

MINISTERUL EDUCATIEI NATIONALE
UNIVERSITATEA TEHNICA DE CONSTRUCTII BUCURESTI
Facultatea de HIDROTEHNICA
Departamentul de Inginerie Hidrotehnica

Ing. Mihail-Adrian Munteanu

**REABILITAREA RETELELOR DE
CANALIZARE PRIN CAPTUSIRE
INTERIOARA**

- REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT -

Conducator de doctorat
Prof.dr.ing. Gabriel RACOVITEANU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI
TECHNICAL UNIVERSITY OF CIVIL ENGINEERING
OF BUCHAREST

Bd. LACUL TEI 124 * Sect. 2 RO-72302 * Bucharest 38 ROMÂNIA
Tel. :+40-1-242.12.08, Tel./Fax:+40-1-242.07.81

RECTORAT

Nr. *6458/31.07.2014*

Domnului/Doamnei,

.....
.....

Vă facem cunoscut că în ziua de **26.09.2014**, ora **10,00** în **Sala II-7, Facultatea de Hidrotehnică, Bdul. Lacul Tei nr. 122-124, sector 2**, va avea loc susținerea tezei de doctorat cu titlul: **„Reabilitarea rețelilor de canalizare prin căptușire interioară”**, elaborată de studentul doctorand ing. **MUNTEANU A. Mihail-Adrian**, în domeniul fundamental **“Științe ingineresti”**, domeniul de doctorat **“Inginerie civilă”**, cu următoarea componență :

	Grad didactic, nume, prenume	Instituția
Președinte	prof.univ.dr.ing. Ioan BICA	Decan - Facultatea de Hidrotehnică a Universității Tehnice de Construcții București
Conducător științific	prof.univ.dr.ing. Gabriel RACOVÎTEANU	Facultatea de Hidrotehnică a Universității Tehnice de Construcții București
Referenți oficiali	prof.univ.dr.ing. Marin SANDU	Facultatea de Hidrotehnică a Universității Tehnice de Construcții București
	prof.univ.dr.ing. Ioan MIREL	Universitatea Politehnica “Traian Vuia” din Timișoara
	prof.univ.dr.ing. Dan ROBESCU	Universitatea Politehnica din București

Vă trimitem rezumatul tezei de doctorat, cu rugămintea de a ne comunica în scris, în două exemplare, aprecierile și observațiile dumneavoastră până la data de **19.09.2014**, pe adresa **ȘCOLII DOCTORALE a Universității Tehnice de Construcții București, din Bdul. Lacul Tei nr. 122 - 124, sector 2, București.**

Vă invităm cu acest prilej să participați la susținerea publică a tezei de doctorat.

RECTOR,

Prof.univ.dr.ing. Iohan NEUNER



SECRETAR ȘEF UNIVERSITATE

Prof.univ.dr.ing. Laurențiu RECE

CUPRINS

1	Introducere.....	5
2	Elemente de dimensionare hidraulica a retelelor de canalizare	8
2.1.1	Calculul hidraulic al canalelor.....	8
2.2	Cantitati de apa evacuate in retelele de canalizare	14
2.2.1	Calculul debitelor de ape uzate menajere.....	14
2.2.2	Determinarea debitului de calcul al apelor meteorice.....	15
2.3	Elemente impuse in dimensionarea hidraulica.....	16
3	Elemente de calcul de rezistenta a canalelor	18
3.1	Calculul static si de rezistenta al canalelor.....	18
3.1.1	Sarcini fundamentale.....	18
3.1.2	Sarcini accidentale.....	20
3.1.3	Calculul static al sectiunilor	21
3.2	Calculul conductelor pentru impingerea cu scut	22
3.3	Comportarea retelelor de canalizare.....	22
3.3.1	Comportarea retelelor de canalizare la actiunile din exploatarea normala.....	22
3.3.2	Comportarea structurilor ingropate la actiunea seismica.....	23
4	Comportarea colectoarelor de canalizare la actiunea apelor uzate	25
4.1	Aspecte generale ale agresivitatii apei asupra betonului.....	25
4.2	Coroziunea cauzata de apa uzata industriala.....	27
4.3	Ape admise in reseaua de canalizare	27
4.3.1	Calitatea apelor descarcate in retelele de canalizare	27
5	Metode moderne de reabilitare a conductelor de canalizare	29
5.1	Umplerea golurilor prin injectii la interior si exterior.....	29
5.2	Reparatii localizate – re-formarea conductei.....	29
5.3	Camasuirea conductei.....	30
5.4	Inlocuirea conductei	31
5.5	Excavarea si inlocuirea conductei	32
5.6	Executia canalizarilor fara transee deschisa.....	32

5.7	Tehnologia de executie prin impingere cu scut.....	32
6	Reabilitarea canalizarilor prin metoda camasuirii interioare - Studiu de caz	33
6.1	Criterii privind alegerea metodei de reabilitare.....	33
6.1.1	Alegerea metodei de reabilitare pe baza conditiilor existente ale conductei 34	
6.1.2	Alegerea metodei de reabilitare in 6 pasi	34
6.2	Metodologia utilizata pentru executarea lucrarilor de reabilitare prin camasuire interioara a conductei de evacuare SE Focsani	35
6.2.1	Analiza economico-financiara pentru selectarea metodei de reabilitare ..	37
6.3	Desfasurarea procesului de lucru.....	38
6.3.1	Lucrari pregatitoare pentru conducta	38
6.3.2	Pregatirea adezivului poliesteric si tubului flexibil.....	39
6.3.3	Montarea tubului flexibil in interiorul conductei vechi prin procedeul de camasuire interioara	40
6.3.4	Lucrari finale	40
6.3.5	Durata lucrarilor	41
6.3.6	Materiale utilizate.....	41
6.3.7	Proprietati ale conductei reabilitate.....	42
6.4	Implementarea metodologiei la colectorul de evacuare a SE Focsani.....	42
6.5	Avantajele aplicarii metodei.....	45
7	Concluzii.....	47
7.1	Continutul lucrarii.....	47
7.2	Elemente originale ale lucrarii.....	49
7.3	Dezvoltari viitoare	50
	Bibliografie selectiva.....	52

LISTA DE TABELE

Tabel 6.1. Alegerea metodei de reabilitare in 6 pasi [48].....	34
Tabel 6.2. Costuri de investitie si operare ale optiunilor analizate.	37
Tabel 6.3. Valoare neta actualizata (perioada de operare 20 ani) pentru optiunile analizate.	38

LISTA DE FIGURI

Figura 2.1. Mișcarea uniformă cu suprafața liberă: a–profil în lungul curgerii; b–profil transversal.	10
Figura 2.2. Energia specifică a secțiunii [3].	10
Figura 2.3. Elementele saltului hidraulic [3].	13
Figura 3.1. Canal așezat la adâncime mai mică decât diametrul exterior.	19
Figura 3.2. Tipuri de rețineră a canalelor – a) axială; b) poligonale; c) orizontală.	21
Figura 6.1. Imagini de la inspecția finală a colectorului reabilitat [62].	44

1 Introducere

Problemele rețelilor edilitare urbane nu sunt presante numai în România, ele constituie factor de analiză tehnico-stiințifică și managerială la nivel mondial și estimările arată că o soluție globală nu se întrevăde, foarte probabil că soluțiile particulare adaptate condițiilor locale vor fi cele viabile.

Orice subiect care se referă la rețele edilitare urbane este în același timp obiectiv, complex și cu grad de dificultate ridicat deoarece rețelele urbane:

- reprezintă interfata cu utilizatorii, aceștia fiind cei care judecă performanța;
- fac parte din ansamblul urban și sunt dependente de toate celelalte funcțiuni urbanistice;
- se dezvoltă odată cu centrele urbane și poartă amprenta cunoștințelor și tehnicilor momentului; acest element conduce la dificultăți suplimentare în exploatarea și întreținerea pe termen lung a sistemelor.

În România, necesarul de rețele care să asigure serviciul public de alimentare cu apă potabilă și colectare a apelor uzate este foarte mare, de aceea orice abordare tehnică în direcțiile cunoașterii rețelilor este necesară obiectiv dacă aduce și date și elemente suplimentare de cunoaștere.

Întreaga legislație, atât cea a U.E. cât și cea românească pune în evidență necesitatea:

- asigurării apei potabile prin sisteme publice controlate;
- asigurarea colectării apelor uzate pentru eliminarea principalului factor de risc privind sănătatea umană.

Tehnica actuală oferă o mare varietate de materiale și mijloace de protecție pentru conductele care alcatuiesc rețelele subterane pozate în centre urbane.

Decizia privind alegerea unui anumit material, mijloc de protecție sau metodă de reabilitare trebuie să se bazeze pe un studiu pertinent al costurilor față de performanțele scontate, urmărind obținerea unui raport optim cost/performanță. Privind aceste aspecte, se consideră util ca analizele tehnico-economice de alegere a materialelor să se bazeze pe evaluarea unor criterii de performanță.

Se consideră relevante următoarele caracteristici, analizate independent sau în combinație:

- caracteristici și proprietăți fizico-mecanice;
- caracteristici constructiv-dimensionale;

- rezistentă structurală;
- procedee de îmbinare;
- cerințe pentru instalare;
- cerințe pentru întreținere și reparații;
- durată de viață și siguranță în exploatare;
- satisfacerea cerințelor igienico-sanitare;
- costul produsului.

Dezvoltarea accelerată din ultimele două decenii a materialelor pentru conducte și sistemelor de conducte pentru transportul fluidelor face din alegerea lor o problemă complexă.

Utilizatorii se confruntă cu o gamă vastă de opțiuni și implicit cu o multitudine de argumente și contra-argumente pentru variatele alternative ale beneficiarilor și respectiv concurenței.

Determinată de necesitatea de a asigura finanțarea unor noi investiții în infrastructură, alegerea materialelor trebuie să se facă sistematic pe baza atât a unor criterii tehnice cât și a unor analize economice corespunzătoare.

Materialele conductelor pentru transportul și distribuția fluidelor pot fi clasificate, în general, în trei tipuri generice: de tip ciment, metalic sau plastic. În aceste categorii sunt disponibile o gamă largă de materiale pentru conductele sub presiune și astfel de materiale sunt indicate în proporții diferite în toate țările lumii.

Fiecare din aceste materiale are propriile sale avantaje tehnice, dar poate avea, de asemenea, limite tehnice și/sau economice. Tocmai aceste limite conduc la dezvoltarea de noi materiale și tehnici în domeniul conductelor (ex. instalarea conductelor fără săpătură).

În special problemele coroziunii și scăderii rezistențelor mecanice în timp rezultate din experiența de până acum au stimulat căutarea continuă a unor materiale cu caracteristici tehnice mai bune, care să fie totodată acceptabile din punct de vedere economic.

Durabilitatea scontată a sistemului poate influența limitele utilizării stabilite pentru materiale speciale.

În țările dezvoltate stabilitatea sistemului pe termen lung și întreținerea minimă reprezintă adesea scopuri în sine. Politica economică pe termen scurt și necesitatea urgentă a unei infrastructuri de bază pot fi în țările în curs de dezvoltare, factori cu mult mai semnificativi.

Daca limitele de utilizare au fost identificate si stabilite pentru optiunile de materiale de luat in considerare, are loc dezvoltarea unei strategii a utilizarii in cinci etape dupa cum urmeaza:

Etapa 1 - Dezvoltarea unui set corespunzator de reguli de selectie bazate in exclusivitate pe consideratii tehnice (conditii de operare curente, conditii de mediu);

Etapa 2 - Rationalizarea optiunilor de materiale folosind regulile etapei 1 si conditiile operationale curente/potentiale, impreuna cu factori precum necesitati de instruire operativa, disponibilitatea echipamentului de instalare;

Etapa 3 - Compararea costurilor alternativelor disponibile prin intocmirea unor estimari de costuri pentru fiecare schema propusa;

Etapa 4 - Definirea strategiei de utilizare a materialelor preferate;

Etapa 5 - Implementarea strategiei adoptate si monitorizarea in vederea imbunatatirii procedurii, dupa cum este necesar.

Dezvoltarea strategiei de utilizare a materialelor si metodelor de implementare a investitiilor pentru conducte trebuie sa constituie o parte a unei abordari integrate a domeniului retelelor subterane corelat cu obtinerea fondurilor prin gospodarirea resurselor, dezvoltare tehnica, rationalizare si standardizare.

2 Elemente de dimensionare hidraulica a retelelor de canalizare

Proiectarea retelei de canalizare comporta o serie de operatii a caror complexitate depinde de marimea canalului, natura terenului, conditiile de executie.

Dupa stabilirea traseului, operatii de deosebita importanta sunt calculul hidraulic si static al retelei, pentru care trebuie avute in vedere o serie de caracteristici ale miscarii apei uzate in canale, precum si conditiile necesare unei bune functionari a retelei.

2.1.1 Calculul hidraulic al canalelor

Formulele pentru calculul canalelor in miscare uniforma sunt cele in care se inlocuieste panta hidraulica cu panta radierului. Formula lui Chezy devine:

$$Q = A \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (2.1)$$

sau:

$$Q = K_0 \cdot \sqrt{i} \quad (2.2)$$

in care K_0 este modulul de debit:

$$K_0 = A \cdot C \cdot \sqrt{R} \quad (2.3)$$

La calculul hidraulic al canalelor apar urmatoarele probleme [1]:

- *Calculul debitului Q* , cand se cunosc: h_0 , i , n si elementele sectiunii transversale.
- *Calculul pantei*. Cunosute fiind Q , h_0 , n si forma sectiunii transversale; se efectueaza prin metoda grafica denumita cheie limnimetrica $Q_i = f(h_i)$; corespunzator debitului Q se determina h_0 .

Viteze admisibile

La proiectarea canalelor trebuie avut grija ca viteza in canal sa aiba valori cuprinse intre doua limite:

- limita superioara, numita viteza maxima admisibila, este impusa de capacitatea materialului din care este executat canalul de a rezista la actiunea de eroziune a curentului de apa. Depasirea acestei limite are ca efect degradarea canalului;

- limita inferioara este viteza minima admisibila. Ea reprezinta viteza limita la care particulele solide transportate in suspensie incep sa se depuna. Daca apa contine material solid in suspensie, functionarea canalului cu viteze mai mici decat viteza minima admisibila conduce la colmatarea acestuia. Viteza minima admisibila depinde de caracteristicile materialului solid transportat.

Coeficientul de rugozitate

Rugozitatea albiei se exprima prin coeficientul de rugozitate relativa n .

La canalele cu sectiune compusa coeficientul de rugozitate nu este constant pe tot conturul perimetral. In acest caz, in calcule se introduce un coeficient mediu de rugozitate, calculat ca o medie ponderata:

$$n = \frac{\sum n_i \cdot P_i}{P} \quad (2.4)$$

in care: n_i este rugozitatea aferenta perimetrului P_i , iar P este perimetrul udat ($P = \sum P_i$)

2.1.1.1 Regimuri de miscare

La un curent cu suprafata libera in miscare uniforma, in regim permanent ($Q = \text{constant}$) (Figura 2.1), sarcina hidrodinamica intr-o sectiune oarecare, fata de un plan de referinta, arbitrar ales, se scrie [1]:

$$H = z_0 + h + \frac{v^2}{2g} \quad (2.5)$$

Sarcina hidrodinamica H depinde de z_0 , adica de pozitia planului de referinta; cand planul de referinta este radierul canalului:

$$H_A = h + \frac{\alpha \cdot Q^2}{2gA^2} \quad (2.6)$$

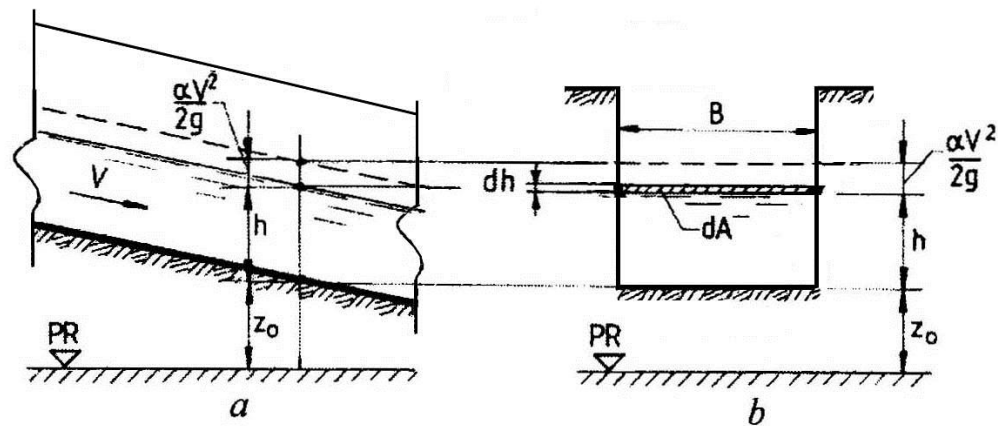


Figura 2.1. Mișcarea uniformă cu suprafața liberă: a–profil în lungul curgerii; b–profil transversal.

Energia specifică a secțiunii are un minim, $(H_A)_{\min}$, punctul C. Adâncimea corespunzătoare energiei specifice minime poartă numele de *adâncime critică* și se notează cu h_{cr} .

Un curent cu $h_1 > h_{cr}$ se afla în *regim lent de mișcare* – ramura superioară a curbei $H = f(h)$.

Dacă $h = h_{cr}$, mișcarea este în *regim critic*; $h_1 < h_{cr}$ – *regim rapid*;

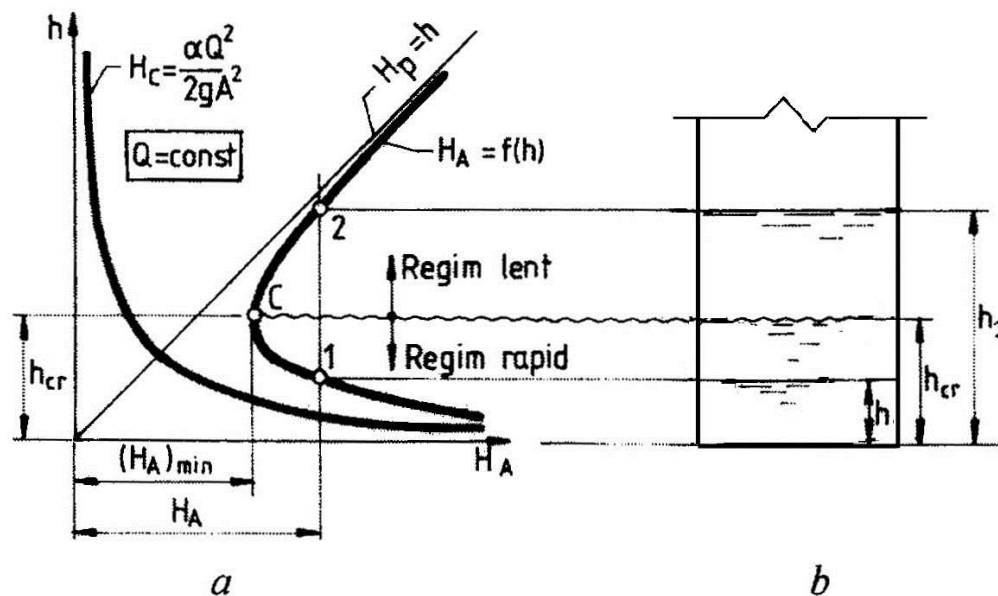


Figura 2.2. Energia specifică a secțiunii [3].

2.1.1.2 Recunoasterea regimului de miscare

a) Criteriul adancimii

Adancimea curentului reprezinta un criteriu de recunoastere a regimului de miscare:

- daca $h > h_{cr}$, regimul de miscare este lent;
- daca $h = h_{cr}$, regimul de miscare este critic;
- daca $h < h_{cr}$, regimul de miscare este rapid.

Adancimea critica se poate obtine din graficul energiei specifice a sectiunii sau prin calcul, punand conditia de minim a energiei specifice a sectiunii, adica anuland derivata relatiei in raport cu h :

$$\frac{dH_A}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{dA}{dh} \quad (2.7)$$

Pentru sectiuni dretunghiulare, calculul adancimii critice se poate face direct:

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}} \quad (2.8)$$

b) Criteriul Froude

Numarul Froude pentru $\alpha = 1$ Froude se scrie:

$$Fr = \frac{Q^2}{g} \frac{B}{A^3} = \frac{V^2}{gh_m} \quad (2.9)$$

in care $h_m = A/B$ este adancimea medie.

$$\frac{dH_A}{dh} = 1 - Fr \quad (2.10)$$

Regimul de miscare critic este determinat de $Fr=1$.

Comparand valoarea numarului Fr cu valoarea 1 se poate recunoaste regimul de miscare, astfel:

- daca $Fr < 1$, regimul de miscare este lent;
- daca $Fr = 1$, regimul de miscare este critic;
- daca $Fr > 1$, regimul de miscare este rapid.

c) Criteriul pantei

Miscarea in regim critic apare la o panta critica i_{cr} , pentru care se obtine $Fr=1$, $v=v_{cr}$, $h=h_{cr}$. Panta critica se calculeaza cu relatia de mai jos, in care se introduc marimi corespunzatoare adancimii critice:

$$i_{cr} = \frac{Q^2}{A_{cr}^2 C_{cr}^2 R_{cr}^2} = \frac{Q^2}{K_{cr}^2} \quad (2.11)$$

Regimul de miscare se stabileste astfel:

- daca $i < i_{cr}$, regimul de miscare este lent;
- daca $i = i_{cr}$, regimul de miscare este critic;
- daca $i > i_{cr}$, regimul de miscare este rapid.

Se numesc *canale lente* la care regimul de miscare este lent si *canale rapide* acele canale la care regimul de miscare este rapid.

2.1.1.3 Miscarea neuniforma gradual variata

In general miscarea apei in canale este neuniforma. Modificarile de sectiune sau de traseu se transmit asupra caracteristicilor curgerii pe distante lungi provocand modificari ale nivelului.

Problema care intereseaza la miscarile gradual variate este determinarea suprafetei libere a apei in lungul traseului curgerii.

2.1.1.4 Miscarea neuniforma rapid variata

2.1.1.4.1 Salt hidraulic

Este o forma speciala de racordare a curbei suprafetei libere la trecerea de la regimul rapid de miscare la regimul lent. Miscarea prezinta o neuniformitate mare, fiind caracterizata printr-o crestere rapida a adancimilor si o modificare importanta a distributiei vitezelor.

Un salt hidraulic este schematizat in Figura 2.3 [3]. Curentul in miscare rapida este generat de curgerea pe sub stavila amplasata pe un canal lent ($i < i_{cr}$). In aval de stavila miscarea este lenta ($h_0 > h_{cr}$).

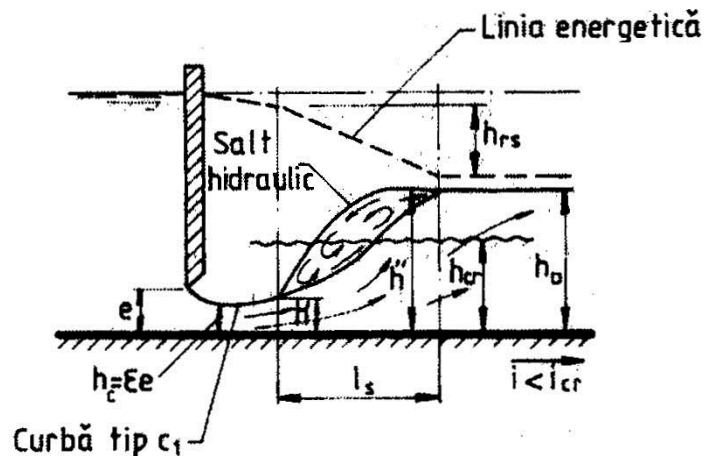


Figura 2.3. Elementele saltului hidraulic [3].

Elementele principale ale saltului hidraulic sunt:

h' – adancimea de intrare in salt;

h'' – adancimea de iesire din salt;

$h''-h'$ – inaltimea saltului;

l_s – lungimea saltului;

h_{rs} – pierderi de sarcina in salt.

Adancimile h' si h'' se numesc *adancimi conjugate*.

Saltul hidraulic este intalnit in aval de caminele de rupere de panta, deversoare amplasate pe canale lente si la trecerea de la un canal rapid la un canal lent.

2.2 Cantitati de apa evacuate in retelele de canalizare

Apele evacuate prin retea pot fi clasificate astfel:

- ape uzate menajere - provenite din apa utilizata pentru satisfacerea necesarului casnic de apa;
- ape uzate publice - provenite din institutii publice (scoli, spitale, teatre, fantani publice) dupa utilizarea lor pentru mentinerea igienei spatiului respectiv;
- ape uzate industriale - provenite de la sectiile industriale, industria mica sau mari unitati industriale, amplasate distinct sau in cadrul localitatii respective (pot fi numai ape uzate menajere de la grupurile sanitare ale complexului, ape rezultate din tehnologia de fabricatie sau amestec al acestora);
- ape meteorice - colectate pe suprafata amenajata si care ajung in reseaua de canalizare; provin din apele de precipitatii (cele mai importante ca debite), sau ape din topirea zapezii.

Apele uzate menajere evacuate in reseaua de canalizare au debitul egal cu cantitatea de apa asigurata beneficiarului prin sistemul de alimentare cu apa. Se determina conform SR 1846/1-2006 [4].

2.2.1 Calculul debitelor de ape uzate menajere

Debitele de ape uzate menajere caracteristice (debitul zilnic mediu, debitul zilnic maxim si debitul orar maxim) care se evacueaza in reseaua de canalizare Q_u se calculeaza cu relatia [5]:

$$Q_u = \alpha \times Q_s, [\text{m}^3/\text{zi}, \text{m}^3/\text{h}] \quad (2.12)$$

In care:

Q_s - debitul de apa de alimentare caracteristic (zilnic mediu, zilnic maxim si orar maxim) ale cerintei de apa, in m^3/zi sau m^3/h ;

α - coeficient = 0.9 – 1.05 – tine seama ca o parte din apa de alimentare se infiltreaza (spatii verzi, alte utilizari) sau apar alte cantitati de apa din activitatile agentilor economici;

Retelele de canalizare pentru ape uzate nu indeplinesc rolul de retele de drenaj a apelor subterane din localitati.

Retelele de canalizare noi sau reabilitate trebuie sa fie proiectate etanse (fara exfiltratii sau infiltratii).

Pentru retelele de canalizare existente, executate din tuburi de beton imbinate neetans, debitele de ape subterane care se infiltreaza la reseaua de canalizare se determina cu relatia:

$$Q_{inf} = \frac{q_{inf} \cdot L \cdot D}{1000}, [m^3/zi] \quad (2.13)$$

In care :

q_{inf} - debitul specific infiltrat in dm^3/m , variind intre (25 si 50) dm^3/m de colector si metru de diametru si zi , in functie de amplasarea colectorului;

L - lungimea colectorului in m;

D - diametrul colectorului in m.

2.2.2 Determinarea debitului de calcul al apelor meteorice

Problemele stabilirii cantitatilor de ape din ploi si topirea zapezilor preluate de sistemul de canalizare sunt complexe datorita urmatoarelor elemente:

- cunostintele despre ploile brute nu sunt direct exploatabile, pentru ca numai partial precipitatiile participa la curgere;
- intervin numeroase caracteristici hidrologice, meteorologice si geomorfologice in sistem, impuse de mediul urban.

2.2.2.1 Metoda aplicata in România

Are la baza metoda rationala si curbele IDF elaborate de Institutul National de Meteorologie si Hidrologie (I.N.M.H.) pentru toate zonele teritoriului tarii [12].

Pentru o suprafata (bazin) data, pozitionata intr-o zona punctiforma din tara, cu o importanta precizata din punct de vedere al gradului de asigurare a constructiilor debitul apelor pluviale se calculeaza cu expresia [13], [14]:

$$Q = 10^{-3} \cdot m \cdot S \cdot \phi \cdot i [m^3/s] \quad (2.14)$$

unde:

m – coeficientul de întârziere (reducere) a ploii care tine seama de capacitatea retelei de acumulare a unor volume de apa intre inceputul ploii si umplerea acestora;

S – aria bazinului de canalizare (ha);

i – intensitatea ploii de calcul (normata) in l/ s, ha;

ϕ - coeficient de scurgere.

2.3 Elemente impuse in dimensionarea hidraulica

Dimensionarea hidraulica a retelei de canalizare comporta: stabilirea topologiei generale a retelei; a punctelor de intrare a apei uzate in retea; punctele obligate; amplasamentul statiei de epurare; etapele de dezvoltare ale retelei; sectiunile de calcul ale colectoarelor; alegerea tipului de material.

Conditiiile de baza de dimensionare hidraulica care trebuie respectate sunt [5], [13], [14]:

- gradul de umplere - se alege pe baza diametrelor;
- viteza de autocurative - se adopta minim 0,7 m/s, pentru a se evita depunerile suspensiilor in retea;
- panta colectorului - pentru a se realiza viteza de autocurative;
- panta minima constructiva se adopta 1‰;
- viteza maxima de curgere a apei uzate se adopta max. 8 m/s pentru conducte de otel si 5 m/s pentru tuburi din beton, beton armat, beton precomprimat, gresie ceramica, azbociment, PVC, materiale plastice.

Debitul de ape uzate nu este constant in timp si se pot produce descompuneri ale substantelor organice cu degajari de gaze, sectiunea canalelor se dimensioneaza astfel incat sa nu se realizeze umplerea completa.

Pentru a evita depunerea materialului aflat in suspensie in apa de canalizare si colmatarea rapida cu namol, trebuie adoptata o asemenea panta a colectorului incat viteza efectiva de curgere sa fie cel putin egala cu viteza de autocurative a carei valoare este 0,7 m/s.

In scopul protejarii materialului de constructie a canalelor impotriva efectului de eroziune al suspensiilor din apa se recomanda ca viteza maxima de curgere a apei sa nu depaseasca valoarea de 8 m/s pentru conducte metalice si 5 m/s pentru alte materiale.

Se stabileste adancimea minima pe care trebuie sa o aiba retea de canalizare drept cea mai mare valoare din urmatoarele conditii:

- conditia de protectie la solicitarea din trafic; tuburile prefabricate curent trebuie ingropate astfel incat deasupra boltii superioare a tubului sa existe un strat de umplutura de minimum 80 cm;
- conditia de protectie la solicitarea din inghet-dezghet ; pentru a nu solicita tuburile la un grad mare de rezistenta la inghet-dezghet se recomanda, functie de zona de executie a retelei, adancimea peste creasta cel putin egala cu adancimea de inghet ;
- conditia de racordare a tuturor retelelor interioare la canalizare; pentru cladirile fara subsol este necesara o adancime de 100...120 cm, iar pentru cladiri cu subsol, care au puncte de productie a apei uzate, adancimea minima este de 200...250 cm; pentru blocuri cu doua sau mai multe subsoluri dotate cu instalatii de apa si canalizare se recurge in general la pomparea acesteia in reseaua de canalizare si nu la ingroparea excesiva a retelei de canalizare.

3 Elemente de calcul de rezistenta a canalelor

3.1 *Calculul static si de rezistenta al canalelor*

In cadrul calculului static si de rezistenta al canalelor se stabilesc solicitarile la care sunt supuse elementele de constructie, necesare dimensionarii de rezistenta.

Profilul transversal al canalelor si dimensiunile peretilor se determina in functie de sarcinile care actioneaza asupra lor si de rezistenta admisibila a materialelor din care se executa. Sarcinile care actioneaza asupra canalelor se impart in doua categorii: fundamentale si accidentale.

3.1.1 Sarcini fundamentale

Sarcinile fundamentale se impart in:

- sarcini permanente: greutatea proprie a canalului, greutatea pamantului de umplutura de deasupra canalului, impingerea pamantului fara suprasarcini, presiunea interioara si exterioara a apei si greutatea apei din canal;
- suprasarcini: greutatea oamenilor, a vehiculelor care circula pe arterele sub care se gaseste canalul, precum si greutatea materialelor depozitate temporar pe traseul canalelor.

Greutatea proprie a canalelor se determina pe baza dimensiunilor apreciate initial ale peretilor, boltilor si radierului, tinand seama de greutatea specifica a materialului din care se executa canalul [15].

Greutatea pamantului de umplutura de deasupra canalului consta din:

1. presiunea verticala a pamantului G_1 care actioneaza asupra canalelor ingropate in transee. Considerand ca se executa o compactare buna a umpluturii din transee, aceasta se calculeaza cu relatia:

$$G_1 = C \cdot \gamma \cdot H \cdot \frac{B_t + D_{ext}}{2} \text{ [daN/m]} \quad (3.1)$$

in care:

C – este un coeficient care depinde de raportul H/B ;

γ – greutatea specifica aparenta a terenului de umplutura, [daN/m³];

H – adancimea de asezare a crestei canalului fata de nivelul terenului, [m];

B_t – latimea transeei la nivelul crestei canalului, [m];

D_{ext} – diametrul exterior al canalului, [m];

B – latimea transeei, [m].

2. presiunea verticala a pamantului G_2 asupra canalelor executate in ramblee, care se calculeaza cu relatia:

$$G_2 = C_1 \cdot \gamma \cdot H \cdot D_{ext} \text{ [daN/m]} \quad (3.2)$$

in care:

C_1 – este un coeficient care depinde de raportul H/D_{ext} .

Pentru canalele cu diametrul exterior peste 1 m, asezat la o adancime mai mica decat diametrul exterior, trebuie sa se tina seama si de greutatea suplimentara G_3 a pamantului din spatiile boltii superioare, care se calculeaza cu relatia [15]:

$$G_3 = 0,1075 \cdot \gamma \cdot D_{ext}^2 \text{ [daN/m]} \quad (3.3)$$

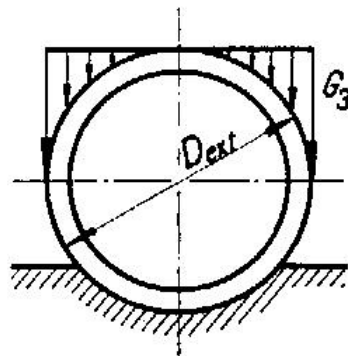


Figura 3.1. Canal asezat la adancime mai mica decat diametrul exterior.

Sarcinile fundamentale – suprasarcini, care se iau in considerare la calculul static al sectiunilor canalelor sunt:

- sarcinile rezultate din depozitarea pe teren a diferitelor materiale in lungul traseului canalului;
- sarcinile mobile maxime rezultate din convoaiele care servesc pentru calculul podurilor de cale ferata (normale si industriale);

- sarcinile mobile maxime care servesc pentru calculul podurilor de sosea, pasarelelor, etc.

Pentru canalele a caror parte superioara (creasta) este situata la o adancime mai mare decat latimea proiectiei orizontale a sectiunii transversale a canalului, se poate considera ca presiunea unitara p_z este repartizata uniform pe intreaga latime a proiectiei orizontale a canalului.

In aceste conditii presiunea verticala G_4 rezulta din relatia:

$$G_4 = f \cdot p_z \cdot D_{ext} [\text{daN/m}] \quad (3.4)$$

in care f este coeficientul dinamic ale carui valori se determina astfel:

- pentru autovehicule $f = 1 + \frac{0,3}{H}$, in care $H \geq 0,5$ m este adancimea crestei canalului, [m];
- pentru vehicule de cale ferata si piste pentru aerodromuri $f = 1 + \frac{0,6}{H}$, in care $H \geq 0,5$ m este adancimea crestei canalului, [m];
- pentru vehicule pe senile $f = 1$.

Cand aceste conditii nu se realizeaza, se va tine cont de repartizarea reala a presiunilor asupra canalului.

Pentru calculul canalelor situate sub cai de comunicatii, pentru un convoi de calcul, presiunea verticala totala G_4' se poate calcula cu relatia:

$$G_4' = f \cdot C_2 \cdot P \quad (3.5)$$

in care:

f – coeficient dinamic;

C_2 – coeficient care depinde de adancimea H , a crestei canalului si de latimea D_{ext} a acestuia;

P – sarcina concentrata pe roata osiei celei mai incarcate, a celui mai greu vehicul din convoiul de calcul (vehicul supraincarcat), la care se calculeaza.

3.1.2 Sarcini accidentale

Sarcinile accidentale iau nastere in urma punerii sub presiune a canalelor. Verificarea rezistentei canalelor se face la o presiune de 0,6 atm, aceasta sarcina

considerandu-se accidentala in cazul punerii sub presiune a canalului la ploi torentiale.

3.1.3 Calculul static al sectiunilor

Cu ajutorul sarcinilor evaluate ca mai sus se calculeaza momentele si fortele normale la nastere, cheie, la 45° si la radier, folosindu-se metodele obisnuite. Pentru determinarea acestor eforturi va trebui in prealabil sa se stabileasca modul de rezemare a canalului. Se iau in considerare trei feluri de rezemari: axiale, poligonale si orizontale.

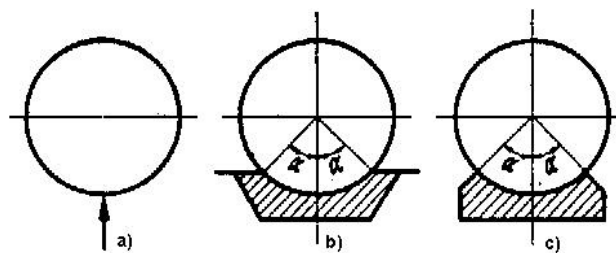


Figura 3.2. Tipuri de rezemare a canalelor – a) axiala; b) poligonale; c) orizontala.

Rezemarea axiala este cea mai dezavantajoasa, deoarece produce eforturile cele mai mari. Ea trebuie corectata prin realizarea unui pat de rezemare corespunzator sau la canalele pe piloti, prin prevederea a cel putin doua randuri de piloti. In terenuri stancoase, varfurile neamenajate ar putea sa formeze reazeme la distante mari, care ar solicita canalul la incovoiere si de aceea trebuie prevazut un pat de nisip (0,10-0,15 m).

Rezemarea poligonală (curba, circulara) este avantajoasa indeosebi pentru tuburile circulare sau clopot.

Rezemarea orizontala este recomandabila pentru terenurile mai slabe si la dimensiuni nu prea mari ale canalului.

Pentru diferitele tipuri de rezemare, tratatele de specialitate dau tabele pentru calculul momentelor si fortelor normale, in functie de coeficientii corespunzatori diferitelor feluri de incarcari.

Verificarea rezistentelor in sectiune se va face cu relatia:

$$\sigma_a = \frac{N}{A} \pm \alpha \frac{M}{W} [\text{daN/m}^2] \quad (3.6)$$

in care:

N – forta normala in sectiune, [daN];

M – momentul in sectiune, [daN·cm];

A – suprafata sectiunii, [cm²];

α – coeficient (de obicei 0,6);

W – modulul de rezistenta, [cm³].

Rezistentele admisibile pentru sectiuni de beton sau beton armat nu vor depasi pe cele prevazute in standardele in vigoare.

3.2 Calculul conductelor pentru impingerea cu scut

Peformanta solicitata pentru conductele de impingere trebuie sa fie calculata pentru diferite influente ale exploatarei ulterioare, precum si pentru diferite circumstante ce pot sa apara pe perioada de executie.

Eforturile structurale si dinamice ce rezulta din incarcarile din trafic ale conductelor, precum si actiunile dinamice in caz de cutremure sunt discutate in sectiunile urmatoare.

Aria de aplicatie cuprinde conducte cu sectiune transversala circulara din beton armat, otel, azbociment si argila vitrifiata care sunt presate sau impinse prin metoda de instalare a conductelor fara sapatura cu deplasare a solului prin impingere sau forare cu traiectorii rectilinii sau curbe, in pamanturi coezive sau necoezive [16].

3.3 Comportarea retelelor de canalizare

3.3.1 Comportarea retelelor de canalizare la actiunile din exploatarea normala

In exploatarea normala acest gen de structuri sunt solicitate la o serie de actiuni statice ca: greutatea proprie, presiunea verticala a pamantului, impingerea activa a pamantului, presiunea hidrostatica precum si actiuni cu caracter dinamic provenite din circulatia mijloacelor de transport sau in cazul in care se pompeaza din presiunea hidrodinamica rezultata ca urmare a modificarii bruste sau foarte rapide a regimului de curgere al apei (lovitura de berbec).

Comportarea structurii la actiunile din exploatarea normala este influentata in principal de modul de interactiune al structurii cu patul de fundare si pamantul de umplutura [18].

Stabilirea categoriei de comportare se poate face in functie de o marime adimensionala, denumita indice de flexibilitate.

In functie de valoarea indicelui de flexibilitate, radierele se incadreaza in una din urmatoarele categorii de comportare:

- radiere rigide daca $I_{fc} < 1$;
- radiere semirigide daca $1 \leq I_{fc} \leq 10$;
- radiere flexibile daca $I_{fc} > 10$.

Stabilirea categoriei de comportare a conductelor cu sectiune circulara are o mare importanta pentru definirea cat mai corecta a modelelor de calcul si determinarii unei stari de eforturi si deformatii cat mai apropiata de starea reala.

Odata stabilita categoria de comportare se pot dezvolta modele de calcul diferite pentru calculul starii de eforturi si deformatii. De asemenea criteriile de verificare si dimensionare din conditii de rezistenta si stabilitate sunt mai usor de aplicat functie de categoria de comportare intrucat:

- la conductele rigide dimensionarea rezulta practic din conditia de rezistenta, conditia de stabilitate fiind indeplinita;
- la conductele flexibile dimensionarea rezulta din conditia de stabilitate in timp ce pentru conductele semirigide trebuie efectuate ambele verificari.

3.3.2 Comportarea structurilor ingropate la actiunea seismica

Avariile lucrarilor subterane sunt provocate de un complex de fenomene fizice care insotesc miscarea seismica, ca: desprinderi, ruperi, lunecari, prabusiri in masivul de pamant, dar si de modificarea starii de eforturi si deformatii in masiv precum si de distorsiunile care apar in campul acestora, determinate de prezenta lucrarilor subterane [18].

Avariile provocate de miscarea seismica pot fi grupate in doua mari categorii:

- forfecari si lunecari in masivul de pamant;
- degradari de natura tectonica.

Sensibilitatea lor la actiunea seismica se datoreaza faptului ca ele se desfasoara pe zone extinse, cu o varietate mare a caracteristicilor fizico-mecanice ale terenurilor in care sunt amplasate si in general in terenuri relativ slabe.

Gradul de vulnerabilitate ridicat al acestui gen de lucrari a condus la adoptarea unor strategii specifice privind protectia acestor structuri la actiunea seismica.

O prima strategie porneste de la conceptul admiterii oricaror tipuri de avarii, cu conditia ca ele sa nu puna in pericol vietii omenesti.

Această strategie are din păcate numeroși susținători, existând părerea că nu este posibil și nu ar fi economic să se prevină avariile care pot surveni în timpul unui cutremur puternic.

A doua strategie, mai rațională, are la bază conceptul admiterii unor avarii controlate, care să nu conducă la scoaterea totală din funcțiune a sistemului de alimentare cu apă și canalizare, cu condiția că, costurile necesare pentru remedierea avariilor produse de cutremure să nu depășească costul inițial al investiției necesare prevenirii acestor avarii.

În general, lucrările subterane de transport al apei trebuie concepute după geometrii simple, simetrice, cu distribuții uniforme ale maselor și rigidităților, atât în secțiune transversală cât și longitudinală, deoarece în zonele cu modificări bruște de masă sau rigiditate sunt posibile concentrări de eforturi precum și apariția unor momente de torsiune importante.

De asemenea, trebuie acordată o atenție deosebită asigurării uniformității compactării în lungul traseului pentru a evita eforturile suplimentare din țări diferite.

4 Comportarea colectoarelor de canalizare la actiunea apelor uzate

Problemele comportarii retelelor de canalizare urbane la actiunea apelor uzate (amestec de ape uzate menajere si ape uzate industriale partial epurate) sunt complexe si agravate de o serie de factori care in sinteza pot fi definiti in urmatoarele:

- conceptul constructiv al retelelor de canalizare a fost total deficitar: executie din tuburi de beton simplu prefabricate cu rosturi la 1.0 m; in putine cazuri colectoarele principale si generale au fost protejate luand in considerare dilutia;
- dezvoltarea industriala pana in 1989 a avut ca obiect fundamental productia fara analiza factorilor de mediu; practic toate statiile de pre-epurare ale agentilor economici sunt deficitare;
- nu a existat si nu s-a aplicat conceptul de risc in filosofia retelelor de canalizare; exploatarea si intretinerea retelelor de canalizare s-a efectuat cu dificultati, lipsa de utilaje, materiale si specialisti;
- s-a considerat totdeauna ca apele uzate urbane nu sunt agresive.

4.1 Aspecte generale ale agresivitatii apei asupra betonului

Efectele distructive ale apei agresive asupra betonului depind de o serie de factori [19] cum ar fi:

- tipul de ciment utilizat si proprietatile sale fizico-chimice;
- calitatea agregatelor betonului, proprietatile fizico-chimice si granulometrice;
- metoda folosita pentru prepararea betonului, raportul apa/ ciment, dozajul de ciment, compactarea betonului si vechimea lui;
- starea suprafetei expuse la apa agresiva;
- compozitia si concentratia apei agresive.

Degradarea betonului intr-un mediu agresiv poate fi:

- de tipul I – datorata levigarii oxidului de calciu liber;
- de tipul II – coroziunea de schimb de compusi usor solubili;
- de tipul III – coroziunea prin expansiune

Coroziunea de tip I

In acest tip de coroziune intra toate procesele care apar in beton la interactiunea acestuia cu mediul apos extern, care actioneaza prin dizolvare si extragerea partilor componente solubile ale pietrei de ciment. Cea mai mare dezvoltare a proceselor de coroziune de acest tip se observa la actiunea asupra betonului a apelor cu duritate temporara mica si a apelor cu bioxid de carbon. Acestea dizolva hidroxidul de calciu, existent in piatra de ciment, apoi hidrolizeaza hidrosilicatii si hidroaluminatii de calciu daca apa nu ajunge la saturare. In cazul apelor bogate in bioxid de carbon acestea transforma treptat ionii de calciu din piatra de ciment in carbonat de calciu greu solubil. Daca actiunea continua, excesul de bioxid de carbon transforma carbonatul de calciu in bicarbonat de calciu care este solubil.

Caracteristic pentru acest tip de coroziune este decalcifierea treptata a pietrei de ciment si transformarea sa intr-un amestec de geluri hidratate, in care predomina gelurile de bioxid de siliciu.

Coroziunea de tip II

In acest caz la interactiunea betonului cu mediul agresiv au loc reactii de schimb intre partile componente ale pietrei de ciment si substantele dizolvate in apa care au ca rezultat saruri amorfe putin solubile fara capacitati liante. In acest tip de coroziune intra procesele de coroziune a betonului sub actiunea solutiilor de acizi, saruri de magneziu, de amoniu, solutii de zahar, grasimi.

Coroziunea de tip III

In acest tip de coroziune se includ toate procesele de coroziune a betonului in care produsii de reactie se acumuleaza si se cristalizeaza in porii si capilarele betonului cu marire de volum. Intr-un anumit satadiu de dezvoltare a acestor procese, cresterea formelor cristaline contribuie la aparitia tensiunilor interne, a deformarilor in peretii exteriori si la distrugerea structurii in masa betonului. Acest fenomen poarta denumirea de degradare prin expansiune.

Procesele distructive de aceasta natura se pot produce nu numai direct, ca urmare a reactiilor dar si ca urmare a sarurilor din solutie, prin cristalizarea acestora in piatra de ciment.

4.2 Coroziunea cauzata de apa uzata industrială

Apele industriale pot contine acizi, saruri si baze in concentratii cu mult superioare celor din apele naturale, prin urmare si efectul lor este mai pronuntat.

Substantele si produsele secundare care insotesc activitatile industriale si actioneaza asupra constructiilor din beton sunt:

- apele cu continut de ghips cum sunt cele folosite la racirea zgurii si cenusii de carbune;
- sarurile de amoniu;
- acidul azotic, clorhidric, sulfuric si sarurile acestora cu magneziu, fier, aluminiu, zinc;
- clorul si bromul;
- sarurile acidului sulfuric si sarurile de magneziu;
- hidrogenul sulfurat si bioxidul de sulf gazos;
- grasimile animale si vegetale, uleiuri minerale.

4.3 Ape admise in retea de canalizare

4.3.1 Calitatea apelor descarcate in retelele de canalizare

Conditii pe care trebuie sa le indeplineasca apa pentru a fi evacuata prin canalizare sunt prezentate in continuare, in conformitate cu NTPA 002/2002.

Temperatura apei evacuate sa nu depaseasca valoarea de 40⁰ C. La valori mai mari efectul agresiv al apei asupra materialelor de executie a retelei produce deteriorarea in timp a acesteia; se favorizeaza accelerarea proceselor de descompunere a substantelor organice din apa producandu-se gaze (CH₄, H₂S, CO₂).

pH - ul apei trebuie sa nu scada sub 6,5. Caracterul acid al apei produce degradarea retelei de canalizare prin coroziune. In zonele unde nu se poate respecta pH-ul se poate recurge la prevederea de materiale antiacide.

Sa nu contina suspensii mari sau grele care se pot depune pe canalele de evacuare a apei producand infundarea acestora, reducerea sectiunii de scurgere.

Substantele volatile, care pot produce prin degajare gaze toxice sau amestecuri explozive, nu sunt admise (produse petroliere usoare, substante chimice).

Substante peliculogene (grasimi, produse petroliere) pot produce pelicule la suprafata apei (1 tf petrol poate produce o pelicula ce acopera ≈10 km² suprafata de

apa), pelicule care impiedica introducerea oxigenului in apa, deci blocheaza epurarea apei.

Substantele toxice, care in concentratii mici pot produce distrugerea microorganismelor mineralizatoare din apa si deci ingreuneaza considerabil tehnologia de epurare.

Microbi si spori ai bolilor contagioase (ape de la spitale, sanatorii, combinate de carne, tabacarii) care pot provoca imbolnavirea personalului de exploatare sau epidemii in localitate atunci cand reseaua functioneaza defectuos. Aceste ape sunt in prealabil dezinfectate.

Pentru toate cazurile in care apele uzate depasesc parametri indicati, utilizatorii care evacueaza astfel de ape sunt obligati sa realizeze statii de preepurare in care, prin tehnologii adecvate, sa aduca la conditii normate calitatea apei evacuate.

5 Metode moderne de reabilitare a conductelor de canalizare

La reabilitarea rețelei de canalizare modul de analiza al sistemului depinde de dimensiunea problemei:

- reabilitare limitată; de regula o parte din rețea sau numai unele colectoare sunt deteriorate ca structura sau ca mod de functionare (capacitate de transport depășită – punere sub presiune);
- reabilitare de mari dimensiuni, ce poate cuprinde toată rețeaua și care poate fi numită și rețehnologizare a rețelei; aceasta se face de regula la depășirea duratei normate de lucru a rețelei.

În cazul unei reabilitări limitate nu se pune problema creșterii debitului de ape evacuate prin canalizare chiar dacă se decide realizarea unui colector nou.

În general, colectoarele de dimensiuni mari vor trebui curățate înainte de a se trece la lucrările de reabilitare. Unele tehnici pot fi aplicate prin recurgerea la configurația de acces existentă, în timp ce altele impun realizarea unor puncte temporare de acces. Anumite tehnici pot fi utilizate în perioade cu debite scăzute, în timp ce altele impun golirea collectorului.

5.1 Umplerea golurilor prin injectii la interior și exterior

Injectarea în interiorul conductei – aceasta este o metoda obișnuită de etanșare a surselor de scurgere în colectoarele de canalizare cu structura intactă.

Injectarea la exterior se va realiza în afara conductei, pentru a umplea golurile din terenul învecinat. Injectarea va servi în acest caz la stabilizarea solului, va reface capacitatea de sprijin și va reduce pierderile de apă. Pentru injectii în teren se vor utiliza substanțe chimice și materiale pe bază de ciment.

Injectiile în teren se vor face din interiorul conductei, prin perforații special realizate în pereții conductei, dar se pot face și de la suprafață, prin realizarea de foraje de mici dimensiuni în sol. Este vorba despre o metoda relativ ieftină care poate fi aplicată fără a exercita impact negativ asupra altor rețele subterane de utilități [26].

5.2 Reparații localizate – re-formarea conductei

Re-formarea sau re-rotunjirea este o metoda de stabilizare a conductelor, utilizată pentru a readuce un colector deformat la forma sa originală. Este urmată de o altă metoda de reparare localizată, cum ar fi captusirea. Se va monta un dispozitiv

mecanic articulată care se va dilata astfel încât să aducă respectiva conductă la forma sa inițială.

5.3 Camasuirea conductei

Această procedură (Cured in Place Pipe – CIPP) constă din introducerea unei noi captuse la interiorul unei conducte de canalizare existente. Camasuirea poate fi structurală sau non – structurală, cu montaj continuu sau localizat, pe segmente. Înainte de realizarea conductei, se impune curățarea acesteia. În situațiile în care pânza de apă freatică este amplasată mai sus decât generatoarea superioară a conductei nu se va recurge la tehnici de camasuire non – structurală. Instalarea camasurii va duce la reducerea secțiunii transversale a conductei.

Pentru camasuirea colectoarelor de mari dimensiuni este disponibilă o gamă variată de materiale, printre care: PVC, polietilenă, polibutilenă, oțel, mase plastice armate cu fibre de sticlă (FRP), rășină termoreactivă RTR sau ciment.

Metoda “sub-lining” (sub-camasuirea) este o metodă care se poate utiliza atât pentru reparații structurale, cât și pentru reparații non – structurale [27]. După golirea conductei de canalizare, prin această se va introduce sau se va trage o captuseală menținută în formă de U cu ajutorul unor benzi de polipropilenă. Odată poziționată captuseala, aceasta va fi împinsă în forma dorită cu ajutorul unui jet de apă sub presiune. Materialul captuselei este polietilenă, iar diametrul maxim pentru care s-a utilizat această metodă până în prezent este de 1100 mm.

Metoda “slip – lining” (dublare interioară continuă - insertie de conductă) este o metodă de reparație structurală aplicabilă (până în prezent) pentru conducte cu diametre cuprinse între 63 și 2500 mm. Anterior inserării, segmentele sunt îmbinate prin topire. Uneori se recurge la rulouri care să sprijine conducta interioară și să mențină forma inelară din jurul acesteia, pe măsura ce se realizează insertia [28]. Spațiul circular ramas va trebui stabilizat prin injectare, astfel încât să se mărească rezistența conductei. Metoda “slip - lining” nu poate fi utilizată în cazul unor coturi în unghi ascuțit, debitele vor trebui deviate pe parcursul desfășurării acestei operațiuni, iar spațiul de montaj va trebui să fie suficient de mare pentru a permite tragerea în poziție a tevi interioare fără flexare excesivă. A

Metoda “interlining” este o metodă de reparație structurală similară celei anterioare, cu excepția faptului că nu există continuitate a dublării, aceasta fiind montată pe segmente, în zonele specifice care necesită îmbunătățire [28].

Camasuire interioară prin metoda CIPP este vorba de o tehnologie de reparație structurală, utilizată în vederea reabilitării unor conducte de canalizare cu diametrul de până la 2440 mm. Stratul de camasuire constă din rășină termoreactivă care, în urma întăririi, asigură îmbunătățirea caracteristicilor structurale și hidraulice ale

conductelor de canalizare. În vederea întăririi răsini se va recurge la raze ultraviolete, abur fierbinte sau apă caldă.

Metoda “segmental lining” este o metodă de reparație structurală care presupune introducerea segmentelor prefabricate în interiorul conductei, fixarea acestora în poziție și cimentarea spațiului circular rămas între cele două. Materialele de captusire vor include: ciment armat cu fibră de sticlă (GRC), mase plastice armate cu fibră de sticlă (GRP), betoane armate cu fibre de sticlă.

Metoda “spiral lining” este o metodă de reparație structurală. O bandă de plastic profilată va fi introdusă printr-o mașină de faltuit cu ajutorul căreia marginile acesteia vor fi blocate [31]. Captuseala asamblată este apoi introdusă prin colector cu ajutorul punctului de acces.

“Panel Lok 111” este un sistem de reparație structurală aplicabilă pentru conducte de canalizare cu diametre de cel puțin 900 mm. Acest sistem duce la îmbunătățirea integrității structurii conductelor și preîntâmpină deteriorarea materialului din care este realizată conducta gazdă. Panourile pot fi introduse ușor prin deschiderile de acces, nefiind necesară practicarea de puturi de acces. Îmbinările cep și buza formează garnituri etanșe. Pe partea interioară, captuseala este netedă, iar pe cea exterioară prezintă striatii, astfel încât să facă posibilă fixarea în poziție a captuselii după cimentarea spațiului circular rămas.

5.4 Inlocuirea conductei

Metoda “pipe eating” este o metodă de reparație structurală utilizată pentru înlocuirea directă a conductelor de canalizare. Scutul de împingere va distruge conducta defectă, faramitând-o. Înlocuirea directă înseamnă că se va poza o nouă conducta în exact același loc unde fusese anterior conducta defectă. Reziduurile rămase în urma distrugerii conductei vor fi eliminate prin excavare și aspirare, sau cu ajutorul unor pompe de beton, putând fi utilizate ulterior ca material de umplutură în construcții.

Metoda “pipe bursting” este o altă metodă de înlocuire directă a conductelor de canalizare. Această tehnologie constă în spargerea pneumatică sau hidraulică a vechii conducte prin introducerea unui așa zis « cap de spargere » și înlocuirea acesteia cu o altă de dimensiuni egale sau sensibil mai mari utilizând același traseu, prin tragerea sau împingerea noii conducte de către capul de spargere.

5.5 Excavarea si inlocuirea conductei

Metodele cu sapatura directa sunt utilizate atunci cand nivelul deranjului provocat opiniei publice poate fi mentinut in limite acceptabile. Pe masura ce adancimea traseului conductei creste, aplicabilitatea metodelor cu sapatura deschisa

5.6 Executia canalizarilor fara transee deschisa

In cazul metodelor fara transee deschisa se diferentiaza doua tipuri de metode:

- tehnologii fara transee deschisa pentru instalarea cablurilor si conductelor prin impingere sau forare;
- realizare tuneluri si galerii.

Prin aceste tehnologii se intelege: instalarea subterana a cablurilor si conductelor prin tragere, impingere, presare, pilonare, intr-o cavitate executata in sol prin forare.

5.7 Tehnologia de executie prin impingere cu scut

Metoda de impingere cu scut (pipe jacking) se realizeaza prin presarea in subsol de la un put de inceput pana la un put tinta, cu ajutorul unei statii de impingere sau a unei statii de impingere principale ajutata de statii intermediare. Realizarea metodei de impingere in linie dreapta sau curba este posibila prin intermediul unei masini-scut pozitionata la capatul primei tevi. Operarea si directionarea masinii-scut este realizata direct din subteran de catre un operator sau, in cazuri speciale cum ar fi tunelele inguste, este controlata de la distanta cu ajutorul unei telecomenzi pentru directionare, din putul de incepere sau de la suprafata. Pamantul sau straturile de roca pot fi excavate la punctul de lucru folosind urmatoarele metode:

- Excavare manuala partiala;
- Excavare mecanica sau hidraulica partiala;
- Excavare completa;
- Prin deschiderile din capul de presiune.

6 Reabilitarea canalizarilor prin metoda camasuirii interioare - Studiu de caz

6.1 Criterii privind alegerea metodei de reabilitare

Cel mai important pas in adoptarea metodei de reabilitare pentru o retea de conducte il constituie selectarea metodei de reabilitare, astfel incat aceasta sa fie cea mai potrivita situatiei date, cea mai eficienta din punct de vedere tehnico-economic si cea mai sigura.

Alegerea solutiei de reabilitare se poate face numai pe baza cunoasterii in detaliu a sistemului existent. O solutie de reabilitare este unica pentru o situatie data, nu exista o solutie general valabila in toate situatiile aparute in practica. Uneori solutia optima din punct de vedere tehnico economic consta in aplicarea unei combinatii de metode de reabilitare.

Criteriile de alegere a metodei de reabilitare fara sapatura implica principalele 2 aspecte:

- evaluarea conditiilor specifice ale conductelor, inclusiv gradul de deteriorare si identificarea principalelor probleme generate;
- alegerea unei metode adecvate de reabilitare fara sapatura.

Pentru alegerea metodei de reabilitare este necesara cunoasterea in detaliu a conditiilor conductei la interior (grad de corodare, depozite, fisuri, neliniaritati in aliniament, sedimentari, imbinari defectuoase, etc.) si de asemenea conditiile solului in jurul conductei.

Pentru fiecare situatie in parte trebuie evaluate elementele specifice ale conductei respective: tipul de curgere, caracteristicile fluidului transportat, zona de amplasare, curbe, pante, adancimi de ingropare, lungimi tronsoane, diametre, debite vehiculate, etc. Evaluarea corecta a defectelor este fundamentala in alegerea celei mai bune metode de reabilitare. De asemenea este important sa se estimeze o rata de deteriorare a conducte, astfel incat sa poata fi prezisa aparitia unei avarii a conductei.

In general programul de reabilitare prin metoda fara sapatura poate fi sintetizat in 4 etape:

- planificarea initiala;
- evaluarea integritatii conductei;
- analiza solutiilor de reabilitare;
- implementare si monitorizare.

6.1.1 Alegerea metodei de reabilitare pe baza conditiilor existente ale conductei

In general, la dimensionarea sistemelor de reabilitare a conductelor prin tehnologie fara sapatura sunt avute in vedere 2 categorii de metode:

- metode in care conductele existente nu au probleme structurale si pot suporta in continuare incarcarile pamantului si sarcinile dinamice, dar au probleme ca cele date de coroziune sau sunt partial deteriorate;
- metode in care se prevad conducte noi sau sunt utilizate alte sisteme de consolidare pentru preluarea incarcarilor; in acest domeniu sunt intreprinse cercetari permanente pentru identificarea unor noi criterii de proiectare care sa conduca la eficiente maxime in conditii de siguranta, cu precadere in domeniul diametrelor mari.

6.1.2 Alegerea metodei de reabilitare in 6 pasi

Procesul de alegere in 6 pasi constituie un instrument util ce permite o alegere rapida a metodei de reabilitare, optima din punct de vedere tehnico-economic. De asemenea, aceasta metoda are avantajul ca permite alegerea unei solutii de reabilitare intr-o problema specifica, fara dezvoltarea excesiva a solutiilor tehnologice si fara a fi necesare cunostinte detaliate despre toate metodele de reabilitare existente.

Succint metoda este prezentata in urmatorul tabel.

Tabel 6.1. Alegerea metodei de reabilitare in 6 pasi [48].

Pasul	Obiective	Procedura
1	Definirea problemei	Realizarea unei evaluari complete si corecte a conditiilor conductei existente.
2	Identificarea metodelor aplicabile	2.1) Trecerea in revista a tuturor metodelor de reabilitare fara sapatura ce pot fi aplicate in situatia analizata, pe baza compatibilitatii parametrilor tehnici si selectarea metodelor ce au aplicabilitate in situatia data; 2.2) Trecerea in revista a restrictiilor specifice metodelor identificate ca aplicabile si confirmarea compatibilitatii metodelor selectate cu conditiile specifice ale proiectului; 2.3) Determinarea intervalului de costuri asociate aplicarii fiecarei metode in parte 2.4) Determinarea factorilor care influenteaza aplicarea unui proces, generati de experienta in aplicarea unei metode specifice.
3	Selectia finala	Alegerea unei metodologii specifice

Pasul	Obiective	Procedura
4	Aprofundarea metodei selectate pentru evidentierea tuturor aspectelor	Localizarea metodei selectate intr-o familie de metode si studiul in detaliu a modului de implementare si tuturor conditiilor tipice ce trebuie respectate la implementare
5	Identificarea potentialilor furnizori de tehnologie (antreprenori)	5.1) Identificarea furnizorilor capabili sa asigure tehnologia de reabilitare selectata (antreprenor ce poate implementa tehnologia selectata); 5.2) Contactul acestor furnizori (antreprenori) pentru detalii suplimentare.
6	Implementarea solutiei	Intocmirea proiectului si documentelor de contractare necesare pentru implementarea metodei de reabilitare aleasa.

6.2 Metodologia utilizata pentru executarea lucrarilor de reabilitare prin camasuire interioara a conductei de evacuare SE Focsani

Selectarea procesului de reabilitare a conductelor fara sapatura, pentru reabilitarea conductei de evacuare SE – emisar din cadrul SE Focsani, cu lungime totala de 2.297 m, a urmarit metodologia expusa anterior de selectie in 6 pasi.

Astfel, au fost urmarite procedurile de prezentate succint in cele ce urmeaza:

- s-a realizat o evaluare a conditiilor conductei existente;
- s-au trecut in revista toate metodele de reabilitare fara sapatura ce pot fi aplicate, disponibile la noi in tara, ce se incadreaza intr-un interval rezonabil din punct de vedere financiar; in aceasta situatie a existat din start o limitare data de marimea bugetului disponibil pentru realizarea lucrarii, ceea ce implica din start o selectare a metodelor de reabilitare; din acest motiv, importul si implementarea de tehnologie din tarile avansate a fost eliminat din start;
- s-au analizat restrictiile specifice fiecarei metode identificate ca aplicabila si s-au selectat metode compatibile cu conditiile specifice ale proiectului;
- s-au stabilit pentru fiecare metoda limitele intervalului de costuri asociate cu implementarea metodei respective;
- s-au determinat principalele metode candidate si s-au identificat antreprenorii ce pot asigura si implementa tehnologiile de reabilitare selectate;
- s-au contactat antreprenorii pentru detalii suplimentare si s-a trecut la studiul in detaliu a modului de implementare si tuturor conditiilor tipice ce trebuie respectate la implementare;

- s-a stabilit solutia de reabilitare optima tehnico-economic in situatia concreta din teren;
- s-a trecut la intocmirea de detaliu a proiectului de reabilitare si asigurarea tuturor elementelor necesare pentru implementarea metodei de reabilitare aleasa.

In vederea reabilitarii starii interioare a conductei existente s-a propus refacerea prin camasuire a conductei pe toata lungimea tronsonului, in final rezultand o conducta camasuita avand caracteristicile hidraulice ale celei initiale.

Reabilitarea prin camasuire interioara a fost aleasa deoarece conducta de evacuare in functiune aferenta SEAU Focsani, realizata din beton Dn 1400 mm, era pozata la adancimi mari (4 – 6 m), subtraversa proprietati private sau inaccesibile pentru executia cu sapatura deschisa (Penitenciarul Focsani etc.) precum si un canal de irigatii, neexistand o alternativa de modificare a traseului.

Procedeul de reabilitare propus pentru aceasta este de reabilitare cu tuburi flexibile interioare, care consta din aplicarea pe intreaga suprafata interioara a tronsonului de conducta necesar a fi reabilitat a unui tub textil flexibil. Acesta este constituit din mai multe straturi, imbibat cu rasina poliesterica prin procedeul de inversare in conditii de presiune si viteza constanta de avansare a tubului flexibil. Imbibarea cu rasina se realizeaza prin intermediul caminelor de control existente sau prin gropi de executie.

Tubul flexibil montat in interiorul conductei vechi, intarit prin polimerizarea rasinii poliesterice, confera conductei etanseitatea ei initiala si inlatura toate pierderile de fluid la garnituri, prin crapaturi sau fisuri.

In vederea executarii reabilitarii conductelor deteriorate prin procedeul tehnologic de captusire interioara sunt necesare urmatoarele lucrari:

- asigurarea accesului la conducta de reabilitat prin camine de vizitare;
- efectuarea curatirii cu trenuri de dispozitive de curatire de diverse tipuri (curatire mecanica si daca este necesar si chimica);
- examinarea starii interioare a conductei vechi prin inspectie cu camera TV;
- efectuarea curatirii la gradul necesar in functie de starea de deteriorare a conductei;
- introducerea si fixarea tubului flexibil in interiorul conductei;
- probe de etanseitate si de presiune.

6.2.1 Analiza economico-financiara pentru selectarea metodei de reabilitare

Pentru selectarea metodei de reabilitare s-a realizat o analiza de economico financiara pentru a se putea determina in primul rand categoria de lucrari ce va fi selectata pentru reabilitare, lucrari cu sapatura deschisa sau lucrari de reabilitare fara sapatura. Decizia finala de reabilitare a fost luata dupa aceasta prima analiza de selectie a metodei.

In alegerea metodelor de reabilitare s-au considerat restrictiile tehnice pe care le implica fiecare metoda de reabilitare in parte si restrictii locale ce au o influenta majora in procesul de selectare.

S-a tinut seama de faptul ca traseul conductei de evacuare in functiune subtraverseaza proprietati private sau inaccesibile pentru executia cu sapatura deschisa (Penitenciarul Focsani), precum si un canal de irigatii, iar conducta este pozata la adancimi mari (4 – 6 m).

In analiza de optiuni s-au considerat numai costurile suplimentare implicate pentru realizarea obiectivului.

Principalii parametri financiari ai optiunilor analizare sunt prezentati in tabelul urmator:

Tabel 6.2. Costuri de investitie si operare ale optiunilor analizate.

Nr. crt.	Parametru	Optiune 1 Sapatura deschisa	Optiune 2 Camasuire interioara
1	Costuri de investitie (Euro)	3,022,000	3,216,000
2	Costuri de operare (Euro/an)	80,675	3,216
3	Cost unitar suplimentar apa epurata (Euro/m ³)	0.011	0.005

NOTA: In estimarea initiala a costurilor pentru metoda de reabilitare fara sapatura s-a utilizat pretul indicat de literatura americana pentru astfel de tipuri de lucrari. Dupa contactarea antreprenorului si analizarea conditiilor reale din teren costul lucrarii a fost mai mic decat cel estimat cu aproximativ 75.000 euro.

Deoarece costurile de investitie ale metodei cu sapatura deschisa sunt mai mici decat cele cu camasuire interioara, dar genereaza costuri de operare mai mari, este necesara realizarea unei analize financiare care sa evidentieze alegerea solutiei de reabilitare.

6.2.1.1 Analiza financiara a celor doua optiuni selectate

In urma analizei financiare in tabelul urmator sunt prezentate valorile nete actualizate pentru o rata de actualizare de 5% si o perioada de functionare de 20 de ani.

Tabel 6.3. Valoare neta actualizata (perioada de operare 20 ani) pentru optiunile analizate.

Optiune	U.M.	Investitii	Operare	Total Valoare Neta Actualizata
		an de referinta 2013	an de referinta 2013	Total
<i>Rata de actualizare - 5%</i>	<i>Rata</i>	1.00	1.00	
Optiune 1 – METODA CU SAPATURA DESCHISA				
Cheltuieli de investitii	Euro	3,022,000	0	3,022,000
Cheltuieli de operare, exceptand energia	Euro	0	63,330	789,232
Costuri cu energia	Euro		17,345	216,155
TOTAL cheltuieli Optiunea 1	Euro	3,022,000	80,675	4,027,386
Optiune 2 – METODA PRIN CAMASUIRE INTERIOARA				
Cheltuieli de investitii	Euro	3,216,000	0	3,216,000
Cheltuieli de operare, exceptand energia	Euro	0	3,216	40,078
Costuri cu energia	Euro		0	0
TOTAL cheltuieli Optiunea 2	Euro	3,216,000	3,216	3,256,078

Dupa cum se poate observa din tabelul anterior, Optiunea 2 genereaza cheltuieli minime de investitie si operare in scenariul normal, dupa o perioada de operare de 20 ani.

In urma analiza financiare se poate concluziona ca solutia optima de reabilitare pentru situatia analizata este Optiunea 2 – Reabilitare fara sapatura prin camasuire interioara cu tub textil.

6.3 Desfasurarea procesului de lucru

6.3.1 Lucrari pregatitoare pentru conducta

6.3.1.1 Curatirea

Pentru curatirea conductei, functie de gradul de colmatare si tipul depunerilor pe peretii conductei se utilizeaza dispozitive de raclare sau razuire si spalarea la presiune inalta. Este necesara verificarea calitatatii curatirii inainte de inceperea camasuirii. In mod uzual verificarea calitatii curatirii se realizeaza prin inspectie video, intr-un sistem de televiziune cu circuit inchis (CCTV).

6.3.1.2 Inspectia video

Inspectia video reprezinta operatia de baza pentru stabilirea starii de deteriorare interioara a conductei si serveste la localizarea obstacolelor de curgere si la verificarea modului in care s-a realizat curatirea.

6.3.1.3 Calibrarea conductelor

In timp, datorita multitudinii de factori externi si interni ce actioneaza asupra conlectirului de canalizare apar modificari radicale in ceea ce prezinta sectiunea de curgere la care a fost proiectat sa functioneze colectorul initial. In vederea refacerii sectiunii libere initiale trebuie efectuate urmatoarele masuri in concordanta cu tipul de perturbatie intalnita in urma exploatarei.

6.3.1.4 Tronsonarea conductei ce se reabiliteaza si spatiul de lucru necesar

Sistemul de conducte se imparte in tronsoane, care pot avea lungimi de pana la 350 m pentru diametre de peste 500 mm si de pana la 650 m pentru diametre mai mici de 300 mm.

Spatiul necesar pentru utilaje si lucrari se limiteaza la cel necesar pentru un camion si un compresor mobil destinat inversarii tubului flexibil.

6.3.2 Pregatirea adezivului poliesteric si tubului flexibil

Rasina poliesterica este livrata pe santier intr-un autovehicul frigorific. Rasina este constituita din doua componente care se amesteca cu amestecatoare mecanice.

Tubul flexibil este adus pe santier infasurat pe un tambur, pregatit cu exteriorul (partea pe care se va aplica rasina) la interior (intors pe dos). In vederea umplerii tubului se deruleaza cativa metri de tub si se asaza pe folii pentru a evita deteriorarea acestuia.

Dupa umplerea cu adeziv prin intermediul unui stut de umplere, tubul este inchis la capat si este legat de cablu de tragere al utilajului de inversare.

In vederea distribuirii uniforme a rasinii pe intreaga suprafata interioara a tubului flexibil si a realizarii unui strat uniform, de grosime constanta, tubul flexibil este trecut printr-un dispozitiv cu cilindri reglabili, dupa care este infasurat pe un tambur de inversare.

Tubul flexibil pe a carui suprafata exterioara a fost aplicata rasina poliesterica este infasurat pe tamburul de inversare. Apoi, capatul tubului este fixat de capul de inversare care inchide etans tamburul de inversare.

In functie de dimensiunea nominala a conductei pot fi infasurati pe tamburul de inversare pana la 500 m de tub flexibil, care apoi este apoi inversat si introdus in conducta veche in flux continuu.

6.3.3 Montarea tubului flexibil in interiorul conductei vechi prin procedeul de camasuire interioara

Introducerea tubului flexibil

In scopul introducerii tubului flexibil in conducta se foloseste o autospeciala pe care este deja montat tamburul de inversare. Autospeciala este amplasata langa punctul de acces la conducta ce necesita reabilitare, camin de control sau groapa de lucru.

Intarirea rasinii poliesterice

Dupa ce tubul flexibil a parcurs intreaga lungime a conductei ce se reabiliteaza si a ajuns la capatul final, se monteaza la ambele capete ale acestuia elemente de obturare si aerisire, necesare circulatiei aburului supraincalzit ce se va introduce in conducta in scopul intaririi accelerate a rasinii.

Dupa incheierea operatiei de polimerizare urmeaza faza de racire cu aer comprimat, in anumite situatii utilizandu-se chiar racit racit.

6.3.4 Lucrari finale

Adaptarea tubului interior la panta caminului

In cazul trecerii tubului interior printr-un camin este necesara adaptarea radierului tubului interior la panta caminului existent. Pentru aceasta se decupeaza partea superioara semirotunda a tubul interior intarit si apoi se realizeaza legatura la denivelarile caminului cu mortare speciale.

Redeschiderea ramificatiilor si a racordurilor

Redeschiderea sectiunilor ramificatiilor sau a racordurilor obturate de tubul interior se executa prin decuparea tubului cu ajutorul robotilor comandati, cu ajutorul imaginilor video.

Curatirea finala

Dupa incheierea tuturor lucrarilor tronsonul reabilitat se curata printr-un procedeu de spalare la presiune inalta, se inregistreaza video rezultatul spalarii si inspectia finala a conductei, iar inregisrearile constituie baza receptiei finale.

6.3.5 Durata lucrarilor

Durata necesara efectuarii curatirii este destul de dificil de estimat initial. Ea depinde de tipul depunerilor si incrustatiilor, de cantitatea si aderenta acestora si de structura tevii. Legat de acesti factori se stabilesc metoda si numarul curatirilor.

Introducerea tubului flexibil nu dureaza in general mai mult de o zi pentru tronsoane mari, normale (200 m pana la 350 m).

Prelucrarea finala dureaza aproximativ o jumatate de zi pentru fiecare tronson, neluand in considerare receptia.

6.3.6 Materiale utilizate

6.3.6.1 Tubul flexibil interior

Structura multistrat a tubului flexibil destinat conductelor cu curgere gravitationala utilizata in cadrul proiectului de reabilitare are urmatoarea structura:

- strat interior rezistent la frecare (LLDPE - Linear Low-Density Polyethylene) avand grosimea de 0.4 pana la 1.0 mm;
- stratul purtator de rasina (furtun tesut circular, fara cusatura, din fire de poliester sau nailon, avand un strat aplicat de LLDPE) de 4.0 pana la 15 mm grosime;
- tesatura pentru filtre (pâsla).

In functie de domeniu de utilizare se extrudeaza peste tesatura un strat de material adecvat mediului vehiculat si avizat de autoritati. Pentru toate mediile fluide se foloseste un strat din LLDPE (Linear Low-Density Polyethylene).

6.3.6.2 Rasina din doua componente

Se utilizeaza in exclusivitate rasina din doua componente care se intareste in mediu umed si nu se contracta. Toate materialele in stare intarita nu sunt solubile si nici poluante.

Rasina intarita prezinta rezistenta mecanica mare (module de elasticitate de pana la 3700 MPa), este dura, rezistenta la lovire si rezistenta la forte mari de frecare ceea ce impiedica smulgerea materialului sub actiuni dinamice.

6.3.7 Proprietati ale conductei reabilitate

Refacerea capacitatii debitului de transport

Procedeul de reabilitare prin camasuire confera conductei etanseitate si inlatura toate pierderile de fluid prin garnituri, prin crapaturi generate de coroziune sau prin fisuri.

Prin aplicarea sa, tubul reduce diametrul initial al conductei foarte putin, astfel incat debitul vehiculat dupa reabilitare nu este afectat.

Protectia anticoroziva

Procedeul garanteaza inlaturarea coroziunii interioare in conducte

Formarea depunerilor

Prin realizarea unei suprafate interioare netede, cu caracteristici antiaderente, procedeul de camasuire interioara minimizeaza formarea depunerilor pe suprafata interioara a conductelor reabilitate.

Repunerea in functiune

Procedeul face posibila repunerea in functiune imediata a conductelor, fara probleme sau restrictii de functionare. Proprietatile mecanice ale legaturii tub flexibil/rasina sunt demonstrate prin incercarile efectuate pe tronsoane reabilitate.

6.4 Implementarea metodologiei la colectorul de evacuare a SE Focsani

Primul pas pentru realizarea lucrarilor de reabilitare a fost efectuarea operatiei de blindare a conductei. Operatiunea de blindare este prima operatie din procedeul de reabilitare a conductelor de canalizare.

Aceasta operatiune are ca scop separarea unui tronson de conducta ce urmeaza a fi curatit si mai apoi reabilitat de restul sistemului de canalizare. Prin blindare se blocheaza accesul fluidului si a gazelor in zona de lucru.

Dupa realizarea blindarii colectorului si verificarea eficientei acesteia s-a realizat un by-pass al colectorului existent, iar dupa realizarea by-pass-ului s-a trecut la etapa de curatare a colectorului in conditii de siguranta.

Gradul de colmatare si natura depunerilor s-au estimat in urma unei vizualizari a tronsonului cu ajutorul sistemului CCTV-ul.

La finalizarea operatiunii de curatire a colectorului, acesta a fost segmentat pentru a avea front de lucru continuu. Au fost alese tronsoane de lucru cu o lungime

cuprinsa intre 250 si 350 de metri, in functie de traseul conductei existente, curburi si modificari de panta.

S-a trecut la operatiunea de montare a tubului flexibil (liner). Aceasta operatiune este cea mai sensibila parte a operatiei, implicand un numar de 10 muncitori, 8 dintre acestia operand instalatia necesara montarii liner-ului.

Materialul utilizat ca liner a fost tub flexibil multistrat de 15 mm grosime, format din strat interior de 1.0 mm din LLPDE, strat de tesatura din fibra de sticla si fibra de carbon de 0.2- 0.4 mm si strat purtator de rasina – furtun tesut circular fara cusatura din fire de poliester, avand aplicat un strat de LLPDE pana la concurenta grosimii maxime de 15.0 mm.

Procedura de realizare a operatiei de montare a liner-ului a necesitat mai multe etape.

1. Pregatirea furtunului

Aceasta etapa de pregatire la randul ei a necesitat o serie de operatii:

- taierea furtunului la lungimea exacta a tubului ce urmeaza a fi reabilitat;
- intinderea intregului furtun pe o suprafata plana in vederea impregnarii;
- pregatirea prin malaxare a solutiei de impregnare;
- impregnarea stratului fibros aflata in interior cu solutie – Sadurit;
- trecerea furtunului prin valt pentru impregnarea corecta a intregii suprafete a materialului fibros;
- tragerea furtunului impregnat cu solutie in interiorul tamburului cu ajutorul unei chingi de mare rezistenta si rularea acestuia pe tambur.

2. Introducerea furtunului in canalizare

Dupa rularea furtunului pe tambur capatul liber ramane afara si se fixeaza de corpul tamburului cu ajutorul unei flanse inversoare.

Aceasta flansa se prinde de corpul tamburului cu ajutorul suruburilor de prindere. Dupa fixarea flansei inversoare echipamentul de inversie se pozitioneaza cat mai aproape de gura de acces catre conducta veche ce urmeaza a fi reabilitata. Dupa pozitionarea echipamentului incepe procedeul de inversie. Acest procedeu consta in cresterea volumului de aer si a presiunii din interiorul tamburului cu ajutorul compresorului. Prin cresterea volumului si a presiunii aerului din tambur, acesta impinge furtunul din interior catre exterior.

Liner-ul avand capatul prins intre corpul tamburului si flansa, incepe sa iasa afara prin interiorul flansei astfel incepand inversia. Linerul inversat este ghidat si introdus in interiorul conductei fiind dirijat pana la capatul conductei de reabilitat.

Dupa ce furtunul a ajuns la capat acesta este fixat pentru a se realiza o presiune constanta in interiorul furtunului.

3. Intarirea furtunului sau coacerea furtunului

Dupa ce presiunea a fost fixata si furtunul a luat forma conductei vechi incepe procedeul de coacerea a furtunului.

Acest lucru se realizeaza prin introducerea in interiorul tamburului a aburului sub presiune cu ajutorul compresorului, in linerul nou instalat. Aburul introdus are o temperatura de coacere optima pentru intarirea liner-ului.

Surplusul de abur este evacuat printr-o conducta montata pe liner in capatul opus tamburului de inversare. Prin circulatia continua a aburului in interiorul conductei se realizeaza coacerea linerului.

Zonele de schimbare de directie ale conductei existente au fost executate monolit, conducta fiind din beton.

Acestea au fost identificate in urma inspectiei cu camera video si au fost folosite ca guri de acces, dupa decuparea semicilindrului superior, pe lungimea elementului monolit.

Dupa reabilitarea conductei, zonele decupate din conducta de beton preexistenta au fost captusite cu acelasi material ca si camasuiala si lipite utilizand rasina epoxidica, iar apoi au fost remontate pe pozitia initiala.

Dupa intarirea furtunului s-a trecut la racirea si mai apoi la operatia de debitare a liner-ului.

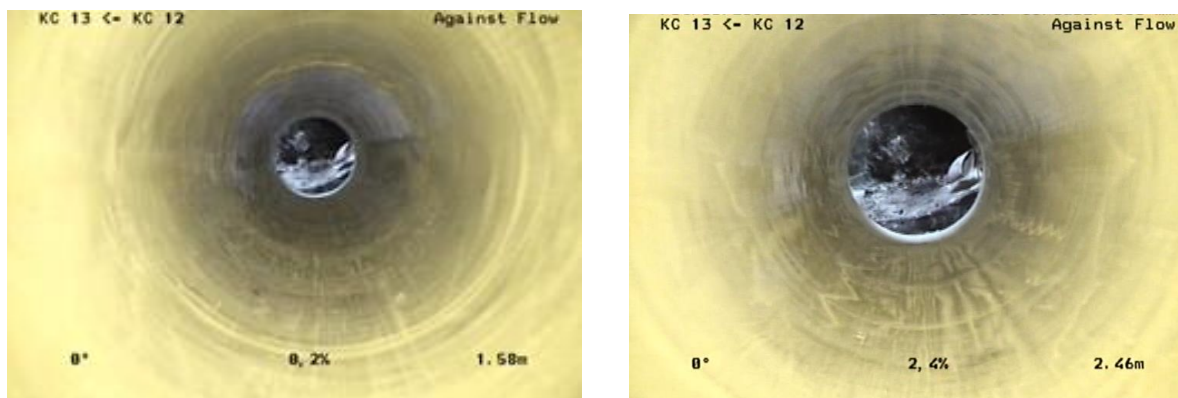


Figura 6.1. Imagini de la inspectia finala a colectorului reabilitat [62].

Duratele de realizare a lucrarilor de camasuire pe trosoane au diferit in functie de lucrarile de decolmatare si reparatii necesare pe fiecare tronson. Acestea au fost cuprinse intre 2 si 5 zile, fiind intalnite zone cu exces de beton din turnare, care a trebuit spart cu ajutorul uneltelor pneumatice, indepartat si nivelata zona respectiva.

Montarea tubului de camasuire s-a realizat in cca. 6-8 ore, dupa care s-a procedat la aplicarea procedeului de polimerizare a rasinii epoxidice cu ajutorul aburului supraincalzit, sub presiune. Presiunea de lucru la polimerizare este functie de diametrul conductei si grosimea camasuiei, fiind cuprinsa intre 0.5 si 1.5 bari.

Temperatura amestecului de aer-abur a trebuit sa fie de 90°C pentru a preveni intarirea tensionata a rasinii epoxidice. Pentru realizarea intaririi camasuiei conducta a fost supusa amestecului de aer-abur supra-incalzit timp de 2 pana la 8 ore, in functie de lungimea tronsonului, diametrul nominal al conductei si a temperaturii mediului ambiant.

La finalizarea lucrarilor s-au intocmit procese verbale de lucrari ce devin ascunse, procese verbale de proba de etanseitate s-a realizat o inspectie video dupa terminarea lucrarilor, inregistrare ce face parte integrala din documentele de calitate pentru lucrarile de reabilitare executate.

6.5 Avantajele aplicarii metodei

In situatia data, procedeul de camasuire interioara a reprezinta o solutie rentabila si sigura pentru reabilitarea tronsoanelor de canalizare vizate.

Principalele avantaje care au condus la alegerea procedeului de reabilitare aplicat sunt prezentate in cele ce urmeaza:

- Traseu de conducte continuu fara mufe avand rugozitate redusa;
- Formarea depunerilor in conducta reabilitata este minimizata pana la disparitie;
- Reducerea diametrului interior al conductei initiale nu afecteaza debitele transportate, din contra, caracteristicile tubului flexibil duc la o usoara crestere a capacitatii de transport hidraulic;
- Etanseitate totala garantata; Inlaturarea pericolului generat de scurgeri de gaze;
- Protectie anticoroziva interioara integrala;
- Spatiu necesar redus pentru organizarea de santier si pentru eventualele lucrari de sapatura necesare, lucrarile subterane nefiind necesare;

- In situatii favorabile lucrarile pot fi executate prin caminele de control existente conductele de canalizare;
- Aplicarea metodei nu depinde decat in mica masura de materialul de executie si de forma sectiunii transversale a conductei;
- Schimbarile de directie, curbele si deformatiile conductei nu influenteaza procedeul tehnologic;
- Metoda se preteaza la existenta ramificatiile laterale;
- Functie de grosimea aleasa a peretelui tubului interior, se reface si capacitatea portanta statica a trosonului reabilitat;
- Metoda adaptabila diferitelor solicitari prin alegerea adecvata a rasinii;
- Nivelul cheltuielilor se situeaza la o valoare acceptabila, apropiat de cel al lucrarilor de refacere obisnuite, pentru cazul colectoarelor analizate;
- Nu genereaza cheltuieli sociale (blocaje, praf, starzi murdare etc.);
- Durata de executie scurta (cca. 1 pana la 2 zile pentru un tronson de conducta, fara a lua in considerare lucrarile adiacente de spargere a betoanelor in exces si amenajare a frontului de lucru);
- Prejudicii minime aduse consumatorilor racordati la conductele care se reabiliteaza.

7 Concluzii

7.1 *Continutul lucrării*

Lucrarea cuprinde 229 pagini, 85 figuri, un număr de 56 tabele și o bibliografie cu 64 titluri.

În Capitolul 1 al lucrării sunt prezentate elemente generale privind dezvoltarea strategiei de utilizare a materialelor și metodelor de implementare a investițiilor.

Reabilitarea conductelor trebuie să constituie o parte a unei abordări integrate a domeniului rețelelor subterane corelat cu obținerea fondurilor prin gospodărirea resurselor, dezvoltare tehnică, rationalizare și standardizare.

Capitolul 2 prezintă elemente de proiectare a rețelelor de canalizare. Primul pas în proiectarea rețelei de canalizare îl reprezintă stabilirea traseului, iar următorii pași de deosebită importanță sunt calculul hidraulic și static al rețelei, pentru care trebuie avute în vedere o serie de caracteristici ale mișcării apei uzate în canale, precum și condițiile necesare unei bune funcționări a rețelei.

În Capitolul 3 al lucrării sunt abordate elemente de calcul static și de rezistență a conductelor. Se prezintă o analiză pentru calculul static și de rezistență al canalelor în care se stabilesc solicitările la care sunt supuse elementele de construcție, necesare dimensionării de rezistență în ambele categorii de încărcări: fundamentale și accidentale.

Problemele comportării rețelelor de canalizare urbane la acțiunea apelor uzate (amestec de ape uzate menajere și ape uzate industriale parțial epurate) sunt abordate în Capitolul 4.

Sunt analizate pe baza datelor din literatură și a unor cercetări efectuate "in situ" influența apelor uzate descărcate de către diferiți agenți economici asupra colectoarelor existente din rețeaua de canalizare, deoarece aceasta influență este în directă concordanță cu durata de viață a colectorului.

În Capitolul 5 este abordată problema reabilitării rețelelor de canalizare prin metode moderne. Sunt definite criterii pentru stabilirea momentului și modului de reabilitare, astfel:

- Criterii generale de performanță:
 - Capacitate redusă de transport;
 - Consum de energie cu mult peste cel proiectat;
 - Restricții de construcție pe calea de rurale, pentru trafic;
 - Întreținerea și exploatare;

- Materiale disponibile;
- Posibilitatea de dezvoltare in viitor.
- Conditii de performanta:
 - Performanta hidraulica;
 - Impact asupra mediului.

Capitolul 5 prezinta detaliat metodele de reabilitare actuale, aplicabilitatea si limitarile fiecărei metoda analizate.

Capitolul 6 prezinta un studiu de caz cu aplicarea metodologiei de executare a lucrarilor de reabilitare prin camasuire interioara pentru reabilitarea conductei de evacuare SE – emisar din cadrul SE Focsani, cu lungime totala de 2.297 m.

Sunt detaliate toti pasii care au condus la alegerea metodei de reabilitare, deoarece cel mai important pas in adoptarea metodei de reabilitare pentru o retea de conducte il constituie selectarea metodei de reabilitare, astfel incat aceasta sa fie cea mai potrivita situatiei date, cea mai eficienta din punct de vedere tehnico-economic si cea mai sigura.

In vederea reabilitarii starii interioare a conductei existente s-a propus refacerea prin camasuire a conductei pe toata lungimea tronsonului, in final rezultand o conducta camasuita avand caracteristicile hidraulice ale celei initiale.

Aplicarea practica a procesului de reabilitare prin metoda camasuirii interioare este prezentata detaliat pe fiecare faza de executie in Capitolul 6.3. Sunt descrise toate lucrarile executate in cadrul studiului de caz, de la inceputul proiectului si pana la finalizarea acestuia:

- lucrari pregatitoare pentru conducta: curatirea, inspectia video, calibrarea conductelor, tronsonarea conductei ce se reabiliteaza si asigurarea spatiului de lucru necesar;
- pregatirea adezivului poliesteric si a tubului flexibil;
- montarea tubului flexibil in interiorul conductei vechi prin procedeul de camasuire interioara;
- lucrari finale: adaptarea tubului interior la panta caminului, redeschiderea ramificatiilor si a racordurilor, curatirea finala.

Sunt descrise caracteristicile materialelor utilizate si proprietatile conductei reabilitate.

Se evidentiaza principalele avantaje ale procedeului de camasuire interioara comparativ cu alte metode de reabilitare, pentru situatia data din teren. Dintre acestea s-au mentionat:

- Nu genereaza cheltuieli sociale (blocaje, praf, starzi murdare, etc.).
- Durata de executie scurta (cca. 1 pana la 2 zile pentru un tronson de conducta).
- Prejudicii minime aduse consumatorilor racordati la conductele care se reabiliteaza.
- Etanseitate totala garantata.
- Protectie anticoroziva interioara integrala.
- Spatiu necesar redus pentru organizarea de santier si pentru eventualele lucrari de sapatura necesare, lucrarile subterane nefiind necesare.
- Aplicarea metodei nu depinde decat in mica masura de materialul de executie si de forma sectiunii transversale a conductei.
- Schimbarile de directie, curbele si deformatiile conductei nu influenteaza procedeul tehnologic.
- Metoda se preteaza la existenta ramificatiile laterale.
- Functie de grosimea aleasa a peretelui tubului interior, se reface si portanta statica a trosonului reabilitat.
- Metoda adaptabila diferitelor solicitari prin alegerea adecvata a rasinii.
- Nivelul cheltuielilor se situeaza la o valoare acceptabila, apropiat de cel al lucrarilor de refacere obisnuite, pentru cazul colectoarelor analizate.
- Traseu de conducte continuu fara mufe avand rugozitate redusa.
- Formarea depunerilor in conducta reabilitata este minimizata.
- Reducerea diametrului interior al conductei initiale nu afecteaza debitele transportate, din contra, caracteristicile tubului flexibil duc la o usoara crestere a capacitatii de transport hidraulic.

7.2 Elemente originale ale lucrarii

In lucrare se realizeaza o sinteza detailata a metodelor de calcul utilizate actualmente pentru retele de colectarea a apelor uzate, cu punctarea restrictiilor in dimensionare si executie.

Se realizeaza o sinteza documentara la zi privind metodele fara sapatura deschisa si in special se abordeaza problema extern de importanta a selectarii metodei de reabilitare, astfel incat aceasta sa fie cea mai potrivita situatiei date, cea mai eficienta din punct de vedere tehnico-economic si cea mai sigura in ceea ce priveste implementare.

In capitol 6 se prezinta un studiu de caz in care se analizeaza aplicarea metodei de reabilitare cu camsuire interioara, prin camasuire cu tub flexibil, de la inceputul procesului de selectare a metodei de reabilitare pana la implementarea fizica a acesteia.

Sunt analizate caracteristicile tuturor elementelor care intervin in procesul de alegere si conduc la alegerea unei metode specifice de reabilitare. Analiza de selectare a metodei de reabilitare pentru situatia concreta din teren releva avantajele utilizarii metodei de reabilitare prin camasuire interioara a conductelor din mediul urban in raport cu montajul in transee deschisa.

Teza are caracter aplicativ si se constituie intr-un ghid de proiectare tehnologica a lucrarilor de alegere si implementare a metodei de reabilitare a conductelor de canalizare fara sapatura deschisa, metoda de reabilitare cu camasuire interioara.

7.3 Dezvoltari viitoare

Deficientele retelelor de canalizare existente in cele mai multe cazuri sunt generate de:

- executie din tuburi de beton simplu ($l=1$ m) imbinat cu cep si buza, in general neetanse; aceasta conduce la exfiltratii de ape uzate in mediu subteran si infiltratii (sistem drenaj) acolo unde reseaua este pozata in apa subterana;
- lipsa in totalitate privitor la controlul calitatii apelor uzate descarcate in reseaua publica de canalizare; studii si cercetari efectuate "in situ" au pus in evidenta efectul distructiv al apelor uzate asupra materialului retelei de canalizare.

Intretinerea retelelor de canalizare implica un ansamblu de masuri preventive si curative necesare care sa asigure ca reseaua este mentinuta in conditiile care-i pot permite sa-si indeplineasca functiunile sale in mod satisfacator. Masurile includ: repararea locala sau inlocuirea colectoarelor deteriorate sau a altor structuri; eliminarea depunerilor, a obturarilor pentru restabilirea capacitatii hidraulice; intretinerea instalatiilor mecanice.

O exploatare si o intretinere optima a retelei de canalizare necesita: planificare, cai de acces, personal suficient si competent, o stabilire clara a responsabilitatilor, echipament adecvat, cunoasterea retelei si a elementelor sale functionale, a utilizatorilor racordati, banci de date si studii adecvate.

Constrangerile tot mai mari in ceea ce priveste traficul, conditiile de amplasare in trama stradala, conditiile de sol si imposibilitatea in anumite situatii de a realiza lucrari cu sapatura deschisa recomanda metodele fara sapatura care nu afecteaza infrastructura existenta si care nu produc deranjamente importante caracteristice santierelor deschise.

Puse in balanta din punct de vedere tehnico-economic, metodele fara sapatura deschisa sunt in unele situatii mai avantajoase in raport cu sapatura deschisa. Din acest motiv selectarea metodei de reabilitare reprezinta pasul fundamental in rezolvarea unei probleme dificile.

Se considera ca dezvoltarea metodelor fara sapatura deschisa ca metode de montaj ale conductelor in zone urbane dense va capata o amploare din ce in ce mai mare, odata cu progresul tehnologic important in domeniul specific al acestor metode, coroborat cu cresterea nivelului de aglomerare a tramei stradale.

Datele si experienta acestei lucrari pot sta la baza elaborarii unui Ghid de proiectare tehnologica pentru lucrari de canalizare fara sapatura deschisa prin metoda de reabilitare prin camasuire interioara.

Bibliografie selectiva

- [1] O. Luca – Hidraulica, Editura U.T.C.B., 1986.
- [2] C. Mateescu – Hidraulica, Editura de Stat Didactica si Pedagogica, 1961.
- [3] D. Cioc – Hidraulica, Editura Didactica si Pedagogica, 1975.
- [4] SR 1846/1-2006 – Canalizări exterioare. Prescripții de proiectare. Partea1: Determinarea debitelor de ape uzate de canalizare.
- [5] NP 133/2 – 2013 – Proiectarea, executia si exploatarea sistemelor de alimentare cu apa si canalizare a localitatilor. Partea a II-a. Sisteme de canalizare a localitatilor – Normativ (MDRL), Monitorul Oficial, Partea I nr. 660 din 28.10.2013.
- [6] U.T.C.B., A.R.A., Worldwide Environmental Protection Services - Managementul Apelor Meteorice Urbane - Curs de perfectionare profesionala post – universitara CONSPRESS 2003, ISBN 973-8165-40-7.
- [7] Drobot, R. Serban P. – Aplicatii de hidrologie si gospodarirea apelor, Editura H.G.A., 1999.
- [10] V.A. Stanescu – Hidrologie urbana – Editura Didactica si Pedagogica – Bucuresti, 1995.
- [11] Bentley SewerGEMS V8 XM Edition – User’s Guide, 2013.
- [12] SR 1846/2-2006 - Determinarea debitelor de apă meteorică evacuată prin canalizare.
- [15] Angelescu, M. - Retele edilitare urbane - Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1996
- [16] Drilling Contractors Association, Aachen (DCA-Europe) – DCA Technical Guidelines – information and recomandations for the planning, construction and documentation of HDD – projects. 2nd edition, February 2001.
- [17] Dietrich Stein – Trenchless Technology for Installation of Cables and Pipelines, Stein& Partner, Bochum, Germany, ISBN 3-00-014955-4.
- [18] Dumitrel Furiș, Mircea Eugen Teodorescu, Lucian Sorohan - Calculul structurilor pentru transportul apei - București: Conspress, 2005, ISBN973-7797-65-5.
- [21] R. Letourneux – Bacteriogenic corrosion of concrete – Central Laboratory, Lafarge Aluminates – France, 2002.
- [22] NTPA – 002/2002 M.O. nr. 187/ 20 martie 2002 - Normativ privind conditiile de evacuare a apelor uzate in retelele de canalizare ale localitatilor si direct in statiile de epurare.

- [23] NTPA – 001/2002 M.O. Nr.187/20 martie 2002 - Normativ tehnic privind stabilirea limitelor de incarcare cu poluanti a apelor uzate industriale si orasenesti la evacuarea in receptori naturali.
- [24] UTCB, Catedra ISPA - Efectele impurificatorilor industriali asupra rețelilor de canalizare și a proceselor de epurare - Contract UTCB nr. 272 / 10.09.2003
- [25] M. Sandu – Recomandări pentru calcul tarifelor suplimentare pentru nerespectarea condițiilor de descărcare a apelor uzate în rețeaua de canalizare, ExpoApa, 19-21 mai 2004, CTS-ARA, 2004.
- [26] Isley D.T. and M. Najafi – Trenchless Pipe Renewal – The National Utility Contractors Association (NUCA), Arlington, Va., 1995).
- [37] Najafi, M. – Overview of pipeline renewal methods, Proceedings of Trenchless Pipeline Renewal Design and Construction '99, Kansas, Missouri, November 1-2, 1999.
- [38] Colectiv prof.univ.dr.ing. M. Sandu – Canalizari si epurarea apelor uzate, Bucuresti, 2003.
- [40] Bent, C., Lowe, M., Griffiths, C – Evolution of guidance systems for tunneling. Tunnels & Tunneling International, Issue 7, pp 40 – 43, 1999.
- [41] Kanaby, K. M. – Metode si tehnologii moderne de executie a retelelor de canalizare, Teza de doctorat, 2010.
- [42] Maidl, B., Schmid, L., Ritz, W., Herrenknecht, M., - Tunnel boring machines in hard rock, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2003.
- [43] Lamzo Lining Services – Engineering Manual for Rehabilitation of Cured in Place Pipe, 2004.
- [44] Guice, L. K. and Li J. Y. – Buckling models and influencing factors for pipe renewal design, Design Theory Workshop, North American No-Dig '94, Conference Proceedings, NASTT, Dallas, Tex., 1994.
- [48] Najafi M., Gokhale S. – Trenchless Technology – Pipeline and Utility Design, Construction and Renewal, McGraw Hill, ISBN 0-07-142266-8, 2005.
- [49] Boyce, G.M. and Bried E.M. – Benefit-cost analysis of microtunneling in urban area, Proceedings of No-Dig 1994, Dallas, Tx., 1994.
- [50] Boyce, G.M. and Bried E.M. – Estimating the cost social savings of trenchless technique, Proceedings of No-Dig 1994, Dallas, Tx., 1994.
- [51] FHA – Manual for Controlling and Reducing the Frequency of Pavement Utility Cuts, Federal Highway Administration, Washington DC, 2002.

Bibliografie selectiva

- [52] Hughes D.M. – Assessing to Future: Water Utility Infrastructure Management, American Waterworks Association, Denver, Colorado, 2002.
- [53] Sterling, R.L. – Indirect Cost of Utility Placement and Repair Beneath Streets, Final Report, Underground Space Center, University of Minnesota, March 1994, Minneapolis, 1994.
- [56] Chi Yuan F. – Sewer Sediment and Control: A Management Practice Reference Guide, EPA, Edison, N.J., 2004.
- [58] Liu, H. – Pipeline Engineering, CRC Press, New York, 2003.
- [59] Water Environment Research Foundation – New pipes for old: A study of recent advances in sewer pipe materials and technology, Project 97-CTS-3, Final Report, Alexandria, Va., 2000.
- [60] CALA Romania – Tehnologii No-Dig: Reabilitari de conducte prin camasuire, Inspectie si diagnosticare stare conducte, Curatiri de conducte cu presiune de apa, Sanciaiu de Mures, jud. Mures, 2013.
- [62] Rain, O., Pichler, K. – Metodologia de executare a lucrarilor de reabilitare prin camasuire (CIPP) a conductelor de canalizare, RAMBER Romania, 2012.
- [63] RAMBER Romania – Metodologia de instalare liner, RAMBER Romania, 2012.
- [64] Rain, O., Pichler, K. – Proceduri tehnice de executie reabilitare prin camasuire (CIPP) a conductelor de canalizare, RAMBER Romania, 2012