



# **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI**

Rezumatul tezei de doctorat

## **Pierderi de apă. O analiză critică asupra indicatorilor de performanță**

**Doctorand:**

**Asist. Ing. ALDEA Alexandru**

**Îndrumători:**

**Prof. dr. ing. TATU Gabriel**

**Prof. dr. ing. ANTON Anton**

|     |                                                           |    |
|-----|-----------------------------------------------------------|----|
| 1   | INTRODUCERE.....                                          | 3  |
| 2   | PIERDERI DE APĂ.....                                      | 4  |
| 3   | UNELTE SOFTWARE PENTRU BALANȚA APEI .....                 | 5  |
| 4   | INTERCONECTAREA CU GIS, SCADA ȘI MODELARE HIDRAULICĂ..... | 7  |
| 5   | INDICATORI DE PERFORMANȚĂ – STUDII DE CAZ.....            | 9  |
| 5.1 | Metodologia de lucru                                      | 9  |
| 5.2 | Influența datelor primare asupra indicatorilor            | 12 |
| 6   | CONTRIBUȚII PERSONALE .....                               | 14 |
| 7   | CONCLUZII FINALE .....                                    | 18 |
|     | Bibliografie .....                                        | 20 |

# Pierderi de apă. O analiză critică asupra indicatorilor de performanță

---

## 1 INTRODUCERE

În ultimii ani s-a acordat o atenție din ce în ce mai mare managementului pierderilor de apă de către companiile de apă din România, în special datorită Programelor Operaționale Sectoriale implementate la nivel național. Motivul principal al includerii acestei activități în aproape toate Proiectele de acest tip a fost nivelul ridicat al pierderilor (mai bine spus al apei care nu aduce venituri) din rețelele de distribuție.

Adevărul este că managementul pierderilor de apă nu este un lucru nou, companiile de apă din România având o astfel de preocupare încă de la înființarea lor (există chiar un raport din anii 1930 în care se prezenta o campanie de măsurători de presiuni și debite pe timp de noapte în districtul "Obor" din București) și cu toate acestea rezultatele nu s-au ridicat la nivelul așteptărilor.

În primul rând, în locul tradiționalei balanțe a apei care lua în considerare exclusiv apa care intra în sistem și consumurile facturate a fost introdusă terminologia și metodologia recomandată în manualele de bune practici ale Asociației Internaționale a Apei (IWA), unde se face o distincție clară între pierderile de apă fizice și apa care nu aduce venituri. Astfel, pentru calculul balanței apei sunt necesare o serie de informații și date cu un grad ridicat de acuratețe și de încredere. Din nefericire, în mai toate cazurile, companiile de apă nu posedau un istoric al acestor informații deoarece nu fuseseră considerate relevante până în acel moment. Consecința directă a fost că atât consultanții cât și operatorii de apă au fost nevoiți să recurgă la ipoteze simplificatoare, cea mai întâlnită fiind echivalarea apei care nu aduce venituri cu pierderile fizice. Este evident că în acest caz indicatorii țintă calculați duc către situații nerealiste (atât în favoarea cât și în defavoarea operatorilor de apă).

În al doilea rând, presupunând că valorile indicatorilor se bazează pe date corecte, persistă totuși o confuzie între rețeaua de distribuție propriu-zisă și compania/sucursala de apă care administrează această rețea. În acest caz operatorul de apă trebuie să își pună întrebarea dacă NRW (apa care nu aduce venituri) exprimat în procente este util pentru rețeaua de distribuție sau dacă ILI (indicele de pierderi fizice al infrastructurii) este util pentru compania/sucursala de apă? Indiferent de situație, valorile acestor indicatori trebuie comparate cu anumite valori "standard" pentru a putea spune dacă rețeaua sau compania de apă se află într-o situație bună sau rea. Aici intervine o altă problemă și anume matricea de comparație, iar rezultatul poate fi complet diferit în funcție de matricea aleasă (este de ajuns să comparăm valorile din *NP 133/1-2013* și *Manualul Național al Operatorilor de Apă și Canalizare* pentru a demonstra acest fapt).

În acest sens teza de doctorat analizează metodologiile utilizate în acest moment pe teritoriul României cu privire la calculul balanței apei și a indicatorilor de performanță prezentând calculele aferente pentru o serie de sisteme / rețele de alimentare cu apă de pe teritoriul României.

## 2 PIERDERI DE APĂ

Din cauza mării diversități de formate și definiții utilizate la nivel internațional pentru calculul balanței de apă (adesea în cadrul aceleiași țări), a existat o nevoie urgentă pentru o terminologie internațională comună. Acest lucru a fost realizat relativ recent de către IWA (International Water Association), care a elaborat o abordare standardizată de bune practici pentru calculul balanței de apă, inclusiv definiții și termeni utilizați. Tabelul de mai jos ilustrează modul de împărțire al componentelor balanței apei.

**Tabel 2-1 Balanța apei după IWA/AWWA**

| Volum intrare sistem (SIV) | Consum autorizat (AC) | Consum autorizat facturat (BAC)   | Consum contorizat facturat (BMC)                          | Apă care aduce venituri (RW)     |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------|
|                            |                       |                                   | Consum necontorizat facturat (BNMC)                       |                                  |
|                            |                       | Consum autorizat nefacturat (UAC) | Consum contorizat nefacturat (UMC)                        | Apă care nu aduce venituri (NRW) |
|                            |                       |                                   | Consum necontorizat nefacturat (UNMC)                     |                                  |
|                            | Pierderi de apă (WL)  | Pierderi aparente (AL)            | Consum neautorizat (UC)                                   |                                  |
|                            |                       |                                   | Pierderi din erori de măsură (MIWL)                       |                                  |
|                            |                       | Pierderi reale (RL)               | Pierderi reale pe conducte apă brută și stații de tratare |                                  |
|                            |                       |                                   | Scurgeri pe aducțiuni și/sau rețele de distribuție        |                                  |
|                            |                       |                                   | Scurgeri și deversări la rezervoare                       |                                  |
|                            |                       |                                   | Scurgeri pe branșamente                                   |                                  |

Deși totdeauna este util să se realizeze o balanță al apei, există câteva dezavantaje în a te baza exclusiv pe această abordare pentru determinarea pierderilor reale:

- Erorile acumulate din celelalte componente vor fi asociate cu estimarea pierderilor reale.
- O balanță a apei acoperă o perioadă de 12 luni în retrospectivă, așa că are o valoare limitată ca sistem de “avertizare inițială” pentru identificare scurgerilor și avariilor noi neraportate.
- Balanța apei nu oferă nicio indicație asupra componentelor individuale ale pierderilor reale, sau asupra modului în care acestea sunt influențate de politicile companiei de utilități.

Din aceste motive, este de preferat ca pierderile reale să fie estimate prin metode adiționale, ca de pildă analiza componentelor pierderilor reale și analiza debitelor pe timp de noapte.

Scopul final al oricărui sistem de indicatori de performanță este de a oferi informații. Încă de la început trebuie făcută diferența între informații și date. O informație reprezintă un tip de date care poate fi utilizată în luarea deciziilor.

Clasificarea componentelor sistemului de indicatori de performanță este după cum urmează:

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Date</b>                      | Elemente de bază care fie pot fi măsurate fie obținute relativ ușor. În funcție de natura și rolul lor în cadrul sistemului, datele pot fi considerate variabile, informații de context sau pur și simplu factori explicativi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Variabile</b>                 | O variabilă este o dată din cadrul sistemului care poate fi procesată pentru a defini indicatorii de performanță. Variabila se compune dintr-o valoare (cu unitatea de măsură aferentă) și un grad de încredere care indică calitatea datei reprezentată de variabilă.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Indicatori de performanță</b> | Indicatorii de performanță măsoară eficiența și eficacitatea serviciilor de către un operator de apă, fiind rezultatul unei combinații de diferite variabile. Informația furnizată de către indicatorul de performanță este rezultatul unei comparații (față de o valoare țintă, față de valori precedente ale aceluiași indicator sau față de valori ale aceluiași indicator din rețele diferite). Indicatorul se compune din valoare (cu unitatea de măsură aferentă) și un grad de încredere care să indice calitatea datelor reprezentate de către indicator. |
| <b>Informații context</b>        | Reprezintă elemente de date care furnizează informații asupra caracteristicilor inerente ale unui sistem de distribuție și pun în evidență diferențele dintre astfel de sisteme.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Factori explicativi</b>       | Orice element al sistemului de indicatori de performanță care poate fi utilizat pentru a explica valorile indicatorului.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

### 3 UNELTE SOFTWARE PENTRU BALANȚA APEI

Capitolul 3 a analizat o serie de 5 unelte software dedicate calculului balanței apei și/sau a indicatorilor de performanță aferenți pierderilor de apă. Caracteristica generală a acestora este că reprezintă aplicații relativ simple, iar în funcție de perioada în care au fost create, acestea reflectă în mare parte conceptele acceptate la momentul respectiv referitor la definirea balanței apei și a indicatorilor de performanță. O altă caracteristică comună pentru uneltele software prezentate o reprezintă faptul că acestea au fost create de către un colectiv redus de experți în managementul pierderilor de apă (în unele cazuri chiar de către o singură persoană) și din acest motiv aceste unelte software tind către o interfață simplă și clară pentru specialiștii din domeniu, dar adesea nu sunt însoțite de un Manual de utilizare.

Majoritatea aplicațiilor existente în acest moment sunt realizate în format *Excel*, scopul principal fiind de a asigura o modalitate de calcul rapidă cu un minim de date necesare. O primă trecere în revistă a acestor instrumente software a fost realizată în anul 2015 publicată

în revista periodică *Detectivii Apei Pierdute* (1) unde au fost prezentate versiunile de la acea dată pentru o parte din instrumentele software din acest capitol.

Descrierea de față urmărește abordarea convenită pentru prezentarea din cadrul Conferinței Mondiale de Pierderi de Apă din anul 2016 (2) și anume de a nu analiza uneltele software prin metodologia tradițională cu elemente "pro" și "contra", ci mai degrabă de a se concentra pe facilitățile oferite de fiecare unealtă software în parte vis-a-vis de eventuale facilități de care au nevoie experții din acest domeniu. Cu toate acestea au fost folosite anumite criterii comune pentru a se face diferența între uneltele software prezentate, cum ar fi : modalitatea de calcul a balanței apei, posibilitatea de a lucra cu DMA-uri, posibilitatea de a lucra cu măsurători de debite și presiuni, evaluarea stării sistemului și propunerea de strategii de reducere a pierderilor și opțiuni de schimbare a limbii interfeței grafice.

Uneltele software analizate sunt : WB-EasyCalc, CalcuLEAKator, AWWA Free Audit Software, EurWB&PICalcs si Sigma. În figura 3-1 este prezentată pagina de start a aplicației WB-EasyCalc, aplicație utilizată preponderent în calculul balanțelor de apă din cadrul tezei de doctorat.

Concluzia acestei analize este că alegerea utilizării unei anumite soluții software are sens numai în momentul în care sistemul care urmează a fi analizat poate oferi suficiente informații care să conducă la cea mai potrivită abordare. În cazul în care informațiile despre sistemul în cauză sunt puține la număr sau cu un grad de încredere scăzut, provocarea reală este mai degrabă de a ști cum să se interpreteze aceste informații indiferent de soluția software utilizată. (7)

|                                                                                             |  |                                                           |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>WB-EasyCalc</b> 😊<br>The free water balance software<br>Version 5.15 (16 September 2017) |  | <b>Introducerea datelor</b>                               | Înainte de a începe                 |
|                                                                                             |  |                                                           | Modifică limba<br>Change Language   |
|                                                                                             |  |                                                           | 1.) Volumul de apă intrat în sistem |
|                                                                                             |  |                                                           | 2.) Consumul facturat               |
|                                                                                             |  | 3.) Consumul nefacturat                                   |                                     |
|                                                                                             |  | 4.) Consumul neautorizat                                  |                                     |
|                                                                                             |  | 5.) Erori de măsurare apometre și de prelucrare a datelor |                                     |
|                                                                                             |  | 6.) Datele despre rețea                                   |                                     |
|                                                                                             |  | 7.) Presiunea                                             |                                     |
|                                                                                             |  | 8.) Alimentare intermitentă                               |                                     |
|                                                                                             |  | 9.) Date financiare                                       |                                     |
|                                                                                             |  | <b>Rezultate</b>                                          | A Bilanțul apei în m3/an            |
|                                                                                             |  |                                                           | B Bilanțul apei în m3/zi            |
|                                                                                             |  |                                                           | C Bilanțul apei pe perioadă         |
|                                                                                             |  |                                                           | D Indicatori de performanță         |
|                                                                                             |  |                                                           | E THE "WHAT IF" TOOL                |
|                                                                                             |  |                                                           | F Historic data                     |

Denumirea companiei:  Anul:

Volumele folosite pentru Bilantul apei sunt pe o perioada de:  Zile


 by courtesy of Liemberger & Partners  
 ... because the best things in life are free! ...

check for updates on: [www.liemberger.cc](http://www.liemberger.cc)

**Figura 3-1** Pagina de start a aplicației *WB-EasyCalc*

## 4 INTERCONECTAREA CU GIS, SCADA ȘI MODELARE HIDRAULICĂ

Activitatea de management a pierderilor de apă este în mod obișnuit corelată cu celelalte trei activități prezentate mai sus. Trebuie precizat că toate cele patru activități conexe nu trebuie gândite ca fiind activități neapărat separate în cadrul procesului de management, ci mai degrabă module distincte integrate. În continuare sunt prezentate cele mai probabile scenarii de interoperabilitate.

Managementul pierderilor de apă începe odată cu colectarea informațiilor referitoare la rețeaua / rețelele de apă existente în administrarea companiei de apă. Deși aceste informații pot veni din diverse surse (planuri pe hârtie / CAD, personalul companiei etc.) este necesar ca acestea să poată fi centralizate și verificate, astfel încât să ofere un sistem coerent, actualizat și fără erori.

Tabelul de mai jos ilustrează succint modul de interoperabilitate între cele două activități.

| Tip informație                               | De la GIS                                                                   | Către GIS                                                                                                             |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Topologia rețelei                            | Poziția conductelor, legăturile dintre conducte, localizarea branșamentelor | Orice neconcordanță între datele din GIS și situația din teren                                                        |
| Atribute conducte                            | Lungime, diametru, material, vechime                                        | Orice neconcordanță între datele din GIS și situația din teren                                                        |
| Informații obiecte (rezervoare, vane, pompe) | Date specifice pentru fiecare obiect în parte                               | Orice neconcordanță între datele din GIS și situația din teren                                                        |
| Clienți                                      | Branșament alocat, consum                                                   | Orice neconcordanță între datele din GIS și situația din teren / eventuale informații referitoare la furt de apă etc. |
| Situație avarii                              | Situația avariilor pentru zona respectivă                                   | <i>Raportarea avariilor și tipul acestora</i>                                                                         |

După cum se observă, această abordare duce foarte rapid la eliminarea / corectarea datelor eronate și în același timp la creșterea timpului de răspuns al echipelor de intervenții.

SCADA va furniza informații referitoare la parametri hidraulici *măsurați* din rețea și eventual stările vanelor (închis/deschis sau grad de deschidere). În cazul în care se optează pentru o contorizare de district, acest informații sunt deosebit de valorare pentru managementul pierderilor de apă.

Deoarece parametri sunt măsurați la intervale foarte scurte de timp, se poate observa rapid o modificare „nenaturală” a acestora și astfel timpul de reacție al echipei de intervenții se îmbunătățește dramatic. SCADA reprezintă o componentă vitală pentru controlul activ al pierderilor. Tabelul de mai jos ilustrează succint modul de interoperabilitate între cele două activități

| Tip informație                            | De la SCADA                                                      | Către SCADA                                                                                      |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parametri hidraulici de intrare în sistem | Debit și presiune la stația de pompare, rezervor de intrare etc. |                                                                                                  |
| Parametri hidraulici în rețea             | Debite pe conducte și presiuni în noduri                         |                                                                                                  |
| Poziția echipamentelor de măsură          | Localizare debitmetre, traductori de presiune                    | <i>În faza inițială, se vor furniza informațiile pentru poziționarea contoarelor de district</i> |

Trebuie precizat că din activitatea de modelare hidraulică numai datele și rezultatele referitoare la rețelele de distribuție vor face obiectul discuției.

Aceste informații sunt deosebit de utile pentru toate aspectele referitoare la managementul pierderilor de apă. Cu ajutorul modelului hidraulic calibrat al rețelei se pot face în primă fază estimări asupra zonelor cu probleme din rețea.

Modelul hidraulic utilizează la rândul său datele din GIS (deja validate) și furnizează date despre parametri hidraulici ai rețelei (debit pe artere și presiuni la noduri). Tabelul de mai jos ilustrează succint modul de interoperabilitate între cele două activități

| Tip informație                            | De la Model Hidraulic                                            | Către Model Hidraulic                                                                                |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parametri hidraulici de intrare în sistem | Debit și presiune la stația de pompare, rezervor de intrare etc. | Orice neconcordanță între datele din GIS și măsurătorile din teren (calibrarea modelului)            |
| Parametri hidraulici în rețea             | Debite pe conducte și presiuni în noduri                         | Orice neconcordanță între datele din GIS și măsurătorile din teren (calibrarea modelului)            |
| Pierderi fizice și/sau aparente           |                                                                  | <i>Toate datele verificate în urma intervențiilor și măsurărilor (refacerea modelului hidraulic)</i> |



## 5 INDICATORI DE PERFORMANȚĂ – STUDII DE CAZ

### 5.1 Metodologia de lucru

Metodologia generală pentru calculul balanței apei pentru sistemele de alimentare cu apă a urmărit metodologia IWA prezentată în capitolul aferent. Regulile generale pentru întocmirea balanței apei pentru rețelele aflate în administrarea companiilor de apă analizate au fost următoarele:

- ❖ În funcție de datele disponibile și de acuratețea acestora balanța a apei a fost calculată fie pentru întreg sistemul de alimentare cu apă, fie strict pentru rețeaua de distribuție.
- ❖ Consumurile au fost împărțite pe cele două categorii (contorizat și necontorizat).
- ❖ Pierderile aparente au fost estimate pentru moment la un procent de 3% - 5% din consumul autorizat contorizat, reprezentând o valoare estimată a erorilor de apometre.
- ❖ Consumul tehnologic a fost introdus în categoria consum autorizat nefacturat necontorizat.

Indicatorii de performanță calculați au ținut cont de recomandările existente pentru programul POIM, tabelul prezentat indicând atât codificarea din recomandări cât și codificarea din Manualul de Bune Practici **Performance Indicator for Water Supla Services** – 2nd edition, *H. Alegre, J.M. Baptista, E. Cabrera Jr.* IWA Publishing, 2010.

Balanța apei a fost realizată la nivelul maxim de detaliu posibil în concordanță cu datele și informațiile primite de la Operatorii Regionali la nivelul anilor 2014 - 2016. Informațiile necesare realizării balanței de apă au fost preluate după cum urmează :

#### Date de intrare balanța apei

#### Descriere / Interpretare

##### A3 – Volum intrat în sistem

Informație furnizată de către Operator în baza înregistrărilor anuale. Au fost luate în calcul volumele de intrare provenite de la contorul principal pentru fiecare localitate

##### A8 – Consum contorizat facturat

Informațiile au fost extrase din sistemul de facturare al Operatorului pentru fiecare localitate separat pentru consum casnic și non-casnic

##### A9 – Consum necontorizat facturat

Informație furnizată de către Operator, corelată cu valoarea consumului contorizat facturat

##### A11 – Consum contorizat nefacturat

Informație furnizată de către Operator

**A12 – Consum necontorizat nefacturat**

Această valoare a fost estimată ca fiind consumul tehnologic aferent spălării rezervoarelor

**A16 – Consum neautorizat**

Informație furnizată de către Operator

**A17 – Erori datorate apometrelor**

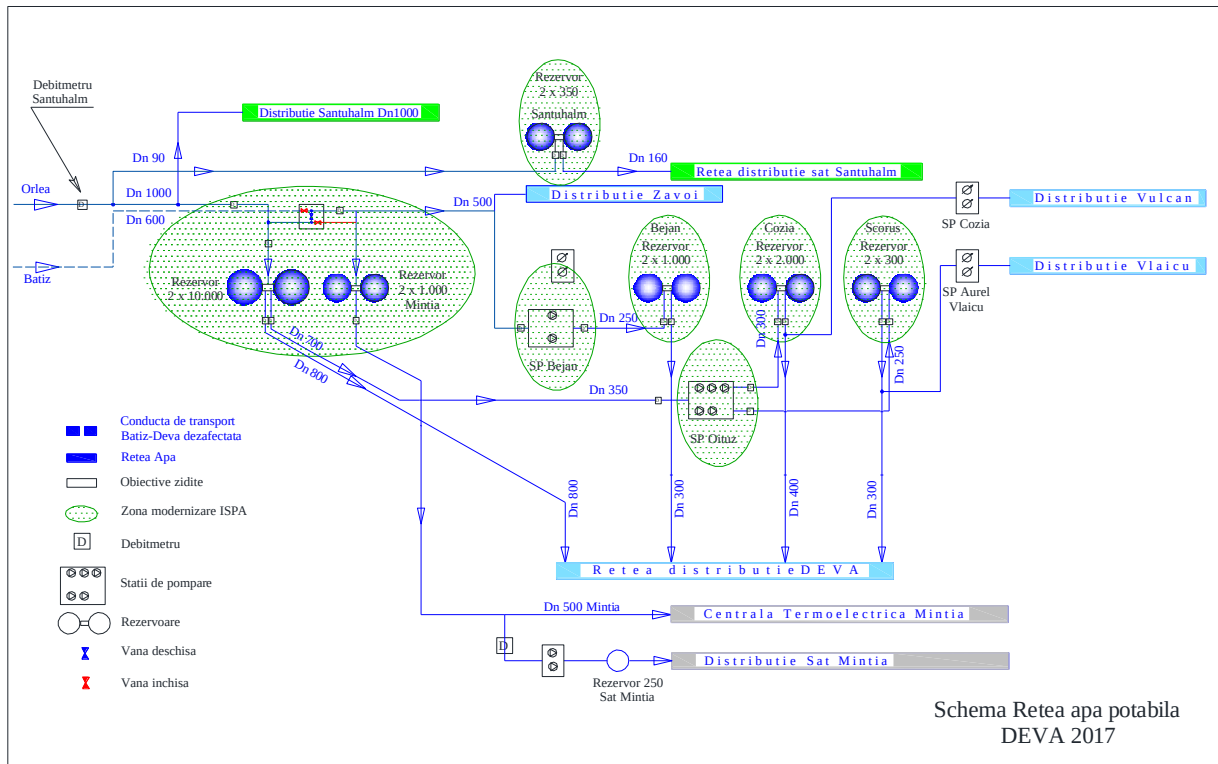
A fost luată în calcul o eroare globală de 3%

Acolo unde a fost posibil, valorile rezultate din balanța apei pentru pierderi reale au fost verificate cu valorile estimate din măsurătorile de debite.

Celelalte componente ale balanței apei au fost calculate în conformitate cu metodologia prezentată în capitolul **2.2 Balanța apei**. În consecință balanța apei este prezentată în secțiunile următoare pentru fiecare arie de studiu.

Proгноza consumului de apă a fost realizată pentru o perioadă de 30 de ani cu evidențierea situației la momentul actual, la finalul implementării unor măsuri de reducere a pierderilor precum și la finalul perioadei considerate (30 de ani) pentru rețelele de alimentare considerate în Studiu.

Sistemul de alimentare cu apă **Deva-Mintia** este administrat de Centrul Operațional **DEVA** și deservește orașul Deva împreună cu localitățile aferente Com. Vețel și zona de alimentare Electrocentrale Mintia. Datele existente la nivelul Operatorului Regional, precum și configurația sistemului au permis realizarea balanței apei, a prognozei și indicatorilor de performanță separat pe cele trei zone de alimentare enumerate.



**Fig. 5.1-1 Schema de distribuție a Sistemului de Alimentare cu Apa DEVA-MINTIA** (porțiunile hașurate cu verde reprezintă zonele pentru care au fost realizate balanțele apei)

|                                                                               |                                                                               |                                                                                          |                                                                                                            |                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Volumul de apă intrat în<br>6.390.706 m3/an<br>Marja de eroare [+/-]:<br>0,0% | Consumul autorizat<br><br>3.478.104 m3/year<br>Marja de eroare [+/-]:<br>0,0% | Consumul autorizat<br>facturat<br><br>3.448.104 m3/an                                    | Consumul contorizat facturat<br>3.447.678 m3/year                                                          | Apa facturată<br><br>3.448.104 m3/an                                 |
|                                                                               |                                                                               |                                                                                          | Consumul necontorizat facturat<br>426 m3/year                                                              |                                                                      |
|                                                                               | Pierderi de apă<br>2.912.602 m3/an<br>Marja de eroare [+/-]:<br>0,0%          | Consumul autorizat<br>nefacturat<br><br>30.000 m3/year<br>Marja de eroare [+/-]:<br>0,0% | Consumul contorizat nefacturat<br>0 m3/year                                                                | Apa nefacturată<br>2.942.602 m3/an<br>Marja de eroare [+/-]:<br>0,0% |
|                                                                               |                                                                               |                                                                                          | Consumul necontorizat nefacturat<br>30.000 m3/year<br>Marja de eroare [+/-]: 0,0%                          |                                                                      |
|                                                                               |                                                                               | Pierderi aparente<br>106.629 m3/year<br>Marja de eroare [+/-]:<br>0,0%                   | Consumul neautorizat<br>0 m3/year<br>Marja de eroare [+/-]: 0,0%                                           |                                                                      |
|                                                                               |                                                                               |                                                                                          | Erori de măsurare apometre și de<br>prelucrare a datelor<br>106.629 m3/year<br>Marja de eroare [+/-]: 0,0% |                                                                      |
|                                                                               |                                                                               | Pierderi reale<br>2.805.973 m3/year<br>Marja de eroare [+/-]: 0,0%                       |                                                                                                            |                                                                      |

**Fig. 5.1-2 Balanța apei pentru orașul Deva pentru anul 2016** (sursa: prelucrare date primite de la Operator).

**Tabel 5.1-1 Prognoza consumurilor pentru orașul Deva (perioada 2016 – 2047)**

| SZA ORLEA-DEVA - Deva     |               | 2016             | 2023             | 2047             |
|---------------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|
| POPULAȚIE                 | Nr. loc.      | 57.827           | 57.327           | 55.503           |
| Procent conectat          | %             | 100,0%           | 100,0%           | 100,0%           |
| <b>Consum apa</b>         | <b>urb</b>    |                  |                  |                  |
| Consumatori               | Nr. loc.      | 57.827           | 57.327           | 55.503           |
| Consum specific           | l/ om / zi    | 114              | 100              | 115              |
| Consum casnic             | mc /an        | 2.413.873        | 2.092.437        | 2.329.746        |
| Consum non-casnic         | mc /an        | 882.695          | 1.010.192        | 1.418.679        |
| <b>Consum total</b>       | <b>mc/an</b>  | <b>3.296.568</b> | <b>3.102.628</b> | <b>3.748.425</b> |
| <b>Apa nevalorificata</b> |               |                  |                  |                  |
| Pierderi reale            | %             | 44,97%           | 42,97%           | 32,89%           |
| Pierderi reale            | mc/an         | 2.805.973        | 2.476.111        | 1.945.426        |
| Pierderi aparente         | %             | 1,71%            | 2,69%            | 3,17%            |
| Pierderi aparente         | mc/an         | 106.629          | 155.131          | 187.421          |
| Consum propriu            | %             | 0,48%            | 0,49%            | 0,58%            |
| Consum propriu            | mc/an         | 30.000           | 28.235           | 34.112           |
| <b>NRW</b>                | <b>%</b>      | <b>47,16%</b>    | <b>46,15%</b>    | <b>36,63%</b>    |
| <b>NRW</b>                | <b>mc /an</b> | <b>2942602</b>   | <b>2659477</b>   | <b>2166959</b>   |
| <b>Volum intrat</b>       | <b>mc /an</b> | <b>6239170</b>   | <b>5762105</b>   | <b>5915384</b>   |

**Tabel 5.1-2 Indicatori de performanță pentru orașul Deva (perioada 2016 – 2047)**

| INDICATORI DE PERFORMANȚĂ - SZA ORLEA-DEVA - Deva |            |                                      |              |                |                |                |
|---------------------------------------------------|------------|--------------------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| POIM                                              | IWA        | Indicator                            | UM           | 2016           | 2023           | 2047           |
| 2.5.1                                             | A3         | Input total sistem (input apă brută) | m3/zi        | 17093,62       | 15786,59       | 16206,53       |
| 2.5.2                                             | A21        | Total apă care nu aduce venituri     | m3/zi        | 8061,92        | 7286,24        | 5936,87        |
| 2.5.3                                             | Fi46       | Apă care nu aduce venituri           | %            | 47,16%         | 46,15%         | 36,63%         |
| <b>2.5.4</b>                                      | <b>A19</b> | <b>Pierderi reale în rețea</b>       | <b>m3/zi</b> | <b>7687,60</b> | <b>6783,86</b> | <b>5329,93</b> |
| 2.5.5                                             |            | Procent de pierderi reale în rețea   | %            | 44,97%         | 42,97%         | 32,89%         |
| 2.5.6                                             | Op27       | Pierderi reale pe branșament         | l/b/zi       | 1120,31        | 988,61         | 776,73         |
| 2.5.8                                             | Op29       | ILI                                  | -            | 25,68          | 22,20          | 17,44          |
|                                                   | Op27       | Pierderi reale pe km conductă (LKN)  | m3/km/zi     | 45,19          | 37,66          | 29,59          |

## 5.2 Influența datelor primare asupra indicatorilor

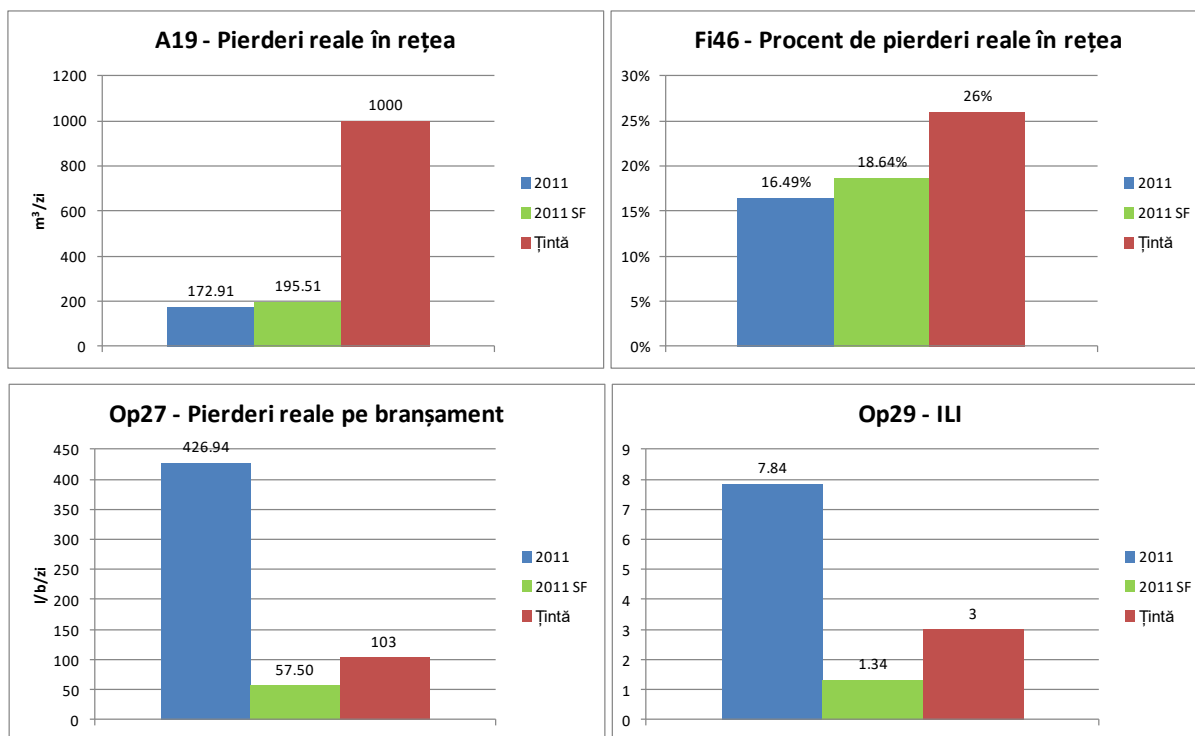
În majoritatea cazurilor, companiile de utilități care nu au avut experiențe anterioare cu metodologia IWA dețin date insuficiente sau cu un grad scăzut de acuratețe necesare pentru calculul balanței apei și a indicatorilor de performanță. Acest fapt se reflectă mai ales în definirea indicatorilor țintă, care raportați la situații nerealiste pun companiile de apă, de multe ori, în imposibilitatea de ai atinge.

Un exemplu des întâlnit se referă la indicatori țintă (în acest caz pierderi reale/branșament) calculați pe baza unor informații inițiale eronate. Indiferent de situația reală, nivelul NRW va rămâne identic.

Figura de mai jos ilustrează variația indicatorului Op27 față de pierderile aparente estimate A18 (*ca procent din consumul autorizat*) în ideea de a propune un scenariu "what-if". Datele inițiale și cele actualizate se referă la numărul de branșamente (o diferență de 30% între cele două seturi de date), lungimea rețelei (o diferență de 22%) precum și o scădere a consumului autorizat facturat de 25%.

Concluzia în acest caz este că din analiza rezultatelor indicatorii țintă sunt mai greu de realizat pentru situația reală.

Există discrepanțe între datele utilizate în studiul inițial și datele actuale ale companiei de apă referitoare la numărul de branșamente (3400 în studiul inițial și 405 în datele companiei de apă), la lungimea conductelor de transport (0.2 km în studiul inițial și 3.35 km în datele companiei de apă) și la lungimea rețelei de distribuție (30 km în studiul inițial și 7.5 km în datele companiei de apă).



**Figura 5-1** Variația indicatorilor de performanță în funcție de datele de intrare. Studiu de caz Plopeni

Bineînțeles, premisele inițiale pot favoriza în unele cazuri companiile de apă, atunci când se produce o sub-estimare a acestor date de intrare. Exemplul ilustrat mai jos se referă la aceiași indicatori de performanță, dar pentru o altă rețea de distribuție. Și în acest caz valorile NRW rămân constante.

Figura de mai jos ilustrează variația indicatorului Op27 față de pierderile aparente estimate A18 (*ca procent din consumul autorizat*) în ideea de a propune un scenariu "what-if". Datele inițiale și cele actualizate se referă la numărul de bransamente (o diferență de 35% între cele două seturi de date), lungimea rețelei (o diferență de 32%) precum și o scădere a consumului autorizat facturat de 20%.

Concluzia în acest caz este că din analiza rezultatelor indicatorii țintă sunt mai greu de realizat pentru situația reală.

## 6 CONTRIBUȚII PERSONALE

În momentul de față sistemul de indicatori de performanță utilizat de diferite companii de apă din România derivă fie din manualul de bune practice IWA *Performance Indicators for Water Supply Services – second edition* (Alegre et al., 2010) sau din *Manualul Național al Operatorilor de Apă și Canalizare* (2008, 2010) și comparat cu Matricea Băncii Mondiale sau cu Matricea din Manualul Național. Indicatorii cei mai populari și mai des utilizați în ceea ce privește pierderea de apă sunt NRW ca procent din volumul intrat în sistem, LKN, ILI și diferite procente din volumul intrat în sistem pentru pierderile fizice și aparente.

Lucrarea de față propune o analiză comparativă critică a sistemelor de evaluare identificate pornind de la trei aspecte esențiale:

- Analiza modului de calcul al balanței apei urmărindu-se definițiile componentelor și descrierea metodologiei de calcul
- Analiza indicatorilor de performanță calculați și modalitatea de calcul a acestora
- Analiza modalității de evaluare a stării sistemului din punct de vedere al pierderilor de apă

În acest sens au fost identificate și analizate următoarele documente:

- Manualul de bune practici *Performance Indicator for Water Supply Systems, 2nd edition* editat de către Asociația Internațională a Apei
- *Manualul Național al Operatorilor de Apă și Canalizare* (edițiile 2008, 2010)
- Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare a localităților – indicativ NP 133/2013
- Ordinul ANRSC 88/2007

Deși fiecare document luat ca atare prezintă o structură logică și oferă detalii despre modul de calcul al balanței apei și a indicatorilor de performanță, totuși rezultatele analizei comparative efectuate au relevat faptul că există o serie de incompatibilități majore între acestea, precum și anumite aspecte care necesită clarificări suplimentare. O parte din aspectele analizate în teza de doctorat au fost diseminate în detaliu în articole precedente prezentate în cadrul conferințelor de profil însă au fost reluate și puse într-un context mai larg pentru lucrarea de față.

O posibilă explicație pentru această situație este aceea că scopul documentelor analizate este diferit, fapt care conduce la ideea de a armoniza cel puțin o parte din documentele relevante pentru eliminarea incompatibilităților.

Companiile de apă din România sunt definite ca Operatori Regionali, fiecare Operator fiind compus din 1 până la 20 de sisteme de alimentare cu apă, în funcție de condițiile locale. Acest fapt devine rapid o problemă atunci când se compară entități diferite din următoarele motive:

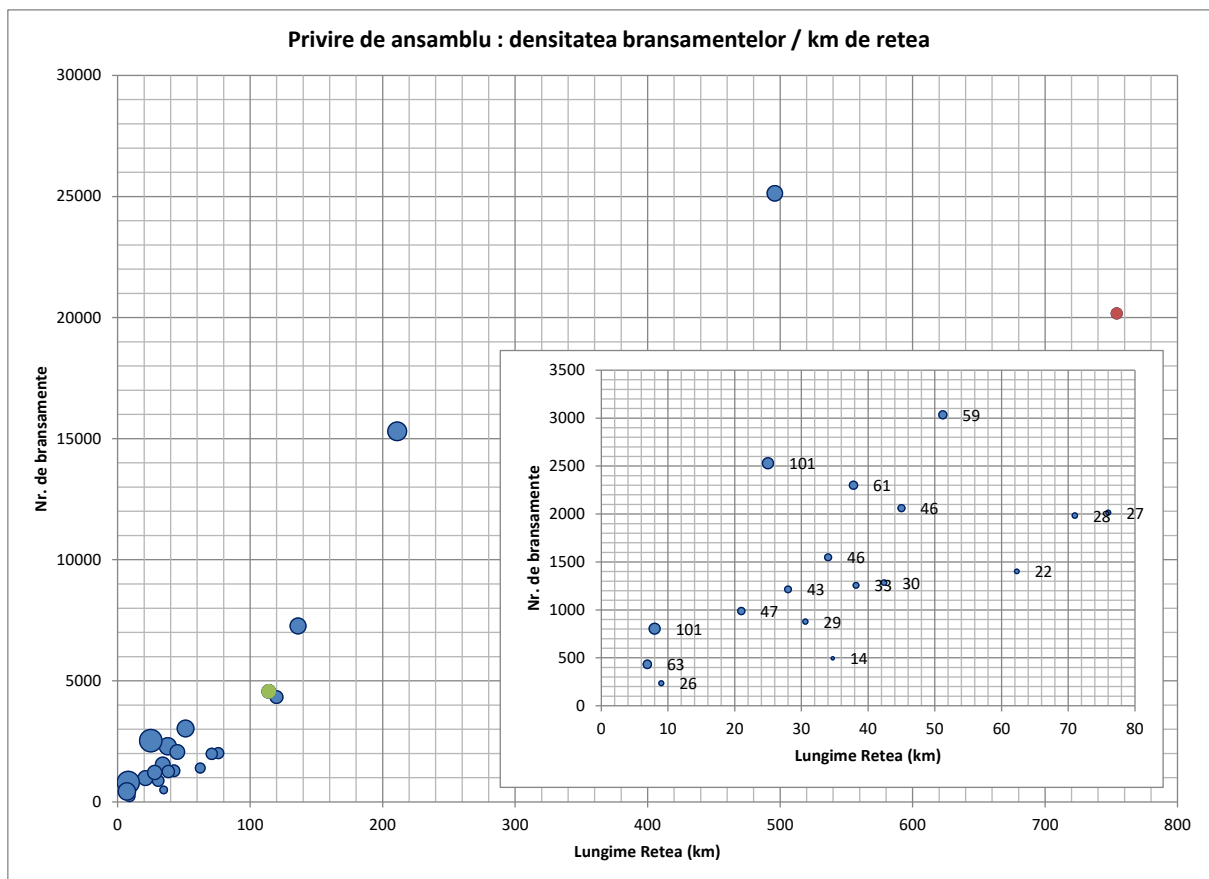
- Multe sucursale operează sisteme independente și în consecință IP calculați pentru toată sucursala prezintă o relevanță scăzută atunci când se încearcă prioritizarea investițiilor și reabilitărilor la nivelul sistemelor independente
- Autoritatea de reglementare impune numai conformarea pentru un anumit procent al NRW din SIV pentru toată compania de apă, altfel încât multe utilități au tendința de a nu lua în seamă alți indicatori de performanță și în consecință nu au o tradiție a păstrării datelor necesare pentru calculul altor indicatori.

În consecință este nevoie de factori de context suplimentari pentru a realiza o comparație relevantă, cu alte cuvinte de a determina care sisteme sunt "mai similare" cu altele în ceea ce privește caracteristicile și comportamentul rețelei de distribuție. În acest scop următoarele informații au fost verificate pentru mai bine de 30 de sisteme de alimentare cu apă din România:

- Densitatea bransamentelor (bransamente/lungime rețea)
- Raportul dintre bransamente active și inactive
- Raportul dintre lungimea aducțiunilor și cea a rețelei de distribuție
- Profilul anual al consumului autorizat (numai unde au existat date pentru mai mulți ani)
- Consumul pe cap de locuitor

Sistemele de alimentare variază în dimensiuni, de la mici sate la orașe de dimensiuni medii sau mari. Figura 3 oferă o privire de ansamblu a diferitelor sisteme utilizate în acest studiu, evidențiind lungimea rețelelor, numărul de bransamente și densitatea acestora.

Totodată această privire de ansamblu a servit la gruparea inițială a sistemelor studiate, adică un grup compus din sisteme medii și mari și altul compus din sisteme mici (de obicei pentru localități sub 10000 de locuitori). Reprezentarea detaliată a sistemelor mici ilustrează și o mare diversitate a densității bransamentelor, ceea ce implică grupări suplimentare.

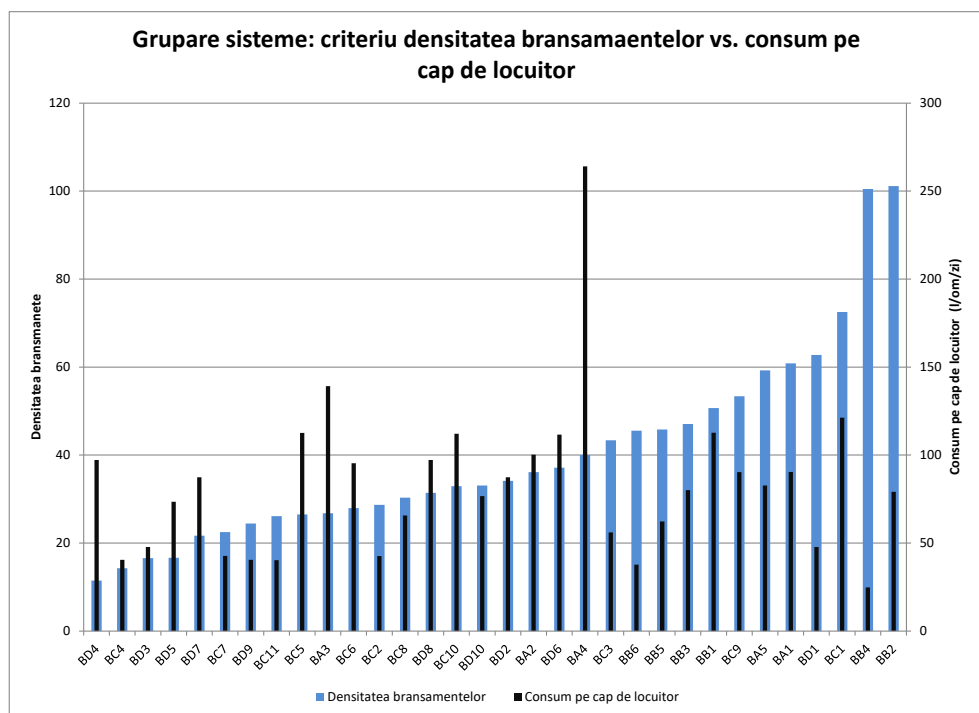


**Fig. 3 Privire de ansamblu asupra diferitelor sisteme de alimentare cu apa analizate în acest studio: culorile roșu și verde reprezintă sisteme unde au fost luate în considerare și conductele de transport**

Criteriul reprezentând densitatea bransamentelor a fost calculat utilizând numai lungimea rețelei de distribuție, dar în două cazuri nu a fost posibil să se separe valorile pentru lungimile conductelor de transport și de distribuție (de fapt aceste sisteme sunt compuse din mai multe rețele de distribuție).

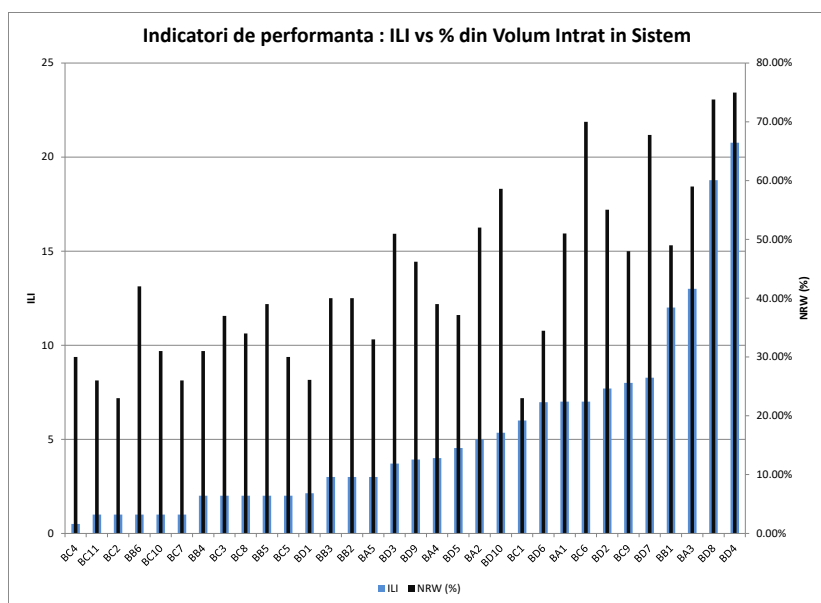
Valorile obținute au servit de fapt pentru două scopuri : unul a fost pentru stabilirea grupurilor de sisteme mici adecvate pentru comparație indicatorilor de performanță iar celălalt a fost pentru a ridica un semn de întrebare referitor la diferența oarecum mare a valorilor. Investigațiile suplimentare au scos la iveală faptul că în anumite cazuri datele pentru bransamentele existente au luat în considerare numai bransamentele active iar în alte cazuri lungimea conductelor de transport a fost inclusă în datele companiei ca parte din rețeaua de distribuție.





**Fig. 4 Criteriul referitor la consumul pe cap de locuitor sugerează un „cluster” de comparație diferit**

Unul din aspectele relevante ale acestei analize îl reprezintă calculul indicatorilor de performanță pentru sistemele analizate, în special ILI și NRW exprimat în procente din volumul intrat în sistem. Rezultatele obținute vin să confirme opinia experților în pierderi de apă referitoare la necorelarea celor doi indicatori și în special greșeala de a utiliza ca indicator de performanță apa nevalorificată exprimată în procente din volumul intrat în sistem. Figura de mai jos prezintă aceste rezultate:



**Fig. 5 Analiză comparativă între valorile indicatorului ILI și ale apei nevalorificate exprimată în % din volumul intrat în sistem**

## 7 CONCLUZII FINALE

Analiza efectuată în secțiunile anterioare scoate în evidență câteva aspecte care trebuie clarificate referitoare la evaluarea unui sistem de distribuție din puncte de vedere al pierderilor de apă, și anume:

1. Set de măsuri diferite ca importanță și impact în funcție de matricea de evaluare aleasă. Cel mai elocvent exemplu este cel asociat cu indicatorul ILI, unde valoarea 10 este considerată foarte bună în matricea Manualului Național (și nu impune măsuri speciale) dar conform matricei Băncii Mondiale indică o stare de fapt tolerabilă numai în cazuri extreme.
2. Sub-evaluarea pierderilor aparente care poate conduce la seturi de măsuri de reducere a pierderilor neinspirate, punând accent nejustificat pe reducerea pierderilor fizice
3. Necesitate unei abordări combinate "top-down" și "bottom-up" a realizării bilanțului apei, mai ales în situații în care gradul de încredere și acuratețea datelor de intrare sunt scăzute.
4. Măsurătorile de debit pentru 24 h pot oferi informații valoroase despre starea de funcționare a rețelei de distribuție atât pentru cuantificarea pierderilor fizice cât și pentru determinarea variației orare a consumului
5. Caracteristicile fizice, variațiile și volumele de consum ale rețelelor de distribuție

analizate fiind diferite, se impune stabilirea unor criterii de comparație între acestea pentru o analiză pertinentă a indicatorilor de performanță. Criteriile de comparație propuse sunt următoarele:

- a. Densitatea branșamentelor (branșamente / lungime rețea)
- b. Raportul dintre branșamentele active și inactive
- c. Raportul dintre lungimea aducțiunilor și lungimea rețelei de distribuție
- d. Profilul anual al consumului autorizat (numai unde sunt disponibile date pentru mai mulți ani)
- e. Consumul pe cap de locuitor

6. Criteriile de comparație propuse pot fi utilizate și pentru cazul particular al analizei multi-anuale pentru o anumită rețea de distribuție în ideea în care se dorește evaluarea impactului pentru modificările aduse rețelei de distribuție.

Documentele prezentate prezintă discrepanțe în ceea ce privește interpretarea indicatorilor de performanță. Cel mai elocvent exemplu este cel asociat cu indicatorul ILI, unde valoarea 10 este considerată foarte bună în matricea Manualului Național (și nu impune măsuri speciale) dar conform matricei Băncii Mondiale indică o stare de fapt tolerabilă numai în cazuri extreme.

În urma analizei relativ succinte a documentelor prezentate, concluzia principală este că se impune uniformizarea / armonizarea documentelor tehnice cu privire la managementul pierderilor de apă, pornind de la principiile de bază.

## Bibliografie

1. Aldea, Alexandru. Instrumente software pentru calculul balanței apei și a indicatorilor de performanță. *Detectivii Apei Pierdute*. Octombrie 2015, pp. 15-16.
2. *Free software tools for water losses calculation*. Aldea, Alexandru and Jernigan, Will. Bangalore, India : s.n., 2016. IWA Water Loss. DOI: 10.13140/RG.2.2.32887.52641.
3. Koldzo, Devad. Example of IWA methodology application in waterloss reduction project in Bosnia and Herzegovina. *Waterloss - Water System Management*. [Online] <http://www.waterloss.com.ba>.
4. Jernigan, Will. *Next Generation Tools for Water Loss Control*. Cincinnati (Ohio), SUA : s.n., 2015.
5. *EU Reference document Good Practices on Leakage Management WFD CIS WG PoM*. s.l. : European Union, 2015. Main Report. ISBN 978-92-79-45069-3.
6. Alegre, Helena, et al. *Performance Indicators for Water Supply Services*. Editia a 2-a. Londra : IWA Publishing, 2010. ISBN 1843390515.
7. *Recommendations for Initial Non-Revenue Water Assessment*. Liemberger, R. 2010. International Water Association. pp. 1-13.
8. Boulos, Lansey and Karney. *Comprehensive Water Distribution System Analysis Handbook*. Ediția a 2-a. California : MWH Soft, 2006.
9. *Water loss performance indicators*. Liemberger, R., Brothers, K., Lambert, A., McKenzie, R., Rizzo, A., & Waldron, T. Bucharest : s.n., 2007. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss. pp. 148-160.
10. *Key mistakes for establishing water loss PI's targets in small networks*. Aldea, Alexandru. Cincinnati (Ohio), SUA : IWA Publishing, 2015. 6th PI 2015 Conference. ISBN 9781780407739.
11. *Benchmarking of losses from potable water reticulation - results from IWA Task Team*. R S McKenzie, C Seago, R Liemberger. Bucharest : s.n., 2007. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss.
12. *Case studies in applying the IWA WLTF approach in the West Balkan region: Pressure management*. Kovac, Jurica. Bucuresti : s.n., 2007. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss 2007'.
13. *A procedure based on Performance Indicators in Water Distribution Systems for the identification of Scenarios in terms of water losses reduction and structural improvements*. Cristiana Bragalli, Tonino Liserra, Marco Maglionico. Bucuresti : s.n., 2007. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss 2007'.
14. *Reaching optimum level of losses in the distribution network – a balance between the rehabilitation measures and the supportability of the consumers*. Gabriel Racovițeanu, Sandu Marin. Bucuresti : s.n., 2007. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss 2007'.
15. *Experiences with Water Loss PIs in the Austrian Benchmarking Project*. J. Kölbl, H. Theuretzbacher-Fritz, R. Neunteufel, R. Perfler, G. Gangl,. Bucuresti : s.n., 2007. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss 2007'. ISBN 978-973-7681-24-9.
16. *Alternative Approaches to Setting Leakage Targets*. Trow, Stuart. Bucuresti : s.n., 2007. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss 2007'. ISBN 978-973-7681-24-9.
17. *Acceptable Level of Water Losses in Geneva*. H. Guibentif, H.P. Rufenacht, P. Rapillard, M. Rüetschi. Bucuresti : s.n., 2007. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss 2007'. ISBN 978-973-7681-24-9.

18. *Studies of reference values for the linear losses index in the case of rural water distribution systems.* RENAUD Eddy, BREMOND Bernard, POULTON Matthew. Bucuresti : s.n., 2007. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss 2007'. ISBN 978-973-7681-24-9.
19. *Snapshot ILI - a KPI-based tool to complement goal achievement.* Riolo, S. Bucuresti : s.n., 2007. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss 2007'. ISBN 978-973-7681-24-9.
20. *Assessment Of The Current Level Of The Non-Revenue Water In Romania.* Gabriel Racoviteanu, Eduard Dinet, Augustin Boer. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
21. *Designing Water Loss Management Program Of Improvements For EU Funding Projects – Examples From Croatia.* Vladimir Poljak, Martina Tadic, Jurica Kovac. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
22. *Decrease Of The Water Loss Step By Step. A Case Study In Brăila.* Constantin Toma, Neculai Tarău, Stere Jiru, Alexandru Aldea. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
23. *Operational Vs. Financial Indicators In Water Losses Assessment.* Alexandru Aldea, Anton Anton. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
24. *Water Loss Reduction In The City Of Deva By Night-Flow Monitoring.* Alin Dascăr, Bogdan Păiușan, Fsbis Kiszely, Alexandru Aldea. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
25. *The Evaluation Of The Water Networks Losses Caused By The Measurement Deviations Of The Water Meters.* Dorin Staicu, Alexandra Staicu. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
26. *Estimating Domestic Water Consumption For Water Balance Calculation Using Statistical Sampling Methods.* Miran Mastaller, Philipp Klingel. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
27. *Modern Technologies For Technical And Financial NRW Optimization.* Daniel Zamrsky, Zdenek Svitak, Petr Ingeduld. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
28. *Re-assessing Water Losses Pls In Small Distribution Networks.* Alexandru Aldea, Niculae Stoica, Robert Tudor. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
29. *A Strategic Approach To Managing Non-Revenue Water Using Corporate And Private Sector Collaboration.* Peter Nastasi, Matthew Giesemann. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
30. *High Impact Projects For Reducing NRW - CASSA Case Study.* Călin Neamțu, Iulia Mihai. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
31. *Best Practice In Water Loss Management – Iasi Case Study.* Mihail Doruș, Sorin Murariu, Iulia Mihai. Bucharest : s.n., 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
32. *Enhancing Water Distribution Systems' Operational Efficiency Through Performance Assessment: Finding New Trends.* J. Feliciano, R. Almeida, A. Santos, A. Ganhao, D. Covas, H. Alegre. Cincinnati (Ohio), SUA : IWA Publishing, 2015. 6th PI 2015 Conference. ISBN 9781780407739.
33. *Provision of Information Regarding Water Consumption of One's Own Aiming at Efficient Use of Residential Water.* Yurina Otaki, Kazuhiro Ueda, Osamu Sakura. Cincinnati (Ohio), SUA : IWA Publishing, 2015. 6th PI 2015 Conference. ISBN 9781780407739.
34. *A Study on Least Cost Design Model of Water Distribution Systems using Ant Colony Optimization Algorithm.* Hoonki Kim, Seontae Baek, Gyeong cheol Lee, Hong soon Choi, Jayong Koo. Cincinnati (Ohio), SUA : IWA Publishing, 2015. 6th PI 2015 Conference. ISBN 9781780407739.

35. *EXPERIENCES IN REAL LOSS ASSESSMENT 10-YEARS AFTER IMPLEMENTING THE ILI AS DECISIVE KEY-PI IN AUSTRIA*. Joerg Koelbl, Allan Lambert. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
36. *TOWARDS REDUCTION OF NRW IN ALBANIA*. Enkelejda Gjinali, Bambos Charalambous. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
37. *ESTABLISHING DMAs AND MANAGING PRESSURES IN OVERPRESSURED SYSTEMS. CASE STUDY IN THE CITY OF ONESTI*. Alexandru Aldea, Marius Andrei. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
38. *PARTIALLY CORRUGATED STAINLESS STEEL SERVICE PIPE REDUCES WATER LOSS*. Benoît Van Hecke, Gary Coates, Nicole Kinsman. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
39. *COMPREHENSIVE MODEL ANALYSIS FOR HIGH WATER DISTRIBUTION NETWORKS PERFORMANCE*. Duccini, David. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
40. *TRADITION OF IGNORING CONTINUOUS NON-REVENUE WATER MANAGEMENT IN WATER UTILITIES IN SOUTH-EAST EUROPE*. Dijana Draganovic, Sead Badnjevic. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
41. *WATER LOSS MANAGEMENT IN CALARASI WATER UTILITY*. Birjaru, Petronel. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
42. *APPARENT LOSSES CONTROL – CUSTOMER METERS RENEWAL POLICY OPTIMIZATION*. A. Santos, A. Ganhão, S. Graça, P. Ramalho, J. Feliciano. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
43. *SMART METER PARK OPERATION: LESSONS LEARNED*. Adrian Rubio, Manuel Roldan. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
44. *ASHEVILLE NRW PROGRAM TAKES COMMERCIAL METER TESTING TO THE NEXT LEVEL FOR REAL PAYBACK*. Steve Cavanaugh, Will Jernigan, Brandon Buckner. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
45. *PRACTICAL ASPECTS FOR WATER LOSS PI'S TARGETS IN WATER*. Aldea, Alexandru. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
46. *THE STATE TO STATE DOMINO EFFECT -WORLD'S LARGEST LEVEL 1 VALIDATED WATER AUDIT DATA SET COMPELS US UTILITIES, REGULATORY AND EPA FINANCING PROGRAMS TO MANDATE IWA/AWWA WATER LOSS BEST PRACTICES*. Cavanaugh, Steve. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
47. *WATER LOSS REDUCTION USING DIGITAL SOLUTIONS FOR WORK FORCE MANAGEMENT*. Mădălin Mihailovici, Alexandru Moldovan, Valentin Zaharia. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
48. *SUSTAINED LEAKAGE REDUCTION AT AN ILI OF 0.6 – LESSONS LEARNED FROM THE ONGOING WATER LOSS CONTROL PROGRAM OF WATERBEDRIJF GRONINGEN*. Cor Merks, Wout Kompagnie. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
49. *IDENTIFYING OF WATER LOSS SECTORS BY MEANS OF FLOW MEASUREMENT*. Sorin A. Murariu, Mihail Doruş. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
50. *SATELLITE BASED LEAK DETECTION – CASE STUDIES IN MITROVICA (KOSOVO) AND SKOPJE (MACEDONIA)*. Ristovski, Bojan. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.

51. *TECHNOLOGY AND APPLICATION OF LEAK DETECTION METHODS FOR LARGE AND SMALL DIAMETER PIPES*. Pedro Pina, Michael Allen. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
52. *POST METER WATER LEAKAGE DETECTION USING SMART METERING*. Ayse MUHAMMETOGLU, Yalcin ALBAYRAK, Habib MUHAMMETOGLU. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
53. *THE LEAK DETECTION PROJECT OF THE WALLOON WATER COMPANY*. David Brunet, Denis Devos, Olivier Pinsar. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
54. *ADDRESSING FUTURE HUMAN RESOURCES CHALLENGES IN THE REGION OF SOUTHEAST EUROPE IN NRW CONTEXT*. Kovac, Jurica. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
55. *HOW TO DESIGN A PERFORMANCE BASED NON-REVENUE WATER MANAGEMENT CONTRACT*. Liemberger, Roland. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
56. *CONSULTANCY IN THE CONCEPTUAL MANAGEMENT OF A WATER SUPPLY SYSTEM WITH THE LOWEST PRODUCTION PRICE*. Tobolcea Cosmin, Crețu Valentin. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
57. *DIGITAL WATER SYSTEM: THE CASE OF GANDIA*. A. Rubio, J. Barba, M. Roldán. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
58. *CATAWBA-WATEREE: NORTH AMERICAS FIRST RIVER BASIN WATER LOSS REGIONAL STRATEGY*. Cavanaugh, Steve. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
59. *BUDAPEST WATERWORKS EXPERIENCE IN MANAGEMENT OF WATER LOSSES*. Evelin Madzin, László Varga. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
60. *CONSIDERATIONS ON WATER LOSSES FROM STORAGE TANKS*. Stefania Chirica, Mihail Luca, Ilie Logigan, Alexandru Lucian Luca. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
61. *WATERLOSS REDUCTION IN S.C. C.U.P. DUNAREA BRAILA S.A*. Jiru, Stere. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
62. *USING A HYDRAULIC MODEL FOR REDUCING THE NON-REVENUE WATER IN CASE OF A VILLAGE*. Cristina Capotescu, Ilie Vlaicu, Cristina Borca, Alin Anchidin. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
63. *ADAPTIVE ALGORITHM FOR WATER LOSS ESTIMATION IN NETWORKS BASED ON ADVANCED ANALYSIS OF MINIMUM NIGHT FLOW (MNF)*. D. J. Vicente, M. García, F. Salazar, J. Helmbrecht. Bucharest : ARA Publishing, 2019. Southeast Europe Regional Cobference Water Loss 2019. ISBN 978-973-88245-5-3.
64. Tomas Suchacek, Alexandru Aldea, Jędrzej Bylka, Ivana Marko, Ladislav Tuhovcak. Comparative Analysis and Benchmarking of Water Supply Systems and Services in Central and Eastern Europe. [www.mdpi.com/journal/proceedings](http://www.mdpi.com/journal/proceedings). Proceedings 2018, 2, 597, 2018.
65. *WATER LOSSES REDUCTION IN CONSTANTA PERFORMANCE-BASED PROJECT*. Aurel PRESURĂ, Adrian FLOREA. Bucharest : ARA Publishing, 2018. International Conference "Efficient use and management of water". ISBN 978-973-88245-3-9.
66. *A CRITICAL ANALYSIS OF WATER LOSSES BENCHMARKING SYSTEMS UTILIZED IN ROMANIA*. Alexandru ALDEA, Anton ANTON. Bucharest : ARA Publishing, 2018. International Conference "Efficient use and management of water". ISBN 978-973-88245-3-9.

67. *CONSIDERATIONS REGARDING MAIN WATER PIPELINES MONITORING FOR THE PURPOSE OF LIMITING WATER LOSS.* Ștefania CHIRICA, Mihail LUCA, Iustina LATEȘ. Bucharest : ARA Publishing, 2019. International Conference "Efficient use and management of water". ISBN 978-973-88245-3-9.
68. *Challenges in the assessment of water loss KPIs in large distribution systems. Case study of Bucharest Water Supply System.* Perju, S., Aldea, A., Mihailovici, M., Zaharia, V. Albena : s.n., 2016. SGEM 2016.
69. *Pierderi de apă - estimarea indicatorilor de performanță în rețele de mici dimensiuni.* Alexandru, Aldea. Bucharest : s.n., 2014. Conferința tehnico-stiințifică Performanța în serviciile de apă-canal. ISBN 978-606-93752-2-8.
70. Manescu, Mircea. *Alimentari cu apă și canalizări.* București : Editura Conspress, 2009.
71. Malcolm Farley, Gary Wyeth, Zainuddin Bin Md. Ghazali, Arie Istandar, Sher Singh. *The Manager's Non-Revenue Water Handbook.* s.l. : Ranthill Utilities Berhad, 2008.
72. Malcolm Farley, Stuart Trow. *Losses in Water Distribution Networks.* s.l. : IWA Publishing, 2003. 1-900222-11-6.
73. Alexandru Aldea, Will Jernigan. *Free software tools for water losses calculation.* Bangalore : s.n., 2016. DOI: 10.13140/RG.2.2.32887.52641.
74. *On water loss performance indicators – relevance and inconsistencies.* Alexandru Aldea, Anton Anton. Bangalore : s.n., 2016. WaterLoss 2016. DOI: 10.13140/RG.2.1.1932.3766.
75. Perju Sorin, Alexandru Aldea, Mihailovici Madalin. Progresses in the operation and functioning of pumping stations for water and wastewater networks. *Procedia Engineering.* 2017, Vol. 209.
76. *GIS use of Land Use/Land Cover layers and historical data for water losses indices.* Aldea A., Aldea M., Perju S. Cluj-Napoca : s.n., 2018. EENVIRO 2018.
77. *Energy and cost savings through pumping stations rehabilitation. Case study in Bucharest.* Perju S., Aldea A. Lefkada : s.n., 2018. EWaS 3.
78. *Development Of A Leakage Control System At The Water Supply Network Of The City Of Patras.* Irene Karathanasi, Constantinos Papageorgakopoulos. Bucharest : ARA Publishing, 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
79. *Water Management And Studies On Decreasing Water Loss Rate.* CİNGÖZ, Gökhan. Bucharest : ARA Publishing, 2015. WATER LOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.
80. *The Adduction Pipes Management On Limiting Water Loss.* M. Luca, A. Bălan, D. Toma, I. V. Apetroi, M. Avram. Bucharest : ARA Publishing, 2015. WATERLOSS MANAGEMENT 2015. ISBN 978-606-93752-6-6.