



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII

Universitatea Tehnică de Construcții București
Facultatea de Hidrotehnică
Departamentul de Hidraulică, Edilitate și Protecția Mediului
Școala Doctorală

Rezumat de teză de doctorat

Adaptarea algoritmului bazat pe presiune
utilizat de EPANET 2.2 la prevederile in
vigoare pentru diferite situatii.

Conducator de teză de doctorat

Prof.univ.dr.ing.Andrei-Mugur GEORGESCU

Student doctorand

Eng. Lakhdari Hocine

Anul universitar : 2025

1. Rezumat

Conceperea și întreținerea rețelelor de apă potabilă urmăresc să asigure o apă de calitate, în cantitate suficientă și la o presiune adecvată.

Pentru optimizarea gestionării lor, este indispensabil un model numeric fidel realității.

EPANET, dezvoltat de EPA în anii 1990, este astăzi instrumentul de referință pentru modelarea hidraulică.

Versiunea sa 2.2 (2020), gratuită și open source, aduce îmbunătățiri notabile.

Există două metode de simulare: analiza dependentă de cerere (DDA) și analiza dependentă de presiune (PDA).

DDA presupune că cererile sunt întotdeauna satisfăcute, indiferent de presiunea disponibilă.

PDA, mai realistă, stabilește o relație între presiune și consumul efectiv.

Este deosebit de potrivită pentru simularea condițiilor de presiune scăzută.

În PDA, debitele variază în funcție de presiune, conform unor coeficienți definiți de utilizator. Obiectivul tezei este de a determina corect acești coeficienți pe baza normelor, apoi de a compara diferite modele numerice.

Cuvinte cheie: Debit, rețea de distribuție a apei, calibrare, Presiune, Epanet, analiză bazată pe debit, analiză bazată pe presiune.

Cuprins

1. REZUMAT	I
2. CUPRINS	II
3. INTRODUCERE GENERALĂ	01
4. STUDIU COMPARATIV AL DIFERITELOR METODE DE CALCUL A DEBITELOR DE CONSUM DIN SISTEMELE DE ALIMENTARE CU APA IN DIFERITE STANDARDE IN VIGOARE, IN UE SI IN ZONA DE SUD A MARI MEDITERANE.	
4.1. introducere	03
4.2. Formulă principală pe țări	03
4.2.1. Țările nord-mediteraneene: (țări europene)	03
4.2.1.1. Metode utilizate în România	03
4.2.1.2. Metode utilizate în Italia	03
4.2.1.3. Metode utilizate în Germania	03
4.2.2. Țările din sudul Mediteranei (țările din Africa de Nord)	03
4.2.2.1. Metode utilizate în Algeria.....	03
4.2.2.2. Metode utilizate în Tunisia.....	04
4.2.2.3. Metode utilizate în Egipt	04
4.3. Concluzie.....	07
5. CALIBRAREA COEFICIENTILOR CARE TREBUIE INTRODUSI IN FORMULA DEBITULUI DE CALCUL IN FUNCTIE DE PRESIUNEA DISPONIBILA LA NODURI PENTRU DIFERITE STANDARDE IN VIGOARE.	
5.1. Determinarea coeficienților pentru diferite cazuri	08
5.1.1. Metodologia de calcul pentru alimentarea cu apă	09
5.1.1.1. Notă privind cazul României.....	11
5.1.1.1.1. Calculul debitului de consum	12
5.2. Studiu de caz	14
5.2.1. Cazul Algeriei	15
5.2.2. Cazul României	17
5.3. Rezultate și discuții	19
5.3.1. Cazul Algeriei	19
5.3.2. Cazul României	20
5.4. Concluzie.....	21
6. COMPARATIE INTRE ANALIZA PE BAZA DE DEBIT SI ANALIZA PE BAZA DE PRESIUNE PENTRU UN SISTEM DE DISTRIBUTIE AL APEI CARE DESERVESTE UN NUMAR DE LOCUITORI	
6.1. Simulare hidraulică și metode de analiză	23
6.2. Simulare și analiză pentru orașe	24
6.2.1. Analiză pentru orașul N'gaous.....	24

6.2.1.1. DDA (Analiza bazată pe debit)	24
6.2.1.2. PDA (Analiza bazată pe presiune)	25
6.2.2. Analiză pentru orașul Ras El Aioun	26
6.2.3. Analiză pentru noul oraș Massinissa	28
6.2.4. Analiză pentru zona rezidentiala Tei-Colentina (București)	30
6.3. Rezultate și discuții	32
6.3.1. Rezultatele simulării pe orașe	32
6.3.1.1. Orașul N'gaous	32
6.3.1.2. Orașul Ras El Aioun.....	32
6.3.1.3. Orașul nou Massinissa	33
6.3.1.4. zona rezidentiala Tei-Colentina	33
6.4. Discuție	34
7. CONCLUZIE	39
7.1. Contribuții originale	40
7.2. Perspective de monitorizare a cercetării.....	41
8. BIBLIOGRAFIE	42
9. LISTA TABELELOR	45
10. LISTA FIGURILOR	46

3. Introducere generală

Evaluarea performanței rețelei de distribuție a apei potabile depinde în principal de fiabilitatea acestei rețele de înaltă calitate, care asigură o alimentare continuă cu apă potabilă, în cantitate suficientă pentru clienți (abonați), la o presiune corespunzătoare (adecvată) în întregul sistem.

Baza unei presiuni adecvate este ca rezervoarele să echilibreze presiunea și să permită acoperirea cererii de vârf, protecția împotriva incendiilor și alte situații de urgență, fără a provoca o retenție excesivă a apei. Conductele de apă în buclă previn stagnarea apei și minimizează inconveniente pentru clienți în timpul reparațiilor. Deoarece calitatea apei scade odată cu creșterea timpului de staționare, iar rata la care scade calitatea depinde parțial de caracteristicile sistemului de distribuție, un sistem de înaltă calitate are cât mai puține puncte mort și asigură un debit și o reînnoire adecvate a apei.

Performanța sistemului este deficitară dacă nu reușește să combine cerințele de presiune și solicitările utilizatorilor în condiții de defecțiune parțială. Condițiile de defecțiune parțială într-o rețea pot rezulta din solicitări anormal de extraordinare ale clienților, solicitări de stingere a incendiilor, deteriorarea conductelor de apă, precum și pene de curent, defecțiuni mecanice ale pompelor și valvelor și chiar atacuri de sabotaj care pot duce la una sau mai multe dintre aceste situații.

Prin urmare, întreținerea este un element crucial al unui sistem de apă potabilă sigură. Este esențial ca furnizorii de apă să dispună de mecanisme de finanțare adecvate pentru a-și întreține și reînnoi corect rețelele de distribuție.

În prezent, calculul rețelelor de distribuție este o problemă întâlnită în domeniul hidraulic; acest calcul apelează fie la diagrame, cataloage și tabele pentru alegerea diametrelor, fie la utilizarea de programe și software.

Scopul acestui calcul este de a determina parametrii geometrici și hidraulici ai conductelor care alcătuiesc sau formează rețeaua. Un calcul foarte bun, cu o implementare bună, facilitează foarte mult sarcinile administratorilor de rețea și satisface abonații, ceea ce înseamnă că nu vor exista probleme în viitor în faza de gestionare.

Astăzi, soluția informatică este un instrument de calcul și dimensionare rapid și eficient.

De la dezvoltarea modelării, în special în anii șaptezeci ai secolului trecut, până în prezent există mai multe programe și software pentru modelare, simulare și managementul apei, cum ar fi: software-ul LOOP, EPANET, Piccolo sau WATERCAD, H2ONet, GHydraulics, Porteauetc. care lucrează doar pe rețele de echilibrare și utilizează mai multe metode și algoritmi de calcul.

Cu toate acestea, problema calculului rețelelor de distribuție sub presiune a devenit din ce în ce mai complicată; algoritmi tradiționali s-au dovedit deja incapabili să satisfacă necesitatea găsirii unei soluții.

Algoritmii bazati pe presiune nu considera debitele de consum la noduri fixe ci variabile in functie de presiunea disponibila in nodul respectiv. Legea de variatie a debitului de consum in functie de presiune trebuie insa specificata de cel care realizeaza simulare prin introducerea unor coeficienti in modelul numeric. (EPANET 2.2).

Scopul principal al tezei este determinarea cat mai corecta a acestor coeficienti pornind de la normativele in vigoare pentru diferite categorii de consumatori. Dupa stabilirea unei modalitati adecvate de determinare a coeficientilor vor fi realizate modele numerice pentru mai multe studii ale caror rezultate vor fi comparate.

Această teză își propune să ofere cercetătorilor, managerilor, inginerilor și studenților problemele reale cu care se confruntă clădirile foarte înalte în ceea ce privește alimentarea cu apă potabilă și să propună soluții în acest domeniu.

Această teză este alcătuită din trei capitole, în primul capitol am evidențiat toate metodele diferite de calcul al debitelor de consum în sistemele de alimentare cu apă potabilă, în conformitate cu diferitele norme în vigoare în UE și în zona sud-mediteraneană.

- Al doilea capitol este dedicat calibrării coeficienților care trebuie introduși (să fie înscriși) în formula de calcul, în funcție de presiunea disponibilă la noduri, pentru diferitele norme în vigoare.

- Capitolul al treilea este dedicat aplicării pe software-ul Epanet 2.2.

La finalul tezei vom beneficia, pe de o parte, de o modalitate adecvata de determinare a coeficientilor utilizati in algorimii bazati pe presiune cat si pe de alta parte, de niste seturi de coeficienti pentru diferite categorii de consumatori in conformitate cu diferite normative de calcul.

4. studiu comparativ al diferitelor metode de calcul a debitelor de consum din sistemele de alimentare cu apa potabila.

4.1. Introducere

Acest capitol prezintă un studiu comparativ al diferitelor metode de calcul al debitelor de consum utilizate în sistemele de alimentare cu apă potabilă (AAP), bazate pe standardele în vigoare în țările Uniunii Europene (România, Italia, Germania) și în țările din sudul Mediteranei (Algeria, Tunisia, Egipt). Obiectivul principal este de a analiza aceste metodologii și aplicarea lor în proiectarea și optimizarea infrastructurilor hidraulice.

Capitolul explorează concepte cheie precum:

- **Debitul mediu anual (Q_{MA})** : o bază de referință pentru evaluarea variațiilor sezoniere și zilnice.
- **Coeficientul de vârf orar (K_o)** : raportul dintre debitul maxim orar și debitul mediu anual, utilizat pentru dimensionarea rețelelor de distribuție.
- **Coeficientul de vârf zilnic (K_{zi})** : variația consumului de la o zi la alta, importantă pentru planificarea capacității stațiilor de tratare și pompare.
- **Coeficienți de variație lunari și săptămânali** : influențează managementul general al rețelei de apă.

4.2. Formula principală pe țări

Acest capitol prezintă abordările utilizate în mai multe țări:

4.2.1. Țările nord-mediteraneene: (țări europene)

4.2.1.1. Metode utilizate în România: standardele STAS 1343-66 și NP 133, cu calcule bazate pe debitul mediu zilnic ($Q_{zi\ med}$), debitul maxim zilnic ($Q_{zi\ max}$) și debitul maxim orar ($Q_{o\ max}$). [1], [2]

4.2.1.2. Metode utilizate în Italia : metode bazate pe alocarea pe cap de locuitor (150–250 ℓ /zi/persoană), debitul mediu zilnic (Q_{mg}), coeficienții zilnici (C_g), orari (K_h) și instantanei (vârf) maxim (C_p). [3],[4],[5]
- Utilizarea coeficienților de vârf adaptați zonelor urbane/rurale. [6],[7],[8]

4.2.1.3. Metode utilizate în Germania : standardele : DIN 4046, DIN 1988-300, DVGW W 410, introducând factori de vârf (f_d , f_h). [9],[10],[11],[12], cu formule empirice (Poss & Hacker, 1980). [13], [14], [15],[16],[17]

4.2.2. Țările din sud-mediteraneene (țările din Africa de Nord) :

4.2.2.1. Metode utilizate în Algeria: calcul bazat pe dotare (d), consum mediu zilnic, coeficienți zilnici (K_j) și orari (K_h) [18],[19],[20], marje (20 – 30 %), pierderi (20–50 %).[21],[22],[23],[24]

4.2.2.2. Metode utilizate în Tunisia : calcule care integrează evoluția demografică, consumul zilnic viitor (C_0), coeficienți zilnici (K_j) între 1,3 și 1,6 și orari (K_h) între 1,5 și 3,5.

- Consum mediu: 100 ℓ /zi/persoană (1997, SONEDE).
- Distribuție pe categorii: domestic, public, industrial, turistic, agricol.

Calcul bazat pe:

- Consum specific (C_s),
- variația populației și a stilului de viață (creștere anuală 1,9 %, +3 % / an pentru consum)
- Aplicarea coeficienților de vârf zilnici, lunari și orari. [25],[26],[27]

4.2.2.3. Metode utilizate în Egipt :

Etape principale

Estimarea populației (metode aritmetice, geometrice, cu debit descrescător).

Determinarea **ratelor de consum actuale și viitoare.**

Calculul **debitelor proiecta:**

- $Q_{\max \text{ zilnic}} = \text{consum zilnic} \times \text{populație.}$
- $Q_{\max \text{ orar}} = \text{consum orar} \times \text{populație.}$
- Adunarea debitului de ardere (Q_{fire}).

Abordare bazată pe consumul mediu anual, consumul lunar maxim (1,25 până la 1,5 ori media), consumul zilnic (1,6 până la 1,8 ori media) și consumul orar (\approx 2,5 ori media). [28],[29],[30]

Comparație globală (generală) :

- **Țările europene** utilizează norme foarte detaliate și standardizate (STAS, DIN, EN), cu accent pe coeficienții de vârf pentru dimensionarea rețelelor.
- **Țările din sud** preiau adesea aceste norme, dar le adaptează ținând cont de climă, de pierderile ridicate, de creșterea demografică și de condițiile locale (rețele uneori învechite, consum sezonier mai variabil).

Această secțiune compară două abordări:

Normativă și tehnică (Europa) : bazate pe standarde (DIN, STAS, NP133, EN805) și pe coeficienți de vârf.

Empirică și statistică (Mediterrana de Sud) : bazate pe consumuri reale, previziuni demografice și pierderi în rețele.

Tabelul 1: Diferitele metode de calcul al debitului de consum de apă în diferite țări europene.

țară	Germania	Italia	România
Debitele			
Debitul mediu zilnic	$Q_{avgj} = \frac{V_J}{365}$	$Q_{avgj} = N \cdot c$	$Q_{zimed} = \frac{1}{1000} \sum_{k=1}^n \left[\sum_{i=1}^m N(i) q_s(i) \right]_K$
Debit maxim zilnic	$Q_{maxj} = f_T \cdot Q_{avgj}$	$Q_{maxj} = Q_{avgj} \cdot K_1$	$Q_{zi\max} = \frac{1}{1000} \sum_{k=1}^n \left[\sum_{i=1}^m N(i) q_s(i) K_{zi}(i) \right]_K$
Debit orar maxim	$Q_{h\max} = f_H \frac{Q_{maxj}}{24}$	$Q_{h\max} = \left(\frac{Q_{maxj}}{24} \right) \cdot K_2$	$Q_{orar\max} = \frac{1}{1000} \frac{1}{24} \sum_{k=1}^n \left[\sum_{i=1}^m N(i) q_s(i) K_{zi}(i) K_0(i) \right]_K$
Debit maxim	$Q_P = Q_{h\max} + Q_{Losch}$	$Q_P = Q_{avgj} \cdot K_P$	$Q_{\max} = K \cdot Q_{med}$

Tableau 2: Diferitele metode de calcul al debitului de consum de apă în diferite țări din nordul Africii.

țară	Algeria	Tunisia	Egipt
Debitele			
Debitul mediu zilnic	$Q_{moy j} = \frac{N \times D}{1000}$	$Q_{jm} = \sum_i N_{oi} \cdot C_{oi}$	$Q_{av} = N \times q$
Debit maxim zilnic	$Q_{max j} = Q_{moy j} \times K_j$	$Q_{jmax} = K_{pert} \cdot K_j \cdot Q_{jm}$	$Q_{max daily} = (1,6 \text{ à } 1,8) \times Q_{aver}$
Debit orar maxim	$Q_h = \frac{Q_{max j} \times K_h}{24}$	$Q_{hmax} = \frac{K_{pert} \cdot K_h \cdot K_j \cdot Q_{jm}}{24}$	$Q_{max hourly} = 2,5 \times Q_{aver}$
Debit maxim	$Q_p = Q_{moy j} \cdot K_p$	$Q_{ph} = K_{ph} \cdot Q_{pj}$ $Q_{pj} = K_{pj} \cdot Q_{mj}$	$Q_{des} = Q_{av} \times P$

Tablelul 3: Comparație între metodele și parametrii utilizați pentru calculul debitului de consum de apă în diferite țări.

Element	Germania	Italia	România	Algeria	Tunisia	Egipt
Standarde utilizate	DVGW W400, DIN EN 805	UNI/TS 11445, EN 805	STAS 1343/1-91, EN 805, NP 133-2022	MRE, DTR	SONEDE	Standarde naționale (Codul egiptean)
Consum specific (l/zi/locuitor)	120 –130	150 –180 (zone turistice)	50–150 (În funcție de regiune)	120–150 (Foarte ridicat)	110–130	100–140
Coefficientul zilnic K_z	1.5 – 2.0	1.6 – 2.2	1.20 – 2.0	2.0 – 2.5	1.8 – 2.3	2.0 – 2.6
Coefficient orar K_o	2.5 – 3.0	2.8 – 3.5	2.0 – 2.8	3.0 – 4.0	2.5 – 3.5	3.2 – 4.2

Obiectivul și scopul acestei evaluări comparative a standardelor de calculare a debitelor de consum de apă potabilă în țările europene și din Maghreb:

* **Comparație normativă** : Studiați metodele de calcul al debitelor de consum conform standardelor europene (EN 806, DIN 1988, SR 1343,..... etc.) și celor în vigoare în țările din sudul Mediteranei (Algeria, Tunisia, Egipt..... etc.).

* **Analiză metodologică** : Identificarea diferențelor dintre abordări, în special în ceea ce privește formulele de calcul, coeficienții de simultaneitate, profilurile de consum și utilizările apei.

* **Impactul asupra dimensionării** : Evaluați efectul acestor diferențe asupra dimensionării rețelelor și instalațiilor de alimentare cu apă potabilă.

* **Relevanță locală** : Măsurarea adecvării metodelor la specificitățile locale: climă, resurse de apă, context socio-economic și capacități tehnice.

* **Perspective de armonizare** : Propunerea de modalități de adaptare sau armonizare a abordărilor în vederea cooperării regionale, a optimizării gestionării apei și a sustenabilității.

4.3. Concluzie

Acest capitol include o descriere și o analiză a diferitelor metode utilizate pentru calcularea fluxurilor de consum în sistemele și rețelele de distribuție a apei potabile din țările Uniunii Europene și din țările din sudul Mediteranei. A fost realizată o analiză a literaturii de specialitate, inclusiv o explicație detaliată a acestor diferite metode.

Aceste metode de calcul al debitelor variază considerabil de la o țară la alta, reflectând contexte sociale, economice și climatice diferite. Standardele europene (STAS, DIN, EN etc.) sunt adesea mai detaliate, în timp ce țările din sudul Mediteranei adoptă aceleași standarde; cu toate acestea, își adaptează abordările la constrângerile locale (cum ar fi limitările resurselor și creșterea populației).

Domeniul de aplicare al acestor metode constă în proiectarea rețelelor urbane de distribuție a apei și a diverselor structuri hidraulice asociate.

5. Calibrarea coeficienților care urmează să fie introduși în formula de calcul al debitului pe baza presiunii disponibile la noduri pentru diferitele standarde în vigoare.

5.1. Determinarea coeficienților pentru diferite cazuri

Urmând formula debitului transmițătorului în funcție de presiune și cunoscând prin următoarea formulă :

$$q = C.P^\gamma \quad (1)$$

În care q : este debitul, p : presiunea, C : coeficientul de debit, și γ : exponentul presiunii. Conform rețelelor de distribuție urbană

Astăzi, problema calculării rețelelor de distribuție sub sarcină a devenit din ce în ce mai complicată; algoritmi tradiționali nu au reușit deja să satisfacă nevoia de a o rezolva.

Această problemă constă în faptul că algoritmi bazați pe presiune nu iau în considerare debitele de consum la nodurile fixe, ci pe cele variabile, în funcție de presiunea disponibilă în nodul restrictiv.

Trebuie însă determinată legea de variație a debitului de consum în funcție de presiune și specificată corect un set de coeficienți din standardele în vigoare pentru diferitele categorii de consumatori.

- În ceea ce privește determinarea coeficienților conform standardelor în vigoare (aplicate) în diferitele țări, au fost alese două țări: Algeria și România.

Folosim în principal datele disponibile în DTU 60 pentru cazul Algeriei și datele din Monitorul Oficial al României, Partea I, N^o. 1167 bis / 6.XII.2022 (monitorul oficial al româniei, partea I, Nr. 1167 bis/6.XII.2022) pentru cazul României.

Au fost luate mai multe cazuri în care s-a presupus că există cât mai multe locuințe posibil pe fiecare etaj și foarte înalte, adică clădirea sau imobilul este larg și conține mai multe locuințe (6-7 apartamente) pe fiecare etaj și este foarte înalt (R+ 10 etaje), cum ar fi orașul Lacul Tei din București, România, așa cum se arată în (figura 1).



Figura 1: Bloc de apartamente din România (orașul Lacul Tei – București. Fotografie realizată la: 22/02/2024).

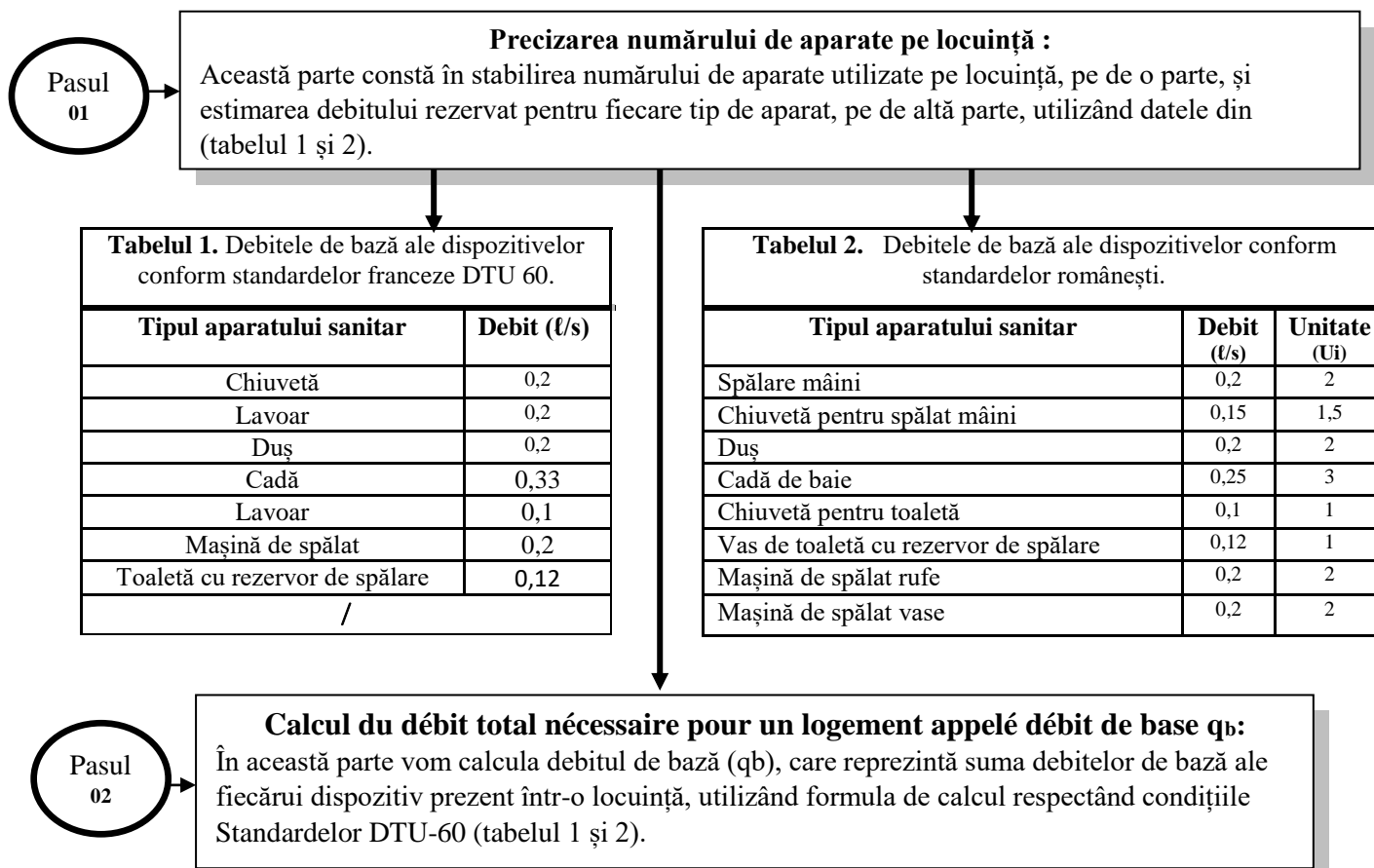
În ceea ce privește Algeria, clădirea este compusă din (2 până la 4 apartamente) pe fiecare etaj, cu o înălțime de (R + 4 etaje). La fel ca orașul N'gaous din Wilaya Batna din Algeria, așa cum se arată în (Figura 02).

- prin principiul calculului debitului unei clădiri pentru estimarea debitelor probabile necesare alimentării unei clădiri de 1 până la 10 apartamente/etaj pe maximum 10 etaje caz cu caz determinăm pentru fiecare caz acești coeficienți (C) și (γ) pe care îi vom folosi pentru a reprezenta grafic curba de variație a debitului în funcție de presiunea disponibilă pentru fiecare caz.



Figura 2: Bloc de apartamente din Algeria (orașul N'gaous – Algeria. Fotografie realizată la: 01/04/2024).

5.1.1. Metodologia de calcul pentru alimentare cu apă



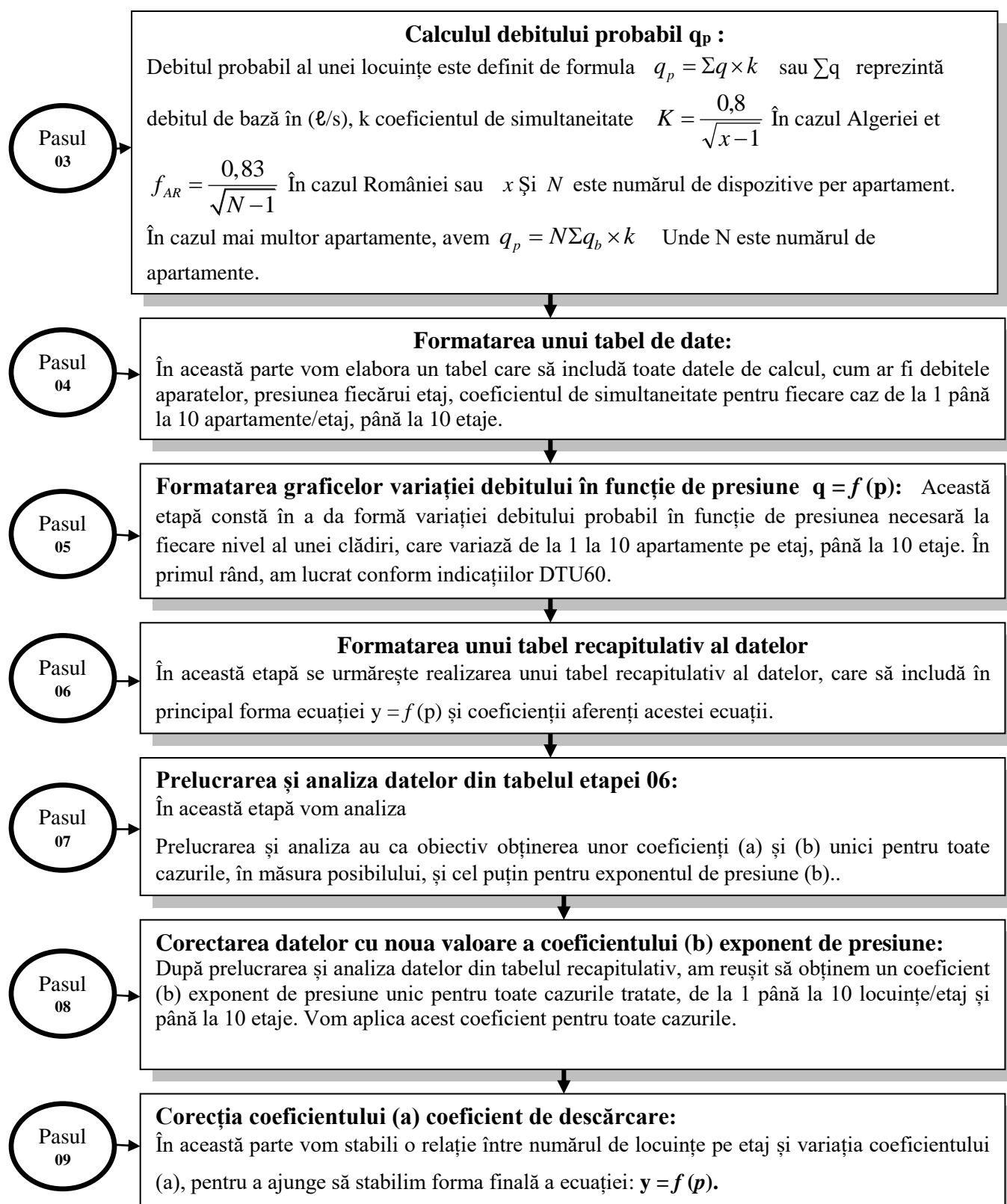


Figura 3 : Organigrama metodologiei de calcul conform directivelor celor două norme aplicate în cazul Algeriei și României (Organigramă rezumată din documentele: [31], [32], [33]).

5 .1.1.1. Notă privind cazul României

Conform Monitorului Oficial al României, parte I, N^o. 1167 bis / 6.XII.2022 (monitorul oficial al româniei, partea I, Nr. 1167 bis/6.XII.2022).

Dimensionarea instalațiilor de alimentare cu apă – calculul debitului pentru conductele de distribuție a apei reci și calde.

Se poate realiza prin mai multe metode de determinare a debitelor de calcul pentru conductele de distribuție a apei reci și calde, după cum urmează :

Pentru clădirile rezidențiale, debitul de calcul al conductelor de distribuție a apei reci și al apei calde menajere trebuie determinat prin aplicarea metodelor A și B, descrise mai jos.

Metoda implică utilizarea unor unități de consum, denumite U_i , și a unor debite specifice racordurilor (Q_s), stabilite pentru armături (baterii și robinete), ale căror valori sunt indicate în (tabelul din ANEXA 2.1 A).

Tableau 4. ANEXA 2.1 A [32]

Debitele specifice de apă (Q_s), unitățile de consum U_i , diametrul interior minim al conductei de alimentare cu apă rece sau caldă și presiunea de utilizare a diferitelor racorduri pentru uz casnic și igienic, definite pentru clădirile rezidențiale, utilizate în calculul dimensionării.

Obiect sanitar montat în apartament/clădire de locuit	Q_s , debit minim necesar asigurat de armătura sau robinet	Unitate de consum, U_i pentru o armătură	Diametrul minim interior al conductei de alimentare cu apă rece sau caldă, pentru armătura respectivă
	[ℓ /s]	[-]	[mm]
BATERII pentru:			
Lavoar montat în grup sanitar echipat cu lavoar si vas closet (grup sanitar secundar)	0,10	1	10
Lavoar montat în grup sanitar echipat cu minim lavoar, vas closet, cadă baie sau cadă duș	0,15	1,5	10
Bideu	0,10	1	10
Duș	0,20	2	12
Spălător, baterie ½"	0,20	2	12
Spălător, baterie ¾"	0,33	3	13
Cada baie, cu capacitate < 150 ℓ	0,25	3	13
Cadă baie, cu Capacitate >150 ℓ	0,33	4	13
Cabină duș cu	Conform fișei	4	Conform fișei tehnice,

panel multijet	tehnice, a producătorului		a producătorului
Alte echipamente	Conform fișei tehnice, a producătorului		
ROBINETE pentru			
Vas closet cu rezervor de spălare	0,12	1	10
Vas closet cu robinet (spălare sub presiune)	1,5	15	Minim diametrul robinetului
Mașină spălat vase, robinet	0,20	2	12
Mașină spălat rufe, robinet	0,20	2	12
Robinet dublu serviciu, 1/2"	0,25	3	Minim diametrul robinetului
Robinet dublu serviciu, 3/4"	0,42	4	Minim diametrul robinetului

5 .1.1.1.1. Calcul du débit de consommation

Debitul de calcul (Q_c) pentru conductele de rețelele de distribuție a apei în clădirile de locuit, conform (metodele A și B).

Dimensionarea conductelor de rețelele de distribuție in clădirile de locuit (apartamente, clădiri unifamiliale, înșiruite sau similar) se realizează prin utilizarea mai multor metode de calcul, funcție de zona de consum, după cum urmează:

- **Metoda A** : pentru zona de distribuție cuprinsă în interiorul apartamentului/a clădirii de locuit și pentru tronsoanele cu $U < 15$; această metodă permite determinarea directă a diametrelor minime ale conductelor, fără determinarea debitelor; pentru evaluarea debitelor de calcul se va aplica metoda B.1.
- **Metoda B** : se utilizează pentru determinarea debitelor de calcul utilizate in dimensionare; pentru zona de distribuție cuprinsă în interiorul apartamentelor/a clădirii de locuit și pentru tronsoanele cu $U < 15$, se aplică metoda B.1; pentru zona cuprinsă în afara apartamentelor/a clădirii de locuit și în zonele comune cu $U \geq 15$ se utilizează metoda B.2.

- Pour la Méthode B

- Le Calcul du débit pour le dimensionnement des conduites de distribution dans les bâtiments résidentiels.

Metoda B se aplică pentru determinarea debitului de calcul utilizat în dimensionarea conductelor de distribuție de apă amplasate în clădiri de locuit; valorile pentru determinarea lui U și Q_s se consideră din ANEXA 2.1 A.

Se diferențiază următoarele metode:

- Pentru zona de distribuție cuprinsă în interiorul apartamentelor/clădirilor de locuit și pentru tronsoanele cu $U < 15$, se aplică metoda B.1;
- Pentru zona cuprinsă în afara apartamentelor/a clădirii de locuit respectiv în zonele comune, și pentru tronsoanele cu $U \geq 15$ se utilizează metoda B.2.

Sunt necesare următoarele etape premergătoare:

Etapa 1 :

Se determină suma debitelor specifice ale tuturor armăturilor alimentate de către fiecare tronson în parte;

$$Q_{S,tot} = \sum n_i \times Q_{S,i} \quad \text{en } (\ell/s) \quad (2)$$

în care:

n_i : este numărul armăturilor de același tip, i , care asigură alimentarea cu apă;

$Q_{S,i}$: debitul specific de apă al unei armături de tip i (ℓ/s), se consider valorile din Anexa 2.1A;

$Q_{S,tot}$: debitul specific total de apă pentru un tronson, (ℓ/s);

Pentru conductele de distribuție de apă rece, se determină suma debitelor specifice pentru robinetele și bateriile alimentate cu apă; se obține $Q_{S,tot, AR}$

Etapa 2:

Se determină valoarea coeficientului de simultaneitate pentru fiecare tronson în parte, în funcție de numărul N al obiectelor sanitare alimentate de acesta:

- Coeficient de simultaneitate pentru tronsoanele de apă rece :

$$f_{AR} = \frac{0,83}{\sqrt{N-1}} \quad (3)$$

Etapa 3 :

În această etapă, se determină debitul de calcul, aplicând următoarele metode de calcul :

Metoda B.1, pentru $U < 15$:

Se determină debitele de calcul pentru fiecare tronson din distribuțiile de apă rece și caldă de consum, cu respectarea următoarelor condiții:

- Pentru tronsoanele care alimentează cu apă un singur obiect sanitar, debitul de calcul al tronsonului este egal cu debitul armăturii (bateriei sau robinetului respectiv), în l/s ; diametrul minim adoptat pentru acest tronson nu poate fi mai mic decât diametrul din ANEXA 2.1A, corespunzător armăturii respective.
- Pentru tronsoanele care alimentează mai mult de un obiect sanitar, se aplică relațiile de calcul următoare:

$$Q_{C,AR} = Q_{S,tot,AR} \times f_{AR} + 0,03 \quad \text{en } (\ell/s) \quad (4)$$

Metoda B.2, pentru $U \geq 15$:

Se aplică următoarele relații de calcul :

$$Q_{C,AR} = Q_{S,tot,AR} \times f_{AR} \quad \text{en } (\ell/s) \quad (5)$$

- Debitele specifice de apă (Q_s), unitățile de consum (U_i) și presiunea de utilizare (P_u) ale armăturilor obiectelor sanitare sunt date în ANEXA 2.1A. Valorile presiunii de utilizare din ANEXA 2.1, au caracter de recomandare și nu se impun față de valorile date în documentațiile tehnice ale producătorilor. [32]

5.2. Studiu de caz

- Estimarea debitelor probabile în funcție de numărul de locuințe și de etaje.

Acest studiu se concentrează pe estimarea debitelor probabile în funcție de numărul de locuințe și de etaje ale clădirilor, utilizând norme naționale stabilite. Pentru Algeria, au fost adaptate normele (standardele) franceze DTU 60, în timp ce calculele pentru România s-au bazat pe reglementările sale oficiale (Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 1167 bis / 6.XII.2022). Analiza se referă la clădiri cu 1 până la 10 apartamente pe etaj, până la un total de 10 etaje. Metodologia este prezentată în detaliu pentru două scenarii specifice: clădiri cu 4 apartamente pe etaj în trei orașe algeriene și clădiri cu 7 apartamente pe etaj în zona Tei-Colentina din România. Aceeași abordare este aplicată și celorlalte configurații.

5.2.1. Cazul Algeriei

În acest caz, prezentăm procedura pentru cazul a 4 apartamente/etaj pe 10 etaje.

Tablelul 5 : Debite probabile estimate pentru cazul a 4 apartamente/etaj pe 10 etaje.

Etaje		RC	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10
DESEMNARE		presiunea necesară per etapă în (m)										
		5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35
Tipul dispozitiv / apartament	Debit (ℓ/s)	Debitul de bază al dispozitivelor în funcție de tipul și numărul de apartamente (ℓ/s)										
Chiuvetă de bucătărie	0,2	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,8
Chiuvetă de baie	0,2	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,8
Duș	0,2	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,8
Cadă	0,33	1,32	2,64	3,96	5,28	6,6	7,92	9,24	10,56	11,88	13,2	14,52
Chiuvetă mică pentru mâini	0,1	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4
Mașină de spălat rufe	0,2	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,8
Toaletă cu rezervor de spălare	0,12	0,48	0,96	1,44	1,92	2,4	2,88	3,36	3,84	4,32	4,8	5,28
TOTAL	1,35	5,4	10,8	16,2	21,6	27	32,4	37,8	43,2	48,6	54	59,4
Numărul de apartamente		4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Număr de dispozitive		28	56	84	112	140	168	196	224	252	280	308
Coeficientul de simultaneitate		0,154	0,108	0,088	0,076	0,068	0,062	0,057	0,054	0,050	0,048	0,046
Q_{probabil}		0,831	1,165	1,423	1,640	1,832	2,006	2,166	2,314	2,454	2,586	2,712

- Reprezentare grafică

Așa cum se arată în Figura 4, reprezentarea grafică ilustrează variația debitului probabil (qp) în funcție de presiunea necesară pentru cazul algerian (4 apartamente/etaj).

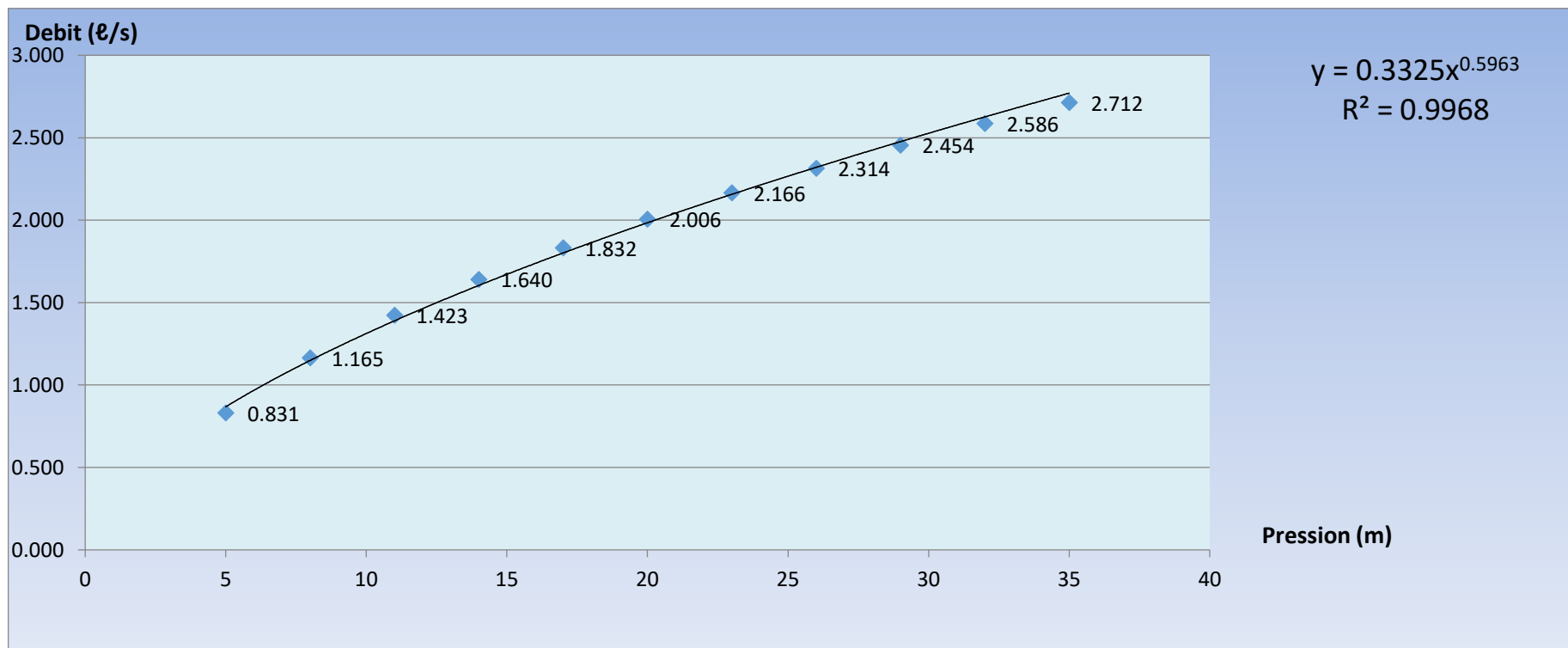


Figura 4 : Reprezentare grafică a variației debitului probabil (qp) în funcție de presiunea necesară.

5.2.2. Cazul României

În acest caz, prezentăm procedura pentru cazul a 7 apartamente/etaj pe 10 etaje.

Tabelul 6: Debite probabile estimate pentru cazul a 7 apartamente/etaj pe 10 etaje.

Etage			RC	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10
Pression de chaque niveau (m)													
DESIGNATION			5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35
Type d'appreil / Logement	Débit (ℓ/s)	Unité Ui	Débit de base des appareils selon le type et le nombre de logement ($Q_{s, tot}$) en (ℓ/s)										
Spălați vasele manual	0,2	2	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2	12,6	14	15,4
Lavoar pentru spălarea mâinilor	0,15	1,5	1,05	2,1	3,15	4,2	5,25	6,3	7,35	8,4	9,45	10,5	11,55
Duș	0,2	2	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2	12,6	14	15,4
Cadă de baie	0,25	3	1,75	3,5	5,25	7	8,75	10,5	12,25	14	15,75	17,5	19,25
Chiuveța de toaletă	0,1	1	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7	7,7
Vas closet cu rezervor de spălare	0,12	1	0,84	1,68	2,52	3,36	4,2	5,04	5,88	6,72	7,56	8,4	9,24
Mașină spălat rufe, robinet	0,2	2	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2	12,6	14	15,4
Mașină spălat vase, robinet	0,2	2	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2	12,6	14	15,4
TOTAL	1,42	14,5	9,94	19,88	29,82	39,76	49,7	59,64	69,58	79,52	89,46	99,4	109,34
Les résultats			Numărul de apartamente										
			7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77
			Numărul de dispozitive pe apartament și pe etaj										
			56	112	168	224	280	336	392	448	504	560	616
			Coeficientul de simultaneitate										
			0,112	0,079	0,064	0,056	0,050	0,045	0,042	0,039	0,037	0,035	0,033
			Debitul probabil (debitul specific total) $Q_{s, tot}$ în (ℓ/s)										
			1,112	1,566	1,915	2,210	2,470	2,705	2,921	3,122	3,311	3,489	3,659

- Reprezentare grafică

Figura 5 ilustrează relația dintre debitul probabil (qp) și presiunea necesară. Ea ilustrează, de asemenea, variația debitelor probabile conform normelor românești (7 apartamente/etaj), confirmând cererea crescătoare la etajele superioare.

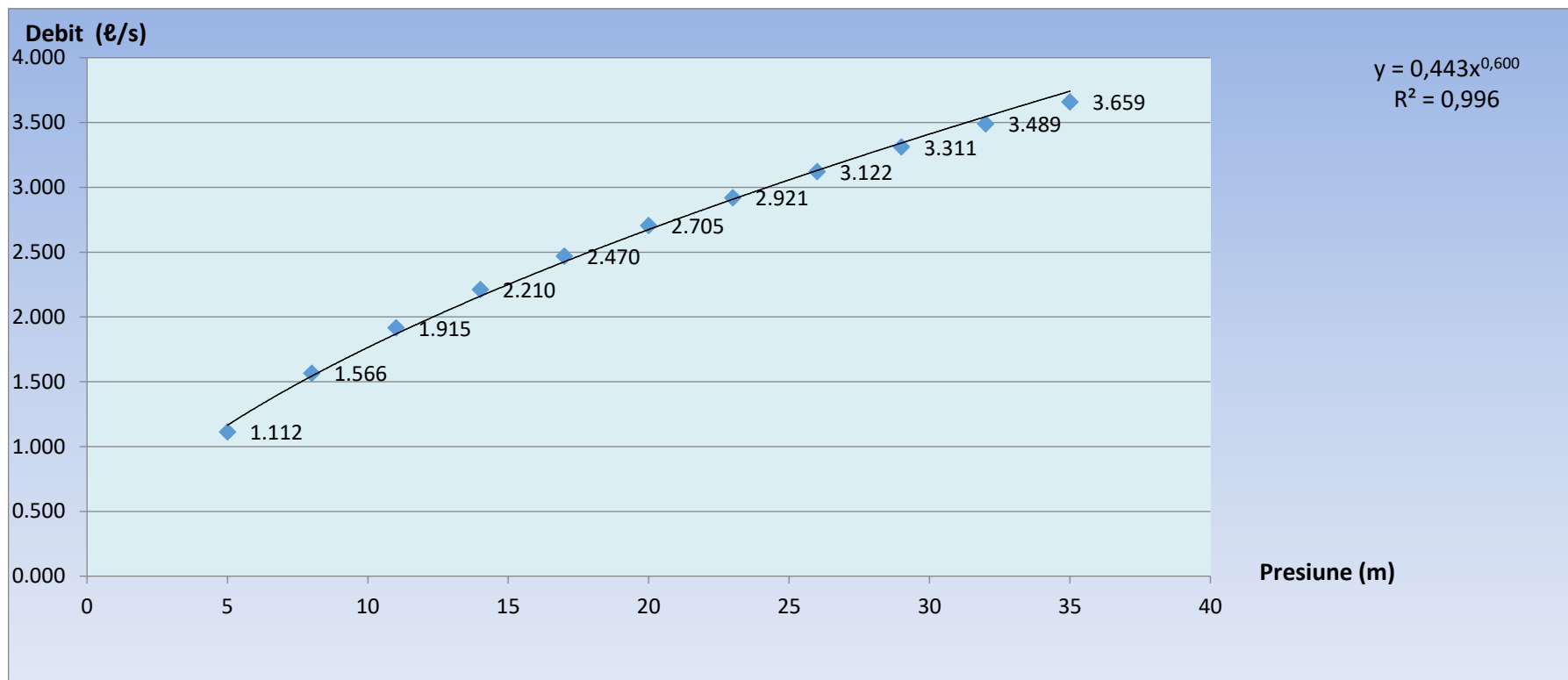


Figura 5 : Reprezentare grafică a variației debitului probabil (qp) în funcție de presiunea necesară.
(Cazul a 7 apartamente/etaj pe 10 etaje)

5.3. Rezultate și discuții

În contextul căutării coeficientului de debit (C) și a coeficientului de presiune (γ) aferente formulei emițătorului (1), după un studiu pe două cazuri, și anume Algeria și România, rezultatele obținute prin intermediul următoarelor două tabele (7) și (8):

5.3.1 Cazul Algeriei

Coeficienții determinați pentru Algeria sunt prezentați în tabelul 6, care arată variația coeficientului de debit C în funcție de numărul de apartamente pe etaj.

Tabelul 7 : Coeficienții adoptați (Cazul Algeriei).

Desemnare	forma ecuației	Coeficienți	
	$q = c p^\gamma$	c	γ
1 apartament/etaj pe 10 etaje	$y = 0,176 x^{0,600}$	0,176	0,600
2 apartament/etaj pe 10 etaje	$y = 0,242 x^{0,600}$	0,242	0,600
3 apartament/etaj pe 10 etaje	$y = 0,292 x^{0,600}$	0,292	0,600
4 apartament/etaj pe 10 etaje	$y = 0,334 x^{0,600}$	0,334	0,600
5 apartament/etaj pe 10 etaje	$y = 0,370 x^{0,600}$	0,370	0,600
6 apartament/etaj pe 10 etaje	$y = 0,403 x^{0,600}$	0,403	0,600
7 apartament/etaj pe 10 etaje	$y = 0,432 x^{0,600}$	0,432	0,600
8 apartament/etaj pe 10 etaje	$y = 0,460 x^{0,600}$	0,460	0,600
9 apartament/etaj pe 10 etaje	$y = 0,486 x^{0,600}$	0,486	0,600
10 apartament/etaj pe 10 etaje	$y = 0,510 x^{0,600}$	0,510	0,600

Relația dintre coeficientul C și numărul de apartamente este prezentată în Figura 6 (cazul Algeriei).

- Reprezentare grafică :

$C = f(N)$ Această curbă reprezintă variația coeficientului C în funcție de numărul de apartamente pe etaj.

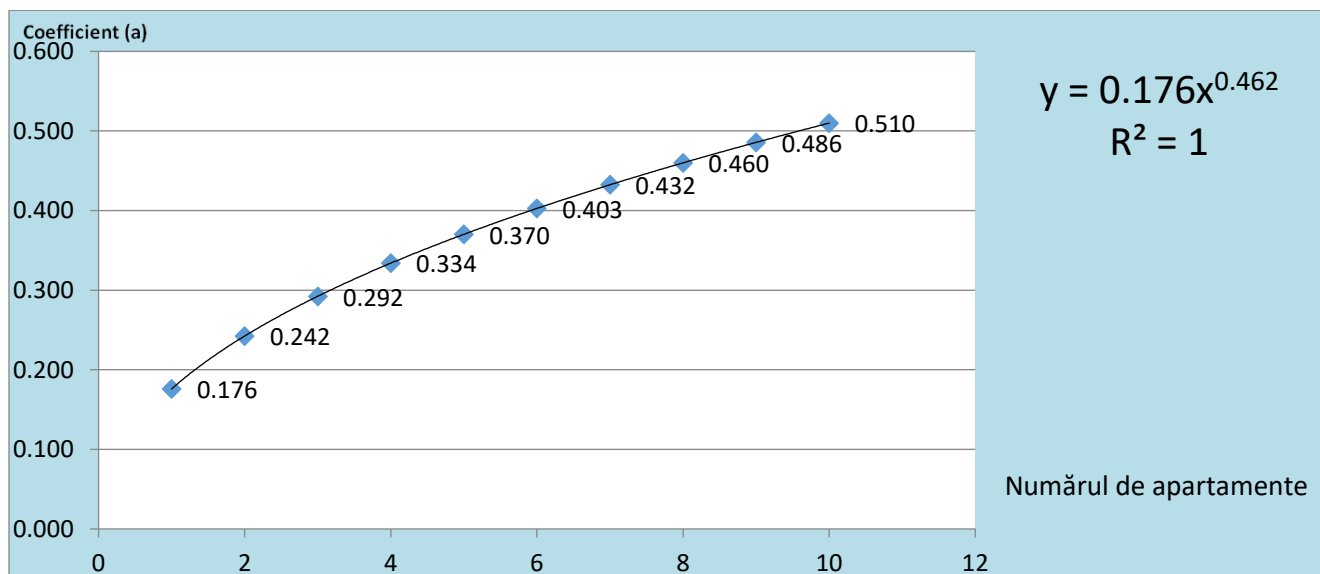


Figura 6 : Curba care prezintă variația coeficientului C în funcție de numărul de locuințe pe etaj.

Curba ecuației : $y = 0,176 x^{0,462}$

5.3.2. Cazul României

După cum se arată în tabelul 8, coeficienții adoptați de România indică, de asemenea, valori consistente ale exponenților de presiune, cu mici diferențe în C față de Algeria.

Tableau 8: Coeficienții adoptați (Cazul României).

Designation	forme de l'equation	Coefficients	
	$q = c \cdot p^\gamma$	C	γ
1 logt/etage sur 10 etage	$y = 0,178x^{0,600}$	0,178	0,600
2 logt/etage sur 10 etage	$y = 0,246x^{0,600}$	0,246	0,600
3 logt/etage sur 10 etage	$y = 0,297x^{0,600}$	0,297	0,600
4 logt/etage sur 10 etage	$y = 0,340x^{0,600}$	0,340	0,600
5 logt/etage sur 10 etage	$y = 0,377x^{0,600}$	0,377	0,600
6 logt/etage sur 10 etage	$y = 0,411x^{0,600}$	0,411	0,600
7 logt/etage sur 10 etage	$y = 0,442x^{0,600}$	0,442	0,600
8 logt/etage sur 10 etage	$y = 0,470x^{0,600}$	0,470	0,600
9 logt/etage sur 10 etage	$y = 0,497x^{0,600}$	0,497	0,600
10 logt/etage sur 10 etage	$y = 0,522x^{0,600}$	0,522	0,600

La relation entre le coefficient C et le nombre d'appartements est représenté à la figure 7 (cas de la Roumanie).

- Représentation graphique : $C = f(N)$

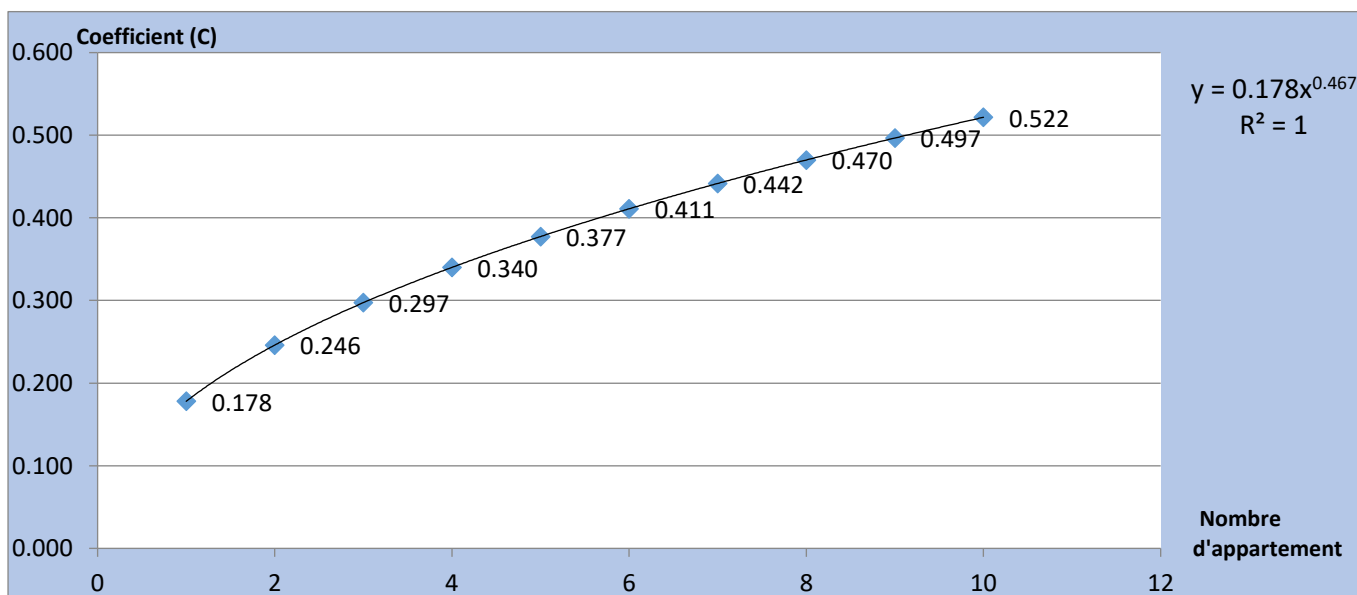


Figure 7. Courbe de variation du coefficient (C) en fonction du nombre d'appartements par étage
 Courbe de l'équation: $y = 0.178 x^{0.467}$.

5.4. Concluzie

Acest capitol a inclus un studiu privind determinarea coeficienților care trebuie introduși (introduși) în programul de calcul pentru a efectua o analiză bazată pe variațiile debitului în funcție de presiunea disponibilă la noduri pentru diversele standarde în vigoare.

Dans cette étude, nous avons observé et observé sur les courbes :

- Din punct de vedere matematic

Acesta este un model de regresie neliniară. Acest tip de regresie este un model de putere de forma: $y = a \cdot x^b$

Aceasta a necesitat determinarea variabilelor (a și b), care reprezintă coeficienții ce trebuie introduși sau capturați în alt mod în program (Epanet 2.2).

Obiectivul principal al acestui raport a fost determinarea coeficienților pentru ecuația de forma : $q = c p^\gamma$, care reprezintă ecuația debitului emițătorului în funcție de presiunea la nod. Unde q : este debitul, p : este presiunea, C : este coeficientul de debit, și γ este exponentul presiunii.

- Pentru a face acest lucru, am adoptat metodologia prezentată anterior pentru calcularea debitului probabil pentru două cazuri (Algeria și România).

Prin adoptarea acestei metodologii, am reușit să dezvoltăm coeficienții (a) și (b) relativ la ecuația de forma matematică: $y = a x^b$ pentru fiecare caz.

Observăm că diferența dintre cele două formule este minimă, ceea ce se datorează tipului de echipamente utilizate de gospodăriile atât din Algeria, cât și din România.

Același lucru este valabil și atunci când ne uităm la tabelele de debite de bază, conform standardului francez NF DTU 60.11P1-1. și standardelor romane (monitorul oficial al româniei, partea i, nr. 1167 bis/6.xii.2022) și standardului (STAS 1478-90).

Il existe une légère différence dans les débits estimés dans les immeubles, par exemple pour (lavabo les normes française : 0.20 l/s iar standardul roman este de 0.15 l/s în timp ce pentru căzi de baie, standardul este de 0.33 l/s față de 0.25 l/s).

Același lucru se poate observa și în cazul formulei de calcul a coeficientului de simultaneitate, având în vedere că în România formula este următoarea : $f_{AR} = \frac{0,83}{\sqrt{N-1}}$; În timp ce formula

utilizată în Algeria se bazează pe standardele franceze, care sunt: $K = \frac{0,8}{\sqrt{x-1}}$

Această mică diferență între cele două constante (0,8 în standardele franceze) și (0,83 în standardele romane) este:

- Diferența dintre 0,83 și 0,8 provine din date experimentale și analize efectuate în fiecare țară privind modul în care sunt utilizate instalațiile sanitare.

- România a adoptat coeficientul de 0,83 pe baza studiilor locale privind frecvența de utilizare și distribuția consumului de apă.

- Franța a adoptat coeficientul de 0,8 pe baza propriilor observații privind utilizarea instalațiilor.

- În plus, diferența dintre aceste două constante se datorează probabil mai multor factori:
 - Tipologia clădirilor: În România și Franța, utilizarea instalațiilor sanitare poate varia în funcție de tipul clădirii (rezidențială, hotelieră, industrială..... etc.).
 - Obiceiuri de consum: În funcție de stilul de viață, frecvența și durata de utilizare a punctelor de consum de apă pot diferi între cele două țări.
 - Siguranța proiectării: Coeficientul ușor mai mare din România (0,83 față de 0,8) poate indica o abordare mai conservatoare, oferind o marjă de siguranță mai mare pentru proiectarea instalațiilor.

În cele din urmă, diferența dintre cei doi coeficienți este relativ mică (0,83 față de 0,8), dar reflectă particularitățile naționale în ceea ce privește consumul de apă și filosofia de proiectare a instalațiilor sanitare. România adoptă o valoare ușor mai mare, probabil din motive de siguranță și pentru a se adapta cerințelor specifice ale infrastructurii locale.

6. comparație între analiza pe baza de debit și analiza pe baza de presiune pentru un sistem de distribuție al apei care deservește un număr de locuitori.

În acest capitol, coeficienții calculați și deduși în cel de-al doilea raport au fost aplicați diferitelor categorii de consumatori și a fost realizat un studiu de caz comparativ cu cele două analize de calcul utilizate în prezent în EPANET 2.2. Pentru analiza bazată pe presiune, au fost utilizați coeficienții de variație a debitului definiți în capitolul al doilea. Au fost studiate și diferențele observate în funcție de amplasarea orașului în cele două țări.

6.1. Simulare hidraulică și metode de analiză

În general, folosim două abordări pentru modelarea hidraulică în EPANET: analiza bazată pe cerere (DDA) și analiza bazată pe presiune (PDA). Metodologia de identificare a amplasamentelor de distribuție bazată pe model a fost testată în patru orașe algeriene și un oraș românesc în scenarii de distribuție din lumea reală. Rețelele de distribuție a apei din aceste orașe acoperă întreaga zonă urbană, iar populațiile lor sunt enumerate în Tabelul 9 de mai jos.

Tabelul 9. Numărul de locuitori din fiecare oraș.

orașele populație	N'gaous	Ras El Aioun	Noul oraș Massinissa	Tei-Colentina
	33619	19850	40 000	40 000

În aceste figuri, simularea a fost efectuată pentru două cazuri: analiza bazată pe cerere (DDA) și analiza bazată pe presiune (PDA). Parametrii definiți anterior au fost integrați în modelul numeric al cazului PDA la nivelul nodurilor corespunzătoare tipului de clădire pe care o deservește.

Din câte știm, clădirile din orașele algeriene studiate au fiecare câte cinci etaje (parter + patru etaje superioare) și conțin câte patru apartamente pe etaj. În schimb, clădirile din orașul Tei-Colentina, România, au în general unsprezece etaje (parter + 10 etaje superioare) și conțin șapte apartamente pe etaj, așa cum s-a explicat anterior.

Astfel, parametrii introduși în modelele numerice pentru fiecare oraș sunt următorii:

- Pentru cele patru orașe din Algeria, valorile s-au bazat pe ecuația obținută din Tabelul 10.

Tabelul 10. Coeficienții determinați pentru cazul Algeriei.

Desemnare	Forma ecuației	Coeficienți	
		c	γ
4 apartamente / etaj pe 10 etaje	$q = c \cdot p^\gamma$ $q = 0,334 p^{0,6}$	0,334	0,6

- Pentru orașul Tei-Colentina din România, valorile au fost calculate pe baza ecuației prezentate în Tabelul 11.

Tabelul 11. Coeficienții determinați pentru cazul României.

Designation	Forma ecuației	Coeficienți	
		c	γ
7 apartamente / etaj pe 10 etaje	$q = c \cdot p^\gamma$ $q = 0,442 p^{0,6}$	0,442	0,6

6.2. Simulare și analiză pentru orașe

6.2.1. Analiză pentru orașul N'gaous

6.2.1.1. DDA (Analiza bazată pe debit)

După cum se arată, rețeaua de distribuție a apei din orașul N'gaous a fost simulată folosind condiții de analiză bazată pe cerere (DDA). Figura 8 ilustrează distribuția presiunii și debitul rezultat, în timp ce Figura 9 prezintă rezultatele presiunii și vitezei.

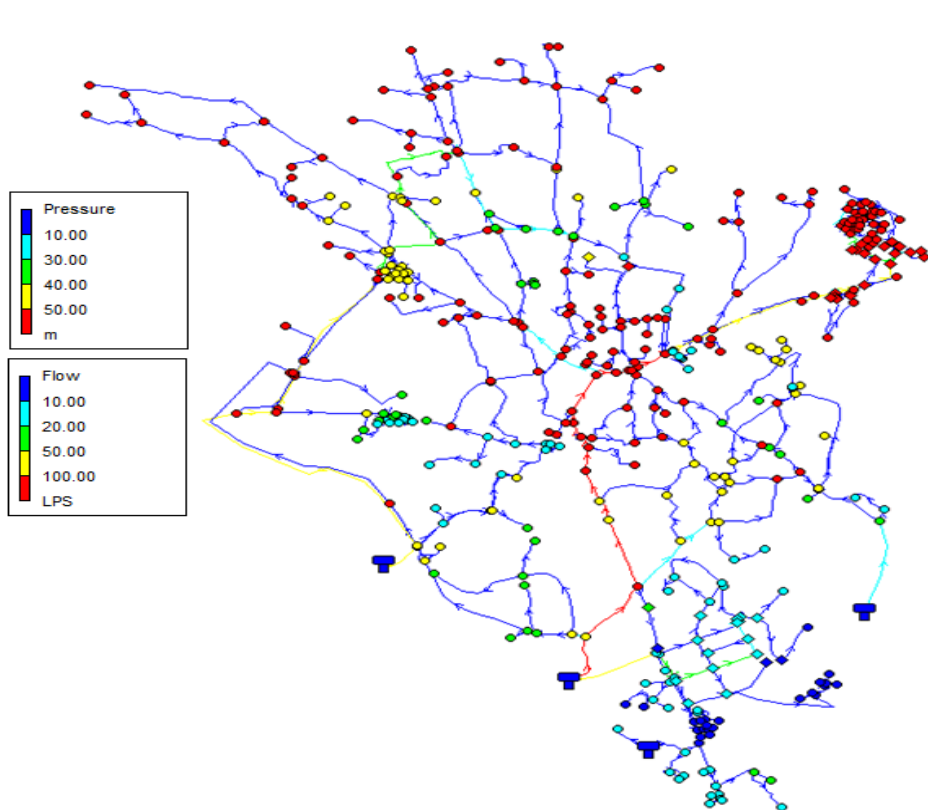


Figura 8. Rețeaua de distribuție a apei din orașul N'gaous, simulare: Presiune – debit.

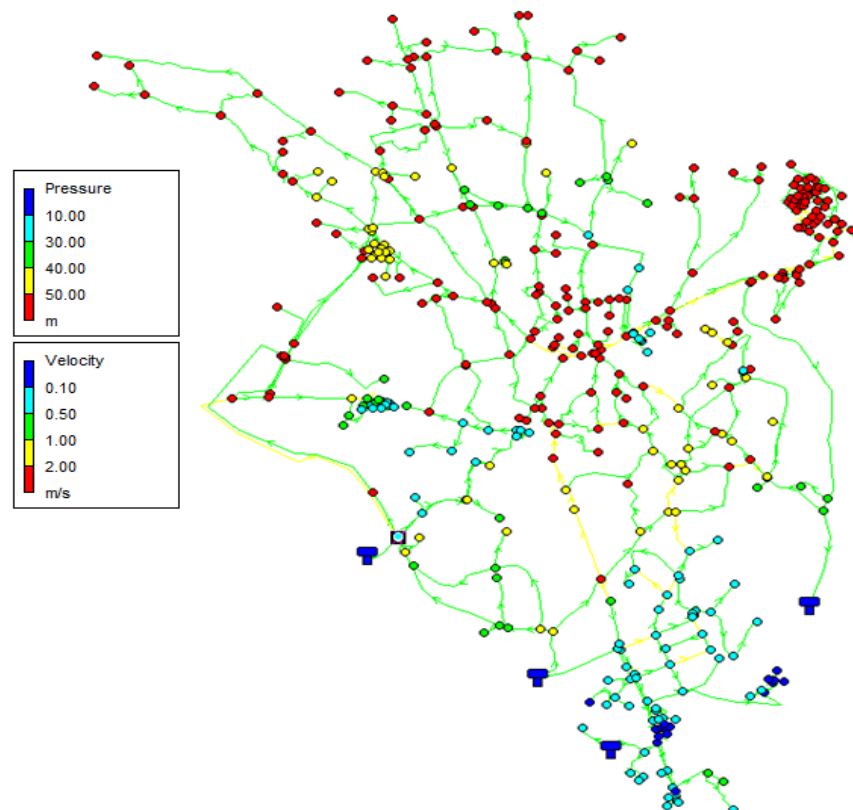


Figura 9. Rețeaua de distribuție a apei din orașul N'gaous, simulare: Presiune – viteză.

6.2.1.2. PDA (Analiza bazată pe presiune)

După cum se arată, rețeaua de distribuție a apei din orașul N'gaous a fost simulată folosind condiții de analiză bazată pe presiune (PDA). Figura 10 ilustrează distribuția presiunii și debitul rezultat, în timp ce Figura 11 prezintă rezultatele presiunii și vitezei.

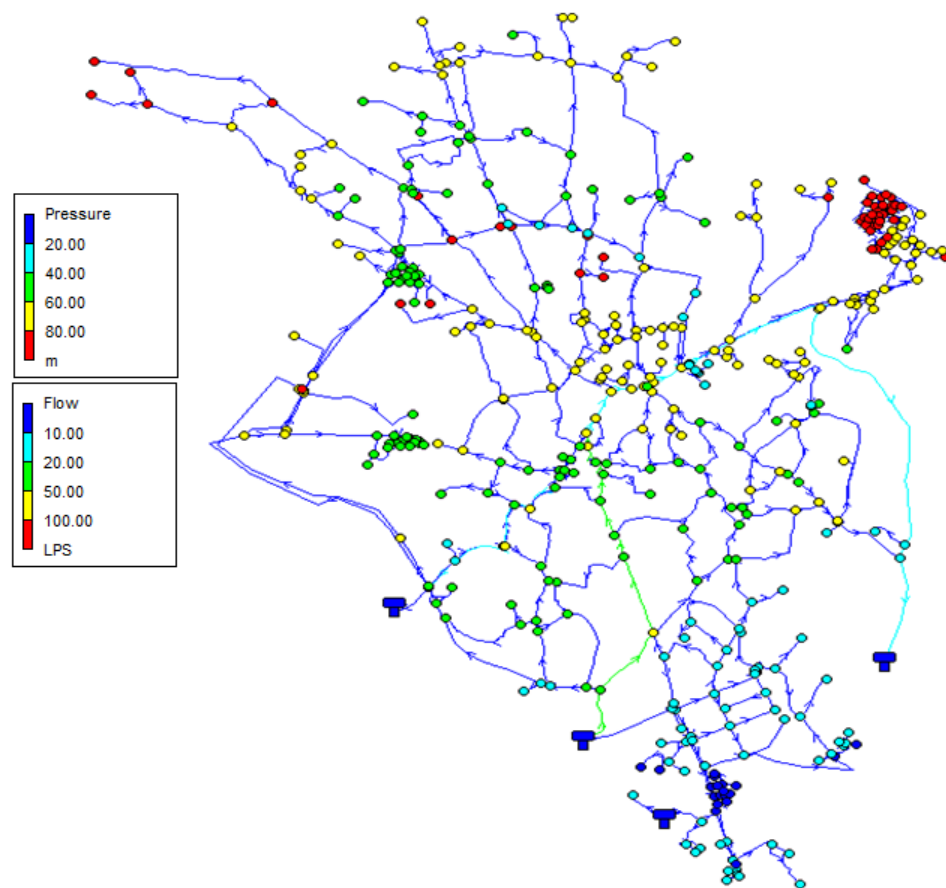


Figura 10. Rețeaua de distribuție a apei din orașul N'gaous, simulare: Presiune – debit.

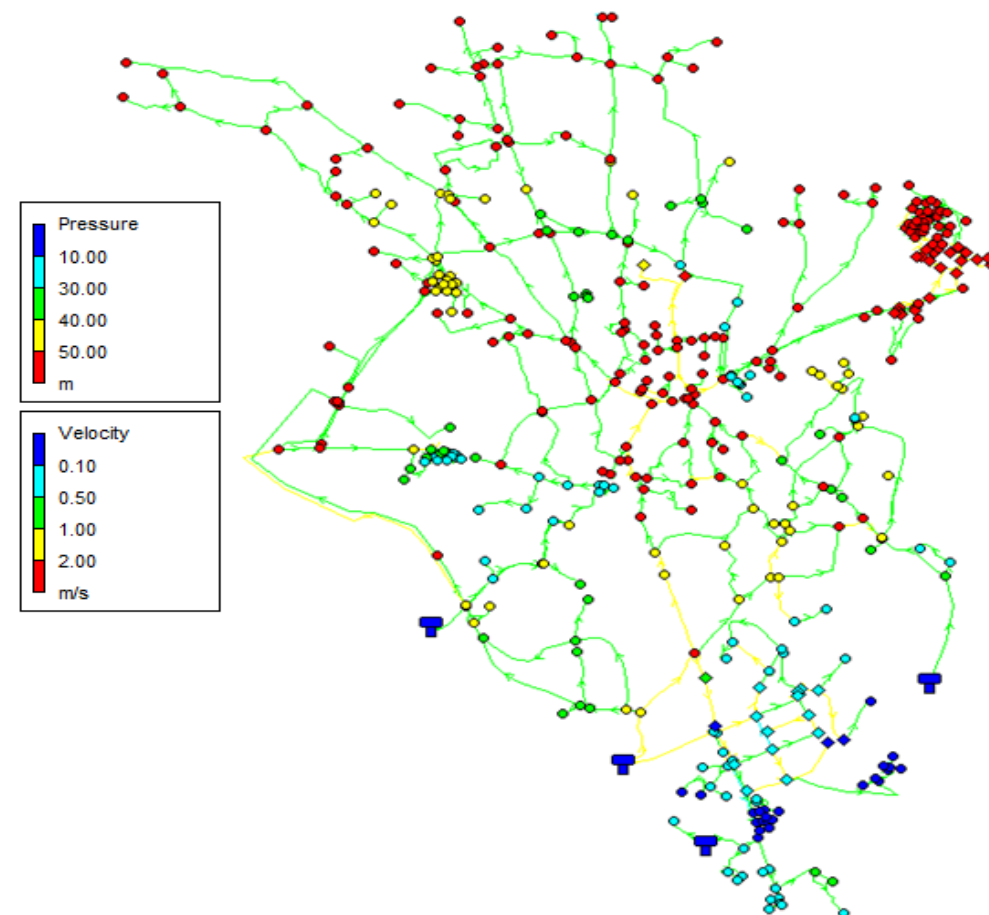


Figura 11. Rețeaua de distribuție a apei din orașul N'gaous, simulare: Presiune – viteză.

6.2.2. Analiza pentru orașul Ras El Aioun

6.2.2.1. DDA (Analiza bazată pe debit)

După cum se arată, rețeaua de distribuție a apei din orașul Ras El Aioun a fost simulată folosind condiții de analiză bazată pe cerere (DDA). Figura 12 ilustrează distribuția presiunii și debitul rezultat, în timp ce Figura 13 prezintă rezultatele presiunii și vitezei.

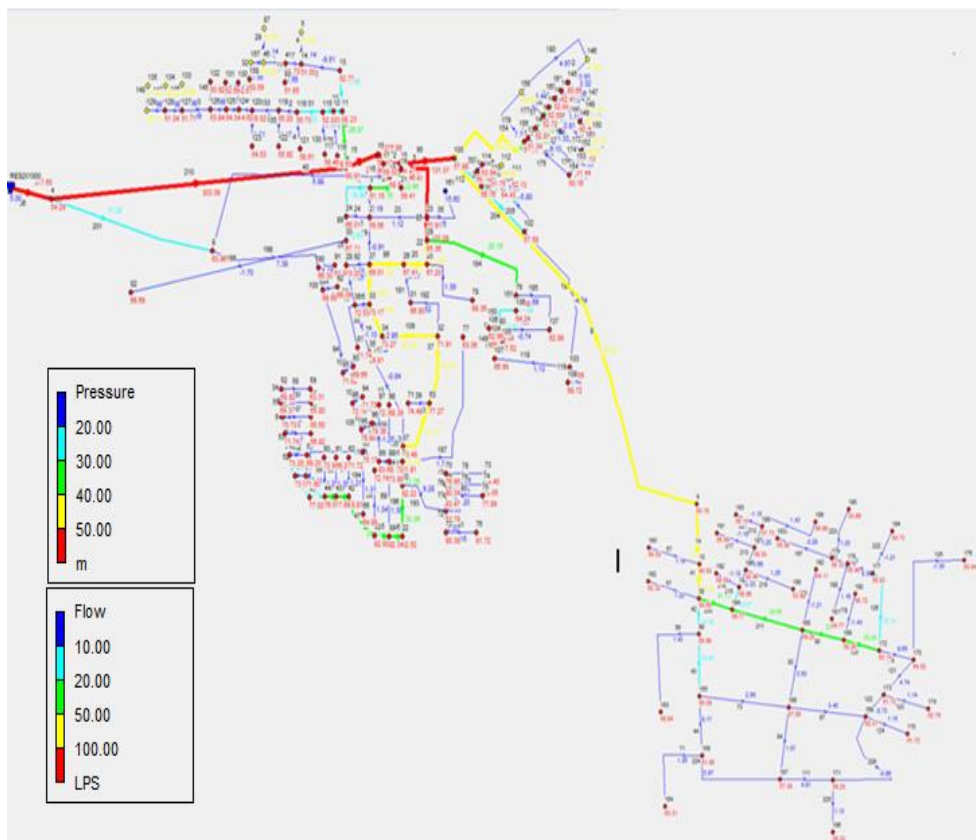


Figura 12. Rețeaua de distribuție a apei din orașul Ras El Aioun, simulare: Presiune – debit.

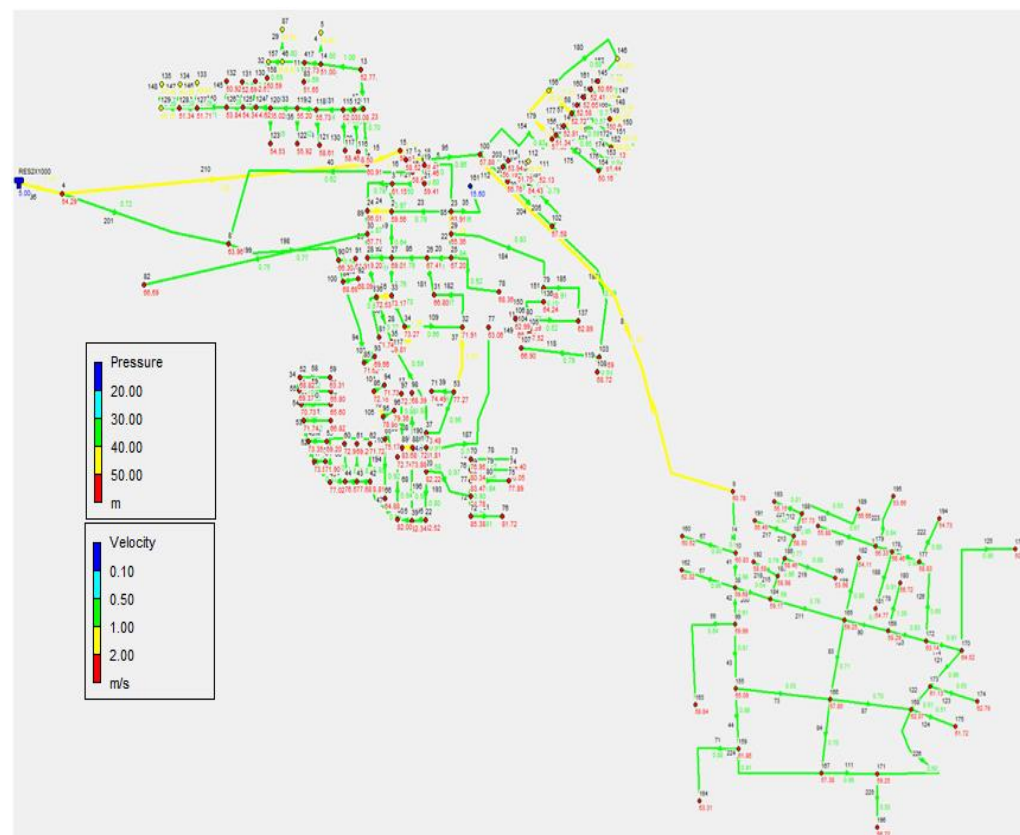


Figure 13. Rețeaua de distribuție a apei din orașul Ras El Aioun, simulare: Presiune – viteză.

6.2.2.2. PDA (Analiza bazată pe presiune)

După cum se arată, rețeaua de distribuție a apei din orașul Ras El Aioun a fost simulată în condiții de analiză bazată pe presiune (PDA). Figura 14 prezintă distribuția presiunii și debitul rezultat, în timp ce Figura 15 prezintă rezultatele presiunii și vitezei.

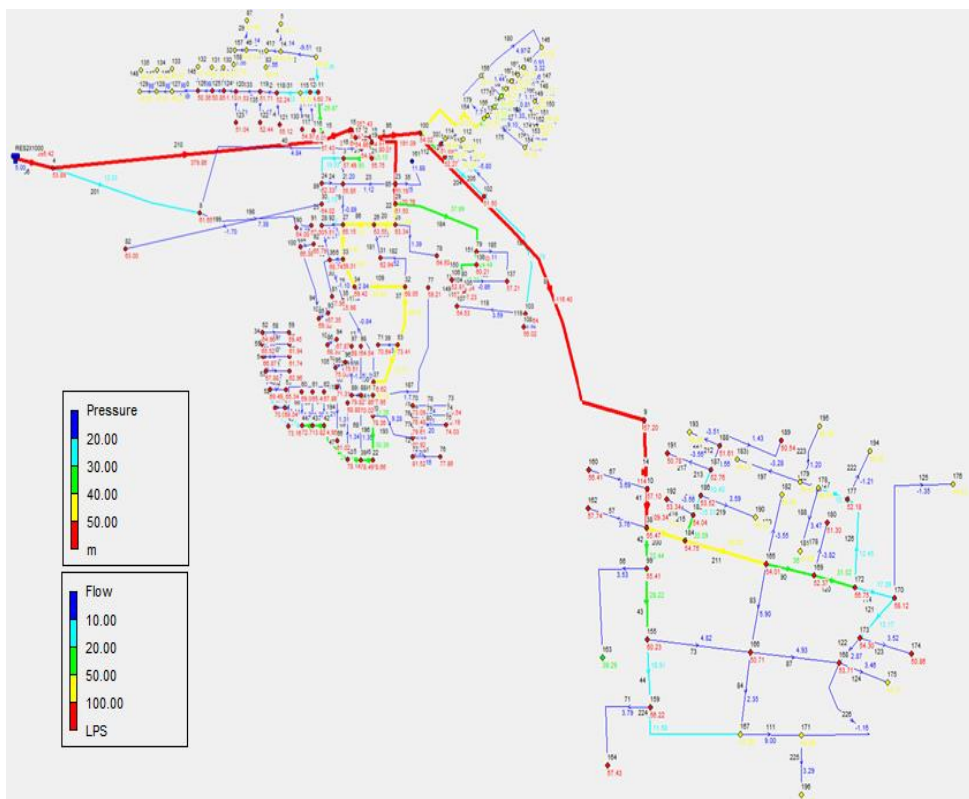


Figura 14. Rețeaua de distribuție a apei din orașul Ras El Aioun, simulare: Presiune – debit.

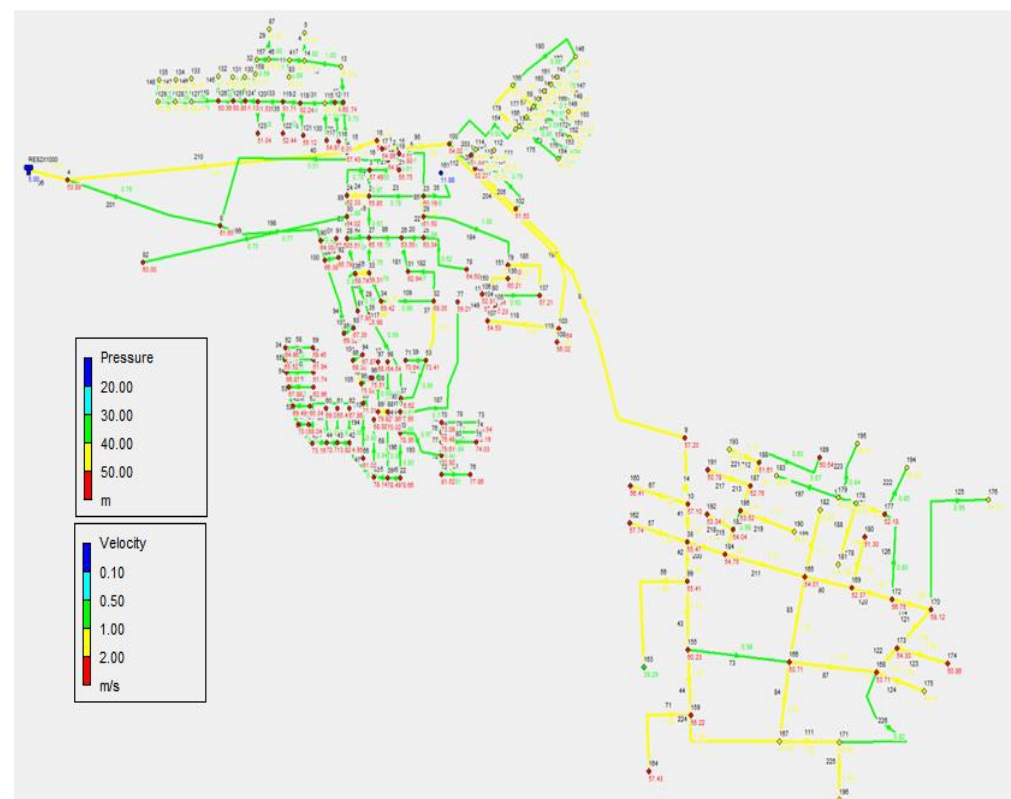


Figura 15. Rețeaua de distribuție a apei din orașul Ras El Aioun, simulare: Presiune – viteză.

6.2.3. Analiza pentru noul oraş Massinissa

6.2.3.1. DDA (Analiza bazată pe cerere)

După cum se arată, reţeaua de distribuţie a apei din noul oraş Massinissa a fost simulată folosind condiţii de analiză bazată pe cerere (DDA). Figura 16 prezintă distribuţia presiunii şi debitul rezultat, în timp ce Figura 17 prezintă rezultatele presiunii şi vitezei.

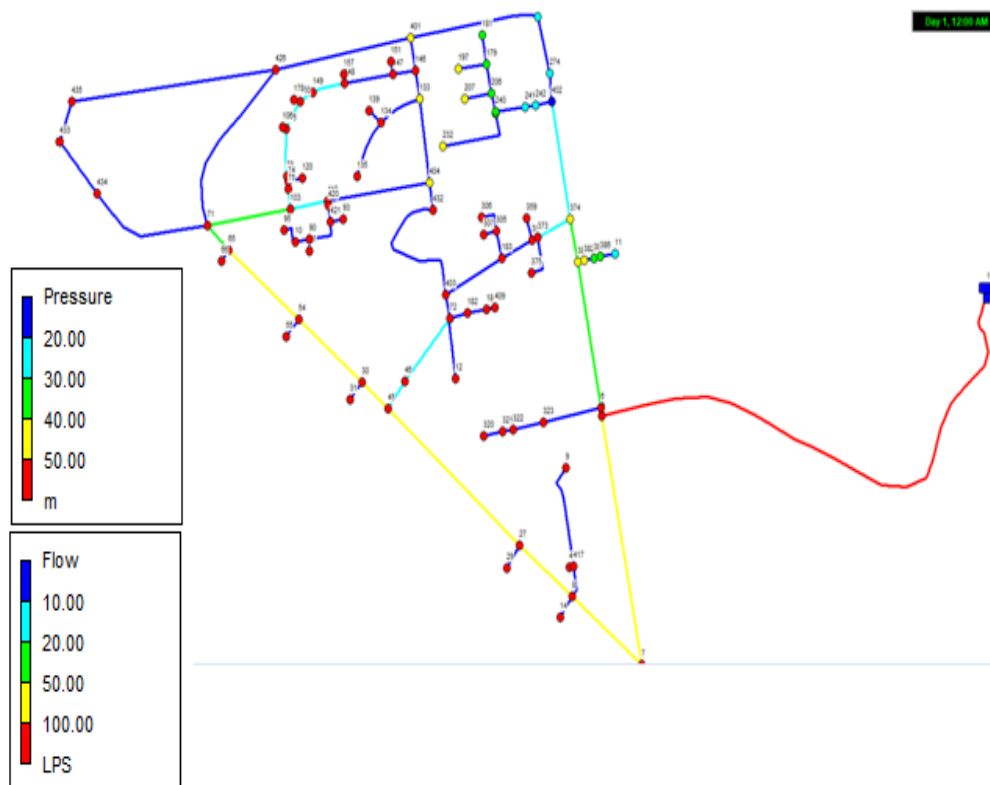


Figura 16. Reţeaua de distribuţie a apei din oraşul Massinissa, simulare: Presiune – debit.

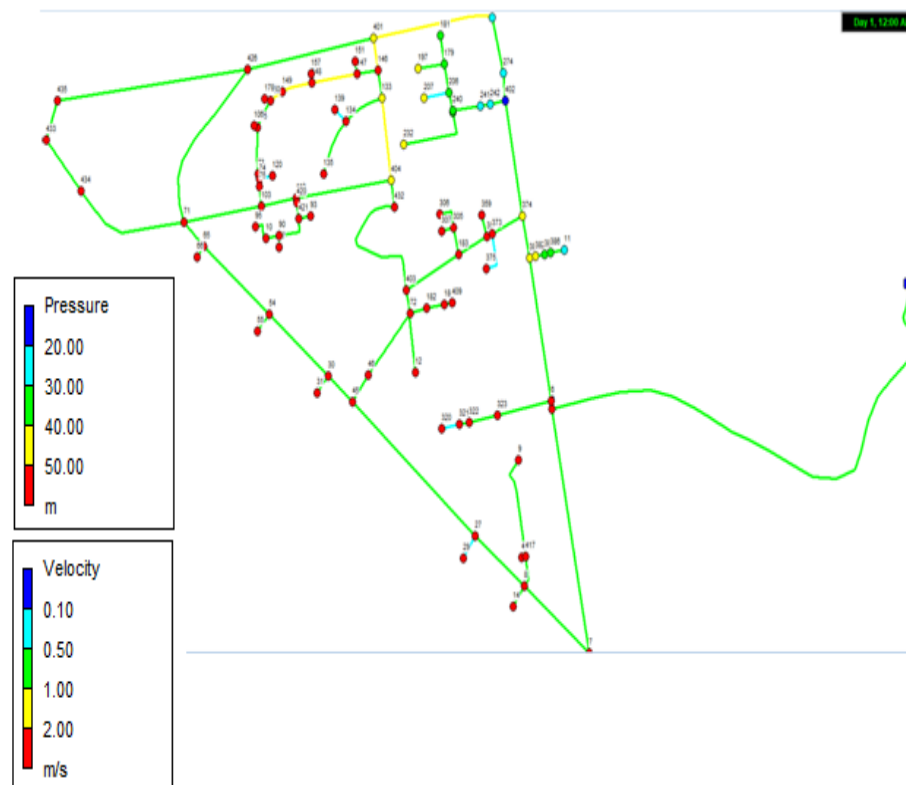


Figura 17. Reţeaua de distribuţie a apei din oraşul Massinissa Simulare: Presiune – viteză.

6.2.3.2. PDA (Analyse basée par la pression)

Comme représenté, le réseau de distribution d'eau de la nouvelle ville de Massinissa a été simulé dans des conditions d'analyse par pression (PDA). La figure 18 montre la distribution de pression et le débit résultant, tandis que la figure 19 présente les résultats de pression et de vitesse.

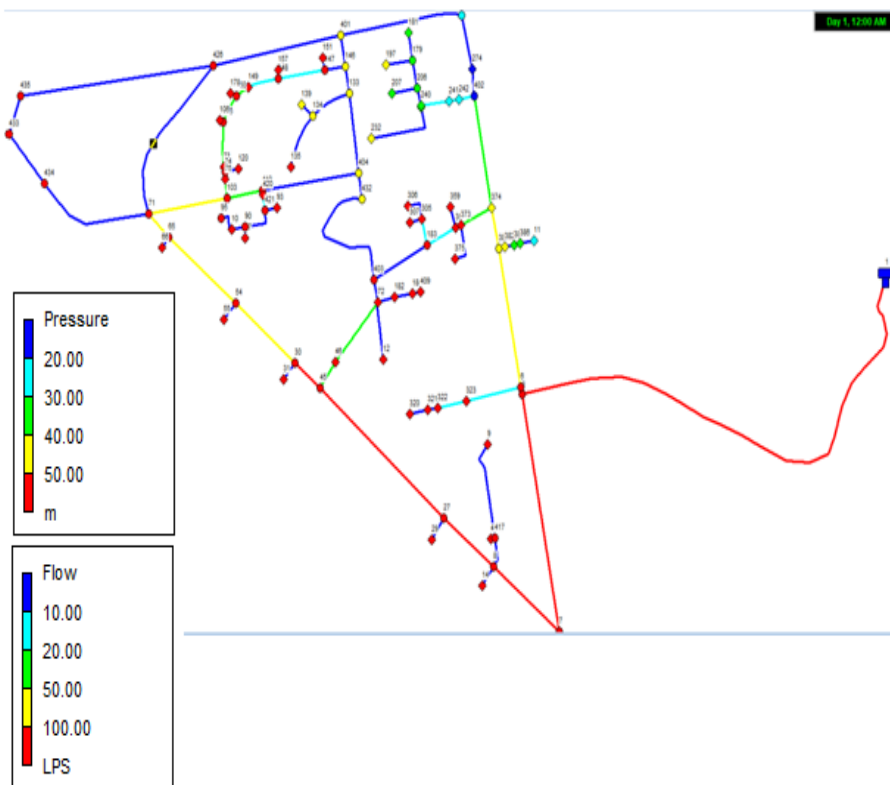


Figura 18. Rețeaua de distribuție a apei din orașul, Massinissa, simulare: Presiune – debit.

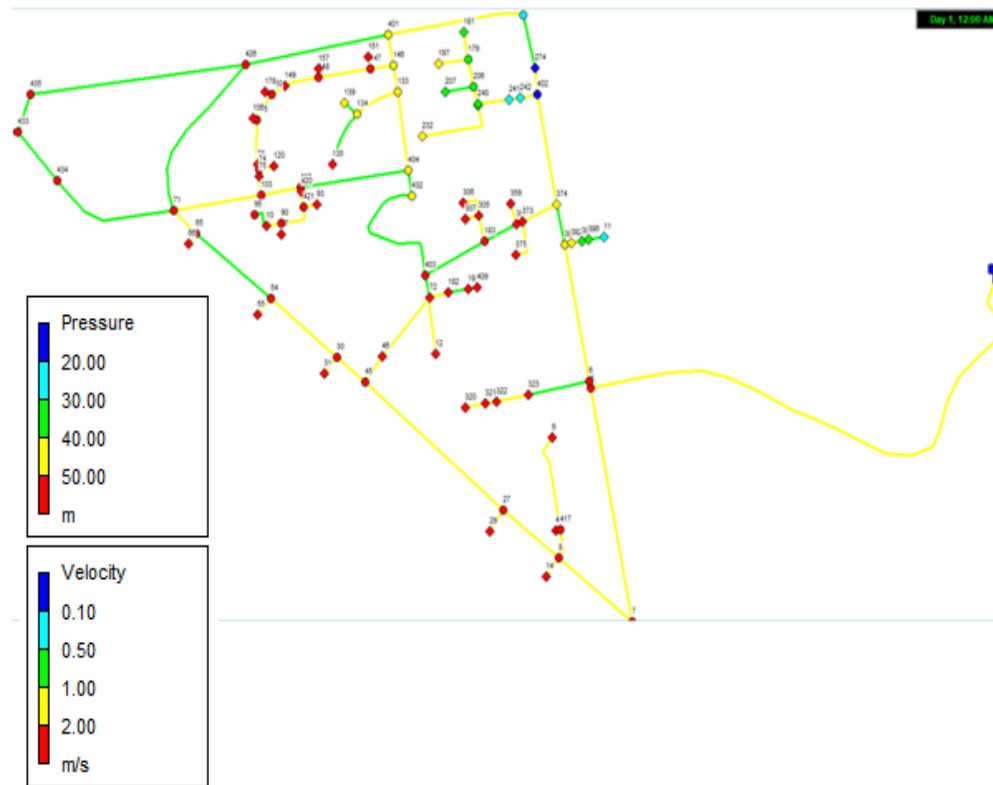


Figura 19. Rețeaua de distribuție a apei din orașul, Massinissa, simulare: Presiune – viteză.

6.2.4. Analiza pentru orașul Tei-Colentina (București)

6.2.4.1. DDA (Analiza bazată pe debit)

După cum se arată, rețeaua de distribuție a apei din orașul Tei-Colentina a fost simulată folosind o analiză bazată pe cerere (DDA). Figura 20 ilustrează distribuția presiunii și debitul rezultat, în timp ce Figura 21 prezintă rezultatele presiunii și vitezei.

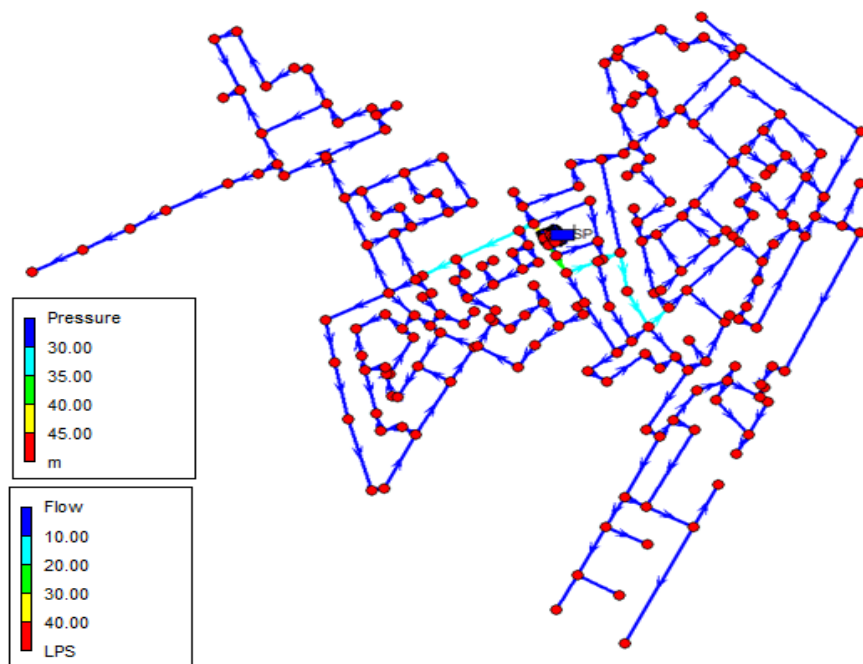


Figura 20. Rețeaua de distribuție a apei din orașul Tei-Colentina, simulare: Presiune – debit.

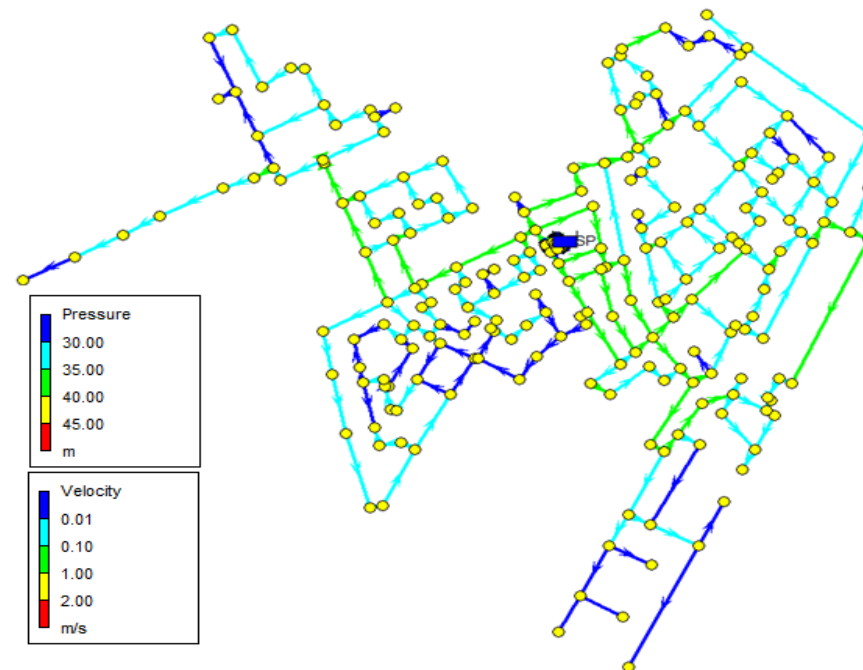


Figura 21. Rețeaua de distribuție a apei din orașul, Tei - Colentina, simulare: Presiune – viteză.

6.2.4.2. PDA (Analiza bazată pe presiune)

După cum se arată, rețeaua de distribuție a apei din orașul Tei-Colentina a fost simulată folosind condiții de analiză bazată pe presiune (PDA). Figura 22 ilustrează distribuția presiunii și debitul rezultat, în timp ce Figura 23 prezintă rezultatele presiunii și vitezei.



Figure 22. Rețeaua de distribuție a apei din orașul, Tei-Colentina, simulare: Presiune – debit.

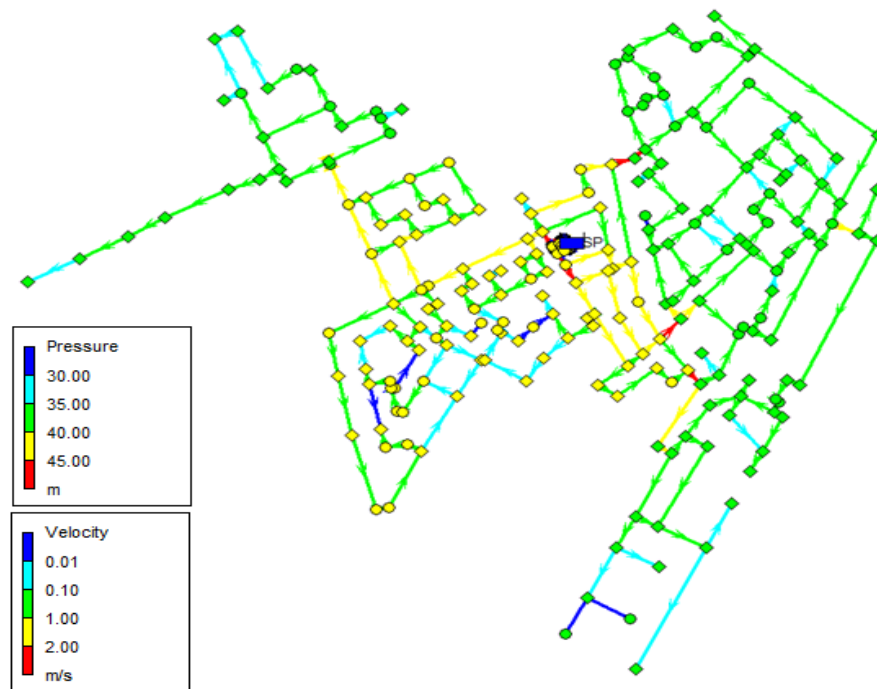


Figure 23. Rețeaua de distribuție a apei din orașul, Tei-Colentina, simulare: Presiune – viteză.

6. 3. Rezultate și discuții

6. 3. 1. Rezultatele simulării pe orașe

6. 3. 1.1. Orașul N'gaous

Probleme detectate	Îmbunătățiri sugerate
Presiune insuficientă la altitudine și la capătul rețelei	(Diametru prea mic → pierderi de presiune)
	Reechilibrarea zonelor de aprovizionare prin sectorizarea rețelei.

• **Analiza bazată pe debit DDA (Demand Driven Analysis):**

- Presiunile sunt relativ mari, variind între 14 și 66 m, iar toate cererile sunt satisfăcute integral, așa cum se arată în figurile (8) și (9).
- Acest lucru poate părea ideal, dar nu reflectă realitatea în cazul unei scăderi de presiune sau al supraîncărcării rețelei.

• **Analiză bazată pe presiune PDA (Pressure Driven Analysis) :**

- Rezultatele arată o presiune mai realistă în zonele de mare altitudine sau la capetele rețelei, așa cum se arată în Figurile (10) și (11).
- La unele noduri, cererea este satisfăcută doar parțial, iar debitele variază mai mult.
- Se observă o pierdere treptată a presiunii, dezvăluind puncte slabe din rețea.

6.3.1.2. Orașul Ras El Aioun

Problemă detectată	Îmbunătățiri sugerate
Zone cu debit insuficient în perioadele de consum ridicat.	- Construcția unui rezervor de echilibrare.
	- Consolidată și secționată plasa rețelei pentru a evita zonele terminale izolate.

• **DDA Analiză bazată pe debit (Demand Driven Analysis):**

- Presupoziție: Toate cererile sunt satisfăcute, indiferent de presiune.
- Presiuni relativ ridicate, de exemplu, de la 54,29 m la 65,15 m, la noduri, așa cum se arată în Figurile (12) și (13).

• **PDA (Analiza bazată pe presiune) :**

- Presiuni puțin mai mici decât cele din analiza DDA.
- Permite observarea zonelor în care presiunea este insuficientă pentru a satisface cererea. Așa cum se arată în figurile (14) și (15).

6. 3.1.3. Noul oraș Massinissa

Problemă detectată	Îmbunătățiri sugerate
Bazându-se în mare măsură pe un singur rezervor.	- Instalarea de reductoare de presiune în zonele de înaltă presiune.
	- Instalați un sistem de rezervă în cazul în care linia principală este închisă.

- **Analiza DDA:**

- Pe baza datelor stabile din figurile (16) și (17), sunt luate în considerare toate interogările consumate.

- **Analiza PDA:**

- Unele solicitări sunt parțial satisfăcute.

- Presiunea scade ușor în anumite puncte, reflectând constrângerile reale ale rețelei.

După cum se arată în Figurile (18) și (19).

6. 3. 1.4. Zona rezidențială Tei-Colentina

Problemă detectată	Îmbunătățiri sugerate
Rețeaua de clădiri este complexă din cauza (clădirilor înalte), aici presiunea este variabilă.	- Instalarea pompelor de presiune în clădiri
	- Control dinamic al presiunii cu instalarea de reductoare de presiune.

- **Analiza DDA :**

- Oferă rezultate optimiste: se presupune că cererea este pe deplin satisfăcută. După cum se arată în figurile (20) și (21).

- **Analiza PDA :**

- Figurile (22) și (23) evidențiază zonele critice de joasă presiune (de exemplu, presiuni de aproximativ 15 m).

- modelare mai bună a impactului pompelor, pierderilor de presiune și topografiei urbane.

Aceste rezultate permit o comparație între cele două analize (DDA) și (PDA), așa cum se arată în Tabelul 8 de mai jos:

Tabelul 12. Comparație între DDA și PDA.

Criterii	DDA (Demand Driven Analysis)	PDA (Pressure Driven Analysis)
Presupunere	Cererea este întotdeauna satisfăcută, indiferent de presiune.	Debitul depinde de presiunea disponibilă.
Utilizare	Caz normal de funcționare	Condiții anormale de funcționare: scurgeri, incendiu, defecțiune.
Fiabilitate în cazuri critice	Scăzut (poate genera presiuni negative)	Ridicat (ține cont de degradarea reală)
Rezoluție	Ecuatii de continuitate și de buclă (rețea).	Bazat pe DDA cu adăugarea relației presiune-debit.
Presiunea estimată	În general supraestimat	Mai realist, în special în zonele joase sau la marginea rețelei.
Debit estimat	Fixă (constantă) în toate cazurile.	Variază în funcție de presiune
Dimensionarea rețelei	Mai puțin conservator (subestimează nevoile reale)	Mai conservator și realist (infrastructură mai bine adaptată)

Analiza comparativă a celor patru rețele urbane arată că :

- Metodele tradiționale (DDA) pot supraestima performanțele reale ale rețelelor, în special în condiții de presiune variabilă.
- Analiza (PDA) permite o înțelegere mai bună a comportamentului hidraulic, ținând cont de relația neliniară dintre debit și presiune. Datele obținute din simulări arată clar că rețelele algeriene, deși importante, necesită actualizări tehnologice și o optimizare hidraulică (o mai bună gestionare a presiunilor, debitelor, pierderilor de apă..... etc.) pentru a asigura un serviciu eficient (de bună calitate, fără risipă și rentabil) și durabil (pe termen lung, chiar și în fața unei cereri crescânde sau a unor resurse limitate).

6.4. Discuție

Pe baza acestor modele specifice zonelor de studiu, observăm următoarele aspecte:

Am aplicat simularea pe două modele de rețele de distribuție a apei potabile din două orașe situate în două țări diferite. Aceste două modele diferă prin sistemul de distribuție: primul model utilizează un sistem de distribuție gravitațional, în timp ce al doilea folosește un sistem de distribuție prin pompare.

Principalii parametri de comparație sunt prezentați.

*** Debitele**

- Debitele în diferite puncte ale rețelei sunt parametri esențiali pentru compararea celor două abordări. Metoda DDA le consideră fixe, în timp ce metoda PDA le calculează în funcție de presiuni.
- Metoda DDA oferă o reprezentare sau o evaluare mai detaliată a fluxurilor de consum din diferitele conducte ale rețelei, permițând identificarea zonelor potențial expuse la probleme de

capacitate, în timp ce metoda PDA poate subestima aceste fluxuri prin faptul că nu ia în considerare pierderile.

*** Presiune**

- Pentru sistemul de distribuție gravitațională (Fig. 8, 12, 16), presiunea depinde de poziția și amplasamentul rezervorului. Acesta este situat într-un punct mai înalt decât toate clădirile orașului, ceea ce asigură o bună distribuție și o presiune corespunzătoare, reducând astfel costurile energetice. În concluzie, distribuția în acest model depinde de relieful.

- Pentru sistemul de distribuție prin pompare (Fig.20), acest tip se caracterizează prin utilizarea constantă a pompelor, de la captare până la distribuție și până la robinet. Presiunea depinde, așadar, de tipul pompei și de parametrii săi caracteristici (debit de serviciu (Q), înălțimea de cădere geodezică (H_g), înălțimea totală de cădere (HMT) etc.), precum și de nevoile variabile ale consumatorilor. Acesta este cazul rețelei de distribuție a apei din cartierul rezidențial Tei-Colentina.

*** Viteza de curgere a apei în conducte**

Normele europene (EN 805) și cele românești (NP 133-2022) recomandă viteze economice cuprinse între aproximativ (0,5 și 2,0 m/s). În sistemul de pompare românesc studiat, vitezele (0,3 m/s) au fost mai mici decât norma, din cauza supradimensionării conductelor și a controlului discret al pompelor, ceea ce a dus la debite excedentare sau deficitare. Problema constă în faptul că această secțiune a rețelei de distribuție nu este un sistem izolat, ci face parte din rețeaua principală. Prin urmare, funcționarea sa este direct influențată de condițiile hidraulice și de strategiile de control ale sistemului mai amplu, ceea ce agravează problema vitezelor scăzute.

În EPANET, în timpul unei analize conduse de presiune (PDA), introducerea coeficienților de debit și a exponentului emițătorului are un impact direct asupra modelării debitelor în noduri, în funcție de presiunea disponibilă.

După observare:

- Spre deosebire de analiza condusă de cerere (DDA), unde cererea la noduri este fixă, în analiza PDA debitele la noduri se ajustează în funcție de presiunea disponibilă.

- Atunci când presiunea scade sub un anumit prag, debitul furnizat se reduce conform ecuației de emisie la orificiu (nr.1): $q = C.P^\gamma$

Où : q : debitul, c : coeficientul de debit. Acesta a fost determinat cu o valoare variabilă între (0,176 și 0,510) pentru Algeria și între (0,178 și 0,522) pentru România. Acest coeficient variază în funcție de numărul de apartamente de la fiecare etaj al clădirii (vezi tabelele 7 și 8).

P : presiunea nodală, γ : exponentul de presiune (de obicei cuprins între 0,5 și 0,6 pentru orificii). A fost determinat cu o valoare de 0,6.

Formulele deduse pentru fiecare dintre cele două orașe sunt:

- Cele 4 orașe din Algeria: $q = 0,334 \cdot p^{0,6}$
- Zona rezidențială Tei-Colentina : $q = 0,442 \cdot p^{0,6}$

Am constatat că diferența dintre cele două formule este minimă, datorită tipului de echipamente utilizate în gospodăria, atât în Algeria, cât și în România.

La fel se observă și în tabelele de debit de bază, conform standardului francez NF DTU 60.11P1-1, normelor românești (Monitorul oficial al României, partea I, nr. 1167 bis/6.xii.2022) și standardului (STAS 1478-90).

Există o mică diferență în debitele estimate în clădiri. De exemplu, pentru lavoare (norme franceze : 0,20 l/s și norme românești: 0,15 l/s), iar pentru căzi de baie (0,33 l/s vs 0,25 l/s). (Vezi tabelele 1 et 2).

Același lucru se observă și pentru formula de calcul a coeficientului de simultaneitate: în

România, formula este următoarea : $f_{AR} = \frac{0,83}{\sqrt{N-1}}$; în timp ce în Algeria, se bazează pe

normele franceze, care sunt : $K = \frac{0,8}{\sqrt{x-1}}$.

Această mică diferență între cele două constante (0,8 în normele franceze) și (0,83 în normele românești) este :

- Diferența dintre 0,83 și 0,8 provine din date experimentale și analize realizate în fiecare țară privind utilizarea echipamentelor sanitare.

- România a adoptat coeficientul 0,83 pe baza studiilor locale privind frecvența utilizării și distribuția consumului de apă.

- Franța a adoptat coeficientul 0,8 în urma propriilor observații privind utilizarea instalațiilor.

● În plus, diferența dintre aceste două constante se datorează probabil mai multor factori:

- Tipologia clădirilor: în România și Franța, utilizarea echipamentelor sanitare poate varia în funcție de tipul clădirii (rezidențial, hotelier, industrial etc.).

- Obiceiurile de consum : în funcție de stilul de viață, frecvența și durata utilizării punctelor de consum de apă pot diferi între cele două țări.

- Siguranța proiectării : coeficientul puțin mai mare în România (0,83 față de 0,8) ar putea indica o abordare mai precaută, oferind o marjă mai mare de siguranță în proiectarea sistemului.

În final, diferența dintre cei doi coeficienți este relativ mică (0,83 față de 0,8), dar reflectă particularitățile naționale privind consumul de apă și filosofia proiectării instalațiilor sanitare. România adoptă o valoare puțin mai mare, probabil din motive de siguranță și pentru a se adapta cerințelor specifice infrastructurii locale.

- Diametrele conductelor

- În timpul proiectării unei rețele, un model bazat pe DDA ar putea duce la o supraestimare a diametrelor necesare, deoarece calculele presupun o satisfacere totală a debit.

- În PDA, cererea variază în funcție de presiune, iar modelul poate ajuta la identificarea secțiunilor rețelei care necesită consolidare (mărirea diametrului) pentru a îmbunătăți distribuția.

De exemplu, în figurile (8, 12, 14, 16, 18, 22), secțiunile de conducte roșii par să necesite modificări, deoarece reprezintă debite mai mari și indică conducte apropiate de capacitatea lor maximă sau debite foarte ridicate ca răspuns la o cerere importantă sau posibile pierderi.

Referitor la calibrarea coeficienților, luarea în considerare a coeficientului de debit și a exponentului emițătorului permite o simulare mai realistă a comportamentului rețelei în condiții de presiune scăzută în EPANET cu PDA.

- În ceea ce privește comparația între analiza condusă de cerere (DDA) și analiza condusă de presiune (PDA).

În EPANET, atunci când se compară un model de analiză condus de cerere (DDA) cu un model de analiză condus de presiune (PDA), este esențial să se înțeleagă diferențele fundamentale dintre ele și influența coeficienților de debit și a exponentului emițătorului asupra rezultatelor.

- Model de analiză bazat pe debit (DDA):

În acest model:

- debit la noduri este fixă și întotdeauna satisfăcută, indiferent de nivelul presiunii..
- Se presupune că rețeaua poate furniza întotdeauna debitul cerut, ceea ce este nerealist în caz de presiune insuficientă.
- Nu ia în considerare efectul variațiilor de presiune asupra alimentării cu apă.
- Model de analiză bazată pe presiune (PDA)

În acest model:

- Debitului furnizat depinde de presiunea disponibilă la fiecare nod.
- Dacă presiunea este mai mică decât o valoare critică, debitul distribuit scade conform unei relații presiune-debit definite de emițător.

Astfel, se pot compara analiza bazată pe cerere și analiza bazată pe presiune în cazul unei modelări realiste a rețelelor hidraulice.

Analiza bazată pe presiune (PDA) oferă rezultate de presiune mai realiste, în special în zonele cu presiune scăzută, spre deosebire de analiza bazată pe cerere (DDA), care poate supraestima presiunile.

- Analiza PDA permite o modelare mai precisă a variabilității presiunii în rețea, esențială pentru proiectarea infrastructurilor.
- Analiza (PDA) se concentrează pe evaluarea presiunilor rețelei, oferind o reprezentare mai realistă a condițiilor de serviciu oferite utilizatorilor.
- În ceea ce privește presiunea și debitul, în ambele cazuri de analiză :

- Analiza bazată pe debit (DDA) și
- Analiza bazată pe presiune (PDA), trebuie îndeplinite două condiții:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Debit : } Q_{DDA} \neq Q_{PDA} \text{ (variază în funcție de presiune)} \\ \text{Presiune: } P_{(DDA)} > P_{(PDA)}. \end{array} \right.$$

Starea de curgere (DDA) este o stare teoretică în care toate cererile sunt satisfăcute. Totuși, imediat ce presiunea devine insuficientă, analiza trece la o stare bazată pe presiune (PDA), în care debitul este redus în funcție de presiunea disponibilă. Această schimbare permite o modelare mai realistă a rețelelor aflate sub constrângeri hidraulice.

7. Concluzie generală

Acest studiu prezintă o metodologie completă de simulare și calibrare a rețelelor de distribuție a apei utilizând EPANET 2.2, punând accentul pe evaluarea analizei conduse de cerere (DDA) și a analizei conduse de presiune (PDA) în condiții reale de exploatare. Prin calcularea coeficienților de debit C și a exponenților de presiune γ pe baza normelor naționale de instalații sanitare din Algeria și România, cercetarea stabilește o legătură între modelarea hidraulică teoretică, constrângerile reglementărilor practice și comportamentul consumatorilor.

Procesul de calibrare a generat valori coerente pentru exponentul de presiune ($\gamma = 0,6$), în timp ce coeficientul de debit C a variat în funcție de numărul de apartamente pe etaj, între 0,176 și 0,510 în Algeria și între 0,178 și 0,522 în România. Acești parametri s-au dovedit esențiali pentru construirea modelelor de cerere dependente de presiune, care reflectă mai precis condițiile de debit în scenarii cu presiune variabilă.

Studiile de caz efectuate pe sisteme gravitaționale și cu pompă (respectiv în Algeria și România) au demonstrat că, în timp ce DDA presupune condiții ideale cu cererea complet satisfăcută, PDA evidențiază limitele reale ale rețelei, cum ar fi deficitul de presiune și cererile nesatisfăcute în perioadele de vârf de consum sau în cazul constrângerilor infrastructurale. Simulările PDA au permis identificarea nodurilor critice, a zonelor predispușe la subperformanță și a erorilor de proiectare pe care DDA tinde să le mascheze.

Această lucrare oferă un cadru inovator prin corelarea datelor empirice reglementare cu parametrii de simulare hidraulică, îmbunătățind astfel realismul și transferabilitatea modelelor de rețea în diferite contexte urbane. Ea subliniază necesitatea utilizării PDA, completată de coeficienți calibrați corespunzător, pentru o luare a deciziilor informată în proiectarea sistemelor, întărirea infrastructurilor și managementul operațional.

În final, studiul demonstrează că integrarea normelor specifice fiecărei țări în modelele de simulare bazate pe presiune nu doar că sporește precizia acestora, ci favorizează și o abordare mai rezilientă și reactivă a gestionării sistemelor de distribuție a apei în diverse medii geografice și tehnice.

7.1. Contribuții originale

În cadrul proiectului de cercetare, au fost studiate și aplicate următoarele proceduri: Prima parte a tezei a inițiat un studiu comparativ al diferitelor metode de calcul ale debitelor de consum în rețelele de alimentare cu apă, în conformitate cu normele în vigoare din Uniunea Europeană și din sudul Mării Mediterane. A doua parte a utilizat o metodă de calibrare a parametrilor care trebuie integrați în formula de calcul, bazată pe presiunea disponibilă în noduri, conform normelor existente. Ultima parte a comparat analiza bazată pe debit cu analiza bazată pe presiune pentru o rețea de distribuție a apei care deservește o populație. Această lucrare prezintă un studiu de caz comparativ al celor doi algoritmi de calcul utilizați în prezent în EPANET 2.2. În analiza bazată pe presiune, au fost folosiți coeficienții de variație a debitului definiți în al doilea raport. Diferențele observate în funcție de localizarea geografică a diferitelor țări au fost, de asemenea, studiate.

Subiectul tezei aduce mai multe contribuții:

1. **Compararea între norme și standarde:** O analiză detaliată a metodelor de calcul al debitelor în șase țări (România, Italia, Germania, Algeria, Tunisia, Egipt), evidențiind diferențele și asemănările dintre abordările europene și mediteraneene, oferind astfel o perspectivă globală și transfrontalieră.
2. **Calibrarea coeficienților :** Determinarea precisă a coeficienților pentru formula debitului în funcție de presiune $q = f(P)$ pentru analiza PDA, adaptați la normele locale (ex.: Algeria și România), cu validare prin modele numerice.
3. **Validare practică :** Aplicarea metodelor DDA și PDA pe studii de caz reale (orașe algeriene, orașul Lacul Tei din România), demonstrând superioritatea metodei PDA în scenariu cu presiune insuficientă.
4. **Modelare numerică cu EPANET 2.2:** Aceasta se realizează prin crearea de modele numerice pentru mai multe studii de caz, permițând validarea coeficienților determinați și compararea performanțelor metodelor DDA și PDA.
5. **Aplicare la cazuri reale:** Aceasta constă în aplicarea metodelor propuse la rețele de distribuție reale, precum cele din orașele Algeriei și orașul Lacul Tei (România), demonstrând relevanța lor practică.
6. **Compararea metodelor DDA și PDA:** Aceasta se realizează printr-o evaluare comparativă a rezultatelor obținute cu metodele de analiză dependentă de cerere (DDA) și dependentă de presiune (PDA), evidențiind avantajele PDA în condiții anormale.
7. Analiza provocărilor specifice rețelelor de apă din clădirile înalte și propunerea de soluții adaptate, ținând cont de restricțiile de presiune și de variațiile de debit.
8. **Recomandări pentru standardele viitoare:** Aceasta constă în sugestii pentru îmbunătățirea normelor existente, bazate pe rezultatele simulărilor și comparațiilor internaționale.
9. Analiza performanței metodelor de simulare existente și propunerea de îmbunătățiri pentru modelarea rețelelor sub presiune.
10. Validarea ipotezelor și coeficienților propuși prin simulări hidraulice detaliate, confirmând eficiența acestora în scenariu real.

Aceste contribuții originale combină progrese teoretice (metodologii, formule) și practice (aplicații, simulări), oferind instrumente valoroase pentru ingineri, cercetători și manageri ai companiilor care administrează rețele de distribuție a apei potabile.

7.2. Perspective de monitorizare a cercetărilor

Pornind de la rezultatele teoretice și de la studiile de caz realizate în cadrul tezei, pot fi dezvoltate următoarele direcții de cercetare:

1. Generalizarea și Adaptarea Modelelor

- Aplicarea în diverse contexte urbane și rețele complexe: Extinderea analizei bazate pe presiune (PDA) la diferite contexte geografice, în special în regiuni cu rețele variate sau cu densitate urbană ridicată.
- Aplicarea metodologiei în alte țări: pentru a extinde baza de date și a ajusta coeficienții în funcție de condițiile locale.

2. Integrarea Variabilelor Complementare

- Optimizarea performanței: Cuplarea analizei PDA cu strategii de reducere a pierderilor de apă și optimizare energetică (pompare, presiune).
- Factori climatici și variabilitate sezonieră: Luarea în considerare a efectelor schimbărilor climatice asupra cererii de apă, pentru a adapta modelele la scenarii viitoare.

3. Inovații Tehnologice și Metodologice

- Instrumente software avansate: Îmbunătățirea capacităților EPANET prin module suplimentare destinate gestionării dinamice a variațiilor de presiune și detectării zonelor cu performanță scăzută.

4. Optimizare și Gestionare Durabilă

Reabilitarea rețelelor existente: Utilizarea rezultatelor cercetărilor pentru a ghida proiectarea și modernizarea rețelelor în zonele cu presiune insuficientă sau cu risc de penurie.

Aceste perspective propun o abordare holistică și evolutivă a gestionării rețelelor de apă potabilă, ținând cont atât de provocările tehnologice, cât și de cele de mediu și operaționale. Integrarea noilor tehnologii și extinderea modelelor la contexte variate vor asigura o mai bună adaptabilitate a sistemelor de alimentare cu apă la nevoile viitoare.

8. Referințe bibliografice

- [1] STANDARD ROMÂN, SR 1343-1 :(2006) Alimentări cu apă: Determinarea cantităților de apă potabilă pentru localități urbane și rurale.
- [2] Ministerul Dezvoltării Regionale și Turismului. (2011). Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare a localităților. Indicativ NP 133–2011. București: MDRT.
- [3] Milano, V. (1996). *Acquedotti*. Hoepli Editore. ISBN 88-203-2292-7
- [4] Conte, G. (2008). *Nuvole e sciacquoni: Come usare meglio l'acqua, in casa e in città*. Edizioni Ambiente. ISBN 978-88-89014-76-9.
- [5] Da Deppo, L., Datei, C., Fiorotto, V., & Salandin, P. (2003). *acquedotti*. Cortina.
- [6] Salvini, S. (2003). *Impianti idrici negli edifici. Dimensionamento delle reti e progettazione. Acqua di consumo, reti antincendio, piscine e sistemi di irrigazione. Con CD-ROM*. Hoepli Editore.
- [7] Rimoldi, P. (2010). *Ingegneria idraulica urbana. Acquedotti e fognature. Manuale- tecnico pratico per la progettazione e la realizzazione delle opere* (Vol. 10). Maggioli Editore.
- [8] Ippolito, G., & De Martino, G. (1995). *Appunti di costruzioni idrauliche*. Liguori. Editore ISBN- 13 978-88-207-2082-7
- [9] Baur, A., Fritsch, P., Hoch, W., Merkl, G., Rautenberg, J., Weiß, M., & Wricke, B. (2019). *Mutschmann /Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung*. Springer-Verlag.
- [10] Klingel, P. (2010). *Von intermittierender zu kontinuierlicher Wasserverteilung in Entwicklungsländern* (Doctoral dissertation, Karlsruher Inst. für Technologie, Diss., 2010).
- [11] Parra, S. (2020). *Verfahren zur Bewertung von Trinkwassernetzen als Grundlage der Anpassungsplanung*.
- [12] Preininger, E. (1999). *Wasserabgabe — Wasserverbrauch — Wasserbedarf*. In: Brendel, G., Edenhofner, M., Gaschler, H., Köhler, K.H., Preininger, E., Weigelt, R. (eds) *Taschenbuch der Wasserversorgung*. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-322-93916-6_2
- [13] Preininger, E. (2002). *Wasserabgabe—Wasserverbrauch—Wasserbedarf*. In *Taschenbuch der Wasserversorgung* (pp. 11-43). Vieweg+ Teubner Verlag, Wiesbaden.
- [14] DVGW, A. W. (2004). 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV); Teil 1: Planung Oktober 2004. *Wirtschafts-u. Verlagsges. Gas u. Wasser, Bonn*.
- [15] Klingel, P. (2018). *Modellierung von Wasserverteilungssystemen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. doi, 10, 978-3. – ISBN 978–3–658–21270–4

- [16] Hoch, W. (2014). Hydraulische Berechnungsgrundlagen. In *Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung* (pp. 59-112). Springer Vieweg, Wiesbaden.
- [17] Mutschmann, J., & Stimmelmayer, F. (2007). Wasseraufbereitung. Taschenbuch der Wasserversorgung 14. *Vieweg Teubner Verlag, Wiesbaden, Germany, 4*, 206. ISBN 978-3-8348-0012-1
- [18] Zoungrana, D. (2003). Cours d'approvisionnement en eau potable. *Ecole inter-états d'ingénieurs de l'équipement rural, Ouagadougou, 143p*.
- [19] BEDJAOUI, A. (2016). Alimentation en eau potable : *Manuel de cours*. Faculté des Sciences et Technologie, Département de Génie civil et d'Hydraulique, université mohamed khider – BISKRA.
- [20] Bonnin, J. (1977). *Hydraulique urbaine: appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance*. Paris.: Eyrolles.
- [21] GUERGAZI, S. (2016). Alimentation en eau potable : *Manuel de cours*. Faculté des Sciences et Technologie, Département de Génie civil et d'Hydraulique, université mohamed khider – BISKRA.
- [22] Guide technique. (2017). Mémento technique Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées – Version Décembre 2017
- [23] Gomella, C., Guerrée, H., & Neveux, M. (1970). *La distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales*. Eyrolles. ISSN 0768-3510
- [24] Dupont, A. (1974). *Hydraulique urbaine Tome 2, ouvrages de transport élévation et distribution des eaux*. Edition Eyrolles.
- [25] Moussa, M. (2000). Alimentation en eau potable. *ENIT: Manuel de cours*.
- [26] Rapport des statistiques (2019), Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE), Tunisie.
- [27] BENAMAR, N & MOUSSAOUI, A (2017) GUIDE DE PROJETS HYDRAULIQUES, Département de Génie Civil, Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Gafsa, Tunisie
- [28] Egyptian Code for Design and Implementation of Pipelines for Drinking Water and Sewage Networks, Sixth Edition 1998. (in Arabic)
- [29] Egyptian Code of Practice for designing and installation of pipelines of drinking water and sanitation. 10th Edition, 2007. (in Arabic)
- [30] Egyptian Code for Design Principles and Implementation Conditions for Pipelines Used in Drinking Water and Wastewater Networks, Code (102)/1, Edition May 2010 (in Arabic)

- [31] Standard des normes française, NF DTU 60.11 P1-1:(10 Août 2013) Travaux de bâtiment — Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales — Partie 1-1 : Réseaux d'alimentation d'eau froide et chaude sanitaire. Indice de classement: P 40-202-1-1, ICS : 91.060.20 ; 91.140.70 ; 91.140.80
- [32] MONITORUL OFICIAL AL ROMÂNIEI, PARTEA I, Nr. 1167 bis/6.XII.2022. Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor sanitare aferente clădirilor, indicativ I9-2022 EMITENT: Ministerul Dezvoltării, Lucrarilor Publice si Administratiei PUBLICAT ÎN: Monitorul Oficial nr. 1167 bis din 6 decembrie 2022.
- [33] G.Dubreuil, A. Giraud, Calculs pratiques de plomberie sanitaire Eau froide, eau chaude, évacuations. Les éditions parisiennes (EDIPA), Editors, 2008. EAN13 : 9782862430904, ISBN13 : 978-2-86243-090-4.

09. Lista Tabelelor

Tabelul 01: Diferitele metode de calcul al debitului de consum de apă în diferite țări europene	05
Tabelul 02: Diferitele metode de calcul al debitului de consum de apă în diferite țări din nordul Africii	06
Tabelul 03 : Comparație între metodele și parametrii utilizați pentru calculul debitului de consum de apă în diferite țări	06
Tabelul 04 : ANEXA 2.1 A.....	11
Tabelul 05 : Debite probabile estimate pentru cazul a 4 apartamente/etaj pe 10 etaje.....	15
Tabelul 06: Debite probabile estimate pentru cazul a 7 apartamente/etaj pe 10 etaje.....	17
Tabelul 07: Coeficienții adoptați (Cazul Algeriei).....	19
Tabelul 08: Coeficienții adoptați (Cazul României).....	20
Tabelul 09: Numărul de locuitori din fiecare oraș.....	23
Tabelul 10 : Coeficienții determinați pentru cazul Algeriei.....	23
Tabelul 11 : Coeficienții determinați pentru cazul României	23
Tabelul 12 : Comparație între DDA și PDA.....	34

10. Lista Figurilor.

Figura 01: Bloc de apartamente din România (orașul Lacul Tei – București. Fotografie realizată la: 22/02/2024).....	08
Figura 02: Bloc de apartamente din Algeria (orașul N’gaous – Algeria. Fotografie realizată la: 01/04/2024).....	09
Figura 03: Organigrama metodologiei de calcul conform directivelor celor două norme aplicate în cazul Algeriei și României	09
Figura 04: Reprezentare grafică a variației debitului probabil (qp) în funcție de presiunea necesară.	16
Figura 05: Reprezentare grafică a variației debitului probabil (qp) în funcție de presiunea solicitată (Cazul a 7 apartamente / etaj pe 10 etaje)	18
Figura 06: Curbă de variație a coeficientului C în funcție de numărul de apartamente pe etaj. Ecuația curbei : $y = 0,176 x^{0,462}$	19
Figura 07 : Curbă de variație a coeficientului (C) în funcție de numărul de apartamente pe etaj. Ecuația curbei : $y = 0,178 x^{0,467}$	20
Figura 08: Rețeaua de distribuție a apei din orașul N’gaous, simulare: Presiune – debit (caz de DDA).....	24
Figura 09: Rețeaua de distribuție a apei din orașul N’gaous, simulare: Presiune – viteză (caz de DDA).....	24
Figura 10: Rețeaua de distribuție a apei din orașul N’gaous, simulare: Presiune – debit (caz de PDA).....	25
Figura 11: Rețeaua de distribuție a apei din orașul N’gaous, simulare: Presiune – viteză (caz de PDA).....	25
Figura 12: Rețeaua de distribuție a apei din orașul Ras El Aioun, simulare: Presiune – debit (caz de DDA)	26
Figura 13: Rețeaua de distribuție a apei din orașul Ras El Aioun, simulare: Presiune – viteză (caz de DDA)	26
Figura 14: Rețeaua de distribuție a apei din orașul Ras El Aioun, simulare: Presiune – debit (caz de PDA).....	27
Figura 15: Rețeaua de distribuție a apei din orașul Ras El Aioun, simulare: Presiune – viteză (caz de PDA).....	27
Figura 16: Rețeaua de distribuție a apei din orașul Massinissa, simulare: Presiune – debit (caz de DDA)	28
Figura 17: Rețeaua de distribuție a apei din orașul Massinissa Simulare: Presiune – viteză (caz de DDA)	28
Figura 18: Rețeaua de distribuție a apei din orașul, Massinissa, simulare: Presiune – debit (caz de PDA).....	29
Figura 19: Rețeaua de distribuție a apei din orașul, Massinissa, simulare: Presiune – viteză (caz de PDA).....	29

Figura 20: Rețeaua de distribuție a apei din orașul Tei-Colentina, simulare: Presiune – debit (caz de DDA)	30
Figura 21: Rețeaua de distribuție a apei din orașul, Tei - Colentina, simulare: Presiune – viteză (caz de DDA).....	30
Figura 22: Rețeaua de distribuție a apei din orașul, Tei-Colentina, simulare: Presiune – debit (caz de PDA).....	31
Figura 23: Rețeaua de distribuție a apei din orașul, Tei-Colentina, simulare: Presiune – viteză (caz de PDA).....	31