



A XIXa Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,  
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",

## **ANALIZA FIABILITĂȚII STAȚIEI DE TRATARE A APEI GILĂU DIN SAA "SOMEȘ" CLUJ**

Vasile Călin NEAMȚU, Victor ROȘ, Lucian FECHETE

## **RELIABILITY ANALYSIS OF THE WATER TREATMENT PLANT IN THE "SOMEȘ" SA CLUJ**

### **ABSTRACT**

The paper analyzes the reliability of the Gilau water treatment plant within the "Someș" water distribution system in Cluj, by implementing the modern method of analysis FMECA.

Following the assessment of the reliability and critical condition of the components of the treatment plant, appropriate measures have been identified that have led to a reduction in the degree of risk and the framing of most components in the area of risk acceptance. It also highlights the high risk elements that need to be further analyzed to reduce the risk, reduce the failure rate and increase operational safety.

Keywords: Water treatment plant, reliability analysis, FMECA procedure

Cuvinte cheie: Stația de tratare a apei, analiza fiabilității, utilizarea metodei AMDEC.

### **1. Introducere**

Stația de tratare a apei (ST) este considerată un sistem complex, care are rolul esențial de asigurare a calității apei conform normelor în vigoare. Ea realizează potabilizarea apei brute prin procese chimice, fizice și biologice.

Asigurarea fiabilității unui astfel de sistem complex, format din entități mecanice, hidraulice, electrice și apa de tratat, este o sarcină pretențioasă la care trebuie să-și aducă aportul specialiști din mai multe domenii tehnice (mecanic, construcții, hidraulic, electric, bioinginerie, chimie etc.).

Considerăm că un sistem este fiabil când își îndeplinește în mod corespunzător funcțiile stabilite în proiectare, în condiții de utilizare date, pe o perioadă de timp impusă.

În esență, fiabilitatea se referă la *studiul defecțiunilor* ST și menținerii acesteia în funcționare, prin activități de *mentenanță*, fiind o componentă esențială a *siguranței în funcționare*. Pe de altă parte fiabilitatea este o componentă de bază a calității sistemului în sine, dar mai ales a calității apei furnizate, în cazul nostru.

Majoritatea cercetărilor realizate până în prezent, referitoare la sistemele de tratare a apei, au pus accentul pe *fiabilitatea mecanică* (defectarea componentelor mecanice) și *hidraulică* (*debit și presiune*), accentuându-se relația *fiabilitate – costuri*, nepunând accent pe *defectarea calității apei*. Considerăm că este nevoie de o nouă abordare, mai ales în cazul ST, în sensul că la stabilirea duratei de funcționare (sau bună funcționare) să se ia în considerare, cu precădere, *calitatea apei*.

Fiabilitatea STA trebuie abordată sistemic, respectiv ca o entitate integrată, care trebuie avută în vedere și analizată în toate etapele ciclului de viață al acesteia, respectiv: concepție, proiectare, fabricație și montaj, exploatare, reciclare (eliminare).

Datorită importanței mari a stației de tratare pentru asigurarea calității apei, analiza fiabilității ST trebuie să identifice, pe lângă defecțiunile posibile să apară, cauzele, efectele, modalitățile de preîntâmpinare, căile de remediere și posibilitățile de upgradare în proiectare sau exploatare prin introducerea elementelor inovative.

## 2. Alegerea metodei de analiză

Pentru analiza fiabilității stației de tratare a apei, prin evaluarea defecțiunilor, există diferite metode dintre care cele mai importante se consideră: AMDE - *Analiza Modurilor de Defectare și a Efectelor*; AD – *Arborele defecțiunilor* și AP - *Analiza Pareto*. În cazul nostru s-a optat pentru metoda AMDE cu varianta extinsă a acesteia *AMDEC („Analiza Modurilor de Defectare, a Efectelor și Criticității) [4]*, combinată cu *metoda Pareto*.

Metoda de analiză a defectărilor și a efectelor AMDEC este o tehnică modernă și eficientă pentru studiul fiabilității, mentenabilității și securității unui sistem de tratare a apei, realizând analiza critică a fiecărui component a sistemului, evidențiind modurile reale de defectare, cauzele, consecințele defectărilor și căile pentru evitarea sau limitarea consecințelor, respectiv se identifică defectele de toate categoriile, entitățile care trebuie monitorizate, elementele critice, permițând stabilirea ciclurilor mentenanței preventive [2]. Această metodă de analiză stă la baza implementării metodei inovative de *mentenanță bazată pe fiabilitate (MBF)*, furnizează date despre comportarea fiecărui reper, contribuind apoi la îmbunătățirea soluțiilor constructive ale componentelor sistemului. Este o metodă calitativă inductivă (de la bază la vârf) a siguranței în funcționare a ST.

### **3. Studiu de caz privind fiabilitatea ST Gilău, folosind metoda AMDEC**

Obiectivele metodei AMDEC vizează identificarea elementelor (componente, module, subsisteme) critice ale sistemului de tratare a apei, din punct de vedere al fiabilității, pentru care sunt necesare modificări în scopul reducerii probabilității de defectare.

Aplicarea metodei presupune dezvoltarea unor etape bine definite și acceptate de specialiștii în domeniu și anume: *Definirea funcțiilor și componentelor subsistemului și rolului acestora; Stabilirea modului și cauzelor defectării; Studiul efectelor defectării care constă în detectarea defectărilor (D), evaluarea severității defectării (S), stabilirea frecvenței de apariție a defectării (F), evaluarea riscului defectării /RPN – Risk Priority Number*; măsuri de remediere; observații, concluzii și recomandări. În cele ce urmează se analizează, în rezumat, fiecare etapă.

***Definirea funcțiilor și componentelor subsistemului și rolului acestora.*** Funcțiile ST sunt evidențiate prin procesele ce au loc. În cadrul ST și anume: *Sitarea* - pentru reținerea corpurilor și materialelor plutitoare antrenate de apă; *Presedimentarea* - prin care se urmărește reținerea suspensiilor grosiere și a particulelor de nisip din apă; *Coagularea și flokularea* - prin care se realizează aglomerarea suspensiilor fine nedecantabile; *Filtrarea* – prin care se realizează finisarea limpezirii apei, reținerea particulelor și flocoanelor fine și a microorganismelor și *Dezinfecția totală*.

Componentele ST sunt evidențiate pe baza schemei tehnologice a stației de tratare a apei Gilău, redată în figura 1, de unde rezultă și complexitatea stației.

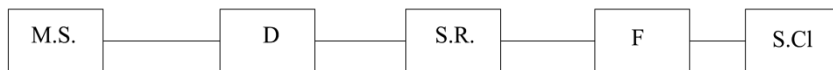


Fig.1 Schema bloc a Stației de tratare a apei Gilău  
MS – microsite; D – decantoare; SR - stația de reactivi; F- stația de filtrare; S.Cl - stația de clorinare.

**Stabilirea modului și cauzelor defectării.** În această etapă s-au colectat datele privind modul de defectare, înregistrându-se defecțiunile apărute la nivelul sistemului, modulelor și componentele acestora. Tot aici s-au menționat și condițiile în care s-au produs aceste defecțiuni, în special **cauzele producerii**.

În cadrul analizei defectelor s-a stabilit și **gradul de criticitate sau risc** al acestora, prin atribuirea unui **indice al criticității defectului**. Valoarea acestui indice este foarte importantă pentru analiza fiabilității, motiv pentru care la atribuirea lui au fost consultați specialist cu experiență în domeniu.

Pe baza datelor colectate s-au identificat defecțiunile care au o pondere mai mare asupra fiabilității entităților respective.

**Detectarea defecțiunilor (D).** *Detectia* trebuie să aibă loc înaintea apariției evenimentului pentru a putea fi prevenit. Capacitatea sau abilitatea detectării cauzei defectării s-a apreciat prin evaluarea **probabilității detectării** defecțiunii entității.

În cazul nostru, detectarea defecțiunilor s-a făcut prin metode combinate, respectiv evaluarea directă a apariției defecțiunilor cu ajutorul personalului de deservire și prin utilizarea unui sistem performant de monitorizare și control SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), care a fost implementat în cadrul SAA Someș SA Cluj – constituind o importantă realizare în automatizarea sistemului.

Evaluarea probabilității s-a realizat prin stabilirea unei scări valorice de la 1 la 5 în care 1- reprezintă o probabilitate de detectare foarte înaltă de 80-100%; 2- probabilitate înaltă de detectare de 60-80%; 3- probabilitate moderată de 40-60%; 4- probabilitate scăzută de 20-40% și 5- probabilitate îndepărtată de detecție de 0-20%,

**Evaluarea severității defectării (S).** Severitatea defectării s-a estimat cu o scară valorică, de la 1 la 5, funcție de rolul și importanța sistemului, efectele defectărilor și categoriile de consecințe. Valorile acestui indice s-au atribuit pe baza următoarelor considerente: Valoarea

1, a *indicelui de severitate*, definit ca “*minor*”, indică faptul că defecțiunea apărută are consecințe neglijabile asupra componentei considerate, funcției sistemului, sau asupra operatorului; 2 – “*marginal*” cu deteriorare minoră a funcției proprii, pierderea capacității funcției subsistemului sub 10%, respectiv vătămări și pierderi minore; 3 – “*moderat*” cu efecte moderate, respectiv deteriorare importantă a elementului considerat, pierderea capacității funcției de 10%-40%, vătămare moderată cu recuperare completă a persoanei și pierderi moderate; 4 – “*critic*” cu consecințe critice, respectiv defectarea completă sau deteriorarea proprie, pierderea capacității de 40%-80%, vătămare severă cu invaliditate lungă și pierderi semnificative; 5 – “*catastrofal*” cu distrugerea sau degradarea funcțiilor altor entități, pierderea completă a capacității sistemului, pierderea vieții omului și pierderi majore pentru operator.

Pe baza indicilor atribuiți, pentru fiecare entitate, s-a întocmit o listă cu defectările critice, care a stat la baza clasificării acestora corespunzător nivelului de criticitate.

**Frecvența de apariție a defectării (F)**, este considerat un indicator pentru determinarea *gradului de risc* al subsistemului de tratare a apei. Prin intermediul acestui indicator s-a evaluat *probabilitatea apariției* evenimentului.

La sistemul în exploatare, frecvența apariției defectelor s-a stabilit de către personalul de deservire prin înregistrarea fiecărui defect în formularul elaborat și în care se menționează și alte elemente referitoare la eveniment. Frecvența de apariție s-a apreciat prin intermediul unui indice cu valori de la 1 la 5: Valoarea 1 – indică faptul că este “Puțin probabil să apară defectul” : 2 – “Probabilitate foarte scăzută” sau apariție izolată; 3 – “Probabilitate scăzută” sau apariție sporadică; 4 – “Probabilitate medie” și 5 – “Probabilitate ridicată” sau apariție periodică,

**Evaluarea riscului defectării.** *Gradul sau nivelul de risc* reprezintă un indicator complex prin care se evidențiază problemele majore ce contribuie la nerealizarea funcțiilor entității în cauză [1]. Se stabilește prin intermediul *indicelui de risc* RPN ( Risk Priority Number), cu ajutorul relației 1.

$$RPN = S \times F \times D \quad (1)$$

Indicele de risc, conform valorilor indicatorilor S, F, D, este limitat la valoarea maximă de 125, care redă o stare *critică* a entității analizate, când pericolul declanșării evenimentului este iminent, necesitând intervenția rapidă pentru remediere. Conform datelor din literatură, la

valoarea indicelui de peste 30 trebuie investigată posibilitatea reparării sau chiar înlocuirii entității.

**Achiziția, prelucrarea, analiza și interpretarea datelor.** Cercetările legate de analiza modului de defectare s-au efectuat asupra entităților principale ale stației de tratare a apei Gilău. Achiziția datelor s-a făcut pe perioada de timp 2009 – 2018.

Datele referitoare la defecțiunile componentelor subsistemului cercetat au fost evidențiate întrun *formular AMDEC*, conceput astfel încât să cuprindă toate componentele sistemului de tratare și elementele aferente fiecărui component referitor la: modul de defectare; efectele potențiale ale defectărilor, consecințele asupra componentelor și oamenilor; severitatea efectelor defectărilor; cauzele potențiale ale defectărilor; frecvența de apariție a defectărilor; mijloacele curente de depistare și control; probabilitatea de detecție a defectelor; acțiuni recomandate pentru remediere; riscul potențial al defectului; responsabilități și termene de remediere a defectului; monitorizarea acțiunilor stabilite și efectele asupra gradului de risc.

Având datele achiziționate din exploatare, acestea au fost analizate, grupate pe categorii, funcție de modul de manifestare (frecvență de apariție, severitate, efecte etc.). Pe baza datelor obținute s-a completat Formularul AMDEC, din care rezultă pentru toate submodulele studiate cauzele defectărilor, efectele defectărilor, încadrarea și nivelul de risc, remedierea defectelor și numărul de defecte pe tipuri de submodule și elemente. În tabelul 1 se prezintă capul de tabel al formularului AMDEC, pe baza căruia au fost evidențiate toate defecțiunile apărute la stația de tratare și caracterizarea acestora.

Tabelul 1

Element/ Funcție	Modul de defectare	Efectele potențiale	Severitatea (S)	Cauzele potențiale	Frecvență Apariție	Controlul curent	Detecție (D)	RPN = S x F x D	Acțiunea recomandată pentru	Responsabilități și	Acțiuni de remediere realizate	Recalculare				
												S	F	D	RPN	

Formularul de analiză AMDEC este o oglindă a structurii, funcționalității și comportării fiecărui component al stației de tratare. Pe lângă evidențierea elementelor legate de defectare sunt evidențiate căile de remediere sau preîntâmpinare a defectării. Aprecierea finală a

comportării componentelor se face prin intermediul *indicii de risc* RPN [1].

Metoda de analiză a defecțiunilor, a efectelor și criticității, AMDEC, este o tehnică eficientă pentru studiul fiabilității, mentenabilității și securității ST, realizând analiza critică a fiecărei entități a sistemului, evidențiind modurile reale de defectare, cauzele, consecințele defectărilor și căile pentru evitarea sau limitarea consecințelor.

Pentru a pune în evidență mai bine componentele cu risc ridicat de defectare, metoda de analiză AMDEC s-a combinat cu analiza Pareto [3]. Prin această metodă s-au analizat defecțiunile care au apărut la cele mai semnificative componente ale instalației de tratare a apei, prin reprezentarea grafică a frecvenței defecțiunilor ale entităților de bază, respectiv: micrositele, decantoarele, instalația de dozare reactivi și instalația de spălare filtre.

În figura 2 se prezintă un exemplu de diagramă Pareto pentru principalele componente ale micrositelor, unde pe ordonată s-au reprezentat atât numărul defectelor (frecvența) în partea stângă cât și procentajul cumulat al defectelor în partea dreaptă, iar pe abscisă sunt specificate entitățile la care s-au analizat defectele.

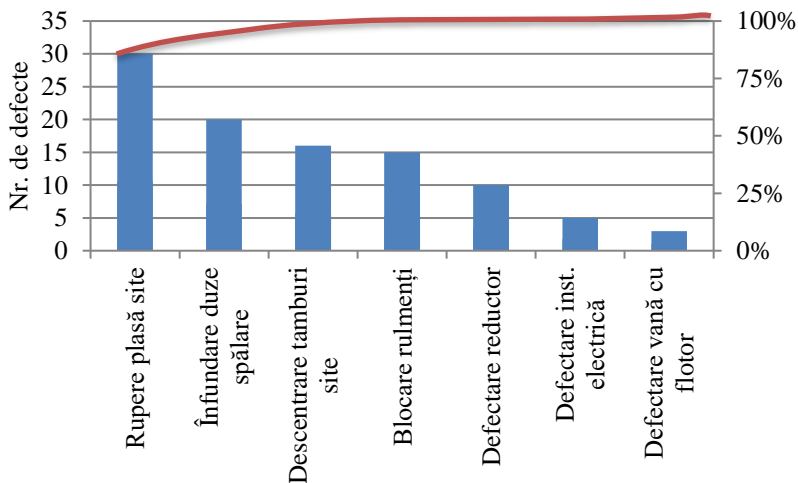


Fig.2 Graficul frecvenței defecțiunilor la funcționarea micrositelor

După cum rezultă din figură, cele mai multe defecțiuni au avut loc la plasele sitelor prin ruperea acestora. Apoi, în ordinea descrescătoare,

la diuzele de spălare prin înfundarea acestora, descentrare tamburi site, blocarea rulmenților, defectare reductor, defectare instalație electrică. Concluzia care rezultă de aici este că la entitățile cu riscuri frecvente de defectare trebuie acordată o atenție mai mare activităților de mentenanță.

Pe baza analizei frecvenței defecțiunilor pe entități, prin utilizarea diagramei Pareto, s-au putut stabili elementele sistemului analizat care prezintă un indice de risc mai ridicat și asupra cărora trebuie îndreptată atenția echipei de întreținere. Aceste reprezentări grafice sugestive, a frecvenței defectelor, ajută la stabilirea unor acțiuni de management adecvat al mentenanței, prin indicarea operatorului care sunt punctele mai slabe/sensibile ale sistemului și asupra cărora trebuie să se concentreze echipa responsabilă cu mentenanța sistemului. În plus, reprezentarea grafică a defecțiunilor se poate face automat, în timp real, prin intermediul unui soft inclus în sistemul de control automat (SCADA) al instalației. De menționat că diagrama sau analiza Pareto are avantajul că se poate aplica la întregul sistem, la subsisteme și la o singură piesă/componentă.

Pe baza datelor colectate, centralizate și prelucrate pe perioada 2009-2018, s-a făcut o reprezentare grafică a defecțiunilor apărute, redată în figura 3, din care rezultă repartitia procentuală a categoriilor de defecțiuni apărute la stația de tratare de la Gilău precum și nivelul de risc aferent fiecărei categorii de defecte, înainte și după implementarea remedierilor stabilite.

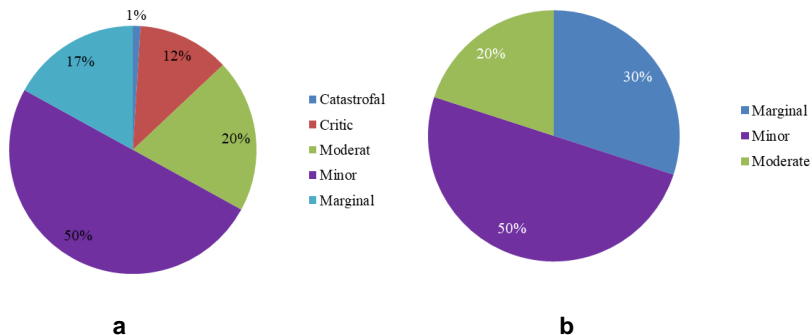


Fig. 3. Distribuția defectărilor înainte (a) și după implementarea acțiunilor de remediere (b)

Din experiența acumulată în exploatarea SAA și a datelor rezultate în urma aplicării metodei AMDEC la stația de tratare a apei Gilău, rezultă că riscul nu poate fi înlăturat complet dar poate fi diminuat printr-un



management corespunzător, respectiv prin implementarea unor măsuri de reducere a riscurilor sau defecțiunilor care favorizează apariția riscului

Pentru monitorizarea riscului (defecțiunilor) s-a elaborat o strategie pe baza căreia se poate asigura un management adecvat al riscului. Pe baza strategiei elaborate s-au dezvoltat măsuri concrete pentru reducerea riscurilor la stația de tratare Gilău în vederea creșterii fiabilității acesteia. Principala acțiune care este necesară în această fază este completarea „Registrului de riscuri”, care este documentul ce atestă o monitorizare cât mai exactă a tuturor defecțiunilor care pot să apară la componentele stației de tratare.

În vederea creșterii fiabilității sistemului, pe lângă programele de pregătire profesională a personalului, creșterea calității materialelor și a substanțelor folosite în potabilizarea apei, un efect important l-a avut monitorizarea întregului proces de tratare prin introducerea sistemului SCADA la nivelul dispeceratului local al stației de tratare și al dispeceratului central al companiei. SCADA este util atât la achiziția automată a datelor cât și la sesizarea defecțiunilor și acționarea elementelor în sensul reducerii riscului.

#### **4. Concluzii**

Obiectivul principal urmărit în cadrul cercetărilor a fost acela de-a implementa o metodologie inovativă pentru analiza fiabilității stației de tratare a apei Gilău – Cluj, în vederea creșterii performanțelor.

Alegerea AMDEC ca metodă de cercetare a fiabilității stației de tratare a apei Gilău se justifică prin aceea că este o metodă de analiză exhaustivă ce se aplică atât ansamblului cât și componentelor, permițând evidențierea tuturor modurilor de defectare a componentelor sistemului, a cauzelor defectării, evidențierea consecințelor acestora asupra elementelor subsistemelor și a sistemului în ansamblu, modul de detectare a defectelor, acțiuni de remediere și evaluarea riscului defecțiunilor.

În urma evaluării fiabilității și a stării de criticitate a componentelor stației de tratare, s-au putut stabili măsurile adecvate de remediere care au dus la reducerea gradului de risc și încadrarea majorității componentelor în zona acceptată de risc. De asemenea, s-au evidențiat elementele care trebuie să facă obiectul unei analize mai aprofundate, în vederea eliminării probabilității consecințelor periculoase și a diminuării ratei de defectare, a riscului și a deteriorărilor produse de defecte.

Ca rezultat al acestor cercetări s-a procedat la modernizarea ST prin introducerea unor elemente mecanice cu caracteristici superioare și implementarea sistemului de montorizare și control SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) care permite urmărirea în timp real a parametrilor de funcționare ai ST și stabilirea unor măsuri de intervenție rapidă în cazul apariției defectelor.

## **Bibliografie**

- [1] Hokstad, P., et all, Methods for risk analysis of DWS from source to tap– Guidance report on risk, TECHNEAU European Project, June 2009.
- [2] Procedures for performing a failure mode FMECA: [fhttp://www.fmea-fmea.com/milstd1629.pdf](http://www.fmea-fmea.com/milstd1629.pdf).
- [3] <https://asq.org/quality-resources/pareto>
- [4] Sydney Water Report, Failure Mode Effects and Criticality Analysis, Sydney, June 2010.

Ing. Vasile Călin NEAMȚU  
Compania de Apă „SOMEȘ” S.A. Cluj  
e-mail: [calin.neamtu@casomes.ro](mailto:calin.neamtu@casomes.ro)

Prof. Dr. Ing. Victor ROȘ  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca  
e-mail: [vctros@yahoo.com](mailto:vctros@yahoo.com)

Șef lucr. Dr. Ing. Lucian V. FECHETE-TUTUNARU  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca  
e-mail: [lucian.fechete@auto.utcluj.ro](mailto:lucian.fechete@auto.utcluj.ro)