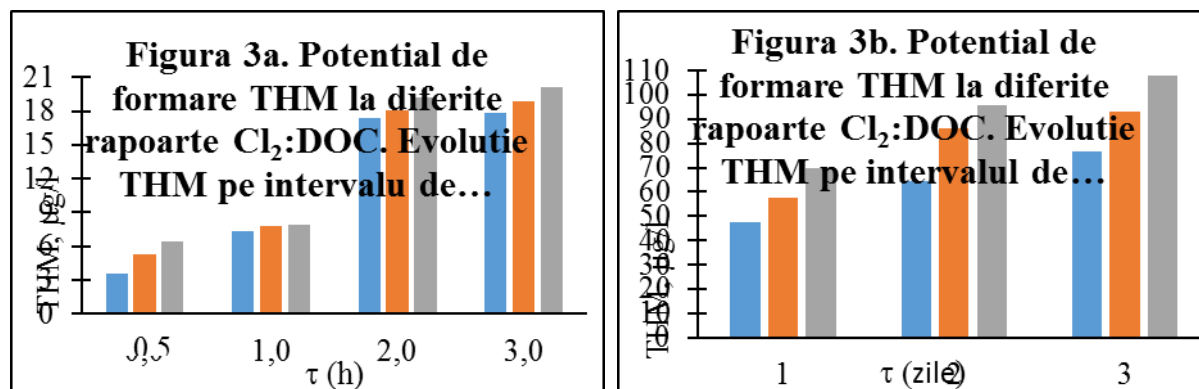
THM se formeaza prin actiunea directa a clorului sau ionului hipoclorit asupra substantelor organice naturale/precursori (substante humice) si/sau prin actiunea bromului generat in mediul respectiv datorita reactiei clorului cu saruri de tip bromuri, aflate in compozitia unor anumite surse de apa.

Reactiile de oxidare, aditie si substitutie sunt cele mai importante mecanisme in interactia halogenilor cu substantele organice, cantitatea si viteza de formare a poluantilor organohalogenati fiind influentate de :

- natura, masa moleculara si concentratia substantelor organice dizolvate (DOC);
- raportul dintre agentul de oxidare si incarcarea organica (Cl_2/DOC);
- timpul de contact;
- pH-ul si temperatura apei;
- concentratia de ioni bromura /4/.

Testele efectuate au avut ca principal obiectiv evaluarea potentialului de formare a THM la tratarea cu Cl_2 a efluentului biologic.

In figurile 3a-3b se poate urmari evolutia THM in timp, la 3 rapoarte masice $\text{Cl}_2 : \text{DOC}$.



Nota:

■ $\text{Cl}_2 : \text{DOC} = 2:1$ ■ $\text{Cl}_2 : \text{DOC} = 5:1$ ■ $\text{Cl}_2 : \text{DOC} = 8:1$

Dupa cum se poate constata, incarcarea organica naturala apartine categoriei de precursori cu reactivitate ridicata, evolutia crescatoare a THM fiind influentata de doza aplicata si timpul de contact, in conditiile unei temperaturi constante si la pH neutru ($\text{pH} = 7-7,5$).

4. CONCLUZII

Testele de tratabilitate efectuate au condus la urmatoarele concluzii:

- Sursele subterane cu continut ridicata de ioni amoniu ($\text{NH}_4^+ > 1 \text{ mg/l}$) tratate in sistem biologic prezinta incarcare bacteriologica moderata, necesarul de clor pentru dezinfectia totala si respectiv pentru asigurarea unui continut minim de clor rezidual legat fiind sub 0,8 mg Cl_2/l .

- Incarcarea organica dizolvata, de origine naturala/antropica, din surse subterane tratate biologic ramane reactiva fata de clor, cu posibilitatea de generare trihalometani (THM), care in anumite conditii pot depasi valoarea normata ($CMA_{THM} = 100 \mu\text{g/l}$).

5. BIBLIOGRAFIE

1. Deborde, M., von Gunten, U. - Reactions of chlorine with inorganic and organic compounds during water treatment -Kinetic and mechanism: A critical review. Water Res. (2008), 42, 13-51.
2. Krasner, S.W., Weinberg, H.S., Richardson, S.D., Chinn, R., Scilimenti, J.M., Onstad, G.D., Thrustan, A.D. - Occurrence of a new generation of disinfection by-products. Environ.Sc.Technol. (2006), 4, 7175-7185.
3. Richardson, S.D. - New disinfection by-products issues: emerging DBPs and alternative route of exposure, Global Next Journal (2005), 7(1), 43-57.
4. Cosma, C., Nicolau, M., Patroescu, V., Stefanescu, M., Ballo, A., Florescu, S. – The incidence of by-products (THMs) disinfection in drinking water, Journal of Environ.Protection and Ecology (2009), 10(1), 14-22.

Îmbunătățirea performanței decantorului radial cu cameră de reacție tronconică

Gheorghe Poienariu*, Daniela Gologan** and Paul Poienariu***

* Engineer – șef Sistem Hidrotehnic Paltinu-Voila E.S.Z.Prahova
(E-mail: poienariugheorghe@yahoo.com)

** Chemist Engineer – Sistem Hidrotehnic Paltinu-Voila E.S.Z.Prahova
(E-mail: danielagologan@yahoo.com)

*** Engineer – Sistem Hidrotehnic Paltinu- Voila E.S.Z.Prahova
(E-mail: paulpoienariu@gmail.com)

Abstract

The inefficiency of the conical chambers of the radial clarifiers is mentioned in different studies for forty five years .The mixing of coagulant and flocculant with the raw water is poor and small flakes are preferentially formed in the current collector drains in the reaction chamber. The appearance of up flow in the clarifier chamber, due to the water way out from the shell deflection in a ninety degree angle, represents another cause of low performance for this settling. This study presents the qualitative and economical implications resulting from several structural elements introduced in order to increase the performance of the radial clarifier with conical reaction chamber, designed in 1970 -nineteen-seventy. The proposed design solutions lead to sedimentation efficiency phase increasing, the coagulant and flocculant specific consumption decreasing and the increasing of the efficiency provided by filtration and disinfection step.

Keywords

Radial settler, conical reaction chamber, preferential current, efficient increase, sedimentation process

1. INTRODUCERE

Experimentele s-au desfășurat în cadrul Stației de Tratare Paltinu-Voila aparținând de Exploatarea Sistemului Zonal Prahova. Procesul tehnologic pentru potabilizare cuprinde următoarele faze tehnologice: coagulare, floculare, decantare, dezinfecție intermediară, filtrare, dezinfecție finală.

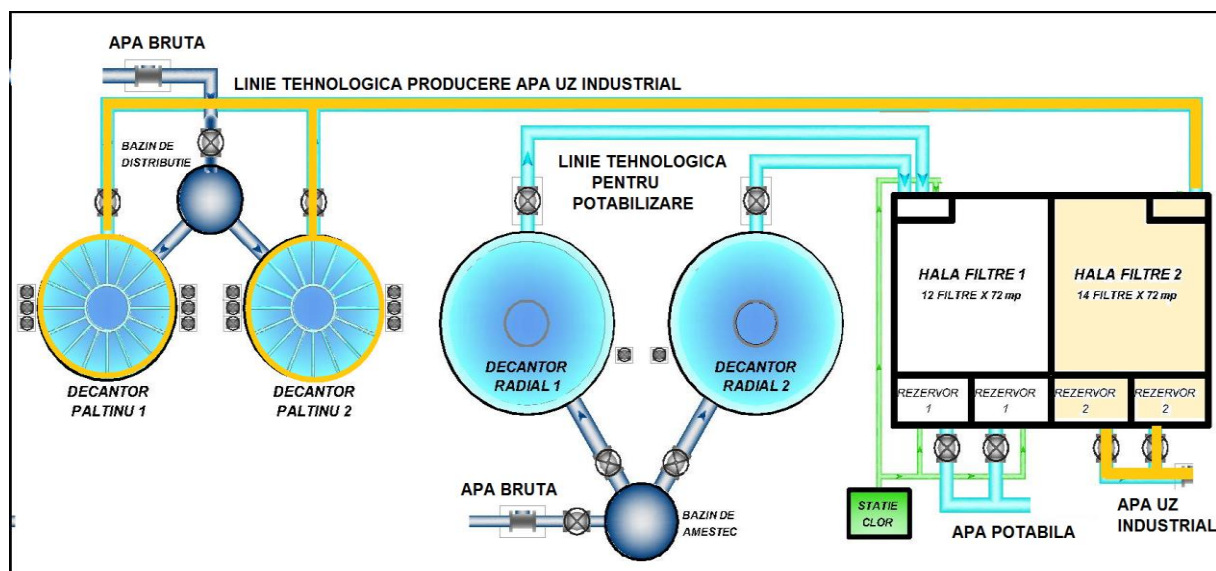


Fig. 1 – Schema tehnologică a Stației de Tratare Paltinu-Voila

Apa brută provenită din Acumularea Paltinu este furnizată Stației de Tratare prin intermediul prizei de apă și lacului de compensare Voila. Amestecul rapid al apei brute cu coagulantul polihidroxiclorosulfat de aluminiu se face în bazinul de amestec, după care se distribuie în conductele de alimentare ale decantoarelor radiale. La intrarea în decantare se injectează soluția de flocluant: poliacrilamida anionică.

Apa brută amestecată cu coagulant și flocluant intră în camera de reacție a decantoarelor radiale, unde se formează flocoanele, și trece apoi cu viteză mică prin jgheaburile deversoare în camera de limpezire, unde are loc depunerea acestora. Apa astfel limpezită este preluată de conductele de apă decantată spre bazinul tampon.

Decantorul radial din Stația de Tratare Paltinu-Voila – fig. 2 – are următoarele caracteristici tehnice:

- diametru decantor: 45m; volum: 5000 mc;
- cameră de reacție tronconică: $d=1.70$ m; $D=9.20$ m; $H=9.95$ m; $V=310$ mc;
- jgheab colector circular, pod raclor.

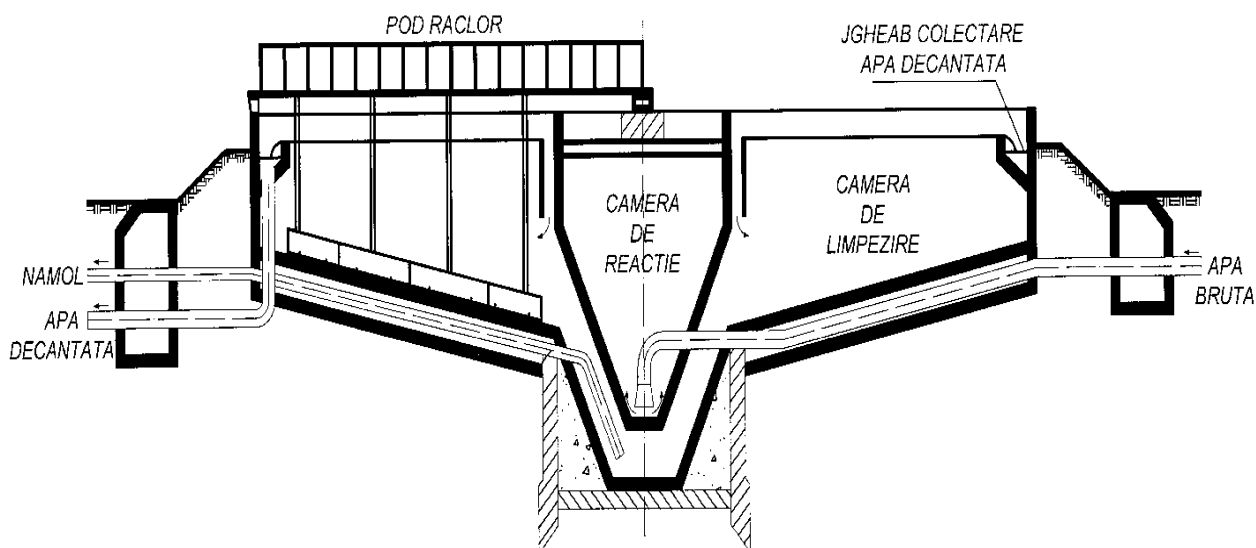


Fig. 2 - Decantor radial – Stația de tratare Paltinu-Voila

Deficiențele constatate în exploatare sunt [1]:

- Amestecul apei brute cu coagulantul și flocluantul este deficitară, se formează flocoane mici și curenți preferențiali la nivelul jgheaburilor colectoare din camera de reacție;
- Apariția de curenți ascendenți în camera de limpezire, datorită ieșirii apei din zona mantalei deflectoare la unghi de 90° .

2. PARTEA EXPERIMENTALĂ

Pentru îmbunătățirea performanțelor decantorului radial, au fost analizate și realizate următoarele soluții tehnice:

1. Montarea discului nr. 1 cu diametrul de 3.8 m, cu fante mari în zona deflectorului conductei de intrare apă brută la 2.75 m de baza camerei de reacție, cu rol de a mări agitarea apei în zona de acțiune a floclantului și evitarea curenților preferențiali pe traseul de rezistență hidraulică mică pe direcția axei verticale – fig. 3;
2. Montarea discului nr. 2 cu diametrul de 6.9 m, cu fante mici de 0.7 m, amplasat la 6.5 m de radierul camerei de reacție, cu rol de a realiza o distribuție uniformă a curenților spre jgheaburile colectoare – fig. 3;
3. Mărirea camerei de reacție cu 13% prin obturarea orificiilor din jgheaburile colectoare, la aceeași cotă de deversare – fig. 3;
4. Prelungirea mantalei deflectoare cu $H = 1$ m, la un unghi de 45° , care asigură scăderea vitezei de ieșire a apei din zona mantalei și uniformizarea curenților din camera de limpezire – fig. 3.

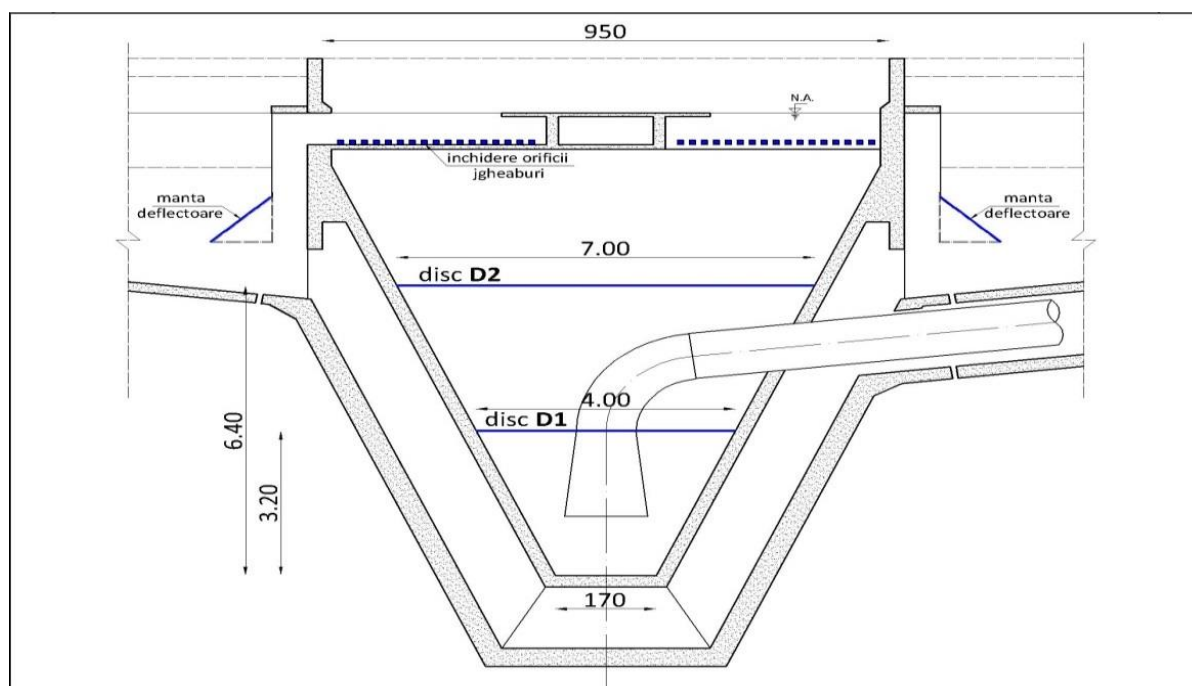


Fig. 3 - Elementele constructive introduse pentru mărirea performanței decantorului radial

2.1 Descrierea elementelor constructive realizate

2.1.1 Discul nr. 1 cu fante mari

Se realizează din tablă de 3 mm sub forma de șase sectoare de cerc (piesa P2) – fig. 4, Tabel 1.– cu fante 200x400x800mm, alternate cu zone pline de 200x400x800 mm, care se sudează cu ajutorul unei flanșe pe exteriorul conductei de intrare de pereții camerei de reacție cu cornier 45x45x4mm, fixat cu conespune – fig. 5,

Tabelul 1 – Extras de piese – Disc 1

Piesa	Material	Dimensiuni	Bucăți
P1	Flanșa de otel	D=1600mm,d=1000mm $\delta=8$ mm	1

P3	Tablă din oțel	$\delta=8\text{mm}$	6
P4	Profil L din oțel	45x45x4mm, l=1300mm	12
P5	Platbandă din oțel	100x4 mm, l=2095mm	6
P6	Profil L din oțel	45x45x4mm, l=465mm	12

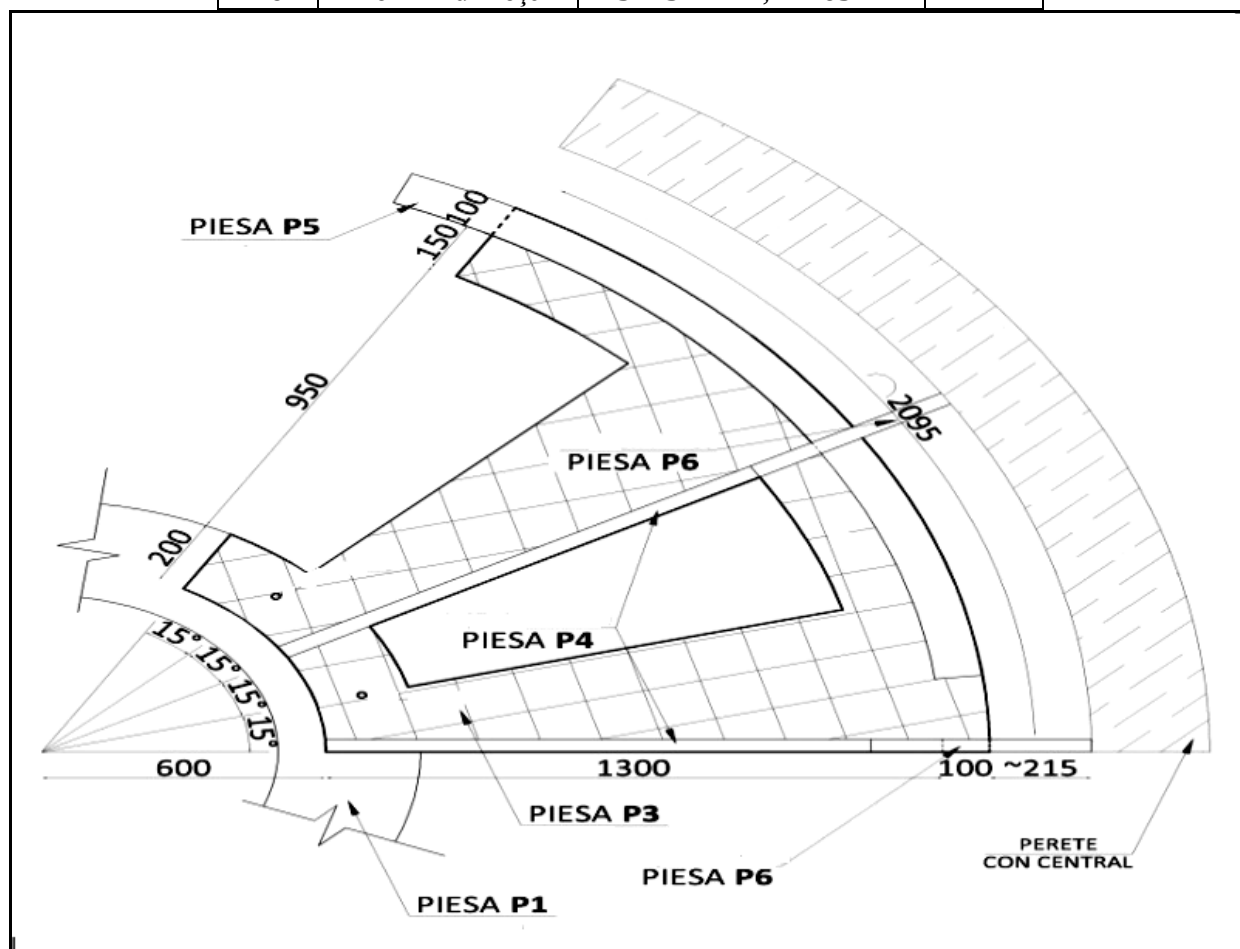


Fig. 4 – Secțiune prin piesa P₂- Disc 1

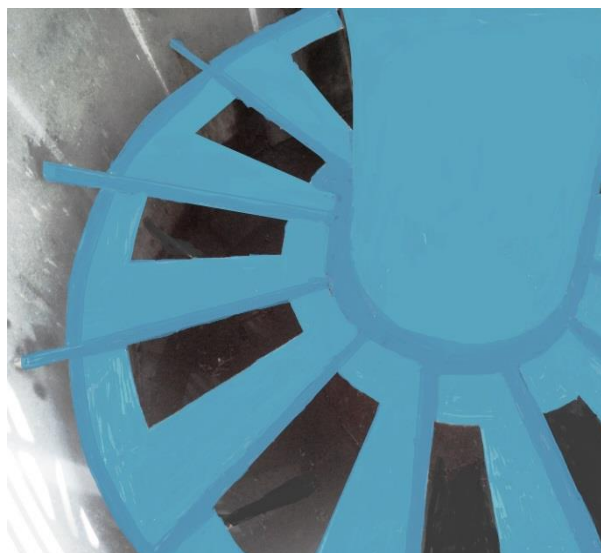
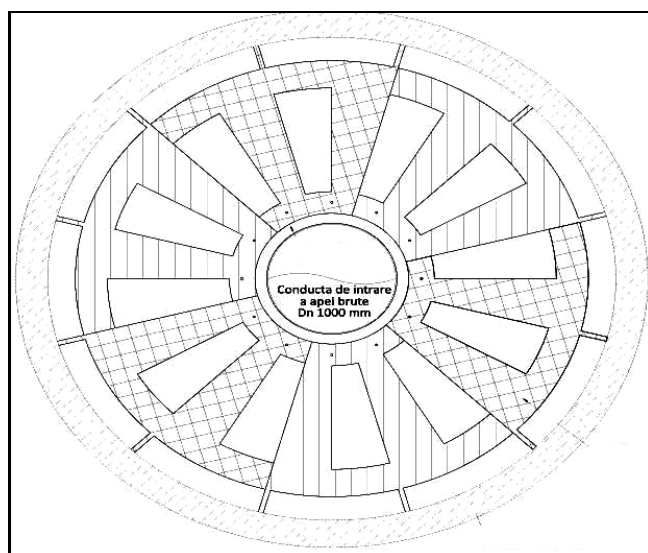


Fig. 5 – Disc D1 – cameră tronconică – decantor radial

Tabelul 2 - Necesari materiale – Disc 1

Nr. crt.	Material	U.M	Cantitate
1	Tablă OL, 3mm	kg	170
2	Cornier 45x45x4mm	kg	45
3	Tablă OL, 8mm	kg	60
-	șurub M16 cu piuliță	l=50mm	12

2.1.2 Discul nr: 2 cu fante mici

Se realizează pe cadru de țevă rectangulară 20x20x2mm pe care se montează sectoare de placă PVC cu fante de 0.07 m, realizate radial. Prinderea de conductă se face cu un disc metalic de tablă de 8 mm, iar în zona radială cu segmente de tablă de 3 mm prinse cu conespune de peretele camerei de reacție – fig. 6.

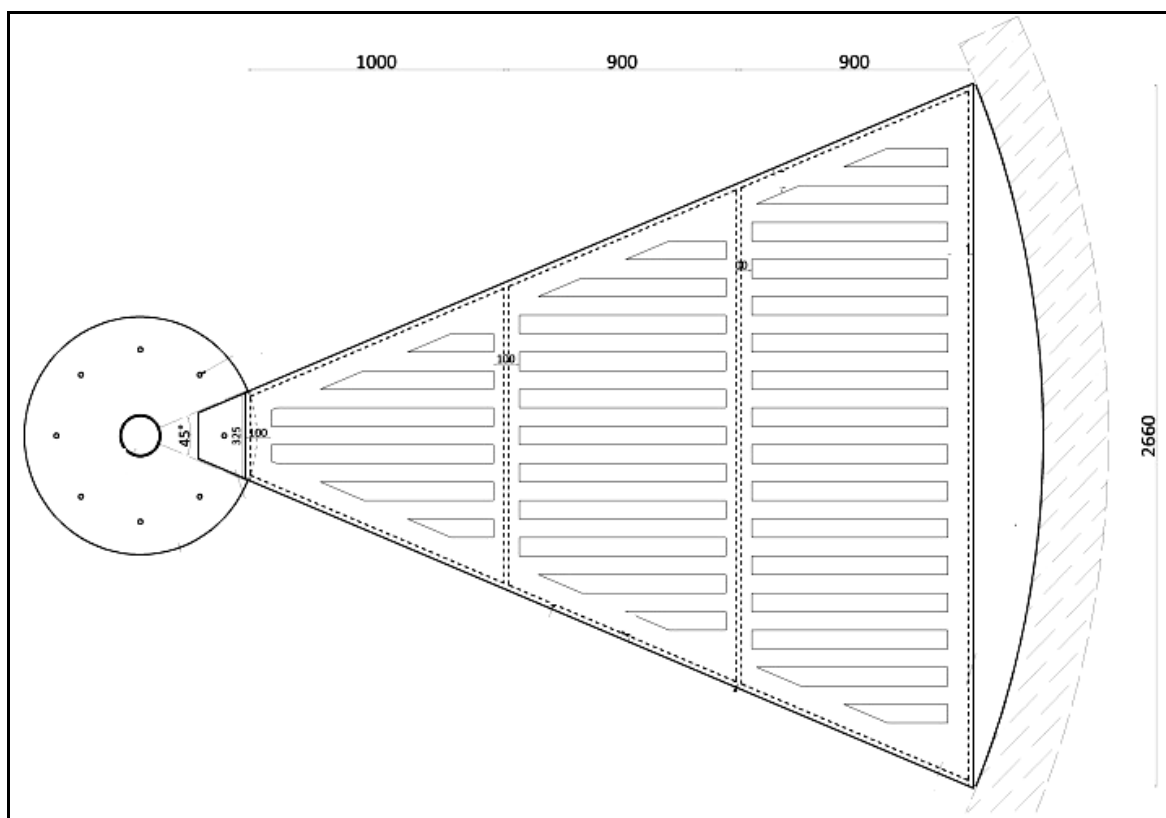


Fig. 6 – Disc 2 – cameră tronconică – decantor radial-ansamblu realizat din 8 bucăți

Tabel 3 - Necesari materiale - Disc 2

Nr.crt.	Material	U.M	Cantitate	nr.crt.	Material	U.M	Cantitate
1	Tablă OL, 8mm	kg	60	6	Autoforante φ 5x20mm	buc	20
2	Țevă rectangulară 20x20x2mm	ml	150	7	Conespune M16x120mm	buc	20
3	Placă PVC 10 mm	mp	30	8	Grund	kg	2
4	Tablă OL, 3mm	kg	48.8	9	Vopsea	kg	2
5	Electrozi	kg	6				

	2,5x350 mm						
--	------------	--	--	--	--	--	--



Fig. 7 - Montare Disc 2 în camera tronconică-decantor radial

2.1.3 Prelungire manta deflector

Se realizează dintr-un cadru de țevă rectangulară 40x20x2mm, sudată de mantaua existentă. Pe cadrul metalic se așează plăci de polycarbonat de 10 mm.



Fig. 8 – Prelungire manta deflector –decantor radial

Tabel 4 – Necesari materiale - execuție manta deflector

Nr.crt.	Material	U.M	Cantitate	Nr.crt	Material	U.M	Cantitate
1	Polycarbonat 10 mm	mp	110	5	Platbandă 50x5mm	kg	250
2	Profil polycarbonat	ml	36				
3	Șaibă	buc	250	6	Platbandă 30x5mm	kg	56
4	Țevă rectangulară 20x20x2mm	ml	150	7	Autoforante $\phi 5.5 \times 25 \text{mm}$	buc	750

2.1.4. Cheltuieli

Realizarea elementelor constructive propuse a necesitat un cost total de 60 500 lei, ce a cuprins atât cheltuielile materiale cât și manopera.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Soluțiile propuse au fost realizate în două etape:

- etapa 1 – prelungirea mantalei deflector pe un decantor radial și analiza eficienței acestei modificări constructive asupra calității apei decantate, prin comparație cu rezultatele obținute pe celălalt decantor nemodificat
- etapa 2 – montarea discului nr. 1 și nr. 2, prelungirea mantalei deflectoare pe celălalt decantor radial și analiza comparativă cu decantorul la care s-a efectuat doar prelungirea mantalei deflector.

3.1 Etapa 1- prelungirea mantalei deflector

S-a evaluat calitatea apei decantate a decantorului modificat parțial – prelungire deflector comparativ cu cel nemodificat, din punct de vedere al turbidității, concentrației de aluminiu rezidual, constituenți organici.

Rezultatele obținute le prezentăm în fig. 9. Din punct de vedere al turbidității apei decantate, prelungirea deflectorului mărește semnificativ eficiența depunerii suspensiilor, astfel turbiditatea apei decantate scade cu 12% – fig. 9

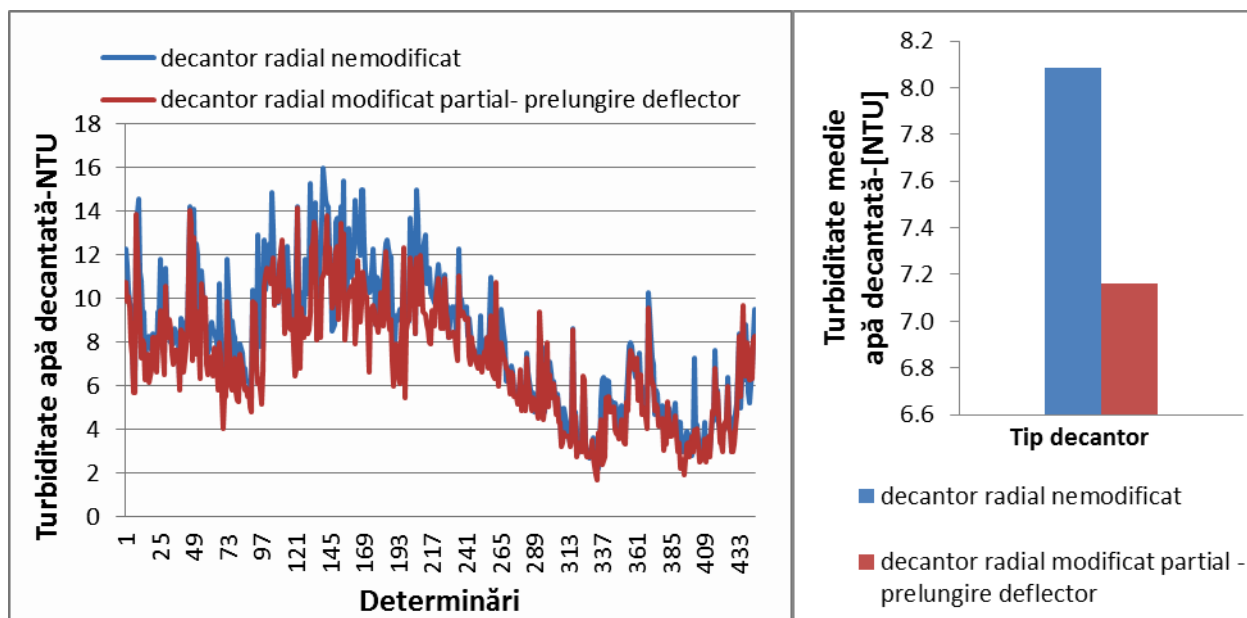


Fig.9 – Variația turbidității apei decantate în ambele tipuri de decantoare

Concentrația de aluminiu rezidual pe decantorul parțial modificat a scăzut cu 7% -fig.10, ceea ce arată îmbunătățirea procesului de sedimentare a flocoanelor formate.

Prelungirea deflectorului determină creșterea randamentului de reținere a constituenților organici – fig.10 – care au scăzut în medie cu 8%.

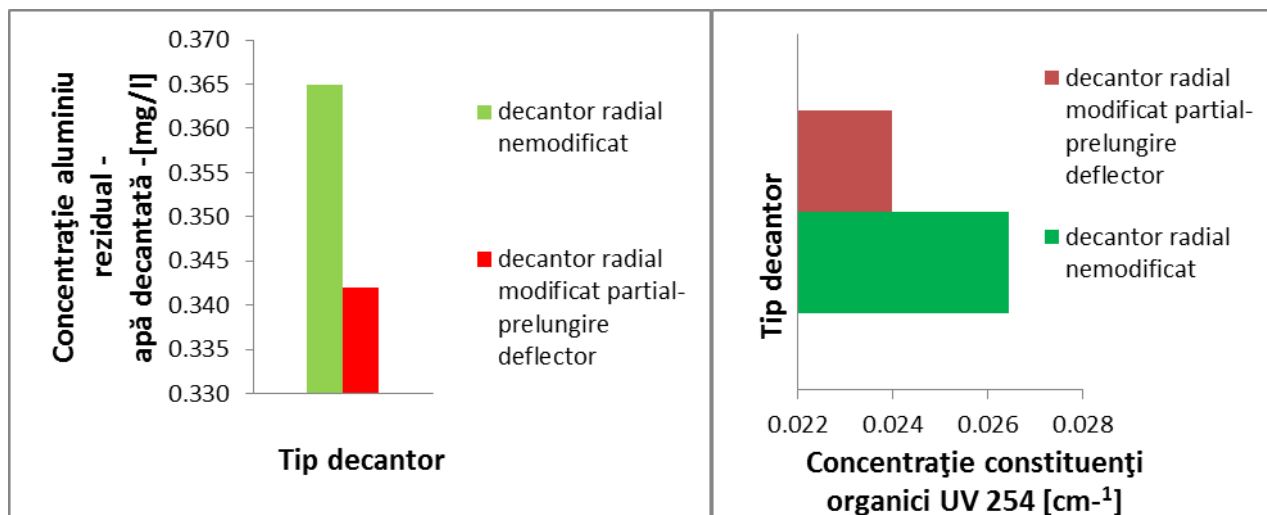


Fig. 10 – Concentrația de aluminiu rezidual și de constituenți organici pe ambele tipuri de decantare

3.2. Etapa 2 – montarea discurilor în conul central

Pentru a rezolva problema curenților turbionari care determină ruperea flocoanelor în conul central, s-au montat cele două discuri – cel inferior deasupra conductei de intrare iar celalalt la partea superioară, sub jgheburile de uniformizare.

S-a monitorizat calitatea apei decantate timp de 4 luni pe decantorul modificat prin montarea celor două discuri, prelungirea deflectorului și obturarea orificiilor jgheburilor colectoare din camera de reacție, comparativ cu decantorul la care s-a prelungit doar deflectorul.

Astfel turbiditatea medie a apei decantate a scăzut cu 36% - fig. 11.

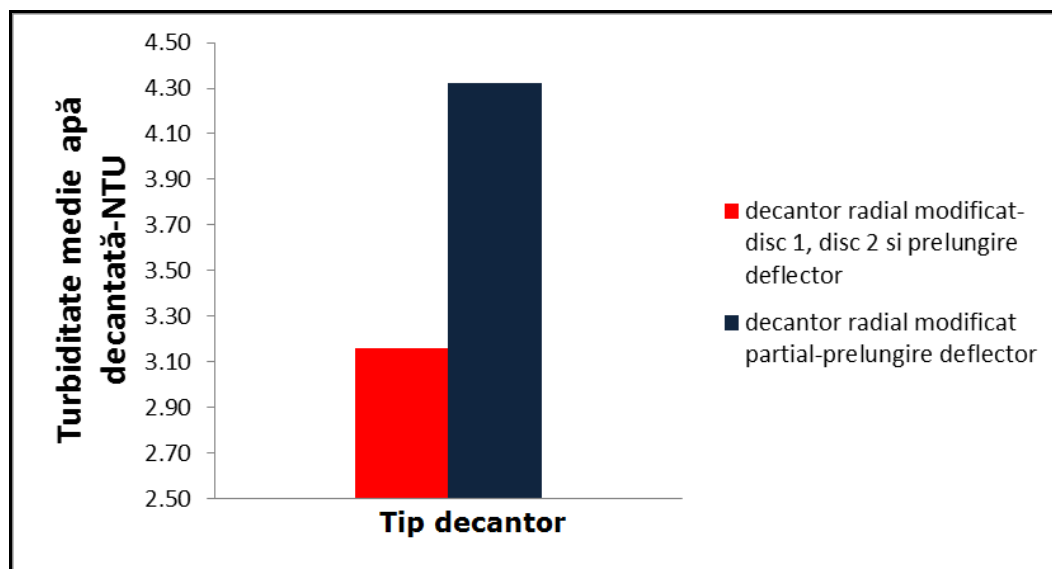


Fig. 11 – Turbiditatea medie pe cele două tipuri de decantor

Concentrația de aluminiu rezidual a scăzut cu 13%. Din punct de vedere al constituenților organici, aceștia au înregistrat o reducere cu 14% - fig. 12.

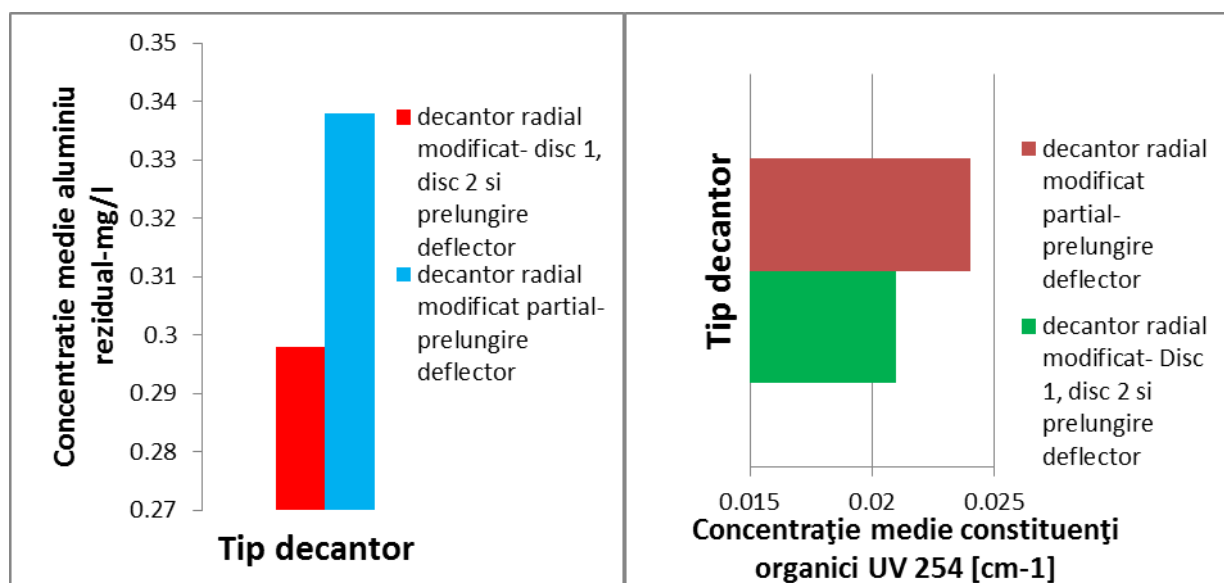


Fig. 12 – Concentrația de aluminiu rezidual și de constituenți organici pe ambele tipuri de decantor

Soluțiile adoptate măresc performanța procesului de decantare astfel:

- turbiditate apei decantate a scăzut cu 40%
- concentrația de aluminiu rezidual scade cu 20%
- concentrația de constituenți organici scade cu 22%

Din punct de vedere al consumurilor tehnologice: coagulant, flocculant, apă tehnologică, s-au înregistrat următoarele:

- consumul specific de coagulant a scăzut cu 10%;
- consumul specific de flocculant a scăzut cu 5 %;
- consumul tehnologic a scăzut cu 1,2 %. Deși consumul datorat sifonărilor decantoarelor radiale a crescut cu 1.3%, consumul de apă tehnologică pentru spălarea filtrelor a scăzut cu 3%, ceea ce a determinat scăderea consumului tehnologic raportat la volumul de apă brută prizat de la 11,2% la 10%.

Din punct de vedere al costurilor materiale raportate la 1000 mc apă livrată, se prezintă în tabelul 5 cheltuielile pe fiecare componentă.

Amortizarea cheltuielilor datorate modificărilor decantoarelor radiale raportat la un debit mediu de apă livrată de 500 l/s se realizează în 233 zile.

Tabel 5 – Cheltuieli materiale raportate la 1000 mc apă livrată

Tip decantor	Volum apă		Cheltuieli				
	apă brută	apă potabilă	apă brută	energie electrică	coagulant	floculant	total
	mc	mc	lei	lei	lei	lei	lei
nemodificat	1126	1000	67,6	9,3	30,9	1,1	109
modificat disc1, disc2 și prelungire deflector	1111	1000	66,7	7,6	27.81	1,05	103

Modificările propuse pentru decantorul radial determină o scădere a prețului apei livrate cu ~ 5,8 %. Raportat la un an calendaristic, reducerea cheltuielilor este de 94 608 lei, iar la 5 ani de 473 040 lei.

4. CONCLUZII

Creșterea eficienței fazei de decantare prin introducerea elementelor constructive propuse prezintă următoarele avantaje:

- scade conținutul de suspensii din apă decantată;
- scade conținutul organic pe treapta de decantare;
- crește eficiența treptei de filtrare;
- scade consumul de energie și de apă de spălare pe treapta de filtrare;
- scade conținutul de aluminiu rezidual în apa livrată.

În România există în folosință acest tip de decantoare în Stațiile de Tratare Darmănești, Vălenii de Munte, rezultatele obținute prin introducerea elementelor constructive prezentate în această lucrare putând constitui o bază pentru mărirea performanței fazei de sedimentare a apelor de suprafață folosită pentru potabilizare.

5. BIBLIOGRAFIE

1. Rojanschi, V.; Ianculescu, O. – *Cercetări pentru îmbunătățirea camerelor de reacție a decantoarelor radiale din Stațiile de Tratare ale C.N.A* - București, 1978.

Evaluarea performanțelor floclantului tip cetaclear în procesele de coagulare-floculare

Daniela Gologan*

* Ing.chimist, sef laborator Statia de Tratare Paltinu-Voila-E.S.Z Prahova
(E-mail: *danielagologan@yahoo.com*)

Abstract

In the water and wastewater treatment, the coagulation-flocculation phase has a significant weight, on its effectiveness depending the yield of the other technological stages such as: sedimentation, filtration, disinfection. Flocculants are chemicals that speed up the aggregation of the destabilized particles by increasing the efficiency of their removal. Due to the impact of residual substances in the treatment reagents on the consumers' health, the replacement of the polyacrylamide flocculants has become a priority. Cetaclear is a type of aluminum polysilicate eco-flocculant providing remarkable results with aluminum coagulants such as: aluminum sulphate and prehidrolizable coagulants. The performed tests show an increased efficiency in removal of suspensions, organic substances and pathogenic bacteria in the raw water. Cetaclear Flocculant in optimal doses does not lead to an increasing concentration in residual metal (aluminum, silicon) in the treated water. The advantage in using Cetaclear flocculant is that besides its flocculant action it has a noncorrosive action due to its compounds based on silicon. The product stability is ensured for a long time ~ 2 years. Its dosage is easy. Comparing this dosage with the polyacrylamide flocculant one, the first one requires only a metering pump, so the costs of metering equipment will be at least 6-8 times lower.

Keywords

Ecoflocculant, aluminum polysilicate, removal organic substances

1. INTRODUCERE

Floclantul Cetaclear este un polisilicat de aluminiu care poate fi utilizat în procesele de coagulare-floculare în conjuncție cu un coagulant pe bază de aluminiu de tip monometal, cum este sulfatul de aluminiu, sau de tip prehidrolizat, cum sunt policlorurile de aluminiu sau polihidroxiclorosulfatul de aluminiu.

Silicea activă se utilizează în tratarea apei de cel puțin 50 de ani, inconvenientul major la nivel tehnologic fiind activarea, stocarea și dozarea, care a determinat multe stații de tratare să renunțe la aceasta. Apariția floclantului Cetaclear pe bază de siliciu, stabilitatea soluției asigurată de producător și modul relativ simplu de dozare, face ca acesta să reprezinte o opțiune pentru producătorii de apă. Cercetări recente [1] prezintă rolul benefic al siliciului în tratamentul bolii Alzheimer.

Într-un proces convențional de tratare a apei, coagularea și flocularea reprezintă etapele cheie care determină destabilizarea particulelor și aglomerarea lor, putând fi apoi eliminate prin procese de sedimentare și filtrare [2].

Obținerea unei turbidități cât mai scăzute la ieșirea din decantoare asigură creșterea randamentului de reducerea a suspensiilor, a conținutului organic și microbial, dar și eficientizarea fazei de filtrare și dezinfecție

2. PARTEA EXPERIMENTALĂ

Testarea acestui flocculant s-a efectuat la nivel de laborator pe o apă de suprafață de categoria a-2-a de calitate, provenită din acumularea Paltinu - Tabel 1.

Tabel 1 – Indicatori de calitate apă brută

Indicator	Valoare	Indicator	Valoare	Indicator	Valoare
Temperatură [° C]	3. 7	Duritate [grade germane]	10. 91	Bacterii heterotrofe [nr/ml]	96
Turbiditate [ntu]	28. 5	Fier total [mg/l]	0.64	Bacterii coliforme [nr/100 ml]	248
pH [unități ph]	8. 12	Oxidabilitate [mg/l O ₂]	1. 96	E coli [nr/100 ml]	186
Siliciu [mg/l]	4.2	UV ₂₅₄ [cm ⁻¹]	0. 037	Clostridium perfringens [nr/100 ml]	122

Pentru testarea flocculantului s-a folosit metoda *Jar test* ce a presupus:

- un amestec rapid de 150 rot/min timp de 1 min a apei brute fără adăugare de reactiv;
- adăugare coagulant, amestec rapid de 150 rot/min timp de 3 min;
- adăugare flocculant, amestec lent de 40 rot/min timp de 5 min;
- 30 minute repaus;
- colectare supernatant;

Supernatantul colectat a fost analizat pentru determinări de:

- turbiditate - SR EN ISO 7027/2001;
- pH – SR ISO 10523/2012
- aluminiu rezidual - SR ISO 10566/2001;
- siliciu- Standard Methods, 19th Ed
- indice permanganat – SR EN ISO 8467/2001;
- UV₂₅₄ - Standard Methods, 19th. Ed., Method 5910;
- bacterii heterotrofe - SR EN ISO 6222/2004;
- bacterii coliforme și E coli - SR EN ISO 9308/2004
- bacterii clostridium perfringens - metoda m-CP agar.

Flocculantul Cetaclear a fost testat împreună cu patru tipuri de coagulanți pe baza de aluminiu, prezentați în Tabelul 2.

Tabel 2 – Tipul și caracteristicile coagulanților utilizați în cercetarea experimentală

Nr. Crt.	Denumire	Simbol	Formula chimică	Conținut substanță activă
1	sulfatul de aluminiu	SAL	$Al_2(SO_4)_3$	17% Al_2O_3
2	policlorura de aluminiu	PAC 1	$[Al(OH)_aCl_b]$	10% Al_2O_3 12 % Cl
3	polihidroxiclorosulfat de aluminiu	PAC 2	$[Al(OH)_aCl_bSO_{4c}]$	14% Al_2O_3 9 % Cl 2% SO_4
4	policlorura de aluminiu	PAC 3	$[Al(OH)_aCl_b]$	21.5% Al_2O_3 9 % Cl

3. REZULTATE OBȚINUTE

Rezultatele obținute la analiza supernatantului după faza de coagulare-floculare sunt prezentate în Tabelul 3 și 4.

Tabel 3 – Rezultatele analizelor fizico-chimice privind performanța floclulantului Cetaclear

Tip coagulant		PAC 1	PAC 2	PAC 3	SAL	PAC 1	PAC 2	PAC 3	SAL
Indicatori									
Doză coagulant – [g/mc]		20	20	20	30	20	20	20	30
Doză flocluant – Cetaclear- [g/mc]		0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1
S U P E R N A T A N T	Turbiditate – [NTU]	6.8	6.2	5.8	8.9	5.0	3.5	4.5	6.0
	Eficiență în reducerea turbidității	0.76	0.78	0.79	0.69	0.82	0.88	0.84	0.79
	pH – [unități pH]	7.99	7.9	8.03	7.41	7.8	7.87	7.72	7.78
	Aluminiu rezidual – [mg/l]	0.086	0.098	0.084	0.228	0.068	0.085	0.067	0.182
	Siliciu – [mg/l]	4.0	4.1	3.9	4.0	3.9	4.0	3.9	4.0
	Creștere conținut de siliciu față de conținutul din apa brută – [mg/l]	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2
	UV ₂₅₄ – [cm ⁻¹]	0.031	0.027	0.023	0.034	0.022	0.026	0.024	0.031
	Eficiență în reducerea UV ₂₅₄	0.16	0.27	0.38	0.08	0.41	0.30	0.35	0.16
	Oxidabilitate – [mg/l O ₂]	1.57	1.28	0.96	1.23	1.28	0.98	0.83	0.98
T	Eficiență în reducerea oxidabilității	0.21	0.35	0.52	0.38	0.35	0.51	0.58	0.51

Tabel 4 – Rezultatele analizelor microbiologice privind performanța floclantului Cetaclear

Tip coagulant		PAC 1	PAC 2	PAC 3	SAL	PAC 1	PAC 2	PAC 3	SAL
Indicatori									
Doză coagulant – [g/mc]		20	20	20	30	20	20	20	30
Doză floclant - Cetaclear- [g/mc]		0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1
S U P E R N A T A N T	Bacterii heterotrofe [UFC/ml]	35	50	36	45	28	36	35	38
	Eficiență în reducerea bacteriilor heterotrofe	0.64	0.48	0.63	0.53	0.71	0.63	0.64	0.60
	E coli – [nr/100 ml]	72	43	22	31	44	29	7	6
	Eficiență în reducerea bacteriilor E coli	0.61	0.77	0.88	0.83	0.76	0.84	0.96	0.97
	clostridium Perfringens [nr/100 ml]	12	10	7	11	8	7	6	8
	Eficiența în reducerea clostridium perfringens	0.45	0.55	0.68	0.50	0.64	0.68	0.73	0.64

Floclantul Cetaclear crește gradul de îndepărtare a turbidității apei brute, comparativ cu situația în care nu s-ar folosi floclant. Turbiditatea reziduală a apei decantate după faza de coagulare floclare este funcție de tipul de coagulant – Fig. 1 – dar pentru toate tipurile de coagulant testate s-au obținut valori ale turbidității reziduale mult mai mici comparativ cu situația în care nu s-a adăugat floclantul Cetaclear.

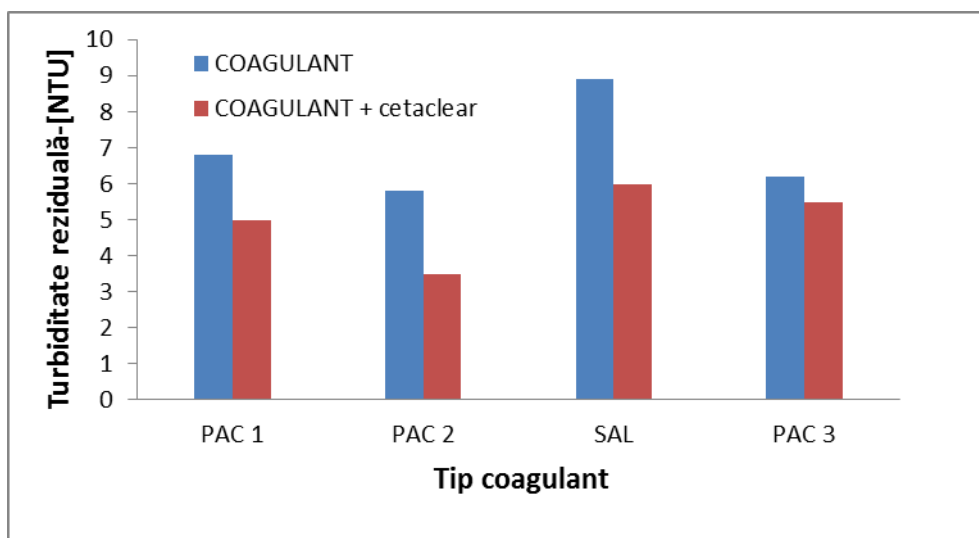


Fig. 1 –Turbiditatea reziduală după faza de coagulare–floclare cu și fără floclant Cetaclear

Floclantul Cetaclear, fiind un polisilicat de aluminiu, a fost testat pentru a evalua gradul de substanțe reziduale remanente în apă – aluminiu, respectiv siliciu. În ceea ce privește aluminiul

rezidual, prezentăm în Fig. 2 situația comparativă a acțiunii coagulantului cu și fără floculantul Cetaclear.

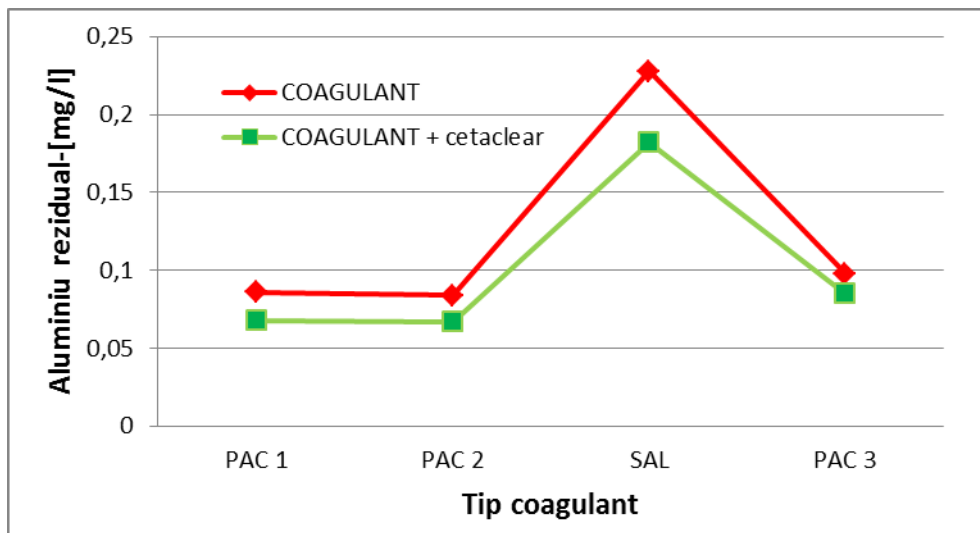


Fig.2. Conținutul de aluminiu rezidual după faza de coagulare-floculare

Datorită creșterii mărimii flocoanelor și a randamentului de îndepărtare a acestora, floculantul Cetaclear determină o scădere a conținutului de aluminiu rezidual cuprinsă între 14 și 21%, comparativ cu situația când acesta nu este utilizat. Funcție de tipul de coagulant se înregistrează o scădere a conținutului de siliciu, datorită mecanismului de formare a lanțurilor între particulele floclate și depunerea acestora – Tabelul 3.

Floculantul Cetaclear mărește randamentul îndepărtării conținutului bacteriologic al apei brute: bacterii heterotrofe, bacterii coliforme, E.Coli, bacterii Clostridium perfringens – Tabelul 4, Figurile 3 și 4.

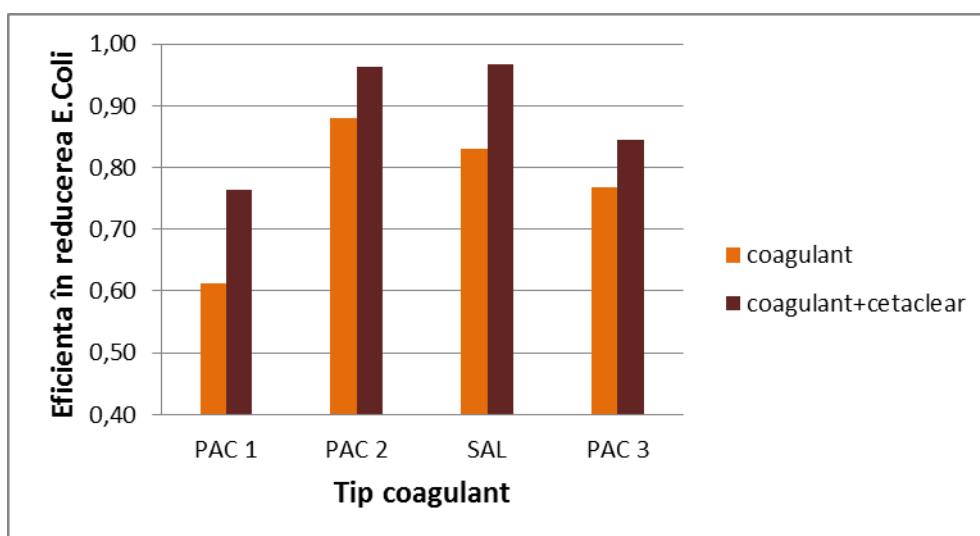


Fig. 3 – Eficiența în reducerea E coli cu și fără floculant Cetaclear

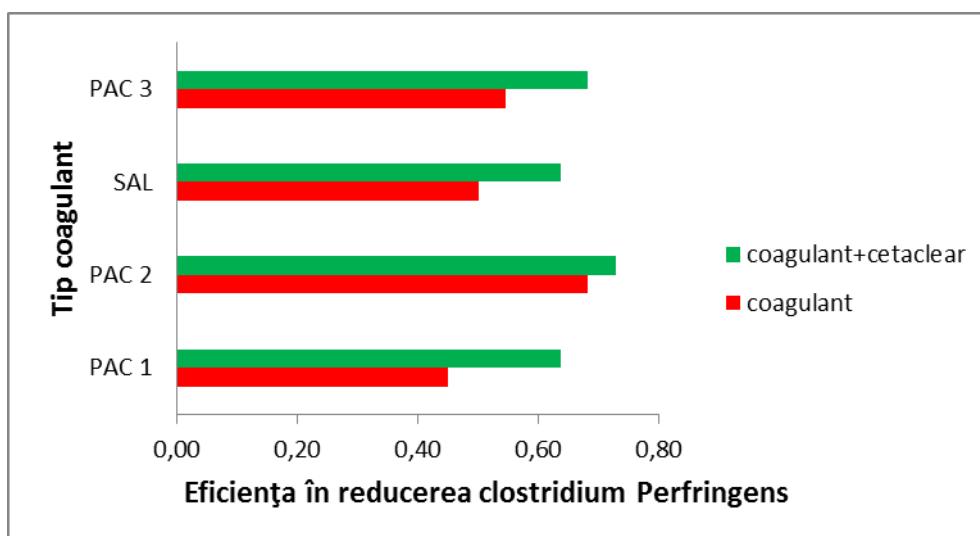


Fig. 4 – Eficiența în reducerea clostridium Perfringens cu și fără flocluant Cetaclear

4. CONCLUZII

Flocluantul Cetaclear este eficient în procesele de coagulare–floclulare, mărind acțiunea coagulanților pe bază de aluminiu:

- Crește eficiența de reducere a turbidității după faza de coagulare-floclulare;
- Nu determină substanțe reziduale în apa tratată cu efect cancerigen. Datorită mecanismului formării de punți interparticule ale polisilicatului de aluminiu tip Cetaclear, se înregistrează o scădere a conținutului de aluminiu și siliciu rezidual, comparativ cu situația în care se folosește doar coagulantul fără flocluant;
- Eficient în cazul temperaturilor scăzute, datorită conținutului de siliciu;
- Crește randamentul de îndepărtare a substanțelor organice și al conținutului patogen (bacterii coliforme și E coli) din apa brută.

Avantajul flocluantului Cetaclear este, că pe lângă acțiunea de flocluant, are și o acțiune anticorozivă datorată compușilor pe bază de siliciu. Stabilitatea produsului este asigurată pe termen lung ~2 ani.

Dozarea acestui flocluant este simplă. Comparativ cu poliacrilamida nu necesită decât o pompă dozatoare, motiv pentru care costurile privind echipamentul de dozare scad de cel puțin 6-8 ori.

5. BIBLIOGRAFIE

1. Exley, C. – „A Silicon - Rich Mineral Water Therapy for Alzheimer's Disease” - Journal of Alzheimer's Disease Vol. 33, No. 2, 2012;
2. Crittenden, J. C., Trussell, R. – „MWH's Water Treatment: Principles and Design”, Third Edition, cap 6-9, 2012;



Faculty of Hydrotechnics is part of Technical University of Civil Engineering of Bucharest, and covers nowadays field of studies that encompasses all the hydrotechnic features: water construction works, water supply and sewerage systems, environmental engineering.

Faculty of Hydrotechnics develops the educational, research and consultancy program, aiming to solve the present difficulties of the water resources management and of the environmental engineering, offering academic education for the first graduation cycle (Bachelor of Science) of four years in the following fields and specializations:

Sanitary Engineering and Environmental Protection

This field of study qualifies engineers with specific competences for the civil engineering field for design, execution, research and consultancy in civil engineering generally, in the water supply and sewerage systems, mainly:

- Drinking water supply for population and industry;
- Sewerage systems, wastewater treatment and discharge;
- Urban storm sewerage system and discharge;



Water constructional works and establishments

Qualifies engineers with specific competences for the civil engineering field for design, execution and consultancy in civil engineering generally, in the domain of water construction works, especially:

- Dams constructions and water course regulation works; hydroenergetic lakes and floods protection works;
- Coastal works, establishments for fluvial and sea harbours;
- Hydrologic forecast, water sources management;

Environmental Engineering

Qualifies engineers in specific competences for the environmental engineering domain in order to be able to:

- Monitor and model the quality evolution of the environmental factors;
- Accomplish environmental impact assessment;
- Develop remediation solutions of the polluted environmental factors;



Automatics and Applied Informatics

Prepares engineers able to manage specific activities in the Systems Engineering domain in order to administrate the informatic and automatic systems in civil engineering and to operate geodesic data systems:

- Analysis, design and administration of complex systems;
- Design and administration of computer networks;
- Process of geospatial data.

Faculty of Hydrotechnics organises Master Studies – **Second Cycle**, with a duration of 3 semesters for the following specializations:

- **Master in Hydraulic Engineering:** offers specialist higher education for engineers in field of interest concerning water constructional and sanitary works.
- **Master in Geotechnical Engineering:** aims at offering the first cycle (Bachelor of Science) civil engineering graduates competences in execution activities, advanced design and research, specific to the geotechnical engineering field.
- **Master in Sustainable Development:** is designed to give the first cycle environmental engineering graduates competences in management and control of the sustainable development of the society.



The **Master** and **Doctoral** programs and studies organised within the faculty, offer the academic for specialists able to conceive, execute and control the new management systems of the water resources on terms of implementation of extreme measures for environmental protection and higher requirements in this domain.

The **Faculty of Hydrotechnics** is deeply involved in international and domestic researches regarding the implementation of EU directives. Among these researches the following should be mentioned:

- The implementation of the Water Framework Directive 60/2000/EU, in the frame of the projects “Danube WATER integrated management” or “Cyber Water” aiming to the implementation of a cyber-water infrastructure for the accidental pollution;
- The implementation of the Flood Directive 60/2007/EU, in the frame of SEE programme (Danube Floodrisk project, undertaken in a consortium of 8 counties led by Romania), structural funds or funded by internal bodies like: the Ministry of Development UEFISCDI.



Groundwater Engineering Research Center is a multidisciplinary research unit that focuses on hydrogeology and geosciences. **CCIAȘ** is currently coordinating or is an active key partner in several national and European research projects. CCIAȘ is involved in three European research projects: (1) **FP7 TIMBRE** - An Integrated Framework Of Methods, Technologies, Tool Policies For Improvement Of Brownfield Regeneration In Europe; (2) Swiss funds - **GEOIDEA.RO** - GeoData Openness Initiative in Romania; (3) **European Space Agency** project **SYRIS** - Integrated service for urban subsidence phenomena. In Romania the research center is promoting a sustainable groundwater management using adequate techniques for groundwater monitoring, vulnerability assessment and protection policies. CCIAȘ is developing the biggest research project in Romania for urban groundwater assessment – **SIMPA** - Sedimentary media modelling platform for groundwater management in urban areas. Based on the achieved experience the research center organized in 2012 the first international workshop on urban hydrogeology in Romania - Progresses and challenges in hydrogeological modeling of the urban environment - support for management and effective protection of groundwater.

Contaminated sites management

The political and economical process of restructuration and privatization in Romania created a series of problems regarding the future reuse of large industrial sites. Many of the former heavy industrial plants (steel, chemical plants) have been abandoned or destroyed in a chaotic manner. All this former mega plants became important contaminated sites because of two major factors: (1) the former industrial processes (mainly chemical processes and storage) and (2) which in many of the cases is more important than the first is the negligence and the lack of experience in managing brownfield. Leakage from storage tanks, hazardous waste uncontrolled deposit, chaotic and not systematized deconstruction of the former buildings, preferential extraction of iron from structures this is the a picture of many heavy industrial areas in Romania nowadays. The process of decontamination and revitalization is a costly and time consuming process that is in many cases is approached lightly by the authorities and the owners. As a consequence many developers choose the easy way and find new land instead of revitalization.

SECȚIUNEA III

EFICIENȚA ENERGETICĂ.
ECHIPAMENTE

Determinarea eficienței energetice a camerelor de reacție din cadrul stațiilor de tratare a apei

Marius Costin Bichir* and Gabriel Racovițeanu **

* PhD Student, Technical University of Civil Engineering, Department of Doctoral Studies, Eng. SC INFRAWATER SRL

(E-mail: *bichir_costin@yahoo.com*)

** Univ. Prof. Dr. Eng., Technical University of Civil Engineering, Director of Doctoral Studies, General Manager SC INFRAWATER SRL

(E-mail: *rgabriel@utcb.ro*)

Abstract

Reaction chambers are technological objects used in the majority of water treatment plants in Coagulation-flocculation processes. These are separate or integrated constructions that are positioned at the beginning of the treatment scheme.

Reaction chambers types vary by the physical-chemical parameters of raw water and their sizes vary according to the inlet flow. The main parameters of the reaction chambers are reaction times, velocity gradient and the real power dissipated. The efficiency of reaction chambers is in strict correlation with the energy dissipated by agitator in water mass. The efficiency of the water treatment plant is connected with the reaction chambers, these having an extremely important role in coagulation-flocculation processes.

The article presents a practical method for determining the real power dissipated in reaction chambers. Using a Yates meter, a high precision temperature gradient measurement equipment, temperature variations between inlet and outlet sections of the reaction chamber were measured. Based on the registered temperature increase, mixer-to-water energy transfer efficiency was determined for various operating conditions and geometrical chamber configurations.

Keywords

Reaction chambers, coagulation-flocculation, velocity gradient, real power dissipated, Yates meter

1. INTRODUCERE

În schema tehnologică a stațiilor de tratare a apei, procesul de coagulare-floculare trebuie abordat ca un proces distinct, dat fiind faptul că în funcție de eficiența acestuia depind în mod direct rezultatele obținute în etapele de decantare și filtrare.

În tratarea apei, procesul de coagulare este folosit pentru a favoriza agregarea și pentru a transforma o suspensie stabilă în una instabilă. De exemplu, prin coagulare, particulele care au stat în apă de luni sau ani de zile pot fi agregate într-o oră sau mai puțin. Rolul coagularii-flocularii este să asigure posibilitatea reținerii materiilor în suspensie și coloidale.

Coagularea este un proces complex prin care particulele coloidale cu dimensiuni reduse sunt agregate în particule cu greutate suficientă pentru a fi îndepărtate [1].

Se poate considera că procesul de coagulare include: injectia coagulantului, destabilizarea chimică a particulelor și contactul fizic dintre particule ce are ca rezultat procesul global de agregare al particulelor din apă care se tratează.

Procesul de coagulare se realizează de obicei în două tipuri de unități amplasate în serie: unitate de amestec rapid în care se realizează dozarea coagulantului și destabilizarea particulelor și unitatea de amestec lent în care se realizează contactul între particule [1].

Procesul fizic prin care se realizează contactul dintre particule (agregarea) se numește **floculare** [1].

2. TIPURI DE CAMERE DE REACTIE UTILIZATE IN STATILE DE TRATARE

În timp, forma și mărimea camerelor de reacție au evoluat ca urmare a unei mai bune cunoașteri a mecanismelor de coagulare-floculare și sedimentare, precum și funcție de formele constructive și tehnologia de funcționare a decantoarelor.

O clasificare exactă a camerelor de reacție este foarte dificil de realizat având în vedere criteriile numeroase care pot fi luate în considerare [4]:

- după poziția față de decantare, având în vedere și legătura tehnologică care există între reacție și decantare, camerele de reacție se pot prezenta sub forma de construcții independente de decantare sau construcții cuplate sau integrate cu acestea, ca și în cazul decantoarelor radiale, verticale, suspensionale la care camera de reacție se află în centrul decantorului;
- după modul în care sunt parcurse de apă, pot fi orizontale și verticale;
- după modul de agitare - cu agitare mecanică, cu agitare hidraulică și cu agitare pneumatică;
- după modul cum se face agitarea față de direcția de curgere, camerele de reacție pot fi cu agitare axială sau cu agitare transversală etc.

În ultimul timp s-au răspândit o serie de tipuri speciale de camere de reacție care se situează în afara categoriilor mai sus menționate și anume [4]:

- camere de reacție cu recircularea nămolului;
- camere de reacție cu precipitat în suspensie;
- camere de reacție cu material granular.

O categorie aparte o constituie camera de reacție cu coagulare electrochimică.

3. CONSIDERENTE ÎN PROIECTAREA CAMERELOR DE REACTIE

Amestecarea este un proces care are drept scop dizolvarea și omogenizarea, cu reducerea gradientilor de concentrație sau temperatură în interiorul sistemului dispers.

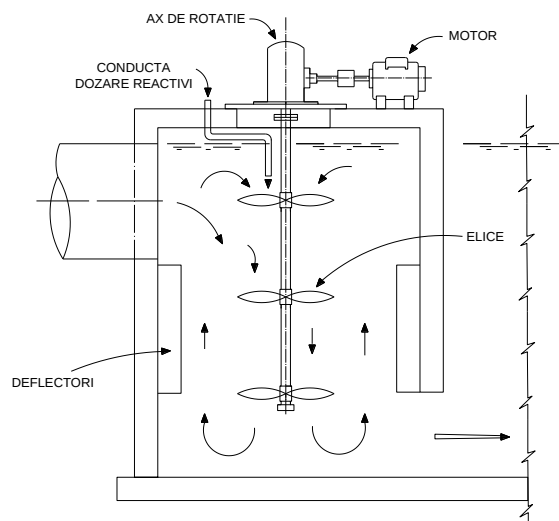
Din punct de vedere al introducerii soluțiilor de reactivi în apă, acesta este un proces esențial în asigurarea condițiilor optime proceselor de coagulare-floculare.

Amestecarea hidraulică folosește amestecul a două fluide miscibile în regim turbulent în sisteme cu hidrojector (transformarea energiei cinetice în energie potențială de presiune), turbulenta creată de o cadere hidraulică (deversor) sau canal (tub) Venturi [2, 3].

Procesul se aplică instalațiilor mici și datorită consumului mare de energie, este în general evitat.

Amestecarea mecanică se bazează pe acțiunea unui echipament mecanic (Figura 1) care, prin mișcarea de rotație, asigură pompajul lichidului, întretinând în recipient (bazin) o circulație cu rol de omogenizare [2, 3].

Figura 8. Camera de reacție cu amestecator mecanic



Amestecatorul rapid cu elice (cu rotor axial) poate agita lichide cu vâscozitate dinamică sub 4000 N s/m^2 , în care se afla suspensii în concentrație de maxim 10%. Numărul de pale ale rotorului axial al agitatorului este dependent de volumul și vâscozitatea lichidului (2 pale, pentru $V < 1 \text{ m}^3$; 3 palete, pentru $V < 200 \text{ m}^3$ și 4 palete, în cazul volumelor și vâscozităților mari)[2][3].

În literatura de specialitate se găsesc multiple metode și considerente de proiectare însă într-un final toate se rezumă la realizarea gradientului de viteză în interiorul camerei.

La dimensionarea camerelor de reacție cu amestecatoare, se are în vedere realizarea criteriului exprimat prin produsul optim dintre gradientul hidraulic, concentrația în suspensii și timpul de reacție pentru fiecare tip de apă, sub forma:

$$G \times C \times T = \text{optim}, \quad (3.1)$$

Unde: G – gradientul de viteză (s^{-1});
 C – concentrația în suspensii a apei brute;
 T – timpul de reacție.

În practică se folosește gradientul de viteză corespunzător regimului turbulent, care se calculează cu expresia următoare:

$$G = \sqrt{\frac{P}{V\eta}} = k \sqrt{\frac{P}{V}} \quad (3.2)$$

În care: G – gradientul mediu de viteză (s^{-1});
 k – coeficient funcție de $t^\circ\text{C}$;
 P – puterea reală disipată (W);
 η – vâscozitatea dinamică ($\text{kg/m}\cdot\text{s}$);
 V – volumul camerei de reacție (m^3).

Valorile uzuale ale gradientului de viteză sunt de ordinul $400 - 1000 \text{ s}^{-1}$ în faza de coagulare, respectiv 100 s^{-1} în faza de floculare. Valoarea optimă a gradientului de viteză depinde de caracteristicile apei brute și de greutatea moleculară a polimerului utilizat. La valori ale gradientului mai mari de 350 s^{-1} s-a sesizat spargerea flocoanelor. Timpul de reacție recomandat de literatură, se încadrează între 3 și 15 min. De asemenea, tipul de agitator folosit (dinamic sau static), forma și volumul camerei de reacție influențează procesul de coagulare-floculare[1] [2].

Camera de reacție constituie cheia succesului într-o bună decantare (într-o stație de tratare executată corespunzător), până astăzi nu a fost elaborată o metodologie concretă pentru dimensionarea lor. În practică dimensionarea se face pe baze empirice, ghidate de rezultatele experimentale din laborator, maturatori pe modele sau a parametrilor rezultați la alte stații.

În acest sens se dorește realizarea unei camere de reacție pilot pe care să se măsoare energia disipată

în interiorul camerei, astfel încât pe viitor să se poată propune o modalitate practică de dimensionare și verificare a acestui obiect tehnologic.

4. PROIECTAREA CAMEREI DE REACTIE PILOT

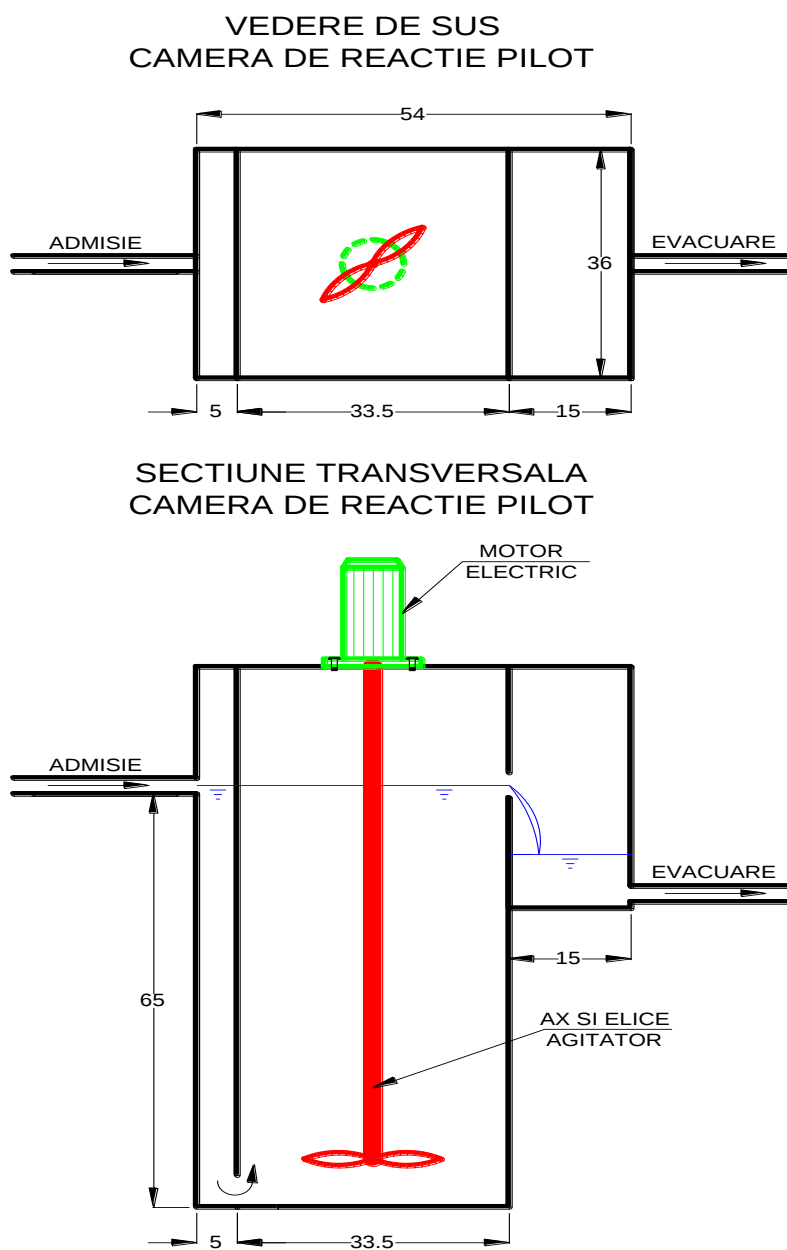
Volum camera de reacție

Dimensiunile camerei de reacție: $L=33,5$ cm; $B=36$ cm; $H_{\text{apa}}=65$ cm.

Volumul camerei de reacție pilot, rezulta: $V_{\text{CR}}=78.390 \text{ cm}^3 \approx 0.078 \text{ m}^3$

În mod normal camerele de reacție uzuale sunt construite bi-cameral, în prima camera se realizează reacția rapidă, iar în cea de-a doua camera reacția lentă. Având în vedere faptul că în prezentul studiu de cercetare camera de reacție pilot a fost realizată uni-cameral (Figura 2), pentru a simula cât mai exact procesele de coagulare-floculare, s-a optat pentru utilizarea unui variator de frecvență cu scopul de a obține turații variate ale agitatorului (amestecator).

Figura 9. Dimensiuni camera de reacție pilot



Timpul de reacție al camerei. Timpul de reacție este calculat în funcție de debitul de apă vehiculat și volumul camerei de reacție. Din relațiile următoare se determină timpul de reacție:

$$Q_{AB} = \frac{V_{TOT,CRP}}{T_R} \quad (4.1)$$

$$T_R = \frac{V_{TOT,CRP}}{Q_{AB}} \quad (\text{în secunde}) \quad (4.2)$$

unde: Q_{AB} – debitul vehiculat de apă brută;
 $V_{TOT,CRP}$ – volumul total al camerei de reacție pilot;
 T_R – timpul de reacție.

Timpul de reacție este o caracteristică a fiecărei ape și depinde de complexul de calitate al apei, inclusiv de caracteristicile coloidului. În practică, timpul de reacție al camerelor de reacție rapidă și lentă este cuprins în intervalul 3 și 15 minute.

În tabelul următor este prezentat timpul de reacție aferent fiecărui debit vehiculat în funcție de volumul camerei pilot.

Tabelul 1. Timpul de reacție aferent camerei de reacție pilot

TIMP REACȚIE - CAMERA DE REACȚIE PILOT															
DEBITE	l/h	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	m³/h	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
TIMP	sec	2822	1411	941	706	564	470	403	353	314	282	257	235	217	202
	min	47	23.5	15.7	11.8	9.4	7.8	6.7	5.9	5.2	4.7	4.3	3.9	3.6	3.4

În concluzie, după cum se poate observa și în tabelul 1 camera de reacție pilot ce face obiectul prezentului studiu de cercetare, se pretează debitelor de apă cuprinse în intervalul 300 – 1400 l/h.

Puterea agitatatorului. Puterea consumată de motorul agitatatorului mecanic este determinată în funcție de gradientul de viteză. Valorile uzuale ale gradientului de viteză sunt de ordinul 400 - 1000 s⁻¹ în faza de reacție rapidă, respectiv 10 - 100 s⁻¹ în faza de reacție lentă.

$$G = \sqrt{\frac{P}{V \cdot \eta}} = k \sqrt{\frac{P}{V}} = 400 - 1000 \text{ sec}^{-1} \quad \text{- pentru reacție rapidă;} \quad (4.3)$$

$$\text{respectiv} \quad G = \sqrt{\frac{P}{V \cdot \eta}} = k \sqrt{\frac{P}{V}} = 10 - 100 \text{ sec}^{-1} \quad \text{- pentru reacție lentă.} \quad (4.4)$$

$$\text{Rezulta:} \quad P = \frac{G^2 \cdot V}{k^2} \quad (4.5)$$

$$P^{ef} = \frac{P}{\eta} = \frac{G^2 \cdot V}{\eta \cdot k^2} \quad (4.6)$$

În care: G - gradientul mediu de viteză (s⁻¹), exprimat sub forma $k \sqrt{\frac{P}{V}}$; k fiind func. de t°C;

P - puterea reală disipată (W);

P^{ef} - puterea efectivă consumată a motorului;

η - vâscozitatea dinamică (kg/m,s);

η_e - randamentul motorului electric, considerat $\eta_e = 0.5$;

V - volumul camerei de reacție (m³).

Pentru a se determina intervalul în care trebuie să se încadreze puterea motorului electric, s-au dat valori gradientului de viteză G , atât pentru faza de reacție rapidă cât și pentru faza de reacție lentă, ținând cont și de temperatura apei. Au fost utilizați coeficienții de temperatură "k" aferenți temperaturilor de 5 °C și 30 °C.

Calculul puterii agitatorului a fost realizat conform literaturii de specialitate și rezulta faptul că puterea agitatorului trebuie să se încadreze în domeniul 0.01 – 158 W.

Motorul electric. Camera de reacție pilot este prevăzută cu un agitator mecanic cu rolul de a realiza mișcarea volumului de apă din interiorul camerei. Se dorește agitărea mecanică a volumului de apă pentru a favoriza numărul de ciocniri eficiente ale materiilor ce se găsesc în apă.

Motorul electric folosit în prezentul studiu de cercetare are o putere de 0,09 kW, la o frecvență de 50 Hz și o turație de 1365 rpm. Tensiune de alimentare a motorului electric este de 230 V. În prelungirea rotorului cu care este prevăzut motorul a fost montat un ax în capătul căruia este anexată o elice. Cuplul prezentat formează agitatorul mecanic al camerei de reacție.

Variatorul de frecvență. Procesul de coagulare se realizează în două camere amplasate în serie. Prima cameră se mai numește și camera de reacție rapidă – aici se realizează dozarea coagulantului și destabilizarea particulelor în microflocule, la o turație ridicată a agitatorului. Cea de-a doua cameră se mai numește camera de reacție lentă – aici se realizează contactul microfloculelor rezultând în acest fel macrofloculele, care odată formate au greutatea specifică optimă și proprietatea de a decanta.

Turația agitatorului mecanic în vederea realizării proceselor de coagulare-floculare este recomandată să se încadreze în intervalul 440 – 2400 rpm. O turație superioară va fi asigurată în camera de reacție rapidă, iar în camera de reacție lentă este necesară o turație inferioară.

Pentru a putea asigura turații multiple ale motorului agitatorului, s-a utilizat un variator de frecvență. Acesta permite modificarea frecvenței motorului electric, iar odată cu frecvența se obțin turații variate în domeniul 0 – 1365 rpm.

Echipament Yatesmeter. Cu acest echipament se pot măsura o serie de parametri, printre care și diferența de temperatură a fluidului. De regulă acest tip de echipament este utilizat pentru a determina randamentul pompelor de apă sau grupurilor de pompare montate în de regulă în stațiile de pompare.

În prezentul studiu de cercetare s-a utilizat echipamentul Yatesmeter pentru a determina diferența de temperatură la intrare și ieșirea apei din camera de reacție pilot (Figura 3), cât și temperatura apei – toate acestea cu scopul de a determina energia disipată în interiorul camerei.

Figura 10. Camera de reacție pilot și echipament Yatesmeter (Laborator Colentina – UTCB)



5. REZULTATELE MASURATORILOR EFECTUATE PE CAMERA DE REACȚIE PILOT

În cadrul prezentului studiu de cercetare s-au realizat măsurători ale puterii disipate într-o cameră de reacție pilot. S-au realizat seturi de măsurători pentru debite vehiculate de apă cuprinse în intervalul 100 l/s și 400 l/s, pentru o turație constantă a motorului și anume 1000 rpm. Trebuie precizat faptul că apa utilizată în cadrul acestor măsurători este apă potabilă din rețeaua de distribuție a orașului București, apă ce a fost în prealabil stocată într-un bazin cu volumul de 5 m³. Acest lucru a fost necesar pentru a evita fluctuațiile de temperatură ale apei din rețeaua de distribuție, fapt ce ar fi condus la obținerea unor rezultate eronate.

Camera de reacție pilot a fost realizată din plexiglass și a fost izolată cu polistiren expandat cu grosimea de 10 cm și folie de aluminiu, pentru a împiedica transferul termic dintre apa vehiculată prin camera și atmosferă. Prin realizarea acestei izolații s-a considerat că schimbul de temperatură cu exteriorul este practic nul.

După multiple măsurători și observații, au fost efectuate o serie de lucrări de îmbunătățire a camerei de reacție pilot, iar într-un final s-a stabilit un timp de 5 ore pentru a permite stabilizarea temperaturii și realizarea citirilor cu echipamentul Yatesmeter, citiri care au fost considerate ca fiind finale și corecte.

Puterea mecanică este mărimea fizică scalară numeric egală cu lucrul mecanic efectuat în intervalul de timp corespunzător, se notează cu P și are următoarea formulă de calcul:

$$P = \frac{L}{T} \quad (5.1)$$

unde T este timpul în care forța efectuează lucrul mecanic. Pe baza formulei definim puterea mecanică ca fiind mărimea fizică scalară numeric egală cu lucrul mecanic efectuat de o forță și timpul necesar efectuării acestuia. În sistemul internațional de unități, puterea mecanică se măsoară în (W = J/s).

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{T} \quad (5.2)$$

$$P = \frac{\rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta t}{T} \quad (5.3)$$

Unde:
 P – puterea disipată (W);
 m – masa apei (kg);
 V – volumul de apă (m³);
 ρ – densitatea apei (kg/m³);
 c – căldura specifică a apei (4185 J/kg·°K);
 Δt – diferența de temperatură a apei între intrare și ieșire (°K);

$$\frac{V}{T} = Q \quad (5.4)$$

Rezultă: $P = \rho \cdot Q \cdot c \cdot \Delta t$ (5.5)

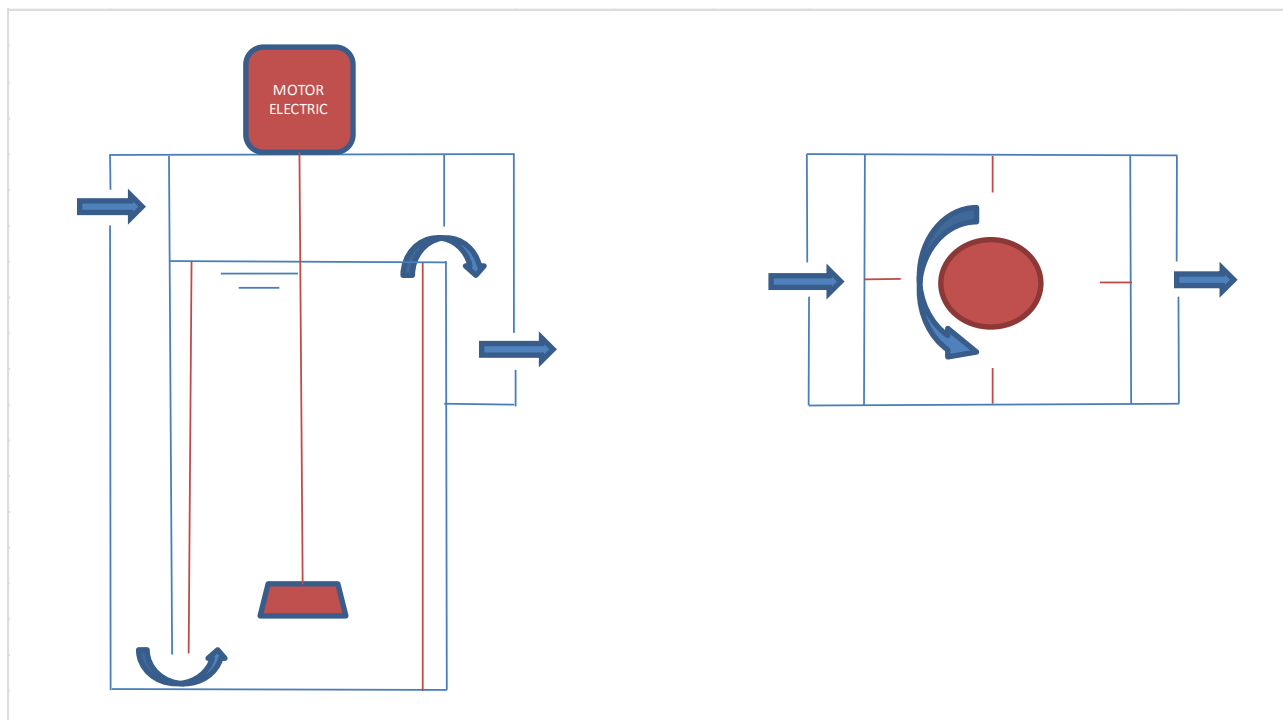
Raportul adimensional dintre lucrul mecanic util și lucrul mecanic consumat se numește randament. Prin randament se înțelege, în fizică și inginerie, un raport subunitar a două mărimi fizice scalare conservative (putere, energie, masă, sarcină electrică) care măsoară cât dintr-o anumită mărime a fost folosită util.

$$P = P_{motor} \cdot \eta \Rightarrow \eta = \frac{P}{P_{motor}} \cdot 100 [\%] \quad (5.6)$$

Unde
 P – puterea disipată în camera, măsurată (W);
 P_{MOTOR} – puterea motorului (W);
 η – randamentul (%).

După realizarea măsurătorilor pe camera de reacție pilot și obținerea rezultatelor, s-a dorit optimizarea acestui obiect tehnologic important în scheme oricărei stații de tratare. În acest sens s-au montat 4 deflektori în interiorul camerei de reacție pilot, schimbând conformația acesteia. Prin montarea acestor deflektori s-a intenționat favorizarea ciocnirilor între particule aflate în camera, pentru a conduce la o mai bună disipare a puterii, implicit pentru un randament superior.

Figura 11. Schema camera de reacție pilot cu deflectori



Rezultatele măsurătorilor realizate pe camera de reacție pilot în condițiile prezentate se regăsesc în tabelele următoare:

Tabelul 2. Tabel centralizator randament camera de reacție pilot – fara deflectori

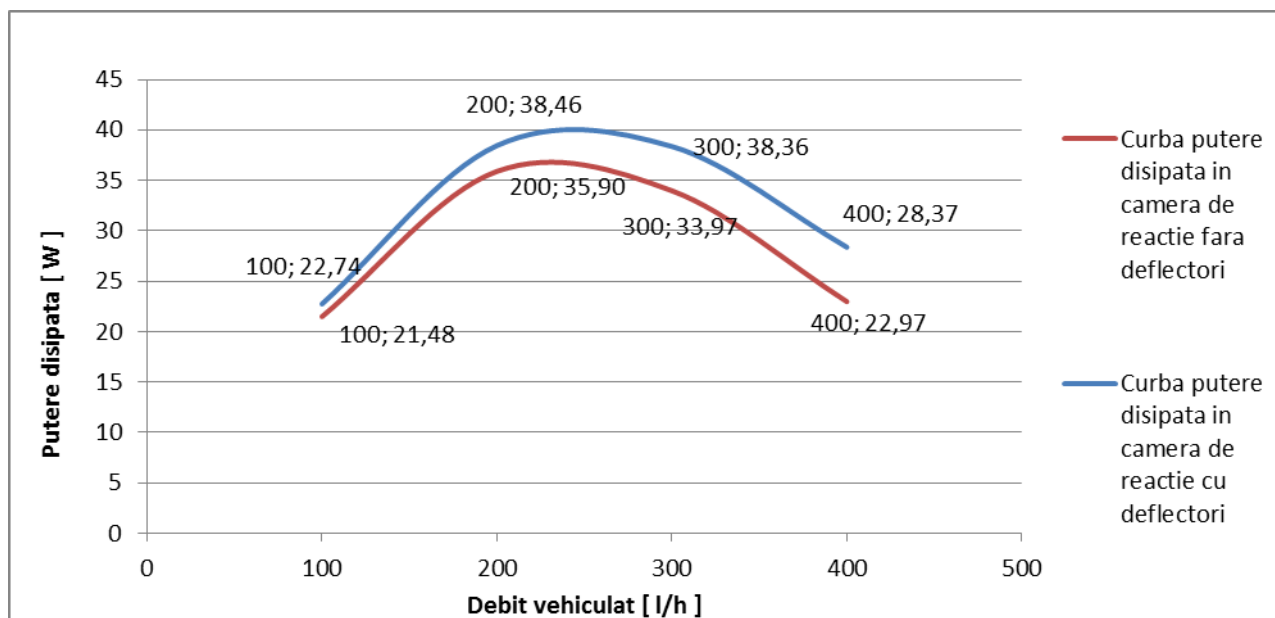
Debit [l/h]	Putere disipata [W]	Randament [%]
100	21.48	32.6
200	35.90	54.4
300	33.97	51.5
400	22.97	34.8

Tabelul 3. Tabel centralizator randament camera de reacție pilot – cu deflectori

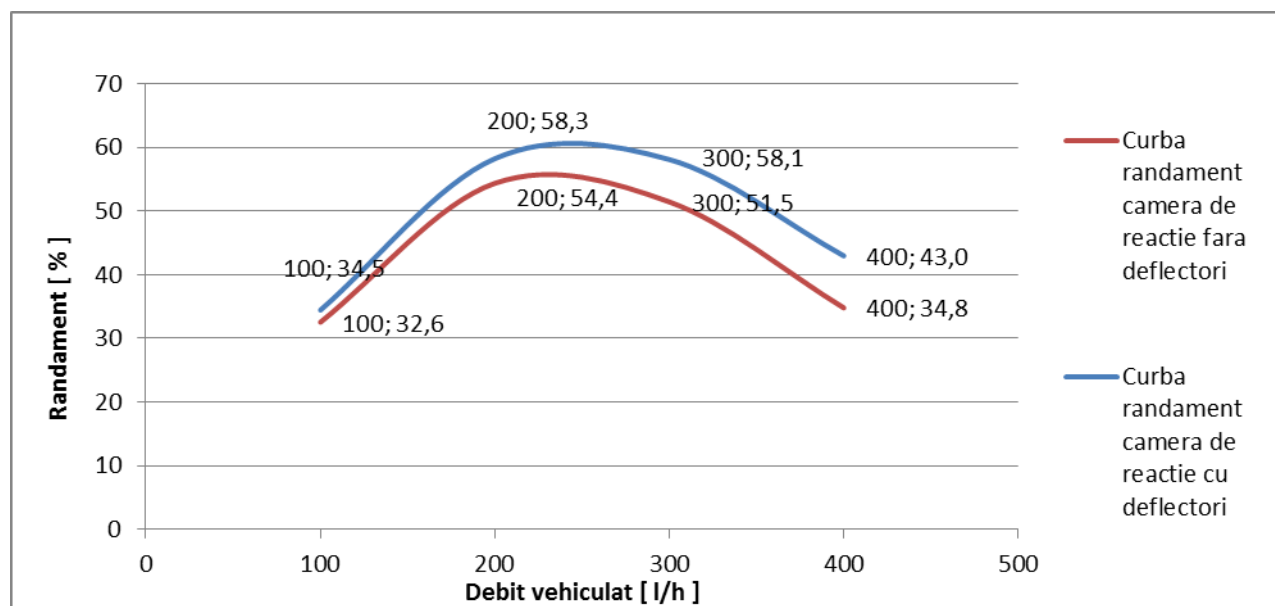
Debit [l/h]	Putere disipata [W]	Randament [%]
100	22.74	34.5
200	38.46	58.3
300	38.36	58.1
400	28.37	43.0

Pentru prezentarea rezultatelor obtinute si pentru a putea observa optimizarea adusa camerei de reactie pilot odata cu montarea deflectorilor, s-au realizat urmatoarele doua grafice ce reflecta puterea disipat functie de debitul vehiculat, respectiv randamentul camerei functie de debit.

Grafic 1. Graficul puterilor disipate in camera de reactie pilot functie de debitul vehiculat



Grafic 2. Graficul randamentului camerei de reactie pilot functie de debitul vehiculat



Masuratorile randamentului camerei de reactie pilot (cu si fara deflektori) au fost realizate pe intervalul de debite 100-400 l/h. Pentru debite mai mari este necesar un motor electric cu o putere ridicata.

6. CONCLUZII

S-au realizat teste la scara pilot in vederea stabilirii randamentului de transfer a energiei mecanice in masa de apa. Pentru aceasta s-au utilizat urmatoarele echipamente:

1. Camera de reactie pilot – Statia Pilot Laboratorul Colentina, UTCB – cu debite de apa cuprinse in intervalul 300-1400 l/h;
2. Echipamentul de masura a diferentei de temperatura intre intrarea si iesirea din camera, Yatesmeter;
3. Agitatorul mecanic camera de reactie compus din: motor electric, variator de frecventa si ax cu elice introduce o energie volumului de apa ce este masurabila.

Se constata ca randamentul global de transfer al energiei mecanice in masa de apa nu depaseste in general 50%. O posibila masura pentru cresterea randamentului de transfer, fara a creste energia consumata, o constituie montarea de deflectorii in interiorul camerei. Aceasta masura poate conduce la o crestere a randamentului de transfer cu circa 5%, fapt care determina implicit o mai mare eficienta a procesului de coagulare-floculare sau o eventuala reducere a consumurilor de energie.

Se considera necesara determinarea conditiilor si randamentelor reale de exploatare a camerelor de reactie din cadrul statiilor de tratare existente. In situatia in care se observa un randament scazut al acestor obiecte tehnologice, se pot propune masuri menite sa optimizeze procesul de coagulare-floculare, fara a creste consumul energetic.

7. BIBLIOGRAFIE

1. Racoviteanu, G – (2003) – *Teoria decantarii si filtrarii apei*, editura MatrixRom, Bucuresti.
2. Manescu, A., Sandu, M., Ianculescu, O. – (1994) – *Alimentari cu apa*, editura Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti.
3. Sandu, M., Racoviteanu, G., O. – (2006) – *Manual Pentru Inspectia Sanitara si Monitorizarea Calitatii Apei in Sistemele de Alimentare Cu Apa*, editura Conspress, Bucuresti
4. Ovidiu Ianculescu. Dan Ianculescu – (2002) – *Procesul de coagulare-floculare in tratarea apei de alimentare. Optimizarea camerelor de reactie din statiile de tratare*, editura Matrix Rom, Bucuresti.
5. Sandu, M., - (2011) – *Proiectarea, executia si exploatarea sistemelor de alimentare cu apa si canalizare a localitatilor. Partea I-a: Sisteme de alimentare cu apa*, editura Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti.
6. Dumitru Cioc, - (1983) – *Hidraulica*, editura Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti.
7. Water Treatment Handbook – "Degremont", Seventh Edition, volume 1 si 2, France, 2007.
8. Mateescu, C. – (1963) – *"Hidraulica"*, editura Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti.
9. Vulpasu, E. – *"Tratarea apei. Coagulare"*, editura Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti.
10. Petre Trofin, - (1972) – *Alimentari cu apa*, editura Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti

Dimensionarea resurselor IT hardware și software în sistemele SCADA. Particularizare pentru stațiile de epurare ape uzate

Janel Arhip* and Dan Stanescu **

*Dr.Eng., Industrial Automation Engineer, S.C. SELETRON Software și Automatizații, Str. Daniel Barcianu Nr. 30, Sector 3, București, ROMÂNIA
(E-mail: seletron@seletron.ro)

**Eng., Software Engineer, S.C. SELETRON Software și Automatizații, Str. Daniel Barcianu Nr. 30, Sector 3, București, ROMÂNIA
(E-mail: dsstanescu@seletron.ro)

Abstract

For industrial processes in general and in particular for the construction or rehabilitation of wastewater treatment plants is necessary to carry out extensive works in different fields: civil and industrial electrical installation equipment, electromechanical, electrical, hydraulic, installation of measurement devices and automation panels. A special chapter is the execution of works in the field of information technology to provide monitoring and control of technological process through specific SCADA systems.

Our experience in the design and implementation of SCADA systems has led us to conclude that IT requirements in such areas doesn't have as foundation standards and rules that lead to a correct sizing of IT resources necessary in strict accordance with the technical requirements of the process. This situation leads to requirements often oversized on IT resources, unlike other works mentioned which are more clearly defined and dimensioned.

This paper presents technical aspects with regard to a methodology for sizing the hardware and software components of SCADA systems. The necessary main and auxiliary software components of a SCADA system are presented. The reasoning behind the selection of required SCADA application and database engine is detailed.

Keywords

SCADA, PLC, RTU, HMI, hardware resources, software resources, dimensioning, resource efficiency, resource sizing

1. INTRODUCERE

Pentru procesele industriale în general și în particular pentru construcția sau reabilitarea stațiilor de epurare a apelor uzate, este necesară efectuarea unor lucrări ample, în diferite domenii: construcții civile și industriale, montaj instalații electrice, echipamente electromecanice, electrotehnice, hidraulice, instalare de aparataj de măsură și control, instalare de tablouri de automatizare. Un capitol aparte îl constituie executarea de lucrări din domeniul tehnologiei informației pentru a asigura monitorizarea și controlul procesului tehnologic prin intermediul sistemelor SCADA specifice.

Experiența acumulată în domeniul proiectării și implementării sistemelor SCADA ne-a condus la concluzia că cerințele IT în astfel de domenii nu au ca fundament standarde și parametri specifici care să conducă la o dimensionare corectă a resurselor IT necesare în strictă conformitate cu cerințele tehnologice ale procesului precum și cu eventualele cerințe de modernizări și/sau extinderi viitoare. Aceasta conduce la cerințe de cele mai multe ori supraevaluate cu privire la resursele IT, spre deosebire de celelalte lucrări menționate care sunt mult mai clar definite și dimensionate.

2. CONCEPTUL SCADA

Deși larg cunoscută ca noțiune, conținutul termenului SCADA este adesea neclar mai ales nespecialiștilor, producând uneori chiar confuzii. Iată de ce am considerat util să expunem câteva noțiuni asupra acestuia.

SCADA este o abreviere din limba engleză pentru Supervisory Control and Data Acquisition. Altfel spus SCADA este un sistem de supraveghere, control și achiziție de date fiind încadrat într-o clasă mai largă de sisteme de control industrial. Există câteva caracteristici care definesc un sistem SCADA, deosebindu-l în raport cu alte sisteme de control industrial, și anume:

- sistemele SCADA sunt sisteme complexe, cuprinzând mai multe locații, instalații, subsisteme, etc., aflate uneori la mari distanțe, conduse dintr-un punct central;
- procesarea datelor, la toate nivelele se face exclusiv digital;
- transferul datelor între locații, precum și între acestea și nodul central se face pe baza unor protocoale unificate, folosind doar rețele de date standardizate;
- sistemele SCADA sunt organizate ierarhic, fiecare nivel permitând supervizarea și controlul în limite bine specificate.

Componenta sistemelor SCADA

Principalele componente ale unui sistem SCADA, prezentate în ordine ierarhică sunt:

- RTU – Remote Terminal Unit – sunt echipamentele ce permit conectarea senzorilor și conversia informației analogice în semnal digital. Adesea astfel de unitați permit conectarea a mai multor senzori, de același tip sau chiar de tip diferit. De asemenea, RTU avansate permit programări sau setări locale astfel încât să realizeze prelucrări locale de date înainte de a le transmite;
- PLC – Programmable Logic Unit – sunt microcalculatoare, capabile să efectueze operații complexe, să primească date de la RTU, să le prelucreze și interpreteze, astfel încât să opereze actuatori locali și să conducă subprocese. Un PLC transmite semnale de stare și date către unitățile ierarhic superioare și primește comenzi și setări de la acestea. O caracteristică esențială a unui PLC este aceea de a putea opera izolat (insular) în situația în care pierde comunicația cu nodul central;
- Sistemul de Telemetrie – este reprezentat de infrastructura hardware care asigură transferul datelor între componentele sistemului SCADA. Cel mai adesea, acesta este reprezentat de rețele de date realizate pe suport de fibră optică, cablat sau wireless. Există sisteme SCADA de arie geografică foarte largă, la care telemetria poate conține transmisii de date radio pe frecvențe licențiate sau chiar prin satelit;
- Serverul de Date – este un serviciu software, adesea instalat pe un calculator dedicat numit de asemenea server. Acesta asigură achiziția și stocarea datelor primite de la PLC și RTU, și permite stațiilor client să acceseze aceste date în vederea afișării și luării deciziilor privitoare la desfășurarea procesului;
- HMI – Human-Machine Interface – este un dispozitiv ce permite interfața operatorului cu procesul condus. Cel mai adesea, acest dispozitiv este un display prevăzut cu ecran tactil. Informația este prezentată, ideal, în format grafic ușor inteligibil iar comenzile se dau prin atingerea ecranului;
- Stațiile de lucru – sunt calculatoare dedicate, prevăzute cel mai adesea cu unul sau două unități display, de dimensiuni relativ mari, care să permită afișarea unor zone de proces cât mai întinse. Afișarea este organizată de obicei pe sinoptice, reprezentând cel mai adesea zone distincte de proces, interdependente funcțional. Uzual, o stație de lucru permite intervenția operatorului direct în proces, bazat pe o ierarhie de drepturi de acces.

Arhitecturi SCADA

Noțiunea de arhitectură în sistemele SCADA desemnează modul în care sunt interconectate și se subordonează componentele sistemului, respectiv RTU, PLC, HMI, serverele și stațiile de lucru. Din punct de vedere funcțional, aceste sisteme formează cel mai adesea un sistem piramidal la care pe nivelul superior sunt situate stațiile de lucru. Acestea interacționează direct cu serverul de date, adesea prevăzut cu o rezervă ce funcționează în paralel (rezerva caldă). Pe nivelul inferior sunt situate PLC și HMI. Ultimul nivel este ocupat de RTU.

Modul în care aceste componente sunt interconectate fizic prin rețelele de date se numește topologie. Conexiunea între stațiile de lucru și servere este cel mai adesea una directă. În ceea ce privește conexiunea dintre PLC și servere, situația este complet diferită. Deși există extrem de multe posibilități de interconectare între aceste elemente, în practică predomină câteva tipuri de topologii:

- Conexiunea de tip magistrală – la care toate nodurile sunt legate la o magistrală comună de date. Acest tip de conexiune este simplu de realizat, ieftin, dar necesită implementarea de mecanisme speciale anticolidiune – situații în care mai multe noduri doresc să transmită simultan date;
- Conexiunea tip stea, în care fiecare nod (PLC sau RTU) este conectat la un nod central (switch). Atât serverul cât și stațiile de lucru sunt adesea conectate la același switch;
- Conexiunea în inel (ring) în care fiecare nod este conectat la două noduri adiacente.

3. RESURSE HARDWARE ÎN SISTEMELE SCADA

Prin resurse hardware înțelegem totalitatea echipamentelor și liniilor de comunicație de date ce formează un sistem SCADA. Ca în orice alt domeniu al ingineriei, este evident că realizarea unui sistem SCADA trebuie supus unui proces de dimensionare adecvată, astfel încât să se realizeze un sistem funcțional cu un minim de resurse. Punem accent pe noțiunea de minim de resurse pentru că am întâlnit adesea specificații tehnice în care sunt solicitate componente cu performanțe exagerat de mari raportate la necesitățile reale ale sistemului. Desigur, criteriul funcționalității în asemenea situații este îndeplinit 100%. Costurile realizării performanței sunt însă mari, astfel că eficiența implementării este redusă.

Vom analiza în cele ce urmează modul în care pot fi calculate necesitățile reale de prelucrare a datelor în sistemele reale, particularizat pe diversele componente ale sistemelor SCADA. Vom avea în vedere câteva aspecte care împreună conduc la realizarea celor două deziderate, respectiv funcționalitate și eficiență:

- nivelul de precizie solicitat de sistemul/procesul condus;
- viteza de desfășurare a procesului și rapiditatea cu care trebuie răspuns;
- complexitatea (numărul de componente) procesului;
- costul implementării.

Vom efectua această analiză în ordine ierarhică, pe fluxul de date și pe componente. Deși analiza va fi particularizată pentru stațiile de epurare a apei uzate, menționăm că rezultatele și concluziile acestei analize pot fi ușor particularizate pentru orice sistem SCADA.

Alegerea senzorilor în sistemele SCADA

Începem această analiză cu senzorii care, deși nu sunt intrinsec componente SCADA, reprezintă primul nivel de interacțiune al acestora cu procesele conduse. Trebuie spus aici că noțiunea de dimensionare în acest context este mai degrabă una de alegere. Asadar, cum alegem senzorii pentru un sistem SCADA, în particular pentru o stație de epurare? Evident trebuie să avem în vedere caracteristicile fizice esențiale ale acestora: domeniul de măsură, care trebuie să se suprapună cât mai bine pe domeniul de utilizare, viteza de variație a parametrului măsurat și precizia necesară.

Un al doilea aspect important în cazul senzorilor îl constituie alegerea mediului de transmisie a datelor la RTU sau PLC. Aici, inginerul proiectant are la dispoziție câteva opțiuni, dar și câteva criterii. La capitolul criterii de alegere menționăm:

- necesitatea (sau nu) a prelucrării/afișării locale a datelor;
- tipul de senzor cel mai bine adaptat măsurătorii concrete ce se efectuează (principiul de măsură);
- distanța dintre punctul de măsură și cel de prelucrare;
- numărul de senzori (de același tip sau de tip diferit) concentrați într-o zonă;
- zonarea EX.

În ceea ce privește opțiunile, aici ne întâlnim cu o gamă foarte largă de alegeri, oferite de o piață în continuă dezvoltare.

- senzorii cu semnal unificat (4-20mA) (eventual cu extensie HART) – sunt probabil cei mai întâlniți și (probabil) cea mai bună opțiune pentru majoritatea necesităților de măsură în sistemele SCADA. Sunt ieftini, ușor de conectat, semnalul furnizat este aproape imun la zgomotul industrial și permit conexiuni pe distanțe mari fără pierderea preciziei. Importantă este și siguranța în funcționare, dată de faptul că pierderea unei linii cu un senzor nu afectează restul senzorilor;
- senzori MODBUS sau PROFIBUS – astfel de senzori necesită o magistrală RS485, cu avantajele și dezavantajele acesteia: simplu și ieftin de implementat dar nefiabilă (căderea unui senzor poate determina căderea întregii rețele de senzori);
- utilizarea unui RTU – este o soluție recomandată pentru situația în care un obiectiv supravegheat necesită un număr mare de senzori, fiind aflat la o distanță relativ mare de PLC-ul care îl controlează. Astfel de exemple: reactoarele biologice, digestoarele de nămol, unitățile de deshidratare nămol, etc.;
- pentru zonele EX numărul opțiunilor se limitează drastic – aici avem la dispoziție fie Profibus PA, fie Fieldbus FOUNDATION H1 (un protocol mai puțin cunoscut dar net superior!).

Alegerea/dimensionarea PLC

Unitățile de tip PLC constituie în fapt coloana vertebrală a oricărui sistem SCADA. Din acest motiv probabil cea mai mare atenție trebuie acordată acestei componente atunci când proiectăm un sistem de automatizare. Există la ora actuală un mare număr de producători de asemenea dispozitive, fiecare oferind o gamă largă de produse, fiecare adaptat unor tipuri de aplicații. Alegerea unui tip sau altul de PLC trebuie să aibă în vedere în principal criteriile expuse în preambulul acestui capitol, pe scurt: precizia necesară, viteza de reacție, complexitatea procesului și costul implementării.

Întalnim adesea în caietele de sarcini cerințe prin care se impune practic utilizarea unui anume PLC din considerente cel mai adesea subiective. Trebuie remarcat aici că astfel de condiții sunt chiar dincolo de limita legalității, întrucât impun practic un furnizor unic. Iată un asemenea exemplu: pentru o stație de pompare cu două pompe se impune un PLC care să aibă exact următoarele performanțe:

- Viteză operații pe biți: 0.06 μ s
- Viteză operații pe cuvinte: 0.12 μ s
- Viteză operații în virgulă fixă: 0.16 μ s
- Viteză operații în virgulă flotantă: 0.59 μ s

Întrebare: de ce două pompe nu pot fi conduse de nici un alt PLC?! De ce e nevoie de un PLC care probabil (la nivelul impus mai sus) ar putea conduce singur un reactor nuclear?! Efectul acceptării de astfel de cerințe este creșterea semnificativă a costului de realizare (adică reducerea eficienței),

dar și respingerea apriorică fără motiv real a unei clase întregi de ofertanți (ceea ce este ilegal). Nu pot să nu remarc aici rolul pe care trebuie să îl joace consultantul de specialitate care e necesar să respingă din start astfel de cerințe.

Dincolo de aceste observații, cum trebuie totuși să dimensionăm un PLC? Iată în continuare câteva criterii de care trebuie să ținem cont:

Complexitatea sistemului. Este dată de numărul de senzori și actuatori conduși în secțiunea de proces controlată de PLC. Este puternic recomandat ca încă din faza de proiectare primară a procesului să îl divizăm în subprocese de dimensiune rezonabilă, cu echipamente și senzori dispuși grupat într-o arie unitară și relativ restransă, iar dependența funcțională să fie destul de stransă. Pentru o stație de epurare ape uzate, una dintre cele mai bune zonări, care respectă în totalitate criteriile de mai sus ar putea fi:

- zona de procesare mecanică (gratare, deznisipare, separare grăsimi), cu echipamentele aferente;
- decantoarele primare, care pot funcționa independent sau pot fi asociate tratării mecanice;
- zona de tratare biologică, cu suflantele de aer aferente;
- decantoarele secundare, care cel puțin la stațiile mici pot fi asociate reactoarelor biologice;
- dezhidratarea nămolului;
- fermentarea nămolului, dacă există.

Un sistem SCADA dimensionat pe acest criteriu va cuprinde astfel, de regulă, trei la șase unități PLC.

Numărul de senzori și actuatori asociați. Un PLC într-o astfel de stație conduce în general între cinci și douăzecișicinci de actuatori (pompe, mixere, suflante, electrovane, etc.). Pentru dimensionare trebuie să avem în vedere următoarele:

- un motor cu acționare simplă (mixer, pompă, gratar, etc.) necesită de regulă patru semnale de intrare digitală (de exemplu: poziție selector regim, ON/OFF, Eroare) și un semnal de comandă (ON/OFF);
- un motor cu reversare de sens (pod rulant, electrovană) necesită minim șase semnale de intrare și două de ieșire;
- pompele dozatoare necesită impulsuri de comandă. O opțiune o constituie utilizarea de module programabile generatoare de impulsuri. O altă alegere mult mai ieftină o constituie utilizarea de module de tip ieșire digitală standard (24 V) și generarea impulsurilor adiacente prin soft;
- comanda convertizoarelor de frecvență necesită semnale unificate (4-20 mA) sau de tensiune (0-10V) pentru stabilirea referinței, impunând ieșiri de comandă analogică de acest tip. Cu un efort suplimentar de programare, putem utiliza însă interfața MODBUS sau PROFIBUS cu care aceste convertizoare sunt prevăzute.

Exemplu de calcul: pentru o structură formată din două decantoare primare, prevăzute cu poduri rulante, electrovane și o stație cu trei pompe de nămol vom avea nevoie de:

- 2x4 intrări digitale pentru podurile racloare;
- 2x6 intrări pentru electrovane;
- 3x4 intrări pentru pompele de nămol.

Rezultă un total de 32 intrări digitale, la care se vor adăuga probabil încă 4-8 intrări pentru alte circuite asociate tabloului de automatizare.

Monobloc versus modular. O întrebare care apare încă din prima fază a proiectării cu PLC – ce tip de PLC folosim? Exceptând cazurile stațiilor foarte mici, care cu siguranță nu vor necesita extinderi în viitor (de exemplu puțurile de apă), în majoritatea cazurilor este recomandat să utilizăm structuri de PLC modulare deoarece:

- realizarea structurii în ansamblu poate fi optim dimensionată, asigurând numărul de I/O cu un preț minim;
- întreținerea structurilor se realizează cu costuri minime. Vom avea nevoie doar de câteva module de rezervă din fiecare tip în parte (intrare digitală, ieșire digitală, comunicație serială, intrare analogică, etc.);
- structura poate fi ușor extinsă în cazul în care apare necesitatea montării de echipamente suplimentare.

Cum dimensionăm modulele? Admițând că am ales pentru structura PLC un sistem modular, următoarea întrebare care se pune este cât de mari, adică câte intrări/ieșiri trebuie să aibă acestea? Evident că problema nu are soluție unică, trebuind a fi tratat atent fiecare caz în parte. Un criteriu primar trebuie avut însă în vedere: trebuie utilizate, pe cât posibil un număr minim de tipuri de module. Adică, vom utiliza în toată stația un singur tip de module digital-IN (de exemplu cu opt intrări), sau analog-IN 4-20 mA (versiunea cu 4 intrări este adesea câștigătoare). Efectul acestei politici este necesitatea păstrării unui număr minim de module în rezerva imediată. Ce NU recomandăm:

- utilizarea de module cu număr mic de intrări/ieșiri (de regula sub 4) – aceasta poate conduce la realizarea de PLC cu prea multe module;
- utilizarea de module cu număr prea mare de intrări/ieșiri (peste 16) – aceasta poate conduce la utilizarea inefficientă a modulelor (rămân multe I/O nefolosite) și la supraîncărcarea cu cablaj a zonei de conectare a modului.

Experiența proprie a arătat că un număr optim de conexiuni este opt pentru modulele digitale și patru pentru modulele analogice.

Alegerea/dimensionarea HMI

Display-urile HMI constituie principalul mijloc prin care operatorii interacționează cu procesul la nivel local. Funcția de bază a unui HMI este aceea de a furniza o imagine reprezentativă asupra a ceea ce se desfășoară în acel moment în instalație și a parametrilor principali de proces. În caz de nevoie, un HMI trebuie să poată prezenta informații detaliate.

Iată prin urmare câteva criterii pe care trebuie să le avem în vedere când dimensionăm un HMI și proiectăm sinopticele pe care acesta le va afișa.

Dimensiunea și rezoluția. Reprezintă principalul criteriu de alegere. Dimensiunea unui HMI este dată de regula prin diagonala acestuia, prezentată cel mai adesea în inch. Dimensiunile uzuale sunt de 3,5”, 4,3”, 5,7”, 10,4”, 12,1”. Desigur pentru sisteme de înaltă complexitate există HMI cu dimensiuni mult mai mari. Prețul prohibitiv le face însă inaplicabile pentru sisteme de tipul SEAU. Rezoluția reprezintă numărul de pixeli pe care îi poate afișa fizic un HMI, reprezentând implicit și complexitatea și nivelul de detaliere al imaginii ce poate fi reprezentată. În general un HMI cu dimensiunea de 5,7” (probabil cel mai des întâlnit) are rezoluția de 320x420 de pixeli. La o astfel de rezoluție pot fi reprezentate schematizat opt la zece obiecte, sau două la patru obiecte cu detalii semnificative. Un HMI de 10,4” (26,4 cm) permite obținerea unei imagini de 640x480 pixeli, adică cam cât un PC din primele generații. La această rezoluție este posibilă reprezentarea celor mai multe subprocesse asociate unei stații de epurare.

Numărul de culori. Majoritatea HMI realizate la ora actuală sunt display-uri TFT/LCD de tip color,

capabile să reprezinte 65536 de nuanțe diferite. Pe de altă parte, este demonstrat că ochiul uman neantrenat (“antrenat” este ochiul de pictor) este capabil să distingă circa 200 nuanțe diferite. Observăm așadar că un HMI din producția obișnuită depășește cu mult capacitatea de percepție a ochiului uman. Pe de altă parte, un sinoptic într-o prezentare pe un HMI este o reprezentare cel mai adesea schițată. Cu alte cuvinte, este o imagine compusă din doar câteva culori “de bază” – negru, alb, galben, bleu, roșu, galben, fiind culorile cel mai des întâlnite în acest context. Concluzia pe care o desprindem de aici: la un HMI, numărul de culori pe care îl poate reprezenta ar trebui să fie probabil ultimul criteriu, sau chiar să lipsească cu desăvârșire.

Unghiul de vizualizare. Pentru orice dispozitiv de vizualizare, unghiul din care imaginea prezentată este lizibilă este un parametru a cărui importanță depinde de destinația acestuia. Astfel, dacă pentru o lampă de semnalizare este de dorit ca aceasta să fie vizibilă pe un unghi solid cât mai mare, pentru un ecran TV ar fi “suficient” un unghi de 180° (în fond, nu putem cere să vedem imaginea “din spate”), dar ne mulțumim cel mai adesea cu un unghi de 110÷120° cât este performanța oferită în mod curent. HMI este un tip special de ecran, care este utilizat cel mai adesea privit direct din față. Prin urmare, performanțele oferite de HMI actual, respectiv unghiuri de 60÷90° sunt suficiente și nu trebuie supralicitate.

Touch-screen și numărul de atingeri. Există două tipuri constructive de interfețe tactile pentru HMI: cele rezistive, mai ieftine și cu un număr mai mic de “atingeri”, și cele capacitive, mai scumpe și cu număr practic nelimitat de atingeri. Întrebarea firească: de care alegem? Să facem un calcul simplu: presupunem că la un HMI se intervine foarte des: un operator accesează meniurile odată pe oră, deci de opt ori pe zi, de fiecare dată de 10 ori. Rezultă ca într-un an se execută $80 \times 365 = 29200$ de atingeri. Uzual un HMI rezistiv este garantat pentru minim 10.000.00 de atingeri (zece milioane!). Prin urmare, un asemenea HMI rezistă (din acest punct de vedere) cel puțin 340 de ani! Fără alte comentarii!

Stații de lucru și servere

Stațiile de lucru și serverele reprezintă componenta de nivel superior a sistemelor SCADA. Ambele sunt în fapt sisteme de calcul dedicate, având numeroase caracteristici comune, dar și particularități distincte.

Dacă ne referim la procese industriale de complexitate mică și medie în general și la stații de epurare pentru populație sub 100.000 de locuitori, în particular, aplicațiile software din cadrul sistemelor SCADA rulează, în marea majoritate a cazurilor, pe servere și stații operator cu specificații hardware specifice sistemelor de calcul „small business” cum ar fi: procesoare Intel® Xeon® E3-1220Lv2 (2.3GHz/2-core, 3.1GHz/4-core), 4/8 GB memorie, 2 x 1 TB HDD, Ethernet 1Gb 2-port.

Trebuie avut în vedere că numărul de aplicații care rulează pe servere este minimal, practic aplicația SCADA și sistemul de gestiune al bazei de date sunt cele mai mari consumatoare de resurse, iar numărul tipic de utilizatori în aceste cazuri de mică complexitate este maximum 10 determinând un număr mic de sesiuni concurente.

Chiar și pentru stații de epurare de complexitate mică, am întâlnit cerințe exagerate pentru servere din punct de vedere al puterii procesoarelor, memoriei RAM, al numărului de discuri și capacității acestora (fără nici o dimensionare stabilită și impusă a baze de date – vezi capitolul de mai jos), etc.

4. RESURSE SOFTWARE ÎN SISTEMELE SCADA

Resursele software reprezintă totalitatea aplicațiilor software necesare în conducerea unui proces industrial în cadrul unui dispecerat central. Complexitatea și structura acestor resurse diferă evident

în funcție de complexitatea procesului industrial. Pentru a stabili o structură general valabilă, putem spune că resursele software sunt compuse din:

1. Aplicațiile software **principale**: sunt acele aplicații de bază care asigură în mod direct funcțiile de monitorizare și control al procesului industrial;
2. Aplicațiile software **auxiliare**: sunt aplicații secundare care permit personalului să efectueze sarcini secundare legate de raportări, analize, măsuri suplimentare de securitate a rețelei, etc.

Aplicațiile software principale cuprind cu siguranță aplicația centrală SCADA, dar și sistemul de gestiune a bazelor de date pentru arhivarea datelor de proces. Aceste aplicații principale rulează peste sistemul de operare ales pentru servere și stații de lucru.

În grupul aplicațiilor software auxiliare, vom întâlni aplicații de birou (suita care cuprinde cel puțin un procesor de text și un program de calcul tabelar), aplicații privind securitatea și integritatea datelor (anti-virus, backup și restaurare date, securitate rețea, sisteme IDS - sistem de detectare a intruziunilor), etc.

Cele două grupuri de aplicații nu pot fi strict delimitate și între grupuri există întrepătrunderi, cum ar fi: un motor de bază de date conține și unelte de backup al datelor care s-ar putea regăsi și în cadrul aplicațiilor auxiliare pentru securitatea și integritatea datelor. Chiar sistemul de operare oferă numeroase facilități pentru asigurarea securității și integrității datelor. Managerul IT responsabil de asigurarea resurselor software trebuie să sesizeze aceste zone de suprapuneri pentru a nu dubla resursele din punct de vedere funcțional decât atunci când este absolut necesar. Vom reveni la acest aspect cu alte exemple concludente.

Aplicația software centrală SCADA

Reprezintă aplicația principală care asigură funcționalitățile esențiale de supraveghere, control și achiziție a datelor de proces.

Aplicațiile moderne SCADA au funcționalități suplimentare care extind funcția de control prin adăugarea modalităților de conducere a procesului:

- Comanda directă a echipamentelor din cadrul procesului – în fapt, de cele mai multe ori, o transmitere a comenzii către PLC-ul local care va valida comanda în funcție de modul de control al sub-procesului respectiv implementat în PLC;
- Posibilitatea de a identifica rapid performanța sistemului și trendul parametrilor de proces importanți prin grafice în timp real eventual cu alipirea datelor istorice ale acelorași parametri în același grafic;
- Posibilitatea de a rula anumite scenarii gen „ce se întâmplă dacă ...” și/sau de a revedea („playback”) ce s-a întâmplat înainte sau după de la momentul în timp al producerii unei anumite avarii; caracteristica de redare permite operatorului să „meargă înapoi” în timp și să analizeze evenimentele în modul în care acestea s-au desfășurat și care au fost toate implicațiile determinate de evenimente în cadrul sub-proceselor;
- Funcția de mentenanță a tuturor echipamentelor și utilajelor din sistem prin stabilirea acțiunilor de mentenanță necesare și a momentului/condițiilor care determină declanșarea acțiunilor respective: ca exemple, periodic la fiecare „n” luni, după „n” ore de funcționare, etc;
- Posibilitatea de a alipi fiecărui obiect (echipament, utilaj, aparat de măsură și control) din sistem instrucțiuni de operare, note, instrucțiuni de mentenanță, în diverse formate (text, video, etc.) și care pot fi rapid accesate de către operatori atunci când este necesar;
- Funcția de audit și control a tuturor acțiunilor întreprinse de către operatorii sistemului respectiv;
- Funcția de interfațare cu alte sisteme.

Alegerea și dimensionarea aplicației centrale SCADA Mai jos prezentăm câțiva factori importanți care trebuie analizați în procesul de alegere și dimensionare a aplicației centrale SCADA:

- Număr de tag-uri I/O (valori input/output monitorizate și/sau controlate de către sistem), număr de tag-uri interne. Numărul total de tag-uri determină în proporție importantă și costurile licenței de utilizare a aplicației SCADA;
- Cum se pot asigura prin folosirea aplicației analizate reducerea costurilor operaționale, cunoașterea în timp real a eficienței și performanței procesului industrial controlat, reducerea orelor-om necesare pentru diverse depanări;
- Cum sunt implementate de către aplicație funcțiile de bază de control al procesului (cât de intuitivă și prietenoasă este interfața grafică, modul de prezentare a alarmelor și evenimentelor din sistem, modul în care se pot obține rapoarte și grafice, etc.) dar și funcțiile care asigură un înalt grad de conducere a procesului, ca cele mai sus prezentate. O implementare de înalt nivel calitativ a acestor funcții va determina o perioadă scurtă de învățare a sistemului de către operatori, dar și acțiuni și decizii foarte rapide ale operatorilor în timpul exploatării;
- Sistemul de operare care trebuie utilizat pentru rularea aplicației;
- Posibilitățile pe care le oferă pentru asigurarea continuității în funcționare: sisteme hot stand-by care asigură continuarea controlului procesului de către un server secundar atunci când serverul principal nu este disponibil;
- Eficiența în interogarea PLC-urilor și rezoluție înaltă marcajului de timp a tuturor interogărilor și alarmelor, eficiență în salvarea și stocarea datelor, prin metode de reducere a datelor cum ar fi media valorilor unui parametru pe o perioadă de timp, flexibilitate oferită din punct de vedere al salvării datelor într-o bază de date – ce, când și cum se salvează;
- Securitatea aplicației, modul de administrare a utilizatorilor, grupurilor de utilizatori, nivelele de acces a utilizatorilor la obiectele, tag-urile, zonele din sistem, la diverse comenzi și setări ale unor valori țintă și/sau limite de alarmare (exemplu: limite minime, maxime ale nivelului apei într-un bazin);
- Numarul de drivere disponibile pentru PLC-uri;
- Scalabilitatea aplicației și cât de rapid și facil este un proces de upgrade al aplicației;
- Suportul asigurat;
- Interfețe standardizate pentru interfațare la alte sisteme: aceste interfețe ar trebui să fie conform unor standarde foarte folosite. Un exemplu este OPC - OLE pentru Process Control – o alegere populară în cadrul automatizărilor industriale;
- Posibilitatea de a trimite automat alarmele și evenimentele din cadrul procesului industrial către e-mail și/sau telefoane mobile. Această facilitate contribuie la mobilitatea personalului de exploatare.

Ca și concluzie, un set de specificații pentru sisteme SCADA trebuie să se concentreze asupra resurselor hardware și software **tipice și absolut necesare** acestor sisteme, printre care regăsim și aplicația SCADA cu dezvoltarea viitoare prevăzută pentru aceasta. Spunem acest lucru fiindcă am întâlnit specificații pentru obiective industriale cu cerințe privind sisteme ERP („Enterprise Resource Planning”)?! O componentă majoră a unui sistem ERP este componenta „Marketing și Vânzări” care este necesară atunci când există o bază largă de clienți, deci în cazul unor proiecte pentru sisteme informatice grandioase ale unei Regii și nu al proiectelor pentru obiective industriale specifice unde nu există în mod direct o bază de clienți. Diluarea concentrării asupra obiectivului primordial conduce cu siguranță la un raport preț/performanță scăzut.

Sistemul de gestiune a bazelor de date

Alegerea sistemului de management a bazelor de date. Pentru alegerea sistemului de management a bazelor de date, trebuie analizate inițial trei aspecte importante și anume:

1. structura și cantitatea de date care vor fi salvate în baza de date.

Structura poate fi: baza de date a parametrilor analogici și digitali de proces (exemple: debit, nivel al apei în rezervor, stare motoare – pornit/oprit, parametri de calitate ai apei epurate), baza de date a alarmelor generate în timpul procesului, baza de date a acțiunilor operatorilor. Acest factor este relativ simplu de determinat fiindcă se cunosc numărul de parametri monitorizați (în fapt intrările PLC-urilor din sistem), tipul acestor parametri, deci dimensiunea în bytes (boolean, întreg, word, real, etc), frecvența cu care aplicația centrală SCADA interoghează PLC-urile (la fiecare 5, 10, 30 secunde), dacă se stochează toate valorile sau doar schimbările de stare, dacă se folosesc metode de reducere (exemplu: se stochează doar media, maximum și minimum valorii analogice monitorizate pe o fereastră de timp de 15 minute și nu toate valorile interogate în această perioadă de timp). Alarmerile, acțiunile operatorilor care vor fi salvate în baza de date pot fi estimate, ca și dimensiune, cu precizie destul de ridicată;

2. perioada de retenție a datelor în baza de date pentru a răspunde tuturor cerințelor legale, tehnice, de operare, etc., perioada după care bazele de date respective pot fi mutate de pe servere și stocate pe alte medii de stocare (benzi, sisteme de stocare de rețea, etc.), iar toate rândurile din tabele pot fi șterse, practic bazele de date fiind re-inițializate;
3. capacitățile intrinsece ale aplicației centrale SCADA cu privire la stocarea datelor în formate proprii sau cu motor de bază de date încorporat.

În cazul unor obiective industriale de dimensiune mai mică, cum ar fi stații de epurare a apelor uzate pentru populație sub 50.000 locuitori, analiza de mai sus poate conduce la concluzia că aplicația SCADA are suficiente resurse interne din punct de vedere al bazelor de date sau că eventualul sistem de gestiune a bazelor de date necesar este de tip „entry-level” sau cu cerințe medii.

Deseori, această analiză de bază nu este efectuată și în procedura de atribuire apar cerințe cum ar fi criptarea bazei de date, audit al operațiunilor pe bază de date (auditul acțiunilor operatorilor SCADA este furnizat de către aplicația SCADA !!!), dar nu și cerințe de bază cum ar fi cele din analiza descrisă mai sus. Astfel, costul sistemului de gestiune a bazelor de date poate evolua chiar de la minimum la maximum, fără nici un fel de justificare tehnică și operațională.

5. CONCLUZII

Spre deosebire de alte domenii ale ingineriei, în care există o tradiție a proiectării, susținută de relații matematice, ecuații, normative de proiectare, regulamente, etc. în domeniul proiectării sistemelor SCADA constatăm o lipsă cvasitotală de asemenea instrumente. În acest context asistăm în multe situații la impunerea de cerințe de realizare a proiectelor făcute efectiv „după ureche” și adesea de personal nespecializat. Se ajunge astfel la impunerea de soluții tehnice de proporții exagerate sau care nu își găsesc locul în tipul respectiv de aplicație care conduc la implementări extrem de scumpe. Pe de altă parte sunt complet uitate impunerea de cerințe strict legate de funcționalitatea SCADA, de interacțiunea cu procesul și modul în care aceste sisteme de control automat pot contribui la creșterea calității procesului și la eficientizarea economică și energetică a acestuia.

Iată de ce considerăm că, măcar într-o primă fază, inginerii de specialitate ai beneficiarilor, dar și ai consultanților și organelor de decizie în aprobarea de proiecte de anvergură, să beneficieze de o minimă pregătire instituționalizată. Pe de altă parte, considerăm că este necesară elaborarea de normative de proiectare în domeniu, astfel încât arbitriul să nu își mai poate face loc.

Reducerea costurilor de operare în stațiile de epurare menajere prin recuperarea energiei termice din apa uzată și epurată, pe drumul către independența energetică a stației de epurare

Constantin Damian* and Ioana Bercu**

* Ing., director SC KEMATRONIC SRL, Baia Mare, Str Minerilor nr. 16, Tel 0040 362 802064, Fax 0040 362 802065, Mobil: 0040 744 636793

(E-mail: kematronic@yahoo.com)

** Dr.ing, SC KEMATRONIC SRL, Baia Mare, Str Minerilor nr. 16, Tel 0040 362 802064, Fax 0040 362 802065, Mobil: 0040 744 636793

(E-mail: kematronic@yahoo.com)

Abstract

Concerns about costs and greenhouse gas emissions are increasingly becoming major driving forces towards a greater efficient usage of energy for wastewater treatment. This article describes a few initiatives for thermal energy saving and recovery within the wwtp, aiming towards and beyond zero net energy wastewater treatment.

Keywords

Wastewater, energy consumption, thermal energy recovery, Zero Net Energy Wastewater Treatment

1. INTRODUCERE

Apele uzate, care consumă cantități de energie considerabile pentru o epurare eficientă, conțin aproape de zece ori mai multă energie decât cea necesară pentru epurare, dar capacitatea noastră de a valorifica această energie pentru a atinge dezideratul unei stații de epurare cu energie netă zero prezintă provocări complexe.

Faptul că acest deziderat este totuși realizabil în prezent este dovedit de exemplul stației de epurare Strass, Austria, stație care produce cu 8% mai multă energie electrică decât consumă, depășind astfel pragul de energie netă zero, conform Figura 1. Alte exemple relevante sunt stațiile de epurare Bamberg și Mannheim, Germania.

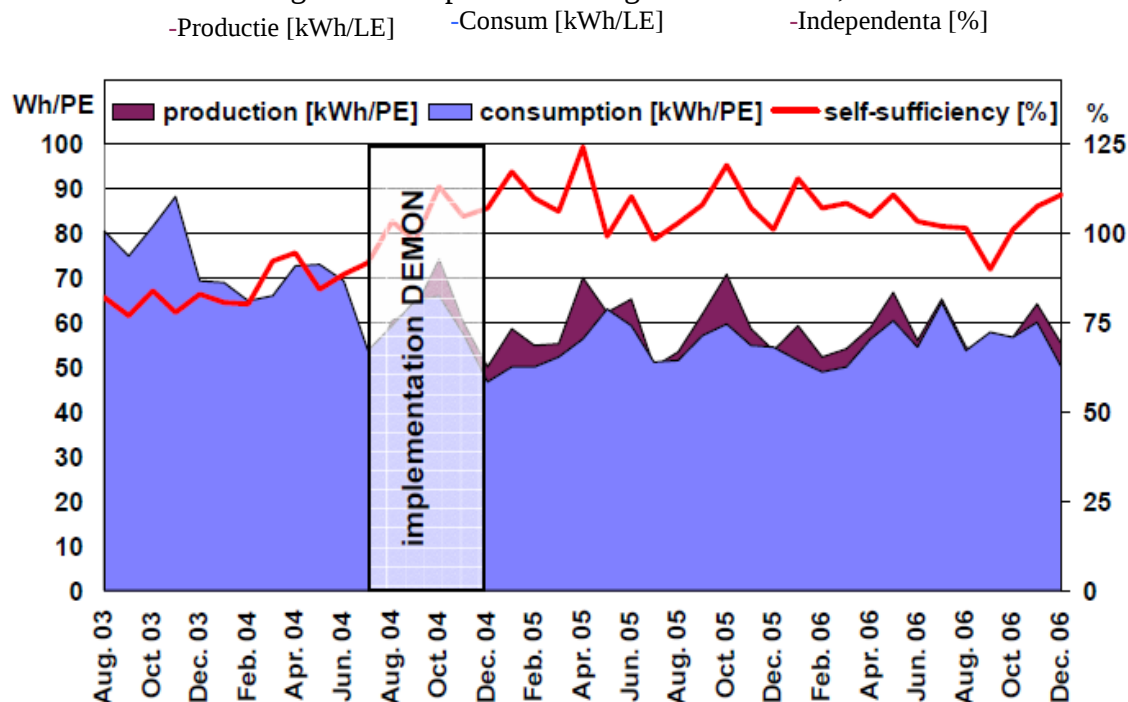
Creșterea eficienței energetice se poate obține prin două abordări:

- Scăderea consumului de energie
- Recuperarea energiei- aspect dezvoltat în aceasta lucrare specific pentru energia termică

Energia este stocată în apa uzată în următoarele forme:

- Energie chimică, prin materia organică conținută: aprox 12-15 MJ / kg CCO conținut
- Energie termică, datorită temperaturii apei, de aprox. 4,2 MJ/m³ per °C variație de temperatură
- Energie hidraulică- cinetică și potențială

Figura 1: Independența energetică SE Strass, Austria



Energia recuperată din apă uzată este considerată la ora actuală **energie regenerabilă** ; recuperarea și reutilizarea ei în stația de epurare sau în exteriorul acesteia este esențială

Apa uzată menajeră este un mediu care conține o mare rezervă de energie. De exemplu, în cazul unei stații de epurare de 100 000 LE , fiecare grad diferență de temperatură a apei înseamnă o energie termică de circa 936 kWh termici.

Această lucrare tratează soluții și echipamente de recuperare și utilizare a **energiei termice** din apele uzate, propuse de SC KEMATRONIC, pentru stațiile de epurare menajere și industriale.

2. SURSE DE ENERGIE TERMICĂ ÎN STAȚIA DE EPURARE

Apa uzată este o sursă de energie termică atât datorită temperaturii sale cât și datorită conținutului său de materie organică.

Sunt disponibile următoarele **surse de energie termică recuperabile** în cadrul stației de epurare:

- Energia termică conținută în apă brută sau apă epurată, datorată materiei organice, care prin fermentare generează biogazul (sursa de energie termică și electrică prin cogenerare)
- Energia termică conținută în apă brută sau apă epurată, datorată temperaturii acestora
- Energia termică conținută în namolul fermentat
- Energia termică conținută în apă de namol de la deshidratare
- Energia termică conținută în apă de răcire a grupurilor de cogenerare
- Energia termică conținută în biogaz la ieșirea din metantanc
- Energia termică conținută în gazele arse din grupurile de cogenerare

Energia termică obținută cu pompe de căldură și/sau schimbătoare de căldură

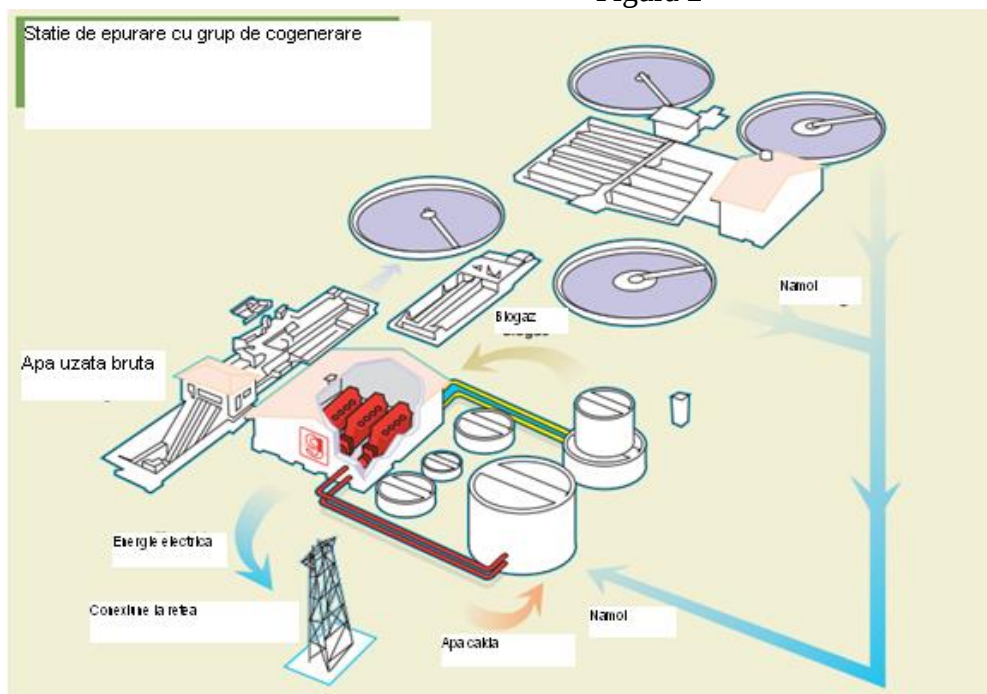
Energia termică poate fi extrasă din apă și namol utilizând schimbătoare de căldură și / sau pompe de căldură. Pompele de căldură necesită un aport de energie electrică în proporție de 1/5-1/6 din energia termică recuperată.

Potențialul energetic al apei uzate epurate este mult mai mare decât cea a apelor uzate brute, deoarece apa epurată poate fi răcită mai mult decât cea brută - cu până la 8 Kelvin, nefiind condiționată de procesul biologic din aval.

Energia termică obținută prin cogenerare

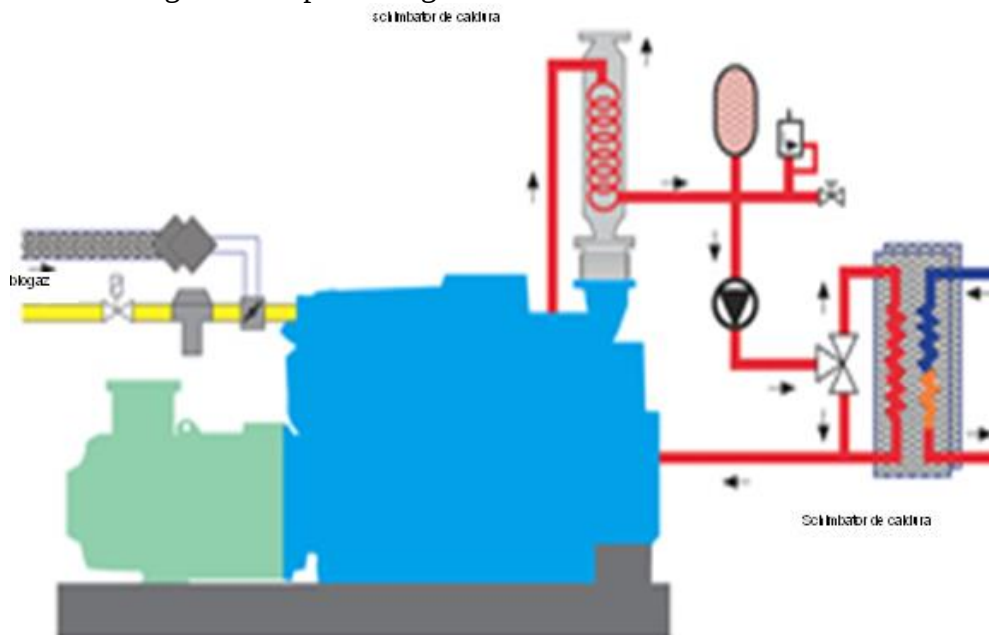
Cogenerarea este un proces în care sunt produse simultan energie electrică și energie termică electric. În stația de epurare acest proces are loc pe baza biogazului obținut prin fermentare anaerobă, conform Figura 2

Figura 2



Grupul de cogenerare și schimbatoarele de căldură sunt prezentate în figura 3

Figura 3 Grupul de cogenerare și schimbatoarele de căldură



În comparație cu generarea de energie electrică într-o centrală termică și producția de energie termică cu un cazan, producerea simultană de electricitate și căldură într-o instalație de cogenerare permite economii de aproximativ o treime din energia primară.

Avantaje pentru utilizator:

- Reducerea costurilor de energie, prin economii de energie primară și costuri mai mici de exploatare a unei instalații de cogenerare.
- Independență de la rețea și fiabilitatea de aprovizionare.
- Protecția mediului, emisiile de poluanți fiind reduse drastic.
- Îmbunătățirea eficienței utilizării energiei deoarece energia este produsă la locul în care aceasta este consumată.

Energia termică suplimentară obținută prin cofermentare urmata de cogenerare

Producția de energie termică (și electrică) suplimentară poate fi suplimentată prin codigestie urmata de cogenerare, astfel:

Se poate obține o reducere a retenției hidraulice necesare pentru nămol în metantancurile existente cu minim 20% prin ultrasonarea nămolului, astfel creându-se capacitatea suplimentară pentru cofermentarea de plante energetice, deseuri municipale sau agricole. Plantele energetice pot fi cultivate pe terenuri fertilizate exclusiv cu nămolul produs în stația de epurare. Se elimină astfel problemele (metale grele, medicamente, hormoni) generate de folosirea nămolului în agricultură pentru culturi tradiționale.

3. CONSUMATORI DE ENERGIE TERMICĂ ÎN STAȚIA DE EPURARE

Principalele **utilizări posibile (consumatori) ai energiei termice recuperate** în scopul reducerii costurilor de epurare sunt:

1. Tratarea termică pentru dezintegrarea nămolului recirculat, posibil în efect sinergic cu alte tehnici de dezintegrare cu următoarele efecte, care reduc costurile de operare:
 - Scăderea producției de nămol în exces cu circa 30% a nămolului în exces generat
 - Reducerea consumului de oxigen, datorită scăderii producției de nămol în exces
 - Creșterea biodegradibilității datorită eliberării enzimelor și a CBO5-ului din celule și intensificarea generală a procesului biologic
 - Intensificarea denitrificării datorită stimulării proceselor biologice și datorită sursei de carbon suplimentare asigurate
 - Prevenirea umflării nămolului
2. Tratarea termică pentru dezintegrarea nămolului în exces înainte de fermentare, posibil în efect sinergic cu alte tehnici de dezintegrare cu următoarele efecte, care reduc costurile de operare:
 - Creșterea eficienței degradării materiei organice (cu aprox. 30%) și a micșorării conținutului volatil în nămolul fermentat, obținându-se un nămol stabilizat avansat;
 - Scăderea cantității de nămol fermentat produse.
 - Creșterea producției de biogaz (cu aprox. 30%).
 - Scăderea vascozității nămolului, ușurând mixarea în metantanc. Astfel este posibilă și îngrosarea mai avansată a nămolului înainte de fermentarea anaerobă
 - Îmbunătățirea proprietăților de deshidratare a nămolului fermentat - creșterea conținutului de SU în nămol după deshidratare.
 - Reducerea necesarului de polimeri necesar pentru deshidratare, atât datorită scăderii cantitate de substanță uscată din nămol cât și datorită scăderii procentajului volatil (scada și doza specifică de polielectrolit).

Aplicand aceste masuri de recuperare si utilizarea a energiei termice recuperate, rezulta importante reduceri a costurilor de operare a statiei de epurare, deschizand cale acatre dezideratul independentei energetice. Se propune astfel o modernizare rapida a statiei de epurare, cu amortizarea intr-un timp relativ scurt. Solutiile dezvoltate de Kematronic pentru recuperarea si utilizarea energiei termice in statia de epurare (in unele cazuri sinergic cu alte metode) sunt conform Tabel 1:

Tabel 1: Solutiile dezvoltate de Kematronic pentru recuperarea si utilizarea energiei termice in statia de epurare

	Faze tehnologice	Scop	Solutii	Efecte
1	Biologie	- Reducere productie de Nex - Reducere consum EE - Reducere investitie	- Dezintegrarea namolului recirculat ingrosat - Ingrosare mecanica + dezintegrare ultrasonica + dezintegrare termica - Ingrosare mecanica + dezintegrare ultrasonica si alcalinizare (var sau NaOH)	- Reducerea cu 30% a productiei de namol in exces - Reducerea EE cu mixarea, aerarea, pomparea, recirculare - Micsorarea obiectelor - Eliminarea filamentoaselor -Cresterea eficientei decantoarelor si capacitatii decantoarelor
2	Decantare secundara	Recuperare caldura din apa uzata	- Montare recuperatoare de caldura in decantoare - Amplificarea caldurii recuperate prin pompe de caldura	- Folosirea caldurii amplificate pentru uscarea termica sau tratamentul termic al namolului recirculat -Incalzire cale de rulare cu apa calda
3	Pretratare namol	- Reducere produse de namol fermentat - Micsorare vascozitate - Economie EE pt mixare si pompare	- Recuperarea caldurii namolului fermentat si a filtratului pentru preincalzirea namolului ingrosat - Tratamentul termic la 55-60°C - Recuperarea caldurii din gazele arse (sub 180°C)	- Cresterea productiei de biogaz cu 30% - Reducerea consumului de EE pentru mixarea - Reducerea ET necesare pentru incalzire -Reducerea cantitatii de namol cu 20%
5	Tratament si Post tratament namol	-Recuperare si stocare caldura - Reducere produse de namol deshidratat - Imbunatatire caracteristici de deshidratare - Reducere consum polielectrolit - Reducere consum EE	-Introducerea Termococ ca obiect nou pentru recuperarea si stocarea caldurii namolului fermentat si apei de namol - Tratament termic post fermentare 90°C cu ET recuperata din gazele arse	- Folosirea caldurii recuperate pentru preincalzirea namolului inaintea fermentarii si disponibilizarea partiala a caldurii de la grupurile de cogenerare -Imbunatatirea caracteristicilor deshidratarii - Reducerea consumului de polielectrolit - Reducerea consumului de EE pentru pompare si functionare datorita reducerii vascozitatii -Cresterea cu 6% a procentului de deshidratare -In caz de centrifugare se poate realiza 29-30%SU + 6%SU = 35%SU procent suficient pentru depozitarea namolului
8	Deshidratare	- Reducere consum EE - Reducere consum polielectrolit	- Reducerea SU doar la 18-20% si transferarea pentru uscare intrucat dispunem de ET in exces, sau -Deshidratare direct la 35% SU cu post tratare termica a namolului fermentat	- Reducerea consumului de EE pentru pompare si mixare datorita reducerii vascozitatii - Economie de costuri cu polielectrolitul - Reducerea timpului de functionare al echipamentului
9	Uscare termica + solar	- Scaderea cantitatii de namol de transportat, stocat si depozitat final	Uscare la 35% SU cu caldura recuperata + stocare	- Reducerea cheltuielilor de transport, stocare, depozitare, manipulare

		- Eliminare var pentru realizarea procentului de SU necesar - Asigurare conditii de incinerare	- Uscare la 90% SU + incinerare	Costuri mari de operare Investitie mare
--	--	---	---------------------------------	---

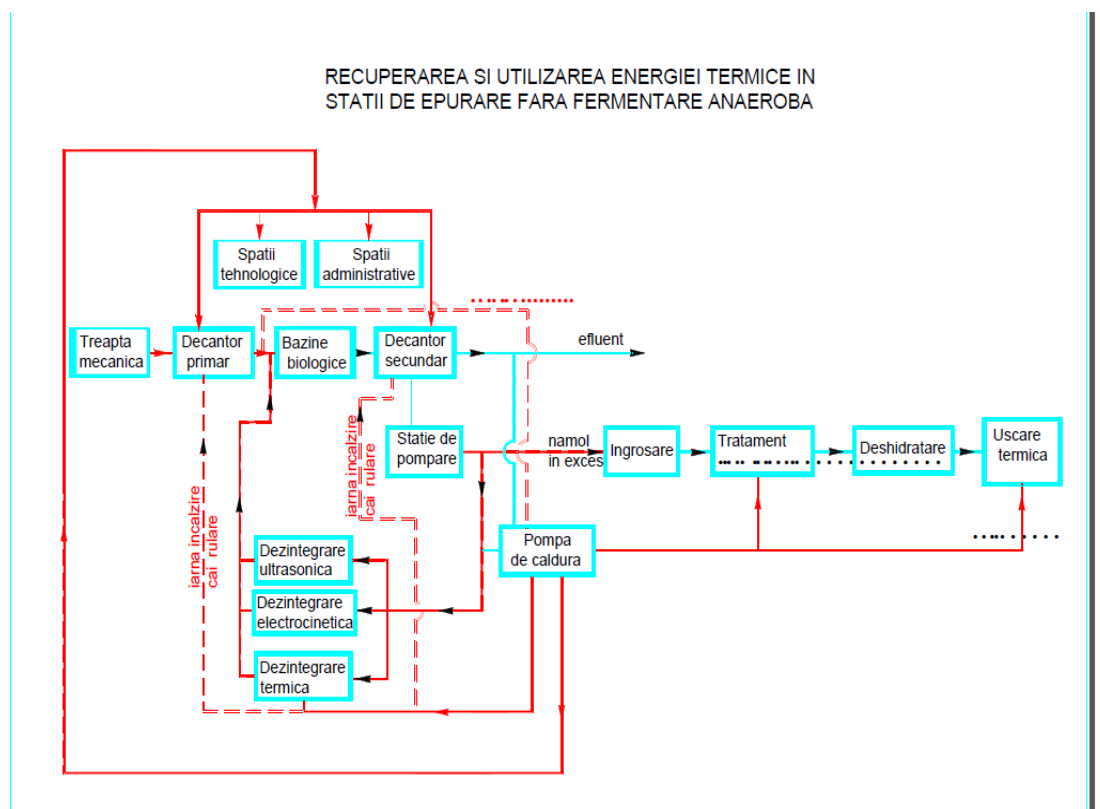
Sursele si consumatorii de energie termica recuperata sunt prezentate in diagramele din Anexa 1, pentru cele doua cazuri de statii de epurare:

- a. Statii de epurare fara fermentare anaeroba
- b. Statii de epurare cu fermentare anaeroba

4. CONCLUZII

Acest articol a prezentat pe scurt câteva metode de reducere a consumului energetic al stațiilor de epurare . Tendința europeană și mondială în prezent este de a considera energia stocată în apă uzată energie regenerabilă, care trebuie recuperată pentru a atinge cel puțin o balanță energetică zero a stației de epurare. Stațiile de epurare din România trebuie să se angajeze pe acest drum complex, dar realizabil, al independenței energetice.

Anexa 1



Capacitatea de producere a energiei în sectorul de epurare a apei din România

Timur Mamut* and Eden Mamut**

* Monsson Energy Trading, 158 Mamaia Blv, 900534, Constanta, Romania

(E-mail: timur.mamut@monsson.eu)

** "Ovidius" University of Constanta, 124 Mamaia Blv. 900527, Constanta, Romania

(E-mail: emamut@univ-ovidius.ro)

Abstract

This paper presents an analysis of the potential for energy production in wastewater treatment plants in Romania. The analysis is performed both sector-wide treatment but then are evaluated and scale technological and economical aspects of a pilot treatment plants.

Keywords

Wastewater treatment plants with positive energy balance, energy efficiency, biogas

1. INTRODUCERE

În țara noastră sunt 22 de aglomerări urbane cu o populație echivalentă mai mare de 150.000 l.e. Potrivit unui studiu realizat de Asociația Română a Apei (1), în aglomerările urbane cu populație cuprinsă între 2.000 și 10.000 l.e. gradul de conectare la sistemele de epurare municipale ajunsesse în 2011 la 7,56 % în timp ce în aglomerările mai mari de 10.000 l.e. gradul de conectare era de 10,56 %. Datorită poziției geografice a țării noastre în bazinul Dunării și al Mării Negre, în 2005 întregul teritoriu al României a fost declarat ca zonă sensibilă la nutrienți. În consecință este obligatoriu ca aglomerările mai mari de 10.000 l.e. să fie în totalitate echipate cu infrastructură de tratare a apelor uzate, având cel puțin treaptă de tratament biologic secundar și treaptă terțiară pentru reducerea conținutului de nutrienți (Azot și Fosfor). Nămolul rezultat din stațiile de epurare este în special depozitat în gropile de gunoi și o cantitate foarte mică este folosită în agricultură sau incinerată. În 2012 a fost finalizată *Strategia Națională de Gestionare a Nămolurilor de Epurare* care stabilește măsurile ce urmează a fi implementate în perioada următoare.

O analiză detaliată a situației din sectorul energetic a fost realizată prin *Strategia Energetică a României pentru perioada 2007 - 2020* (2). În ceea ce privește combustibilii fosili, România are o situație privilegiată la nivelul UE, reușind să asigure din rezerve proprii necesarul de țiței și gaze în proporție de 60 respectiv 70 % iar în ultimii ani au fost descoperite o serie de zăcăminte noi pe platforma continentală a Mării Negre. Problema principală o reprezintă intensitatea energetică a economiei românești și anume indexul de intensitate energetică este cu 2,6 ori mai mare decât media în UE (în 2010), având un efect negativ asupra competitivității economice, a capacității de creștere și a impactului asupra mediului înconjurător. În conformitate cu strategia UE ca până în 2020 să se obțină o creștere a eficienței energetice cu 20 % și ponderea surselor regenerabile să atingă 20 % din consumul total, contribuind în acest fel la o reducere cu 20 % a emisiilor de gaze cu efect de seră, România are ca obiectiv atingerea unei ținte de 24 % ca pondere a surselor regenerabile în structura surselor de energie până în 2020.

În *Planul Național de Acțiune în Domeniul Energiei din Surse Regenerabile (PNAER)* (3), biomasa este menționată ca una din sursele importante de energie regenerabilă. Astfel, componenta

de biomasă din deșeuri era estimată în 2006 la 5,47 milioane tone din care 0,35 milioane tone reprezintă nămolul de epurare (nămol brut). Nu sunt precizate estimările cu privire la evoluția acestor cantități pentru perioada 2015-2020. În *Strategia Națională de Gestionare a Nămolurilor de Epurare* (4) se analizează diferite scenarii de evoluție a cantităților totale de nămol din stațiile de epurare până în 2040, estimându-se o creștere la 247.000 tone de substanță uscată (SU) pe an în 2014 constând în nămol netratat respectiv nămol nefermentat anaerob, iar până în 2020 urmând să depășească 500.000 tone SU. Considerând pentru o estimare preliminară un volum de 202 l metan / 1 kg SU ce poate fi generat prin fermentare anaerobă, rezultă un potențial de 100 milioane m³ de metan, echivalent cu 1% din producția internă.

În concluzie, recuperarea potențialului energetic din dejecții poate constitui o problemă destul de nesemnificativă sub aspect valoric pentru a alocă resurse în această direcție. Ținând seamă de argumentele prezentate anterior, în paragrafele următoare ne propunem să demonstrăm faptul că această abordare este depășită și că problema neutralizării deșeurilor și recuperarea conținutului energetic al acestora trebuie abordată dintr-o perspectivă holistică, ținând seamă de complexitatea factorilor implicați.

2. EFICIENȚA ENERGETICĂ ÎN SEM

Problematica eficienței energetice în SEM poate fi considerată din perspectiva preocupărilor la nivel global, național sau local, în direcția conservării resurselor de materii prime și reducerii impactului ecologic. Astfel, în sens general, problematica eficienței energetice într-un contur dat, în interiorul căruia se desfășoară în mod organizat o activitate profitabilă, este o cerință care derivă din necesitatea mai generală ca activitatea respectivă să genereze un beneficiu care să contribuie la realizarea unei afaceri durabile.

Cheltuielile cu energia, cunoscute și sub denumirea generică de **factură energetică**, constituie o parte a cheltuielilor totale implicate de buna desfășurare a activității prestate în interiorul conturului analizat. Ele reprezintă totalitatea efortului financiar pentru achiziționarea și/sau producerea în interiorul perimetrului a tuturor formelor de energie necesare proceselor de consum final. Reducerea lor contribuie la reducerea cheltuielilor totale și implicit la majorarea beneficiului obținut.

În cazul în care în interiorul conturului analizat se desfășoară o activitate neprofitabilă, cum ar fi serviciile de tratare a apelor uzate, această cerință se rezumă la minimizarea cheltuielilor și eventual la încadrarea lor în anumite limite prestabilite. În ultimă instanță, mărimea absolută sau specifică a facturii energetice este considerată din aceste motive o măsură a eficienței energetice realizate în perimetrul analizat.

În general se consideră că o activitate este cu atât mai eficientă sub aspect energetic cu cât pierderile de energie inventariate la nivelul conturului în interiorul căruia se desfășoară activitatea respectivă sunt mai mici.

Conceptul de **eficiență energetică** capătă un caracter concret și un conținut numai dacă este legat de un contur bine definit și de o activitate care se desfășoară în mod organizat în interiorul acestuia.

Creșterea eficienței energetice într-o întreprindere industrială presupune aplicarea cu convingere, consecvență și profesionalism a tehnicilor și procedurilor de **management al energiei**.

În general, tehnicile și procedurile de management urmăresc identificarea, alocarea și valorificarea cu eficiență maximă a resurselor materiale, umane și financiare în cadrul unei organizații.

Managementul energiei la consumator (DSM = demand side management) urmărește valorificarea cu eficiență maximă a energiei intrate sub diverse forme în mod organizat și contra cost într-un contur dat.

Aplicarea corectă a procedurilor de management al energiei implică cunoașterea în profunzime a specificului activității desfășurate în conturul dat, monitorizarea fiecăruia dintre fluxurile de purtători de energie intrate în și respectiv ieșite din contur și stabilirea legăturilor între acestea. În final ea conduce la stabilirea unor măsuri și acțiuni având ca scop îmbunătățirea eficienței utilizării energiei în interiorul conturului respectiv.

Analiza eficienței energetice într-un perimetru dat începe prin precizarea aspectelor calitative și cantitative ale alimentării cu energie a activităților desfășurate în perimetrul respectiv :

- stabilirea naturii purtătorilor de energie care intră în conturul de bilanț;
- stabilirea ordinului de mărime al consumului pentru fiecare categorie de purtător de energie;
- stabilirea modalității de plată pentru fiecare dintre aceștia.

Mărimea facturii energetice și modul în care ea este constituită reprezintă primul aspect al analizei de eficiență energetică.

În etapa de analiză propriu-zisă se întocmesc analize de bilanț pentru a putea identifica în mod concret cantitativ și calitativ energia consumată sub diferite forme, fluxurile de energie și/sau de substanță rezultate din fiecare proces, destinația finală a fluxurilor rezultate și caracterizarea acestora inclusiv din punct de vedere al impactului ecologic. Pe baza acestor analize se identifică resursele de energie existente care pot fi valorificate prin utilizarea acestora fie în cadrul conturului sau în afara conturului analizat. Resursele astfel identificate se numesc resurse energetice secundare (RES).

În cea de-a treia etapă se analizează potențialul de energie regenerabilă disponibil în cadrul conturului analizat, de exemplu pe perimetrul SEM, și se studiază soluțiile care ar permite integrarea fluxurilor de energie regenerabilă în diferite procese sau faze ale proceselor. De exemplu, în cadrul SEM soluțiile cele mai des întâlnite în literatură se referă la utilizarea energiei solare pentru uscarea nămolurilor, ca sursă de energie termică suplimentară sau ca sursă de energie electrică. O altă clasă de soluții vizează utilizarea energiei termice din fluxurile de influent folosind sisteme cu pompe de căldură, utilizarea energiei eoliene cu generatoare de mică sau medie putere și respectiv dezvoltarea unor soluții de co-fermentare prin utilizarea biomasei reziduale provenite din alte surse exterioare SEM.

Dupa cum se observă în **Figura 1**, măsurile pentru creșterea eficienței energetice pot fi caracterizate în funcție de prioritatea acestora din punct de vedere al eficacității în ceea ce privește reducerea consumurilor de materii prime și materiale pe întregul lanț valoric de producere a energie. Astfel, măsurile de identificare a pierderilor și eliminarea acestora reprezintă măsuri care au gradul de prioritate maxim prin faptul că reducerea lor conduce prin efect cumulativ la reducerea cea mai importantă de consumuri de resurse de materii prime iar efortul investițional are cel mai ridicat grad de eficacitate. Identificarea RES și valorificarea acestora poate conduce per ansamblu la reduceri semnificative ale consumurilor dar eforturile investiționale pot fi considerabile și pot necesita modificări semnificative ale instalației și echipamentelor. Valorificarea surselor regenerabile necesită investiții deosebit de mari și utilizarea acestora poate ridica probleme în operarea continuă și eficientă a stației. Din acest motiv în majoritatea țărilor dezvoltate și chiar în curs de dezvoltare există programe speciale de subvenții care să încurajeze valorificare SER.



Figura 1. Ierarhizarea măsurilor de creștere a eficienței energetice

În consecință, ținând seama de creșterea ponderii stațiilor de epurare și implicit a consumurilor de energie pentru operarea acestora, a apărut o tendință legată de echilibrarea locală a bilanțului energetic în SEM.

Sunt diferite concepte în literatură pentru acest proces cum ar fi: “SEM autosuficiente dpdv energetic” (energy self-sufficient WWTPs, net zero energy WWTPs), “SEM cu bilanț energetic pozitiv” (positive energy plant, WWTPs with positive energy balance, WWTPs with positive energy yields, e+ WWTPs). Cea mai mare parte a acestor concepte pun accentul pe echilibrarea bilanțului de consumuri de energie în diferitele procese din SEM cu fluxuri de energie recuperate din fluxurile de ape uzate, creșterea eficienței proceselor, îmbunătățirea eficienței de generare a energiei din nămoluri sau alte surse de energie regenerabile.

3. SCHIMBAREA PARADIGMEI

În abordarea clasică, SEM sunt considerate sisteme de reducere a impactului ecologic al fluxurilor de ape uzate iar procesele care au loc în aceste sisteme sunt consumatoare de energie. Există o mare varietate de arhitecturi de astfel de sisteme, drept urmare sunt multe diferențieri între SEM, inclusiv la consumurile energetice. Ca exemplu, în **Tabelul 1** (1) sunt incluse valori statistice pentru SEM de diferite dimensiuni.

Tabelul 1. Necesarul de energie în SEM în funcție de dimensiuni și capacități operationale

Capacitate	Operare la 80% capacitate influent		Operare la 50% capacitate influent	
Debit mediu zilnic	Energie (Sursa) Primara	Energie (Locala) electrica secundara	Energie (Sursa) Primara	Energie (Locala) electrica secundara
3.785 m ³ /d	5 MJ/m ³	0,43 kWh/m ³	7,2 MJ/m ³	0,60 kWh/m ³
18.925 m ³ /d	4 MJ/m ³	0,33 kWh/m ³	6 MJ/m ³	0,50 kWh/m ³
37.850 m ³ /d	3,5 MJ/m ³	0,29 kWh/m ³	5,5 MJ/m ³	0,46 kWh/m ³
75.500 m ³ /d	3,0 MJ/m ³	0,25 kWh/m ³	5,0 MJ/m ³	0,42 kWh/m ³
189.250 m ³ /d	2,4 MJ/m ³	0,20 kWh/m ³	4,4 MJ/m ³	0,36 kWh/m ³
378.500 m ³ /d	1,9 MJ/m ³	0,15 kWh/m ³	3,9 MJ/m ³	0,32 kWh/m ³

În literatura sunt publicate rezultate asupra potențialului de energie disponibil în fluxurile de apă uzată netratată (5) (6). În concluzie, energia potențială a apei uzate este mai mare decât energia

necesara tratarii acesteia. In anumite referinte (7) continutul caloric de energie al apei uzate casnice este estimat intre 3 MJ/m³ si 12 MJ/m³ cu o medie de 5,54 MJ/m³. In alte referinte (8) aportul specific de energie este estimat la 1760 KJ/PE in ceea ce priveste 120g CCO de materie organica.

Procesele conexe ale fazei de tratare sunt asociate conversiei de energie in diverse forme precum energie mecanica, termica sau electrica.

Pentru a se obtine un bilant energetic pozitiv, fiecare subproces trebuie analizat in detaliu iar corelarea intrarilor si iesirilor sub diferite forme de energie trebuie să respecte atât cerințele cantitative și calitative. Ca o consecință, procesul de optimizare va conduce la lanțuri valorice cu un consum minim de energie, la nivelul fiecărui proces, subproces sau componentă a instalației, după cum se poate observa in **Figura 2**.

Luând în considerare aspectele care au fost prezentate in paragrafele anterioare, noua paradigmă în proiectarea și operarea stațiilor de epurare se bazează pe o abordare holistică și ecoinovative. Principalele modificări ar putea fi grupate în trei categorii :

- La nivelul funcțiilor sistemului, statiile de epurare tind să se fi transformat din sisteme care au ca scop reducerea impactului asupra mediului a apelor uzate în sisteme care vor utiliza fluxurile de intrare ca materii prime pentru procesarea acestora, separand si sintetizand materiale sau fluxuri energetice, inclusiv produse cu valoare adăugată mare pe baza de biotehnologii și biorafinare .

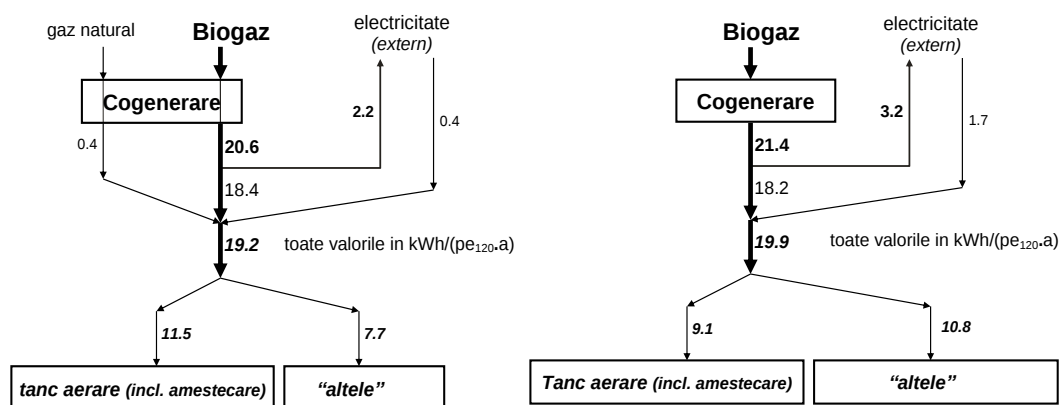


Figura 2. Exemple de SEM cu bilant energetic pozitiv; a) Strass TP – Austria; b) Wolfgangsee-Ischl TP- Austria (9).

- La nivelul componentelor și structurilor , selectarea și integrarea acestora se face nu numai pe baza criteriilor legate de performanta si costuri, dar de asemenea, criterii care se ia în considerare resursele care sunt utilizate în procesul de fabricație a componentelor și impactul asupra mediului pe parcursul întregului lor ciclu de viață .
- În ceea ce privește procedurile de operare, noile evoluții in Internetul Viitorului conduce la o gestionare diferită a informațiilor și datelor referitoare la statia in sine, subsistemele și componentele acesteia prin punerea acestora la dispozitia unui numar mare de utilizatori, incluzand proprietarul și operatorul acesteia, furnizori de echipamente, furnizori de servicii și chiar autorități locale, agenții de protecție a mediului, ONG-uri și chiar reprezentanți ai comunităților locale

4. STUDIU DE CAZ

Pentru statia Constanta Sud principala sursa de producere de energie reprezinta linia de namol care contribuie la producerea de biogaz. Astfel, pe linia de tratare a namolului din **Figura 3** exista un rezervor de namol ingrosat dupa care stabilizarea anaerobă a nămolului de tip mezofil se face în tancuri de fermentare (sau digestoare). Timpul de retenție a namolului este de obicei de 15-23 zile, iar rata de mineralizare de aprox. 40%. Gazul metan rezultat din procesul de fermentare anaerobă a nămolului este înmagazinat în rezervoare de biogaz.

Pentru o populatie de 350.000 locuitori, statia de epurare este dimensionata la 5 tone de substanta uscata pe zi ceea ce este echivalent cu un volum de biogaz generat intre 4200 – 4500 mc/zi respectiv in jur de 180 mc/h. Pentru valorificarea biogazului rezultat, precum si pentru a creste eficienta totala a instalatiei, statia este prevazuta cu solutia de integrare a unei unitati de cogenerare. Unitatea de cogenerare are rolul de a produce energie electrica si energie termica consumand partial sau total debitul de biogaz generat. Energia rezultata se poate folosi pentru consumul intern al statiei sau se poate valorifica prin livrare in SEN.

Debitul de biogaz depinde de concentratia namolului. Datorita fluctuatiilor concentratiei de namol, pentru o utilizare adecvata în scop energetic, este necesar sa se realizeze un control adecvat al procesului de tratare a namolului si se gaseasca o solutie corespunzatoare pentru unitatea de cogenerare.

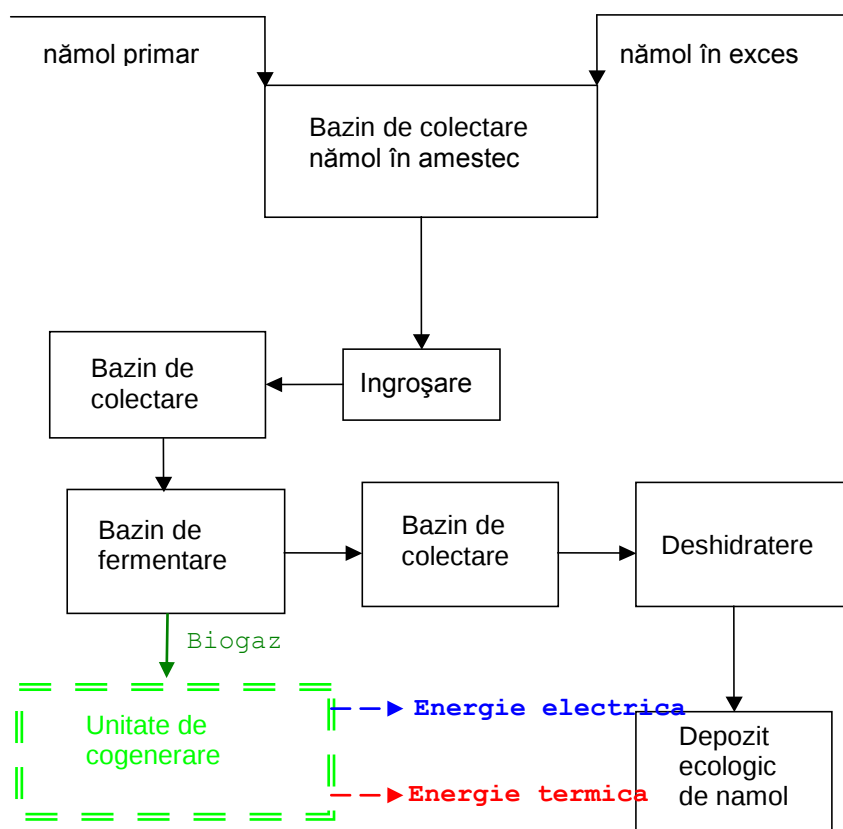


Figura 3. Schema de amplasare a unitatii de cogenerare in instalatie

Pietele functionale pe care se poate vinde energia electrica produsa la momentul actual sunt urmatoarele:

- Piata de en-gross – prin contracte bilaterale;

- Piața pentru Ziua Următoare (PZU);
- Piața de echilibrare;

De scurt timp a fost pusă în funcțiune piața intra-zilnică (PI).

Analizând evoluția prețurilor și condițiile specifice de pe fiecare piață, rezulta că cea mai convenabilă abordare o reprezintă activarea pe PZU. Astfel, pe această piață există trei alternative de livrare, respectiv livrarea de energie în bandă cu o funcționare constantă la puterea nominală a SCMAI timp de 8000 ore pe an, livrarea de energie în perioada de vârf de sarcină (intervalul orar 7-22) timp de 5000 ore/an și funcționare în perioada de gol de sarcină (intervalul orar 22-7) timp de 3000 ore/an.

Tarifele pentru cele trei variante de livrare în perioada ultimilor trei luni luate în considerare (august-octombrie 2013) s-au cifrat în jurul următoarelor valori:

- Tarif de bandă 37.8 Euro/MWh
- Tarif de vârf de sarcină 42.2 Euro/MWh
- Tarif de gol de sarcină 26.7 Euro/MWh

Este important de remarcat faptul că variația tarifelor pe diferite intervale orare poate să se situeze la alte valori în funcție de condițiile specifice sau conjuncturale. Din analiza înregistrărilor de pe OPCOM pe ultimii 3 ani, rezulta că există intervale orare la care tariful poate depăși chiar și 100 Euro/MWh. Operarea pe astfel de valori tarifare va fi însă posibilă numai în condițiile punerii în funcțiune a PI.

Plecând de la aceste premise, conceptul de SEM cu producere inteligentă de energie poate fi dezvoltat într-una din următoarele variante:

Varianta I: reproiectarea liniei de tratare a namolului în vederea maximizării producției de energie electrice pe intervalul orar 7-22.

Varianta II: flexibilizarea proceselor din SEM care au contribuția cea mai mare la consumul de energie, astfel încât să permită deplasarea consumurilor stației către perioada de tarif de gol de sarcină la cumpărare și vârf de sarcină la vânzare energiei produse de SCMAI.

Varianta III: implementarea unui ansamblu transformativ de tehnologii care să permită o funcționare flexibilă și adaptabilă a SEM atât la variațiile fluxurilor de ape uzate și respectiv a compoziției acestora, dar în același timp la variațiile de preț a pieței de energie în condițiile minimizării resurselor financiare și materiale utilizate pentru operarea în condiții de impact ecologic minim pe întreg ciclul de viață.

Modificările tehnologice pentru fiecare variantă diferă în funcție de tipul stației și condițiile specifice de operare. Pentru stația de epurare Constanța Sud, modificările tehnologice asociate fiecărei variante pot fi considerate după cum urmează:

Varianta I:

- maximizarea cantității de biogaz generate din capacitățile de fermentare existente prin co-fermentare, aditivare și preprocesarea adecvată a namolului;
- extinderea capacităților de stocare a biogazului;
- dimensionarea adecvată a SCMAI în funcție de cantitățile de biogaz generate;
- izolarea termică a metantancurilor și integrarea de acumulatori de energie termică pe circuitele de încălzire;
- asigurarea infrastructurii necesare pentru controlul și conditionarea adecvată a debitului și a compoziției biogazului destinat utilizării în SCMAI;
- dezvoltarea unui sistem de monitorizare, diagnoză, mentenanță și întreținere care să asigure funcționarea SCMAI;

- Asigurarea cadrului administrativ și managerial pentru operare pe PZU.

Varianta II care fata de masurile din varianta I se completeaza cu urmatoarele masuri:

- Modernizarea instalatiei de aerare in vederea reducerii consumurilor de energie si integrarea unor rezervoare de aer comprimat pentru flexibilizarea procesului de aerare;
- Modernizarea sistemelor de actionare a pompelor de pe linia de tratare a apei si de pe linia de tratare a namolului pentru reducerea consumurilor si flxibilizarea operarii acestora;
- Integrarea unui sistem de separare a N si P pentru un control adecvat a raportului C:N in vederea maximizarii cantitatii de biogaz generate;
- Integrarea unei instalatii pentru termohidroliza namolului pentru a maximiza gradul de valorificare a fractiei organice din namol;
- Redimensionarea rezervoarelor tampon de pe linia de tratare a namolului;
- Integrarea unui sistem de recuperare a energiei termice din fluxul de influent cu pompa de caldura.

Varianta III care fata de masurile din varianta I si II se completeaza cu urmatoarele masuri:

- Structurare SEM ca un sistem expert de tip Internet of Services asa cum este descrisa platforma Etergy;
- Structurarea echipamentelor principale ale statiei in sisteme de tip Internet of Things cu operare autonoma si cuplaj la platforma IoS a SEM;
- Integrarea unui sistem de uscare a namolurilor utilizand energia termica reziduala;
- Optimizarea utilizarii diferitelor fluxuri de energie termica din SEM astfel incat intervalele de nefunctionare ale SCMAI sa fie acoperite cu costuri minime.

Varianta III poate fi implementata in conditiile in care se realizeaza o urmarire atenta a pietei de energie in vederea analizei constante a volumelor de energie tranzactionate si a pretului de tranzactionare precum si asigurarea cadrului organizatoric necesar pentru ca SEM sa opereze dinamic pe piata de energie.

5. REZULTATE

Din punctul de vedere al producatorului de energie, operarea in conditii de „smart grids”, atat la nivel national cat si pe pietele cu care SEN este interconectat, are ca scop vanzarea la preturi cat mai ridicate, respectiv vanzarea la tarif de varf de sarcina pe piata PZU sau pe pietele de compensare.

In cazul unui operator de tip SEM, activarea pe pietele de compensare ridica foarte multe probleme si din acest motiv aceasta varianta nu o vom lua in calcul.

Simularea numerica a functionarii in regim de baza a fost efectuata in urmatoarele ipoteze (10):

- Functionarea a 2 unitati de cate 1 MW in regim de varf de sarcina;
- Volumul de ore reale de functionare a fost limitat la 8000 ore pe an in vederea acoperirii orelor de interventii planificate si intretinere;
- S-a considerat ca interventiile se planifica in perioada regimului de gol de sarcini
- Functionarea unitatilor este limitata la volumul real de biogaz disponibil, avand prioritate functionarea in regim de varf de sarcina iar in limita volumelor de biogaz disponibil se completeaza cu functionare in regim de gol de sarcina;
- Pretul de vanzare a energiei electrice este de 42,2 Euro / MWh la varf de sarcina si 26,7 Euro / MWh la gol de sarcina;
- Costurile de intretinere s-au calculate pentru 9 Euro / MWh;
- Costurile de injectie in retea s-au considerat ca fiind 2 Euro / MWh;

- Comisionul trader-ului este de 1,5 %;
- Numarul de certificate verzi alocat conform reglementarilor in vigoare este de 3 certificate / MW;
- Pretul unui certificat verde este de 35 Euro;

Tabelul 3. Rezultate ale simulării la functionarea SCMAI in regim de varf

LUNA	Nr. Ore in regim de varf de sarcina	Nr. Ore in regim de gol de sarcina	Cantitati de biogaz disponibile	Productie de energie	Venituri din vanzarea de energie	Venituri din vanzarea CV
	ore	ore	Nm ³	MWh	Euro	Euro
IANUARIE	496	183	499314	1358	36148	142590
FEBRUARIE	448	165	340887	927	28019	97335
MARTIE	496	183	472611	1286	35025	135030
APRILIE	480	177	410100	1115	31907	117075
MAI	496	183	514863	1400	36802	147000
IUNIE	480	177	408747	1112	31850	116760
IULIE	496	183	268965	732	22483	76860
AUGUST	496	183	466455	1269	34766	133245
SEPTEMBRIE	480	177	514824	1400	36312	147000
OCTOMBRIE	496	183	486567	1323	35612	138915
NOIEMBRIE	480	177	223920	609	18718	63945
DECEMBRIE	496	183	286674	780	23963	81900
TOTAL	5840	2160	4893927	13311	371605	1397655

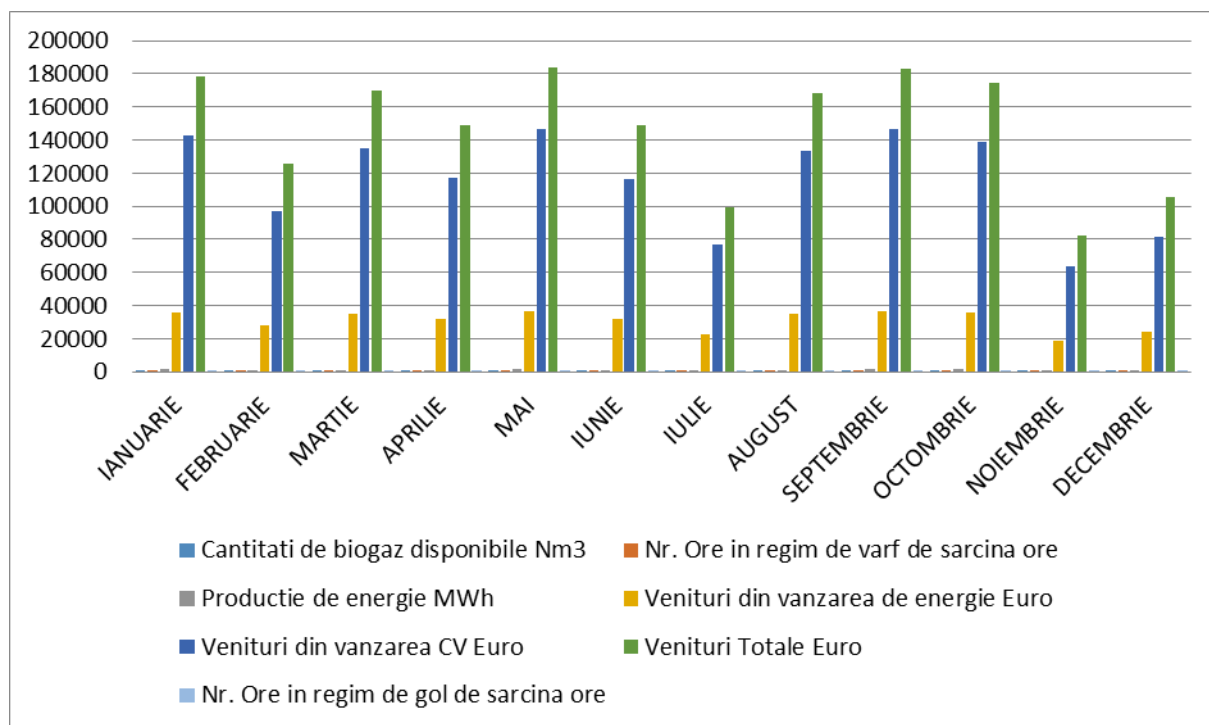


Figura 12. Reprezentarea grafică a tabelului Tabelul 3

Se constata ca in cazul optiunii pentru producere de energie cu precadere in perioada de varf de sarcina se poate mari capacitatea unitatilor de cogenerare la 2 x 1 MWe. In acest fel se majoreaza productia de energie electrica la 13.311 MWh, cu un volum de incasari din vanzare de 371.605 Euro si un volum de venituri din vanzarea de CV de 1.397.655 Euro.

Valoarea investitiei pentru unitatile de cogenerare creste de la 1,4 mil. Euro la 2 mil. Euro dar perioada de recuperare a investitiei nu se modifica sensibil. In schimb, productia de energie electrica creste cu 27% in unitati fizice iar incasarile din vanzarea energiei electrice vor creste cu 34%. In acelasi timp, veniturile din CV vor creste cu 27%.

6. CONCLUZII

Din analiza rezultatelor obtinute constatam ca prin functionarea SEM ca producator de energie in sisteme „Smart Grids” se pune in evidenta mult mai pregnant caracterul pozitiv al bilantului energetic prin cresterea cu 27 % a productiei de energie electrica dar cu peste 34% a veniturilor din vanzare.

In conformitate cu reglementarile ANRE, operarea pe piata PZU implica si o serie de rigori legate in special de siguranta in functionare a SCMAI prin respectarea cantitatilor de energie oferitate. In cazul disfunctionalitatilor, respectiv a caderilor accidentale a SCMAI sau a echipamentelor de pe lantul de productie al biogazului, apar o serie de penalitati din partea administratorului SEN sau acoperirea dezechilibrului prin cumpararea de energie de pe piata. Pentru a minimiza riscurile, se asigura alimentarea alternativa a SCMAI cu gaz natural. In acest fel se reduc riscurile de indisponibilitate datorate liniei de productie a biogazului.

Se poate concluziona ca pe masura ce operarea SCMAI se transpune catre modul inteligent de productie, cresc cerintele de rigoare in ceea ce priveste activitatile de diagnoza, mentenanta si intretinere.

7. BIBLIOGRAFIE

1. Asociatia Romana a Apei. Starea Sectorului Serviciilor de Alimentare cu Apa si Canalizare in 2011. ANRSC. 2012.
2. Ministerul Economiei. Strategia Energetica a Romaniei Pentru Perioada 2007 - 2020. 2007.
3. Planul National al Romaniei din Domeniul Energiei din Surse Regenerabile.
4. Ministerul Mediului si Schimbarilor Climatice. Strategia Nationala de Gestionare a Namolurilor din Statiile de Epurare.
5. J. Frijns et all. The Potential of (Waste)Water as Energy Carrier. Energy Conservation and Management. January, 2013, 65, S. 357-363.
6. N. Descoins et all. Energy Efficiency in Wastewater Treatment Plants: Optimization of Activated Sludge Process Coupled With Anaerobic Digestion. Energy. May, 2012, Bd. 41, 1, S. 153-164.
7. P. Cornel et all. Wastewater as a Source of Energy, Nutrients and Service Water. Treaties on Water Science. 2011, Bd. 4, S. 337-375.
8. F. Meggers, H. Leibundgut. The Potential of Wastewater Heat and Exergy: Decentralized High Temperature Recovery with a Heat Pump. Energy and Buildings. April, 2011, Bd. 43, 4, S. 879-886.
9. O. Nowak, S. Keil, C. Fimml. Exemples of Energy Self-Sufficient Municipal Nutrient Removal Plants. Water Science and Thechnology. 2011, Bd. 64.1.
10. D.T. Mamut, Metode ecoinovative de valorificare a resurselor energetice secundare din stațiile de epurare municipal, Teza de doctorat, Universitatea “Politehnica” Bucuresti, 2014

Sistemul de intrări/ieșiri distribuite WAGO-I/O-SYSTEM pentru stații de tratare ape uzate și stații aducțiune apă

Munteanu Adrian Traian*

* Engineer, WAGO KONTAKTTECHNIK GmbH. Co & KG Reprezentanta Romania,
Nicolae G. Caramfil, Bucharest 22, Romania
(E-mail: traian.munteanu@wago.com)

Abstract

The WAGO-I/O-SYSTEM is a modular and compact high level standard PLC system used for controlling and monitoring industrial processes and civil-based applications. With over 20 years of experience and an important world wide costumer database, WAGO-I/O-SYSTEM has proven its reliability in many industrial fields world wide through quality and innovation.

From 2-16 channels DI module and 2-4 channels AI modules to specialized modules like proportional valve module, power measurement module, communication modules, etc. the system could easily be custom-designed and correctly adapted for each industrial process, therefor avoiding oversizing system design.

Due to the web-server implementation directly to the WAGO's PLCs, the system enables user interface applications created with the same development tool, assisting local and remote controlling and monitoring of the technological process. Therewith the WAGO-I/O-PRO software development tool provide a wide range of libraries dedicated to waste-water treatment and water pumping stations.

Supporting all common fieldbus systems (ODP, Modbus TCP/UDP/RTU, CANopen, PROFIBUS®, PROFINET®, Ethernet/IP™, DeviceNet™, IEC61850, IEC60870-5) the WAGO-I/O-SYSTEM easily become a communication gateway, assisting the communication between field equipments and high-level controlling and monitoring SCADA software. Also, due the BACnet®, KNX®, LonWorks®, DALI, etc. fieldbuses, the WAGO-I/O-SYSTEM provide BMS solutions for the control-room, lighting system, HVAC system, etc.

Keywords

WAGO, PLC, development environment, control, supervision, monitoring, industrial process, web-server, SCADA, media redundancy, remote control, pump control, waste-water treatment station, water pumping station

1. INTRODUCERE - WAGO KONTAKTTECHNIK – PROFILUL COMPANIEI

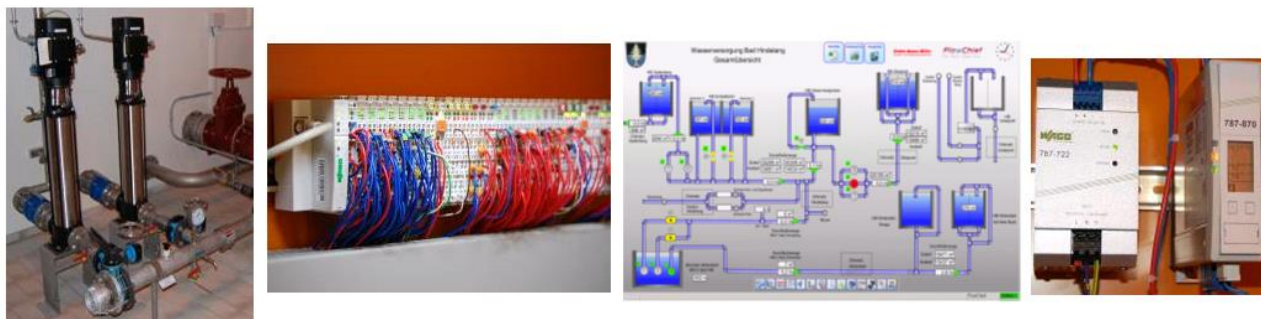


Compania WAGO a fost fondată în 1951 în Minden, Germania. Astăzi, WAGO este lider de piață la nivel internațional în tehnologia de conectare clema-arc – cage-clamp® – și se clasează printre cei mai importanți furnizori de tehnologie de conectare și de

automatizari. Produsele sunt folosite pe intreg mapamondul in industrie, constructii civile si industriale, servicii, industria constructoare de masini, precum si in multe alte aplicatii.

WAGO este prezenta in peste 65 de tari, avand peste 6500 de angajati, dintre care in jur de 3000 sunt situati in Germania.

2. WAGO IN INDUSTRIA APEI SI A APEI DE CANAL



Industria statiilor de aductiune apa si a statiilor de tratare ape uzate solicita cerinte tehnologice inalte pentru echipamentele folosite. Sistemul de intrari/iesiri distribuite WAGO-I/O-SYSTEM 750/753 indeplineste intreaga gama de cerinte: rezistenta la temperaturi impotriva atmosferei agresive din zona statiilor de tratare ape uzate, rezistenta la vibratii puternice si o asamblare rapida pentru a reduce timpii de instalare si de mentenanta, flexibilitate din punct de vedere hardware datorita sistemului modular si independenta din punct de vedere al magistrelor de comunicatie datorita multitudinii de protocoale suportate.

Un sistem optim pentru orice magistrala de camp



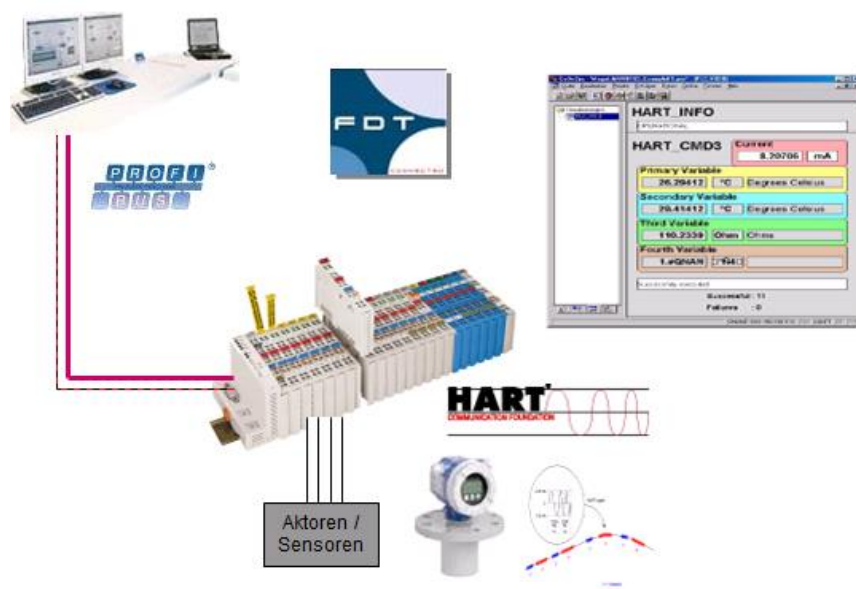
Cu un concept de magistrala de comunicatie independenta, caracterizat de componente modulare si un sistem descentralizat, sistemul WAGO-I/O-SYSTEM 750/753 este aprobat in toate aplicatiile diverse ale industriilor statiilor de aductiune apa si a statiilor de tratare ape uzate. Sistemul este optimizat pentru comunicatii orientate pe proces(process oriented communication) si reprezinta o solutie performanta de scalabilitate printr-o densitate mare de integrare; sistemul ofera peste 400 de module cu functionalitati diferite.

Sistemul poate fi dimensionat în funcție de nevoile utilizatorului datorită modulelor de intrări/ieșiri digitale și analogice, de la 2(1) la 16 canale per modul, respectiv de la 2 la 4 canale per modul, evitându-se astfel supradimensionarea sistemului și existând posibilitatea extinderii.

Module de intrări/ieșiri digitale suportă următoarele semnale: 5, 12, 24, 48, 60, 110, 220V DC; 24, 42V AC/DC și 120, 230V AC.

Pe lângă semnalele standard (0..20mA, 4..20mA, 0-10V, ±10V, 0-30V, etc.), gama de module analogice cuprinde module speciale, pentru diverse tipuri de aplicații precum:

- module de sine statatoare sau configurabile pentru termocuple
- module de sine statatoare sau configurabile pentru senzori de temperatură (RTD)
- module pentru măsurarea calității energiei electrice.



Pentru zonele cu grad ridicat de explozie din stațiile de tratare ape uzate, sistemul de intrări/ieșiri distribuite WAGO-I/O-SYSTEM 750/753 cuprinde module specializate, cu protocoale precum NAMUR și HART, la se pot conecta direct senzorii din zonele Ex i 0 și 1, respectiv 20 și 21.

Modulele speciale de comunicație, precum cele de Bluetooth®, Modbus RTU, M-bus, MP-bus, etc., transformă automatele programabile ale sistemului WAGO-I/O-SYSTEM 750/753 în portaluri de comunicație (gateway) facilitând legătura dintre diverse echipamente din câmp și sistemele software de monitorizare și control la nivel operator (software SCADA).

De la automate programabile la calculatoare industriale

Sistemul de intrări/ieșiri distribuite WAGO-I/O-SYSTEM 750/753 oferă o gamă variată de automate programabile pentru sisteme simple cât și complexe, acoperind următoarele protocoale, atât pentru comunicația peste Ethernet cât și pentru comunicația serială:

- Modbus TCP/UDP/RTU,

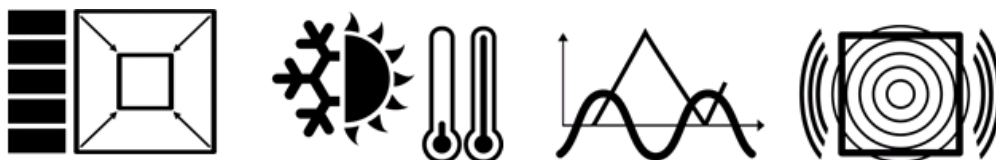
- ODP,
- CANopen,
- PROFIBUS®,
- PROFINET®,
- Ethernet/IP™,
- DeviceNet™,
- IEC61850,
- IEC60870-5,
- etc.

Calculatoarele industriale din seria 758 cat si automatele programabile din gama PFC200 vin echipate cu multiple posibilitati de comunicatie integrate pe acelasi CPU: PROFIBUS®, Modbus, CANopen.

Atat automatele programabile cat si calculatoarele industriale suport pana la 250 de module impreuna cu extensii de alimentare a magistralei de date interna si cea de camp.

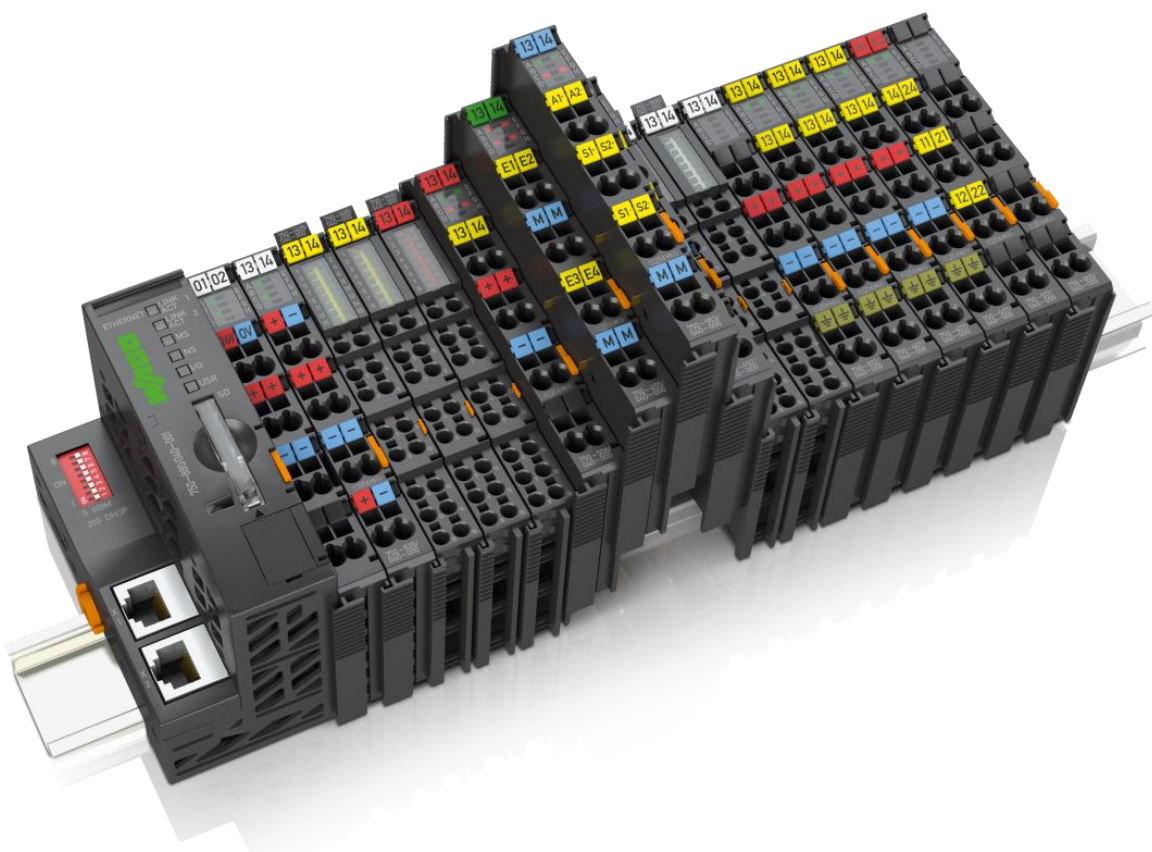


Medii de lucru extreme



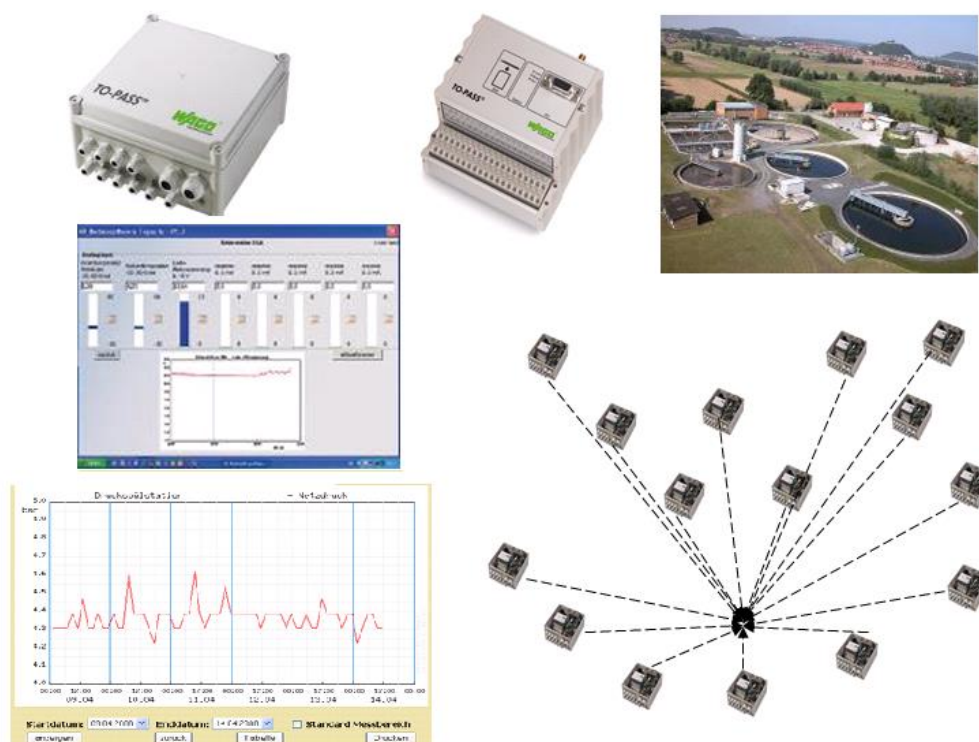
Seria de intrari/iesiri distribuite WAGO-I/O-SYSTEM 750/753 ofera solutii nelimitate acolo unde altii capituleaza: sistemul de intrari/iesiri distribuite pentru conditii de lucru extreme WAGO-I/O-SYSTEM 750/753 XTR ofera o gama de module cu urmatoarele caracterisitici:

- temperaturi de operare cuprinse intre -40 si +70°C
- izolare galvanica puternica; protectie la impulsuri si compatibilitate electromagnetica de pana 5kV
- rezistenta la vibratii; acceleratii de pana la 5g(la soc de pana la 25g), la altitudini de pana la 5000m

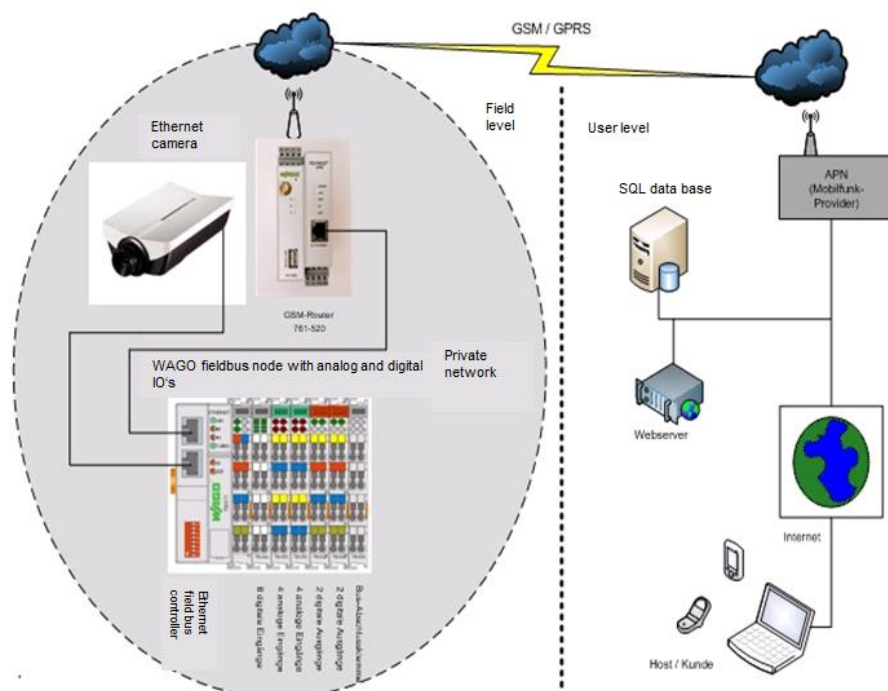


Control la distanta

Protocoalele de telecomanda sunt “incastrate” in modemurile GSM/GPRS cu intrari/iesiri distribuite atat digitale cat si analogice, impreuna cu un port de comunicatie serial, din seria TO-PASS® 761. Pe langa datele trimise peste GSM(alarme si stari prin sms, fax, email), dispozitivele seriei 761 pot trimite stari si primi comenzi si via internet, fie direct catre un portal web(ex.: WAGO TO-PASS webportal) fie catre o aplicatie software de tip server(gratuita de pe www.wago.com) incarcata pe unul din automatele programabile din gama WAGO-I/O-SYSTEM 750/753.



Seria TO-PASS 761 ofera posibilitatea de a conecta automatele programabile din teren cu cele din dispecer prin intermediul rețelilor private virtuale cu ajutorul routerului VPN 761-520.



3. BIBLIOGRAFIE

Revista Masurari si Automatizari nr. 5/2012 – “Tratamentul apelor transfrontaliere”
Revista Masurari si Automatizari nr. 1/2013 – “Solutii pentru pomparea apelor”

Eficiența oferită de managerii energetici stațiilor de apă – eficiența EmPower

Andrei Ceclan*, Ovidiu Fati, Izabella Geapana, Bogdan Bârgăuan and Iulia Chintă**

* Department of Electrical Engineering, Technical University of Cluj Napoca, Romania
(E-mail: andrei.ceclan@servelect.ro)

** Department of Energy Audit, Servelect Ltd., 33 Teleorman Street, Cluj-Napoca, Romania
(E-mail: iulia.chinta@servelect.ro)

Abstract

In the present paper we propose a series of evaluation technical instruments and energy efficiency solutions on the water circuit, starting from caption, drinkable treatment up to waste water treatment.

Example of solutions: optimum point of operation for the ensemble of frequency converter – A.C motor – pump, to get a minimum specific consumption of kWh/mc; centralized operation of the water pumps; micro-hydro-generation on water caption; high efficiency cogeneration for green certificates incentives; change the delimitation point in energy supply; optimum power factor correction, of both inductive and capacitive reactive energy; integrated monitoring of water flow and energy consumptions with correlation of influence factors; energy management system ISO 50001 etc.

Both these technical investigation instrumentation and the energy efficiency solutions are exemplified with effectively proposed and implemented solutions from water companies from Romania.

This paper may also be regarded as a best practices guide for the Energy Managers and top Management of water companies, so as to EmPower (Energy Managers Power) their level of competence as related to energy efficiency opportunities and solutions.

The investigation techniques are oriented on monitoring and targeting, in accordance with key performance indicators, behavioural change, best available technical solutions, ESCO financial solutions to implement the efficiency.

Keywords

Energy managers, energy efficiency solutions, water facilities

1. DE CE ALEGEM EFICIENȚA ÎN UTILIZAREA ENERGIEI?

Este întrebarea pe care autorii au primit-o de mai multe ori la consumatorii industriali de energie din România, în care au ajuns să propună și apoi să implementeze soluții de eficiență energetică.

De fiecare dată avem un răspuns simplu și imediat: pentru că dorim să **contribuim la bunăstarea industriei și a comunității**, la creșterea productivității și profitabilității companiilor care activează în România. Bunăstarea lor este, evident, și bunăstarea noastră. Cum îndeplinim acest obiectiv?

Ne-am definit și poziționat clar valorile care ne reprezintă: **pasiune** pentru ceea ce facem; **respect** față de bunăstarea noastră și a Beneficiarilor noștri; **curaj** în dezvoltarea tehnică și științifică a unor idei și soluții de eficiență; promovarea și implementarea de **soluții durabile**.



Iar dacă introducerea articolului s-ar rezuma doar la aceste idei, probabil veți zâmbi reflectând asupra unui mesaj ferm și motivant. Dar haideți să ne uităm pas cu pas în „curtea” câtorva companii de apă din România, pentru a identifica potențialul de eficiență în utilizarea energiei și mai ales ce soluții sunt la îndemâna fiecăruia dintre noi.

2. CUM SĂ CAPTĂM APA BRUTĂ CU CONSUM MINIM DE ENERGIE

Reglajul adaptat al debitului de apă pompată

Ne începem „călătoria” cu o companie de apă care are prizele de captare din apele Dunării. Managerul energetic de aici, un om cu mulți ani de experiență, ne prezintă fluxul tehnologic al prizelor de captare. Este o persoană cu multă răbdare și mai ales pasiune, în a ne explica fiecare detaliu al procesului de captare și pompaj al apei brute înspre uzina de tratare.

Fiecare etapă de proces înseamnă oameni care și-au lăsat amprenta, idei, inovații mici și mari. Este un flux tehnologic relativ modern, dar cu înregistrarea manuală a parametrilor de debit orar pompat. Însă povestea abia acum devine interesantă, pentru că misiunea noastră a fost de a realiza un audit energetic pentru identificarea de soluții de creștere a eficienței utilizării energiei.

Facem un relevu al prizelor de captare și pompaj al apei brute. Preluăm datele nominale și cele real funcționale ale pompelor de apă (Tabel 1). Vizităm postul de transformare, de unde se realizează alimentarea cu energie.

Tabel 1. Caracteristici nominale pompă apă brută – exemplu date relevu

Tip consumator	Caracteristici nominale					
	Un [kV]	Pn [kW]	In [A]	η_n [%]	$\cos\varphi_n$	n [rpm]
FLTOT PUMP / ITT FLYGT AB	0,4	275	550	91	0,81	740

Toate aceste echipamente enumerate înseamnă, de fapt, un consum energetic lunar mediu de aproximativ 287 MWh, sau anual un cost energetic estimat la 230.000 euro.

Tabel 2. Evidență consumuri energetice prize captare apă

Luna	Priza apă 1 [kWh]	Bazin apă 2 [kWh]	Bazin apă 3 [kWh]	Total uzina captare [kWh]
Ianuarie	123.345	100.859	80.784	202.003
Februarie	100.000	89.282	69.144	195.612
Martie	120.640	86.437	69.120	166.230
Aprilie	125.185	81.387	62.880	168.687
...	...	...	...	...
Total (2013)	1.483.617	1.115.860	846.720	3.446.197

Acum, provocarea este să identificăm un potențial fezabil de eficiență. Din această zonă să

“*eliberăm o felie*” din factura energetică, care devine în fiecare lună un capital de investiții, un profit adăugat bunăstării companiei de apă.

Ne așezăm la masă împreună cu Șeful Stației de tratare a apei și cu Managerul energetic, unde aflăm că în factura de energie apare în fiecare lună o sumă de plată pe energie reactiv inductivă. Pentru a fi eficienți și în activitatea de audit energetic, stabilim împreună obiectivele de investigat, pentru care să cuantificăm beneficii și fezabilitatea tehnică și economică. Pentru energia reactiv inductivă, propunem o baterie de condensatoare automatizată. Realizăm măsurători energetice pe motoarele pompelor, respectiv de debit și presiune pe conductele de pompaj, iar apoi prin calcule, cu menținerea presiunii de refulare. Adaptăm funcționarea pompajului către bazinul de decantare, simultan cu măsurători energetice. Economii obținute din acționarea cu turație variabilă a unei electropompe sunt specificate în tabelul de mai jos, comparativ cu acționarea electrică clasică.

Tabel 3. Evaluare comparativă consumuri în situația acționării cu turație variabilă versus pornire cu soft-starter

Interval timp	Funcționare cu CSF [kWh]	Funcționare cu softstarter [kWh]	Economie		
			[kWh]	t.e.p	lei
zi	4.995	5.568	572,55	0,0492	151
an	1.823.339	2.032.320	208.981	17,954	55.379

La o funcționare zilnică a sistemelor de pompaj de 20-22 ore, se obține o reducere de consum de 22%, din puterea total absorbită. Iată o exemplificare simplă, care se traduce într-o economie de energie de 208 MWh/an, adică aproape cât consumul mediu dintr-o lună de zile. Uzina de captare a apei lucrează 365 de zile, dar consumă doar 11 luni.

Eliminarea energiei reactive de plată

Această soluție de eficientizare energetică este considerată a fi una clasică. Cu atât mai mult, acolo unde există problemă cu plata energiei reactive, trebuie imediat intervenit prin instalarea unor echipamente de compensare.

Luăm cazul unei companii de apă unde, la nivelul unor puțuri de captare, alimentate la nivel de grup de pompe de la un post de transformare aerian, se constată următoarea situație (Tabelul 4):

Tabel 4. Situația consumurilor de energie reactiv inductivă

Factorul de putere calculat la nivelul unei prizei de captare				
AN	Luna	Consum de energie electrică activă [kWh]	Energia reactivă consumată [kVArh]	Factor de putere înregistrat
2013	IANUARIE	11280	9530	0.76
	FEBRUARIE	10286	10103	0.73
	MARTIE	11407	10498	0.75
	APRILIE	9562	11290	0.645
	MAI	13496	16452	0.648
TOTAL		56.031	57.873	0.69
				PF med

Reactiv platit cu pret triplu

Așa cum se observă, lunar se înregistrează și se plătește energie reactiv inductivă. În acest scop, pentru a elimina această plată, s-a propus compensarea individuală a motoarelor aferente pompelor din fiecare puț de extracție. De asemenea, s-a dimensionat și o treaptă fixă pentru compensarea pierderilor trafo reactive, soluție care garantează eliminarea energiei reactive de plată.

O altă situație care poate fi întâlnită în practică este aceea a necesității de compensare a unui aport

capacitiv, generat de un cablu de medie tensiune menținut în gol. În acest caz, se va prevedea o bobină shunt de compensare.

Consumurile variabile de energie reactiv inductiv la nivelul unei stații cu mai multe receptoare electrice, se compensează cu baterii de condensatoare automatizate.

Generați energie din căderea de apă de la captare la tratare

Ne continuăm relatarea cu o altă companie de apă, de data aceasta de la munte, unde captarea se realizează dintr-un baraj de acumulare, iar Stația de tratare a apei este în aval. Sistemul de aducțiune care face legătura dintre priza de captare și Stația de tratare a apei are o lungime $L = 1200$ m și este pozat îngropat, sub cota de îngheț, pe lunca unui râu, având diametrul nominal $D_n = 400$ mm. Printr-un relevu mai detaliat, în cadrul unui audit energetic, s-au preluat detalii exacte privind diferența de nivel, debitele efectiv vehiculate de apă.

Soluția imediat gândită și argumentată a fost de a se instala o turbină Kaplan, pentru preluarea energiei apei, la intrarea în Stația de tratare. Reglajul de debit la intrarea în stație se realiza printr-o vană cu actuator, situația în care nu se valorifica acea energie potențială a apei. În tabelul următor se prezintă dimensionarea primară a soluției de hidro-generare a energiei pentru auto-consum:

Tabel 5. Dimensionare soluție micro-hidro-generare cu turbine de reglaj debit

Cod MHC	Cădere brută [m]	Lung. aduc. [m]	Diam. aduc. [mm]	Qmed [mc/s]	Qinst [mc/s]	Nr. turbine [buc]	Putere neta turbină [kW]	Cadere neta medie [m]	Cadere neta instal. [m]	Debit min funct. [mc/s]
V1	40	1200	400	0,03	0,15	1	7,5	28	30	0,016

Amplasarea microhidrocentralei (MHC) la cota 560 mdM (cota la care este situată clădirea), la o distanță de 1200 m de priza de captare s-a propus a fi realizată într-un bypass pe magistrala cu DM 400 mm.

Pentru consumul mediu actual de apă al localităților deservite de Stația de tratare a apei ~ 100 mc/h, turbina propusă de tip Kaplan va “*recolta*” energia apei, în același timp în care asigură și reglajul automat al debitului de apă captată. O poziționare fezabilă a turbinei este în interiorul conductei de aducțiune în paralel cu vana de reglare a presiunii de la intrarea în Stația de tratare a magistralei de aducțiune (nivel parter), sau în cotul de 90° dinaintea electrovanei.

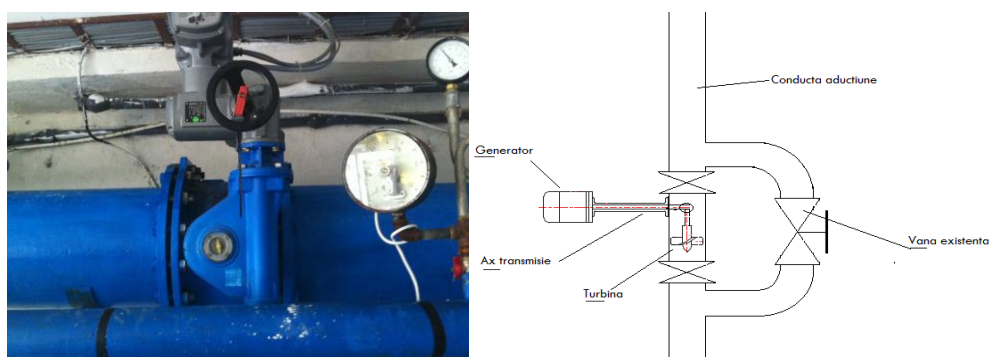


Figura 1. Conduita de aducțiune (stânga) și soluția de turbinare propusă (dreapta)

Un avantaj al acestei soluții de turbinare a apei este că nu necesită construcții speciale (în beton) aferente instalării, altele decât cele existente. Acest considerent are de asemenea un impact major în alegerea tipului de turbină.

În ceea ce urmează, se prezintă producția estimată de energie, corelată cu cantitatea de apă captată anual, respectiv o proiecție de costuri pentru punerea în practică a investiției:

Tabel 6. Producția estimată de energie electrică prin micro-hidro-generare

Produs	Capacitate medie	Capacitate maximă	Destinație
Energie electrică	36 MWh/an	52.2 MWh/an	Alimentarea consumatorilor interni
Apă*	831250 mc/an	3325000 mc/an	Producere energie

Tabel 7. Proiecție pe 10 ani pentru o investiție în turbină micro-hidro

Soluție: implementare MHC				
Valoarea investiției totale (euro)	Valoarea beneficiului/an (euro)	Perioada Simplă de Recuperare (PSR) (an)	Venit net actualizat VNA (euro)	Rata internă de recuperare RIR (%)
15.000	3.276	4.58	6.982	17.48

Cifrele indică în mod clar rentabilitatea investiției. La această companie de apă, de asemenea, s-a mizat mult pe relația cu Managerul energetic, pentru a pune în evidență oportunitatea și fezabilitatea soluțiilor.

3. TRATAREA EFICIENTĂ A APEI

Ajungem pe circuitul apei la tratare. Vom continua identificarea de soluții de eficiență în utilizarea energiei. Astfel, vom prezenta câteva studii de caz, de asemenea extrase din audituri energetice și implementări de soluții la alte două companii de apă.

Sistemul SCADA de coordonare a reglajelor adaptate de debit

Fluxul tehnologic (traseul apei cu etapele specifice de dozare coagulant, decantare, filtrare și clorinare) într-o stație de tratare evaluată în 2013 este sintetizat în schema de mai jos:

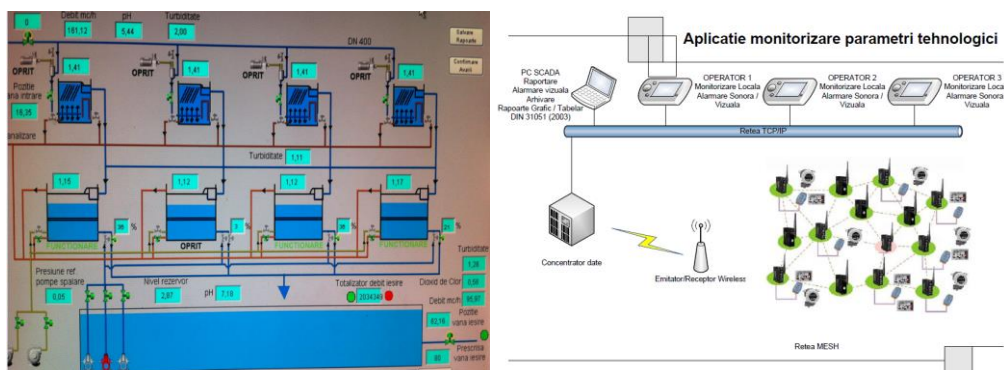


Figura 2. Captură SCADA aferentă unei stații de tratare a apei (stânga), aplicație upgrade monitorizare consumuri

După cum se observă în Fig. 2, acest sistem de monitorizare și control al procesului de tratare a apei, indică și permite accesul doar la parametri tehnologici. Este un aspect foarte des întâlnit în practică, la companiile de apă, acela de a nu se monitoriza și consumurile energetice aferente etapelor de proces.

Din acest motiv, prin măsurătorile energetice realizate, s-a reușit alocarea consumurilor specifice de energie pentru fiecare etapă de proces. S-au analizat de asemenea și consumurile proprii tehnologice de apă, corelate cu consumul specific de energie (Tabel 6).

Tabel 8. Consumul propriu tehnologic și consumurile specifice de energie pentru tratarea apei

	AN 2013				
	IANUARIE	FEBRUARIE	MARTIE	APRILIE	MAI
APA BRUTĂ INTRATĂ [mc]	127287	95496	81809	99984	93649
PRODUS FINIT [mc]	119937	89166	74549	90334	86629
CPT [mc]	7350	6330	7260	9650	7020
Procent CPT [%]	7.7				
Cosum [kWh]	35234	31180	33467	31284	31202
Consumuri specifice lunare [kWh/mc]	0.2938	0.3497	0.4489	0.3463	0.3602
Consum specific mediu [kWh/mc produs finit]	0.3598				

În baza acestor analize, s-a observat că în conturul energetic evaluat, consumul specific este peste cel țintă setat local de 0.12 kWh/mc, în unele luni depășind această valoare până la de 3 ori. Este motivul pentru care s-a propus și implementat ca upgrade un sistem de monitorizare a parametrilor electroenergetici de consum, corelat cu parametrii tehnologici de proces. Prin această integrare, devine posibilă intervenția atât a operatorilor din procesul de tratare a apei, cât și a Managerului energetic, de a realiza monitorizare și targeting, M&T.

Avem o viziune clară asupra consumurilor energetice pe etape. Stabilim și o țintă impusă de consum, din experiența procesului de tratare, a istoricului de consumuri, respectiv a factorilor care influențează aceste consumuri (necesar consum oraș, condiții meteo). Urmărind sistemul SCADA care înglobează și consumurile energetice, reușim să tratăm eficient apa, să optimizăm cantitățile de apă utilizate ca și consum propriu tehnologic pentru spălare. Aplicația crește competența operatorilor și Managerului energetic, în urmărirea și gestionarea optimă a consumurilor energetice. În următoarele luni ale anului 2013, pe studiul de caz prezentat, s-au înregistrat reduceri ale CPT de apă cu 2%, respectiv scăderea consumului specific la jumătate, față de nivelul evaluat prin audit.

Frecvența optimă de reglaj al debitului pompat

Pentru scăderea consumurilor specifice la nivel de pompă, împreună cu Managerul energetic, s-a efectuat o măsurătoare de consum energetic la diferite niveluri de reglaj al debitului vehiculat, prin montarea analizorului de rețea Analyst 2060 LEM Fluke în amonte de convertizorul de frecvență, CSF, respectiv a unui analizor portabil de calitatea energiei electrice METREL MI 2492 în aval.

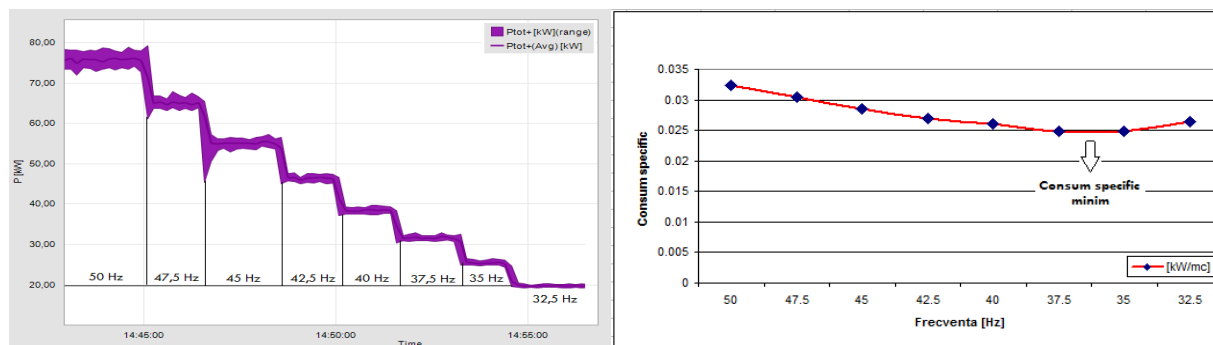


Figura 3. Puterea activă absorbită de motorul pompei treapta 1, la acționarea cu turație variabilă în plaja 600-390 rpm (stânga), respectiv consumul specific în condițiile reglajului de debit (dreapta)

S-au înregistrat curbe de sarcină pe ambele analizoare, pentru determinarea consumului propriu tehnologic în racordurile de alimentare și în elementul de acționare electrică.

Frecvența a fost variată în intervalul 50-32,5 Hz, cu un decrement de 2,5 Hz. Parametrii relevanți în determinarea eficienței energetice sunt: puterea activă absorbită în amonte de convertizor, debitul de apă pompat și consumul specific.

Tabel 9. Puteri active absorbite, debite, consumuri specific de energie

Frecvența [Hz]	50	47,5	45	42,5	40	37,5	35	32,5
P_{abs} amonte de CSF [kW]	81	70	60	50	43	36	31	26,5
P_{abs} aval de CSF [kW]	76	65,4	54,9	46,4	38,5	31,8	25,5	19,6
Debit apă [m ³ /h]	2500	2300	2100	1850	1650	1450	1250	1000
Consum specific [kW/m ³]	0,0324	0,0304	0,0285	0,0270	0,0261	0,0248	0,0248	0,0265

Pierderile de putere activă au fost determinate pentru un factor de putere compensat de 0.98 (CSF compensează factorul de putere în amonte, cel puțin la valoarea neutrală). Pierderile reale în CSF au fost determinate prin diferențierea consumurilor înregistrate.

Consumul specific minim se înregistrează la funcționarea în palierul 37.5-35 Hz (1450-1250 mc/h apă pompată). La funcționarea cu o frecvență sub valoarea de 35 Hz, va crește consumul propriu tehnologic al convertizorului de frecvență cu un procent de aproximativ 30%. Sub valoarea de 35 Hz nu se va mai înregistra o scădere semnificativă a puterii absorbite.

La funcționarea cu un consum specific minim se determină economii în consumul de energie de 52-58.6 %, raportat la consumul de energie fără utilizarea elementului de acționare cu turație variabilă.

Dincolo de reliefaarea unor rezultate privind utilizarea eficientă a energiei, orice evaluare de audit energetic, include pe de o parte măsurători de calitatea energiei – distorsiune armonică și fluctuații de tensiune – parametri care indică posibile probleme de funcționare a echipamentelor electronice și pierderi suplimentare de energie, iar pe de altă parte trasarea unei diagrame Sankey, prin care se prezintă detaliat ce se consideră util și ce se consideră pierderi de energie.

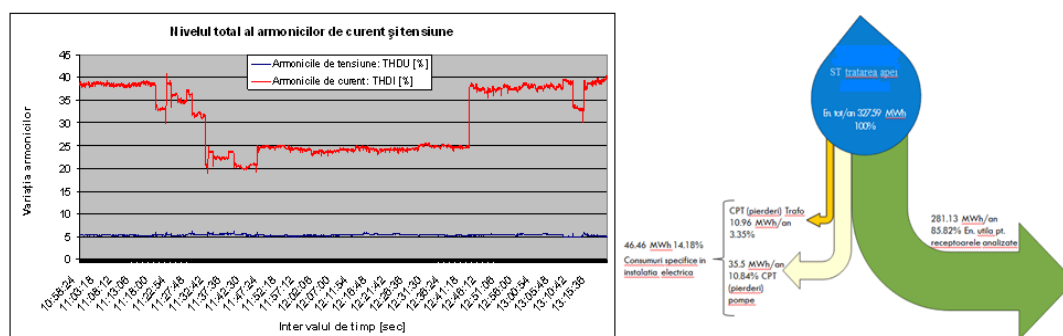


Figura 4. Distorsiunea armonică înregistrată (stânga), respectiv diagrama Sankey de bilanț energetic (dreapta)

Delimitarea vine cu reduceri semnificative de costuri

În alimentarea cu energie electrică de la rețea, delimitarea, adică “granița” dintre consumator și operatorul de rețea stabilește și valoarea facturii de energie. Considerăm un caz întâlnit la o companie de apă unde această delimitare este situată la nivel de joasă tensiune. Astfel, prețul energiei include 3 taxe de distribuție, raportat la nivelurile de tensiune prin care se distribuie energia: de joasă (0.4 kV), de medie (6/10/20 kV) și de înaltă tensiune (110 kV).

Consumatorul nostru, o stație de tratare a apei, înregistrează un consum mediu lunar de 230 MWh. În consecință, plătește toate cele 3 taxe de distribuție.

Soluția propusă, de a trece delimitarea de la nivel de joasă la nivel de medie tensiune, se justifică prin faptul că la nivel anual se vor reduce costurile cu energia cu aproximativ 20%, anume cu 69.000 euro. Instalarea unui post de transformare propriu de putere 630 kVA, presupune un cost amortizabil în 3.5 ani. Se elimină taxa de distribuție de joasă tensiune, care în regiunea Transilvania Nord este în valoare de 111 lei/MWh fără TVA.

4. EPURAREA CU MAXIM DE RANDAMENT ENERGETIC

Reglajul adaptat al suflantelor și centrifugării

În procesul de epurare a apelor uzate, pe lângă toate sistemele de pompaj apă și nămol, există suflante de aer pentru barbotare, mixere de omogenizare, respectiv echipamente de centrifugare a nămolului. La nivelul acestor echipamente, s-a determinat clar oportunitatea acționării cu turație variabilă, iar în cazul centrifugării inclusiv a recuperării de energie la frânare.

Se prezintă un nou studiu de caz dintr-o stație de epurare unde s-au propus astfel de soluții, inclusiv pentru optimizarea pompajului:

Tabel 10. Economii de energie prin acționare cu turație variabilă

Tip consumator	Fara CSF	Cu CSF	Economie		Amortizare
	Wabs [kWh]	Wabs [kWh]	[kWh]	[euro]	[ani]
Suflantă aer	32.573	16.940	15.632	1.076	1,04
Pompe nămol 1	269.370	89.877	179.492	12.364	0,33
Mixer bazin omogenizare 1	33.901	10.862	23.038	1.587	0,46
Mixer bazin omogenizare 2	16.731	8.146	8.584	591	1,40
Pompe apă drenată	9.077	2.688	6.388	440	1,87
Pompă, depozit tampon	80.269	49.732	30.537	2.103	1,16
Pompă epuizment	9.539	3.584	5.955	410	1,79
Echipament centrifugare	10.840	6.142	4.697	323	3,45
Total	475.871	194.887	280.983	19.355	0,81

Sunt prezentate doar echipamentele pe care nu s-au identificat acționări variabile și care se pretează la această soluție.

CertIFICATELE VERZI DUBLEAZĂ VALOAREA ENERGIEI DIN BIOGAZ

Mai multe dintre stațiile de epurare din România sunt prevăzute cu echipamente de cogenerare, având ca și combustibil biogazul obținut din fermentația nămolului. În general, la re tehnologizarea unei astfel de stații, dacă din analiza procesului tehnologic reiese oportun, se instalează și unul sau două motoare cu ardere internă pe biogaz, care vor asigura parțial consumul electroenergetic al stației, respectiv căldură necesară în procesul de fermentație a nămolurilor.

Din punct de vedere al beneficiului energetic, ceea ce rămâne de făcut este să se autorizeze la ANRE capacitatea energetică de cogenerare, respectiv prin acreditare, să se obțină certificate verzi aferente producției regenerabile din biogaz și cogenerării de înaltă eficiență.



Figura 5. Cogenerarea din biogaz și certificatele verzi

Prezentăm exemplul unei companii de apă, care anual generează o cantitate de 1250 MWh energie electrică din producția de biogaz. Acest aport energetic se consumă în conturul stației de epurare, asigurând un procent de 35% din consumul total al stației, fig. 5. Pe de altă parte, prin obținerea a 2 certificate verzi pentru fiecare MWh produs din biogaz, prin cogenerare de înaltă eficiență, se ajunge la un beneficiu suplimentar valorificat de aproximativ 87.000 euro/anual.

Energia termică din clădirile companiei de apă

Luăm ca și exemplu o clădire în care se realizează tratarea apei, într-o zonă de munte. Pentru perioada de iarnă se utilizează un cazan pe motorină de tipul indicat în tabelul de mai jos. Având în vedere că în zonă există disponibil combustibil biomasă la un preț avantajos, s-a evaluat soluția de înlocuire a cazanului pe motorină, cu unul pe biomasă. În cele ce urmează se prezintă beneficiile efectiv cuantificate:

Tabel 11. Costuri comparative pentru termoficare cu motorină sau biomasă

Denumire locație	Tip echipament	Putere	Combustibil	Cantitate	Consum Total	Ore pe an	Cost combustibil	Cost specific
		[kW]		l/an	MWh/an	h/ an	lei/an	lei/MWh
Clădire stație de tratare a apei	Cazan ERENSAN NA-R100	116.3	Motorină	6420	69.78	1200	29.447	422
				mc/an				
	REGOVENT 120 R	114	Lemne	70	68.4	1200	6.268	90
							Economie 79%	

O altă situație analizată a fost aceea a oportunității înlocuirii surselor clasice de termoficare și asigurare a apei calde menajere cu surse regenerabile (colectoare solare, pompe de căldură). Se prezintă un tabel centralizator al surselor existente cu costurile energetice aferente:

Tabel 12. Parametrii cei mai relevanți din punct de vedere al eficienței surselor termice existente

Cod echipam.	Temperatura gazelor t_g [°C]	Exces de aer λ [-]	Randament η_e [%]	Putere nominală P_n [kW]	Cost specific [lei/MWh]	Observații
OE01	281	1.34	86.4	500	524,52	t_g mare; η_g mic
OE02	164	1.19	93.0	64	500,87	✓
OE03A	48	2.11	97.7	50	122,78	Fără condensare
OE03B	57	1.43	97.9	80	122,78	Fără condensare
OE04	105	2.13	92.7	36	122,88	λ mare
OE05A	192	1.31	91.2	54	123,02	t_g mare
OE05B	122	1.49	93.8	24	123,02	✓
OE06	75	3.48	92.7	85	123,10	Fără condensare!
OE07	133	2.58	88.8	60	123,11	λ mare; η_g mic
OE08	130	3.48	86.2	28	123,53	λ mare; η_g mic
OE09	56	1.27	97.8	35	123,83	Fără condensare!
OE10	52	1.48	98.1	30	470,00	Fără condensare!
OE11	105	2.13	92.8	24	121,68	✓
OE12	111	1.80	93.2	24	122,13	✓

Se observă faptul că numai 4 din cele 12 echipamente pentru care a fost efectuată analiza compoziției gazelor de ardere sunt corect reglate (cele marcate prin semnul “✓” în rubrica de

observații), iar în cazul restului de 8 echipamente **este necesară efectuarea unor revizii și reglaje**, pentru îmbunătățirea condițiilor de ardere și mărirea randamentelor.

Trebuie menționat că niciunul din cazanele în condensare nu funcționează în regim de condensare și, deci, nu recuperează căldură prin condensarea umidității din gazele de ardere, deși construcția acestora permite acest lucru. În cazul tuturor cazanelor care au fost marcate cu mențiunea “Fără condensare”, **este necesară efectuarea unor revizii și reglaje** pentru asigurarea unei funcționări eficiente a acestor echipamente.

Un alt aspect evaluat simultan a fost necesarul real de termoficare, ținând cont de starea anvelopelor fiecărei clădiri, de tâmplăria ferestrelor, de radiatoarele termice prin care se distribuie căldura etc. Înainte de a dimensiona noi surse de energie regenerabilă, s-a considerat suficiența energetică, necesarul eficient de energie termică, atât pentru încălzire cât și pentru apa caldă menajeră.

Din auditul energetic efectuat, prin optimizările și sursele termice regenerabile propuse, s-au cuantificat economii de energie semnificative, prezentate în diagrama de mai jos:

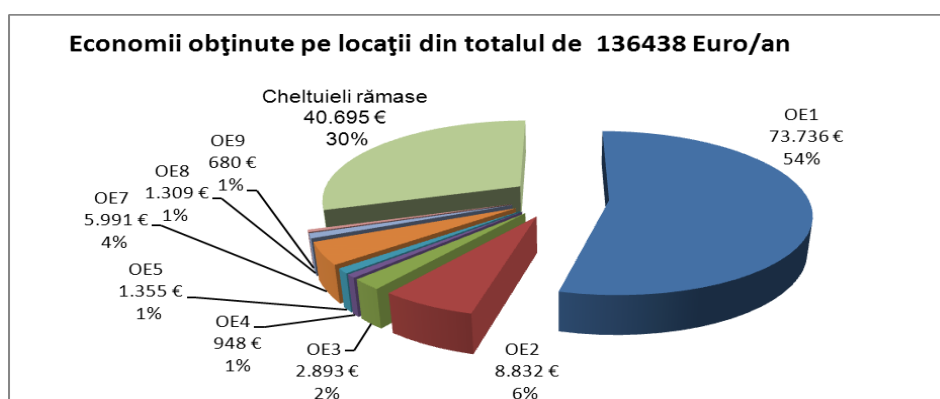


Figura 6. Diagrama de economii obținute prin optimizarea surselor termice aferente clădirilor unei companii de apă

Două soluții neconvenționale de recoltare a energiei electrice sau termice

Vom enumera la final câteva dintre soluțiile considerate neconvenționale, dar care în perspectivă vor prinde cu siguranță contur: pompe de căldură pentru preluarea căldurii apelor uzate la intrarea în stația de epurare; micro-hidro-generare pe debitul de apă uzată intrată în stație.

Soluții organizatorice și auxiliare fluxurilor de bază

Am stabilit împreună cu Managerul energetic și cu tehnologii din tratare și epurare, rețete optime de consum, astfel încât să fie asigurată permanent calitatea apei cu un dozaj eficient de energie electrică. Câștigăm economii din monitorizarea activă și din soluții organizatorice. Le menținem durabil și căutăm permanent soluții de optimizare. Am reușit nu numai să arătăm un potențial de eficiență, ci să punem și în practică soluții; practic, am reușit să contribuim, împreună, la creșterea bunăstării Beneficiarilor noștri.

5. CIRCUITUL APEI, UN CIRCUIT AL EFICIENȚEI ENERGETICE

Mai departe de auditul energetic, susținem prin contract de performanță energetică implementarea efectivă a soluțiilor, cu monitorizarea individuală înainte și după, a consumurilor energetice. Ca și companie de tip ESCO, ne recuperăm investiția din economiile generate.

Vom continua să reflectăm astfel de cazuri, cu alte exemple, cu alte experiențe. Studiile de caz enunțate: pompe de apă, suflante de aer, ventilație, iluminat, motoare de cogenerare,

transformatoare, compensarea energiei reactive și altele, le găsiți cu siguranță în cele mai multe dintre companiile de apă din România.

6. EMPOWER EFFICIENCY – ENERGY MANAGERS POWER TO LEAD EFFICIENCY

Eficiența energetică înseamnă o gamă variată de soluții, atât electrice, cât și termice. Înseamnă să punem în practică motto-ul: *“Engineering is seeing solutions, not finding problems!”*

Înseamnă să asistăm Managerii energetici din fabrici, să le oferim instrumente de monitorizare și de stabilire a unor ținte de consum optimizat, înseamnă să le oferim puterea de a obține economii de energie: *Energy Managers Power to lead Efficiency*, EmPower Efficiency.

7. BIBLIOGRAFIE

1. Leca A., Mușatescu V., Managementul energiei, Editura AGIR, Bucuresti, 2006.
2. Golovanov N., Postolache P., Toader C., Eficiența si calitatea energiei electrice, Editura AGIR, București, 2007.
3. Analiza economică a proiectelor din domeniul energetic PE 011.
4. Doing More with Less, Green Paper on energy efficiency; European Cmmission, Directorate-General for Energy and Transport, 2005.
5. Gadola Șt. ș.a., Principii moderne de management energetic, Energobit, Cluj-Napoca, 2005.
6. Berinde T., Berinde M., Bilanțuri energetice in procese industriale, Editura tehnică, București 1985.
7. Normativ privind metodica de întocmire și analiza bilanțurilor energetice in întreprinderile industriale, ICEMENERG, București, 2002.
8. Athanasovici V., Eficiența energetică a utilizării aerului comprimat în industrie, Editura Politehnica PRESS, București, 2004.
9. Exarhu M., Mașini și instalații hidraulice și pneumatice, Editura AGIR, București 2006.
10. Chindriș M., Managementul energiei electrice aplicații, Editura Casa Cărții de știință, Cluj-Napoca 2009.

SCADA în managementul resurselor de apă

Presură Aurel*, Popa Măndița** and Chicheluș Elena Magda***

* Director General Adjunct, Aurel Presură, S.C. RAJA S.A, Str. Călărași 22-24, Constanța
(E-mail: aurel_presura@yahoo.com)

** Dispecer Șef, Popa Măndița, S.C. RAJA S.A, Str. Călărași 22-24, Constanța
(E-mail: mandita_popa@yahoo.com)

*** Inginer, Birou Dispecerat Energetic, Chicheluș Elena Magda, S.C. RAJA S.A, Str. Călărași 22-24, Constanța
(E-mail: elenamagda@gmail.com)

Abstract

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) is the technology that gives the operator the possibility to collect and process information from remote equipment and transmit instructions to said equipment. The continuous horizontal development of the operator, S.C. RAJA S.A., is only possible with the implementation of these modern technologies in the operating process.

Moreover, each water supply system will communicate with the dispatcher through one of the most favored points in that system; generally, the communication system installed at the distribution tank.

S.C. RAJA S.A. CONSTANTA serves over 700,000 inhabitants in 6 counties of Romania and provides water supply and sewerage services in 143 localities.

Technically, the operation of such an extended water supply and sewerage system cannot be efficient if real-time information on pressures, flows, chlorine concentration, tank water level, electricity consumption etc. isn't received. The SCADA system connects all these elements, allowing continuous calibration of the operation patterns, proving to be very useful and efficient in the system operation.

A pilot-project was implemented at S.C. RAJA S.A. CONSTANTA, "The Centralized Automation of the Water Supply Systems' Water Sources in the Cobadin Area, Constanta County", which serves 25 localities for 64 locations of the water supply system, representing wells, tanks and pumping stations.

The system is completely automated, so that the regional dispatcher in Cobadin will receive all real-time data referring to flows, pressures, chlorination, security, defects etc.

Each water supply system has its own communication system, as follows:

For the well/wells– tank systems, automation for ensuring the water need is conducted by the automation system installed on the tank/tanks for the water distribution into the network;

For the well/wells –network pumping station storage tank/tanks/distribution tanks, automation for ensuring the water need is conducted by the automation system installed at the pumping station.

Keywords

Reduce energy consumption, local automation, dispatching

1. INTRODUCERE

SC RAJA SA Constanța este cel mai mare operator regional din Romania in domeniul alimentării populației cu apă potabilă și al epurării apelor uzate, membru fondator al Asociației Române a Apei și este prima companie furnizoare de servicii de alimentare cu apă și canalizare care a devenit membră IWA (Asociația Internațională a Apei). Are un acționariat format din 36 de consilii : județene, municipale, orașenești și comunale, deservește peste 750.000 de locuitori din județele Constanta, Ialomita, Calarasi, Ilfov, Dambovita, Brasov si Prahova. Asigură servicii de alimentare cu apă si canalizare în 207 localități, in timpul sezonului estival deservește peste 2,5 milioane de beneficiari.



Figura nr. 1 - Aria de operare a SC RAJA Constanța

2. DE CE SCADA LA RAJA CONSTANȚA?

S.C. RAJA S.A. CONSTANȚA își desfășoară activitatea în localități din 7 județe ale țării, ce totalizează o suprafață de cca 32.328 km². Din punct de vedere tehnic, operarea unui sistem de alimentare cu apă și canalizare atât de extins, nu este eficientă dacă nu există informații în timp real despre presiuni, debite, concentrație de clor, nivelul apei din rezervor, consum de energie electrică, etc. Sistemul SCADA conectează toate aceste elemente, permite calibrarea continuă a modelelor de operare, devenind un sistem foarte util și eficient în dezvoltarea strategiilor de lucru.

SCADA este prescurtarea pentru Monitorizare, Control și Achiziții de Date (Supervisory Control And Data Acquisition). Termenul se referă la un sistem amplu de măsură și control. Automatizările SCADA sunt folosite pentru monitorizarea sau controlul proceselor chimice, fizice sau de transport.

SCADA este tehnologia care oferă operatorului posibilitate de a primi informații de la echipamente situate la distanță și de a transmite un set limitat de instrucțiuni către acestea.

Este un sistem:

bidirecțional care permite nu numai monitorizarea unei instalații ci și efectuarea unei acțiuni asupra acesteia.

deschis dispune de posibilități care permit implementarea aplicațiilor astfel ca:
să poată fi executate pe sisteme provenind de la mai mulți furnizori;
să poată conlucra cu alte aplicații realizate pe sisteme deschise (inclusiv la distanță);
să prezinte un stil consistent de interacțiune cu utilizatorul.

3. PRINCIPALELE OBIECTIVE ALE SISTEMELOR SCADA SUNT URMATOARELE

- automatizarea fiecărui sistem de alimentare cu apă în vederea funcționării fără personal de exploatare;

- reducerea costurilor de întreținere prin remedierea imediată a defecțiunilor, reducerea numărului de personal
- monitorizarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare pentru administrarea și gestionarea resurselor de apă, consumurilor (necesariului de apă) și controlului calității apei;
- menținerea controlului întregului sistem de alimentare cu apă și de canalizare, asigurarea performanțelor necesare și realizarea unui management integrat al consumurilor (necesariului de apă) și al calității apei;
- realizarea procedurilor operationale pentru diferite regimuri de curgere și creșterea eficienței prin automatizarea proceselor;
- stocarea informațiilor cu privire la comportamentul unor sisteme de alimentare cu apă și de canalizare, pentru a realiza o înțelegere deplină a situațiilor aparute, conform necesităților;
- realizarea unui varf de consum (necesar de apă), prin examinarea completă a funcționării sistemelor de alimentare cu apă și de canalizare;
- stabilirea funcționării eficiente a diverselor sisteme SCADA, minimizând astfel necesitatea inspecțiilor de rutină în diverse locuri îndepărtate ale unor sisteme de alimentare cu apă și de canalizare;
- optimizarea reducerii consumului de energie electrică, atât de necesară funcționării diverselor tipuri de pompe;
- furnizarea unui sistem de alarmare, ce oferă posibilitatea diagnosticării eventualelor probleme ce pot apărea în sistemele de distribuție a apei și de canalizare, prin monitorizarea lor de la un punct central (dispecer)

4. ETAPELE IMPLEMENTĂRII PROIECTULUI DE AUTOMATIZARE ȘI DISPECERIZARE LA SC RAJA SA CONSTANȚA

Etapa I : Realizarea proiectului pilot Cobadin. Dispecer local Cobadin care deservește 25 localități; Monitorizarea și controlul sistemelor de apă; Acționarea automată a pompelor și electrovalvelor; Conectivitatea radio UHF simplex între amplasamentele incluse în pilot ;

Etapa II : Extinderea pilotului la 207 localități. Dispecer Central la sediul S.C.RAJA S.A. din Constanța; Conectivitate radio UHF simplex între Dispecerii locali și localitățile deservite de aceștia; Conectivitate BroadBand între Dispecerii locali și Dispecerul Central;

5. PROIECT – PILOT “AUTOMATIZAREA CENTRALIZATĂ LA SURSELE DE APĂ DIN ZONA COBADIN”, JUD. CONSTANȚA

Obiectivul acestui proiect este modernizarea sistemelor de alimentare cu apă din 25 de localități aflate pe raza județului Constanța. Modernizarea constă în principal în automatizarea, monitorizarea și dispecerizarea acestor sisteme.

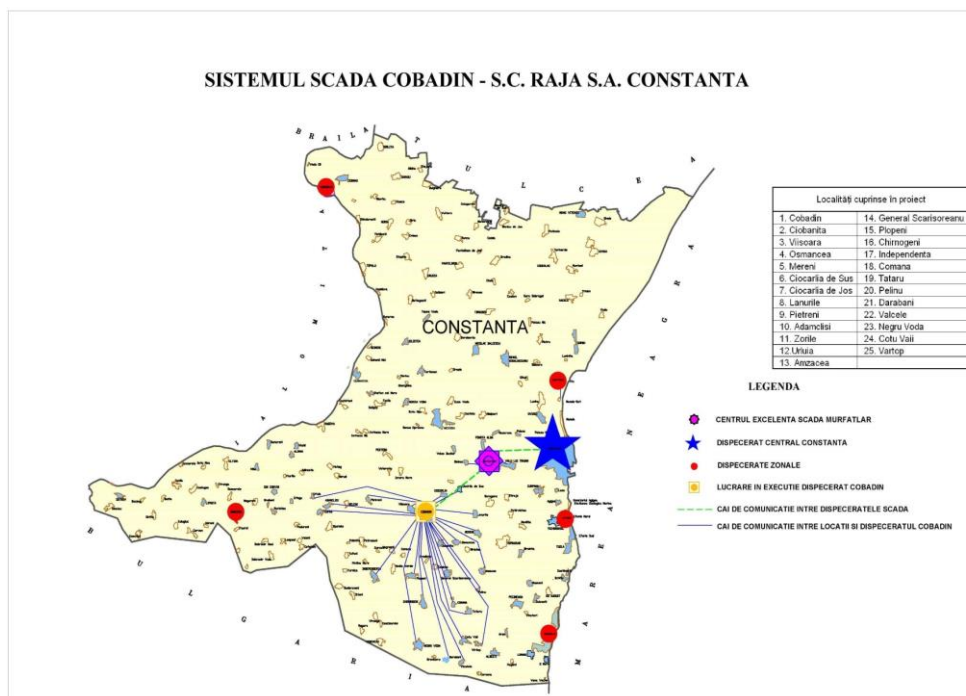


Figura nr. 2 - Sistemul SCADA Cobadin – SC RAJA Constanta

La fiecare locație sunt instalate tablouri electrice și de automatizare, tablouri RTU Motorola care vor asigura în principal comunicarea și în funcție de aplicație, automatizarea și monitorizarea locală, senzori și traductoare (măsură debit, nivel, presiune, concentrație de clor), electrovane pentru păstrarea rezervei de apă în caz de incendiu.

Prezentare schematică a sistemelor de automatizare și monitorizare:

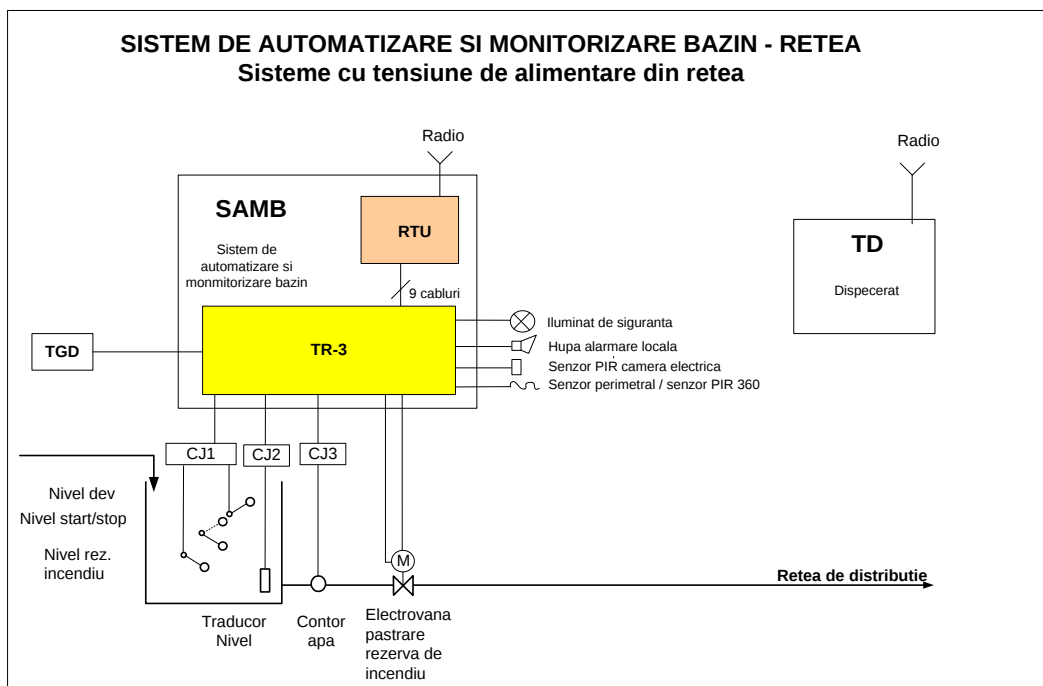


Figura Nr. 3 - Sistem Bazin - Rețea , cu tensiune de alimentare din rețea

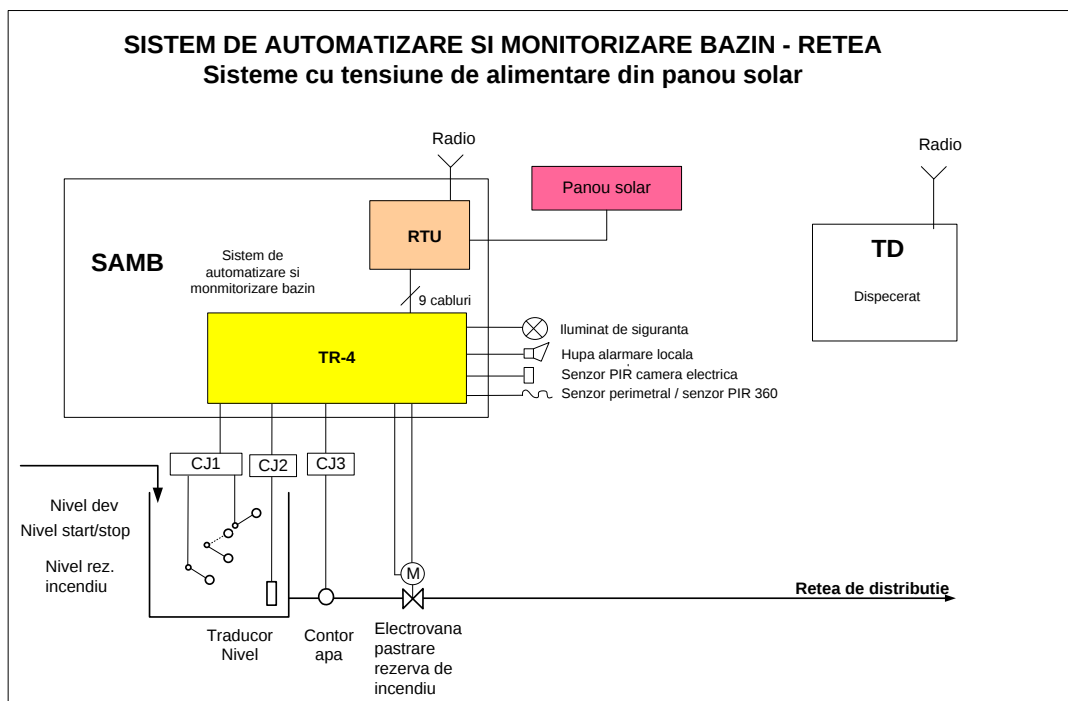


Figura nr. 4 - Sistem Bazin - Retea , cu tensiune de alimentare din panouri solare

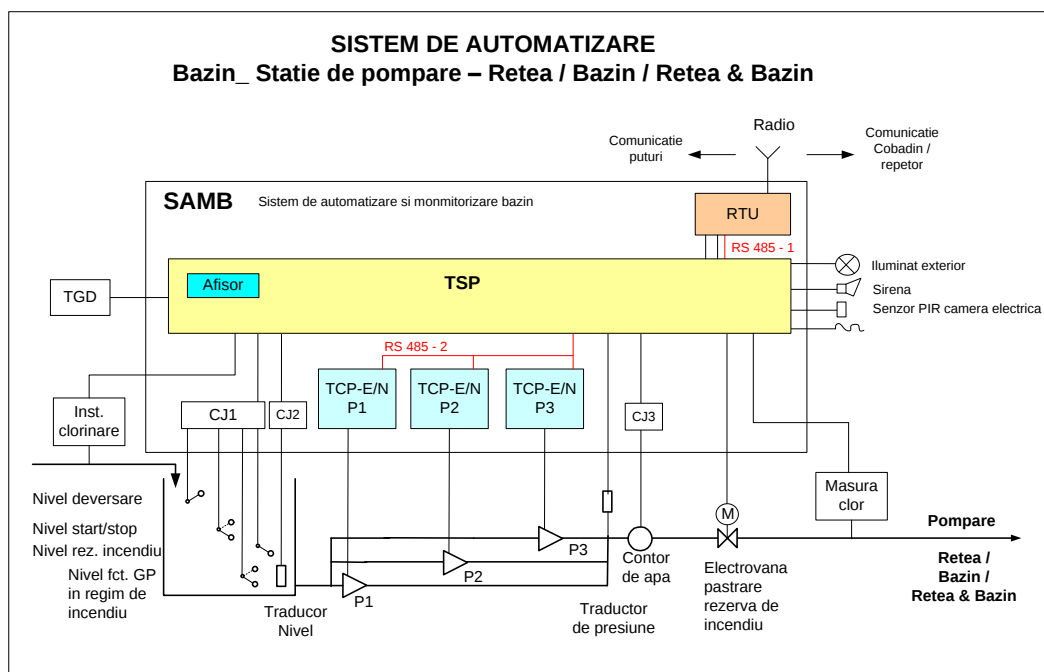


Figura nr. 5 - Sistem Bazin Statie de pompare - Retea / Bazin / Retea&Bazin

6. FUNCȚII ÎNDEPLINITE PENTRU FIECARE SISTEM DE ALIMENTARE CU APĂ (PUȚURI, BAZINE DE STOCARE SAU ȘI DE DISTRIBUȚIE ȘI STAȚII DE POMPARE)

Afisarea de marimi/stari si alarme referitoare la functionarea statiei de pompare.

Controlul, de la dispecerat, al regimului de functionare al pompelor din statia de pompare Cobadin.

Selectarea regimului de functionare al pompelor poate fi operat de la distanta de la dispecerat, individual, pentru fiecare pompa.

Controlul de la dispecerat, al pornirii si opririi pompelor din statia de pompare.

Pompele din statia de pompare pot fi pornite sau oprite prin comanda de la distanta, de la Dispecerat.

Acest proiect prevede șapte zone de alimentare cu apă care au sisteme proprii de comunicație radio (zona 1 Adamclisi, zona 2 Cobadin, zona 3 Mereni, zona 4 Plopeni, zona 5 General Scărișoreanu, zona 6 Cotu Văii, zona 7 Negru Vodă) și patru sisteme de automatizare și monitorizare.

Fiecare sistem de alimentare cu apă are și un sistem propriu de comunicație astfel:

Pentru sistemele puț / puțuri - bazin, automatizarea asigurării necesarului de apă va fi condusă de sistemul de automatizare instalat la bazinul / bazinele de distribuție a apei in rețea;

Pentru sistemele puț / puțuri - bazin/bazine de stocare stații de pompare in rețea / bazine de distribuție, automatizarea asigurării necesarului de apă va fi condusă de sistemul de automatizare instalat la stația de pompare.

Mai mult, fiecare sistem de alimentare cu apă va comunica cu dispeceratul prin unul din punctele cele mai favorizate din acel sistem; in general, sistemul de comunicație instalat la bazinul de distribuție.

Exemplu : Zona 2: Ciocarlia de Sus, Ciocarlia de Jos and Pietreni

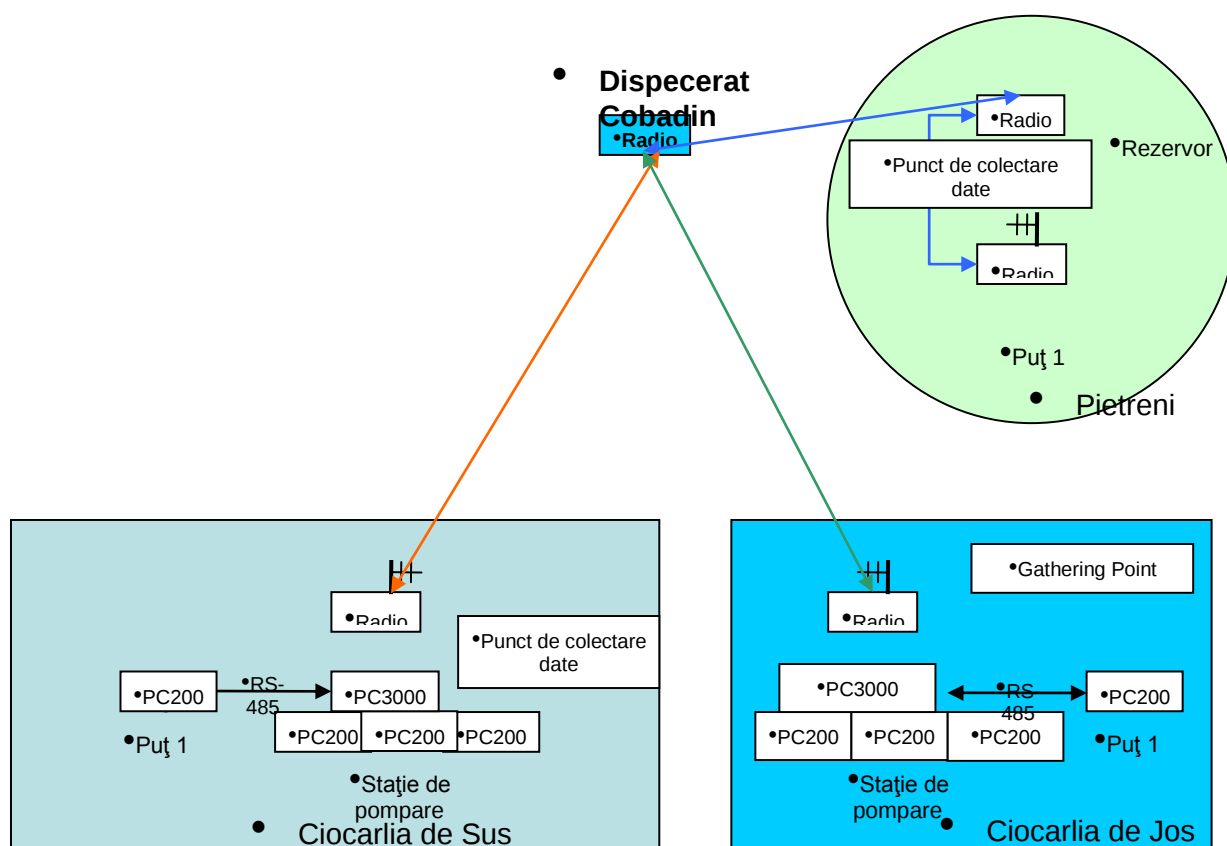


Figura nr. 6 – Exemplu zona de comunicatie radio Ciocarlia de Sus, Ciocarlia de Jos și Pietreni

În cadrul proiectului SCADA s-a construit o fabrică de hipoclorit la Cobadin, care produce cantitatea necesară de hipoclorit pentru toate localitățile prinse în proiect.

Hipocloritul de sodiu este transportat cu un autovehicul special și depozitat în fiecare locație în vase de stocare corespunzătoare. S-a optat pentru producerea hipocloritului la locul de utilizare pentru a beneficia astfel de o soluție proaspătă și cu o concentrație scăzută, astfel încât să fie eliminați factorii de risc asociați stocării și manipulării.



Figura nr. 7 – Generator de hipoclorit

Valoarea investiției a fost de 2 066 247 US. Finanțarea investiției s-a realizat astfel:

SC RAJA SA – 858 528 USD

MOTOROLA – 336 000 USD

USTDA – 871 719 USD

7. EFICIENȚA IMPLEMENTĂRII SISTEMULUI SCADA COBADIN

Reducerea consumului de energie electrică cu 21.53 %

iunie - decembrie 2013 = 967 535 kwh

iunie - decembrie 2012 = 1 233 000 kwh

Reducere consum = 265 465 kwh /7 luni = 37 924 kwh/lună

Economie : 37 924 kwh x 0.6 lei/kwh x 12 luni = 273 052 lei/an

Reducerea numărului de personal cu 20 persoane

Vechea organizare 2012: 48 persoane

Noua organizare 2013: 28 persoane

Reducerea cheltuielilor cu personalul cu 20 persoane x 2500 lei/luna x 12 luni = 600.000 lei/an;
total : 273.052 + 600.000 = 873 052 lei/an (194.012 Euro/an). Durata de recuperare a investiției este de cca 3 ani.

Reducerea numărului de avarii (de la 15 avarii la 4-5 avarii/lună)

8. EXTINDERE PROIECT SCADA

SC RAJA SA are întocmit studiul radio pentru toate localitățile din zona de operare;

Se lucrează la întocmirea studiului de fezabilitate pentru extinderea proiectului SCADA pentru toate localitățile din aria de operare RAJA Constanța.

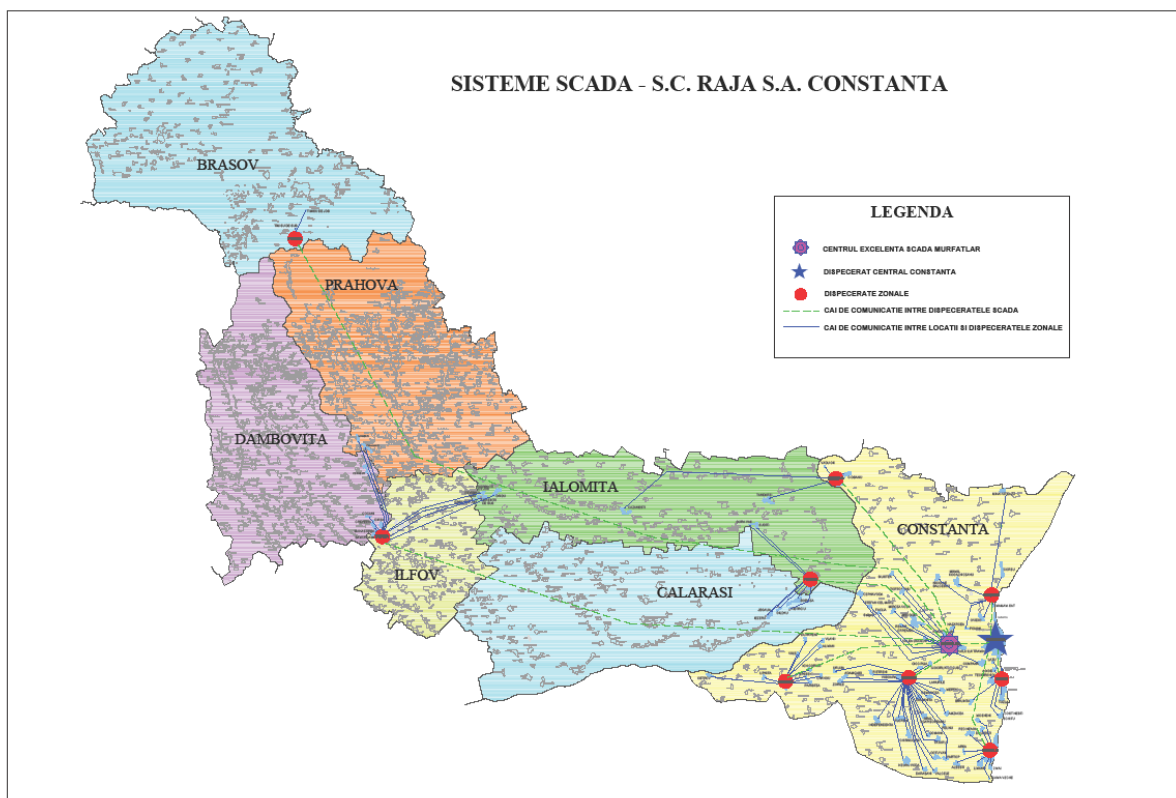


Figura nr. 8 – Sistem SCADA RAJA Constanta

9. CONCLUZII

Fara automatizare, nu pot fi gestionate eficient sistemele de alimentare cu apa si canalizare;

Costurile de operare sunt minimalizate;

Numai prin implementarea sistemelor SCADA se poate extinde, in mod eficient, aria de operare a SC RAJA SA Constanta;

In contextul crizei actuale volumul apei vandute scade, iar stagnarea sau cresterea acestuia se poate face numai prin modernizarea sistemelor de alimentare cu apa si canalizare;

10. BIBLIOGRAFIE

1. Proiect Tehnic “Automatizarea Centralizată a surselor de apă din zona Cobadin, județul Constanța”

INDEX DE AUTORI

Adrian Traian Munteanu	
Sistemul de intrări/ieșiri distribuite WAGO-I/O-SYSTEM pentru stații de tratate ape uzate și stații aducțiune apă	204
Alexandru Dimache	
Opțiuni actuale de valorificare/eliminare a nămolurilor provenite de la stațiile de epurare a apelor uzate	77
Alexandru Lucian Luca	
Considerații privind reabilitarea sistemelor de tratare a apei	89
Probleme actuale în procesul de dezinfecție al apei potabile	114
Anca Bălan	
Considerații privind reabilitarea sistemelor de tratare a apei	89
Probleme actuale în procesul de dezinfecție al apei potabile	114
Andrei Ceclan	
Eficiența oferită de managerii energetici stațiilor de apă – eficiența EmPower	210
Aurel Presură	
SCADA în managementul resurselor de apă	221
Ben Ward	
Sewerage infrastructure asset management tools & techniques - a demonstration of methods from UK utilities	48
Bogdan Bârgăuan	
Eficiența oferită de managerii energetici stațiilor de apă – eficiența EmPower	210
Bogdan Preda	
Lime used for municipal wastewater treatment sludge and bio solids	58
Constantin Damian	
Reducerea costurilor de operare în stațiile de epurare menajere prin recuperarea energiei termice conținute de apa uzată și epurată, pe drumul către independența energetică a stației de epurare	186

Soluții pentru reducerea producției de nămol a stațiilor de epurare menajere și pentru eliminarea acestuia	67
Costel Bumbac	
Considerații privind reactivitatea încărcării organice naturale față de clor din surse subterane tratate în sistem biologic pentru biooxidare ioni amoniu	140
Cristiana Cosma	
Considerații privind reactivitatea încărcării organice naturale față de clor din surse subterane tratate în sistem biologic pentru biooxidare ioni amoniu	140
Dan Stănescu	
Dimensionarea resurselor IT hardware și software în sistemele SCADA. Particularizare pentru stațiile de epurare ape uzate	176
Daniela Gologan	
Evaluarea performanțelor flocculantului tip cetaclear în procesele de coagulare-floculare	157
Îmbunătățirea performanței decantorului radial cu camera de reacție tronconică	147
Daniela Simona Moldovan	
Tehnologii de filtrare a apelor prin utilizarea membranelor ceramice	131
Eden Mamut	
Capacitatea de producere a energiei din sectorul tratării apei în România	194
Elena Godeanu	
Proгноza cerințelor de apă pentru populație	122
Elena Magda Chicheluș	
SCADA în managementul resurselor de apă	221
Florentina Mușat	
Utilizarea apei uzate rezultate de la regenerarea unei rășini schimbătoare de ioni, ca soluție pentru irigații în agricultură	32
Florin Rotaru	
Soluții moderne și eficiente pentru reabilitarea și extinderea sistemelor de alimentare cu apă	104
Francois Ponchon	
Lime used for municipal wastewater treatment sludge and bio solids	58

Gabriel Racovițeanu	Determinarea eficienței energetice a camerelor de reacție din cadrul stațiilor de tratare	165
	Deshidratarea nămolurilor provenite de la stațiile de tratare prin supunere la microunde	8
	Planurile de siguranță a apei – o necesitate obiectivă pentru operatorii de apă din România	97
George Lucian Ionescu	Exploatarea judicioasă a stațiilor de epurare a apelor uzate	3
Georgiana Radu	Modelarea îndepărtării nutrienților din apa uzată	18
Gheorghe Constantin Ionescu	Exploatarea judicioasă a stațiilor de epurare a apelor uzate	3
Gheorghe Poienariu	Îmbunătățirea performanței decantorului radial cu camera de reacție tronconică	147
Ioana Bercu	Reducerea costurilor de operare în stațiile de epurare menajere prin recuperarea energiei termice conținute de apa uzată și epurată, pe drumul către independența energetică a stației de epurare	186
	Soluții pentru reducerea producției de nămol a stațiilor de epurare menajere și pentru eliminarea acestuia	67
Ionela Florescu	Proгноza cerințelor de apă pentru populație	122
Ionuț Cristea	Considerații privind reactivitatea încărcării organice naturale față de clor din surse subterane tratate în sistem biologic pentru biooxidare ioni amoniu	140
Iulia Chința	Eficiența oferită de managerii energetici stațiilor de apă – eficiența EmPower	210
Iulian Iancu	Opțiuni actuale de valorificare/eliminare a nămolurilor provenite de la stațiile de epurare a apelor uzate	77

Izabella Geapana		
Eficiența oferită de managerii energetici stațiilor de apă – eficiența EmPower		210
Janel Arhip		
Dimensionarea resurselor IT hardware și software în sistemele SCADA. Particularizare pentru stațiile de epurare ape uzate		176
Jeremey Hidderley		
Sewerage infrastructure asset management tools & techniques - a demonstration of methods from UK utilities		48
Josif Bartha		
Aspects of wastewater treatment using constructed wetlands		42
Lăcrămioara Diana Robescu		
Modelarea îndepărtării nutrienților din apa uzată		18
Marinela Neculau		
Aspects of wastewater treatment using constructed wetlands		42
Marius Costin Bichir		
Determinarea eficienței energetice a camerelor de reacție din cadrul stațiilor de tratare		165
Mădălina Iosefina Dobreanu		
Considerații privind reabilitarea sistemelor de tratare a apei		89
Probleme actuale în procesul de dezinfecție al apei potabile		114
Măndița Popa		
SCADA în managementul resurselor de apă		221
Mihaela Alexie		
Considerații privind reactivitatea încărcării organice naturale față de clor din surse subterane tratate în sistem biologic pentru biooxidare ioni amoniu		140
Mihaela Vasilescu		
Planurile de siguranță a apei – o necesitate obiectivă pentru operatorii de apă din România		97
Mihai Iorgulescu		
Deshidratarea nămolurilor provenite de la stațiile de tratare prin supunere la microunde		8

Mihail Luca	
Considerații privind reabilitarea sistemelor de tratare a apei	89
Probleme actuale în procesul de dezinfecție al apei potabile	114
Oana Ciugulea	
Opțiuni actuale de valorificare/eliminare a nămolurilor provenite de la stațiile de epurare a apelor uzate	77
Olga Tricolici	
Considerații privind reactivitatea încărcării organice naturale față de clor din surse subterane tratate în sistem biologic pentru biooxidare ioni amoniu	140
Ovidiu Fati	
Eficiența oferită de managerii energetici stațiilor de apă – eficiența EmPower	210
Paul Poienariu	
Îmbunătățirea performanței decantorului radial cu camera de reacție tronconică	147
Pavel Hanzl	
Lime used for municipal wastewater treatment sludge and bio solids	58
Scripcariu C.	
Aspects of wastewater treatment using constructed wetlands	42
Sorin Perju	
Rețelele de canalizare vaccumatice – procedeu eficient pentru colectarea și transportul apelor uzate menajere rezultate din localitățile rurale	24
Ștefan Dobrescu	
Rețelele de canalizare vaccumatice – procedeu eficient pentru colectarea și transportul apelor uzate menajere rezultate din localitățile rurale	24
Timur Mamut	
Capacitatea de producere a energiei din sectorul tratării apei în România	194
Viorel Patroescu	
Considerații privind reactivitatea încărcării organice naturale față de clor din surse subterane tratate în sistem biologic pentru biooxidare ioni amoniu	140

Conferința Tehnico-Științifică
Performanța în serviciile de apă-canal
