

Studiul pierderilor de sarcină locale în sisteme hidraulice cu armături de tip HAWLE

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea Politehnica Timișoara
în domeniul Inginerie civilă și instalații
de către

Ing. Zsolt MAROSSY

Președintele comisiei:	prof.univ.dr.ing. Raul ZAHARIA
Conducător științific:	prof.univ.emerit dr.ing. Ioan DAVID
Referenți științifici:	prof.univ.emerit dr.ing. Ioan BICA
	prof.univ.dr.ing. Ichinur OMER
	prof.univ.dr.ing. Constantin FLORESCU

Ziua susținerii tezei: 31.03.2023

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|---|
| 1. Automatică | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 2. Chimie | 12. Ingineria Sistemelor |
| 3. Energetică | 13. Inginerie Energetică |
| 4. Inginerie Chimică | 14. Calculatoare și Tehnologia Informației |
| 5. Inginerie Civilă | 15. Ingineria Materialelor |
| 6. Inginerie Electrică | 16. Inginerie și Management |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 17. Arhitectură |
| 8. Inginerie Industrială | 18. Inginerie Civilă și Instalații |
| 9. Inginerie mecanică | 19. Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale |
| 10. Știința Calculatoarelor | |

Universitatea Politehnica Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul Școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2023

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității Politehnica Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300223 Timișoara, Bd. Vasile Pârvan 2B
Tel./fax 0256 404677
e-mail: editura@upt.ro

Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Facultății de Construcții al Universității Politehnica Timișoara. Teza a fost concepută în urma experienței acumulate în domeniul proiectării rețelelor hidroedilitare, precum și a cercetărilor teoretice și experimentale realizate în cadrul Departamentului de Hidrotehnică.

Obiectivul principal al lucrării este determinarea unor formule practice cu precizie ridicată pentru calculul coeficienților de rezistență locală a armăturilor studiate. Consider că prezenta lucrare are o importanță deosebită atât pentru specialiștii care utilizează instalații de testare destinate studiului experimental al armăturilor, prin aportul referitor la concepția și realizarea unor astfel de standuri experimentale, cât și pentru specialiștii din domeniul hidroedilitar care dimensionează sau modelează sisteme de apă sub presiune, prin coeficienții determinați pentru armăturile studiate și mai ales prin formulele de calcul propuse pentru determinarea coeficienților aferenți vanelor cu deschidere parțială pe baza coeficientului la deschidere completă.

Mulțumiri deosebite se cuvin conducătorului de doctorat prof. univ. emerit dr. ing. Ioan David, pentru ajutorul științific și moral pe care mi l-a acordat. Mulțumesc în mod deosebit pentru răbdarea și pentru interesul acordat, introducându-mă în lumea cercetării, învățându-mi perspectiva, exigența și mentalitatea specifică nivelului academic.

Mulțumesc pentru ajutorul primit din partea comisiei de îndrumare, domnului prof. univ. emerit dr. ing. Teodor Eugen Man, președintele comisiei de îndrumare, persoană care în calitate de decan al Facultății de Hidrotehnică a avut o contribuție semnificativă și în realizarea standului demonstrativ inițial realizat în anul 2010, și domnilor ș.l.dr.ing. Cristian Stăniloiu și ș.l.dr.ing. Robert Beilicci. De asemenea doresc să mulțumesc tuturor cadrelor didactice din cadrul Departamentului de Hidrotehnică al U.P.T., care au contribuit la realizarea articolelor științifice și de la care am primit numeroase sfaturi utile pentru conceperea și adaptarea instalației de testare.

Această teză nu putea fi realizată fără sprijinul domnului ing. Balogh József și tuturor reprezentanților Hawle Ungaria și Hawle România, care au oferit în împrumut armăturile studiate, și informații prețioase referitoare la acestea.

Nu există suficient spațiu să îi pot enumera pe toți cei care au contribuit la realizarea instalației de testare, dar totuși trebuie amintiți și reprezentanții Fundației Aquademica, care în 2010 au avut de asemenea un rol important în realizarea standului demonstrativ menționat, alături de reprezentanții U.P.T. și Hawle.

Mulțumesc domnului director general dr. Ing. Ilie Vlaicu și tuturor colegilor și superiorilor mei din cadrul AQUATIM S.A. care au fost alături de mine încurajându-mi și sprijinindu-mi activitatea de cercetare.

Îmi exprim întreaga considerație și grațitudine față de membri comisiei de doctorat, domnul prof. univ. emerit dr. ing. Ioan Bica, doamna prof. univ. dr. ing. Ichinur Omer și domnul prof. univ. dr. ing. Constantin Florescu pentru disponibilitatea și amabilitatea cu care au acceptat să analizeze conținutul tezei.

Nu în ultimul rând, doresc să mulțumesc lui Dumnezeu care m-a binecuvântat și cu o familie minunată, care mi-a fost alături și m-a susținut necontenit pe toată durata elaborării tezei de doctorat.

Timișoara, februarie 2023

Marossy Zsolt

MAROSSY, Zsolt

Studiul pierderilor de sarcină locale în sisteme hidraulice cu armături de tip HAWLE

Teze de doctorat ale UPT, Seria 2015, Nr. 2513, Editura Politehnica, 2023, 150 pagini, 46 figuri, 128 tabele.

ISSN:

ISBN:

Cuvinte cheie

Pierdere de sarcină locală, vane sertar, clapete de sens, formule semiempirice

Rezumat

Tema de cercetare abordată și realizată în cadrul programului doctoral are ca obiectiv de bază studiul experimental al pierderilor de sarcină locale generate de armături de tip HAWLE aferente sistemelor de transport al apei sub presiune, și elaborarea pe această bază a unor metode adecvate pentru evaluarea pierderilor de sarcină locale.

Datele bibliografice relevante și actuale în domeniu constituie baza științifică și tehnică pentru formularea obiectivelor programului de cercetare propus, precum și a validării rezultatelor experimentale proprii și a formulelor semiempirice propuse.

Studiile experimentale au fost realizate folosind o instalație de testare existentă în hala Departamentului de Hidrotehnică, ale cărei componente au fost concepute și adaptate în cadrul cercetării pentru efectuarea unor măsurători de calitate satisfăcătoare, conform normativelor în vigoare. Se prezintă în detaliu elementele componente folosite, și recomandările practice pentru conceperea instalațiilor de testare pe baza experienței dobândite și al studiului experimental privind tipul și poziția prizelor folosite pentru manometrul diferențial.

În cadrul cercetării s-au realizat studii experimentale sistematice pentru determinarea coeficienților de rezistență locală pentru vane sertar și pentru clapete de sens cu diferite variante constructive clasice și inovatoare pentru care nu există la ora actuală un studiu hidraulic sistematic care să permită evaluarea corectă a coeficienților menționați.

În teză se propun formule semiempirice originale pentru calculul coeficienților de rezistență specifice vanelor sertar pană, vanelor sertar cuțit (cu corp clasic, plat) și vanelor sertar cuțit cu formă constructivă atipică fabricată de Hawle pentru apă uzată, care permit calculul direct al coeficienților de rezistență în funcție de gradul de deschidere a vanelor, bazat pe coeficienții determinați pentru deschiderea completă. Coeficienții semiempirici s-au determinat pe baza rezultatelor experimentale proprii, precum și pentru câteva cazuri reprezentative din literatura de specialitate.

Teza se încheie cu prezentarea unor recomandări pentru cercetări viitoare, bazate pe rezultatele și experiențele dobândite.

CUPRINS

Notații, abrevieri, acronime	7
Lista de tabele	8
Lista de figuri	13
1. Introducere	15
1.1 Prezentarea și justificarea temei	15
1.2 Obiectivele urmărite.....	16
1.3 Structura tezei	17
2. Stadiul actual privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în conducte.....	17
2.1 Principalii parametri privind pierderile de sarcină locale	18
2.2 Baze teoretice generale pentru studiul pierderilor de sarcin în conducte..	18
2.3 Modalități de abordare privind calculul pierderilor de sarcină locale	20
2.4 Aspecte specifice privind vanele sertar și clapetele de sens	23
3. Concepția și realizarea standului experimental	29
3.1 Descrierea standului experimental	30
3.2 Problemele avute în vedere pentru variantele de montaj.....	32
3.3 Realizarea standului experimental, materialele și aparatura folosită	39
4. Studii experimentale.....	42
4.1 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături..	42
4.2 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar	90
4.3 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la clapete de sens .	113
5. Sinteza rezultatelor experimentale, propuneri de formule semiempirice, contribuții	119
5.1 Forma generală propusă a formulei coeficientului de rezistență la vane sertar	119
5.2 Validarea formei generale propuse prin aplicarea ei la valorile experimentale din literatura de specialitate	120
5.3 Aplicarea formulelor semiempirice propuse pentru vanele sertar studiate prin experimente proprii	125
5.4 Compararea rezultatelor obținute cu datele din literatura de specialitate studiată	130
5.5 Aspecte privind utilizarea unor lungimi echivalente în cazul armăturilor studiate	132
6. Contribuții personale, recomandări privind calculul pierderilor de sarcină locale la vanele studiate.....	133
6.1 Contribuții personale	133
6.2 Recomandări privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în cazul sistemelor hidroedilitare sub presiune	135
6.3 Recomandări pentru noi cercetări legate de evaluarea pierderilor de sarcină locale în cazul sistemelor hidroedilitare sub presiune	136

Anexe.....	138
Anexa A. Principalii parametri apă potabilă.....	138
Anexa B. Analiza datelor publicate de AVK pentru vane sertar până cu diametre între 50 și 150 mm	140
Anexa C. Proportionalitatea coeficienților de rezistență locală cu diametru diferit față de cel determinat experimental pentru un anumit diametru între 50 și 150 mm	141
Anexa D. Poze despre instalația de testare și aparatura folosită.....	142
Bibliografie.....	149

Notații, abrevieri, acronime

- γ – greutatea specifică, N/m³;
 ρ – densitatea, kg/m³;
 g – accelerația gravitațională, m/s²;
 ν – vâscozitate cinematică, m²/s;
 μ – vâscozitate dinamică, kg/s m;
 v – viteza medie, m/s;
 p – presiunea, N/m²;
 Δp – pierderea de presiune, N/m²;
 D – diametru conductă, m;
 DN – diametru nominal, mm;
 Re – numărul lui Reynolds, adimensional;
 K_v – coeficient de debit, m³/h;
 $K_{v\ cor}$ – coeficient de debit corectat, adimensional;
 F_R – factor de corecție, adimensional;
 h – pierderea de sarcină totală, mH₂O;
 h_{long} – pierderea de sarcină longitudinală, mH₂O;
 h_{loc} – pierderea de sarcină locală, mH₂O;
 λ – coeficientul Darcy-Weisbach, adimensional;
 L – lungimea tronsonului de calcul, m;
 e – rugozitatea absolută, mm;
 ζ – coeficient de rezistență locală, adimensional;
 Q – debit, m³/h;
 t – temperatură, °C

Lista de tabele

Tabelul 1.	Coeficienți de rezistență locală pentru vane sertar până din literatura de specialitate
Tabelul 2.	Coeficienți de rezistență locală pentru vane cuțit
Tabelul 3.	Coeficienți de rezistență locală pentru clapete de sens cu clapetă
Tabelul 4.	Coeficienți de rezistență locală pentru clapete de sens cu bilă
Tabelul 5.	Fluctuații permise la determinarea ζ
Tabelul 6.	Comparație prize cu 1, respectiv cu 4 orificii
Tabelul 7.	Comparație rezultate măsurători cu debitmetru montat greșit/corect
Tabelul 8.	Număr măsurători în funcție de diferența dintre valorile minime și maxime măsurate
Tabelul 9.	Grade de deschidere a vanei pentru studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături
Tabelul 10.	Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 1,0 - Re 18 000..20 000
Tabelul 11.	Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 1,0 - Re 18 000..20 000
Tabelul 12.	Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 1,0 - Re 18 000..20 000
Tabelul 13.	Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 1,0 - Re 18 000..20 000
Tabelul 14.	Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 1,0 - Re 18 000..20 000
Tabelul 15.	Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 1,0 - Re 18 000..20 000
Tabelul 16.	Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,875 - Re 18 000..20 000
Tabelul 17.	Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,875 - Re 18 000..20 000
Tabelul 18.	Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,875 - Re 18 000..20 000
Tabelul 19.	Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,875 - Re 18 000..20 000
Tabelul 20.	Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,875 - Re 18 000..20 000
Tabelul 21.	Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,875 - Re 18 000..20 000
Tabelul 22.	Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,75 - Re 18 000..20 000
Tabelul 23.	Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,75 - Re 18 000..20 000
Tabelul 24.	Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,75 - Re 18 000..20 000
Tabelul 25.	Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,75 - Re 18 000..20 000

- Tabelul 26.** Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,75 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 27.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,75 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 28.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,625 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 29.** Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,625 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 30.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,625 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 31.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,625 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 32.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,50 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 33.** Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,50 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 34.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,50 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 35.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,50 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 36.** Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,50 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 37.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,50 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 38.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,375 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 39.** Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,375 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 40.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,375 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 41.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,375 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 42.** Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,375 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 43.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,375 - Re 18 000..20 000
- Tabelul 44.** Tabel centralizator: distanțe minime pentru prize - Re 18 000..20 000
- Tabelul 45.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 1,0 - Re 45 000..53 000
- Tabelul 46.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 1,0 - Re 45 000..53 000
- Tabelul 47.** Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 1,0 - Re 45 000..53 000
- Tabelul 48.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 1,0 - Re 45 000..53 000
- Tabelul 49.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,875 - Re 45 000..53 000
- Tabelul 50.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,875 - Re 45 000..53 000

- Tabelul 51.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,875 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 52.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,875 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 53.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,75 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 54.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,75 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 55.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,75 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 56.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,75 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 57.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,625 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 58.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,625 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 59.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,625 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 60.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,625 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 61.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,50 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 62.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,50 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 63.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,50 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 64.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,50 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 65.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,375 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 66.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,375 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 67.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,375 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 68.** Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,375 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 69.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,375 – Re 45 000..53 000
- Tabelul 70.** Tabel centralizator: distanțe minime pentru prize - Re 45 000..53 000
- Tabelul 71.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 1,0 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 72.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 1,0 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 73.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 1,0 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 74.** Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 1,0 – Re Re 60 000..71 000
- Tabelul 75.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 1,0 – Re 60 000..71 000

- Tabelul 76.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,875 – Re Re 60 000..71 000
- Tabelul 77.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,875 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 78.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,875 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 79.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,75 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 80.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,75 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 81.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,75 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 82.** Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,75 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 83.** Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,75 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 84.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,625 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 85.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,625 – 60 000..71 000
- Tabelul 86.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,625 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 87.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,50 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 88.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,50 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 89.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,50 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 90.** Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,375 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 91.** Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,375 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 92.** Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,375 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 93.** Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,375 – Re 60 000..71 000
- Tabelul 94.** Tabel centralizator: distanțe minime pentru prize - Re 60 000..71 000
- Tabelul 95.** Tabel determinare ζ pentru vana sertar până cu flanșe – grad deschidere 1,0..0,50
- Tabelul 96.** Tabel determinare ζ pentru vana sertar până cu flanșe – grad deschidere 0,375..0,25
- Tabelul 97.** Tabel verificare ζ pentru vana sertar până cu flanșe
- Tabelul 98.** Tabel cu valori ζ pentru vana sertar până cu flanșe
- Tabelul 99.** Tabel determinare ζ pentru vana sertar până System 2000 – grad deschidere 1,0..0,50
- Tabelul 100.** Tabel determinare ζ pentru vana sertar până System 2000 – grad deschidere 0,375..0,25
- Tabelul 101.** Tabel verificare ζ pentru vana sertar până System 2000

- Tabelul 102.** Tabel cu valori ζ pentru vana sertar până System 2000
- Tabelul 103.** Tabel determinare ζ pentru vana sertar până System 2000 – grad deschidere 1,0..0,625
- Tabelul 104.** Tabel determinare ζ pentru vana sertar până System 2000 – grad deschidere 0,50..0,25
- Tabelul 105.** Tabel verificare ζ pentru vana sertar până BAIO
- Tabelul 106.** Tabel cu valori ζ pentru vana sertar până BAIO
- Tabelul 107.** Tabel cu valori ζ pentru vana sertar până E2 cu diferite îmbinări
- Tabelul 108.** Tabel comparativ pentru valorile ζ aferente vanei cu flanșe și cu BAIO
- Tabelul 109.** Tabel comparativ pentru valorile ζ aferente vanei cu cuplaj System 2000 față de valorile mediate ale celorlalte două tipuri de îmbinări
- Tabelul 110.** Tabel determinare ζ pentru vana cuțit – grad deschidere 1,0
- Tabelul 111.** Tabel determinare ζ pentru vana cuțit – grad deschidere 0,875..0,25
- Tabelul 112.** Tabel verificare ζ pentru vana cuțit cu flanșe
- Tabelul 113.** Tabel cu valori ζ pentru vana cuțit cu flanșe
- Tabelul 114.** Tabel comparativ pentru valorile ζ aferente vanei pentru apă potabilă și celei pentru apă uzată sub presiune
- Tabelul 115.** Tabel determinare ζ pentru clapeta de sens cu clapetă
- Tabelul 116.** Tabel determinare ζ pentru clapeta de sens cu bilă Hawle
- Tabelul 117.** Tabel determinare ζ pentru clapeta de sens cu bilă AVK
- Tabelul 118.** Verificare formulă (30) pe baza datelor aferente vanelor sertar până din literatura de specialitate studiată
- Tabelul 119.** Verificare formulă (31) pe baza datelor aferente vanelor sertar până din literatura de specialitate studiată
- Tabelul 120.** Verificare formulă (30) pe baza datelor experimentale proprii aferente vanelor sertar până studiate
- Tabelul 121.** Verificare formulă (31) pe baza datelor experimentale proprii aferente vanei sertar cuțit studiate
- Tabelul 122.** Verificare formulă (32) pe baza datelor experimentale proprii aferente vanei sertar cuțit studiate
- Tabelul 123.** Coeficienți de rezistență locală pentru clapete de sens cu clapetă din literatura de specialitate și cel determinat în urma studiului experimental
- Tabelul 124.** Lungimile echivalente recomandate pentru vanele sertar studiate
- Tabelul 125.** Tabel cu principalele parametri ai apei potabile
- Tabelul 126.** Tabel cu principalele parametri ai apei potabile (continuare)
- Tabelul 127.** Tabel valori ζ pentru vane sertar până DN50..150 mm până produse de AVK
- Tabelul 128.** Tabel coeficient de corecție pentru ζ aferent gamei DN50..150 mm

Lista de figuri

- Figura 1.** Schemă pentru pierderile de sarcină pe un tronson de conductă incluzând un obstacol local (ex. vană)
- Figura 2.** Schemă - Efectul pierderilor de sarcină locală
- Figura 3.** Schemă instalație de testare de bază, cf. SR EN 1267
- Figura 4.** Schemă instalație de testare de bază, cf. SR EN 60534-2-3
- Figura 5.** Schema instalație de testare cu rezervor cu nivel constant
- Figura 6.** Schemă măsurători pentru compararea prizelor de diferite tipuri
- Figura 7.** Ilustrație montaj debitmetru
- Figura 8.** Poze montaj debitmetru
- Figura 9.** Instalația de testare concepută
- Figura 10.** Manometru diferențial Deltabar S PMD75
- Figura 11.** Schemă prize cu 4 orificii
- Figura 12.** Schemă de principiu pentru studiul efectului vanei în aval
- Figura 13.** Schemă tronson de calcul pentru determinarea poziției prizei din aval
- Figura 14.** Schemă tronson de calcul pentru determinarea poziției prizei din amonte
- Figura 15.** Pierderi de presiune unitare Re 19 000..20 000
- Figura 16.** Pierderi de presiune unitare Re 45 000..53 000
- Figura 17.** Pierderi de presiune unitare Re 60 000..71 000
- Figura 18.** Schemă tronson de calcul pentru determinarea coeficienților de rezistență locală la vane sertar
- Figura 19.** Grafic cu valori ζ pentru vana sertar până cu flanșe
- Figura 20.** Grafic cu valori ζ pentru vana sertar până System 2000
- Figura 21.** Grafic cu valori ζ pentru vana sertar până BAIO
- Figura 22.** Schemă tronson de calcul pentru determinarea coeficienților de rezistență locală la vana cuțit pentru apă uzată
- Figura 23.** Grafic cu valori ζ pentru vana cuțit cu flanșe
- Figura 24.** Grafic cu valori ζ pentru vana cuțit cu flanșe – grad deschidere 1,0..0,5
- Figura 25.** Grafic comparativ valori ζ pentru vana cuțit și vană sertar până
- Figura 26.** Grafic comparativ valori ζ pentru vana cuțit și vană sertar până – grad deschidere 1,0..0,625
- Figura 27.** Schemă tronson de calcul pentru determinarea coeficienților de rezistență locală la clapete de sens
- Figura 28.** Valorile ζ în funcție de debit pentru clapeta de sens cu bilă
- Figura 29.** Valorile ζ în funcție de viteză pentru clapeta de sens cu bilă
- Figura 30.** Valori publicate și valori calculate la deschideri parțiale ale vanelor sertar până
- Figura 31.** Valori publicate și valori calculate la deschideri parțiale ale vanelor cuțit cu corp plat
- Figura 32.** Valori experimentale proprii, respectiv valori calculate cu formula propusă (30) pentru vanele sertar până
- Figura 33.** Vane sertar tip cuțit produse de Hawle

- Figura 34.** Valori determinate experimental în cadrul cercetării și valori calculate cu formula propusă (32) pentru vane cuțit studiate
- Figura 35.** Vedere în ansamblu a instalației de testare
- Figura 36.** Rezervorul de apă și pompa de ridicare presiune
- Figura 37.** Clapeta de sens, filtrul Y, manometrul și ramificația pentru by-pass
- Figura 38.** Vana de control presiune și termometrul axial
- Figura 39.** Debitmetrul electromagnetic montat pe un tronson cu diametru redus
- Figura 40.** Priza cu 4 orificii și cu manometrul montat
- Figura 41.** Manometrul diferențial utilizat
- Figura 42.** Vanele sertar pană studiate
- Figura 43.** Vanele sertar cuțit studiat. Detaliu element de închidere
- Figura 44.** Vanele sertar pană secționată
- Figura 45.** Clapetă de sens cu clapetă
- Figura 46.** Tronson de calcul pentru studiul zonei pe care se produc turbulențe în aval

NOTĂ: Figurile din prezenta lucrare constau din fotografii proprii, scheme realizate cu programul AutoCAD, folosind elemente puse la dispoziție gratuit pe internet de către producători de armături – unde a fost cazul, sau diagrame generate cu unelte Microsoft Office.

1. Introducere

1.1 Prezentarea și justificarea temei

Conform directivei 98/83/CE [1], în privința calității apei destinate consumului uman, și directivei 91/271/CEE modificată prin directiva 98/15/CE [2] privind epurarea apelor uzate orășenești, asigurarea serviciilor de alimentare cu apă și celor de canalizare reprezintă o prioritate pentru obiectivele de investiție a României. Ca urmare prin Programul Operațional Infrastructură Mare (POIM) 2014-2020 s-a definit axa prioritară 3. Dezvoltarea infrastructurii de mediu în condiții de management eficient al resurselor, obiectivul specific 3.2 fiind creșterea nivelului de colectare și epurare a apelor uzate urbane, precum și a gradului de asigurare a alimentării cu apă potabilă a populației [3]. Sistemele de alimentare cu apă sunt sisteme sub presiune, iar sistemele de canalizare pot fi sisteme gravitaționale, sisteme sub presiune sau sisteme mixte. În afară de sistemele hidroedilitare, sistemele sub presiune sunt folosite și în domeniul industrial, pentru sisteme de spălare, de răcire, de evacuare, sisteme de apărare împotriva incendiilor, sau la diferite sisteme de alimentare cu apă pentru diferite procese tehnologice.

Toate proiectele de realizare sisteme de apă sub presiune noi, cât și proiectele de reabilitarea și/sau extinderea sistemelor de apă sub presiune implică calcule hidraulice complexe. În practica inginerescă calculul sistemelor de apă/apă uzată sub presiune se realizează prin intermediul unor softuri de calcul specializat prin care se realizează modele hidraulice virtuale. Precizia rezultatelor este direct proporțională cu calitatea datelor introduse de utilizatorii softului (inginerii proiectanți), dar și de precizia parametrilor preluați direct din baza de date a softului. Asigurarea presiunii necesare consumatorilor presupune și determinarea pierderilor de presiune (pierderile de sarcină) în sistem.

Alegerea soluțiilor optime au la bază criteriile tehnico-economice, iar în cazul sistemelor de apă sub presiune, consumul de energie reprezintă un factor capital. Reducerea consumului energetic reprezintă o provocare pentru producătorii de materiale și echipamente, dar pe de altă parte implică determinarea cât mai precisă a pierderilor de sarcină din sistem.

Pierderile de sarcină depind de caracteristicile agentului transportat, de regimul de curgere a apei și de materialul și forma elementului prin care trece apa. În cadrul pierderilor de sarcină se deosebesc pierderile de sarcină longitudinale, care sunt direct proporționale cu lungimea tronsonului de calcul și reprezintă consumul de energie mecanică datorat interacțiunii dintre suprafața de contact a apei și peretele conductei, și pierderile de sarcină locale, care reprezintă suplimentul de consum de energie mecanică al curentului (peste cel din mișcare uniformă) la traversarea unor rezistențe hidraulice locale, în zonele de neuniformități (curbe, vane etc.) [4]

Pierderile de sarcină locale depind de forma obstacolului, fapt pentru care s-a introdus un coeficient de rezistență locală, ζ , dependent de regimul de mișcare. Spre deosebire de pierderile de sarcină longitudinale, pierderile de sarcină locale sunt rezultatul unor fenomene locale foarte complexe, care nu se pot descrie teoretic și necesită a fi determinate experimental [4, 5].

Deși pierderile de sarcină locale sunt considerate a fi pierderi minore, chiar neglijabile față de pierderile de sarcină longitudinale, această ipoteză este valabilă numai în cazul sistemelor cu tronsoane lungi de conductă, nu și în cazul în care pe niște tronsoane scurte există un număr mare de elemente de legătură și armături,

cum ar fi de exemplu instalațiile hidraulice din cadrul unei stații de tratare sau de epurare, instalațiile aferente unei stații de ridicare presiune, instalații interioare de stingere a incendiilor etc. Având în vedere că o vană parțial închisă poate de asemenea cauza o pierdere de sarcină semnificativă [6, 7], cunoașterea cât mai precisă a coeficientului de rezistență locală este foarte importantă și la modelarea rețelelor de distribuție existente, la care pot exista vane parțial închise necunoscute de operatorul rețelei, dar care pot fi identificate prin analiza și interpretarea rezultatelor obținute în urma realizării modelului hidraulic.

Determinarea pierderilor de sarcină locale nu depinde numai de tipul obiectului de legătură sau al armăturii. O vană poate avea coeficient de rezistență locală de peste două ori mai mare decât o altă vană aparent identică, dar fabricată de producător diferit. Astfel este recomandat ca modelarea hidraulică să se bazeze pe date specifice produselor din teren, și nu numai pe date orientative din manuale teoretice [7].

Programul de cercetare abordat și realizat în cadrul doctoratului are ca scop efectuarea unui studiu hidraulic sistematic al armăturilor de tip HAWLE (vane sertar și clapete de sens) aferente sistemelor de transport al apei sub presiune, și elaborarea unui instrument practic adecvat pentru evaluarea pierderilor de sarcină locale, având în vedere și caracteristicile speciale, atât de natură materială (suprafețe foarte netede prelucrate), cât și de formă de asamblare pentru care nu există în prezent un studiu sistematic asupra coeficientului de rezistență locală.

1.2 Obiectivele urmărite

Obiectivul principal al cercetărilor întreprinse în cadrul programului de doctorat este studiul experimental și teoretic al pierderilor de sarcină (rezistențe hidraulice) locale generate de armături de tip HAWLE (vane sertar și clapete de sens) aferente sistemelor de transport al apei sub presiune și elaborarea pe această bază a unor metode adecvate pentru evaluarea pierderilor de sarcină locale, finalizate în tabele, grafice și formule de calcul direct aplicabile în practica inginerescă. Este de menționat că armăturile tip HAWLE au caracteristici speciale atât de natură materială, având suprafețe foarte netede, cât și de formă geometrică (tipuri de îmbinări BAI0 și System 2000, vană cuțit îngropabilă direct în pământ) pentru care nu există în prezent un studiu sistematic asupra coeficientului de rezistență locală.

Realizarea obiectivului de bază al programului de cercetare propus s-a efectuat în următoarele etape de lucru:

- **Etapa 1:** Documentare și prezentarea stadiului actual al cercetării privind evaluarea pierderilor de sarcină locale generate de armăturile integrate în sisteme de conducte
- **Etapa 2:** Conceperea, realizarea și echiparea unui stand adecvat pentru realizarea programului experimental propus
- **Etapa 3:** Studii experimentale sistematice preliminare pentru determinarea poziției prizelor de presiune în amonte și în aval de axa armăturii studiate, cu scopul de a elimina influența eventualelor perturbări asupra măsurătorilor
- **Etapa 4:** Studii experimentale sistematice pentru determinarea coeficienților de rezistență locală a armăturilor de tip HAWLE (vane sertar pană, vane sertar cuțit, clapete de sens)
- **Etapa 5:** Sinteza rezultatelor experimentale, propuneri de formule semiempirice pentru calculul coeficienților de rezistență, formularea unor concluzii utile pentru studii viitoare

1.3 Structura tezei

Teza este structurată pe 6 capitole principale. După **primul capitol**, cu rol introductiv, în care se prezintă actualitatea temei de cercetare și obiectivele urmărite, urmează **capitolul doi**, în care prezentăm baza teoretică a fenomenului pierderilor de sarcină locale, abordările ingineresti pentru evaluarea pierderilor de sarcină locale și aspectele specifice tipurilor de armături studiate, inclusiv date referitoare la valorile coeficienților de rezistență locală identificate în literatura de specialitate studiată.

În **capitolul trei** sunt prezentate aspecte teoretice legate de conceperea și realizarea standului experimental, corelate cu legislația în vigoare și cu experiența dobândită în cursul realizării prezentei cercetări. **Capitolul patru** cuprinde cele trei studii realizate în cadrul cercetării. Primul studiu se referă la determinarea distanțelor minime necesare realizării unor măsurători cât mai exacte pentru calculul coeficienților de rezistență locală pentru vane parțial deschise. Al doilea studiu are ca scop determinarea coeficientului de rezistență locală pentru vanele sertar fabricate de Hawle, inclusiv analizarea eventualelor diferențe dintre valorile obținute pentru același tip de vană, dar cu sistem de îmbinare diferit, respectiv analiza comparativă a datelor obținute pentru vane sertar pană, dedicate aplicațiilor cu apă potabilă, și celor obținute pentru vane cuțit, destinate aplicațiilor cu apă uzată. Al treilea studiu experimental are ca scop determinarea și compararea coeficienților de rezistență locală aferente clapetelor de sens cu clapetă, respectiv cu bilă, cele din urmă fiind destinate pentru aplicații cu apă uzată, iar cele cu clapetă fiind uzuale în sistemele de alimentare cu apă potabilă.

În **capitolul cinci** sunt prezentate formulele de calcul propuse pentru determinarea coeficienților de rezistență locală pentru deschiderile parțiale ale diferitelor tipuri de vană sertar, pe baza coeficientului aderent, deschiderii complete determinată experimental, urmat de compararea rezultatelor studiilor experimentale cu valorile din literatura de specialitate studiată. De asemenea în acest capitol sunt prezentate și coeficienții propuși pentru calcule simplificate și sunt prezentate concluziile generale punând în evidență contribuțiile personale în cadrul tezei. În ultimul capitol, **capitolul șase**, sunt prezentate propunerile practice pentru activitățile de proiectare și cercetare.

2. Stadiul actual privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în conducte

Energia în sine nu se poate pierde, dar anumite forme ale energiei sunt mai utile decât altele, în ceea ce privește mișcarea fluidelor în conducte [9]. Prin noțiunea de pierdere de sarcină ne referim la pierderea de energie mecanică datorată interacțiunii dintre suprafața de contact a apei și peretele conductei (pierderi longitudinale) și datorată zonelor cu neuniformități (pierderi locale) [4, 8].

Mișcarea fluidelor în conducte este atât de complexă, încât pentru descrierea ei este nevoie de un compromis între aplicarea cunoștințelor teoretice și a rezultatelor experimentale [6]. În acest capitol sunt prezentați principalii parametri fizici care influențează pierderile de sarcină, ipotezele de calcul și modalitățile de abordare ale calculului pierderilor de sarcină locale în conducte, respectiv informațiile specifice armăturilor studiate.

Stadiul actual privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în conducte 18

O parte din informațiile prezentate în acest capitol au fost publicate în cadrul conferinței 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018 [10].

2.1 Principalii parametri privind pierderile de sarcină locale

Parametrii fizici cei mai importanți în ceea ce privește studiul pierderilor de sarcină sunt: greutatea specifică, vâscozitatea și densitatea. Dacă în cazul apei există o bază de date cuprinzătoare a parametrilor amintiți, în funcție de presiune și temperatură, în cazul apelor uzate menajere valorile nu se pot considera constante, ele depinzând foarte mult de componența apelor uzate.

Densitatea și greutatea specifică

Densitatea reprezintă masa pe unitate de volum, iar relația dintre densitate și greutate specifică este:

$$\gamma = \rho g \quad (1)$$

În cazul apelor uzate, densitatea poate fi exprimată și sub formă relativă, în raport cu densitatea apei potabile.

Densitatea apei depinde de temperatură.

Vâscozitatea

Vâscozitatea este proprietatea fluidelor datorită căreia acestea opun rezistență la deformație, ca efect macroscopic al interacțiilor moleculare. Datorită mișcării fluidului apar forțe de frecare între straturile de fluid cu viteze de curgere diferite, ceea ce produce transformarea parțială a energiei de mișcare în energie termică [4]. Vâscozitatea depinde de temperatură și presiune, cel din urmă având un efect mai redus [11]. Coeficientul de vâscozitate se numește vâscozitate dinamică, iar raportul acesteia la densitate se numește vâscozitate cinematică:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2)$$

Valorile densității și vâscozității apei sunt date în literatura de specialitate [4, 5, 12] în funcție de temperatură. Luarea în considerare a variațiilor acestor parametri cu temperatura, mai ales a vâscozității, este important pentru interpretarea corectă a măsurătorilor experimentale. Standardul european EN 1267 din 2012 [13], care reglementează condițiile determinării coeficienților de rezistență la curgere, permite o precizie în măsurarea temperaturii de $\pm 1^\circ\text{C}$. În **anexa A** se regăsesc valorile folosite în prezenta cercetare.

Un alt parametru important în studiul pierderilor de sarcină îl reprezintă regimul de curgere, caracterizat prin numărul lui Reynolds. În cazul conductelor circulare, **numărul lui Reynolds** se determină cu formula:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu} \quad (3)$$

2.2 Baze teoretice generale pentru studiul pierderilor de sarcin în conducte

Bazele teoretice pentru studiul mișcării apei în sisteme hidraulice sub presiune, cum sunt de exemplu sistemele hidroedilitare, se deduc prin particularizarea ecuațiilor fundamentale ale mecanicii fluidelor, care la rândul lor sunt stabilite pe baza

principiilor generale ale mecanicii mediilor continue: principiul conservării masei, principiul conservării impulsului și al momentului impusului, principiul conservării energiei la care se adaugă ecuațiile constitutive specifice modelului de fluid adoptat [5].

Prin particularizarea ecuațiilor generale pentru un segment de conductă decupat dintr-un sistem de transport al apei, reprezentat schematic în Figura 1, se obține ecuația energetică bine cunoscută a lui Bernoulli.

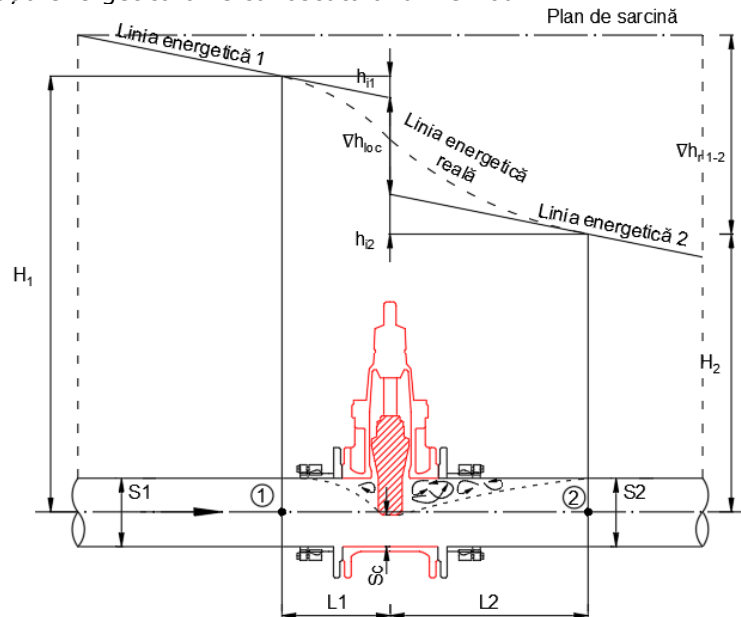


Figura 1. Schemă pentru pierderile de sarcină pe un tronson de conductă incluzând un obstacol local (ex. vană)

În Figura 1 este prezentat schematic efectul unui obstacol asupra liniilor energetice ale unui sistem de apă, în urma pierderilor de sarcină locale cauzate de acesta.

- Pct. 1 și 2 - reprezintă punctul de reper de la limita tronsonului pe care se produc pierderile de sarcină locale, în amonte și în aval de obstacol
- S1,S2 - reprezintă secțiunea conductei tronsonului de calcul în amonte și în aval de obstacol,
- Sc - reprezintă suprafața contractată în dreptul elementului de închidere al vanei,
- L1 și L2 - reprezintă distanțele pe care se produc pierderile de sarcină locale cauzate de obstacol în amonte și în aval de acesta
- H1 și H2 - reprezintă presiunea absolută în amonte și în aval de obstacol la limitele zonei pe care se produc pierderile de sarcină locale
- h_{i1} și h_{i2} - reprezintă pierderea de sarcină longitudinală, care s-ar produce pe tronsoanele de lungime L1 și L2
- ∇h_{loc} - reprezintă pierderea de sarcină locală cauzată de vană
- ∇h_{r1-2} - reprezintă pierderea de sarcină reală pe tronsonul dintre punctele 1 și 2

Stadiul actual privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în conducte 20

-energia specifică pe unitatea de greutate (ecuația înălțimilor)

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \nabla h_{r1-2} \quad (4)$$

respectiv

-energia specifică pe unitatea de volum

$$\rho g \frac{v_1^2}{2} + p_1 + \rho g z_1 = \rho g \frac{v_2^2}{2} + p_2 + \rho g z_2 + \nabla p_{r1-2} \quad (4^*)$$

v_1, v_2 - viteze medii în secțiunea de intrare, respectiv de ieșire

p_1, p_2 - presiuni în secțiunea de intrare, respectiv de ieșire

z_1, z_2 - poziția secțiunii de intrare S_1 , respectiv S_2 în raport cu un plan de referință orizontal

∇p_{r1-2} - reprezintă pierderile de energie mecanică (prin transformări ireversibile în căldură, respectiv pentru întreținerea turbilenței) pe tronsonul considerat, exprimată cu ajutorul presiunii

Cele două forme ale pierderilor de energie sunt legate între ele cu relația

$$\nabla p_{r1-2} = \rho g \nabla h_{r1-2} \quad (5)$$

Dacă tronsonul de conductă este orizontală, și cu diametru constant (particularizări care sunt adoptate în cadrul programului experimental din cadrul tezei de doctorat) rezultă $z_1 = z_2$ și $v_1 = v_2$, iar pierderile de energie (de sarcină) pe tronsonul de conductă considerat se pot exprima sub forma simplificată.

$$\nabla h_{r1-2} = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{\nabla p_{r1-2}}{\rho g} \quad (6)$$
$$\nabla p_{r1-2} = p_1 - p_2 \quad (6^*)$$

Aceste relații aparent simple au o semnificație relevantă pentru determinarea experimentală a pierderilor de sarcină pe un tronson de conductă. Conform relației (6) pierderea de sarcină totală ∇h_{r1-2} se poate determina experimental prin măsurarea presiunilor în secțiunile de intrare/ieșire a tronsonului de conductă luat în discuție.

Pierderile de sarcină totale ∇h_{r1-2} se compune din pierderile de sarcină liniare dealungul conductei, respectiv pierderile de sarcină locale determinate de perturbațiile generate de obstacol ∇h_{loc} .

Modalitățile de determinare a pierderilor de sarcină vor fi prezentate în paragraful următor.

2.3 Modalități de abordare privind calculul pierderilor de sarcină locale

În cazul unei rețele de apă pierderile de sarcină se compun din pierderile de sarcină longitudinale (cauzate de circulația apei prin conductă) și pierderile de sarcină locale (cauzate de modificarea secțiunii de curgere datorită elementelor de legătură și armăturilor de diferite forme) [5,9,11].

21 Modalități de abordare privind calculul pierderilor de sarcină locale

Pierderile de sarcină longitudinale pot fi determinate folosind formule precum cea a lui Hagen-Poiseuille, pentru regimul laminar, sau formula semiempirică al lui Darcy-Weisbach, pentru regimul turbulent. Aceste formule pot fi aplicate cunoscând anumite caracteristici de bază ale fluidului, respectiv ale materialului conductei. De exemplu formula Darcy-Weisbach presupune cunoașterea lungimii tronsonului de calcul (L), diametrul conductei (D), viteza medie de curgere (v) și un coeficient (λ), care ține cont de regimul de curgere (numărul lui Reynolds) și de rugozitatea peretelui conductei (e), astfel:

$$h_{long} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

Coeficientul λ poate fi determinat ușor pentru regimul laminar, folosind formula (8), iar pentru regimul turbulent poate fi determinat experimental, sau poate fi aproximat cu ajutorul diagramei lui Moody. Pentru conducte foarte netede se poate aplica formula lui Blasius (9).

$$\text{Regim laminar: } \lambda = \frac{64}{Re} \quad (8)$$

$$\text{Regim turbulent, conducte netede: } \lambda = \frac{0,316}{Re^{1/4}} \quad (9)$$

Pentru calculul pierderilor de sarcină locale nu există formule general valabile care să se bazeze numai pe proprietățile lichidului vehiculat și proprietățile materialelor care intră în contact cu lichidul. Pentru calculul pierderilor de sarcină locală s-a introdus un **coeficient de rezistență locală**, care reprezintă raportul dintre pierderea de presiune și presiunea dinamică [14] și se poate calcula pornind din ecuația (4), astfel:

$$\zeta = \frac{2\Delta p}{v^2 \rho} \quad (10)$$

Aplicând acest coeficient, formula de calcul a pierderilor de sarcină locală este:

$$\Delta p = \zeta \rho \frac{v^2}{2} \quad (11)$$

Coeficientul ζ depinde de numărul lui Reynolds și de geometria elementului de legătură sau armăturii. Dependența de numărul lui Reynolds este valabilă pentru numere lui Reynolds mici, dar la numărul lui Reynolds cu valori mari coeficientul intră într-o zonă pătratică și devine constantă. Coeficientul ζ se determină experimental pentru fiecare piesă de legătură în parte, determinând practic valoarea pentru zona pătratică [4].

Avantajul acestui coeficient este că nu depinde de scopul pentru care se folosește armătura și oferă rezultate cu mare precizie [9].

Așa cum am menționat și în lucrarea științifică prezentată la conferința SGEM 2018 [10], David [5] prezintă și modul în care formula (11) poate fi demonstrată și teoretic, dar această metodă presupune cunoașterea distribuției vitezei în zona obstacolului, ceea ce este relativ ușor numai în anumite cazuri particulare, așadar în practica inginerească este suficient să se determine pe cale experimentală coeficientul de rezistență locală amintit.

Valorile lui ζ sunt valabile exclusiv pentru armătura pentru care a fost determinate, producătorul, varianta constructivă și diametrul armăturii nu pot fi neglijate. Totuși în literatura de specialitate există formule pentru aproximarea coeficientului de rezistență locală al unei armături fabricate de același producător, având aceeași variantă constructivă, dar pentru un diametru necunoscut [16]:

$$\zeta_a = \zeta_b \left(\frac{D_a}{D_b} \right)^4 \quad (12)$$

Stadiul actual privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în conducte 22

În ecuația (12) indicele "a" se referă la armătura a cărei coeficient de rezistență locală nu se cunoaște, iar indicele "b" se referă la armătura a cărei coeficient de rezistență locală a fost detrimat experimental.

O altă metodă de calcul pentru pierderile de sarcină locale este considerarea unor **lungimi echivalente**. Această abordare presupune asimilarea pierderii de sarcină locale cauzată de o armătură cu un tronson de conductă de același diametru, urmând ca la calculul pierderilor de sarcină pe rețea să se determine numai pierderile de sarcină longitudinale, dar ținând cont și de aceste lungimi suplimentare [7]. Deși această metodă este foarte comodă, se recomandă folosirea ei numai pentru etapa de predimensionare, deoarece variația pierderilor de sarcină locale în funcție de numărul lui Reynolds diferă de variația pierderilor de sarcină longitudinală [9].

Pentru aplicațiile la care nu se urmărește neapărat determinarea exactă a pierderilor de sarcină, ci se dorește alegerea unei armături optime, care să permită trecerea unui anumit debit, s-au introdus **coeficienții de debit K_v , C_v și A_v** [17].

Acești coeficienți indică debitul care poate trece printr-o armătură, rezultând o pierdere de sarcină unitară la temperatura considerată normală. Diferența dintre cei trei coeficienți o reprezintă unitățile de măsură folosite. Acești coeficienți sunt valabili pentru regimul turbulent, respectiv pentru $Re > 4 \times 10^4$, pentru celelalte cazuri aplicându-se un factor de corecție descris de Skousen [17].

Normativul SR EN 1267 prezintă următoarea formulă pentru determinarea coeficientului de debit K_v :

$$K_v = Q \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \rho_0}} \quad (13)$$

Unde ρ_0 reprezintă densitatea apei la 15°C, iar pierderea de presiune Δp se măsoară în bar.

Având în vedere că în cazul K_v presiunea nu este introdusă conform Sistemului Internațional de unități (SI), există și varianta coeficientului A_v , în care pierderea de presiune Δp se măsoară în Pascal. Deși formula acestui coeficient se poate deduce din ecuația (11) [18], este varianta cea mai puțin folosită în practica inginerescă și la nivel de producători.

Cea de a treia formă a coeficientului de debit, C_v , este varianta corespunzătoare sistemului imperial de măsurare, adică în care debitul este introdus în galon/minut, pierderea de presiune în livră/inch², iar densitatea în livră/picior³. Acest coeficient este valabil când lichidul vehiculat este apa la 60°F.

Între coeficienții de debit și coeficientul de rezistență locală există relații de calcul. SR EN 1267 prezintă relația dintre K_v și C_v , iar în manualul destinat selectării vanelor sunt prezentate și celelalte relații [18]:

$$C_v = 1,16K_v \quad (14)$$

$$\zeta = \frac{889D_{inch}^4}{C_v^2} = \frac{2,14D_{mm}^4}{10^3 C_v^2} \quad (15)$$

$$C_v = \frac{29,8D_{inch}^2}{\sqrt{\zeta}} = \frac{4,62D_{mm}^2}{10^2 \sqrt{\zeta}} \quad (16)$$

$$\zeta = \frac{665,2D_{inch}^4}{K_v^2} = \frac{1,6D_{mm}^4}{10^3 K_v^2} \quad (17)$$

2.3 Aspecte specifice privind vanele sertar și clapetele de sens

$$K_v = \frac{25,8D_{inch}^2}{\sqrt{\zeta}} = \frac{39,98D_{mm}^2}{10^3\sqrt{\zeta}} \quad (18)$$

$$\zeta = \frac{512D_{inch}^4}{10^9 A_v^2} = \frac{1,23D_{mm}^4}{10^{12} A_v^2} \quad (19)$$

$$A_v = \frac{716D_{inch}^2}{10^6\sqrt{\zeta}} = \frac{1,11D_{mm}^2}{10^6\sqrt{\zeta}} \quad (20)$$

$$A_v = 27,8 \times 10^{-6} \times K_v = 23,8 \times 10^{-6} \times C_v \quad (21)$$

2.4 Aspecte specifice privind vanele sertar și clapetele de sens

Vanele sunt dispozitive mecanice concepute pentru gestionarea fluidelor. Acestea pot avea rol de izolare, dirijare curent, amestecare, sau de reglare a debitului, presiunii sau chiar al temperaturii lichidului [17]. Vanele pot fi clasificate după numeroase criterii, cum ar fi de exemplu modul de acționare (manuală sau electrică), varianta constructivă și rolul vanei, sau după diferite caracteristici cum ar fi tipul de fluid vehiculat (apă potabilă, apă uzată, apă sărată, apă cu diferite încărcări – medii agresive etc.), presiune nominală, temperatura nominală etc. Din punct de vedere al instalării un alt criteriu important este tipul de îmbinare (cu filet, cu flanșe, diferite tipuri de cuplaje speciale/rapide, etc.).

Prezenta cercetare s-a axat pe studiul unor modele de vane sertar până și clapete de sens, considerând că aceste tipuri de armături sunt poate cele mai răspândite în sistemele de alimentare cu apă și sistemele de canalizare [10].

2.4.1 Vane sertar

Vanele sertar au un dispozitiv de închidere care se mișcă perpendicular pe direcția fluxului fluidului. Mișcarea dispozitivului de închidere este liniară, iar forma ei este plată, deosebindu-se două variante constructive: vane sertar plat (caz în care dispozitivul de închidere este plat și se deplasează între două suprafețe de sprijin paralele) și vane sertar pană (caz în care dispozitivul de închidere are fațetele ușor înclinate și se deplasează între două suprafețe de sprijin înclinate). Vanele sertar plat se folosesc de obicei pentru aplicații la care împiedicarea completă a trecerii fluidului nu este neapărat obligatorie (capacitatea de izolare a vanei complet închise este direct proporțională cu presiunea de lucru a fluidului vehiculat), și are avantajul unor variante constructive utile în cazul unor fluide care pot transporta și particule solide (de exemplu vanele cuțit au partea de jos al elementului de închidere ascuțit pentru evitarea împotmolirii unei particule solide între elementul de închidere și corpul vanei).

Avantajul vanelor sertar este că datorită închiderii liniare previne șocurile hidraulice, iar în cazul vanei complet deschise secțiunea de curgere nu este deloc micșorată în dreptul armăturii, ceea ce permite folosirea dispozitivelor de curățare clasice și deasemenea și pierderile de sarcină sunt foarte mici.

Dezavantajul vanelor sertar este că în cazul unor sisteme caracterizate de o presiune de lucru mare sau în cazul vanelor cu diametru mare, operarea vanelor devine greoaie, iar un alt dezavantaj este faptul că de regulă corpul vanei este mai înalt decât în cazul altor variante constructive (deoarece la deschidere maximă elementul de închidere se află deasupra secțiunii de curgere nemicșorate). Acest tip de vană este recomandată pentru manevrare rară [18].

Stadiul actual privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în conducte 24

Acest tip de armătură este recomandat pentru rol de închidere/deschidere, folosirea vanei în poziție parțial închisă (de exemplu pentru reglare debit) nu este recomandată, deoarece se produc pierderi de sarcină mari și mai mult și uzura elementului de închidere este accentuată [17]. De exemplu pentru aplicații de reglare a debitului vana începe să fie utilă numai după ce se închide peste 50% [18].

În ceea ce privește uzura vanelor, trebuie ținut cont și de calitatea materialelor elementelor componente. Componentele cauciucate pierd în timp din flexibilitate, iar în cazul elementelor metalice contează foarte mult stratul de protecție aplicat, deoarece în timp micile neregularități ale suprafeței pot fi accentuate de fenomene precum coroziunea sau abraziunea. Comportarea în timp a armăturilor depinde și de natura fluidului transportat (agresivitate, temperatură, etc.) [18].

Vanele sertar pană asigură un grad mai avansat de izolare și la presiuni de lucru mai mici, fiind conceput astfel încât împingerea apei să favorizeze acest aspect, la fel ca și stratul sintetic (de exemplu din EPDM) aplicat la interiorul și la exteriorul elementului de închidere [17]. Din acest motiv ele sunt recomandate pentru aplicații în care fluidul vehiculat este apă potabilă, apă industrială sau gaz.

În Tabelul 1. sunt prezentate valori ai coeficientului de rezistență locală aferente vanelor sertar pană cu diametrul nominal DN 80 mm, conform diferitelor surse din literatura de specialitate aranjate în ordine cronologică. În tabel a/D reprezintă gradul de deschidere (0 – închis total, 1 – deschis total).

Observații referitoare la interpretarea datelor prezentate în Tabelul 1:

- valorile surselor care specifică tipul vanei sertar sunt îngroșate
- valorile aferente unui diametru specificat sunt scrise cu roșu
- valorile scrise *înclinat* au fost determinate pe baza diagramelor din literatura de specialitate studiată
- în cazul surselor [6, 19, 22] valoarea publicată pentru diametrul DN 100 mm a fost asimilată folosind formula (12), rezultatul fiind rotunjit la 2 zecimale
- coeficientul publicat de Hawle [24] este declarat valabil pentru toate tipurile de vane sertar pană cu diametru cuprins între 50 și 150 mm

Tabelul 1. Coeficienți de rezistență locală pentru vane sertar pană din literatura de specialitate

	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	1,00
ζ [19]	6,55			1,06			0,20			0,06
ζ [20]	30,0	22,0	12,0	5,3	2,8	1,5		0,8	0,3	0,15
ζ [9]	<i>10</i>	<i>6,6</i>	<i>3,6</i>	<i>2,0</i>	<i>1,2</i>	<i>0,65</i>		<i>0,4</i>	<i>0,25</i>	<i>0,12</i>
ζ [21]	17,0			5,6			1,0			0,2
ζ [18]	<i>14-42</i>	<i>8,6-25,8</i>	<i>3,8-11,4</i>	<i>1,7-5,0</i>	<i>0,8-2,5</i>	<i>0,5-1,4</i>		<i>0,3-0,8</i>		<i>0,1-0,3</i>
ζ [7]	17,0			2,1			0,3			0,2
ζ [6]	20,0	14,0	7,4	3,7	2,0	1,3	0,9	0,5		0,06
ζ [22]										0,05
ζ [23]		10,0	5,00	2,00			0,37			0,06
ζ [24]										0,03

25 Aspecte specifice privind vanele sertar și clapetele de sens

Din Tabelul 1. reiese că am identificat o singură sursă care să conțină date pentru vane sertar până cu diametru specificat [23]. Alte 2 surse specifică tipul sertarului (pană), dar nu specifică exact diametrul [20, 24]. Date referitoare la un diametru nominalizat au fost identificate doar la 4 din cele 10 surse studiate [6, 19, 22, 23], dar dintre acestea numai 2 prezintă date și pentru deschideri parțiale [19, 23]. Dacă în cazul acestor două surse valoarea aferentă deschiderii complete este aproximativ egală, la deschideri parțiale se observă deja diferențe de 85-89%.

Între rezultate există diferențe de până la 5-10 ori la datele referitoare la deschidere completă, dar este de menționat că în cazul surselor care au specificat exact diametrul armăturii diferența este de numai 20%, procent care crește la 200% în cazul în care ne referim și la valoarea publicată de Hawle pentru un interval de diametre.

Nu se observă o legătură între vechimea datelor și valoarea coeficientului de rezistență locală, dar putem afirma că datele orientative sunt mult mai mari decât datele care se referă la un diametru concret.

Comparând valorile prezentate în Tabelul 1. cu coeficientul propus de Crane Nuclear [25] pe baza metodei lungimilor echivalente, se constată că valoarea rezultată pentru DN 80 mm, $0,017 \times 8 = 0,136$, este mai apropiat de valorile orientative decât de cele care se referă la produse concrete.

Pentru aplicațiile în care fluidul vehiculat este apa uzată este mai recomandat folosirea **vanelor sertar tip cuțit**, deși există și vane sertar pană care se pot folosi pentru astfel de aplicații. Având în vedere că între sursele studiate s-a identificat una singură care prezintă date referitoare la vanele cuțit, în Tabelul 2. sunt prezentate aceste date împreună cu cele referitoare la vanele sertar în general cu diametrul nominal DN 80 mm.

Observații referitoare la interpretarea datelor prezentate în Tabelul 2:

- valorile sursei care specifică tipul vanei sertar este îngroșat
- valorile aferente unui diametru specificat sunt scrise cu roșu
- valorile scrise *înclinat* au fost determinate pe baza diagramelor din literatura de specialitate studiată
- în cazul surselor [6, 19, 22] valoarea publicată pentru diametrul DN 100 mm a fost asimilată folosind formula (12), rezultatul fiind rotunjit la 2 zecimale

Tabelul 2. Coeficienți de rezistență locală pentru vanele cuțit din literatura de specialitate

$\frac{a}{D}$	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	1,00
ζ [19]	6,55			1,06			0,20			0,06
ζ [20]		10,0	4,6	2,06	0,98	0,44		0,17	0,06	0
ζ [9]	10	6,6	3,6	2,0	1,2	0,65		0,4	0,25	0,12
ζ [21]	17,0			5,6			1,0			0,2
ζ [18]	14-42	8,6-25,8	3,8-11,4	1,7-5,0	0,8-2,5	0,5-1,4		0,3-0,8		0,1-0,3
ζ [7]	17,0			2,1			0,3			0,2
ζ [6]	20,0	14,0	7,4	3,7	2,0	1,3	0,9	0,5		0,06
ζ [22]										0,05

Stadiul actual privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în conducte 26

Din Tabelul 2. reiese că nu am identificat nicio sursă care să conțină date pentru vane sertar tip cuțit cu diametrul specificat. În cazul lui Idel'chik [20] nu este indicat termenul cuțit, dar se poate deduce din prezentare că datele din Secția IX Diagrama 9-1 se referă la astfel de vane sertar, însă diametrul nu este specificat. Date referitoare la un diametru nominalizat au fost identificate doar la 3 surse [6, 19, 22], numai o singură sursă prezentând date și pentru deschideri parțiale [19].

Între rezultate există diferențe de până la 4-6 ori la datele referitoare la deschidere completă.

Nu se observă o legătură între vechimea datelor și valoarea coeficientului de rezistență locală.

Menționăm că dintre cei doi producători studiați nici Hawle și nici AVK nu a publicat date referitoare la pierderilor de sarcină cauzate de vanele destinate apelor uzate, deși ambii produc și armături destinate exclusiv aplicațiilor cu apă uzată sub presiune. Conform datelor publicate pe pagina de internet www.avkvalves.eu AVK pe lângă vanele cuțit clasice cu corp foarte plat, produce pentru astfel de aplicații vane sertar până cu caracteristici similare celor prezentate în Tabelul 1, iar Hawle produce o vană cuțit dedicată pentru aceste aplicații, care din exterior seamănă cu o vană sertar până, diferind însă tipul elementului de închidere și caracteristicile pieselor componente [26]. Niciunul dintre cei doi producători nu publică însă date despre pierderile de sarcină produse de vanele sertar tip cuțit. Nici materialul publicat de Crane nuclear [25] nu prezintă formulă de calcul pentru acest caz particular.

În comparație cu vanele sertar dedicate aplicațiilor cu apă potabilă se poate afirma că pentru determinarea pierderilor de sarcină locale cauzate de vanele sertar folosite la proiectarea conductelor de refulare ale rețelele de apă uzată sunt la dispoziție mult mai puține date exacte.

2.4.2 Clapete de sens

Clapetele de sens sunt concepute astfel încât să permită deplasarea fluidul vehiculat într-o singură direcție, datorit unui mecanism de închidere acționat automat în cazul în care apare tendința ca fluxul să-și schimbe direcția în sensul opus. Elementul de închidere se deschide automat în cazul unei presiuni minime din direcția permisă și rămâne deschisă până la îndeplinirea acestei condiții, dar se închide fără să aibă nevoie de o sursă de energie externă, în cazul în care acea presiune minimă nu mai este asigurată.

Acest tip de armături este folosit pentru protejarea echipamentelor de șocurile hidraulice (de exemplu ale pompelor în cazul aplicațiilor cu apă, sau ale compresoarelor în cazul unor aplicații cu gaze), sau în cazul în care se dorește separarea unor regimuri de presiune diferite, sau ale unor calități de fluid diferite. În funcție de rolul armăturii, există diferite variante constructive care permit o închidere a vanei mai mult sau mai puțin bruscă, motiv pentru care există mai multe tipuri de clapete de sens: cu piston, cu clapetă, cu disc, cu clapetă dublă, cu bilă, cu ventil, etc.

Referitor la montarea clapetelor de sens este important de avut în vedere distanță clapetei față în aval de alte obiecte care provoacă turbulențe, deoarece datorit modului de funcționare ale acestora, ele pot accentua fluctuațiile și accentuează uzura clapetei. De cele mai multe ori clapetele se pot monta atât pe orizontală cât și pe verticală, dar și legat acest aspect trebuie avut în vedere efectul gravitației asupra închiderii și deschiderii clapetei [17].

În continuare sunt prezentate clapetele de sens cu clapetă folosite cel mai frecvent la rețele hidroedilitare în domeniul alimentării cu apă potabilă, respectiv

27 Aspecte specifice privind vanele sertar și clapetele de sens

clapetele de sens cu bilă folosite frecvent la rețele hidroedilitare în domeniul canalizării apelor uzate.

Clapetele de sens cu clapetă reprezintă una dintre cele mai simple variante constructive, ceea ce este și marele avantaj al acestui tip. Elementul de închidere este o clapetă care poate fi antrenat de fluxul de apă prin intermediul unui braț fixat de corpul armăturii prin intermediul unui știft metalic. De obicei pentru închiderea clapetei instalate pe orizontal este nevoie ca presiunea din aval să fie cu cel puțin 0,1 bar mai mare ca cea din amonte. Pentru sporirea gradului de etanșare, clapeta poate avea fațeta din aval înclinată. Acest tip de armătură nu lucrează la secțiune completă, deoarece ridicarea brațului este limitată de obicei la 60-85° față de axul conductei. În afară de cazuri extreme, singurele probleme în exploatare pot apărea la nivelul știftului de la brațul clapetei. La aplicații cu diametre foarte mari (peste DN 900 mm) sau în cazul unor aplicații cu presiuni nominale peste 100 bari, dezavantajul acestei forme constructive constă în faptul că din dimensionare rezultă un element de închidere cu greutate mare. De obicei acest tip este recomandat pentru diametre de până la 300 mm [17].

Este recomandat ca acest tip de clapetă să fie montat la o distanță de cel puțin 5 ori diametrul conductei, pentru evitarea fenomenelor amintite mai sus [17].

În Tabelul 3. sunt prezentate valori ai coeficientului de rezistență locală aferente clapetelor de sens cu clapetă pentru diametrul DN 80 mm, conform diferitelor surse din literatura de specialitate aranjate în ordine cronologică.

Observații referitoare la interpretarea datelor prezentate în Tabelul 3:

- valorile surselor care specifică tipul clapetei de sens sunt îngroșate
- valorile aferente unui diametru specificat sunt scrise cu roșu
- valorile scrise *înclinat* au fost determinate pe baza diagramei din literatura de specialitate studiată
- în cazul sursei [6] valoarea a fost determinată observând că pentru diametrele între DN 25 mm și DN 500 mm coeficientul publicat este același
- coeficientul publicat de Idel'chik [20] este declarat pentru DN 70 mm
- coeficientul bazat pe cartea lui David [5] a fost estimat pornind din valorile publicate pentru DN 60 mm și DN 100 mm.
- în cazul sursei [24] valoarea prezentată a fost determinată cu formula (17) pe baza coeficientului de debit publicat

Tabelul 3. Coeficienți de rezistență locală pentru clapete de sens cu clapetă din literatura de specialitate

Sursă	[20]	[9]	[5]	[21]	[18]	[7]	[6]	[27]	[24]
ζ	1,4	0,3 - 1,0	1,4	2,3	1,0	2,0	2,0	0,17	0,5

Din Tabelul 3. reiese că în sursele studiate există relativ multe date referitoare la clapete de sens cu clapetă (6 surse), respectiv date pentru un diametru specificat (5 surse). Sunt 3 cazuri în care atât tipul clapetei, cât și diametrul este specificat [6, 24, 27].

Între rezultate există diferențe de până peste 14 ori, și aceste diferențe sunt valabile și pentru cele 3 surse cu specificații mai exacte [6, 24, 27].

Nu se observă o legătură între vechimea datelor și valoarea coeficientului de rezistență locală.

Comparând valorile prezentate în Tabelul 3. cu coeficientul propus de Crane Nuclear [25] pe baza metodei lungimilor echivalente, se constată că valoarea rezultată

Stadiul actual privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în conducte 28

pentru DN 80 mm, $0,017 \times 50 = 0,85$, se încadrează în intervalul valorilor colectate, fiind mai mare decât valorile indicate de producători concreți, dar nu și decât valoarea indicată de White [6].

Clapetele de sens cu bilă sunt recomandate pentru aplicații în medii cu vâscozitate ridicată, deoarece prin construcția lor, elementul de închidere (bila) are avantajul că se rotește și când vana se află în poziția complet deschisă, astfel realizându-se o autocurățire și o uzură mai mică a elementului de închidere. Acest tip de clapetă asigură și o secțiune de curgere nemișorată în cazul deschiderii complete. În mod obișnuit corpul clapetei are forma de Y, ceea ce permite montarea clapetei atât pe poziție orizontală, cât și pe poziție verticală, iar această formă favorizează și fluxul de apă (pierderi de sarcină mai mici, etanșitate mai bună la închidere).

Tabelul 4. Coeficienți de rezistență locală pentru clapete de sens cu bilă din literatura de specialitate

Sursă	[20]	[9]	[5]	[21]	[18]	[28]
ζ	1,4	0,3-1,0	1,4	70,0	2,0-5,0	0,38-7,0

În Tabelul 4. sunt prezentate valori ale coeficientului de rezistență locală aferente clapetelor de sens cu bilă pentru diametrul DN 80 mm, conform diferitelor surse din literatura de specialitate aranjate în ordine cronologică.

Observații referitoare la interpretarea datelor prezentate în Tabelul 1:

- valorile surselor care specifică tipul clapetei sunt îngroșate în tabel
- valorile aferente unui diametru specificat sunt scrise cu roșu
- valorile scrise *înclinat* au fost determinate pe baza diagramelor din literatura de specialitate studiată

Din Tabelul 4. Reiese că am identificat o singură sursă care să conțină date pentru clapete de sens cu bilă cu diametru specificat [28]. Alte 2 surse specifică tipul clapetei, dar nu specifică exact diametrul [18, 21], iar 2 surse specifică diametrul, dar nu și tipul clapetei [5, 20].

Între rezultate există diferențe de peste 200 ori, ceea ce este valabil în cazul unor surse care specifică exact tipul armăturii. Nu s-a observat legătură între mărimea coeficientului publicat și natura sursei.

Materialul publicat de Crane nuclear [25] nu prezintă formulă de calcul pentru acest caz particular.

2.4.3 Interpretarea datelor colectate

În subcapitolul 2.4 s-au analizat datele referitoare la vane sertar și clapete de sens, conform 15 surse, printre care există cărți de specialitate [5-7, 9, 18-21], lucrări științifice [22] și materiale realizate de producători [23-28].

Pentru aplicații cu apă potabilă s-au studiat vanele sertar până și clapetele de sens cu clapetă, iar pentru aplicații cu apă uzată s-au studiat vanele sertar destinate sistemelor sub presiune și clapetele sens cu bilă.

În afară de sursele menționate, au fost verificate și cataloage ale altor producători de armături, dar în cele mai multe cazuri nu s-au identificat date referitoare la vreun coeficient legat de pierderile de sarcină locale cauzate de armătură. În cărțile de specialitate s-a specificat rar producătorul armăturii, și se observă că în cele mai multe cazuri valorile publicate sunt doar orientative, diferând semnificativ de valorile publicate de producători.

29 Aspecte specifice privind vanele sertar și clapetele de sens

Se poate afirma că în mod general există mai multe date disponibile pentru armături destinate aplicațiilor cu apă potabilă, față de cele destinate sistemelor de apă uzată. Deși acest fenomen se poate explica prin faptul că în practica ingierească sistemele sub presiune sunt de cele mai multe ori sisteme de apă potabilă sau industrială, totuși este important de menționat că nu este recomandată asimilarea datelor specifice armăturilor dedicate apelor uzate cu cele specifice apelor.

Din valorile prezentate în Tabelele 1-4, rezultă că pentru calcule exacte este important să se cunoască coeficientul armăturii concrete (producător, tip armătură, diametru) și în cazul clapetelor de sens chiar și regimul de lucru (debit).

3. Concepția și realizarea standului experimental

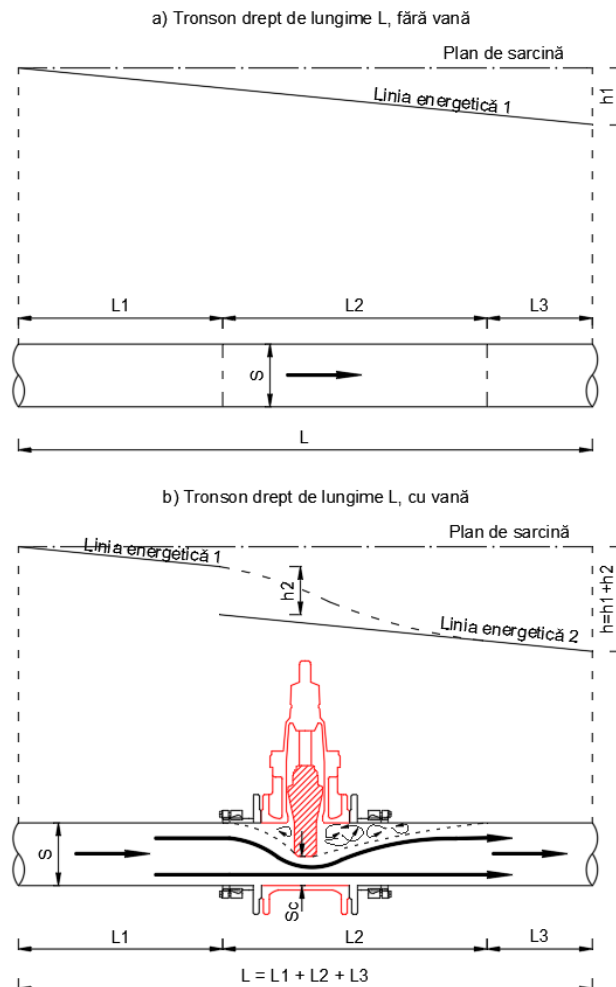


Figura 2. Schemă - Efectul pierderilor de sarcină locală

În capitolele 1. și 2. s-au prezentat argumente în vederea justificării necesității studierii aprofundate ale pierderilor de sarcină locale cauzate de armăturile utilizate în cadrul sistemelor de apă (apă potabilă, industrială sau uzată) sub presiune. Deși aceste pierderi pot fi calculate folosind diferite metode prezentate în subcapitolul 2.3, determinările experimentale se bazează de obicei pe calculul coeficientului de rezistență locală adimensională, ζ .

În Figura 2 este prezentat schematic efectul unei vane serrar asupra fenomenului de pierdere de sarcină totală, în comparație cu pierderile de sarcină longitudinale prezente într-un sistem sub presiune, în care:

- S - reprezintă secțiunea conductei tronsonului de calcul,
- Sc - reprezintă suprafața contractată în dreptul elementului de închidere al vanei,
- L1 și L3 - reprezintă distanțe parțiale în amonte și în aval de armătură pe care nu se resimt turbulențele cauzate de vană,
- L2 - reprezintă zona în care se produc pierderile de sarcină locale
- h1 - reprezintă pierderea de sarcină longitudinală pe tronsonul de lungime L
- h2 - reprezintă pierderea de sarcină locală cauzată de vană

Așa cum reiese din Figura 2, pierderile de sarcină locală (h_2) se produc pe un anumit tronson (L2), care se întinde în amonte și în aval de armătura studiată. Pierderea de sarcină locală poate fi determinată ca și diferența dintre pierderea de sarcină totală măsurată pe un tronson și pierderea de sarcină longitudinală aferentă tronsonului respectiv.

Coeficientului de rezistență locală se poate determina experimental parcurgând următorii pași:

1. măsurarea pierderii de presiune totale pe tronsonul pe care se resimt turbulențele cauzate de armătura studiată (tronson de calcul): $\Delta p_{măsurat}$
2. determinarea (experimentală sau folosind formula (7) pierderilor de sarcină longitudinale echivalente pentru tronsonul de calcul: $\Delta p_{longitudinal}$
3. calculul coeficientului ζ folosind formula (10), în care

$$\Delta p = \Delta p_{local} = \Delta p_{măsurat} - \Delta p_{longitudinal} \quad (22)$$

În cadrul prezentei cercetări s-a urmărit conceperea și realizarea unui stand experimental care să asigure exigențele stabilite de normativele **SR EN 1267/2012: Aparat de robinetărie - Încercarea de rezistență la curgere utilizând apa ca fluid de încercare** și **SR EN 60534-2-3/2016: Robinete de reglare ale proceselor industriale. Partea 2-3: Capacitate de curgere. Proceduri de încercare**, și să permită o flexibilitate cât mai mare privind tipurile de determinări pe diferite materiale, diametre etc.).

3.1 Descrierea standului experimental

Schema standului experimental și aparatura necesară

Conform normativelor amintite, schema de bază a unui stand experimental conține două zone: zona propriuzisă de testare și zona auxiliară dotată cu aparatura necesară determinării regimului de curgere (temperatură, presiune, debit).

În Figurile 3 și 4 sunt reproduse schemele publicate în cele două normative amintite.

31 Descrierea standului experimental

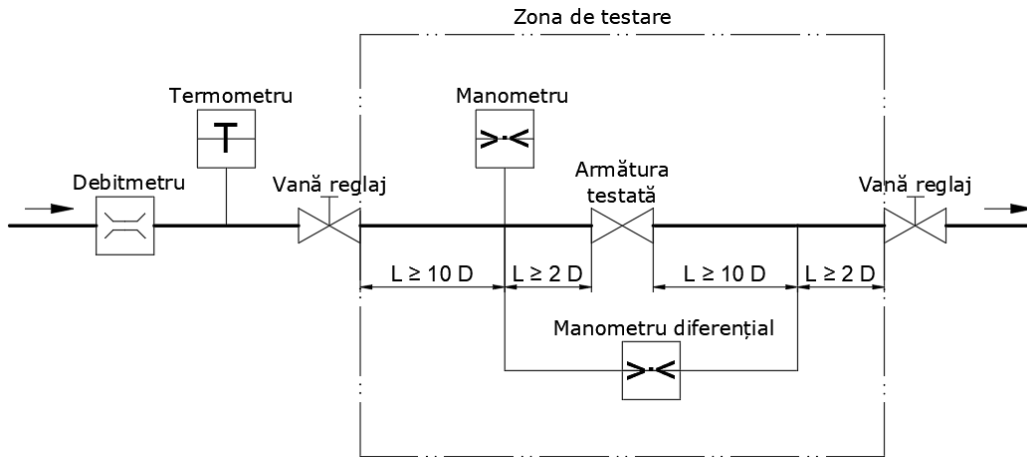


Figura 3. Schemă instalație de testare de bază, cf. SR EN 1267

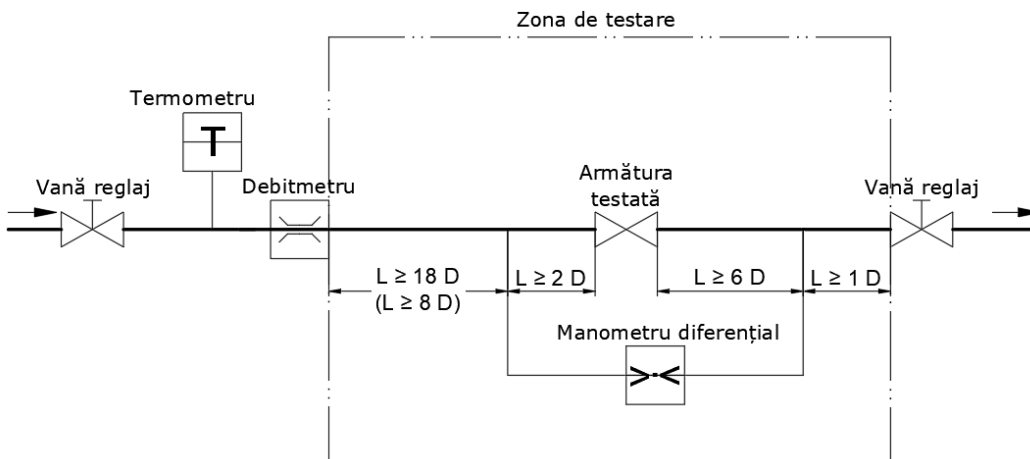


Figura 4. Schemă instalație de testare de bază, cf. SR EN 60534-2-3

Pentru determinarea regimului de curgere este nevoie de următoarele aparate reprezentate și în schemele de mai sus: debitmetru, termometru, manometru (pentru determinarea presiunii de lucru), manometru diferențial (pentru determinarea pierderii de presiune totală pe tronsonul de calcul – nu este permisă folosirea a două manometre statice pentru înlocuirea manometrului diferențial [13, 14], cu excepția cazului în care se poate dovedi că precizia de măsurare este sub 2% [29]). Aparatura folosită trebuie să asigure o acuratețe de $\pm 2\%$ pentru presiunea din amonte, presiunea diferențială și debit, respectiv $\pm 1\%$ pentru temperatură [13]. Normativele stabilesc procentele amintite față de valoarea citită pe aparat, însă nu specifică numărul de zecimale la care se fac citirile, deși acest aspect are o influență semnificativă asupra calculului coeficientului.

Din cele două figuri de mai sus rezultă că există o oarecare libertate în ceea ce privește poziționarea aparatelor de măsură (debitmetru, termometru) și a vanelor de reglaj față de acestea.

De asemenea se poate observa că există diferențe și în ceea ce privește distanțele minime recomandate pentru montarea prizelor manometrului diferențial. Mai mult, față de cele două seturi de distanțe minime, există și alte variante recomandate în literatura de specialitate din diferite țări (de exemplu Franța, Rusia, Marea Britanie, Elveția) [14, 30]. Există studii care recomandă distanțe mult mai mari față de cele minime stabilite de normative. Miller [9] afirmă că linia energetică devine liniară după o distanță de cca. 30 diametre în aval de obiectul studiat (afirmația este făcută referitor la un cot la 90 grade), iar în studiul lui Lansford [31] apar 16 diametre în amonte și 48,7 diametre în aval de vana studiată. Astfel chiar dacă este foarte clar cadrul legal aplicabil în prezent, în România pentru determinarea coeficientului de rezistență locală, studiul distanțelor recomandate nu trebuie considerat ca un subiect închis.

În afară de armăturile și aparatele menționate, schema unui stand experimental trebuie completată cu date privind sursa de apă, sursa de asigurare presiune (dacă este cazul) și elementele constructive necesare pentru un stand funcțional. De asemenea schema poate fi completată cu alte aparate de control sau cu un tronson dedicat măsurătorilor referitoare la pierderile de sarcină liniare, care astfel pot fi realizate în același timp cu măsurătorile necesare pentru determinarea pierderilor de sarcină locală, în funcție de condițiile de laborator.

Cuplarea prizelor

În ceea ce privește realizarea prizelor necesare pentru cuplarea manometrului diferențial, normativul permite folosirea unor prize realizate din 1, 2, 3 sau patru orificii coliniare pe perimetrul secțiunii transversale a conductei sau prin realizarea unei fante continue pe întregul perimetru al conductei, impunând folosirea variantei cu 4 orificii doar în cazul diametrului nominal peste 300 mm [13]. Zeiter [14] afirmă că varianta cu fantă continuă și varianta cu 4 orificii au precizie similară, și nu pomeneste de celelalte variante constructive.

Este important ca orificiile să fie realizate orientate spre axul conductei (cu o toleranță maximă de 5 grade), iar prezența prizei nu are voie să producă turbulențe suplimentare, motiv pentru care trebuie acordată o atenție sporită la curățirea zonei de contact dintre orificiu și suprafața interioară a peretelui conductei pentru îndepărtarea eventualelor bavuri. De asemenea trebuie urmărit ca orificiul să fie realizat astfel încât muchia rezultată la contactul cu suprafața interioară a peretelui conductei să fie ascuțită [13].

Normativele stabilesc diametrul minim și maxim al orificiilor în funcție de diametrul conductei pe care se montează priza. De exemplu pentru o conductă cu DN > 50 mm, SR EN 1267 prevede orificii cu diametru între 3 și 5 mm [13], iar SR EN 60534-2-3 recomandă intervalul 3 – 9 mm pentru conducte cu diametrul nominal între 50 și 75 mm, sau chiar 3 – 19 mm pentru conducte cu DN > 250 mm [29]. SR EN 1267 specifică și raportul minim între diametrul orificiului și diametrul conductei de legătură a manometrului diferențial: $DN_{cond} \geq DN_{orif}$.

3.2 Problemele avute în vedere pentru variantele de montaj

3.2.1 Condiții de stabilitate flux

Prin stabilitatea fluxului se înțelege că în timpul realizării unei măsurătoare complete (măsurători repetate – dacă este cazul – pentru un anumit tip de armătură – cu o anumită deschidere, dacă este cazul –, într-un anumit regim de curgere cu

33 Problemele avute în vedere pentru variantele de montaj

număr Reynolds constant) caracteristicile fluxului de apă (debit, temperatură, presiune) sunt constante, respectiv variază în limitele permise de normative.

Conform SR EN 1267, debitul și presiunea din amonte poate avea o fluctuație maximă de $\pm 6\%$, iar coeficientul de rezistență locală determinat poate avea fluctuațiile prezentate în Tabelul 5. Referitoare la variația temperaturii în cursul unei măsurători, SR EN 60534-2-3 permite ± 3 °C.

Tabelul 5. Fluctuații permise la determinarea ζ

ζ	$\zeta > 20$	$4 < \zeta \leq 20$	$1 < \zeta \leq 4$	$0,1 \leq \zeta \leq 1$
Fluctuație procentuală permisă	± 6	± 10	± 17	± 26

Pentru reducerea fluctuației presiunii din amonte și a debitului se pot monta vane de control presiune și sau vane de control debit, sau există posibilitatea conceperii unui stand folosind un rezervor de nivel constant, recomandat de sursa [30] și reprezentat în Figura 5.

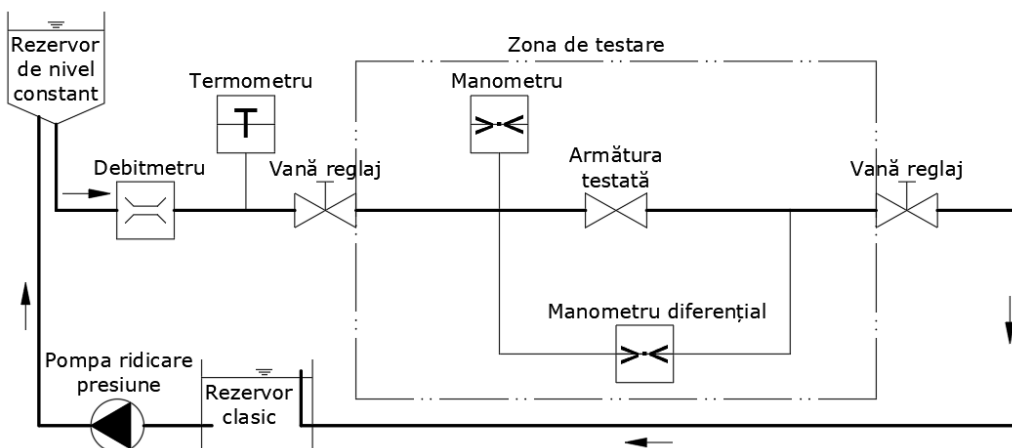


Figura 5. Schema instalației de testare cu rezervor cu nivel constant

3.2.2 Distanța prizelor față de armătura studiată

Așa cum a fost prezentat în subcapitolele anterioare, normativele conțin prevederi în privința distanțelor minime ale prizelor față de armătura studiată, însă principiul de bază este că se urmărește ca întreaga zonă în care apar turbulențe suplimentare datorită armăturii să fie cuprinsă în tronsonul delimitat de cele două prize ale manometrului diferențial.

Trebuie menționat însă că dacă alegerea unui tronson prea scurt (sau greșit încadrat față de armătură) periclitează calitatea măsurătorilor (pierderile de sarcină locale fiind determinate numai parțial), mărirea nejustificată a tronsonului de calcul presupune nu numai un aspect economic nefavorabil ci poate influența și ea negativ calitatea măsurătorilor în cazul în care pierderile de sarcină liniară sunt aproximativ folosite formule (abaterea rezultată din imprecizia formulei este direct proporțională

cu lungimea tronsonului de calcul). O metodă pentru reducerea (sau chiar eliminarea) abaterii care poate apărea în cazul unui tronson mai lung ar fi instalarea unui tronson de calcul suplimentar destinat determinării pierderilor longitudinale, ceea ce implică costuri ridicate (manometru diferențial cu două prize și toate accesoriile) dar și un spațiu mult mai mare pentru instalația de testare.

Concepția standului, inclusiv stabilirea distanțelor de amplasare ale prizelor, este recomandat să fie adaptată în funcție de scopul măsurărilor și în funcție de tipul armăturilor studiate. În cazul în care se urmărește realizarea unor măsurători pentru un grup de armături și/sau piese de legătură, sau în cazul în care se urmărește realizarea unor măsurători pentru vane parțial închise, poziția optimă a prizelor se poate determina și experimental.

3.2.3 Stabilirea tipului prizelor

SR EN 1267 amintește de patru variante constructive pentru realizarea prizelor: cu una, două sau patru orificii sau cu fantă, specificând că în cazul conductelor cu diametrul peste 300 mm, este recomandat să se aleagă varianta cu patru orificii [13]. SR EN 60534-2-3 nu detaliază variantele posibile, dar afirmă, că în cazul în care se dorește măsurarea unei presiuni medii, se folosesc prize cu mai multe orificii [29]. Varianta constructivă a prizelor depinde așadar de diametrul conductei și de scopul măsurătorii.

Pentru măsurarea unor presiuni medii, Zeiter recomandă folosirea variantei cu o fantă continuă din motive constructive, susținând că o astfel de priză este mai ușor de confecționat. În ceea ce privește precizia măsurărilor, el afirmă că varianta cu patru orificii și varianta cu fantă continuă pot fi considerate la fel de calitative [14].

Prezenta cercetare cuprinde și măsurători pentru determinarea distanțelor optime ale prizelor în amonte și în aval de armăturile studiate, studiul de caz fiind prezentat în subcapitolul 4.1. Pentru a verifica dacă pentru această aplicație se pot obține rezultate concludente folosind prize cu un singur orificiu, sau este de preferat folosirea unor prize cu patru orificii, s-au realizat următoarele măsurători, conform schemei de calcul prezentat în Figura 6:

1. Prize cu un orificiu, $L1 = 0,57$ m, $L2 = 1,07$ m
2. Prize cu un orificiu, $L1 = 1,07$ m, $L2 = 2,07$ m
3. Prize cu patru orificii, $L1 = 1,07$ m, $L2 = 2,07$ m

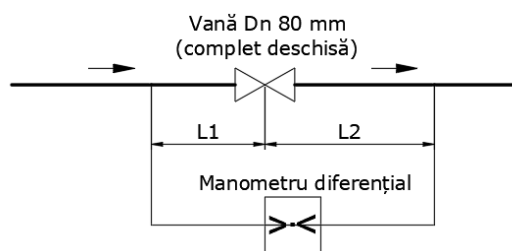


Figura 6. Schemă măsurători pentru compararea prizelor de diferite tipuri

Prin realizarea măsurărilor 1-2 s-a urmărit verificarea dacă se obține același coeficient de rezistență locală. Având în vedere că în ambele ipoteze s-au respectat distanțele minime recomandate de normativul de referință [13], obținerea unor rezultate similare înseamnă că și folosind prize cu un singur orificiu se pot realiza măsurători concludente în vederea determinării distanțelor până la care se resimte efectul armăturii studiate. Măsurătoarea realizată în condițiile prezentate la punctul 3

35 Problemele avute în vedere pentru variantele de montaj

a avut scopul de a compara precizia prizei cu un singur orificiu față de varianta prevăzută pentru determinări bazate pe presiuni medii.

Coeficienții de rezistență locală au fost determinați prin măsurarea debitului (Q), a lungimii de calcul ($L=L_1+L_2$ din Figura 6) și a pierderii de presiune (Δp măsurat), respectiv calculul numărului lui Reynolds cu formula (3), pierderii de presiune liniare (Δp liniar) cu formula (7) transformată în mbar, λ (calculat cu formula lui Blasius (9)) și a pierderii de presiune datorită vanei (Δp vană) cu formula (22). Pentru calculul coeficientului de rezistență locală (ζ) s-a folosit formula (10), iar ζ_{med} reprezintă media aritmetică a coeficienților determinați pentru o anumită ipoteză de calcul.

Tabelul 6. Comparație prize cu 1, respectiv cu 4 orificii

Nr.	Q (mc/h)	Re	L (m)	Δp liniar (mbar)	Δp măsurat (mbar)	Δp vană (mbar)	ζ	ζ_{med}
1	16,25	83133	1,64	1,61	1,85	0,24	0,057	0,071
	19,55	102240		2,22	2,68	0,46	0,077	
	25,10	131265		3,43	4,21	0,78	0,078	
2	16,30	87121	3,14	3,07	3,31	0,24	0,057	0,076
	19,75	105561		4,29	4,80	0,51	0,082	
	22,65	121061		5,46	6,18	0,72	0,089	
3	16,20	88461	3,14	3,02	3,06	0,04	0,010	0,017
	20,20	107966		4,47	4,60	0,13	0,021	
	24,50	130949		6,26	6,45	0,19	0,020	

Din rezultatele prezentate în Tabelul 6. reiese că în condițiile de laborator prezentate în subcapitolul 3.3 prizele cu un singur orificiu se pot folosi pentru determinarea poziției ideale a prizelor, însă pentru determinarea mai precisă a coeficientului de rezistență locală, este recomandat, să se folosească prize, prin care se poate baza pe presiuni medii.

Menționăm că pentru analiza detaliată a diferențelor rezultatelor obținute în funcție de numărul și poziția orificiilor prizelor este recomandat folosirea unor prize cu scheme mai complexe, de exemplu cea prezentată în cadrul conferinței SGEM din 2018 [32].

3.2.4 Montarea și calibrarea aparaturii

Pentru asigurarea preciziei aparatelor de măsură în intervalele publicate de producători este foarte important să se respecte indicațiile privind montarea și instalarea acestora.

Debitmetrul

În ceea ce privește montarea debitmetrelor, pentru debitmetrele electromagnetice mjk specifică 7 condiții de montaj ce pot afecta precizia aparatului [33]:

1. În amonte de debitmetru trebuie asigurat un tronson drept de lungime mai mare sau egală de trei ori valoarea diametrului nominal ($L \geq 3DN$), iar

în amonte de acesta un tronson drept de lungime mai mare sau egală de două ori valoarea diametrului nominal ($L \geq 2DN$)

2. Dacă pentru instalarea debitmetrului este nevoie de reducerea secțiunii de curgere, se vor folosi piese de legătură ale căror unghi interior să fie mai mic de 7,5 grade. Așadar lungimea reducăției trebuie corelată cu diferența de diametru.
3. Trebuie avut grijă ca flanșele de legătură și garniturile aferente să fie montate în poziții concentrice, pentru a nu provoca turbulențe suplimentare
4. Trebuie asigurat ca debitmetrul să fie în permanență umplut cu apă, așadar nu este permisă montarea debitmetrului pe un punct înalt alt instalației, conform schemelor prezentate în Figura 7.

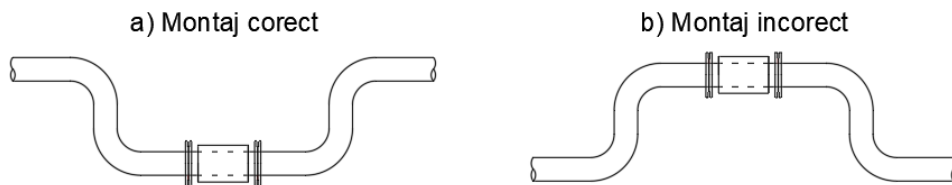


Figura 7. Ilustrație montaj debitmetru

5. Montajul debitmetrului pe verticală trebuie realizat întotdeauna astfel încât sensul de curgere să fie în sus
6. În cazul în care debitmetrul este montat pe orizontală în amonte de o descărcare în emisar, montajul trebuie realizat astfel încât aparatul să fie întotdeauna umplut cu apă
7. Pentru o citire mai ușoară a ecranului debitmetrului montat pe orizontal, acesta poate fi rotit la maximum 45 de grade, deoarece în cazul unui unghi mai mare există riscul ca unul din electrozi să nu fie în contact perfect cu apa

Deoarece instalația a cărei montaj am modificat-o pentru realizarea cercetării a avut inițial debitmetrul montat nerespectând condițiile 1 și 3, după cum se poate vedea și în Figura 8, am avut posibilitatea verificării efectului negativ al acestui montaj greșit asupra măsurării debitului, respectiv asupra determinării coeficientului de rezistență locală. Măsurătorile s-au realizat folosind o vană sertiș până cu flanșe, având DN 80 mm.



a) Debitmetru montat greșit



b) Debitmetru montat corect

Figura 8. Poze montaj debitmetru

37 Problemele avute în vedere pentru variantele de montaj

În Tabelul 7 sunt prezentate coeficienții de rezistență locală obținute cu debitmetrul montat greșit și cu debitmetrul montat corect. Se observă că valorile calculate pe baza măsurătorilor realizate cu debitmetrul montat greșit sunt în general cu 1-4% mai mici, iar diferența este mult mai mare la deschiderile cu raport $a/D \geq 0,75$.

Tabelul 7. Comparație rezultate măsurători cu debitmetru montat greșit/corect

$\frac{a}{D}$	ζ_a (montaj greșit)	ζ_b (montaj corect)	Diferență procentuală
1	0,001	0,017	1718,58
0,875	0,013	0,032	136,12
0,75	0,109	0,111	2,17
0,625	0,291	0,294	1,04
0,5	0,659	0,686	4,15
0,375	1,562	1,631	4,41
0,25	4,351	4,506	3,56

Termometrul

Din punct de vedere constructiv, cel mai ușor ar fi monitorizarea temperaturii apei în rezervor, însă în afara schemei de instalație cu rezervor de nivel constant, termometrul trebuie obligatoriu montat pe conductă. În cadrul prezentei cercetări, în prima fază, s-a folosit un termometru montat în rezervor, urmând ca după montarea unui termometru axial pe conductă, să se observe că în urma energiei termice degajate de pompa legată după rezervor, diferența de temperatură dintre apa din rezervor și apa din zona de calcul poate ajunge și peste 5°C, ce implică, conform măsurătorilor efectuate, o diferență în determinarea $\Delta p_{vană}$ de 0,00-0,08 mbar, respectiv o diferență de până la aproape 0,01 la valoarea coeficientului de rezistență locală.

Manometrul diferențial

În cazul aplicațiilor cu lichide, manometrul diferențial trebuie montat astfel încât să fie poziționat sub cota tronsonului de calcul, iar condițiile privind realizarea și poziționarea prizelor au fost detaliate în subcapitolele 3.2.2 și 3.2.3.

Un al doilea aspect important este dezaerarea aparatului, respectiv a legăturilor dintre prize și aparat. Dacă pentru primul poate exista soluție asigurată prin construcția aparatului, al doilea aspect trebuie asigurat la nivelul confecționării instalației de testare.

Un al treilea aspect se referă la calibrarea manometrului diferențial. Pentru eliminarea din calcul ale eventualelor diferențe de presiune cauzate de cota geodezică a prizelor, sau de alte caracteristici constructive, manometrele diferențiale trebuie calibrate obligatoriu după montarea pe poziție. Această operație se regăsește în literatura de specialitate și sub denumirea "ajustare poziție – corectare punct 0" [34]. În cursul realizării măsurătorilor s-a constatat că există cazuri în care această operație trebuie repetată la schimbarea regimului de curgere. Abaterile observate au fost de ordinul 0,1-0,3 mbar, la nr. lui Reynold mai mari fiind necesar o corectare cu o valoare ușor mai mare.

3.2.5 Aspecte legate de realizarea măsurătorilor

Precizia măsurătorilor

În SR EN 1267 [13] sunt detaliate aspectele referitoare la precizia măsurătorilor, atât în ceea ce privește realizarea măsurătorilor (anexa C), cât și evaluarea preciziei coeficienților determinați (anexa D).

Precizia măsurătorilor depinde de erorile sistematice cauzate de precizia aparatelor de măsură și de metodele de măsurare, respectiv de erorile aleatoare imprevizibile.

Erorile sistematice pot fi reduse prin folosirea unor aparate performante calibrate, prin realizarea unei instalații de testare corespunzătoare, și prin aplicarea mai multor metode de măsurare, însă în practică aceste erori nu pot fi eliminate în totalitate. Aceste erori nu pot fi reduse prin creșterea numărului de măsurători repetate, dar uneori (dacă există repere sigure) ele pot fi corectate aplicând anumite corecții în procesul de măsurare.

Erorile aleatoare depind de fluctuațiile parametrilor fizici măsurați. Realizând măsurători repetate în aceleași condiții fizice, și analizând statistic rezultatele obținute, erorile aleatoare pot fi reduse. Fluctuațiile permise amintite în subcapitolul 3.2.1 trebuie interpretate ca valori maxime condiționate și de numărul de măsurători repetate. Măsurătorile pot fi acceptate fără nevoia repetării lor în cazul în care fluxul este stabil, ceea ce înseamnă că într-un interval de timp de minim 10 secunde valorile măsurate ale parametrilor fizici variază în proporție de maxim 1,2%. În cazul în care această condiție nu este îndeplinită pentru toți parametri fizici măsurați, se impune realizarea unui număr de măsurători suplimentare (măsurători repetate în aceleași condiții). Numărul de măsurători repetate este dat de diferența dintre valoarea minimă și valoarea maximă măsurată, valabilă pentru fiecare măsurătoare, conform datelor prezentate în Tabelul 8.

Tabelul 8. Număr măsurători în funcție de diferența dintre valorile minime și maxime măsurate

Număr măsurători minime	3	5	7	9	13	> 30
Diferența procentuală permisă	1,8	3,5	4,5	5,8	5,9	6,0

În cazul în care s-au realizat măsurători repetate, se va considera că valoarea măsurată finală este egală cu media aritmetică a valorilor repetate.

În cazul în care nu se poate încadra în fluctuațiile permise, precizia măsurătorilor trebuie determinată, conform detaliilor din anexa D a SR EN 1267.

Atunci când se determină valoarea erorilor sistematice și valoarea erorilor aleatoare, precizia măsurătorilor este calculată ca și radical din suma celor două erori. Normativul precizează totodată că în cazul în care sunt respectate prevederile privind precizia aparatelor de măsură (descrise în subcapitolul 3.1), și prevederile legate de procedura de realizare a măsurătorilor se poate considera că și precizia toată se încadrează în limitele stabilite.

Aspecte specifice testării vanelor

Coefficientul de rezistență locală se determină în general pentru regimul turbulent pătratic. Pentru acest caz SR EN 1267 [13] prevede următoarele condiții:

- Trebuie realizate măsurători pentru cel puțin trei debite diferite
- Debitul minim trebuie să respecte condiția: $Re > 4 \times 10^4$

39 Realizarea standului experimental, materialele și aparatura folosită

- Debitul maxim va fi mai mare decât limita superioară a intervalului de operare indicat de producător. Dacă această condiție nu poate fi îndeplinită din motive tehnice ce țin de instalația de testare, laboratorul de testare trebuie să se asigure că rezultatele obținute corespund cu exigențele normativelor în vigoare
- În mod obligatoriu se va realiza cel puțin o măsurătoare pentru un debit încadrat între debitul minim și maxim amintit
- Diferența dintre coeficientul minim și maxim determinat nu trebuie să depășească 4%
- Se va evita apariția fenomenului de vaporizare (o măsură poate fi creșterea presiunii de lucru)
- În cazul în care condiția legată de precizie este respectată pentru toate măsurătorile, coeficientul de rezistență locală se va determina prin calculul mediei aritmetice a celor minim trei rezultate

Legat de condiția referitoare la debitul minim trebuie amintit că în Anexa C, subapitolul C.4 intitulat *Determinarea coeficienților de debit și de rezistență locală în regim turbulent* normativul precizează că debitul minim trebuie să fie suficient de mare, astfel încât condiția de precizie să poată fi respectată. În exemplul dat de normativ cele trei debite sunt alese astfel încât viteza rezultată este între 4 și 5 m/s, iar din exemplul prezentat în lucrarea lui Patrik Zeiter [14] rezultă că valoarea coeficientului de rezistență locală se încadrează în limitele cerute de normativ în cazul rezultatelor obținute între 2,2 și 3,68 m/s.

3.3 Realizarea standului experimental, materialele și aparatura folosită

Pentru realizarea măsurătorilor necesare prezentei cercetări, au fost realizate o serie de modificări ale instalației de prezentare a produselor Hawle amplasat în hala din incinta Departamentului de Hidrotehnică al Facultății de Construcții din cadrul Universității Politehnica Timișoara. Elementele principale ale instalației de testare și poziționarea orientativă a aparatelor de măsură sunt prezentate în Figura 9, dar figura este simplificată, deoarece în afară de armăturile și piesele de legătură reprezentate, în realitate standul conține și alte obiecte, care însă nu prezintă interes pentru prezenta lucrare.

În zona de lucru s-au montat conducte din polietilenă de înaltă densitate cu diametrul exterior de 90 mm, PE100, PN10, care au declarat un diametru interior de 79,2 mm.

Pentru reducerea consumului de apă, s-a realizat un sistem închis, apa pompată din rezervorul din fibră de sticlă, marcat cu (1) în Figura 9, fiind recirculată în acesta. Lichidul folosit pentru realizarea măsurătorilor a fost apa potabilă din instalația interioară a halei.

Pentru asigurarea presiunii necesare în sistem s-a folosit o pompă de circulație (2) tip CronoLine IL 80/200-22/2 produsă de Wilo. Pompa centrifugă de joasă tensiune cu un etaj, de tip constructiv compact cu motor cuplat, cu flanșele de la aspirație și de la refulare aliniată are următoarele caracteristici principale declarate de producător [35]:

- Debit maxim: 164 m³/h
- Înălțime de pompare maximă: 54 m
- Putere motor pompă: 22 kW

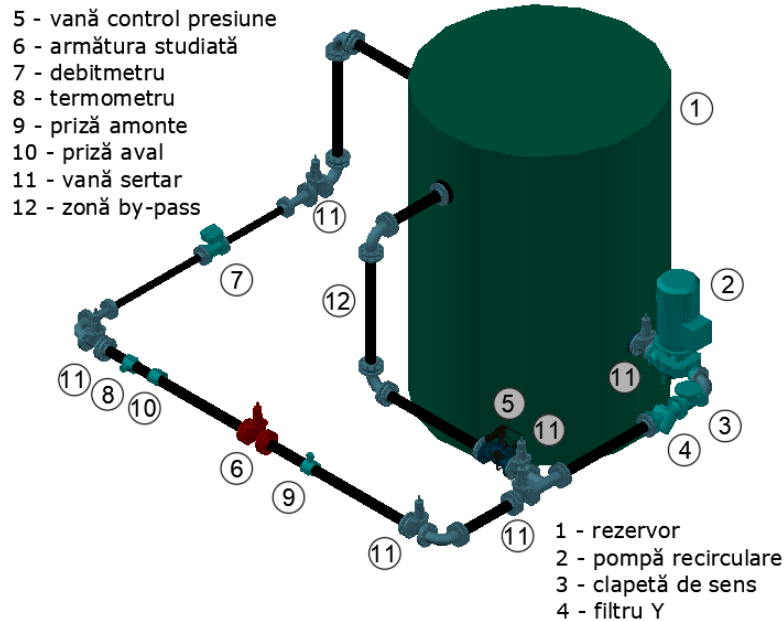


Figura 9. Instalația de testare concepută

Pentru protejarea pompei de șocuri în aval de aceasta s-a montat o clapetă de sens cu flanșe DN 80 mm (3), iar pentru protejarea instalației de impurități s-a montat și un filtru Y cu flanșe DN 80 mm (4).

Pentru reglarea presiunii de lucru s-a montat o vană de menținere a presiunii cu flanșe DN 80 mm (5).

Pentru a realiza posibilitatea reglării debitului pe tronsonul de calcul, s-a montat o zonă by-pass (12) care preia un debit în funcție de presiunile condiționate de cele două vani (11) montate în aval de ieșirile ramificației. Pentru măsurarea debitului pe tronsonul de calcul s-a montat un debitmetru electromagnetic DN 50 mm tip MagFlux produs de MJK, setat să afișeze debitul în l/s. Precizia aparatului indicată de producător este de până la $\pm 0,25\%$ [33].

Pentru măsurarea temperaturii apei în conductă s-a montat un termometru axial în aval de tronsonul de calcul.

Pierderile de presiune au fost măsurate folosind un manometru diferențial tip Deltabar S PMD75, produs de Endress+Hauser, prevăzut cu o membrană cu marjă de citire de la -10 la +10 mbar cu o precizie față de referința setată la calibrare de $\pm 0,035\%$, conform datelor din catalog. Pentru realizarea unei calibrări mai corecte, aparatul a fost prevăzut cu o alimentare "cu trei vani", conform indicațiilor producătorului [34]. La calibrarea aparatului s-a considerat că valoarea zero de referință este cea indicată în cazul în care toate cele trei vani sunt deschise, așadar pe membrană este aplicată o presiune medie pe ambele părți.



Figura 10. Manometru diferențial Deltabar S PMD75

41 Realizarea standului experimental, materialele și aparatura folosită

Cele două prize (9, 10) ale manometrului diferențial au fost confecționate din coliere de reparație Gebo de 3", în care s-au realizat câte patru orificii filetate astfel încât să se poată monta elemente de legătură denumite racorduri automate metalice cu filet exterior 1/8" pentru tub $\varnothing 6$ mm. Cele două prize au fost realizate conform schemei prezentate în Figura 11. Așa cum a fost menționat și în subcapitolul anterior, aerisirea instalației de măsură este foarte importantă, inclusiv a accesoriilor prizelor, motiv pentru care este important să se folosească tuburi de legătură transparente, pentru identificarea eventualelor bule de aer. Priza a fost dotată la partea superioară cu o cruce cu racord automat prin care se poate realiza dezaerarea prizei, dar și legarea manometrului la priza din amonte (9) de armătura studiată (6). Pentru măsurarea presiunii din amonte s-a folosit un manometru radial.

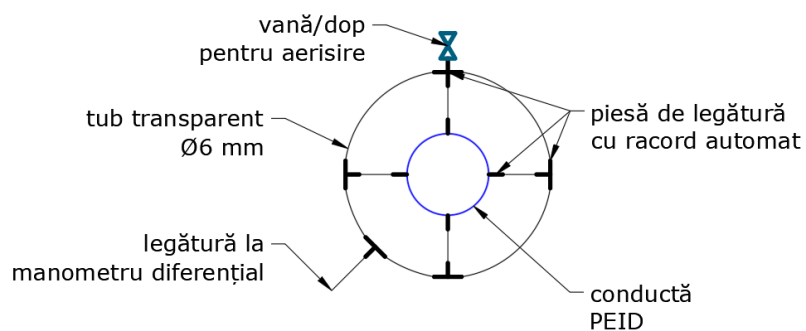


Figura 11. Schemă prize cu 4 orificii

Tipul de priză descris mai sus a fost folosit pentru determinarea coeficienților de rezistență locală, prezentate în subcapitolele 4.2 și 4.3, iar pentru studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături, descris în subcapitolul 4.1 s-au folosit prize prevăzute cu un singur orificiu realizate din șa de bransare cu o ieșire cu filet interior întărit De 90 x 3/4", prevăzute cu robinet de închidere cu bilă DN 1/2" și piesă de legătură cu racord automat metalic pentru tub $\varnothing 8$ mm.

4. Studii experimentale

Studiile experimentale au fost realizate folosind instalația de testare a Departamentului de Hidrotehnică al Facultății de Construcții din cadrul Universității Politehnica Timișoara, descrise în subcapitolul 3.3.

Tronsonul de calcul al instalației de testare a fost adaptat pentru fiecare set de măsurători descris în următoarele subcapitole.

Citirile au fost realizate manual, iar valorile citite au fost centralizate și prelucrate folosind Microsoft Excel.

4.1 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

După cum s-a prezentat în subcapitolul 3.2.1 și 3.2.2 în literatura de specialitate există diferite recomandări privind distanțele prizelor manometrului diferențial în amonte și în aval de armătura studiată. Având în vedere că prezenta cercetare include și studiul vanelor parțial închise, caz în care se produc turbulențe mult mai accentuate, s-a propus să se realizeze un studiu în vederea determinării tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături.

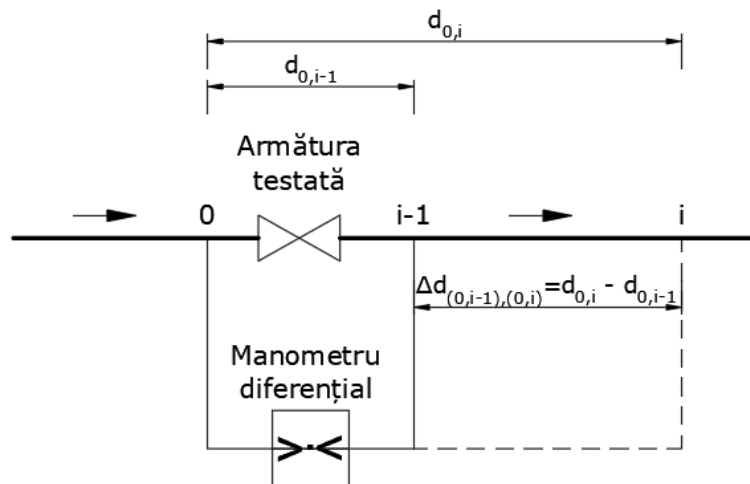


Figura 12. Schemă de principiu pentru studiul efectului vanei în aval

În schema prezentată în Figura 12:

- pozițiile prizelor sunt numerotate de la 0 la i
- lungimile tronsoanelor de calcul sunt notate sub forma $d_{0,i}$, unde cele două numere din indice reprezintă nr. poziției prizelor montate în amonte, respectiv în aval de armătura studiată
- distanța dintre două prize consecutive este notată $\Delta d_{(0,i-1),(0,i)}$.

Pornind din formula (22), pierderile de presiune totale aferente unui tronson de calcul delimitat de prizele 0 și i se poate scrie sub forma:

$$\Delta p_{0,i} = \Delta p_{local_{0,i}} + \Delta p_{longitudinal_{0,i}} \quad (23)$$

Diferența dintre pierderile de presiune aferente pentru tronsonul dintre prizele 0 și i, respectiv cele aferente tronsonului dintre prizele 0 și i-1, rezultă:

43 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

$$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1} = (\Delta p_{local_{0,i}} + \Delta p_{longitudinal_{0,i}}) - (\Delta p_{local_{0,i-1}} + \Delta p_{longitudinal_{0,i-1}}) \quad (24)$$

În cazul în care pierderile de presiune locale totale datorate efectului vanei se realizează pe tronsonul delimitat de prizele 0 și i-1, înseamnă că $\Delta p_{local_{0,i}}$ este egal cu $\Delta p_{local_{0,i-1}}$, rezultând expresia:

$$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1} = \Delta p_{longitudinal_{0,i}} - \Delta p_{longitudinal_{0,i-1}} \quad (25)$$

Având în vedere că pierderile de sarcină longitudinale sunt direct proporționale cu lungimea tronsonului de calcul, rezultă că diferența pierderilor de presiune longitudinale aferente prizelor 0 și i, respectiv prizelor 0 și i-1 reprezintă de fapt pierderile de presiune longitudinale aferente unui tronson de lungime $\Delta d_{i-1,i} = d_{0,i} - d_{0,i-1}$, iar ecuația (25) se poate scrie și sub forma:

$$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1} = \Delta p_{longitudinal_{i-1,i}} \quad (26)$$

Din ecuația (26) rezultă că în cazul în care pe un tronson drept se montează prize echidistante în amonte și/sau în aval de armătura studiată, măsurând pierderile de presiune între o priză reper notată cu 0 și prizele echidistante notate de la 1 la i, calculând valorile $\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ pentru fiecare două prize învecinate, rezultă că de la priza i-1 de la care valoarea amintită devine constantă, efectul pierderilor de sarcină locale nu mai sunt resimțite.

Împărțind ecuația (26) cu distanța dintre prizele i-1 și i, notată cu

$$\Delta d_{i-1,i} = d_{0,i} - d_{0,i-1} \quad (27)$$

rezultă pierderea de sarcină liniară unitară, având formula:

$$\Delta p_{longitudinal_{unitar}} = \frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}} \quad (28)$$

Ținând cont de faptul că presiunile diferențiale măsurate reprezintă de fapt o medie a mai multor valori cu variațiile încadrate în intervalele permise de normative, și de faptul că deja dintr-o diferență de 0,01 mbar a valorii mediate afectează interpretarea rezultatelor prin rezultatele calculate cu formula (26), atunci când se consideră necesar, rezultatele măsurătorilor trebuie verificate și aplicând formula (28) față de un reper nou ales, în funcție de rezultatele primare obținute. Pe tronsoanele pentru care valorile calculate cu formula (28) a rezultat aceeași pierdere de presiune longitudinală unitară, efectul pierderilor de sarcină locale nu mai sunt resimțite.

În prezentul studiu experimental s-a propus determinarea distanțelor de la care nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare cauzate de armătura studiată pe tronsoanele drepte din amonte și din aval pentru trei regimuri de curgere diferite, respectiv pentru diferite grade de deschidere a vanei.

Ca și armătura studiată s-a utilizat o vană sertar până din fontă, cu diametrul nominal de 80 mm, cu legături tip BAIO, produsă de compania Hawle. Cele trei regimuri pentru care s-au făcut măsurători sunt caracterizate de numere lui Reynolds cuprinse între următoarele intervale:

1. $18 \times 10^3 - 20 \times 10^3$
2. $45 \times 10^3 - 53 \times 10^3$
3. $60 \times 10^3 - 71 \times 10^3$

Vana amintită poate fi manevrată de la poziția complet deschisă la poziția complet închisă prin 16 rotiri a roții de manevră, astfel în cadrul acestui studiu experimental s-au realizat măsurători pentru următoarele gradele de deschidere prezentate în Tabelul 9.

Tabelul 9. Grade de deschidere vană pentru studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Nr. crt.	Grad de deschidere	Nr. rotiri roată manevră față de poziția complet deschisă
1	1,0	0/16
2	0,875	2/16
3	0,75	4/16
4	0,625	6/16
5	0,5	8/16
6	0,375	10/16

Pentru acest studiu experimental pe tronsonul de calcul s-au montat prize prevăzute cu un singur orificiu realizate din șa de bransare cu o ieșire cu filet interior întărit De 90 x 3/4", prevăzute cu niplu de reducere 3/4"-1/2" și robinet de închidere cu bilă DN 1/2" și piesă de legătură cu racord automat metalic pentru tub Ø8 mm. Robineții au fost prevăzuți pentru a putea izola prizele astfel încât manometrul diferențial să măsoare exclusiv diferența de presiune dintre câte o priză montată în amonte, respectiv în aval de armătură.

Legătura dintre prize și manometrul diferențial s-a realizat folosind un singur tub flexibil transparent cu diametrul de Ø8 mm montat pe rând la prizele dorite. Această soluție are dezavantajul că în timp capătul furtunului poate fi afectat de operațiile de montare/demontare, motiv pentru care s-a urmărit realizarea măsurătorilor astfel încât numărul necesar de montare/demontare a tubului să fie cât mai redus. O altă variantă constructivă ar fi realizarea unui montaj prin care toate prizele să fie legate la un tronson comun, prin care s-ar elimina dezavantajul menționat, dar acest tip de montaj are dezavantajul că în cazul în care robineții de izolare nu închid perfect (sau nu sunt închise corect de către operator) acest lucru poate influența măsurătorile fără ca acest lucru să fie sesizat. Mai mult, la un astfel de montaj este mai greu de a realiza un echilibru între tubul din amonte și cel din aval. În cazul în care se utilizează un manometru diferențial destinat măsurării unui interval relativ redus, cum este în cazul prezent (-10...+10 mbar), orice lipsă de simetrie între tuburile de legătură din amonte și aval trebuie corectată prin calibrare, însă aceste corecturi reduc marja măsurabilă!

45 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

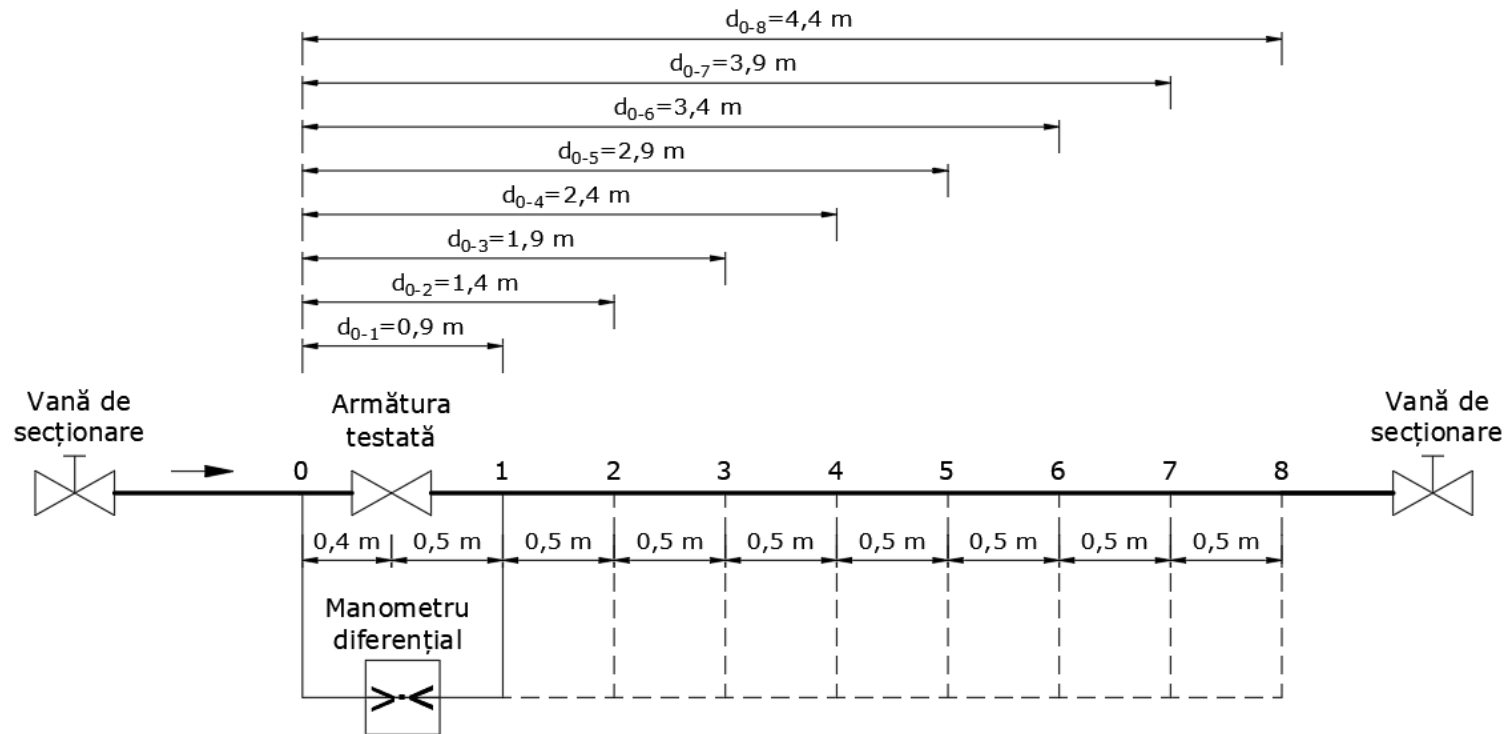


Figura 13. Schema instalației de testare folosită pentru determinarea poziției prizei din aval

În Figura 13 este prezentată schema instalației de testare prevăzută cu o priză reper la 0,4 m în amonte de vană și nouă prize montate la câte 0,5 m unul față de celălalt pe tronsonul din aval.

Deoarece pentru realizarea unor astfel de măsurători este nevoie de spațiu de lucru mare (tronsoane de calcul lungi), instalația de testare a fost astfel concepută încât măsurătorile legate de efectul în amonte, respectiv în aval să se realizeze în două etape, folosind practic aceeași instalație, dar schimbând sensul de curgere, conform Figurii 14.

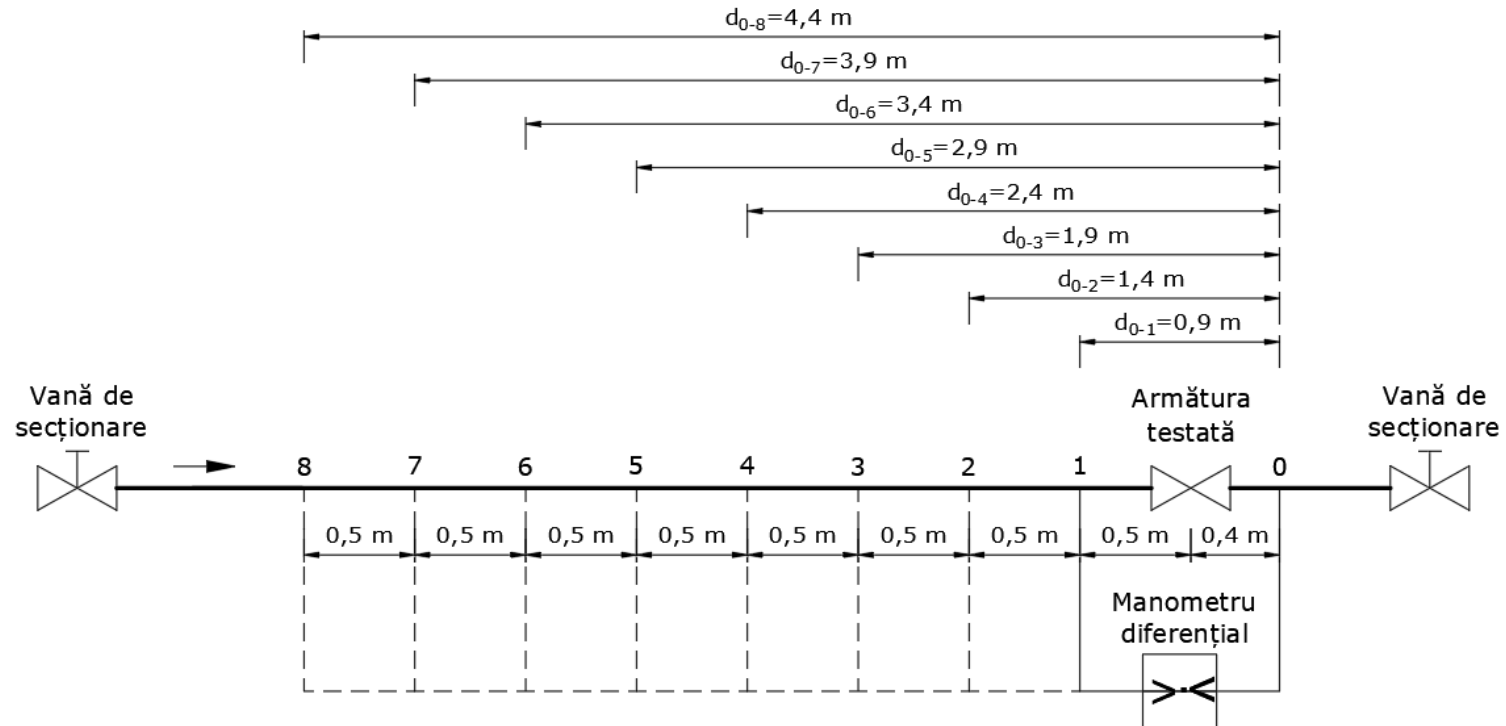


Figura 14. Schema instalației de testare folosită pentru determinarea poziției prizei din amonte

47 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Metoda de calcul folosită cuprinde următorii pași:

- Măsurarea pierderilor de presiune $\Delta p_{0,1}, \Delta p_{0,2}, \Delta p_{0,3} \dots \Delta p_{0,8}$
- Calculul diferențelor de presiune $\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ pentru i de la 2 la 8
- Calculul pierderilor de sarcină liniare unitare cu formula (28) pentru i de la 2 la 8
- Aplicarea formulei (28) față de un alt reper stabilit pe baza rezultatelor obținute – dacă este cazul
- Corectarea valorilor citite medii – dacă este cazul
- Identificarea prizei de la care nu se mai produc pierderi de presiune locale suplimentare, respectiv a distanței acesteia de la armătura studiată

4.1.1 Studiu de caz al regimului de curgere pentru Re 18 000 – 20 000

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 1,0

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 4,10 mc/h
- Temperatură apă: 22 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re : 19 142

Tabelul 10. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 1,0- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,35	0,32	0,28	0,23	0,19	0,15	0,11	0,09
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,02	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,060	0,080	0,100	0,080	0,080	0,080	0,040	

Având în vedere că din Tabelul 10 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 8 pentru i de la 1 la 7, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 11.

Tabelul 11. Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 1,0 – Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,35	0,32	0,28	0,23	0,19	0,15	0,11	0,09
$\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}$ (mbar)		0,030	0,070	0,120	0,160	0,200	0,240	0,260
$\frac{\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}}{\Delta d_{8,8-i}}$		0,060	0,070	0,080	0,080	0,080	0,080	0,074

Din Tabelul 11 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 8 și prizele nr. 5-2, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valorile măsurate la prizele nr. 6 și 7 trebuie corectate cu -0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 12.

Tabelul 12. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 1,0
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,35	0,31	0,27	0,23	0,19	0,15	0,11	0,09
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,040	

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 3,85 mc/h
- Temperatură apă: 26 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 19 696

Tabelul 13. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 1,0
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,36	0,31	0,28	0,24	0,20	0,17	0,12	0,07
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,100	0,060	0,080	0,080	0,060	0,080	0,100	

Având în vedere că din Tabelul 13 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 8 pentru i de la 1 la 7, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 14.

49 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Tabelul 14. Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 1,0
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,36	0,31	0,28	0,24	0,20	0,17	0,12	0,07
$\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}$ (mbar)		0,050	0,080	0,120	0,160	0,190	0,240	0,290
$\frac{\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}}{\Delta d_{8,8-i}}$		0,100	0,080	0,080	0,080	0,076	0,080	0,083

Din Tabelul 14 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 8 și prizele nr. 6, 5, 4 și 2 ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valorile măsurate la prizele nr. 7 și 3 trebuie corectate cu $\pm 0,01$ mbar. Având în vedere că și între prizele nr. 8 și 1 se observă o pierdere de presiune unitară foarte apropiată de cea calculată pentru prizele din 7-2, se propune inclusiv corectarea valorii măsurate aferente prizei nr.1 cu +1 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 15.

Tabelul 15. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 1,0
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,36	0,32	0,28	0,24	0,20	0,16	0,12	0,08
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 1 se află la 0,5 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,46 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **5,8 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,875

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 4,10 mc/h
- Temperatură apă: 22 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 19 142

Tabelul 16. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,875
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,35	0,32	0,28	0,23	0,19	0,15	0,11	0,10
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,01	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,060	0,080	0,100	0,080	0,080	0,080	0,020	

Având în vedere că din Tabelul 16 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 8 pentru i de la 1 la 7, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 17.

Tabelul 17. Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,875 - Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,35	0,32	0,28	0,23	0,19	0,15	0,11	0,10
$\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}$ (mbar)		0,030	0,070	0,120	0,160	0,200	0,240	0,250
$\frac{\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}}{\Delta d_{8,8-i}}$		0,060	0,070	0,080	0,080	0,080	0,080	0,071

Din Tabelul 17 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 8 și prizele nr. 5-2, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valorile măsurate la prizele nr. 6 și 7 trebuie corectate cu -0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 18.

Tabelul 18. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,875
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,35	0,31	0,27	0,23	0,19	0,15	0,11	0,10
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,020	

51 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 3,85 mc/h
- Temperatură apă: 25 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 19 261

Tabelul 19. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,875

- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,37	0,33	0,29	0,25	0,22	0,18	0,14	0,09
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,060	0,080	0,080	0,100	

Având în vedere că din Tabelul 19 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 8 pentru i de la 1 la 7, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 20.

Tabelul 20. Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,875

- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,37	0,33	0,29	0,25	0,22	0,18	0,14	0,09
$\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}$ (mbar)		0,040	0,080	0,120	0,150	0,190	0,230	0,280
$\frac{\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}}{\Delta d_{8,8-i}}$		0,080	0,080	0,080	0,075	0,076	0,077	0,080

Din Tabelul 20 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 8 și prizele nr. 7, 6, 5 și 1 ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 1 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valorile măsurate la prizele nr. 4-2 trebuie corectate cu -0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 21.

Tabelul 21. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,875 - Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,37	0,33	0,29	0,25	0,21	0,17	0,13	0,09
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 1 se află la 0,5 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,46 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **5,8 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,75Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 4,10 mc/h
- Temperatură apă: 21 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 18 692

Tabelul 22. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,75 -Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,38	0,35	0,31	0,27	0,22	0,19	0,15	0,13
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,02	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,060	0,080	0,080	0,100	0,060	0,080	0,040	

Având în vedere că din Tabelul 22 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 7 pentru i de la 1 la 6, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 23.

53 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Tabelul 23. Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,75 – Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,38	0,35	0,31	0,27	0,22	0,19	0,15	0,13
$\Delta p_{0,7} - \Delta p_{0,7-i}$ (mbar)			0,040	0,080	0,130	0,160	0,200	0,220
$\frac{\Delta p_{0,7} - \Delta p_{0,7-i}}{\Delta d_{7,7-i}}$			0,080	0,080	0,087	0,080	0,080	0,073

Din Tabelul 23 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 7 și prizele nr. 6, 5, 3 și 2, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valoarea măsurată la priza nr. 4 trebuie corectată cu +0,01 mbar. De asemenea se propune și corectarea valorii aferente prizei nr. 8 cu +1mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 24.

Tabelul 24. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,75 - Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,39	0,35	0,31	0,27	0,23	0,19	0,15	0,13
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,040	

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 3,85 mc/h
- Temperatură apă: 24 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 18 829

Tabelul 25. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,75
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,40	0,36	0,32	0,27	0,24	0,20	0,16	0,10
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,100	0,060	0,080	0,080	0,120	

Având în vedere că din Tabelul 25 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 8 pentru i de la 1 la 7, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 26.

Tabelul 26. Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,75
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,40	0,36	0,32	0,27	0,24	0,20	0,16	0,10
$\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}$ (mbar)		0,040	0,080	0,130	0,200	0,240	0,280	0,340
$\frac{\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}}{\Delta d_{8,8-i}}$		0,080	0,080	0,087	0,080	0,080	0,080	0,085

Din Tabelul 26 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 8 și prizele nr. 2, cu excepția prizei nr. 5. Astfel se poate interpreta că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valoarea măsurată la priza nr. 5 trebuie corectată cu +0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 27.

Tabelul 27. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,75 -
Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	0,37	0,33	0,29	0,25	0,21	0,17	0,13	0,09
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,4	0,36	0,32	0,28	0,24	0,2	0,16	0,1
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,120	

55 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,625

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 4,10 mc/h
- Temperatură apă: 21 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 18 692

Tabelul 28. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,625
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,45	0,41	0,37	0,33	0,28	0,24	0,21	0,19
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,100	0,080	0,060	0,040	

Având în vedere că din Tabelul 28 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 8 pentru i de la 1 la 7, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 29.

Tabelul 29. Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,625 - Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,45	0,41	0,37	0,33	0,28	0,24	0,21	0,19
$\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}$ (mbar)		0,040	0,080	0,120	0,170	0,210	0,240	0,260
$\frac{\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}}{\Delta d_{8,8-i}}$		0,080	0,080	0,080	0,085	0,084	0,080	0,074

Din Tabelul 29 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 8 și priza nr. 2, cu excepția prizelor nr. 3 și 4, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valorile măsurate la prizele nr. 3 și 4 trebuie corectate cu +0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 30.

Tabelul 30. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,625
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,45	0,41	0,37	0,33	0,29	0,25	0,21	0,19
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,040	

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 3,85 mc/h
- Temperatură apă: 23 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 18 400

Tabelul 31. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,625
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,45	0,41	0,37	0,33	0,29	0,25	0,21	0,15
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,120	

Din Tabelul 31 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 8 și prizele nr. 2, astfel se poate interpreta că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

57 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,50

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 4,10 mc/h
- Temperatură apă: 21 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 18 692

Tabelul 32. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,50
-Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,56	0,53	0,49	0,45	0,4	0,37	0,33	0,31
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,02	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,060	0,080	0,080	0,100	0,060	0,080	0,040	

Având în vedere că din Tabelul 32 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 7 pentru i de la 1 la 6, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 33.

Tabelul 33. Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,50 – Re 18 000..20 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,53	0,49	0,45	0,4	0,37	0,33	0,31
$\Delta p_{0,7} - \Delta p_{0,7-i}$ (mbar)		0,040	0,080	0,130	0,160	0,200	0,220
$\frac{\Delta p_{0,7} - \Delta p_{0,7-i}}{\Delta d_{7,7-i}}$		0,080	0,080	0,087	0,080	0,080	0,073

Din Tabelul 33 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 7 și priza nr. 2, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valoarea măsurată la priza nr. 4 trebuie corectată cu +0,01 mbar. De asemenea se propune și corectarea valorii aferente prizei nr. 8 cu +1mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 34.

Tabelul 34. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,50
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,57	0,53	0,49	0,45	0,41	0,37	0,33	0,31
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,02	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,040	

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 3,85 mc/h
- Temperatură apă: 22 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 17 975

Tabelul 35. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,50
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,54	0,50	0,46	0,42	0,39	0,34	0,3	0,24
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,060	0,100	0,080	0,120	

Având în vedere că din Tabelul 35 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 8 pentru i de la 1 la 7, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 36.

59 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Tabelul 36. Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,50
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,54	0,50	0,46	0,42	0,39	0,34	0,3	0,24
$\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}$ (mbar)		0,040	0,040	0,080	0,110	0,160	0,200	0,260
$\frac{\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}}{\Delta d_{8,8-i}}$		0,080	0,080	0,080	0,073	0,080	0,080	0,087

Din Tabelul 26 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 8 și prizele nr. 2, cu excepția prizei nr. 4. Astfel se poate interpreta că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valoarea măsurată la priza nr. 5 trebuie corectată cu -0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 37.

Tabelul 37. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,50 -
Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,54	0,50	0,46	0,42	0,38	0,34	0,3	0,24
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,120	

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,375

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 4,05 mc/h
- Temperatură apă: 20 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 18 025

Tabelul 38. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,375
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,80	0,77	0,74	0,68	0,62	0,58	0,56	0,54
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,03	0,03	0,06	0,06	0,04	0,02	0,02	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,060	0,060	0,120	0,120	0,080	0,040	0,040	

Având în vedere că din Tabelul 38 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 8 pentru i de la 1 la 7, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 39.

Tabelul 39. Tabel verificare efect aval, grad de deschidere 0,375 -
Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,80	0,77	0,74	0,68	0,62	0,58	0,56	0,54
$\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}$ (mbar)		0,030	0,060	0,120	0,180	0,220	0,240	0,260
$\frac{\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}}{\Delta d_{8,8-i}}$		0,060	0,060	0,080	0,090	0,088	0,080	0,074

Din Tabelul 39 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 8 și priza nr. 2, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valorile măsurate la prizele nr. 7, 6, 4, 3 trebuie corectate cu $\pm 0,01.. \pm 0,02$ mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 40.

Tabelul 40. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,375
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,8	0,76	0,72	0,68	0,64	0,6	0,56	0,54
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,040	

61 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 3,95 mc/h
- Temperatură apă: 25 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 19 762

Tabelul 41. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,375
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,75	0,72	0,68	0,63	0,59	0,55	0,51	0,45
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,060	0,080	0,100	0,080	0,080	0,080	0,120	

Având în vedere că din Tabelul 35 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 8 pentru i de la 1 la 7, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 42.

Tabelul 42. Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,375
- Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,75	0,72	0,68	0,63	0,59	0,55	0,51	0,45
$\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}$ (mbar)		0,030	0,070	0,120	0,160	0,200	0,240	0,300
$\frac{\Delta p_{0,8} - \Delta p_{0,8-i}}{\Delta d_{8,8-i}}$		0,060	0,070	0,080	0,080	0,080	0,080	0,086

Din Tabelul 42 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 8 și prizele nr. 2, cu excepția prizelor nr. 7 și 6. Astfel se poate interpreta că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valorile măsurate la prizele nr. 7 și 6 trebuie corectate cu -0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 43.

Tabelul 43. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,375 - Re 18 000..20 000

i	8	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	4,4	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	0,75	0,71	0,67	0,63	0,59	0,55	0,51	0,45
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,120	

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Distanțele minime recomandate rezultate în urma studiului experimental realizat pentru regimul cu nr. Re între 18 000 și 20 000 sunt prezentate centralizat în Tabelul 44.

Tabelul 44. Tabel centralizator: distanțe minime pentru prize - Re 18 000..20 000

Grad deschidere	Distanță amonte		Distanță aval	
	(m)	(nr. DN)	(m)	(nr. DN)
1,0	0,46	5,8	0,96	12
0,875	0,46	5,8	0,96	12
0,75	0,46	5,8	0,96	12
0,625	0,46	5,8	0,96	12
0,50	0,46	5,8	0,96	12
0,375	0,46	5,8	0,96	12

Din Tabelul 44 rezultă că în cazul unui regim cu număr Reynolds în jur de 18 000 - 20 000, pentru deschiderile aproape complete ($\geq 0,875$) prizele aferente manometrului diferențial se pot monta la cca. 0,4 m în amonte și cca. 0,9 m în aval de vana studiată (ceea ce reprezintă 0,5 m, respectiv 1,0 m interax), iar în cazul unor grade de deschidere mai mici ($< 0,875$) distanța prizei din amonte trebuie mărită. Având în vedere că în prezentul studiu s-au montat prize din 0,5 în 0,5 m interax, distanța mărită verificată este de cca. 0,9 m.

63 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

4.1.2 Studiu de caz al regimului de curgere pentru Re 45 000 – 53 000

În cadrul prezentului studiu de caz pentru zona din aval sunt prezentate măsurătorile aferente prizelor nr. 0 – 7, iar pentru zona din amonte sunt prezentate măsurătorile aferente prizelor nr. 0 – 4, deoarece celelalte valori măsurate au fost eliminate din studiu, fiind eronate și irelevante.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 1,0

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,10 mc/h
- Temperatură apă: 20 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re : 44 950

Tabelul 45. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 1,0

- Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,66	1,44	1,22	1,00	0,83	0,63	0,51
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,22	0,17	0,2	0,12	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,440	0,340	0,400	0,240	

Din Tabelul 45 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 7 și priza nr. 4, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 9,9 mc/h
- Temperatură apă: 25 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re : 49 529

Tabelul 46. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 1,0
– Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,19	0,96	0,75	0,39
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,23	0,21	0,36	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,460	0,420	0,720	

Având în vedere că din Tabelul 46 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 4 pentru i de la 1 la 3, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 47.

Tabelul 47. Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 1,0
– Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,19	0,96	0,75	0,39
$\Delta p_{0,4} - \Delta p_{0,4-i}$ (mbar)		0,230	0,440	0,800
$\frac{\Delta p_{0,4} - \Delta p_{0,4-i}}{\Delta d_{4,4-i}}$		0,460	0,440	0,533

Din Tabelul 47 rezultă o pierdere de sarcină între priza nr. 4 și priza nr. 2 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar, ceea ce poate fi interpretat, că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valoarea măsurată la priza nr. 3 trebuie corectată cu +0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 48.

Tabelul 48. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 1,0
– Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,19	0,97	0,75	0,39
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,36	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,720	

65 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,875

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,10 mc/h
- Temperatură apă: 21 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 46 047

Tabelul 49. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,875

- Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,71	1,49	1,27	1,06	0,88	0,69	0,58
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,21	0,18	0,19	0,11	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,420	0,360	0,380	0,220	

Din Tabelul 49 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între priza nr. 7 și priza nr. 5, dar se observă că și valoarea aferentă prizei nr. 4 este foarte apropiată, motiv pentru care se propune corectarea ei cu -0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 50.

Tabelul 50. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,875

- Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,71	1,49	1,27	1,05	0,88	0,69	0,58
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,22	0,17	0,19	0,11	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,440	0,340	0,380	0,220	

Din Tabelul 50 rezultă că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare. Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce

înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,0 mc/h
- Temperatură apă: 24 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 48 906

Tabelul 51. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,875
- Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,22	1,01	0,79	0,44
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,21	0,22	0,35	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,420	0,440	0,700	

Din Tabelul 51 rezultă pierdere de presiune unitară între priza nr. 3 și priza nr. 2 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar, ceea ce poate fi interpretat, că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valoarea măsurată la priza nr. 4 trebuie corectată cu +0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 52.

Tabelul 52. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,875 -
Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,23	1,01	0,79	0,44
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,35	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,700	

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

67 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,75

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,20 mc/h
- Temperatură apă: 21 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 46 503

Tabelul 53. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,75

- Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,88	1,66	1,43	1,21	1,03	0,82	0,74
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,23	0,22	0,18	0,21	0,08	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,460	0,440	0,360	0,420	0,160	

Din Tabelul 53 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între prizele nr. 7 și nr. 6, respectiv între prizele nr. 5 și nr. 4, ceea ce indică faptul că ori valorile aferente prizelor nr. 6 și 7 trebuie corectate cu -0,01 mbar, ori valorile aferente prizelor nr. 5 și 4 trebuie corectate cu +0,01 mbar, dar se poate considera că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Tabelul 54. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,75 -

Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,87	1,65	1,43	1,21	1,03	0,82	0,74
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,22	0,18	0,21	0,08	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,440	0,360	0,420	0,160	

În Tabelul 54 sunt prezentate valorile corectate propuse. Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,0 mc/h

- Temperatură apă: 23 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 47 791

Tabelul 55. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,75
- Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,36	1,14	0,93	0,57
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,21	0,36	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,420	0,720	

Din Tabelul 55 rezultă pierdere de presiune unitară între priza nr. 4 și priza nr. 3 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar. Având în vedere că aplicând o corecție de -0,01 mbar la valoarea aferentă prizei nr. 2 rezultă că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Tabelul 56. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,75 -
Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,36	1,14	0,92	0,57
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,35	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,700	

În Tabelul 56. sunt prezentate valorile corectate propuse, cu observația că justificarea corectării valorii aferente prizei nr. 2 trebuie analizată și prin comparație cu rezultatele obținute pentru deschiderile mai mici. Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,625

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,20 mc/h
- Temperatură apă: 22 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar

69 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

- Re: 47 621

Tabelul 57. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,625

- Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,15	1,93	1,72	1,5	1,33	1,13	1,04
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,21	0,22	0,17	0,2	0,09	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,420	0,440	0,340	0,400	0,180	

Din Tabelul 57 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între prizele nr. 7 și nr. 6, respectiv între prizele nr. 5 și nr. 4, ceea ce indică faptul că ori valorile aferente prizelor nr. 6 și 7 trebuie corectate cu -0,01 mbar, ori valorile aferente prizelor nr. 5 și 4 trebuie corectate cu +0,01 mbar, dar se poate considera că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Tabelul 58. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,625

- Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,15	1,93	1,71	1,49	1,33	1,13	1,04
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,22	0,16	0,2	0,09	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,440	0,320	0,400	0,180	

În Tabelul 58 sunt prezentate valorile corectate propuse. Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,0 mc/h
- Temperatură apă: 27 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 52 297

Tabelul 59. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,625
– Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,61	1,39	1,18	0,83
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,21	0,35	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,420	0,700	

Din Tabelul 59 rezultă pierdere de presiune unitară între priza nr. 4 și priza nr. 3 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar. Având în vedere că aplicând o corecție de -0,01 mbar la valoarea aferentă prizei nr. 2 rezultă că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Tabelul 60. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,625 –
Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	1,61	1,39	1,17	0,83
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,34	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,680	

În Tabelul 60 sunt prezentate valorile corectate propuse, cu observația că justificarea corectării valorii aferente prizei nr. 2 trebuie analizată și prin comparație cu rezultatele obținute pentru deschiderile mai mici, mai ales că și la deschiderea de 0,75 s-a aplicat o corecție. Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,50

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,20 mc/h
- Temperatură apă: 23 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 48 747

71 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Tabelul 61. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,50 –
Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,76	2,54	2,31	2,09	1,9	1,7	1,64
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,23	0,22	0,19	0,2	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,460	0,440	0,380	0,400	0,120	

Din Tabelul 60 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între prizele nr. 7 și nr. 6, respectiv între prizele nr. 5 și nr. 4, ceea ce indică faptul că ori valorile aferente prizelor nr. 6 și 7 trebuie corectate cu -0,01 mbar, ori valorile aferente prizelor nr. 5 și 4 trebuie corectate cu +0,01 mbar, dar se poate considera că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Tabelul 62. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,50
– Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,76	2,54	2,32	2,10	1,90	1,7	1,64
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,22	0,20	0,2	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,440	0,400	0,400	0,120	

În Tabelul 62 sunt prezentate valorile corectate propuse. Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,05 mc/h
- Temperatură apă: 24 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 49 151

Tabelul 63. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,50
- Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,20	1,99	1,77	1,42
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,21	0,22	0,35	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,420	0,440	0,700	

Din Tabelul 63 rezultă pierdere de presiune unitară între priza nr. 3 și priza nr. 2 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar, iar la valoarea aferentă prizei nr. 4 se aplică o corecție de +0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 64.

Tabelul 64. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,50 –
Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,21	1,99	1,77	1,42
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,35	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,700	

Din Tabelul 64 rezultă că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare. Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,375

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,20 mc/h
- Temperatură apă: 23 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 48 747

73 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Tabelul 65. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,375 –
Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	4,14	3,92	3,71	3,49	3,3	3,1	3,05
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,21	0,22	0,19	0,2	0,05	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,420	0,440	0,380	0,400	0,100	

Din Tabelul 65 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între prizele nr. 7 și nr. 6, respectiv între prizele nr. 5 și nr. 4, ceea ce indică faptul că ori valorile aferente prizelor nr. 6 și 7 trebuie corectate cu +0,01 mbar, ori valorile aferente prizelor nr. 5 și 4 trebuie corectate cu -0,01 mbar, dar se poate considera că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Tabelul 66. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,375 –
Re 45 000..53 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	4,15	3,93	3,71	3,49	3,3	3,1	3,05
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,22	0,19	0,2	0,05	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,440	0,380	0,400	0,100	

În Tabelul 66 sunt prezentate valorile corectate propuse. Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 10,1 mc/h
- Temperatură apă: 23 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 48 269

Tabelul 67. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,375 –
Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	3,6	3,4	3,16	2,79
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,2	0,24	0,37	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,400	0,480	0,740	

Având în vedere că din Tabelul 67 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 4 pentru i de la 1 la 3, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 68.

Tabelul 68. Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,375 –
Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	3,6	3,4	3,16	2,79
$\Delta p_{0,4} - \Delta p_{0,4-i}$ (mbar)		0,200	0,440	0,810
$\frac{\Delta p_{0,4} - \Delta p_{0,4-i}}{\Delta d_{4,4-i}}$		0,400	0,440	0,540

Din Tabelul 68 rezultă o pierdere de sarcină între priza nr. 4 și priza nr. 2 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valoarea măsurată la priza nr. 3 trebuie corectată cu -0,02 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 69.

Tabelul 69. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,375 –
Re 45 000..53 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	3,6	3,38	3,16	2,79
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,22	0,22	0,37	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,440	0,440	0,740	

75 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Din Tabelul 69 rezultă că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare. Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Distanțele minime recomandate rezultate în urma studiului experimental realizat pentru regimul cu nr. Re între 45 000 și 53 000 sunt prezentate centralizat în Tabelul 70.

Tabelul 70. Tabel centralizator: distanțe minime pentru prize - Re 45 000..53 000

Grad deschidere	Distanță amonte		Distanță aval	
	(m)	(nr. DN)	(m)	(nr. DN)
1,0	0,96	12	1,96	24
0,875	0,96	12	1,96	24
0,75	0,96	12	1,96	24
0,625	0,96	12	1,96	24
0,50	0,96	12	1,96	24
0,375	0,96	12	1,96	24

Din Tabelul 70 rezultă că în cazul unui regim cu număr Reynolds în jur de 45 000 – 53 000, prizele aferente manometrului diferențial se pot monta la cca. 0,96 m în amonte și cca. 1,96 m în aval de vana studiată (ceea ce reprezintă 1,0 m, respectiv 2,0 m interax).

4.1.3 Studiu de caz al regimului de curgere pentru Re 60000 – 71000

În cadrul prezentului studiu de caz pentru zona din aval sunt prezentate măsurătorile aferente prizelor nr. 0 – 7, iar pentru zona din amonte sunt prezentate măsurătorile aferente prizelor nr. 0 – 4, deoarece celelalte valori măsurate au fost eliminate din studiu, fiind eronate și irelevante.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 1,0

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,45 mc/h
- Temperatură apă: 21 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 65 879

Tabelul 71. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 1,0 - Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	3,10	2,68	2,28	1,86	1,57	1,20	1,05
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,40	0,42	0,29	0,37	0,15	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,800	0,840	0,580	0,740	0,300	

Din Tabelul 71 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între prizele nr. 7 și nr. 6, respectiv între prizele nr. 5 și nr. 4, ceea ce indică faptul că ori valorile aferente prizelor nr. 6 și 7 trebuie corectate cu +0,02 mbar, ori valorile aferente prizelor nr. 5 și 4 trebuie corectate cu -0,02 mbar, dar se poate considera că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Tabelul 72. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 1,0 - Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	3,13	2,70	2,28	1,86	1,57	1,20	1,05
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,42	0,29	0,37	0,15	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	0,840	0,580	0,740	0,300	

În Tabelul 72 sunt prezentate valorile corectate propuse. Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,55 mc/h
- Temperatură apă: 21 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 66 335

77 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Tabelul 73. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 1,0 – Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,41	2,00	1,57	0,82
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,41	0,43	0,75	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,820	0,860	1,500	

Având în vedere că din Tabelul 73 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 4 pentru i de la 1 la 3, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 74.

Tabelul 74. Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 1,0 – Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,41	2,00	1,57	0,82
$\Delta p_{0,4} - \Delta p_{0,4-i}$ (mbar)		0,410	0,840	1,590
$\frac{\Delta p_{0,4} - \Delta p_{0,4-i}}{\Delta d_{4,4-i}}$		0,820	0,840	1,060

Din Tabelul 74 rezultă o pierdere de sarcină între priza nr. 4 și priza nr. 2 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valoarea măsurată la priza nr. 3 trebuie corectată cu -0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 75.

Tabelul 75. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 1,0 – Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,41	1,99	1,57	0,82
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,75	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	1,500	

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,875

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,5 mc/h
- Temperatură apă: 20 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 64 532

Tabelul 76. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,875 –
Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	3,27	2,85	2,43	2,01	1,7	1,31	1,16
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,42	0,31	0,39	0,15	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	0,840	0,620	0,780	0,300	

Din Tabelul 76 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între prizele nr. 7 și nr. 4, ceea ce indică faptul că se poate considera că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,5 mc/h
- Temperatură apă: 22 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 67 696

79 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Tabelul 77. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,875 – Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,48	2,05	1,63	0,895
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,43	0,42	0,735	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,860	0,840	1,470	

Din Tabelul 77 rezultă pierdere de presiune unitară între priza nr. 3 și priza nr. 2 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar, iar la valoarea aferentă prizei nr. 4 se aplică o corecție de -0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 78.

Tabelul 78. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,875 – Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,47	2,05	1,63	0,895
$\Delta p_{0,4} - \Delta p_{0,4-i}$ (mbar)	0,42	0,42	0,735	
$\frac{\Delta p_{0,4} - \Delta p_{0,4-i}}{\Delta d_{4,4-i}}$	0,840	0,840	1,470	

Din Tabelul 78 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între prizele nr. 4 și nr. 2, ceea ce indică faptul că se poate considera că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,75

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,55 mc/h
- Temperatură apă: 19 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 63 193

Tabelul 79. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,75 –
Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	3,59	3,17	2,76	2,34	2,03	1,635	1,51
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,41	0,42	0,31	0,395	0,125	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,820	0,840	0,620	0,790	0,250	

Din Tabelul 79 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între prizele nr. 7 și nr. 6, respectiv între prizele nr. 5 și nr. 4, ceea ce indică faptul că ori valorile aferente prizelor nr. 6 și 7 trebuie corectate cu +0,01 mbar, ori valorile aferente prizelor nr. 5 și 4 trebuie corectate cu -0,01 mbar, dar se poate considera că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Tabelul 80. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,75 –
Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	3,60	3,18	2,76	2,34	2,03	1,635	1,51
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,42	0,31	0,395	0,125	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	0,840	0,620	0,790	0,250	

În Tabelul 80 sunt prezentate valorile corectate propuse.

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,5 mc/h
- Temperatură apă: 24 °C
- Re: 70 914

81 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Tabelul 81. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,75 – Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,69	2,28	1,85	1,12
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,41	0,43	0,73	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,820	0,860	1,460	

Având în vedere că din Tabelul 81 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 4 pentru i de la 1 la 3, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 82.

Tabelul 82. Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,75 – Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,69	2,28	1,85	1,12
$\Delta p_{0,4} - \Delta p_{0,4-i}$ (mbar)		0,410	0,840	1,570
$\frac{\Delta p_{0,4} - \Delta p_{0,4-i}}{\Delta d_{4,4-i}}$		0,820	0,840	1,047

Din Tabelul 82 rezultă o pierdere de sarcină între priza nr. 4 și priza nr. 2 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valoarea măsurată la priza nr. 3 trebuie corectată cu -0,01 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 83.

Tabelul 83. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,75 – Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	2,69	2,27	1,85	1,12
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,73	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	1,460	

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,625

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,45 mc/h
- Temperatură apă: 19 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 62 759

Tabelul 84. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,625 –
Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	4,19	3,78	3,36	2,94	2,6	2,21	2,11
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,41	0,42	0,42	0,34	0,39	0,1	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,820	0,840	0,840	0,680	0,780	0,200	

Din Tabelul 84 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între prizele nr. 4 și nr. 6, motiv pentru care se poate considera că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare. În consecință se propune corectarea cu +0,01 mbar a valorii aferente prizei nr.7.

Tabelul 85. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,625 –
Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	4,20	3,78	3,36	2,94	2,6	2,21	2,11
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,42	0,34	0,39	0,1	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	0,840	0,680	0,780	0,200	

În Tabelul 85 sunt prezentate valorile corectate propuse.

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța

83 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,55 mc/h
- Temperatură apă: 20 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 64 755

Tabelul 86. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,625 – Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	3,42	3	2,58	1,85
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,73	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	1,460	

Din Tabelul 86 rezultă o pierdere de sarcină între priza nr. 4 și priza nr. 2 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,50

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,45 mc/h
- Temperatură apă: 18 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 61 216

Tabelul 87. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,50 –
Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	5,53	5,12	4,7	4,28	3,93	3,555	3,485
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,41	0,42	0,42	0,35	0,375	0,07	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,820	0,840	0,840	0,700	0,750	0,140	

Din Tabelul 84 rezultă pierdere de presiune unitară constantă între prizele nr. 4 și nr. 6, motiv pentru care se poate considera că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare. În consecință se propune corectarea cu +0,01 mbar a valorii aferente prizei nr.7.

Tabelul 88. Tabel centralizator corectat - efect aval, grad de deschidere 0,50 –
Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	5,54	5,12	4,7	4,28	3,93	3,555	3,485
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,42	0,35	0,375	0,07	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	0,840	0,700	0,750	0,140	

În Tabelul 88 sunt prezentate valorile corectate propuse.

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 2,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 diametre în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,45 mc/h
- Temperatură apă: 19 °C
- Re: 62 759

85 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Tabelul 89. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,50 –
Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	4,49	4,07	3,65	2,9
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,75	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	1,500	

Din Tabelul 89 rezultă o pierdere de sarcină între priza nr. 4 și priza nr. 2 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Rezultate măsurători pentru grad de deschidere vană: 0,375

Zona aval de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,45 mc/h
- Temperatură apă: 17 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 59 688

Tabelul 90. Tabel centralizator efect aval, grad de deschidere 0,375 –
Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	8,47	8,05	7,6	7,21	6,83	6,46	6,4
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,45	0,39	0,38	0,37	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,900	0,780	0,760	0,740	0,120	

Având în vedere că din Tabelul 87 nu rezultă clar tronsonul de conductă pe care se produc numai pierderi de sarcină liniare, s-a aplicat formula (27) pentru priza nr. 7 pentru i de la 1 la 6, iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 91.

Tabelul 91. Tabel verificare efect amonte, grad de deschidere 0,375 –
Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	8,47	8,05	7,6	7,21	6,83	6,46	6,4
$\Delta p_{0,7} - \Delta p_{0,7-i}$ (mbar)		0,420	0,870	1,260	1,640	2,010	0,420
$\frac{\Delta p_{0,7} - \Delta p_{0,7-i}}{\Delta d_{7,7-i}}$		0,840	1,000	0,840	0,820	0,804	0,203

Conform datelor din Tabelul 91, între priza nr. 7 și prizele nr. 6 și 4 rezultă o pierdere de sarcină similară cu pierderea de presiune unitară constantă determinată pentru acest regim de curgere. Astfel se poate interpreta că începând de la priza 4 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare, iar valoarea măsurată la priza nr. 5 trebuie corectată cu +0,03 mbar, rezultând valorile prezentate în Tabelul 92.

Tabelul 92. Tabel centralizator corectat - efect amonte, grad de deschidere 0,375 -
Re 60 000..71 000

i	7	6	5	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	8,47	8,05	7,63	7,21	6,83	6,46	6,4
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,42	0,38	0,37	0,06	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	0,840	0,760	0,740	0,120	

Conform schemei din Figura 13, priza nr. 4 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 1,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a cca. **24,75 în aval de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Zona amonte de vană

Caracteristici regim de curgere:

- Debit: 14,55 mc/h
- Temperatură apă: 21 °C
- Presiune în amonte: 3,5 bar
- Re: 66 335

87 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

Tabelul 93. Tabel centralizator efect amonte, grad de deschidere 0,375 – Re 60 000..71 000

i	4	3	2	1
$d_{0,i}$ (m)	2,4	1,9	1,4	0,9
$\Delta p_{0,i}$ (mbar)	7,4	6,98	6,56	5,85
$\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$ (mbar)	0,42	0,42	0,71	
$\frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}}$	0,840	0,840	1,420	

Din Tabelul 93 rezultă o pierdere de sarcină între priza nr. 4 și priza nr. 2 egală cu pierderea de presiune unitară determinată în zona aval pentru un regim de curgere similar, ceea ce poate fi interpretat că începând de la priza 2 nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare.

Conform schemei din Figura 14, priza nr. 2 se află la 1,0 m față de axul vanei studiate, respectiv la 0,96 m față de corpul vanei, ceea ce înseamnă că de la distanța echivalentă a **12 diametre în amonte de vană** nu s-au înregistrat pierderi de sarcină locale suplimentare.

Distanțele minime recomandate rezultate în urma studiului experimental realizat pentru regimul cu nr. Re între 60 000 și 71 000 sunt prezentate centralizat în Tabelul 94.

Tabelul 94. Tabel centralizator: distanțe minime pentru prize - Re 60 000..71 000

Grad deschidere	Distanță amonte		Distanță aval	
	(m)	(nr. DN)	(m)	(nr. DN)
1,0	0,96	12	1,96	24,75
0,875	0,96	12	1,96	24,75
0,75	0,96	12	1,96	24,75
0,625	0,96	12	1,96	24,75
0,50	0,96	12	1,96	24,75
0,375	0,96	12	1,96	24,75

Din Tabelul 94 rezultă că în cazul unui regim cu număr Reynolds în jur de 60 000 – 71 000, prizele aferente manometrului diferențial se pot monta la cca. 0,96 m

în amonte și cca. 1,96 m în aval de vana studiată (cea ce reprezintă 1,0 m, respectiv 2,0 m interax).

4.1.4. Interpretarea rezultatelor obținute

În urma prelucrării datelor a rezultat că din cele 36 seturi de valori medii ale pierderilor de presiune măsurate (3 regimuri x 6 grade de deschidere x 2 zone amonte/aval) în cazul a 30 de seturi s-au aplicat corecturi. În cele mai multe cazuri din cele 3-8 valori medii măsurate la 1-2 valori s-au propus corecturi de ordinul $\pm 1-2$ mbari. Faptul că o diferență de ± 1 mbar produce o diferență de $\pm 0,002$ mbar/m al pierderilor de presiune unitare calculate cu formula (28), justifică obținerea unor pierderi de presiune unitare similare pentru regimuri cu număr Reynolds de $\pm 10\ 000$.

Așa cum s-a afirmat și în subcapitolul 3.2.3, la realizarea studiului s-a considerat că rezultatele obținute nu au o precizie acceptabilă pentru determinarea coeficienților de rezistență locală, însă oferă rezultate concludente în ceea ce privește studiul zonelor pe care se produc turbulențele suplimentare produse de armături.

În Tabelul 95 sunt prezentate centralizat distanțele recomandate pentru montarea prizelor în cazul celor trei regimuri studiate.

Tabelul 95 Tabel centralizator: distanțe minime pentru prize pentru regimurile studiate

Nr. Reynolds	Grad deschidere	Distanță amonte		Distanță aval	
		(m)	(nr. DN)	(m)	(nr. DN)
18 000..20 000	1,0..0,875	0,46	6	0,96	12
	0,75..0,375	0,96	12	1,96	24,75
45 000..53 000	1,0..0,375	0,96	12	1,96	24,75
60 000..71 000	1,0..0,375	0,96	12	1,96	24,75

89 Studiul tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături

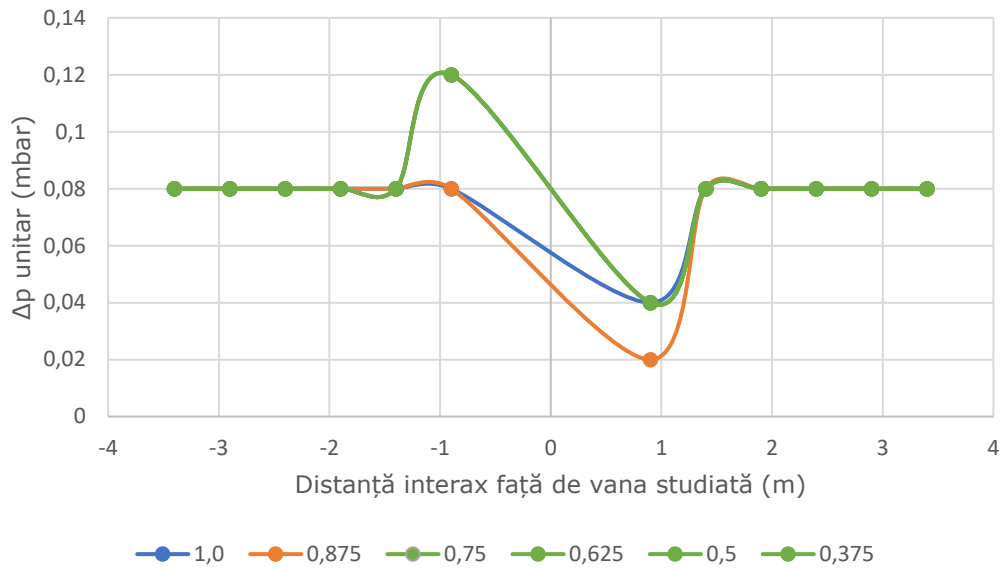


Figura 15. Pierderi de presiune longitudinale unitare, Re 18 000..20 000

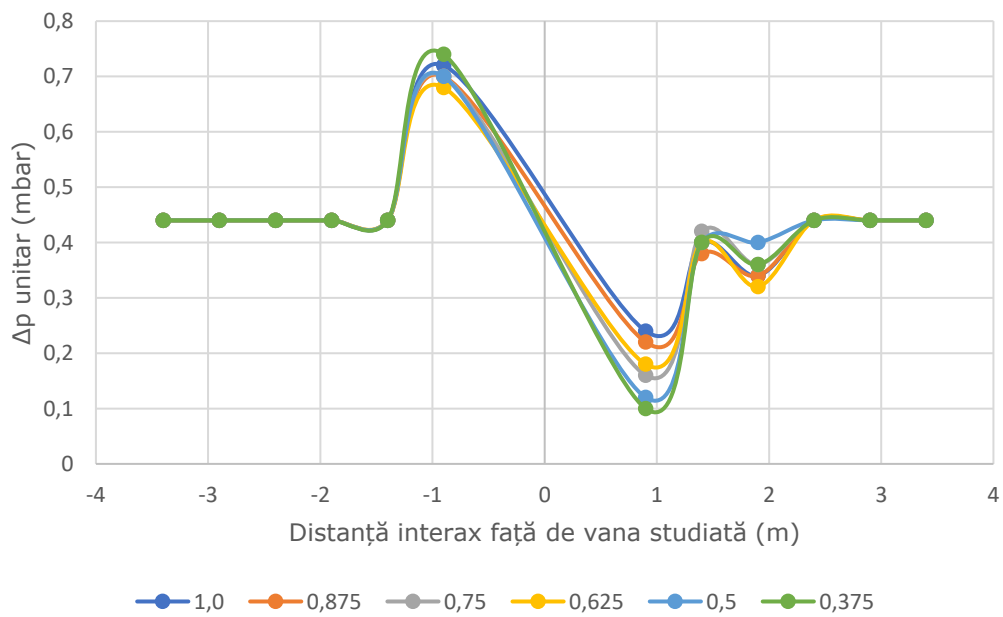


Figura 16. Pierderi de presiune longitudinale unitare, Re 45 000..53 000

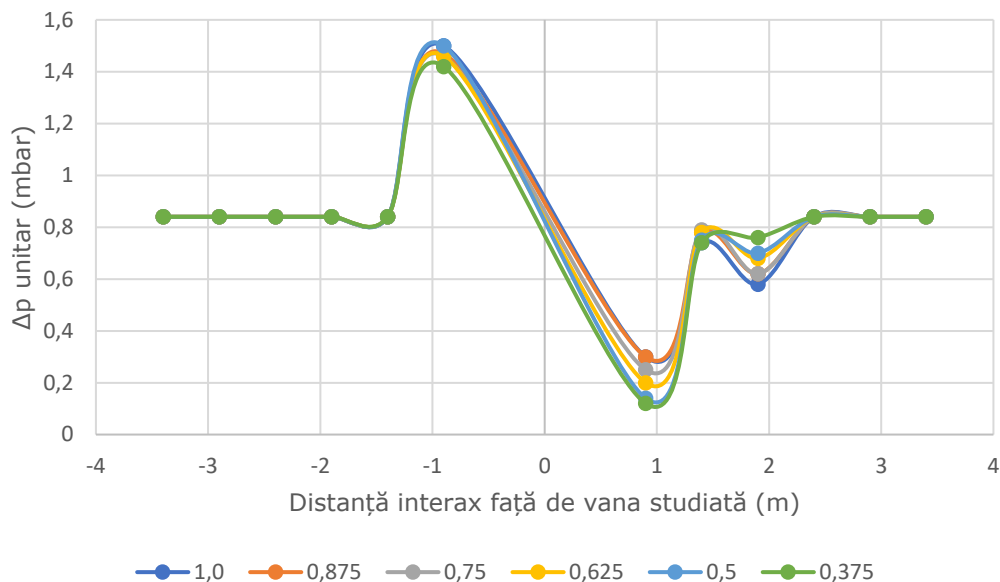


Figura 17. Pierderi de presiune longitudinale unitare, Re 60 000..71 000

În Figurile 15-17 sunt reprezentate grafic pierderile de presiune unitare determinate în cadrul studiului experimental pentru diferitele regimuri și grade de deschidere, valoarea 0 a abscisei reprezentând poziția axului vanei. În Figura 15 valorile aferente deschiderilor 0,75..0,375 sunt identice, iar în cazul tuturor seturilor de valori se observă o alură similară.

Având în vedere că turbulențele provocate de vană se dezvoltă pe o zonă mai lungă în aval, în zona respectivă se poate observa fluctuația trendului provocat de turbulențe, iar așa cum a rezultat și din Tabelul 95, pentru studiul mai exact al zonei din amonte ar fi nevoie de prize montate la distanțe mai mici de 0,5 m pe un tronson de minim 1,0-1,5m. Având în vedere că zona din amonte se dezvoltă pe o distanță relativ scurtă, în cadrul prezentului studiu nu s-a considerat necesar completarea datelor obținute cu măsurători suplimentare.

Pentru celelalte studii din cadrul cercetării, prizele manometrului diferențial s-au montat la cca. 1,0 m în amonte, respectiv la cca. 2,0 m în aval de axul armăturii studiate.

4.2 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar

Conform concluziilor formulate pe baza coeficienților de rezistență locală identificați în sursele de date studiate și prezentate în Capitolul 2, pentru evaluarea pierderilor de sarcină locale cauzate de armături este recomandat să se ia în calcul coeficienți de rezistență locală determinați experimental concret pentru produsul pentru care se fac calculele. Contează nu numai cunoașterea tipului armăturii, ci și folosirea unor coeficienți de rezistență locală determinate exact pentru modelul constructiv în cauză, determinat pentru un diametru nominal cunoscut.

91 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar

Ținând cont de faptul că, în comparație cu vanele dedicate aplicațiilor cu apă potabilă, în literatura studiată s-au identificat mult mai puține date exacte pentru determinarea pierderilor de sarcină locale cauzate de vanele sertar folosite la conducte de apă uzată sub presiune, în prezentul studiu au fost incluse măsurători pentru armături destinate ambelor aplicații.

La alegerea tipurilor de armătură cuprinse în prezentul studiu s-a avut în vedere că atât vanele sertar, cât și clapetele de sens sunt foarte des utilizate în sistemele de apă sub presiune indiferent de natura lichidului transportat. Mai mult aceste tipuri de armături se utilizează atât pentru secționarea rețelelor de distribuție sau conductelor de refulare, cât și pentru izolarea sau protecția unor echipamente montate în cadrul diferitelor obiecte dintre care amintim: stații de tratare, stații de epurare, stații de ridicare presiune, stații de pompare ape uzate, etc.

În cazul vanelor sertar, studiul cuprinde o serie de deschideri parțiale ale vanei (grade de deschidere studiate sunt cuprinse în intervalul 0,25..1,0), chiar dacă acest tip de vană este recomandat să fie utilizat în poziție complet închisă sau complet deschisă. În ciuda recomandărilor în practică există totuși numeroase cazuri în care se întâlnesc vane sertar parțial deschise, uneori chiar într-un mod nedorit și necunoscut, provocând probleme de presiune în sistem. În prezent și în România se pune din ce în ce mai mare accent pe reducerea pierderilor de apă, ceea ce presupune și o monitorizare ale rețelelor de distribuție, respectiv o optimizare a presiunilor de lucru pentru diferite zone sau sectoare contorizate (District Metered Area). În studiile de caz prezentate de diferiții operatori locali sau regionali de alimentare cu apă, sunt foarte des prezentate cazuri în care în urma analizei datelor și a verificărilor de teren s-au identificat una sau mai multe vane parțial deschise. Astfel de situații pot fi anticipate mai ușor în cazul în care există un model hidraulic cât mai precis al sistemului de alimentare cu apă.

În ceea ce urmează sunt prezentate rezultatele măsurătorilor realizate folosind instalația descrisă la subcapitolul 3.3.

4.2.1 Studiul vanelor sertar destinate sistemelor de apă potabilă

Pentru studiul vanelor sertar destinate sistemelor de apă potabilă s-au folosit vane sertar pană tip E2 produse de Hawle.

Deoarece s-a urmărit și verificarea dependenței lui ζ de tipul de îmbinare (care poate afecta dimensiunile corpului vanelor), s-au făcut măsurători pentru următoarele modele de vană sertar pană prevăzute cu diferite variante de îmbinare:

- Vană sertar pană tip E2 cu îmbinare tip flanșe, DN 80 mm, din fontă
- Vană sertar pană tip E2 cu îmbinare tip System 2000, DN 80 mm, din fontă
- Vană sertar pană tip E2 cu îmbinare tip BAIO, DN 80 mm, din fontă

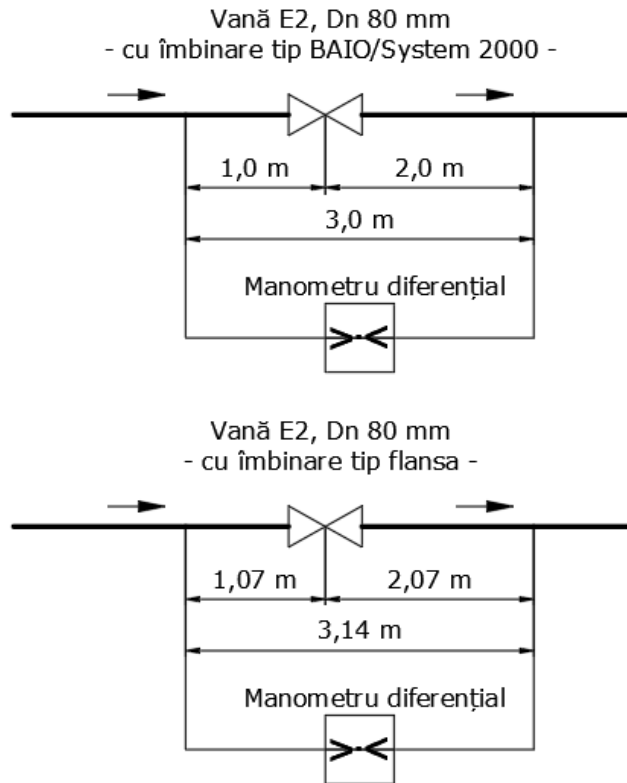


Figura 18. Schemă tronson de calcul pentru determinarea coeficienților de rezistență locală la vane sertar

Măsurătorile s-au realizat aplicând prize cu patru orificii montate conform schemelor prezentate în Figura 18.

Determinarea coeficienților de rezistență locală s-a realizat conform pașilor descriși la Capitolul 3, pierderea de presiune liniară fiind calculată cu formula (7).

Măsurătorile au fost realizate la presiunea măsurată în amonte de secțiunea de calcul de cca. 2,5 bar.

93 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar

Rezultate măsurători pentru vana sertar până tip E2 cu îmbinare tip flanșe, DN 80 mm, din fontă

Tabelul 95. Tabel determinare ζ pentru vana sertar până cu flanșe – grad deschidere 1,0..0,50

Grad de deschidere	Q (mc/h)	t (°C)	v (m/s)	ρ (kg/mc)	ν (10^{-6} mm ² /s)	Re	L m	λ	Δp liniar (mbar)	Δp măsurat (mbar)	Δp vană (mbar)	ζ
1,00	16,20	29	0,91	995,90	0,8178	88461	3,14	0,018	3,02	3,06	0,04	0,010
	20,20	28	1,14	996,20	0,8355	107966		0,017	4,47	4,60	0,13	0,021
	24,50	28	1,38	996,20	0,8355	130949		0,017	6,26	6,45	0,19	0,020
0,875	16,45	28	0,93	996,20	0,8355	87923	3,14	0,018	3,12	3,22	0,10	0,024
	19,15	28	1,08	996,20	0,8355	102354		0,018	4,07	4,23	0,16	0,028
	24,25	28	1,37	996,20	0,8355	129613		0,017	6,15	6,55	0,40	0,043
0,75	16,10	35	0,91	994,00	0,8007	89792	3,14	0,018	2,96	3,39	0,43	0,104
	18,95	35	1,07	994,00	0,8007	105687		0,018	3,94	4,56	0,62	0,109
	22,40	35	1,26	994,00	0,8007	124928		0,017	5,28	6,24	0,96	0,121
0,625	16,05	35	0,90	994,00	0,8007	89513	3,14	0,018	2,95	4,14	1,19	0,293
	19,75	34	1,11	994,40	0,8007	110149		0,017	4,24	6,05	1,81	0,294
	22,70	34	1,28	994,40	0,8007	126601		0,017	5,41	7,90	2,49	0,306
0,50	15,10	34	0,85	994,40	0,8007	84215	3,14	0,019	2,65	5,10	2,45	0,680
	18,20	34	1,03	994,40	0,8007	101504		0,018	3,68	7,25	3,57	0,683
	19,80	34	1,12	994,40	0,8007	110428		0,017	4,26	8,57	4,31	0,696

Tabelul 96. Tabel determinare ζ pentru vana sertar pană cu flanșe – grad deschidere 0,375..0,25

Grad de deschidere	Q (mc/h)	t (°C)	v (m/s)	ρ (kg/mc)	ν (10^{-6} mm ² /s)	Re	L m	λ	Δp liniar (mbar)	Δp măsurat (mbar)	Δp vană (mbar)	ζ
0,375	8,00	32	0,45	995,00	0,8007	44617	3,14	0,022	0,87	2,49	1,62	1,598
	11,50	32	0,65	995,00	0,8007	64137		0,020	1,65	5,12	3,47	1,660
	15,10	33	0,85	994,70	0,8007	84215		0,019	2,65	8,54	5,89	1,633
0,25	6,70	31	0,38	995,30	0,8007	37367	3,14	0,023	0,64	3,84	3,20	4,506
	8,50	31	0,48	995,30	0,8007	47406		0,021	0,97	6,12	5,15	4,505
	10,20	31	0,58	995,30	0,8007	56887		0,020	1,34	8,78	7,44	4,523

În Tabelele 95 și 96 sunt prezentate valorile ζ determinate pentru vana sertar pană tip E2 cu îmbinare tip flanșe, DN 80 mm, din fontă. Debitul (Q), temperaturile (t) și pierderile de presiune măsurate între prize (Δp măsurat) au fost măsurate cu aparatura descrisă în subcapitolul 3.3, iar L reprezintă lungimea tronsonului de calcul, egală cu distanța dintre cele două prize montate în amonte și în aval de vana studiată.

Densitatea și vâscozitatea cinematică au fost determinate conform tabelului din Anexa A.

Viteza medie de curgere (v) a fost calculată ca raportul dintre debit și suprafața interioară a conductei, numărul lui Reynolds a fost calculat cu formula (3), coeficientul λ a fost calculat cu formula lui Blasius (9), pierderea de presiune liniară (Δp liniar) a fost calculată cu formula (7), pierderea de presiune produsă de vană (Δp vană) a fost calculată cu formula (22), urmând să se determine ζ aplicând formula (10).

Înainte de calculul coeficientului de rezistență locală mediu pentru fiecare grad de deschidere în parte, se verifică respectarea condiției referitoare la valorile individuale obținute: diferența maximă acceptabilă între valoarea maximă și minimă determinate este de 4%.

Tabelul 97. Tabel verificare ζ pentru vana sertar pană cu flanșe

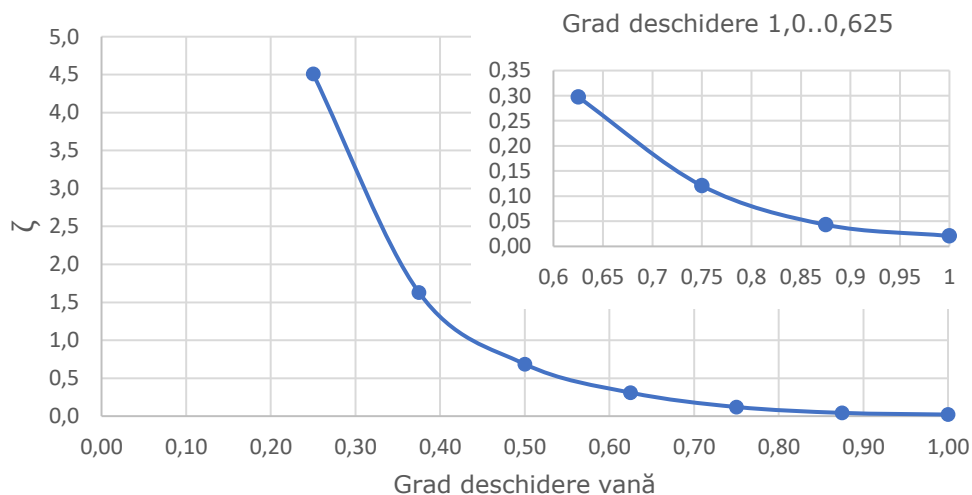
Grad de deschidere	Q (mc/h)	ζ	ζ_{min}	ζ_{max}	Diferența (%)
1,00	16,20	0,010	0,010	0,021	51
	20,20	0,021			
	24,50	0,020			
0,875	16,45	0,024	0,024	0,043	45
	19,15	0,028			
	24,25	0,043			
0,75	16,10	0,104	0,104	0,121	14
	18,95	0,109			
	22,40	0,121			
0,625	16,05	0,293	0,293	0,306	4
	19,75	0,294			
	22,70	0,306			
0,50	15,10	0,680	0,680	0,696	2
	18,20	0,683			
	19,80	0,696			
0,375	8,00	1,598	1,598	1,660	4
	11,50	1,660			
	15,10	1,633			
0,25	6,70	4,506	4,505	4,523	0
	8,50	4,505			
	10,20	4,523			

În Tabelul 97 sunt prezentate diferențele procentuale ale valorilor ζ minime și maxime pentru vana sertar pană cu flanșe. Se poate observa că pentru deschiderile 1,0..0,75 diferențele nu se încadrează în limitele acceptabile, și totodată în aceste cazuri se observă un trend crescător al valorilor ζ în funcție de regimul de curgere influențat în primul rând de valoarea debitului.

Având în vedere că pentru realizarea unor măsurători care să respecte condiția menționată, necesită un manometru diferențial, prevăzut cu membrană cu marjă de citire mai mare, se propune ca pentru aceste cazuri în loc de valoarea medie să se accepte valoarea maximă determinată, rezultând coeficienții prezentați în Tabelul 98, respectiv în Figura 19.

Tabelul 98. Tabel cu valori ζ pentru vana sertar pană cu flanșe

Grad de deschidere	1,0	0,875	0,75	0,625	0,50	0,375	0,25
ζ	0,021	0,043	0,121	0,297	0,686	1,631	4,511

**Figura 19.** Grafic cu valori ζ pentru vana sertar pană cu flanșe

În Figura 19 s-a reprezentat grafic relația dintre coeficientul de rezistență locală și deschiderea vanei sertar pană cu flanșe DN 80 mm, zona aferentă deschiderilor de grad 1,0..0,625 fiind reprezentată și separat, la o scară mai detaliată.

Rezultate măsurători pentru vana sertar pană tip E2 cu îmbinare tip System 2000, DN 80 mm, din fontă

Îmbinarea tip System 2000 înseamnă „racorduri tip „push-fit”, pentru conexiune longitudinală cu blocare cu țevi PE (...) și țevi PVC. (...) Conducta este etanșată cu o garnitură de etanșare. Datorită conturului garniturii de etanșare, capătul țevii poate fi împins cu ușurință în camera de etanșare. Conexiunea cu blocare acționează independent față de garnitura țevii și este realizată prin strângerea inelului de blocare” [36]. Montarea pieselor cu îmbinare tip System 2000 este relativ ușoară și rapidă (sunt prevăzute cu mai puține șuruburi de strângere, față de flanșele clasice), însă demontarea obiectelor poate deveni mai greoaie în timp, odată cu întărirea garniturii de etanșare, vana neputând fi demontată fără tragerea afară ale capetilor țevilor din material plastic.

Acest tip de vane este produs pentru gama de diametre nominale de la 50 la 300 mm, dar este recomandat mai ales pentru diametre nominale până la 200 mm.

97 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar

Tabelul 99. Tabel determinare ζ pentru vana sertar pană System 2000 – grad deschidere 1,0..0,50

Grad de deschidere	Q (mc/h)	t (°C)	v (m/s)	ρ (kg/mc)	ν (10^{-6} mm ² /s)	Re	L m	λ	Δp liniar (mbar)	Δp măsurat (mbar)	Δp vană (mbar)	ζ
1,00	15,60	20	0,88	998,20	1,0034	69428	3,00	0,019	2,85	2,86	0,01	0,003
	19,80	20	1,12	998,20	1,0034	88120		0,018	4,32	4,42	0,10	0,016
	25,45	20	1,43	998,20	1,0034	113265		0,017	6,71	6,89	0,18	0,018
0,875	15,65	26	0,88	996,80	0,8729	80063	3,00	0,019	2,76	2,88	0,12	0,031
	20,70	26	1,17	996,80	0,8729	105898		0,018	4,50	4,79	0,29	0,042
	25,20	27	1,42	996,50	0,8539	131788		0,017	6,32	6,79	0,47	0,047
0,75	15,70	26	0,89	996,80	0,8729	80319	3,00	0,019	2,78	3,33	0,55	0,142
	19,00	25	1,07	997,00	0,8926	95056		0,018	3,90	4,72	0,82	0,143
	23,20	25	1,31	997,00	0,8926	116068		0,017	5,53	6,75	1,22	0,143
0,625	17,00	24	0,96	997,30	0,9131	83141	3,00	0,019	3,23	4,77	1,54	0,336
	19,70	25	1,11	997,00	0,8926	98558		0,018	4,16	6,26	2,10	0,342
	23,20	25	1,31	997,00	0,8926	116068		0,017	5,53	8,39	2,86	0,335
0,50	15,10	24	0,85	997,30	0,9131	73848	3,00	0,019	2,62	5,33	2,71	0,748
	17,10	24	0,96	997,30	0,9131	83630		0,019	3,26	6,72	3,46	0,746
	19,50	24	1,10	997,30	0,9131	95367		0,018	4,11	8,73	4,62	0,767

Tabelul 100. Tabel determinare ζ pentru vana sertar pană System 2000 – grad deschidere 0,375..0,25

Grad de deschidere	Q (mc/h)	t (°C)	v (m/s)	ρ (kg/mc)	ν (10^{-6} mm ² /s)	Re	L m	λ	Δp <i>liniar</i> (mbar)	Δp <i>măsurat</i> (mbar)	Δp <i>vană</i> (mbar)	ζ
0,375	8,00	22	0,45	997,80	0,9565	37350	3,00	0,023	0,87	2,64	1,77	1,740
	11,20	23	0,63	997,50	0,9344	53526		0,021	1,57	5,02	3,45	1,737
	15,10	23	0,85	997,50	0,9344	72165		0,019	2,64	8,94	6,30	1,742
0,25	6,20	21	0,35	998,00	0,9795	28266	3,00	0,024	0,56	3,46	2,90	4,751
	8,00	21	0,45	998,00	0,9795	36473		0,023	0,88	5,69	4,81	4,738
	9,90	21	0,56	998,00	0,9795	45135		0,022	1,28	8,58	7,32	4,708

În Tabelele 99 și 100 sunt prezentate valorile ζ determinate pentru vana sertar pană tip E2 cu îmbinare tip System 2000, DN 80 mm, din fontă, iar pentru calculul coeficientului de rezistență locală mediu pentru fiecare grad de deschidere în parte, se verifică respectarea condiției referitoare la valorile individuale obținute: diferența maximă acceptabilă între valoarea maximă și minimă determinate este de 4%.

Tabelul 101. Tabel verificare ζ pentru vana sertar pană System 2000

Grad de deschidere	Q (mc/h)	ζ	ζ_{min}	ζ_{max}	Diferența (%)
1,00	16,20	0,003	0,003	0,018	82
	20,20	0,016			
	24,50	0,018			
0,875	16,45	0,031	0,031	0,047	35
	19,15	0,042			
	24,25	0,047			
0,75	16,10	0,142	0,142	0,143	1
	18,95	0,143			
	22,40	0,143			
0,625	16,05	0,336	0,335	0,342	2
	19,75	0,342			
	22,70	0,335			
0,50	15,10	0,748	0,746	0,767	3
	18,20	0,746			
	19,80	0,767			
0,375	8,00	1,740	1,737	1,742	0
	11,50	1,737			
	15,10	1,742			
0,25	6,70	4,751	4,708	4,751	1
	8,50	4,738			
	10,20	4,708			

În Tabelul 101 sunt prezentate diferențele procentuale ale valorilor ζ minime și maxime pentru vana sertar cu îmbinare tip System 2000. Se poate observa că pentru deschiderile 1,0..0,875 diferențele nu se încadrează în limitele

acceptabile, și totodată în aceste cazuri se observă un trend crescător al valorilor ζ în funcție de regimul de curgere influențat în primul rând de valoarea debitului.

Având în vedere că pentru realizarea unor măsurători care să respecte condiția menționată, necesită un manometru diferențial prevăzut cu membrană cu marjă de citire mai mare, se propune ca pentru aceste cazuri în loc de valoarea medie să se accepte valoarea maximă determinată, rezultând coeficienții prezentați în Tabelul 102, respectiv în Figura 20.

Tabelul 102. Tabel valori ζ pentru vana sertar pană System 2000

Grad de deschidere	1,0	0,875	0,75	0,625	0,50	0,375	0,25
ζ	0,018	0,047	0,143	0,338	0,754	1,740	4,732

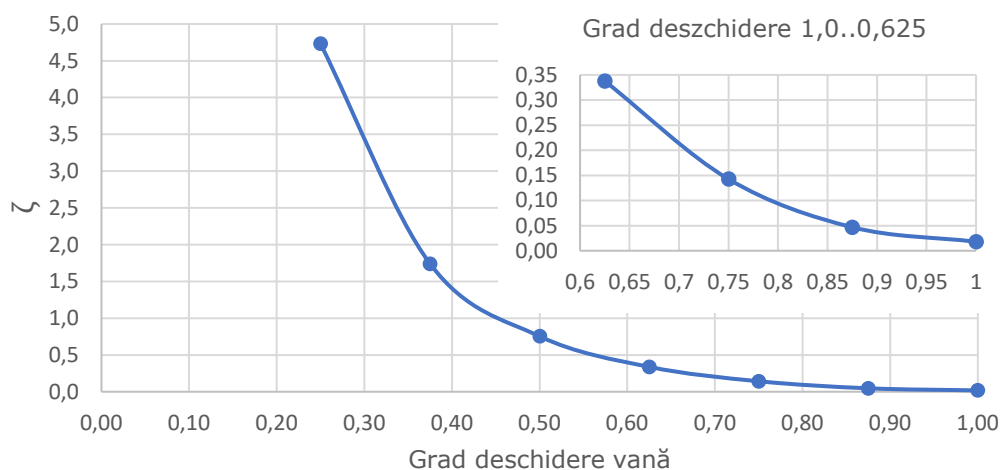


Figura 20. Grafic cu valori ζ pentru vana sertar pană System 2000

În Figura 20 s-a reprezentat grafic relația dintre coeficientul de rezistență locală și deschiderea vanei sertar pană cu flanșe DN 80 mm, zona aferentă deschiderilor de grad 1,0..0,625 fiind reprezentată și separat, la o scară mai detaliată.

Rezultate măsurători pentru vana sertar pană tip E2 cu îmbinare tip BAIO, DN 80 mm, din fontă

Îmbinarea tip BAIO înseamnă mufe tip „push-fit” cu funcție dublă, deoarece pot fi folosite atât pentru montare pe țevi din materiale plastice (PE sau PVC), cât și pe țevi metalice (fontă sau oțel), numai garnitura de etanșare depinzând de materialul țevii [36]. Oferă un montaj foarte rapid, nu presupune strângere de șuruburi, asigurând totuși o conexiune longitudinală cu blocare. Acest tip de îmbinare este prevăzut cu o piesă de protecție împotriva rotirii și desfacerii involuntare a legăturii, însă în cazul nerespectării indicațiilor de instalare, elementul de blocare din fontă se poate înțepeni, provocând dificultăți la demontare. Chiar dacă montajul este rapid, trebuie atenție la poziționarea inelului de fixare din material plastic, deoarece aceasta influențează în mod semnificativ funcționalitatea elementului de blocare. Acest tip de vane este produs pentru gama de diametre nominale de la 80 la 300 mm.

101 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar

Tabelul 103. Tabel determinare ζ pentru vana sertar până System 2000 – grad deschidere 1,0..0,50

Grad de deschidere	Q (mc/h)	t (°C)	v (m/s)	ρ (kg/mc)	ν (10^{-6} mm ² /s)	Re	L m	λ	Δp liniar (mbar)	Δp măsurat (mbar)	Δp vană (mbar)	ζ
1,00	20,00	30	1,13	995,60	0,8007	111543	3,00	0,017	4,15	4,23	0,08	0,013
	24,50	29	1,38	995,90	0,8178	133783		0,017	5,95	6,10	0,15	0,016
	28,25	29	1,59	995,90	0,8178	154260		0,016	7,63	7,88	0,25	0,020
0,875	20,10	28	1,13	996,20	0,8355	107432	3,00	0,017	4,23	4,40	0,17	0,027
	24,55	28	1,38	996,20	0,8355	131216		0,017	6,00	6,30	0,30	0,031
	28,30	29	1,60	995,90	0,8178	154533		0,016	7,65	8,23	0,58	0,045
0,75	15,40	27	0,87	996,50	0,8539	80537	3,00	0,019	2,67	3,08	0,41	0,109
	19,20	27	1,08	996,50	0,8539	100410		0,018	3,93	4,62	0,69	0,119
	23,20	27	1,31	996,50	0,8539	121329		0,017	5,47	6,51	1,04	0,122
0,625	17,00	26	0,96	996,80	0,8729	86970	3,00	0,018	3,19	4,57	1,38	0,301
	19,85	26	1,12	996,80	0,8729	101550		0,018	4,19	6,03	1,84	0,295
	23,15	26	1,31	996,80	0,8729	118432		0,017	5,48	8,00	2,52	0,297
0,50	14,75	25	0,83	997,00	0,8926	73793	3,00	0,019	2,50	4,80	2,30	0,666
	17,00	25	0,96	997,00	0,8926	85050		0,019	3,21	6,32	3,11	0,679
	20,30	25	1,14	997,00	0,8926	101560		0,018	4,38	8,79	4,41	0,675

Tabelul 104. Tabel determinare ζ pentru vana sertar pană System 2000 – grad deschidere 0,375..0,25

Grad de deschidere	Q (mc/h)	t (°C)	v (m/s)	ρ (kg/mc)	ν (10^{-6} mm ² /s)	Re	L m	λ	Δp <i>liniar</i> (mbar)	Δp <i>măsurat</i> (mbar)	Δp <i>vană</i> (mbar)	ζ
0,375	8,05	24	0,45	997,30	0,9131	39370	3,00	0,022	0,87	2,46	1,59	1,545
	11,20	23	0,63	997,50	0,9344	53526		0,021	1,57	4,63	3,06	1,541
	15,20	23	0,86	997,50	0,9344	72643		0,019	2,67	8,34	5,67	1,547
0,25	5,80	21	0,33	998,00	0,9795	26443	3,00	0,025	0,50	2,84	2,34	4,383
	7,80	21	0,44	998,00	0,9795	35561		0,023	0,84	5,08	4,24	4,392
	10,25	22	0,58	997,80	0,9565	47854		0,021	1,35	8,64	7,29	4,376

În Tabelele 103 și 104 sunt prezentate valorile ζ determinate pentru vana sertar pană tip E2 cu îmbinare tip BAIO, DN 80 mm, din fontă, iar pentru calculul coeficientului de rezistență locală mediu pentru fiecare grad de deschidere în parte, se verifică respectarea condiției referitoare la valorile individuale obținute: diferența maximă acceptabilă între valoarea maximă și minimă determinate este de 4%.

Tabelul 105. Tabel verificare ζ pentru vana sertar pană BAIO

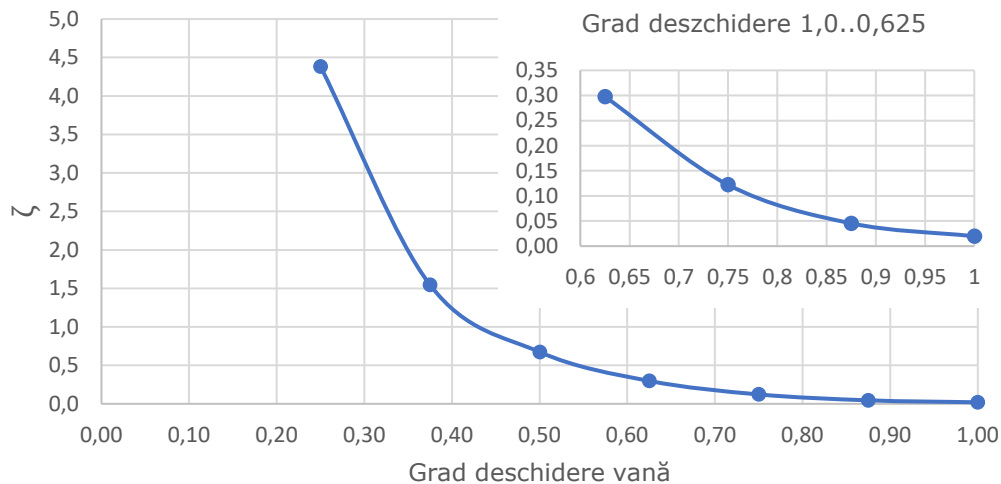
Grad de deschidere	Q (mc/h)	ζ	ζ_{min}	ζ_{max}	Diferența (%)
1,00	20,00	0,013	0,013	0,020	33
	24,50	0,016			
	28,25	0,020			
0,875	20,10	0,027	0,027	0,045	41
	24,55	0,031			
	28,30	0,045			
0,75	15,40	0,109	0,109	0,122	11
	19,20	0,119			
	23,20	0,122			
0,625	17,00	0,301	0,295	0,301	2
	19,85	0,295			
	23,15	0,297			
0,50	14,75	0,666	0,666	0,679	2
	17,00	0,679			
	20,30	0,675			
0,375	8,05	1,545	1,541	1,547	0
	11,20	1,541			
	15,20	1,547			
0,25	5,80	4,383	4,376	4,392	0
	7,80	4,392			
	10,25	4,376			

În Tabelul 105 sunt prezentate diferențele procentuale ale valorilor ζ minime și maxime pentru vana sertar cu îmbinare tip BAIO. Se poate observa că pentru deschiderile 1,0..0,75 diferențele nu se încadrează în limitele acceptabile, și totodată în aceste cazuri se observă un trend crescător al valorilor ζ în funcție de regimul de curgere influențat în primul rând de valoarea debitului.

Având în vedere că pentru realizarea unor măsurători care să respecte condiția menționată, necesită un manometru diferențial, prevăzut cu membrană cu marjă de citire mai mare, se propune ca pentru aceste cazuri în loc de valoarea medie să se accepte valoarea maximă determinată, rezultând coeficienții prezentați în Tabelul 106, respectiv în Figura 21.

Tabelul 106. Tabel valori ζ pentru vana sertar pană BAIO

Grad de deschidere	1,0	0,875	0,75	0,625	0,50	0,375	0,25
ζ	0,020	0,045	0,122	0,298	0,673	1,544	4,383

**Figura 21.** Grafic cu valori ζ pentru vana sertar pană BAIO

În Figura 21 s-a reprezentat grafic relația dintre coeficientul de rezistență locală și deschiderea vanei sertar pană BAIO DN 80 mm, zona aferentă deschiderilor de grad 1,0..0,625 fiind reprezentată și separat, la o scară mai detaliată.

Compararea rezultatelor obținute

Având în vedere că măsurătorile experimentale prezentate s-au realizat în condiții similare, inclusiv în ceea ce privește presiunea din amonte de zona de calcul, iar toate cele trei tipuri de vană sunt de tip E2, diferența fiind dată numai de modul tipului de îmbinare, prin compararea rezultatelor obținute se urmărește atât determinarea unor coeficienți de rezistență locală medie (general valabile), cât și identificarea eventualelor diferențe cauzate de diferențele constructive ale corpului vanei în funcție de tipul de îmbinare.

Pentru vanele sertar pană studiate producătorul a publicat următorii coeficienți de rezistență locală [23], valabili pentru vane complet deschise, indiferent de tipul de îmbinare:

- 0,03, pentru diametrul nominal cuprins în intervalul 50..150 mm
- 0,05, pentru diametrul nominal cuprins în intervalul 200..400 mm

Producătorul menționează că valorile publicate sunt obținute experimental și rotunjite la 2 zecimale, însă nu se specifică dacă acest coeficient trebuie interpretat ca o medie a coeficienților obținuți pentru gama de diametru specificat, și dacă este vorba de o medie, care este abaterea valorilor individuale față de aceasta.

În gama de diametre 50..150 mm Hawle produce vane cu următoarele diametre: 50, 65, 80, 100, 125, 150 mm. Conform datelor publicate referitor la vanele produse de AVK (date prezentate în Anexa B), în această gamă de diametre între valorile coeficienților de rezistență locală pot fi diferențe de până la 3,5 ori, iar diferența valorilor individuale față de media aritmetică poate fi până la 2,25 ori.

105 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar

Este important de menționat că valorile publicate de AVK nu reflectă proporționalitatea indicată de formula (12) propusă pentru determinarea unui coeficient de rezistență locală cu diametru diferit față de cel determinat pentru un anumit diametru, dar conform acelei formule, diferențele pot fi și mai mari, după cum este prezentat în Anexa C.

Astfel se consideră că valoarea 0,03 publicată de Hawle nu poate fi considerată un reper clar pentru validarea rezultatelor obținute în cadrul prezentului studiu experimental.

Tabelul 107. Tabel cu valori ζ pentru vana sertar până E2 cu diferite îmbinări

Grad de deschidere	ζ		
	flanșe	System 2000	BAIO
1,0	0,021	0,018	0,020
0,875	0,043	0,047	0,045
0,75	0,121	0,143	0,122
0,625	0,297	0,338	0,298
0,50	0,686	0,754	0,673
0,375	1,631	1,740	1,544
0,25	4,511	4,732	4,383

În Tabelul 107 sunt prezentate valorile ζ determinate pentru vanele E2 produse de Hawle cu îmbinare tip flanșe, tip System 2000 și tip BAIO. Se observă că valorile determinate pentru varianta cu îmbinare tip flanșe și cea cu mufe tip BAIO sunt apropiate, dar cele aferente variantei tip System 2000 sunt mai mari, în afară de cazul deschiderii complete în care valoarea lui ζ este ușor mai mică decât pentru celelalte tipuri de îmbinare (chiar egală rotunjind la două zecimale).

Tabelul 108. Tabel comparativ pentru valorile ζ aferente vanei cu flanșe și cu BAIO

Grad de deschidere	ζ			
	flanșe	BAIO	Diferența %	Medie aritmetică
1,0	0,021	0,020	5	0,021
0,875	0,043	0,045	4	0,044
0,75	0,121	0,122	1	0,122
0,625	0,297	0,298	0	0,298
0,50	0,686	0,673	2	0,680
0,375	1,631	1,544	5	1,588
0,25	4,511	4,383	3	4,447

Din Tabelul 108 rezultă că valorile determinate pentru varianta cu îmbinare tip flanșe și cea cu mufe tip BAIO sunt foarte apropiate, fiind diferențe între ele de cel

mult 5%. Mai mult, cu excepția deschiderilor 1,0 și 0,375 diferențele sunt mai mici sau egale cu 4%, motiv pentru care se consideră că valorile aferente celor două tipuri de îmbinări pot fi considerate egale cu media valorilor determinate experimental.

Tabelul 109. Tabel comparativ pentru valorile ζ aferente vanei cu cuplaj System 2000 față de valorile mediate ale celorlalte două tipuri de îmbinări

Grad de deschidere	ζ		
	System 2000	Medie flanșă-BAIO	Diferența %
1,0	0,018	0,021	14
0,875	0,047	0,044	6
0,75	0,143	0,122	15
0,625	0,338	0,298	12
0,50	0,754	0,680	10
0,375	1,740	1,588	9
0,25	4,732	4,447	6
Media aritmetică diferențe procentuale			10

În Tabelul 109 sunt prezentate diferențele dintre valorile obținute pentru vana cu îmbinare tip System 2000 față de valorile mediate ale variantelor cu îmbinare tip flanșă și BAIO. În afară de valoarea aferentă deschiderii totale, valorile aferente vanei cu îmbinare tip System 2000 sunt mai mari cu 6..15%, diferența medie fiind de 10%.

4.2.2 Studiul vanelor sertar destinate sistemelor de apă uzată

Studiul vanelor sertar destinate sistemelor de apă uzată sub presiune s-a realizat pe vana sertar tip cuțit produs de Hawle, cu varianta constructivă diferită de cea clasică, vana semănând din exterior cu vanele sertar pană.

Vana prevăzută cu sistem de flanșe de blocare libere „este perfect adecvată pentru montaj îngropat și în instalațiile industriale, în special pentru schimbarea vanelor existente. Funcția de închidere etanșă fiabilă este asigurată de o lamă de închidere din oțel inoxidabil dur, laminat și un pachet de etanșare cu garnituri inelare. Pachetul de etanșare previne aderarea particulelor solide la tijă și, în cazul reparării, permite înlocuirea capacului vanei fără a scoate vana din instalația aflată sub presiune. Garniturile plate sunt deja incluse în garniturile circulare. De aceea nu sunt necesare fixări între flanșe.” [37]

107 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar

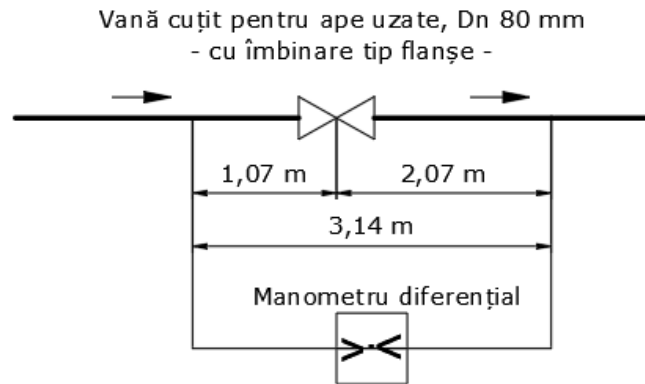


Figura 22. Schemă tronsoanelor de calcul pentru determinarea coeficienților de rezistență locală la vana cuțit pentru apă uzată

În Figura 22 sunt reprezentate pozițiile prizelor cu patru orificii montate în vederea realizării măsurătorilor.

Determinarea coeficienților de rezistență locală s-a realizat conform pașilor descriși la Capitolul 3, pierderea de presiune liniară fiind calculată cu formula (7).

Tabelul 110. Tabel determinare ζ pentru vana cuțit – grad deschidere 1,0

Grad de deschidere	Q (mc/h)	t (°C)	v (m/s)	ρ (kg/mc)	ν (10^{-6} mm ² /s)	Re	L m	λ	Δp liniar (mbar)	Δp măsurat (mbar)	Δp vană (mbar)	ζ
1,00	20,00	26	1,13	996,80	0,8729	102317	3,14	0,018	4,44	4,73	0,29	0,046
	23,85	26	1,34	996,80	0,8729	122013		0,017	6,04	6,50	0,46	0,051
	28,30	26	1,60	996,80	0,8729	144779		0,016	8,15	8,78	0,63	0,050

Tabelul 111. Tabel determinare ζ pentru vana cuțit – grad deschidere 0,875..0,25

0,875	16,25	27	0,92	996,50	0,8539	84982	3,14	0,019	3,07	3,25	0,18	0,043
	20,05	28	1,13	996,20	0,8355	107164		0,017	4,41	4,74	0,33	0,052
	24,50	28	1,38	996,20	0,8355	130949		0,017	6,26	6,78	0,52	0,055
0,75	15,85	29	0,89	995,90	0,8178	86550	3,14	0,018	2,90	3,43	0,53	0,132
	19,60	28	1,11	996,20	0,8355	104759		0,018	4,24	5,02	0,78	0,129
	24,60	28	1,39	996,20	0,8355	131483		0,017	6,30	7,69	1,39	0,145
0,625	15,90	29	0,90	995,90	0,8178	86823	3,14	0,018	2,92	4,71	1,79	0,447
	20,30	29	1,14	995,90	0,8178	110849		0,017	4,48	7,40	2,92	0,448
	23,00	29	1,30	995,90	0,8178	125592		0,017	5,57	9,48	3,91	0,467
0,50	8,15	30	0,46	995,60	0,8007	45454	3,14	0,022	0,90	2,58	1,68	1,596
	12,50	30	0,70	995,60	0,8007	69714		0,019	1,91	5,88	3,97	1,607
	14,70	30	0,83	995,60	0,8007	81984		0,019	2,53	8,11	5,58	1,631
0,375	7,00	30	0,39	995,60	0,8007	39040	3,14	0,022	0,69	5,02	4,33	5,582
	8,15	30	0,46	995,60	0,8007	45454		0,022	0,90	6,82	5,92	5,630
	9,50	30	0,54	995,60	0,8007	52983		0,021	1,18	9,22	8,04	5,630
0,25	4,00	30	0,23	995,60	0,8007	22309	3,14	0,026	0,26	6,68	6,42	25,356
	4,40	31	0,25	995,60	0,8007	24539		0,025	0,31	8,07	7,76	25,338

În Tabelele 110 și 111 sunt prezentate valorile ζ determinate pentru vana cuțit cu îmbinare tip flanșe, DN 80 mm, din fontă. Debitele (Q), temperaturile (t) și pierderile de presiune măsurate între prize (Δp măsurat) au fost măsurate cu aparatura

109 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar

descrișă în subcapitolul 3.3, iar L reprezintă lungimea tronsonului de calcul, egală cu distanța dintre cele două prize montate în amonte și în aval de vana studiată.

Densitatea și vâscozitatea cinematică au fost determinate conform tabelului din Anexa A. Viteza medie de curgere (v) a fost calculată ca raportul dintre debit și suprafața interioară a conductei, numărul lui Reynolds a fost calculat cu formula (3), coeficientul λ a fost calculat cu formula lui Blasius (9), pierderea de presiune liniară (Δp_{liniar}) a fost calculată cu formula (7), pierderea de presiune produsă de vană ($\Delta p_{\text{vană}}$) a fost calculată cu formula (22), urmând să se determine ζ aplicând formula (10).

Înainte de calculul coeficientului de rezistență locală mediu pentru fiecare grad de deschidere în parte, se verifică respectarea condiției referitoare la valorile individuale obținute: diferența maximă acceptabilă între valoarea maximă și minimă determinate este de 4%.

Tabelul 112. Tabel verificare ζ pentru vana cuțit cu flanșe

Grad de deschidere	Q (mc/h)	ζ	ζ_{\min}	ζ_{\max}	Diferența (%)
1,00	20,00	0,046	0,046	0,051	10
	23,85	0,051			
	28,30	0,050			
0,875	16,25	0,043	0,043	0,055	21
	20,05	0,052			
	24,50	0,055			
0,75	15,85	0,132	0,129	0,145	11
	19,60	0,129			
	24,60	0,145			
0,625	15,90	0,447	0,447	0,467	4
	20,30	0,448			
	23,00	0,467			
0,50	8,15	1,596	1,596	1,631	2
	12,50	1,607			
	14,70	1,631			
0,375	7,00	5,582	5,582	5,630	1
	8,15	5,630			
	9,50	5,630			
0,25	4,00	25,356	25,338	25,356	0
	4,40	25,338			

În Tabelul 112 sunt prezentate diferențele procentuale ale valorilor ζ minime și maxime pentru vana cuțit cu flanșe. Se poate observa că pentru deschiderile 1,0..0,75 diferențele nu se încadrează în limitele acceptabile, și totodată în aceste cazuri se observă un trend crescător al valorilor ζ în funcție de regimul de curgere influențat în primul rând de valoarea debitului.

Având în vedere că pentru realizarea unor măsurători care să respecte condiția menționată necesită un manometru diferențial prevăzut cu membrană cu marjă de citire mai mare, se propune ca pentru aceste cazuri în loc de valoarea medie să se accepte valoarea maximă determinată, rezultând coeficienții prezentați în Tabelul 113, respectiv în Figura 23.

Tabelul 113. Tabel cu valori ζ pentru vana cuțit cu flanșe

Grad de deschidere	1,0	0,875	0,75	0,625	0,50	0,375	0,25
ζ	0,051	0,055	0,145	0,454	1,611	5,614	25,347

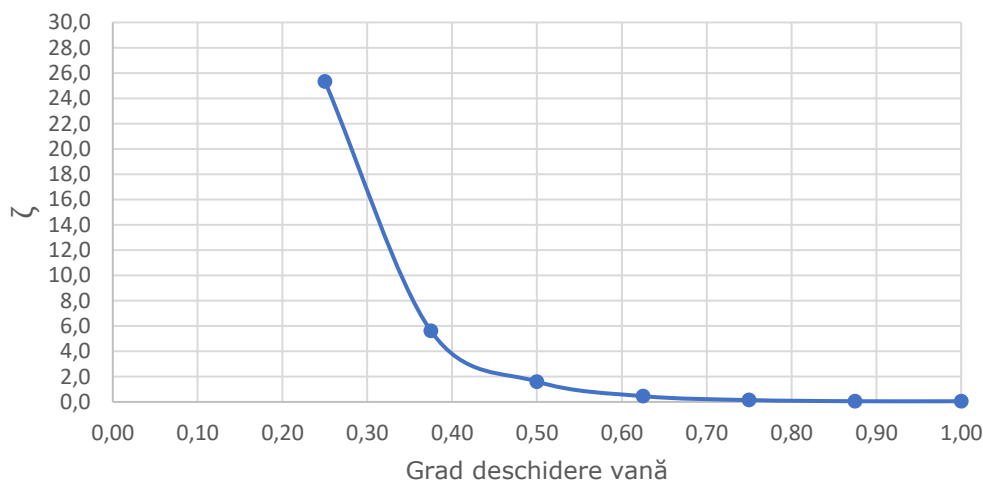


Figura 23. Grafic cu valori ζ pentru vana cuțit cu flanșe

În Figura 23 s-a reprezentat grafic relația dintre coeficientul de rezistență locală și deschiderea vanei cuțit cu flanșe DN 80 mm. Se observă că pentru o mai bună vizualizare a relației existente în cazul deschiderilor mai mici, este nevoie de prezentarea separată a diferitelor intervale de grade de deschidere.

111 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar

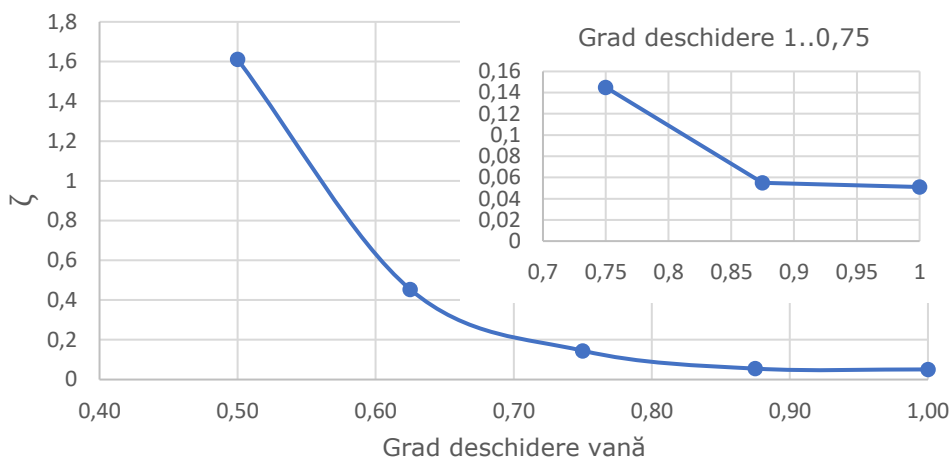


Figura 24. Grafic cu valori ζ pentru vana cuțit cu flanșe – grad deschidere 1,0..0,5
În Figura 24 s-a reprezentat grafic relația dintre coeficientul de rezistență locală și deschiderea vanei cuțit între 1,0 și 0,5, zona aferentă deschiderilor de grad 1,0..0,75 fiind reprezentată și separat, la o scară mai detaliată.

4.2.3 Compararea valorilor ζ determinate pentru vane sertar dedicate sistemelor de apă potabilă cu cele destinate sistemelor de apă uzată

După cum s-a prezentat în Capitolul 2, deși folosirea vanelor sertar pentru sisteme de apă uzată sub presiune sau mixte este foarte des întâlnită în practica inginerescă, în literatura de specialitate există mult mai puține date referitoare la coeficienții de rezistență locală ai vanelor sertar pentru ape uzate.

Folosirea coeficienților determinați pentru armături dedicate aplicațiilor cu apă potabilă poate fi corectă în cazul în care și în realitate se folosesc armături de acest tip, lucru care însă nu este recomandat în cazul în care apele uzate pot fi dăunătoare unor elemente ale vanei din cauza mediului agresiv, sau în cazul în care închiderea vanei poate fi obstrucționată de materialele solide din sistemul de ape uzate. Probabil din aceeași motive, în catalogul dedicat armăturilor destinate aplicațiilor cu apă uzată, Hawle prezintă doar vana cuțit studiată în cadrul prezentei cercetări.

Tabelul 114. Tabel comparativ pentru valorile ζ aferente vanei pentru apă potabilă și celei pentru apă uzată sub presiune

Grad de deschidere	ζ		
	Vană - apă potabilă	Vană - apă uzată	Diferența %
1,0	0,018	0,051	65
0,875	0,047	0,055	15
0,75	0,143	0,145	1
0,625	0,338	0,454	26
0,50	0,754	1,611	53
0,375	1,740	5,614	69
0,25	4,732	25,347	81
Media aritmetică diferențe procentuale			44

În Tabelul 114 sunt prezentate diferențele între valorile ζ determinate pentru vane destinate aplicațiilor cu apă uzată și cele pentru aplicații cu apă potabilă. Valorile aferente vanelor pentru apă potabilă sunt cele aferente vanei cu cuplaj System 2000, deoarece coeficienți de rezistență locală determinați pentru acest tip de îmbinare sunt mai mari decât în cazul celorlalte tipuri de îmbinare.

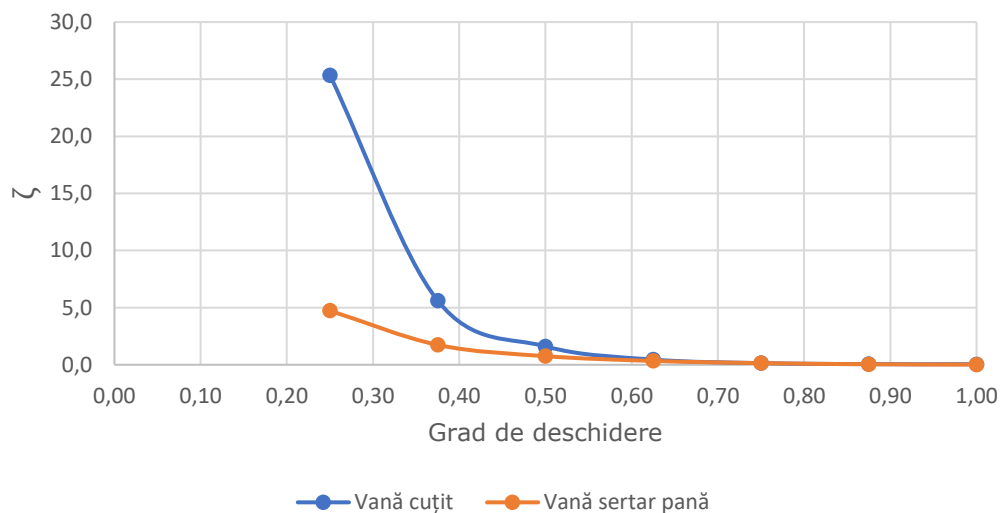


Figura 25. Grafic comparativ valori ζ pentru vana cuțit și vană sertar pană

În Figura 25 sunt reprezentate curbele ζ în funcție de grade de deschidere de la 1,0 la 0,25. Se observă o diferență clară în cazul deschiderilor mai mici de 0,5, iar pentru vizualizarea diferențelor în cazul deschiderilor între 1,0 și 0,625 s-a realizat graficul prezentat în Figura 26.

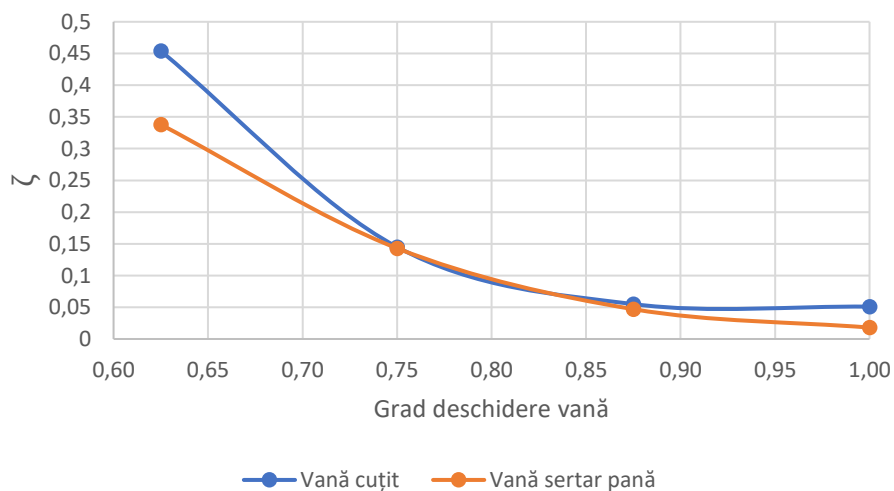


Figura 26. Grafic comparativ valori ζ pentru vana cuțit și vană sertar pană – grad deschidere 1,0..0,625

113 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la clapete de sens

După cum rezultă din Figurile 25 și 26, relația dintre valorile ζ aferente diferitelor grade de deschidere prezintă o alură mult diferită față de cea a vanelor sertar până destinată aplicațiilor cu apă potabilă.

La grade de deschidere mai mici de 0,75 pierderile de sarcină locale cauzate de vanele cuțit sunt mult mai mari decât în cazul vanelor sertar, dar conform datelor din Tabelul 114 diferența este semnificativă și în cazul deschiderii complete: 65%, coeficientul de rezistență locală al vanei cuțit fiind practic de aproape 2,5 ori mai mare decât valoarea maximă determinată pentru toate cele trei tipuri de vane sertar până studiate.

4.3 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la clapete de sens

Prezentul studiu are ca scop determinarea coeficientului de rezistență locală pentru clapete de sens destinate aplicațiilor cu apă potabilă și apă uzată. Atât în literatura de specialitate, cât și în oferta diferiților producători există numeroase tipuri constructive de astfel de armături. Inclusiv Hawle produce mai multe modele dedicate diferitelor aplicații, sau care oferă rapoarte calitate-preț diferite. În acest studiu s-a inclus singurul tip de clapetă de sens produs de Hawle care se poate folosi atât pentru apă potabilă, cât și pentru apă uzată (dar este mai recomandat pentru medii care nu transportă materiale solide în suspensie), respectiv singurul tip destinat aplicațiilor cu apă uzată (inclusiv apă uzată menajeră).

Aparatura folosită pentru determinarea coeficienților de rezistență locală este aceeași ca și în cazul studiului prezentat în subcapitolul 4.2, folosindu-se aceeași instalație din cadrul Departamentului de Hidrotehnică al UPT descrisă în Capitolul 3.

Clapetă de sens, Dn 80 mm
- cu îmbinare tip flanșe -

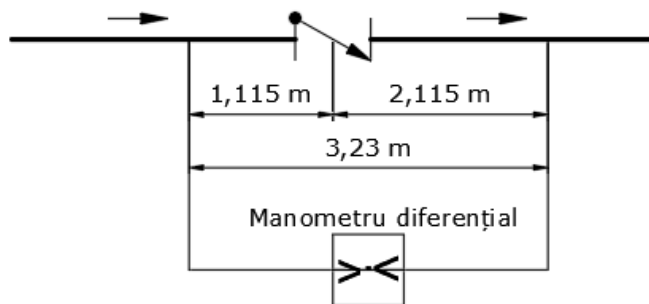


Figura 27. Schemă tronson de calcul pentru determinarea coeficienților de rezistență locală la clapete de sens

În Figura 27 Sunt reprezentate pozițiile prizelor din amonte și din aval de clapetele de sens studiate. Având în vedere că cele două clapete au aceeași lungime, și distanțele prizelor față de cele două tipuri de armături sunt identice.

Măsurătorile au fost realizate la presiunea măsurată în amonte de secțiunea de calcul de cca. 2,5 bar.

4.3.1 Studiul clapetelor de sens destinate sistemelor de apă potabilă

În catalogul armăturilor dedicată aplicațiilor cu apă potabilă [24], Hawle prezintă date pentru trei tipuri de clapete de sens. Un tip se referă la varianta constructivă cu levier și contragreutate, iar între celelalte două modele principala diferență constructivă constă în materialul elementului de închidere și de poziția acestuia față de axul fluxului de apă.

În prezentul studiu s-a analizat clapeta de sens cu clapetă fără levier și contragreutate care poate fi folosit atât pentru apă potabilă, cât și pentru apă uzată. Această armătură are corpul din fontă ductilă, elementul de închidere și garnitura aferentă din elastomer, axul elementului de închidere din poliamidă, și este prevăzută cu un orificiu de golire pentru zona din amonte în care există pericolul de blocare al elementului de închidere. Pentru o etanșeitate mai bună la presiuni din amonte mai mici, elementul de închidere este montat la un unghi de 10 grade față de axul fluxului. Acest model are greutatea redusă față de celelalte modele, care au corpul din fontă cenușie, este protejat anticoroziv și a fost conceput astfel încât viteza de trecere prin armătură să fie optimă [24].

Pentru acest tip de clapetă Hawle declară presiunea minimă de deschidere de 0,03 bar, respectiv presiunea minimă necesară pentru o închidere strânsă de 0,5 bar [24].

115 Studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la clapete de sens

Tabelul 115. Tabel determinare ζ pentru clapeta de sens cu clapetă

Q (mc/h)	t (°C)	v (m/s)	ρ (kg/mc)	v (10^{-6} mm ² /s)	Re	L m	λ	Δp <i>liniar</i> (mbar)	Δp <i>măsurat</i> (mbar)	Δp <i>clapetă</i> (mbar)	ζ
3,85	30	0,22	995,60	0,8007	21472	3,23	0,0261	0,250	0,28	0,03	0,129
8,00	30	0,45	995,60	0,8007	44617		0,0217	0,898	1,03	0,13	0,130
13,05	30	0,74	995,60	0,8007	72782		0,0192	2,115	2,46	0,35	0,128
16,15	30	0,91	995,60	0,8007	90071		0,0182	3,071	3,60	0,53	0,128
20,50	31	1,16	995,60	0,8007	114332		0,0172	4,661	5,55	0,89	0,134
25,00	31	1,41	995,60	0,8007	139429		0,0164	6,597	7,90	1,30	0,132

În Tabelul 115. sunt prezentați coeficienții ζ determinați pentru clapeta de sens cu clapetă pentru intervalul de debite 3,9 – 25 m³/h. Debitul maxim pentru care s-au realizat măsurători a fost determinat ținând cont de limita de măsură a manometrului diferențial, care poate măsura valori diferențiale până la maxim 10 mbari. Se observă că diferența între valoarea minimă determinată, $\zeta = 0,128$, și valoarea maximă determinată, $\zeta = 0,134$, este de 4%, ceea ce se încadrează în intervalul acceptabil pentru determinarea unui coeficient de rezistență locală medie, $\zeta_{med} = 0,130$.

Pe baza coeficientului de rezistență locală s-a determinat coeficientul de debit, aplicând formula (18), rezultând $K_v = 709$ m³/h. În comparație, Hawle a publicat un coeficient de debit de 271 m³/h pentru clapetele de sens cu DN 80 mm (fără specificarea variantei constructive la care se referă), din care aplicând formula (17) rezultă un coeficient de rezistență locală de aproape șapte ori mai mare, $\zeta = 0,892$. Având în vedere că față de informațiile prezentate în catalog, referitoare la valorile ζ publicate pentru vanele produse de Hawle, în cazul coeficienților de debit publicate nu există nicio mențiune referitoare la metoda sau condițiile de determinare a coeficientului, nu s-a putut deduce o concluzie legată de motivul acestei diferențe semnificative identificate.

4.3.2 Studiul clapetelor de sens destinate sistemelor de apă uzată

Chiar dacă și tipul de clapetă de sens prezentat în subcapitolul anterior poate fi folosit și pentru aplicații cu apă uzată, pentru apele care pot transporta și materiale solide în suspensie, sau în cazul în care apa uzată poate avea caracteristici care să favorizeze depunerea impurităților asupra elementului de închidere, este recomandată folosirea clapetelor de sens cu bilă.

Clapetă de sens cu bilă studiată are corpul din fontă ductilă protejată cu un strat de pulbere epoxidică, prevăzută cu bilă metalică acoperită cu NBR. În afară de faptul că acest tip constructiv favorizează autocurățirea bilei antrenate de fluxul de apă, armătura studiată este prevăzută cu capac rabatabil ușor de deschis/închis în caz de nevoie intervenție la elementul de închidere. Pentru efectuarea lucrărilor de mentenanță (golire sau spălare), corpul armăturii este prevăzută și cu un ștuț cu filet interior de 1/2", din oțel inoxidabil. Toate aceste aspecte favorizează utilizarea acestui tip de clapetă pentru aplicații cu apă uzată.

Tabelul 116. Tabel determinare ζ pentru clapeta de sens cu bilă Hawle

Q (mc/h)	t (°C)	v (m/s)	ρ (kg/mc)	v (10^{-6} mm ² /s)	Re	L m	λ	Δp liniar (mbar)	Δp măsurat (mbar)	Δp clapetă (mbar)	ζ
4,30	28	0,24	996,20	0,8355	22983	3,23	0,0257	0,306	2,77	2,46	8,414
6,25	30	0,35	995,60	0,8007	34857		0,0231	0,583	3,86	3,28	5,301
8,20	28	0,46	996,20	0,8355	43828		0,0218	0,948	4,89	3,94	3,702
9,90	30	0,56	995,60	0,8007	55214		0,0206	1,304	6,41	5,11	3,292
12,30	29	0,69	995,90	0,8178	67165		0,0196	1,917	8,92	7,00	2,924

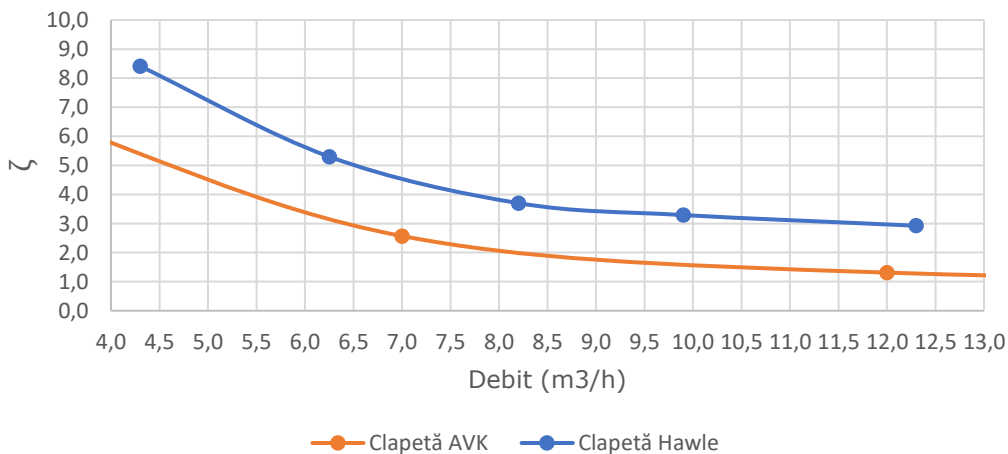
În Tabelul 116. sunt prezentați coeficienții ζ determinați pentru clapeta de sens cu bilă pentru intervalul de debite 4,3 – 12,3 m³/h. Debitul maxim pentru care s-au realizat măsurători a fost determinat ținând cont de limita de măsură a manometrului diferențial, care poate măsura valori diferențiale până la maxim 10 mbari. Se observă că pentru regimurile studiate valorile coeficienților de rezistență locală au un trend descrescător.

Tabelul 117. Tabel determinare ζ pentru clapeta de sens cu bilă AVK

Q (mc/h)	t (°C)	v (m/s)	ρ (kg/mc)	ν (10^{-6} mm ² /s)	Re	Δp clapetă (mbar)	ζ
3,00	15	0,17	999,1	1,1386	11766	1,00	6,996
7,00	15	0,39	999,1	1,1386	27454	2,00	2,570
12,00	15	0,68	999,1	1,1386	47064	3,00	1,312
25,00	15	1,41	999,1	1,1386	98051	6,00	0,604
30,00	15	1,69	999,1	1,1386	117661	8,00	0,560
35,00	15	1,97	999,1	1,1386	137271	10,00	0,514
50,00	15	2,82	999,1	1,1386	196102	18,00	0,453
72,50	15	4,09	999,1	1,1386	284347	32,00	0,383

În Tabelul 116 sunt prezentați coeficienții ζ determinați pentru clapeta de sens cu bilă produsă de AVK pe baza graficului publicat în care sunt reprezentate pierderile de presiune în funcție de debit [28]. Pierderile de presiune citite au fost transformate din kPa în mbar, iar pentru estimarea coeficientului de rezistență locală, în lipsa datelor exacte, s-a considerat temperatura fluidului egală cu 15 °C.

Din Tabelul 116 rezultă că în cazul armăturii fabricate de AVK (modelul constructiv similar armăturii studiate) nici pe un interval mult mai larg de regimuri nu se poate identifica o valoare a coeficientului de rezistență locală constantă.

**Figura 28.** Valorile ζ în funcție de debit pentru clapeta de sens cu bilă

În Figura 28 este reprezentat grafic variația coeficientului de rezistență locală determinată pentru clapeta de sens cu bilă fabricată de Hawle, precum și variația coeficientului de rezistență locală al clapetei de sens cu bilă fabricată de AVK, conform graficului publicat de producător [28]. Se observă că alura celor două reprezentări grafice este foarte asemănătoare, ceea ce poate fi interpretat ca un argument în validarea rezultatelor experimentale obținute.

4.3.3 Compararea rezultatelor obținute pentru clapetele de sens studiate

Analizând rezultatele obținute pentru clapeta de sens cu clapetă, respectiv cea cu bilă, diferența cea mai semnificativă este că cea din urmă nu tinde spre un coeficient de rezistență locală constantă în intervalul de regimuri de flux specifice sistemelor hidroedilitare.

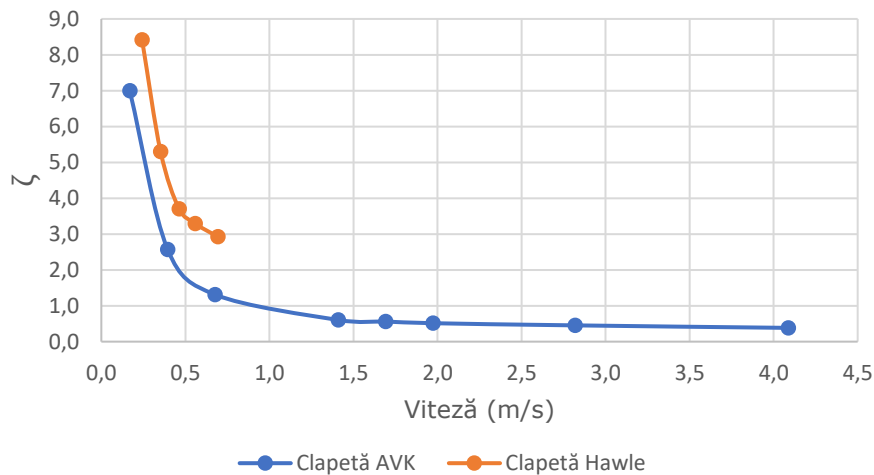


Figura 29. Valorile ζ în funcție de viteză pentru clapeta de sens cu bilă

În Figura 29 sunt reprezentate grafic valorile ζ în funcție de viteză pentru clapeta de sens cu bilă studiată și pentru clapeta de sens fabricată de AVK. Pentru clapeta de sens cu bilă fabricată de AVK coeficienții ζ au fost estimate pe baza graficului pierdere de presiune față de debit publicat de producător [28]. Deoarece pentru armătura studiată s-au putut realiza măsurători numai pentru viteze sub 0,7 m/s, iar pe acest interval graficul obținut are o alură asemănătoare cu cea aferentă clapetei AVK, pentru analiza mai detaliată a fenomenului, în Figura 29 s-au prezentat și valorile referitoare la viteze până la 4 m/s.

Se pot identifica trei zone de variație a coeficientului ζ în funcție de viteza de curgere:

- La viteze mai mici de 0,5 m/s s-au identificat valori mari ale coeficientului ζ cu un trend de scădere foarte bruscă. Diferența dintre valorile aferente vitezelor de 0,24 și 0,56 m/s este de cca. 156%. AVK declară că peste 0,5 m/s se poate considera clapeta complet deschisă.
- În intervalul de viteze 0,5..1,5 m/s este o zonă de tranziție
- La viteze peste 1,5 m/s scăderea coeficientului ζ devine mult mai lină, diferența dintre valorile aferente vitezelor de 1,41 și 4,09 m/s este totuși de cca. 58%.

În afară de dependența coeficientului de rezistență locală de viteza de curgere, un alt aspect important este că valorile determinate pentru clapetele de sens cu bilă sunt mult mai mari față de modelul cu clapetă. Chiar și valoarea minimă aferentă clapetei de sens cu bilă determinată pentru viteza de 4,09 m/s este de

119 Forma generală propusă a formulei coeficientului de rezistență la vane sertar

aproape 3 ori mai mare decât valoarea medie determinată pentru clapeta de sens cu clapetă studiată.

5. Sinteza rezultatelor experimentale, propuneri de formule semiempirice, contribuții

5.1 Forma generală propusă a formulei coeficientului de rezistență la vane sertar

Analizând dependența coeficientului de rezistență pentru diferite grade de deschidere se poate observa că în literatura de specialitate studiată [6-7, 9, 18-24, 38] nu există unanimitate privind deschiderile parțiale pentru care se fac măsurători experimentale – excepție fiind poziția complet deschisă și gradul de deschidere de 0,5. În multe cazuri însă producătorii publică numai coeficientul aferent deschiderii complete, lucru ce poate fi justificat prin faptul că nu se recomandă folosirea acestui tip de vane în poziții parțial deschise. Totuși există situații excepționale care pot presupune închiderea parțială a vanelor pentru o perioadă intermediară. Un alt aspect care justifică determinarea coeficienților pentru deschideri parțiale este legat de modelarea hidraulică a rețelelor existente. În România majoritatea operatorilor regionali ai serviciilor de utilitate publică de alimentare cu apă și canalizare sunt încă într-o fază incipientă în ceea ce privește măsurile necesare reducerii substanțiale ale pierderilor de apă din rețea, și în multe cazuri se observă diferențe între realitatea din teren și modelul hidraulic construit din cauza unor vane parțial închise necunoscute.

De asemenea se poate observa că variația coeficienților de rezistență la vane în funcție de gradul de deschidere are anumite caracteristici specifice:

- $\lim_{\frac{a}{D} \rightarrow 1} \zeta_{a/D}$ tinde către valori foarte mici (apropiate de 0)
- $\lim_{\frac{a}{D} \rightarrow 0} \zeta_{a/D}$ tinde către valori foarte mari

Pe baza acestor observații se propune următoarea formă generală pentru formulele semiempirice valabile pentru vanele sertar:

$$\zeta_{a/D} = \zeta_{1,0} \times C \times e^{\sigma \times (1 - \frac{a}{D})} \quad (29)$$

unde

$\zeta_{a/D}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent unei deschideri a/D ,

$\zeta_{1,0}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent deschiderii complete,

$\frac{a}{D}$ reprezintă gradul de deschidere (0 –complet închis, 1 – complet deschis),

iar coeficienții C și σ se determină pe baza rezultatelor experimentale.

5.2 Validarea formei generale propuse prin aplicarea ei la valorile experimentale din literatura de specialitate

Analizând coeficienții de rezistență locală din literatura de specialitate studiată [6-7, 9, 18-24], rezultă că cei doi coeficienți C și σ din formula (29) trebuie determinate ținând cont de tipul vanei sertar.

În vederea validării formei generale propuse s-a bazat pe următoarele surse din literatura de specialitate studiată:

- Pentru vane sertar pană:
 - o Coeficienții determinați experimental de Idel'chik [20] pentru vane sertar pană ("wedge-type gate valves") cu deschideri între 0,25 și 1,0. În această sursă nu este specificat diametrul nominal pentru care s-au făcut măsurătorile experimentale
 - o Coeficienții determinați experimental și publicate tabelar în anexa catalogului producătorului AVK [23] pentru deschideri între 0,3 și 1,0 ai vanei cu diametru nominal de 80 mm
- Pentru vane sertar cuțit:
 - o Coeficienții determinați experimental de Idel'chik [20] pentru vane sertar pe conducte circulare cu deschideri între 0,25 și 0,9. Sursa nu specifică tipul vanei, dar se poate deduce că se referă la vane cuțit. În această sursă nu este specificat diametrul nominal pentru care s-au făcut măsurătorile experimentale
 - o Coeficienții determinați experimental și publicate prin reprezentare grafică în catalogul producătorului Erhard [38] pentru vane cuțit ("ERU K1 knife gate valve) pentru deschideri între 0,3 și 1,0 ai vanei cu diametru nominal de 100 mm

La alegerea surselor nu s-a urmărit validarea formei generale strict pentru un anumit diametru nominal al vanelor, ci propunerea unor formule valabile indiferent de acesta.

Cei doi coeficienți C și σ din formula (29) au fost determinate pentru fiecare tip de vană sertar în urma analizând dependența componentei $e^{(1-\frac{a}{D})}$ de gradul de deschidere. Coeficienții propriu-ziși au fost determinați folosind programul Microsoft Excel, prin generarea unor linii de trend.

Vană sertar pană

Pentru calculul coeficienților de rezistență în funcție de gradul de deschidere a vanelor sertar pană se propune următoarea formulă:

$$\zeta_{\frac{a}{D}} = \zeta_{1,0} \times 0,92 \times e^{7,22 \times (1-\frac{a}{D})} \quad (30)$$

unde

$\zeta_{a/D}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent unei deschideri a/D ,

$\zeta_{1,0}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent deschiderii complete,

$\frac{a}{D}$ reprezintă gradul de deschidere (0 –complet închis, 1 – complet deschis),

iar coeficienții 0,92 și 7,22 au fost determinate empiric pe baza rezultatelor experimentale.

121 Validarea formei generale propuse prin aplicarea ei la valorile experimentale din literatura de specialitate

Tabelul 118. Verificare formulă (30) pe baza datelor aferente vanelor sertar până din literatura de specialitate studiată

	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	1,00
ζ [20]	30	22	12	5,3	2,8	1,5		0,8	0,3	0,15
ζ_{calc}	31,0	21,6	10,5	5,1	2,5	1,2		0,6	0,3	
$\Delta\zeta$	3	2	13	4	11	20		25	0	
ζ [23]		10	5	2			0,37			0,06
ζ_{calc}		8,62	4,19	2,03			0,33			
$\Delta\zeta$		14	16	2			10			

În Tabelul 118 sunt reprezentate valorile din literatura de specialitate studiate [20, 23], în care s-a specificat tipul vanelor sertar, referindu-se concret la vane sertar până.

ζ_{calc} reprezintă valorile calculate cu formula (30).

$\Delta\zeta$ reprezintă diferența procentuală dintre valoarea publicată și valoarea calculată cu formula (30), cu observația că valorile calculate au fost rotunjite la numărul de zecimale trecute în tabel.

Se observă că precizia formulei s-a dovedit a fi în jur de 80-100% (într-un singur caz s-a determinat o abatere de 25%).

Sinteza rezultatelor experimentale, propuneri de formule semiempirice, contribuții 122

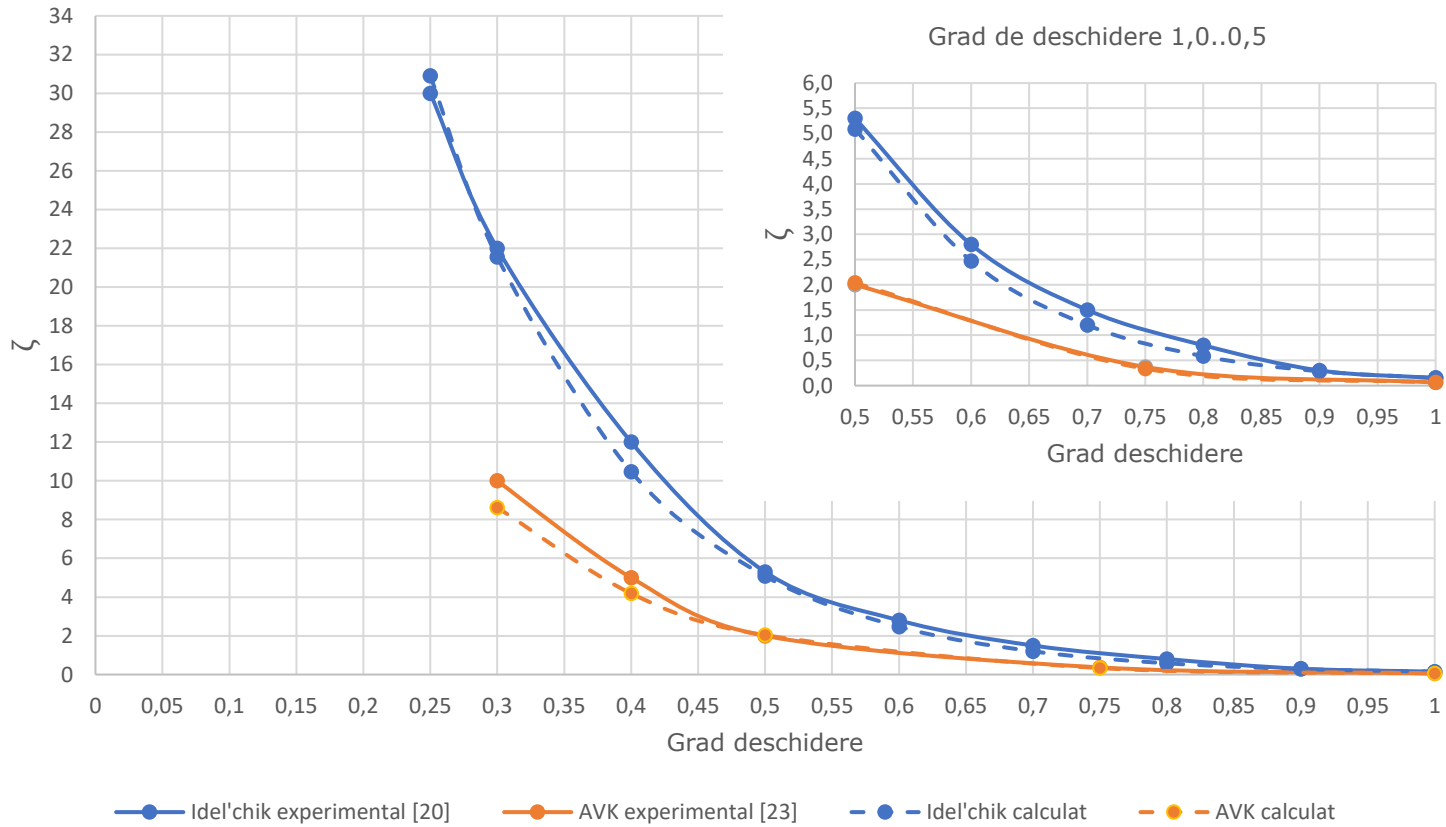


Figura 30. Valori experimentale din literatură, respectiv valori calculate cu formula propusă (30) pentru vanele sertar până

123 Validarea formei generale propuse prin aplicarea ei la valorile experimentale din literatura de specialitate

În Figura 30 sunt reprezentate grafic valorile coeficienților de rezistență locală determinate experimental și cele calculate cu formula (30) pentru vanele sertar până din literatura de specialitate studiată [20, 23]. Se observă o bună concordanță între reprezentarea grafică a valorilor din literatura de specialitate studiată și între valorile calculate cu formula (30), prin urmare se justifică aplicarea formulei și în cazul coeficienților determinați în urma măsurătorilor experimentale proprii.

Vană sertar cuțit

Pentru calculul coeficienților de rezistență în funcție de gradul de deschidere a vanelor sertar cuțit se propune următoarea formulă:

$$\zeta_{\frac{a}{D}} = \zeta_{1,0} \times 0,68 \times e^{8,56 \times (1 - \frac{a}{D})} \quad (31)$$

unde

$\zeta_{a/D}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent unei deschideri a/D ,

$\zeta_{1,0}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent deschiderii complete,

$\frac{a}{D}$ reprezintă gradul de deschidere (0 –complet închis, 1 – complet deschis),

iar coeficienții 0,68 și 8,56 au fost determinate empiric pe baza rezultatelor experimentale.

Tabelul 119. Verificare formulă (31) pe baza datelor aferente vanelor sertar până din literatura de specialitate studiată

	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	1,00
ζ [20]		10	4,6	2,06	0,98	0,44		0,17	0,06	0,04
ζ_{calc}		10,9	4,62	1,96	0,83	0,35		0,15	0,06	
$\Delta\zeta$		9	0	5	15	20		12	0	
ζ [38]	18	10	4,5	2	0,9	0,38		0,14		0,04
ζ_{calc}	16,7	10,9	4,62	1,96	0,83	0,35		0,15		
$\Delta\zeta$	7	9	3	2	8	8		7		

În Tabelul 119 sunt reprezentate valorile din literatura de specialitate studiate [20, 38], în care s-a specificat tipul vanelor sertar, referindu-se concret la vane sertar cuțit.

ζ_{calc} reprezintă valorile calculate cu formula (31).

$\Delta\zeta$ reprezintă diferența procentuală dintre valoarea publicată și valoarea calculată cu formula (31), cu observația că valorile calculate au fost rotunjite la numărul de zecimale trecute în tabel.

Având în vedere că se dorește stabilirea unor formule general valabile, indiferent de diametrul armăturii, valorile preluate din sursa [38] se referă la vane DN 100 mm, așa cum se regăsesc și în sursa citată.

Din Tabelul 119 rezultă că în cazul celor două surse care se referă la vane sertar cuțit [20, 38], rezultatele formulei (31) au o precizie de 80-100%, numai două cazuri fiind cu precizie sub 90%. Trebuie însă amintit că Idel'chik [20] a publicat valoarea 0 pentru deschiderea completă, caz în care formula (31) nu poate fi aplicată, iar rezultatele acceptabile au rezultat considerând 0,04 pentru poziția amintită. Valoarea 0,04 s-a propus considerând că valorile publicate de Idel'chik sunt apropiate de cele publicate de producătorul Erhard [38].

Sinteza rezultatelor experimentale, propuneri de formule semiempirice, contribuții 124

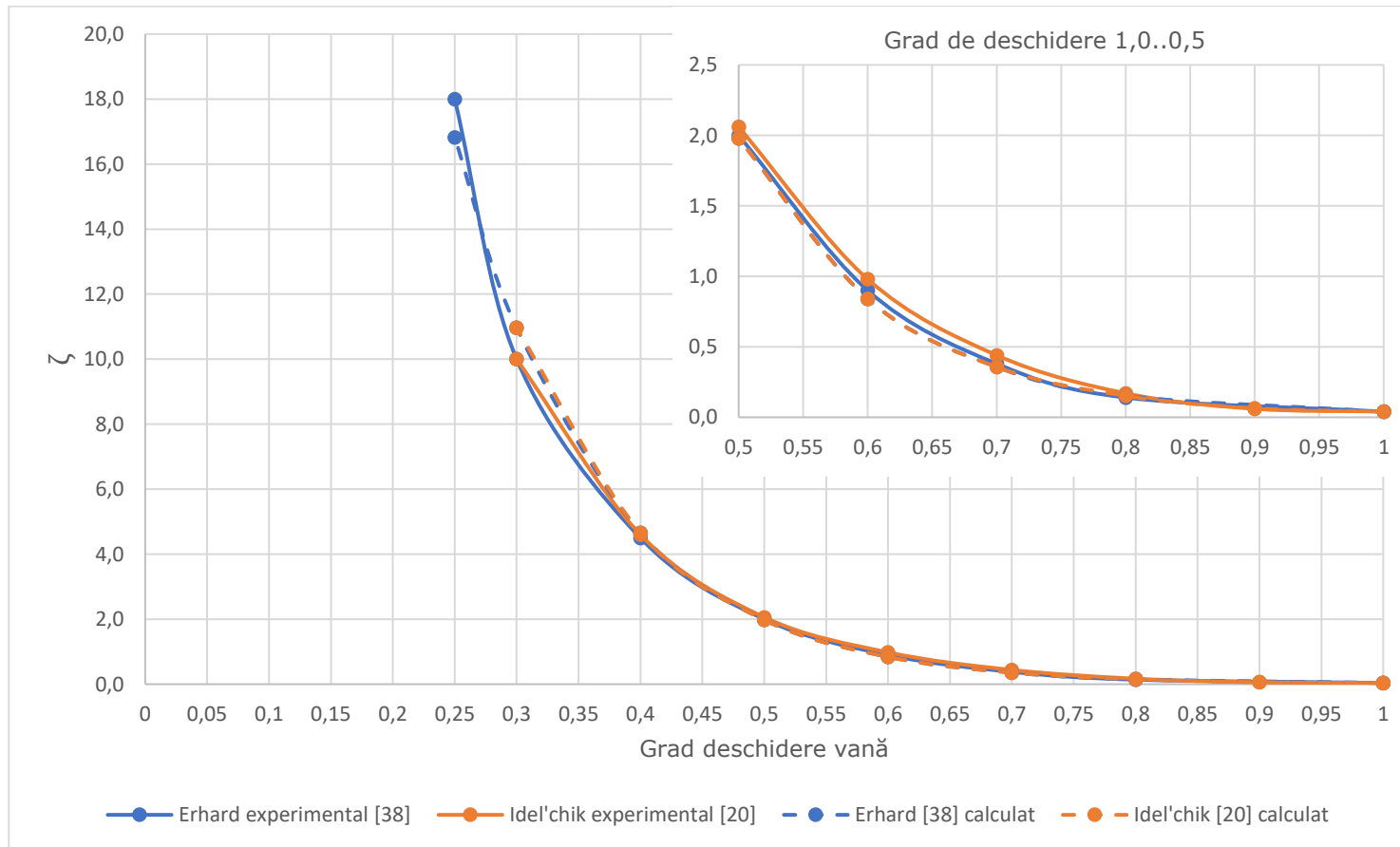


Figura 31. Valori experimentale din literatură, respectiv valori calculate cu formula propusă (30) pentru vanele sertar cuțit

125 Aplicarea formulelor semiempirice propuse pentru vanele sertar studiate prin experimente proprii

În Figura 31 sunt reprezentate grafic valorile coeficienților de rezistență locală determinate experimental și cele calculate cu formula (31) pentru vanele sertar cuțit din literatura de specialitate studiată [20, 38]. Se observă o bună concordanță între reprezentarea grafică a valorilor din literatura de specialitate studiată și între valorile calculate cu formula (31), prin urmare se justifică aplicarea formulei și în cazul coeficienților determinați în urma măsurătorilor experimentale proprii.

Se observă că atât formula (30), cât și formula (31) pot fi considerate unelte precise cu care coeficienții aferenți deschiderilor parțiale ale vanelor sertar pot fi calculate mult mai repede și mai ușor decât experimental, sau chiar și decât cu ajutorul unor valori prezentate grafic sau tabelar.

5.3 Aplicarea formulelor semiempirice propuse pentru vanele sertar studiate prin experimente proprii

Vane sertar pană

Pentru verificarea aplicabilității formulei (30) în cazul coeficienților de rezistență locală determinați în urma testărilor experimentale proprii, se verifică coeficienții medii, considerând că diferențele dintre rezultatele obținute pentru diferitele tipuri de îmbinări sunt neglijabile în cazul folosirii unor astfel de formule simplificate.

Tabelul 120. Verificare formulă (30) pe baza datelor experimentale proprii aferente vanelor sertar pană studiate

	0,25	0,375	0,50	0,625	0,75	0,875	1,00
ζ_{exp}	4,45	1,59	0,68	0,30	0,12	0,044	0,02
ζ_{calc}	4,14	1,68	0,68	0,28	0,11	0,045	0,02
$\Delta\zeta$	7	6	0	7	8	2	

În Tabelul 120 sunt reprezentate valorile rezultate din măsurătorile experimentale proprii pentru vane sertar pană fabricate de Hawle.

ζ_{exp} reprezintă valorile experimentale proprii.

ζ_{calc} reprezintă valorile calculate cu formula (30).

$\Delta\zeta$ reprezintă diferența procentuală dintre valoarea publicată și valoarea calculată cu formula (30), cu observația că valorile calculate au fost rotunjite la numărul de zecimale trecute în tabel.

Se observă că precizia formulei s-a dovedit a fi de peste 90%, formula (30) oferind rezultate foarte apropiate de valorile determinate experimental.

Sinteza rezultatelor experimentale, propuneri de formule semiempirice, contribuții 126

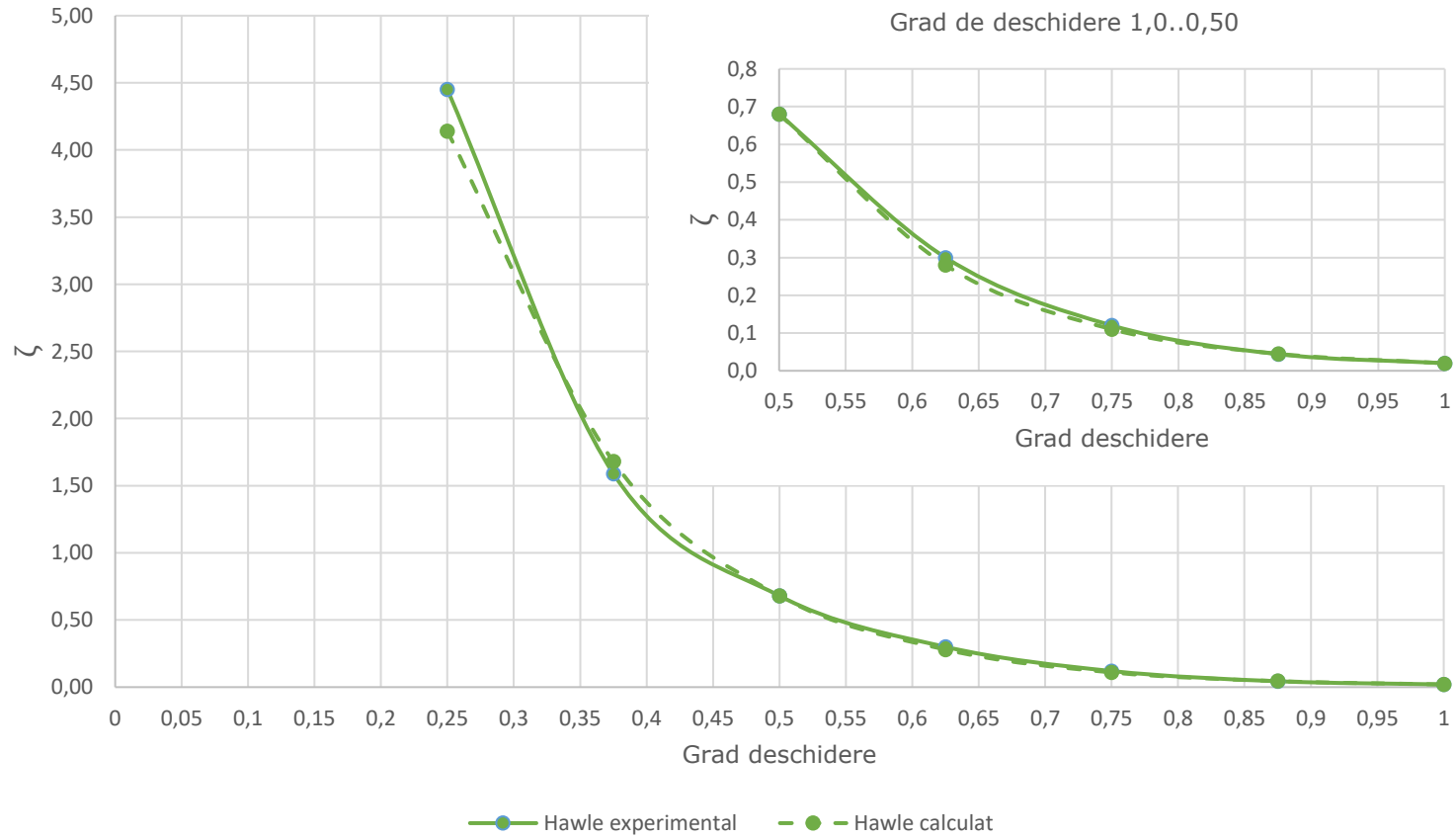


Figura 32. Valori experimentale proprii, respectiv valori calculate cu formula propusă (30) pentru vanele sertar până

127 Aplicarea formulelor semiempirice propuse pentru vanele sertar studiate prin experimente proprii

În Figura 32 sunt reprezentate grafic valorile coeficienților de rezistență locală medii determinate experimental și cele calculate cu formula (30) pentru vanele sertar până pentru care s-au realizat măsurători proprii. Se observă o bună concordanță între reprezentarea grafică a valorilor experimentale și cele calculate cu formula (30), ceea ce indică similitudinea constructivă dintre vanele din literatura de specialitate [20, 23] și cele studiate, produse de Hawle.

Vane sertar cuțit

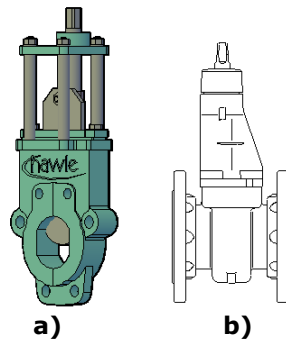


Figura 33. Vane sertar tip cuțit produse de Hawle

În Figura 33 sunt reprezentate cele două modele principale de vane cuțit fabricate de Hawle. În desenul a) este o reprezentare 3D a vanelor cuțit de formă clasică, cu corp plat, iar în desenul b) este o vedere din lateral a vanei cuțit studiat. Se poate observa o diferență foarte mare între forma constructivă a vanelor cu corp plat și cea a vanei studiate. Conform Tabelului 2 din Capitolul 2 s-a identificat o singură sursă din cele studiate, care prezintă date concrete pentru vane sertar tip cuțit, respectiv s-a mai identificat o sursă care nu produce vana sertar cuțit cu DN 80 mm, motiv pentru care nu a fost inclus în tabelul amintit [38], dar așa cum în cazul sursei [38] este clar că este vorba de varianta cu corp plat, se poate presupune că și sursa [20] se referă la același tip constructiv.

Tabelul 121. Verificare formulă (31) pe baza datelor experimentale proprii aferente vanei sertar cuțit studiate

	0,25	0,375	0,50	0,625	0,75	0,875	1,00
ζ_{exp}	25,40	5,63	1,63	0,45	0,14	0,05	0,05
ζ_{calc}	21,23	7,28	2,50	0,86	0,29	0,10	
$\Delta\zeta$	16	29	53	91	107	100	

În Tabelul 121 sunt reprezentate valorile rezultate din măsurătorile experimentale proprii pentru vana sertar cuțit cu formă constructivă atipică fabricată de Hawle și precizia acestora față de valorile calculate aplicând formula (31).

ζ_{exp} reprezintă valorile experimentale proprii.

ζ_{calc} reprezintă valorile calculate cu formula (31).

$\Delta\zeta$ reprezintă diferența procentuală dintre valoarea publicată și valoarea calculată cu formula (31), cu observația că valorile calculate au fost rotunjite la numărul de zecimale trecute în tabel.

Se observă că precizia formulei s-a dovedit a fi foarte redusă, motiv pentru care pentru acest tip de vană se propun alți coeficienți pentru formula generală (29).

$$\zeta_{\frac{a}{D}} = \zeta_{1,0} \times 0,23 \times e^{10,03 \times \left(1 - \frac{a}{D}\right)} \quad (32)$$

unde

$\zeta_{a/D}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent unei deschideri a/D ,

$\zeta_{1,0}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent deschiderii complete,

$\frac{a}{D}$ reprezintă gradul de deschidere (0 –complet închis, 1 – complet deschis),

iar coeficienții 0,23 și 10,03 au fost determinate empiric pe baza rezultatelor experimentale.

Tabelul 122. Verificare formulă (32) pe baza datelor experimentale proprii aferente vanei sertar cuțit studiate

	0,25	0,375	0,50	0,625	0,75	0,875	1,00
ζ_{exp}	25,40	5,63	1,63	0,45	0,14	0,05	0,05
ζ_{calc}	21,63	6,17	1,76	0,50	0,14	0,04	
$\Delta\zeta$	15	10	8	11	0	20	

În Tabelul 122 sunt reprezentate valorile rezultate din măsurătorile experimentale proprii pentru vana sertar cuțit cu formă constructivă atipică fabricată de Hawle și precizia acestora față de valorile calculate aplicând formula (32).

ζ_{exp} reprezintă valorile experimentale proprii.

ζ_{calc} reprezintă valorile calculate cu formula (32).

$\Delta\zeta$ reprezintă diferența procentuală dintre valoarea publicată și valoarea calculată cu formula (32), cu observația că valorile calculate au fost rotunjite la numărul de zecimale trecute în tabel.

Se observă că în acest caz rezultatele formulei (32) au o precizie de peste 80% (chiar peste 85% cu o singură excepție), precizie mult mai mare față de cele ale formulei (31), astfel se justifică aplicarea unor coeficienți diferiți pentru vanele cuțit cu corp plat și pentru vana cuțit cu formă constructivă atipică fabricată de Hawle.

129 Aplicarea formulelor semiempirice propuse pentru vanele sertar studiate prin experimente proprii

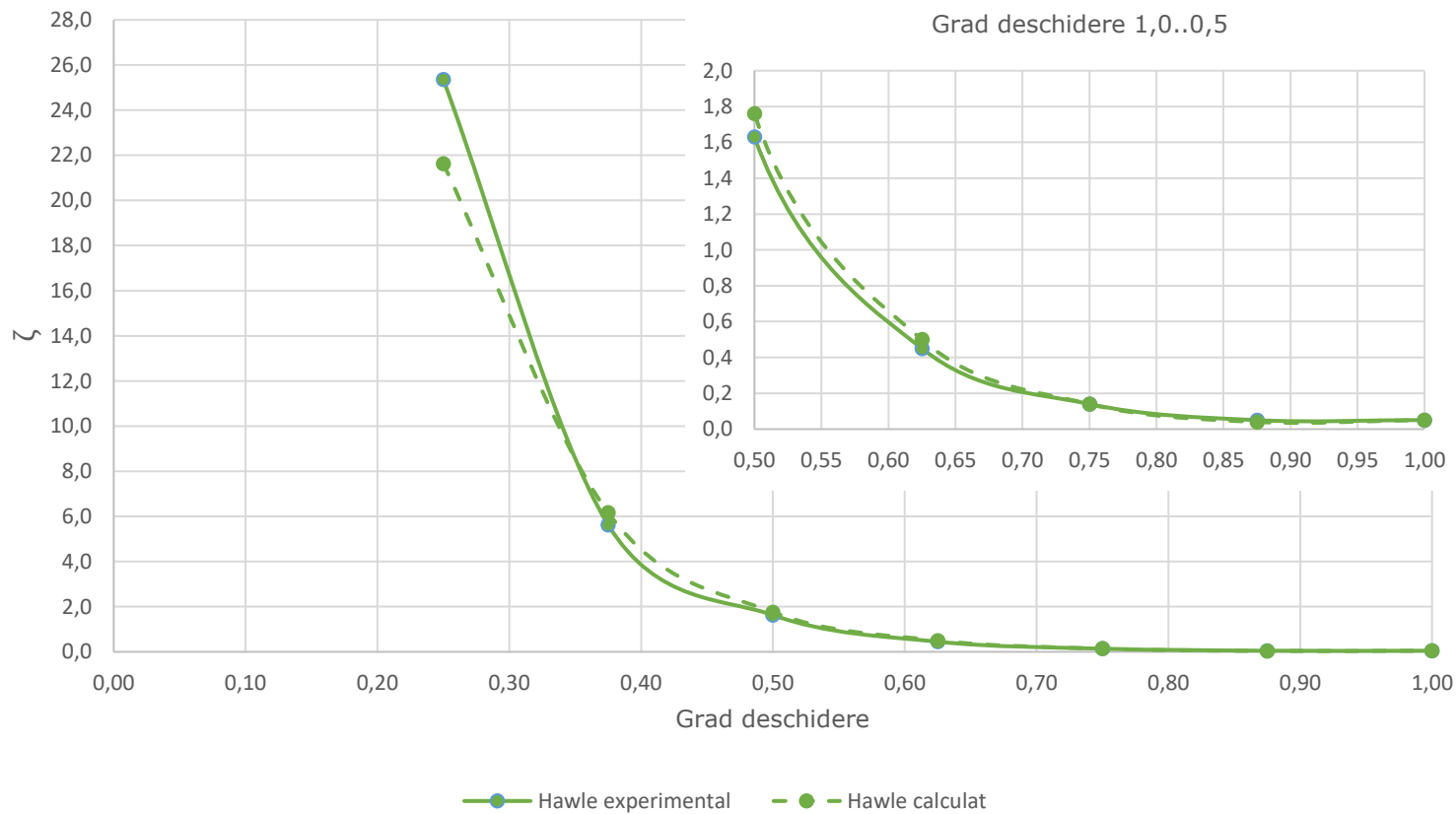


Figura 34. Valori determinate experimental în cadrul cercetării și valori calculate cu formula propusă (32) pentru vane cuțit studiate

În Figura 34 sunt reprezentate grafic valorile coeficienților de rezistență locală determinate experimental și cele calculate cu formula (32) pentru vana sertar cuțit pentru care s-au realizat măsurători proprii. Se observă o bună concordanță între reprezentarea grafică a valorilor experimentale și cele calculate cu formula (32), ceea ce indică faptul că deși acest model de vană cuțit este semnificativ diferit din punct de vedere constructiv față de vanele cuțit din literatura de specialitate [20, 38], totuși și pentru acest model este valabilă forma generală propusă, aplicând coeficienții corespunzători.

5.4 Compararea rezultatelor obținute cu datele din literatura de specialitate studiată

Una din întrebările la care s-a căutat răspuns prin prezenta cercetare este referitoare la modul de interpretare al coeficienților de rezistență locală publicate de diferiți autori, având în vedere că în multe cazuri există diferențe semnificative între valorile propriu-zise.

5.4.1 Valori referitoare la vane sertar

Deși s-au identificat numeroase surse în care se pot găsi date referitoare la coeficienți de rezistență locală a vanelor sertar, numai 4 din 11 surse au specificat concret tipul vanei sertar. Trei din cele patru surse sunt materiale publicate de producători de armături (Hawle, AVK, Erhard), iar a patra este manualul lui Idel'chik [20], care are ca subiect strict prezentarea aspectelor legate de coeficienții de rezistență datorată pierderilor de sarcină locale și longitudinale. Toate celelalte manuale și articole științifice citate se referă numai în general la vane sertar, rezultând diferențe semnificative, de până la 4-10 ori.

În urma studiului experimental, urmat de analiza datelor în vederea identificării unei relații între coeficienți, referitoare la deschiderea completă și între cei care se referă la deschideri parțiale, s-au constatat diferențe de până la 3 ori și în cazul comparării datelor pentru vane sertar de același tip (în cazul de față fiind vorba de rezultatele aferente vanelor sertar pană). Astfel rezultă pe de o parte că pentru o evaluare cât mai exactă a pierderilor de sarcină locală este nevoie de cunoașterea coeficienților aferenți armăturii concrete, pe de altă parte este important de menționat, că în cazul unor vane cu construcție similară (tip de armătură specifică) se pot identifica similitudini între datele referitoare la diferite deschideri, ceea ce reprezintă un avantaj considerabil în evaluarea unor cazuri pentru care nu există date concrete, dar care se referă la armături pentru care există totuși coeficienți determinați experimental.

În cazul vanelor sertar cuțit s-a identificat că și în cazul în care tipul vanei sertar este specificat, pot exista modele constructive atipice la care nu mai sunt valabile eventualele formule de legătură generale. Pentru acest tip de armătură valorile publicate de Idel'chik sunt foarte similare cu datele publicate recent de un producător [38], însă pentru vana cu formă constructivă atipică produsă de Hawle și pentru care s-a realizat un studiu experimental prezentat în subcapitolul 4.2 a rezultat nu numai un coeficient mai mare în cazul deschiderii complete, ci și o variație foarte diferită în ceea ce privește valorile coeficienților de rezistență locală pentru diferite grade de deschidere ale vanei.

131 Compararea rezultatelor obținute cu datele din literatura de specialitate studiată

Valorile determinate experimental în cadrul prezentei cercetări față de valorile din sursele prezentate la Capitolul 2 au fost prezentate în tabelele comparative din subcapitolul 5.1, tabelele 118..121.

5.4.2 Valori referitoare la clapete de sens

În prezenta cercetare au fost studiate două tipuri de clapete de sens: cu clapetă, respectiv cu bilă. În cazul fiecărui tip de clapetă de sens s-au realizat studii experimentale pentru armăturile fabricate de Hawle, la cele cu clapetă fiind studiată varianta care poate fi utilizată și în aplicații cu apă uzată.

Tabelul 123. Coeficienți de rezistență locală pentru clapete de sens cu clapetă din literatura de specialitate și cel determinat în urma studiului experimental

Sursă	[20]	[9]	[5]	[21]	[18]	[7]	[6]	[27]	[24]	SEP
ζ	1,4	0,3 - 1,0	1,4	2,3	1,0	2,0	2,0	0,17	0,5	0,13

Din Tabelul 123 reiese că valoarea coeficientului de rezistență locală determinat prin studiul experimental propriu, trecut în tabel sub denumirea SEP, este mai mic decât valorile din literatura de specialitate studiată [5-7, 9, 18, 20, 21, 24, 27], inclusiv decât cele care specifică tipul concret și diametrul clapetei de sens.

Valoarea determinată experimental este cea mai apropiată de valoarea citită de pe graficul publicat de un alt producător, AVK [27]. Așa cum s-a specificat și în Capitolul 4, valoarea determinată este de peste 3 ori mai mică decât valoarea calculată pe baza coeficientului de debit publicat de producător pentru armătura de același diametru nominal.

Se poate observa că între valoarea determinată în cadrul prezentei cercetări și cele din sursele studiate există diferențe de până peste 17 ori, și există o diferență de peste 15 ori și față de o sursă, care a publicat coeficientul pentru același tip de clapetă și același diametru nominal, [6].

Astfel și în acest caz trebuie menționat importanța cunoașterii coeficientului de rezistență locală aferent produsului concret.

Dacă pentru clapeta de sens cu clapetă s-a reușit determinarea unui coeficient constant, în cazul clapetei de sens cu bilă acest lucru nu a fost posibil. Din cauza limitelor de măsurare impuse de manometrul diferențial folosit, pentru clapeta de sens cu bilă fabricat de Hawle s-au făcut măsurători numai pentru viteze de până la 0,7 m/s, astfel rezultatele pot fi interpretate numai prin comparație cu valorile publicate de AVK pentru viteze de până la 4,0 m/s.

În graficul prezentat în Figura 29 se pot observa cele trei zone amintite și la subcapitolul 4.3, observându-se o viteză necesară pentru deschiderea completă a vanei, respectiv o viteză mai mare după care valorile coeficientului de rezistență locală scad mult mai lin. Comparând alura graficului bazat pe rezultatele experimentale proprii cu cel publicat de AVK, se poate presupune că și armătura fabricată de Hawle lucrează cu deschidere completă peste viteze de cca. 0,5 m/s, dar valoarea după care scăderea valorii coeficientului devine mai puțin accentuată nu poate fi identificată, decât după realizarea unor măsurători suplimentare cu aparatură corespunzătoare.

5.5 Aspecte privind utilizarea unor lungimi echivalente în cazul armăturilor studiate

După cum a fost prezentat în Capitolul 2, în literatura de specialitate există diferite metode simplificate de evaluare a pierderilor de sarcină locale cauzate de vane, însă majoritatea acestor metode oferă rezultate cu precizie relativ mică, motiv pentru care este recomandat să se folosească numai în etapa de predimensionare, iar pentru efectuarea unor calcule mai exacte este nevoie de coeficienți determinați exact pentru produsul utilizat în practică. Totuși, una dintre metodele cele mai simple pentru calcule rapide este exprimarea pierderilor de sarcină locale prin lungimi echivalente.

Tip vană sertar		0,25	0,375	0,50	0,625	0,75	0,875	1,00
Pana	Flanșe	16,62	6,47	3,04	1,35	0,57	0,20	0,10
	BAIO	15,11	5,90	2,89	1,33	0,57	0,23	0,10
	System 2000	16,35	6,61	3,22	1,50	0,63	0,22	0,08
	Medie	16,03	6,33	3,05	1,39	0,59	0,22	0,09
Cuțit		78,57	20,56	6,43	2,06	0,69	0,26	0,24

Tabelul 124. Lungimile echivalente (m) recomandate pentru vanele sertar studiate

În Tabelul 124 sunt prezentate lungimile echivalente recomandate pentru vanele studiate fabricate de Hawle. Este important de menționat că prezenta cercetare a fost realizată pentru armături DN 80 mm, astfel lungimile echivalente sunt valabile strict pentru acest diametru.

Pentru clapete de sens sunt uzuale atât coeficienți de debit, cât și folosirea unor lungimi echivalente. Pentru clapetele de sens cu clapetă de diametru DN 80 mm a fost determinat coeficientul de debit egal cu 709 m³/h, respectiv o lungime echivalentă de 0,52 m.

Pentru clapetele de sens cu bilă nu se propun lungimi echivalente sau coeficienți de debit, considerând că pentru o imagine mai clară ar trebui să se realizeze măsurători și pentru viteze mai mari.

6. Contribuții personale, recomandări privind calculul pierderilor de sarcină locale la vanele studiate

6.1 Contribuții personale

Prin prezenta cercetare au fost studiate cărți de specialitate, lucrări științifice și cataloage ale unor producători referitor la evaluarea pierderilor de sarcină locale, cauzate de vane sertar și clapete de sens.

În principiu se poate afirma că dacă pentru armături dedicate aplicațiilor cu apă potabilă există date inclusiv la nivelul cataloagelor producătorilor, pentru armăturile dedicate aplicațiilor cu apă uzată sunt mult mai puține astfel de date.

De asemenea s-a constatat că valorile publicate în materiale științifice fără specificarea tipului exact al armăturii sunt sugestive pentru înțelegerea fenomenului, dar nu sunt recomandate pentru folosire la nivel de modelare hidraulică. Mai mult pentru calcule cu precizie ridicată trebuie folosiți coeficienți determinați exact pentru modelul (tip, diametru, variantă constructivă a producătorului) din teren.

S-au studiat prevederile normativelor referitoare la conceperea instalațiilor de testare a armăturilor, prezentând și aspectele identificate și clarificate prin propria experiență legat de poziționarea, montarea și calibrarea aparatelor de măsură necesare.

S-a realizat un studiu experimental în vederea determinării distanțelor prizelor față de armătura studiată în funcție de regimul de curgere și de gradul de deschidere studiat. Din studiul experimental a rezultat că distanțele minime prevăzute de normativele SR EN 1267 [13] și SR EN 60534-2-3 [29] sunt potrivite pentru determinarea coeficientului de rezistență locală pentru vane sertar complet deschise, dar în cazul în care se dorește determinarea unor coeficienți pentru deschideri parțiale, este recomandată mărirea distanțelor prizelor față de armătura studiată. S-a propus respectarea unor distanțe în amonte de 1,0 m inter ax (0,96 m față de corpul armăturii), lungime echivalentă a aproximativ 12 diametre nominale. Iar în amonte distanța minimă recomandată este de 2,0 m inter ax (1,96 m față de corpul armăturii), lungime echivalentă a aproximativ 25 diametre nominale.

S-a realizat un studiu experimental pentru coeficientul de rezistență locală al vanelor sertar până cu DN 80 mm.

S-a prezentat influența tipului de îmbinare asupra valorilor coeficienților de rezistență locală, având în vedere că Hawle oferă mai multe tipuri de îmbinare de calitate față de varianta clasică folosind flanșe. Dacă în cazul variantelor cu flanșă și cu mufe BAIO au rezultat valori foarte apropiate, pentru cuplajul tip System 2000 au rezultat coeficienți cu o abatere medie de cca. 10% față de valorile aferente celorlalte tipuri de îmbinări.

Dacă diferențele dintre valorile coeficienților determinați experimental pentru diferitele tipuri de îmbinări pot fi considerate minore și neglijabile, se consideră că lipsa de acuratețe demonstrată în ceea ce privește valoarea coeficientului publicat de producător [22] pentru gama de diametre între 50 și 150 mm, și coeficientul mediu determinat în urma experimentelor proprii este semnificativă. Acest aspect subliniază nevoia utilizării unor coeficienți determinați pentru un produs concret cu același diametru nominal, în cazul în care se urmărește o evaluare cât mai precisă a pierderilor de sarcină locale cauzate de vane.

Analizând dependența coeficienților de rezistență față de gradele de deschidere parțială a vanelor sertar, s-a propus o formă generală a formulei de calcul a coeficientului de rezistență la vane sertar:

$$\zeta_{a/D} = \zeta_{1,0} \times C \times e^{\sigma \times (1 - \frac{a}{D})} \quad (29)$$

unde

$\zeta_{a/D}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent unei deschideri a/D ,

$\zeta_{1,0}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent deschiderii complete,

$\frac{a}{D}$ reprezintă gradul de deschidere (0 –complet închis, 1 – complet deschis),

iar coeficienții C și σ se determină pe baza rezultatelor experimentale.

Avantajul formei propuse este că oferă posibilitatea determinării valorilor aferente oricărei deschideri parțiale printr-un calcul rapid, fără să fie nevoie de utilizarea unor diagrame sau date tabelare, bazat numai pe coeficientul de rezistență locală determinată experimental pentru deschiderea completă.

S-a demonstrat că această formă de formulă este valabilă atât pentru coeficienții experimentali din literatura de specialitate [20, 23, 38], cât și pentru coeficienții determinați în cadrul prezentei cercetări.

Coeficienții C și σ trebuie determinați pentru fiecare tip de vană cu formă constructivă specifică. S-a demonstrat, că în cazul vanei produse de Hawle pentru aplicațiile cu apă uzată, vană cu corp asemănător vanelor sertar pană, dar cu element de închidere tip cuțit, variația coeficienților de rezistență aferenți diferitelor grade de deschidere este diferită atât de variația vanelor sertar pană, cât și de variația vanelor cuțit cu corp plat (variante constructivă clasică). Și în acest caz se poate aplica formula de forma generală (29), dar cu coeficienți determinați special pentru această formă constructivă a vanei.

În cadrul tezei s-a propus câte o formulă de calcul pentru următoarele tipuri de vane sertar:

1. Vana sertar pană:

$$\zeta_{\frac{a}{D}} = \zeta_{1,0} \times 0,92 \times e^{7,22 \times (1 - \frac{a}{D})} \quad (30)$$

2. Vana sertar cuțit (cu corp clasic, plat):

$$\zeta_{\frac{a}{D}} = \zeta_{1,0} \times 0,92 \times e^{7,22 \times (1 - \frac{a}{D})} \quad (31)$$

3. Vana sertar cuțit produs de Hawle (vană îngropată):

$$\zeta_{\frac{a}{D}} = \zeta_{1,0} \times 0,92 \times e^{7,22 \times (1 - \frac{a}{D})} \quad (32)$$

Pentru vana cuțit produsă de Hawle pentru sistemele de apă uzată sub presiune, varianta constructivă care poate fi montată și îngropată direct în pământ, în literatura de specialitate studiată nu s-au identificat date referitoare la pierderile de sarcină locale.

S-a determinat experimental coeficientul de rezistență locală pentru clapeta de sens cu clapetă DN 80 mm, varianta produsă de Hawle care teoretic poate fi folosită și pentru ape uzate, comparând rezultatul cu celelalte surse studiate [5-7, 9, 18, 20, 21, 24, 27]. De asemenea s-a realizat un studiu experimental pentru clapeta de sens cu bilă fabricată de Hawle, și s-au formulat recomandări privind aspectele de avut în vedere la evaluarea pierderilor de sarcină, cauzate de clapete de sens în funcție de tipul elementului de închidere al acestora.

135 Recomandări privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în cazul sistemelor hidroedilitare sub presiune

Menționăm, că pentru armăturile dedicate aplicațiilor de canalizare sub presiune, pentru care s-au realizat măsurători experimentale proprii (clapeta de sens cu bilă și vana cuțit cu formă constructivă atipică fabricate de Hawle), până la redactarea prezentei teze, nu existau alte rezultate experimentale publicate.

6.2 Recomandări privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în cazul sistemelor hidroedilitare sub presiune

Pe baza rezultatelor și a experienței dobândite, în cursul realizării prezentei cercetări, se prezintă următoarele recomandări, privind evaluarea experimentală a pierderilor de sarcină locale în cazul sistemelor hidroedilitare sub presiune:

- Având în vedere că la deschiderile complete rezultă coeficienți de rezistență locală cu valori foarte mici, este recomandat să se folosească aparate de măsură cu precizie mare, atât pentru măsurarea debitului (ideal ar fi cu două zecimale, în cazul unității de măsură m^3/h), cât și pentru măsurarea pierderilor de presiune (ideal ar fi cu două zecimale, în cazul unității de măsură mbar). Eficiența utilizării unui manometru diferențial de mare precizie, depinde foarte mult și de stabilitatea fluxului, deoarece la regimuri cu nr. Reynolds mai mari pot apărea oscilații mari la nivelul celei de-a doua zecimale.
- Din prima recomandare rezultă, că este indicat, ca pentru armăturile care produc pierderi de sarcină mai mari (cum este cazul clapetelor de sens cu bilă), să se utilizeze un manometru diferențial mai sensibil pentru regimuri cu număr Reynolds mai mici, respectiv manometru diferențial corespunzător acoperirii întregii arii de operare indicate de producător.
- Se va acorda o atenție deosebită dezaerării instalației, inclusiv a aparatelor de măsură.
- Pentru măsurarea pierderilor de presiune, se recomandă folosirea unor prize cu mai multe orificii, astfel încât aparatul să măsoare niște presiuni medii.
- La conceperea standului de măsură se va necesita precauție, astfel încât să se asigure că măsurătorile nu sunt influențate de piese de legătură sau armături nedorite.
- Ținând cont de efectul încălzirii pompei, temperatura fluidului vehiculat se va măsura în mod obligatoriu într-o conductă amplasată în apropierea tronsonului de calcul. De asemenea este recomandat, ca măsurătorile să se realizeze după un timp suficient de lung, în care încălzirea pompei poate ajunge la o temperatură relativ constantă (cu variație mult mai lentă).

Pe baza rezultatelor și a experienței dobândite în cursul realizării prezentei cercetări se prezintă următoarele recomandări privind evaluarea numerică a pierderilor de sarcină locale în cazul sistemelor hidroedilitare sub presiune:

- Pentru calcule cât mai precise, este recomandat, să se folosească coeficienți de rezistență locală determinați experimental, pentru produsul din teren/care urmează să se monteze.
- În cazul în care nu există date referitoare la produsul dorit, este recomandat, să se verifice coeficienții publicați de mai mulți producători.

Nu este recomandat să se folosească coeficienți publicați fără specificarea tipului exact de armătură și al diametrului.

- În cazul unor armături cu formă constructivă mai atipică, este foarte important, să existe date experimentale, fără care precizia evaluării rămâne incertă.
- În cazul clapetelor de sens cu bilă este important, să se cunoască viteza minimă necesară pentru deschiderea completă a armăturii. La alegerea coeficientului de calcul se va avea în vedere regimul de funcționare al tronsonului, pe care se montează clapeta de sens.

6.3 Recomandări pentru noi cercetări legate de evaluarea pierderilor de sarcină locale în cazul sistemelor hidroedilitare sub presiune

În vederea conformării României la cerințele Directivei Consiliului 91/271/CEE din 21 mai 1991 privind tratarea apelor urbane reziduale, cu modificările și completările ulterioare, și la cerințele de epurare a apelor uzate pentru aglomerări urbane cu mai mult de 2.000 de locuitori echivalenți, sunt foarte multe proiecte de realizare a rețelelor de canalizare pentru localități întregi, sau de extindere a rețelelor de canalizare existente, în vederea creșterii gradului de racordare a populației la sisteme centralizate de canalizare. În funcție de topologia amplasamentelor, dar și de nevoia conectării mai multor localități la stații de epurare comune pentru a putea optine parametri corespunzători la efluent, aceste proiecte presupun proiectarea și execuția numeroaselor stații de pompare ape uzate, inclusiv refulările aferente.

După cum s-a arătat și în prezenta lucrare, în documentațiile tehnice oferite de producători, dar și în literatura de specialitate în general, sunt foarte puține date referitoare la coeficienții de rezistență locală, aferente armăturilor specifice acestor obiective.

Având în vedere că pompele de apă uzată trebuie protejate împotriva lovturilor de berbec, majoritatea stațiilor de pompare sunt dotate cu clapete de sens, iar pe refulările lungi este recomandat să se monteze vane de secționare. În prezenta cercetare s-au realizat studii experimentale și comparative pentru armăturile amintite, subliniind importanța acestor studii pentru armăturile cu formă constructivă specială, cum ar fi vana cuțit concepută de Hawle astfel încât să se poată monta și îngropat direct în pământ (reducând astfel costurile de investiție). Deoarece în prezenta lucrare s-au studiat numai armături cu DN 80 mm, este recomandat, să se facă măsurători și pentru celelalte diametre (având în vedere că pentru armăturile studiate încă nu s-au publicat măsurători înainte de redactarea acestei teze). În cazul în care se confirmă formula propusă prin prezenta lucrare pentru calculul coeficienților aferente deschiderilor parțiale, ar fi de ajuns realizarea măsurătorilor numai pentru deschiderea completă.

În afară de determinarea coeficienților de rezistență locală, propunem și realizarea unor studii în vederea evaluării vâscozității apelor uzate menajere. Deși conform unor studii, vâscozitatea apelor uzate este de două - trei ori mai mare decât cea a apelor potabile [39], ar fi interesant de studiat, dacă există criterii justificate pentru aprecierea vâscozității apelor uzate menajere în funcție de tipul așezării omenești din care sunt colectate, deoarece conținutul apelor uzate poate depinde de nivelul de trai și sau de alte aspecte influențate de modul de viață al populației.

137 Recomandări pentru noi cercetări legate de evaluarea pierderilor de sarcină locale în cazul sistemelor hidroedilitare sub presiune

De asemenea recomandăm efectuarea unor măsurători pentru lichide cu încărcări de materiale solide în suspensie, în vederea studierii efectelor acestor încărcări asupra liniei energetice.

În ceea ce privește subiecte de cercetare legate de pierderile de sarcină locale cauzate de armături dedicate aplicațiilor cu apă potabilă, pornind din recomandările privind evaluarea pierderilor de sarcină, cauzate de ansambluri de armături și/sau obiecte de legătură, recomandăm realizarea unor studii, în vederea determinării distanțelor pe care se resimt turbulențele cauzate de aceste ansambluri, care pot influența precizia aparatelor de măsură montate pe rețelele de alimentare cu apă, în vederea monitărării sistemului de alimentare cu apă.

Anexe

Anexa A. Principalii parametri apă potabilă

Tabelul 125. Tabel cu principalii parametri ai apei potabile [41]

Temp. °C	Densitate ρ (kg/m ³)	Viscositate	
		dinamică μ (10 ⁻³ N s/m ²)	cinematică ν (10 ⁻⁶ m ² /s)
5	1000,0	1,5182	1,5182
6	999,9	1,4715	1,4716
7	999,9	1,4271	1,4272
8	999,9	1,3847	1,3849
9	999,8	1,3444	1,3447
10	999,7	1,3059	1,3063
11	999,6	1,2692	1,2696
12	999,5	1,2340	1,2347
13	999,4	1,2005	1,2012
14	999,2	1,1683	1,1692
15	999,1	1,1375	1,1386
16	998,9	1,1081	1,1092
17	998,8	1,0798	1,0811
18	998,6	1,0526	1,0541
19	998,4	1,0266	1,0282
20	998,2	1,0016	1,0034
21	998,0	0,9775	0,9795
22	997,8	0,9544	0,9565
23	997,5	0,9321	0,9344
24	997,3	0,9107	0,9131
25	997,0	0,8900	0,8926
26	996,8	0,8701	0,8729
27	996,5	0,8509	0,8539
28	996,2	0,8324	0,8355
29	995,9	0,8145	0,8178

Tabelul 126. Tabel cu principalii parametri ai apei potabile (continuare)

Temp. °C	Densitate ρ (kg/m ³)	Viscositate	
		dinamică μ (10 ⁻³ N s/m ²)	cinematică ν (10 ⁻⁶ m ² /s)
30	995,6	0,7972	0,8007
31	995,3	0,7805	0,7842
32	995,0	0,7644	0,7682
33	994,7	0,7488	0,7528
34	994,4	0,7337	0,7379
35	994,0	0,7191	0,7234
36	993,7	0,7050	0,7095
37	993,3	0,6913	0,6959
38	993,0	0,6780	0,6828
39	992,6	0,6652	0,6702
40	992,2	0,6527	0,6579

Anexa B. Analiza datelor publicate de AVK pentru vane sertar până cu diametre între 50 și 150 mm

Tabelul 127. Tabel valori ζ pentru vane sertar până DN50..150 mm până produse de AVK

DN	50	65	80	100	125	150	Media aritmetică
ζ	0,03	0,07	0,06	0,04	0,05	0,02	0,045

În Tabelul 127 sunt prezentate valorile coeficienților de rezistență locală publicate de AVK pentru gama de diametre 50..150 mm, diferența cea mai mare la nivelul valorilor individuale s-a identificat între diametrele DN 65 mm și DN 150 mm, iar diferența cea mai mare față de media aritmetică este în cazul DN 150 mm.

Pag.141 Anexa C. Proportionalitatea coeficienților de rezistență locală cu diametru diferit față de cel determinat experimental pentru un anumit diametru între 50 și 150 mm

Anexa C. Proportionalitatea coeficienților de rezistență locală cu diametru diferit față de cel determinat experimental pentru un anumit diametru între 50 și 150 mm

În Capitolul 2 a fost menționată formula (12) pentru aproximarea coeficientului de rezistență locală a unei armături fabricat de același producător, având aceeași variantă constructivă, dar pentru un diametru necunoscut, conform ghidului publicat de compania americană Crane nuclear [16]:

$$\zeta_a = \zeta_b \left(\frac{D_a}{D_b} \right)^4 \quad (12)$$

În ecuația (12) indicele "a" se referă la armătura al cărui coeficient de rezistență locală nu se cunoaște, iar indicele "b" se referă la armătura al cărui coeficient de rezistență locală a fost detrmnat experimental.

Tabelul 128. Tabel coeficient de corecție pentru ζ aferent gamei DN 50..150 mm

Diametru (")	2	2½	3	4	5	6
2	1,00	0,35	0,15	0,06	0,03	0,01
2½	2,86	1,00	0,44	0,18	0,07	0,04
3	6,55	2,29	1,00	0,41	0,17	0,08
4	16,00	5,60	2,44	1,00	0,41	0,20
5	39,06	13,68	5,96	2,44	1,00	0,48
6	81,00	28,36	12,36	5,06	2,07	1,00
Media aritmetică	24,412	8,547	3,725	1,526	0,625	0,301

În Tabelul 128 sunt prezentate valorile coeficienților de corecție $\left(\frac{D_a}{D_b} \right)^4$ din formula (12) propusă de Crane nuclear [16] pentru determinarea coeficienților de rezistență locală pe baza unei armături de același tip, dar cu diametru diferit. În tabelul amintit diametrele din partea stângă reprezintă valorile D_a , iar diametrele din capul de tabel reprezintă valorile D_b . În ultimul rând al tabelului s-au calculat coeficienții ce trebuie aplicați pentru determinarea unui coeficient de rezistență locală medie pentru gama de diametre DN 50..150 mm față de o valoare individuală cunoscută pentru un anumit diametru. Diametrele au fost trecute conform sistemului imperial de măsurare, ținând cont de sursa formulei (12).

Se observă că după această formulă între valorile ζ pot fi diferențe de până la 100 de ori (între DN 50 mm și DN 150 mm), iar între valorile ζ și media aritmetică pe gama de diametre DN 50..150 mm este de până la 24,4 ori (în cazul în care diametrul cunoscut este cel de 50 mm).

Anexa D. Poze despre instalația de testare și aparatura folosită

În această anexă sunt prezentate câteva poze despre instalația de testare prezentată la subcapitolul 3.3, respectiv poze despre armăturile studiate.

D1. Elementele instalației de testare



Figura 35. Vedere în ansamblu a instalației de testare

În Figura 35. se pot vedea rezervorul de apă, pompa de ridicare presiune, tronsonul de by-pass cu vana de control presiune văzută din spate, tronsonul de calcul delimitat de cele două prize cu patru orificii, armătura studiată în această poză este vana serrar până cu mufe tip BAIO. În colțul din stânga, jos se poate vedea manometrul diferențial, iar în stânga rezervorului se poate vedea debitmetrul electromagnetic montat pe un tronson cu diametrul redus la De 63 mm.



Figura 36. Rezervorul de apă și pompa de ridicare presiune

În Figura 36 se poate vedea rezervorul de apă (imaginea din stânga) cu cele două conducte de alimentare și conducta de aspirație a pompei din imaginea din dreapta. Rezervorul este dotat și cu o conductă de preaplin și cu un ștuț de golire care nu se văd în imaginile prezentate, aflându-se în zona din spatele rezervorului.



Figura 37. Clapeta de sens, filtrul Y, manometrul și ramificația pentru by-pass

În Figura 37 sunt prezentate echipamentele montate între rezervor și ramificația pentru by-pass: clapeta de sens (în poză se vede varianta cu bilă, dar aceasta a fost montată numai până s-au realizat măsurătorile pentru varianta cu clapetă), filtrul Y, și manometrul. În poza din stânga se vede și un echipament de dezaerisire.

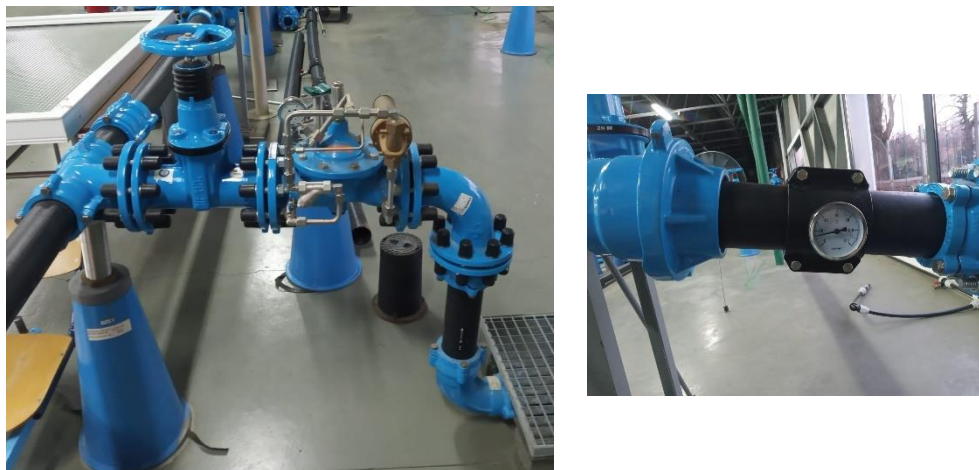


Figura 38. Vana de control presiune și termometrul axial

În Figura 38 în imaginea din stânga se poate vedea vana de control presiune montată pe conducta by-pass, iar imaginea din dreapta arată termometrul axial montat pe un tronson de conductă între tronsonul de calcul și zona debitmetrului.



Figura 39. Debitmetrul electromagnetic montat pe un tronson cu diametru redus

În Figura 39 se vede debitmetrul electromagnetic DN 50 mm, montat respectând indicațiile producătorului.

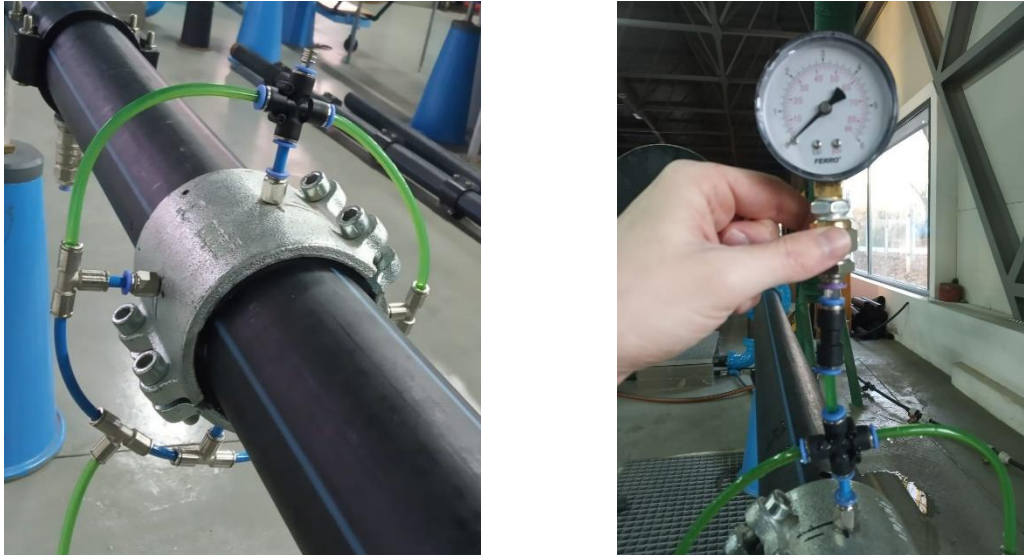


Figura 40. Priza cu 4 orificii și cu manometrul montat

În Figura 40 se vede priza cu 4 orificii confecționat în vederea realizării măsurătorilor pe baza unor presiuni medii pe secțiunile de calcul. Priza a fost prevăzută cu un dop pentru dezaerisire, iar în loc de dop la priza din amonte se poate monta și un manometru radial.



Figura 41. Manometrul diferențial utilizat

În Figura 41 se vede manometrul diferențial montat sub nivelul tronsonului de calcul. Manometrul a fost prevăzut cu o alimentare "cu trei vane", conform indicațiilor producătorului.

D2. Armăturile studiate



Figura 42. Vanele sertar pană studiate

În Figura 42 se văd vanele sertar pană dedicate aplicațiilor cu apă potabilă. În poza din stânga se vede varianta cu flanșă, în mijloc varianta cu mufe BAIO și în dreapta varianta cu cuplaj System 2000.

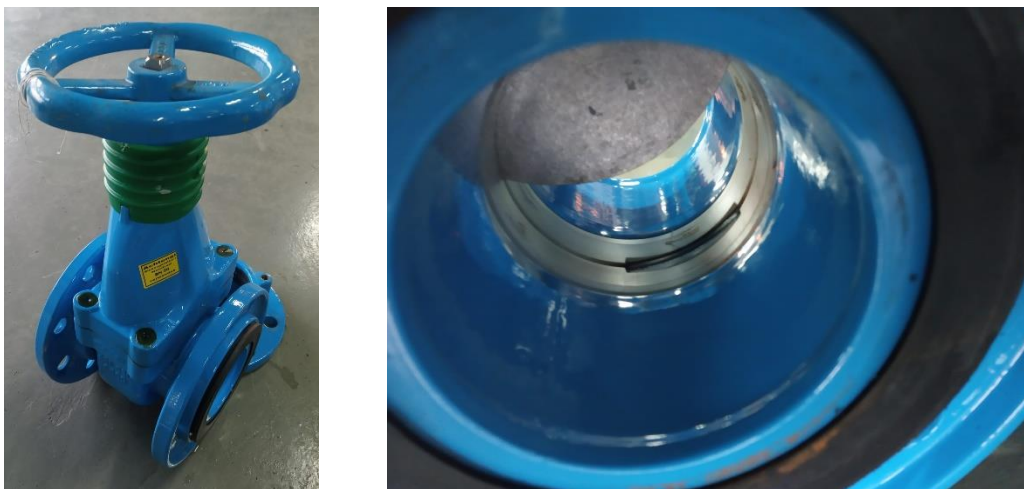


Figura 43. Vanele sertar cuțit studiat. Detaliu element de închidere

În Figura 43 se vede vana cuțit care poate fi montată și îngropată direct în pământ. Se pot observa elementele constructive prevăzute pentru asigurarea unei etanșeități mai bune.

Pag.147 Anexa D. Poze despre instalația de testare și aparatura folosită



Figura 44. Vanele sertar pană secționată

În Figura 44 se vede elementul de închidere a vanei sertar pană, și se poate observa că față de vana prezentată în Figura 41, la acest model nu este nevoie de elemente care modifică planeitatea părții de jos a secțiunii transversale.



Figura 45. Clapetă de sens cu clapetă

În Figura 45 se vede clapeta de sens care poate fi utilizat atât pentru sisteme de apă potabilă, cât și pentru sisteme de canalizare. Poza din dreapta arată elementul de închidere în poziție aproape închisă. Clapeta de sens cu bilă a fost arătată în Figura 35.

D3. Poză tronson de calcul pentru studiul zonei pe care se produc turbulențe în aval



Figura 46. Tronson de calcul pentru studiul zonei pe care se produc turbulențe în aval

În Figura 46 se văd prizele cu un singur orificiu folosite pentru studiul experimental prezentat la subcapitolul 4.1.

Bibliografie

- [1] *** Plan de implementare pentru directiva 98/83/CE
- [2] *** Plan de implementare pentru directiva 91/271/CEE
- [3] *** Program Operational Infrastructura Mare, Versiunea 1.3, CCI 2014RO16M1OP001
- [4] Cioc, D.: Hidraulică, Editura: Didactică și Pedagogică, 1983
- [5] David, I., Hidraulica Vol. I+II, UPT, 1994
- [6] White, Franck M., Fluid mechanics – 7th ed., McGraw-Hill, USA, 2011
- [7] Çengel, Yunus A., Fluid mechanics: Fundamentals and applications, McGraw-Hill, USA, 2006
- [8] Hager, Willi H., Wastewater Hydraulics – 2nd ed., Springer, 2010, ISBN 978-3642113826
- [9] Miller, Donald S., Internal flow systems – 2nd ed., British Hydromechanics Research Association, United Kingdom, 1990
- [10] Marossy, Zs., David, I., Vișescu, M., Ștefănescu, C., A review of hydraulic aspects and calculation methods of local head losses focussing on gate valves and check valves, SGEM Conference Proceedings, Vol. 3.1, Pag. 11-18, 2018, ISBN 978-6197408423
- [11] Spurk, Joseph H., Aksel, Nuri, Fluid Mechanics – 2nd ed., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 2008
- [12] Fresh Water and Seawater Properties, 26th ITTC Specialist Committee on Uncertainty Analysis, 2011
- [13] *** SR EN 1267, Aparate de robinetărie - Încercarea de rezistență la curgere utilizând apa ca fluid de încercare, ed. 2, 2012
- [14] Zeiter, Patrik, Korrekte Ermittlung von Zeta-Werten: Einwandfreie Dimensionierung von Trinkwasser-Installationen, GWA (Zürich), 2010
- [15] McDonough, J. M., Lectures in elementary fluid dynamics: Physics, Mathematics and Applications – 5th ed., Mechanical Engineering Textbook Gallery, USA, 2009
- [16] Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipes. Metric Edition-SI Units, Technical Paper No. 410M, Crane Co., USA, 1982
- [17] Skousen, Philip L., Valve handbook, McGraw-Hill, USA, 1997
- [18] Smith, P., R. W. Zappe, Valve Selection Handbook: Engineering Fundamentals for Selecting the Right Valve Design for Every Industrial Flow Application – 5th ed., Elsevier Science & Technology, USA, 2004
- [19] Mateescu, Cristea, Hidraulica, Ed. de stat didactică și pedagogică București, Romania, 1961
- [20] Idel'chik, I. E., Handbook of hydraulic resistance, IPST, Izrael, 1966
- [21] Larock, Bruce E., Jeppson, Roland W., Watters, Gary Z., Hydraulics of pipeline systems, CRC Press LLC, USA, 1999
- [22] Hardee, Ray, Understand How Valves & Fittings Affect Head Loss, McGraw-Hill, www.pumpsandsystems.com, 2015
- [23] *** Appendix 6 Flow, Kv values and zeta values for gate valves, resilient- and metal seated, www.avkvalves.eu, Technical information – gate valves, 2020
- [24] Hawle Water Catalogue, 2022, HAW-400-A5-EN
- [25] General Engineering Data, Crane nuclear, www.cranenuclear.com, 2013, NU-SEC8-BU-EN-LT-CN-2013_08
- [26] *** Hawle-Wastewater Catalogue, 2022, HAW-402-EN
- [27] *** Technical information for swing check valves with bare shaft, www.avkvalves.eu, Technical information – check valves, 2016

- [28] *** Technical information for ball check valves, horizontal installation, www.avkvalves.eu, Technical information – check valves, 2017
- [29] *** SR EN 60534-2-3, Robinete de reglare a proceselor industriale. Partea 2-3: Capacitate de curgere. Proceduri de încercare, 2016
- [30] Safta, C. A., Cazacu, M. D., Băran, Ghe., Stand pentru determinarea coeficienților de debit și de cavitație la robinete cu diametre maxime de 600 mm, A patra cinferință a hidroenergeticienilor din România, Dorin Pavel, 2004
- [31] Lansford, Wallace M., Loss of head in flow of fluids through various types of one-and-one-half-inch valves, University of Illinois Urbana, USA, 1943
- [32] Marossy, Zs., David, I., Vișescu, M., Beilicci, R., Design of a hydraulic test stand for experimental study of local head loss in valves, SGEM Conference Proceedings, Vol. 3.1, Pag. 187-197, 2018, ISBN 978-6197408423
- [33] *** Manual EN 3.05 Version 2102, MagFlux Series electromagnetic flowmeter, mjk, 2021
- [34] *** Technical Information Deltabar S PMD75, FMD77, FMD78 Differential pressure measurement, Endress+Hauser
- [35] *** Instrucțiuni de montaj și exploatare Wilo-IL/-DL/-BL, Wilo, 2010
- [36] *** <https://www.hawle.ro/produse/infos/product-group/404-00/>
- [37] *** <https://www.hawle.ro/produse/infos/product-group/482-00/>
- [38] *** Datasheet Erhard ERU K1 knife gate valve - <https://www.erhard.de/>
- [39] Ying Xu, Yuebin Wu, Qiang Sun - Flow Characteristics of the Raw Sewage for the Design of Sewage-Source Heat Pump Systems, Hindawi Publishing Corporation, The Scientific World Journal, Vol. 2014, Article ID 503624, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/503624>
- [40] David, I., Man, T.E., Brenninger, H.J., Wagner, R., Goșan, C., Răcelescu, R., Hydraulic Test and Exhibition Stand for Hawle Valves in the Modeling Hall of the Faculty of Hydrotechnics in Timisoara, Buletinul Științific al Universității "POLITEHNICA" din Timișoara, Seria Hidrotehnica, Transactions on Hydrotechnics, Tom 55(69), Fascicola 1, 2010
- [41] *** <https://wiki.anton-paar.com/en/water/>