



## DEFORMAREA TUBURILOR DIN POLIETILENĂ (PE) ÎN PROCESUL DE EXPLOATARE

Ion IONET<sup>1</sup>  
Ion ȘARAGOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamentul Alimentații cu Căldură, Apă, Gaze și Protecția Mediului, Facultatea Urbanism și Arhitectură, Universitatea Tehnică a Moldovei, mun. Chișinău, Republica Moldova

**ABSTRACT.** The article describes a case study that took place during the construction of a Polyethylene pipe adduction with a nominal pressure of 6 to 12.5 bar, due to uneven terrain. After the completion of the work and the positive hydraulic tests, the intake remained filled with water, at a pressure below the working one. Until it was put into operation, it was discovered that the intake was without water and on one section the pipe was deformed. Deformation occurred due to intake/leakage/emptying of water from the pipe in the absence of air access through the vent valve at point CA 5, the highest point of the pipe, where the absolute pressure dropped to values close to zero.

In order to determine the possibilities of restoring the deformed pipe, laboratory tests were carried out on samples of Polyethylene pipes with a length of 3.0 m having SDR 26 PN 6 values with diameters between 110 mm and 160 mm, which at the first stage were subjected to mechanical deformations, and in the second stage, they were subjected to hydraulic loads.

As a result of tests of Dn 110 tubes; Mr. 125; Dn160 mm at the test pressure values from 0 bar, up to the maximum admissible value of the working pressure of 6 bar, with the interval of 1 bar, with each time measuring the dimensions of the tube in the deformation zone at the temperature above 130C showed that they can be restored.

### Introducere

Aducțiunea "A" a fost proiectată pentru asigurarea cu apă a terenurilor agricole (irigare) a câtorva localități din nordul Republicii. Pentru construcția aducțiunii s-au utilizat tuburi din Polietilenă (PE 100 cu presiunea nominală de lucru de la 6 la 12,5 bari, dat faptului că terenul pe care aceasta este poziționată este destul de denivelat, diferența de cote este de peste 80 m.

La finalizarea lucrărilor de construcție aducțiunea a fost supusă testărilor hidraulice, conform cerințelor normativelor în vigoare / Snip/ la presiunea de încercare (P<sub>inc</sub>) mai mare cu 30% față de presiunea de lucru (P<sub>l</sub>), adică, P<sub>inc</sub> = 1,3 P<sub>l</sub>, la care s-au obținut rezultate pozitive. După terminarea lucrărilor de testare, aducțiunea a rămas umplută cu apă la o presiune sub cea de lucru.

Pe parcursul a peste 3 ani, care au durat până la punerea în funcțiune a întregului sistem de alimentare cu apă (Stații de captare, pompare, tratare), în urma unor investigații pe teren, s-a depistat că aducțiunea este goală și cu atât mai mult, pe un tronson al aducțiunii, într-un cămin amplasat în zona cu cea mai înaltă cotă, tubul din PE este deformat.

### 1. Analiza proiectului și documentarea tronsonului conductei

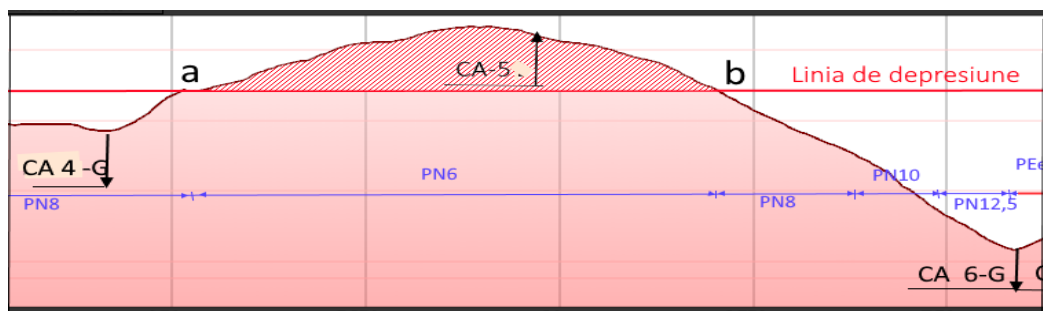
În urma analizei proiectului de execuție a aducțiunii "A" cu diametrul de 400 mm, pe sectorul dintre punctele 5 și 6 sunt prevăzute 5 zone în care sunt montate tuburi din PE cu valoarea PN cuprinsă între 12,5 și 6 bar. Tuburile cu presiunea de lucru PN 12,5 sunt montate în zonele cele mai joase, fiindcă presiunea de lucru este mai mare, iar tuburile cu presiunea PN 6 sunt montate în zonele cele mai înalte, unde presiunea de lucru este mai mică (Fig. 1).

Din profilul terenului aducțiunii se observă că avem o zonă de vârf, unde în punctul cu cota maximă este prevăzut un cămin (CA5) în care este montat un teu din oțel, pe care în plan vertical



este amplasată o vană cu clapetă de aerisire (Foto. 2) și două zone cu cote minime în care sunt prevăzute 2 cămine cu vane de golire CA4 și CA6. În vecinătatea căminului CA 5 mai este un cămin fără armături, prin care conducta trece tranzit (cămin tranzit), în care tubul este complet deformat (Foto. 3), rolul căruia nu se cunoaște.

La controlul vanelor din căminele respective s-a depistat că vana din fața clapetei (CA 5) era închisă și la deschiderea ei se aspira forțat aer, ceea ce indică faptul că în aducțiune s-a format vacuum, iar ambele vane din căminele de golire erau închise. Puncte posibile de preluare/golire sau scurgere a apei din conductă sunt punctele cu cotele cele mai joase, adică căminele CA4 și CA6.



**Figura 1. Profilul tronsonului de aducțiune cu amplasamentul căminelor și valorilor tubului**

În timpul scurgerii apei din conductă în lipsa accesului aerului prin supapa de aerisire în punctul CA 5, cel mai ridicat punct al conductei, presiunea scade până la presiunea barometrică locală, apoi presiunea absolută în acest punct continuă să scadă, ajungând la valori apropiate de zero. Aceasta duce la apariția unei diferențe de presiune de o atmosferă care provoacă deformarea plastică a conductei. Lungimea porțiunii de conductă poate fi determinată trasând linia piezometrică pe profilul longitudinal al conductei, punctele a și b (Fig. 1).

Anume și preluarea/golirea sau scurgerea apei din aducțiune prin punctele CA 4 și/sau CA 6, la o presiune de peste 8 bar, având vana din fața clapetei închise (CA 5), ce nu a permis accesul aerului în conductă, a cauzat formarea vidului (vacuumului) în aceasta, ceea ce a dus la deformarea conductei în zona de vârf.

În cazul unor avarii pe conducă, din cauza lipsei supapei de aerisire, care trebuie instalată în punctul superior al conductei (sau a defectării ei) în conductă apare o presiune care poate provoca deformarea plastică (turtirea) conductei. Deformarea plastică a conductei are loc din cauza pierderii stabilității [1]

Forța presiunii atmosferice, la care învelișul/pereteii conductei își pierd stabilitatea depinde de modulul de elasticitate al materialului conductei, diametrul ei ( $D_n$ ) și grosimea peretelui ( $h$ ).



**Foto 2. CA 5. Cămin cu vană și clapetă de aerisire**



**Foto 3. Tub deformat în cămin**

## 2. Calculul învelișului la stabilitate



În calculul unui înveliș cilindric solicitat de presiunea exterioară P se determină cu relația:

$$P_{cr} = \frac{E}{4(1-\mu^2)} * \left(\frac{h}{R}\right)^3 \quad (1)$$

în care: E – modulul de elasticitate ( pentru polietilenă PE 100, E = 900 MPa);  
 $\mu$  – coeficientul lui Poisson, 0,3;  
 h- grosimea peretelui, m;  
 R - raza inițială a învelișului, m;  
 n – numărul de valuri.

Aplatizarea/turtirea învelișului are loc la o sarcină exterioară uniformă critică. Prin aceasta învelișul își pierde forma inițială regulată (Fig. 4) și formează câteva valuri.

Presiunea critică poate avea câteva valori care produc diferite deformări ale formei secțiunii transversale ale învelișului.

Pentru conductele din PE cu raza de secțiunii  $R_1 = 0,200$  mm, presiunea critică constituie:

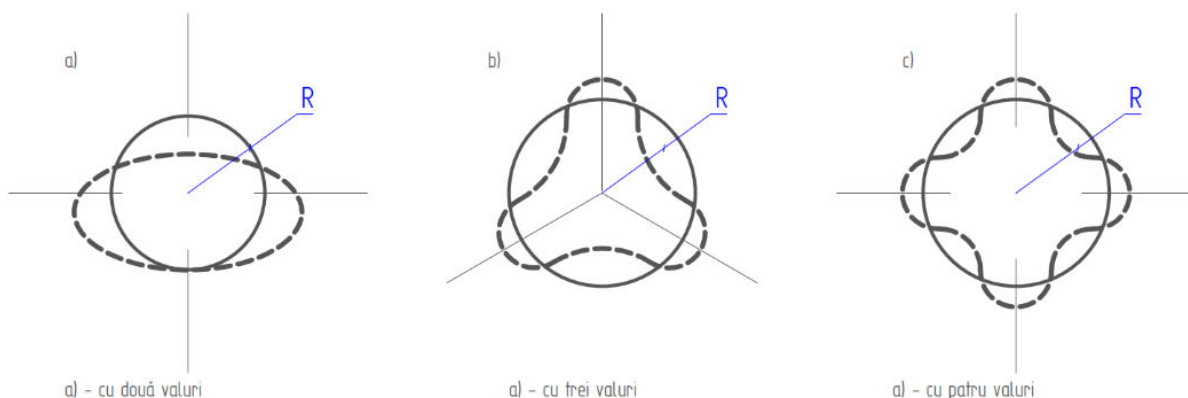
$$P_{cr} = \frac{E}{4(1-\mu^2)} * \left(\frac{h}{R}\right)^3 = \frac{900}{4(1-0,2^2)} * \left(\frac{15,3}{200}\right)^3 = 101749 \text{ Pa}$$

În cazul unor avarii pe conductă , din cauza lipsei supapei de aerisire, care trebuie instalată în punctul superior al conductei (sau a defectării ei) în conductă apare o presiune care poate provoca deformarea plastică (turtirea) conductei. Forța presiunii atmosferice depinde de valoarea ei, de diametrul conductei ( $D_n$ ) și lungimea ei (L). Această forță se calculează cu relația:

$$F = P_{at} \frac{\pi d^2}{4} * L \quad (2)$$

Pentru un tub din polietilenă cu diametrul de 400 mm , forța presiunii atmosferice va constitui:

$$F = P_{at} \frac{\pi d^2}{4} * L = 10^5 * \frac{3,14(0,4)^2}{4} * 1,0 = 10^5 * 0,875 * 0,16 * 1,0 = 12560 \text{ kg F/m. l.} = 12,5 \text{ T/m. l.}$$



**Figura 4. Scheme de turtire a învelișului tubului**

Pentru analiza situației pe teren privind gradul de deformare a conductei s-au efectuat lucrări de săpătură pentru descoperirea conductei în zona căminului CA 5. Datorită faptului că starea conductei în "căminul de tranzit" din vecinătatea CA5 este destul de puternic deformată, descoperirea conductei s-a executat la distanța de 190 m de la cămin (CA5+190 m). Rezultatele descoperirii au indicat că conducta are deformație la partea superioară în valoare de ~10-15%.





Alte săpături la distanță mai mare de la căminul A 51 nu s-au efectuat, dat faptului că cotele terenului cad cu 2 m la distanța de numai 100 m de la punctul anterior.

A doua săpătură din zona căminului A 51 s-a executat la distanța de 190 m până la cămin (A51-190 m), ca rezultat s-a determinat că conducta este deformată destul de puternic, cu adâncitură la mijloc, având forma de covată, vizual, pereții la mijloc se contopesc (Foto.5), iar solul scos din tranșeu de pe suprafața conductei este destul de compactat și are forma ocupată de golul conductei (Foto. 6), din care putem trage concluzia că pământul a ocupat locul gol al conductei aflându-se în stare proaspătă/afânată, iar golirea aducțiunii a avut loc într-o perioadă scurtă după testările hidraulice, când pământul era în stare afânată.

În timpul scurgerii apei din conductă în lipsa accesului aerului prin supapa de aerisire în punctul A, cel mai ridicat punct al conductei, presiunea scade până la presiunea barometrică locală, apoi presiunea absolută în acest punct continuă să scadă, ajungând la valori apropiate de zero. Aceasta conduce la apariția unei diferențe de presiune de o atmosferă care provoacă deformarea plastică a conductei. Lungimea porțiunii de conductă poate fi determinată trasând linia piezometrică pe profilul longitudinal al conductei.

### 3. Testări de laborator privind deformarea și restabilirea formei tubului din PE

Pentru determinarea posibilităților de restabilire a conductei deformate s-au efectuat teste de laborator pe mostre de tuburi din Polietilenă cu lungime de 3,0 m având valorile SDR 26 PN 6 cu diametrele DN 110 mm, 125 mm și 160 mm.

La fiecare mostră de tub au fost sudate câte două capăt flanșă cu flanșe liberă la care s-a montat câte o flanșă oarbă în care s-a sudat câte un ștuț cu filet cu Dn 1/2”, pe care s-a înșurubat câte un robinet.



Foto. 5. Tub deformat în săpătură



Foto 6. Vedere, pământ scos de pe suprafața tubului

Mostrele au fost supuse deformării mecanice cu ajutorul Presei Hidraulice ”II-10”, cu forța de presare de 100 KN. Fiecare mostră de tub s-a deformat mecanic pe o lungime a câte 1 m la distanța de 1m din ambele capete, în plan orizontal și vertical.

Pentru încercări preliminare s-a adoptat o mostră de tub Dn 110 mm PN 6 cu lungimea de 1,2 m, care a fost supusă deformării mecanice prin presare peste o bucată de țevă din oțel cu diametrul 50 mm, astfel încât să obținem o deformare sub formă de covată, analogică cu cea din teren. După deformare, peste 30 min, tubul și-a pierdut forma de covată și a ocupat o formă



ovală, tinzând spre forma inițială. Așadar, tuburile din polietilenă au ”memorie”/proprietate de a tinde spre forma inițială după deformare.

Toate trei mostre de tuburi au fost supuse deformărilor mecanice în același mod și pregătite pentru următoarea etapă de testări (Foto. 7 și 8).

A doua etapă a testărilor a avut drept scop încercarea de restabilire a formei inițiale a tuburilor deformate prin umplerea cu apă și ridicarea treptată a presiunii în tuburile deformate, până când acesta își vor recăpăta forma inițială sau se vor apropia de forma inițială, cu măsurarea dimensiunilor (lățimii și înălțimii) deformării cu ajutorul unui echer care îmbăcându-l pe tub, în locul deformării, putem determina simultan ambele dimensiuni (Foto. 9).

Ridicarea presiunii s-a realizat cu ajutorul pompei hidraulice de testări instalații Foto. 10) cu forța hidraulică de 40 bari, iar valoarea presiunii a fost măsurată cu ajutorul manometrelor cu valoarea max. de 10 bari, montate pe robinete, amplasate în ambele capete ale tubului supus testării hidraulice. Valorile presiunii de testare au fost adoptate de la 0 bari până la valoarea maximă admisibilă a presiunii de lucru de 6 bari, cu intervalul de 1 bar cu măsurarea de fiecare dată a dimensiunilor tubului în zona deformării.



Foto 7. Deformarea mecanică a tuburilor



Foto 8. Tuburi deformate mecanic

În Tabelul 4 sunt prezentate rezultatele testărilor hidraulice numai pentru tubul Dn 110 mm la valorile presiunii de încercare 1-6 bari, temperatura mediului fiind de 13-15<sup>0</sup>C.

Tabelul 1

Valoarea presiunii de încercare și dimensiunile tubului Dn 110 mm deformat

P, bar		0	1	2	3	4	5	6
Valoarea deformării, mm	h	130	124	120	119	117	114	112
	b	97	102	106	106	107	108	108

După cum se vede din datele obținute în urma testărilor de laborator tubul cu Dn 110 mm poate să-și revine aproape de forma inițială (91%) la presiunea de 4 bari. Mărirea presiunii până la 6 bari nu aduce tubul la forma circulară, dat faptului că acesta (Dn 110 mm) are o mică ovalitate din uzină. Devierea de 9 % de la forma circulară nu reduce debitul și capacitatea de transport a apei prin conductă.





**Foto 9. Măsurarea dimensiunilor tubului deformat**



**Foto 10. Restabilirea formei tubului cu pompa hidraulică**

#### 4. Concluzii și recomandări:

1. În rezultatul testărilor tuburilor Dn 110; Dn 125; Dn160 mm la valorile presiunii de încercare de la 0 bar până la valoarea maximă admisibilă a presiunii de lucru de 6 bari, cu intervalul de 1 bar, cu măsurarea de fiecare dată a dimensiunilor tubului în zona deformării la temperatura peste 13<sup>0</sup>C arată ca acestea pot fi restabilite;
2. Este de menționat, că teste de restabilire au fost executate pe tuburi proaspăt deformate. Pentru conducta care s-a aflat în stare deformată pe parcursul a 2-3 ani, elasticitatea tubului PE se schimbă și pot apărea devieri la restabilirea acesteia, față de teste de laborator.
3. Pentru menținerea formei circulare obținute în urma presării hidraulice, se recomandă ca tuburile să fie menținute sub presiune cel puțin 24 ore;

#### Bibliografie:

- [1] Socolov V.I. Osnovî rasciota i konstruirovania detalei i uzlov pișevogo oborudovania. Editura Mașinostroenie. Moscova 1970;
- [2] SNiP 2.04.02.-85. Vodosnabjenie. Naruđițe seti i soorujenia. Editura Stroiizdat. Moscova 1985;
- [3] SNiP 3.05.04.-85. Naruđnîe seti i soorujenia vodosnabjenia i canalizații. Editura Stroiizdat Moscova 1985;
- [4] Descriere tehnică pentru țevi din polietilenă rigidă (HDPE). Editura Uponor. Budapesta