

# NORMATIV pentru hidroizolarea tunelurilor pentru căi de comunicație cu folii din mase plastice

Indicativ NE 031-04

## ► Cuprins

- \* Generalități
- \* Documente de referință
- \* Terminologie - definiții
- \* Materiale, scule, dispozitive și utilaje
- \* Condiții de proiectare
- \* Tehnologia de execuție
- \* Controlul și calitatea lucrărilor
- \* Reguli de exploatare și întreținere
- \* Măsuri de protecția muncii și P.S.I.
- \* Protecția mediului
- \* Controale, încercări și verificări
- \* Controlul calității și recepția lucrărilor
- \* Considerațiuni finale
- \* Anexe

## 1. GENERALITĂȚI

### 1. Scopul normativului

**1.1.1.** Prezentul normativ cuprinde prevederile cu caracter tehnic și condițiile obligatorii privind proiectarea, executarea și recepția lucrărilor de hidroizolare cu folii din mase plastice a tunelurilor pentru căi de comunicație noi sau existente, împotriva umidității pământului și a apelor cu sau fără presiune hidrostatică.

**1.1.2.** Deoarece hidroizolarea în subteran sau a elementelor care vin în contact cu pământul, este o operație destul de importantă, de ea depinzând tehnologia de execuție a tunelului, condițiile de exploatare a construcției, costul lucrării, durata de viață a construcției, costul întreținerii și a posibilităților de intervenție pe parcursul exploatării, tehnologia cea mai folosită până în prezent, pe plan internațional este cea a hidroizolării cu membrane din mase plastice. Metoda permite o creștere a gradului de etanșeitate prin reducerea numărului de rosturi-petreteri între panouri (pe toată circumferința intradosului sau extradadosului căptușelii se montează o singură folie, petrecerea panourilor se realizează numai în lungul tunelului din 2 m în 2 m) și prin efectuarea unui control riguros al etanșeității îmbinării acestora.

**1.1.3.** Acest sistem de hidroizolare constă în principiu dintr-o membrană continuă din folii din mase plastice în principiu de 2 mm grosime, aplicată flotant pe suprafețele căptușelii tunelurilor supuse acțiunii apei.

**1.1.4.** Pentru asigurarea etanșeității membranei din folii din mase plastice, la proiectare și la execuție, trebuie să se asigure condiții certe de păstrare a continuității membranei hidroizolatoare în ansamblul lucrării și evitarea deteriorării ei datorită lipsei stratului suport neted, continuu și rigid, a măsurilor de protecție sau a neglijențelor din timpul execuției.

**1.1.5.** La redactarea prezentului normativ au fost folosite informațiile din literatura de specialitate, din normele și standardele europene cuprinzând și norme, legislație, tehnologii și materiale moderne.

**1.1.6.** Normativul cuprinde progresul tehnic și tehnologic internațional care s-a atins în acest domeniu de activitate cu efecte favorabile asupra calității, costului și a productivității.

**1.1.7.** Condițiile de utilizare a foliilor pentru hidroizolarea

tunelurilor sunt reglementate în Germania prin normativele ZTV-TUNNEL. Partea I-95 și OS 853 (DB nr. 853 0010/1998), TUV CERT DIN EN ISO 9001, iar în Franța în specificațiile din Fascicola 67-TITLUL III din C.C.T.G. Etancheite des ouvrages souterrains).

## **1.2. Domeniul de aplicare, obiective propuse.**

**1.2.1.** Prescripțiile tehnice din acest normativ se vor folosi la hidroizolarea tunelurilor pentru căi ferate, șosea și metrou. De asemenea se pot utiliza și la hidroizolarea pasajele pietonale din stațiile de cale ferată și de metrou (dacă este cazul).

**1.2.2.** Condițiile prevăzute în aceste norme tehnice nu se referă la proiectarea și executarea hidroizolațiilor la construcții de poduri, hidrotehnice, depozite frigorifice sau a elementelor de construcții situate în medii agresive pentru foliile din mase plastice.

**1.2.3.** Normativul se va aplica atât la construcția tunelurilor noi cât și la lucrările de reabilitare a tunelurilor existente.

**1.2.4.** Scopul hidroizolației este să prevină și să împiedice infiltrarea apelor subterane în interiorul tunelurilor și astfel să protejeze căptușeala interioară de rezistență (acolo unde se aplică sistemul cu două căptușeli) de deteriorările cauzate de acțiunea agresivă a apelor de infiltrație care vin din masiv și trec prin prima căptușeală și să asigure condiții normale de exploatare a lucrărilor.

**1.2.5.** În funcție de tehnologia de execuție, de natura rocilor străbătute, de condițiile de mediu și de starea tehnică a fiecărui tunel aflat în exploatare, în proiecte se vor adopta soluții specifice pentru realizarea hidroizolației cu folii din mase plastice la intradosul sau extradadosul căptușelilor.

În principiu la tunelurile executate în România și care nu au subtraversat cursuri de apă și nu s-au executat sub nivelul pânzelor de apă subterană, hidroizolarea acestora s-a executat pe boltă și în zona zidurilor drepte până la rostul fundație-ziduri drepte.

**1.2.6.** Toate tunelurile pentru căi de comunicație noi se vor realiza pe baza unui proiect de execuție în care să fie tratat sistemul hidroizolator care se va executa. De asemenea proiectul va cuprinde în mod special și întregul sistem de captare, drenare și evacuare a apelor în afara tunelului, în emisar. Se va prevedea în detaliu tratarea muchiilor, a colțurilor concave și convexe, a străpungerilor, a nișelor, portalurilor, etc.

**1.2.7.** Se recomandă beneficiarului ca execuția să fie realizată de unități de construcții specializate și agrementate în execuția unor astfel de lucrări.

**1.2.8.** Vor fi precizate caracteristicile fizico-mecanice pe care trebuie să le îndeplinească toate materialele din alcătuirea sistemului hidroizolator, sculele, dispozitivele și utilajele necesare executării lucrărilor, care vor fi înscrise în certificatele de calitate a furnizorilor și se vor încadra în parametrii prezentați la pct. 7.3. - Condiții generale de calitate.

**1.2.9.** Se va interzice prin proiect schimbarea tehnologiei de execuție a hidroizolației sau a materialelor fără acordul scris al proiectantului și beneficiarului.

**1.2.10.** Pentru asigurarea unei funcționări corespunzătoare a hidroizolației, atât la proiectare cât și la execuție, se va ține seama de următoarele considerații:

- hidroizolația se execută în scopul opririi migrării apei din exteriorul construcției spre interior - infiltrații;
- să se asigure în totalitate protecția structurii de rezistență și a elementelor construcției împotriva acțiunii agresive a apelor de infiltrație;

- să se asigure menținerea echilibrului ecologic și să se evite scurgerea apelor de infiltrație cu materiale în suspensie;
- eliminarea fenomenului de emigrare a apelor subterane în lungul lucrării.
- sistemul hidroizolator trebuie să aibă în componența lui un strat drenant și de protecție a membranei de etanșare.
- se va ține cont de deformațiile elementelor construcției sau a deplasării părților de construcție între ele;
- stratul suport pe care se aplică sistemul hidroizolator să fie rigid, plan, fără denivelări mari sau asperități importante;
- aplicarea membranei hidroizolatoare peste stratul suport nu este condiționată de umiditatea acestuia deoarece aceasta nu se lipește de suport și se montează peste geotextil,

În situația că pe intradosul căptușelii sunt infiltrații mari de apă este necesar să se protejeze provizoriu panourile de membrană care se sudează contra apei. Nu se admite ca sudarea la cald a membranei să se facă pe suprafețe umede.

- o intervenție în timpul exploatării construcției pentru remedierea unei hidroizolații deteriorate sau degradate este foarte dificilă și poate conduce la costuri importante.

**1.2.11.** În funcție de destinația tunelului, la execuție sau la lucrările de reabilitare a acestora, se va respecta instrucțiunile autorității respective și se vor stabili condițiile de lucru sub circulație (semnalizare, restricție viteză, etc).

**1.2.12.** Procesul tehnologic va cuprinde fazele de execuție incluzând parametrii de lucru, controlul calității materialelor și a execuției, măsuri de protecție a muncii și PSI, protecția mediului, etc.

### **1.3. Utilizatori.**

Prescripțiile tehnice din acest normativ sunt destinate specialiștilor din proiectare, executanților lucrărilor de hidroizolare și beneficiarilor care dispun de criteriile necesare alegerii celor mai eficiente variante din punct de vedere tehnic și economic în vederea opririi infiltrării apei subterane prin căptușeala tunelului în interiorul acestuia, fenomen care conduce la degradarea materialului component al structurii de rezistență cât și la inconveniențele în exploatare.

[\[top\]](#)

## **2. DOCUMENTE DE REFERINȚĂ**

### **2.1. Standarde**

1. STAS 7201-65 Materiale plastice. Determinarea masei foliilor și plăcilor.
2. STAS 5886-68 Materiale plastice. Determinarea densității și densității relative.
3. SR ISO 4593-1998 Materiale plastice. Film și folie. Determinarea grosimii prin examinare mecanică.
4. STAS 6142-73 Țesături. Determinarea masei pe metru pătrat și metru.
5. STAS 5088-75 Lucrări de artă. Hidroizolații. Prescripții de proiectare și execuție.

6. STAS 2921-76 Construcții civile, industriale și agrozootehnice. Lucrări de hidroizolații în construcții. Determinarea impermeabilității.
7. STAS 1667-76 Agregate naturale grele pentru betoane cu lianți minerali.
8. STAS 9076-79 Profile din policlorură de vinil pentru etanșarea rosturilor la construcțiile hidrotehnice din beton.
9. STAS 3349/1-83 Betoane de ciment. Prescripții pentru stabilirea gradului de agresivitate a apei.
10. STAS 3349/2-83 Betoane de ciment. Prescripții pentru stabilirea agresivității apei față de betoanele construcțiilor hidrotehnice.
11. STAS 3160/1,2,3-84 Verificarea calității loturilor de produse pe baza nivelului de calitate acceptabil (AQL). Reguli de utilizare a procedeelelor și tabelelor statistice - matematice pentru verificarea calității prin atribute și prin măsurători.
12. STAS4392-84 Căi ferate normale. Gabarite.
13. STAS 6143-85 Produse textile țesute și nețesute. Determinarea rezistenței și alungirii la rupere la tracțiune.
14. STAS 2355/1-85 Construcții civile, industriale și agrozootehnice. Lucrări de hidroizolații în construcții. Clasificare și terminologie.
15. SR ISO 868:1985 Materiale plastice și ebonită. Determinarea durității prin penetrare cu ajutorul unui durometru.
16. SR EN 196-1-1995 Metode de încercări ale cimenturilor. Determinarea rezistenței mecanice.
17. STAS 3622-86 Betoane de ciment. Clasificare.
18. STAS 790-87 Apa pentru betoane și mortare.
19. STAS 1275-88 Betoane. Încercări pe betoane întărite. Determinarea rezistențelor mecanice.
20. STAS 438/1-89 Produse din oțel beton pentru armarea betonului. Oțel beton laminat la cald. Mărci și condiții tehnice de calitate.
21. STAS 8289-90 Tuneluri. Clasificare și terminologie.
22. SR 388: 1995 Ciment portland.
23. SR1500 : 1996 Cimenturi compozite uzuale de tip II, III, IV și V.
24. SR3011 ; 1996 Cimentul cu căldură de hidratare limitată și cu rezistență la agresivitatea apelor cu conținut în sulfat.
25. SR ISO 10318 : 1996 Geotextile – vocabular.

## **2.2. Normative, instrucțiuni, coduri de practică.**

1. C163-1987 Instrucțiuni tehnice pentru folosirea profilelor încastrate din PVC plastifiat, la etanșarea rosturilor elementelor de construcție.

2. C216-83 Norme tehnice pentru utilizarea foliilor din P.V.C. la hidroizolarea construcțiilor subterane și bazinelor.
3. C 56-85 Normativ pentru verificarea calității și recepția lucrărilor de construcții și a instalațiilor aferente.
4. C 112-86 Normativ pentru proiectarea și executarea hidroizolațiilor din materiale bituminoase la lucrările de construcții.
5. C 149-87 Instrucțiuni tehnice privind procedeele de remediere a defectelor pentru elementele din beton și beton armat.
6. NP 075-2002 Normativ pentru utilizarea materialelor geosintetice la lucrările de construcții.
7. C 300-94 Normativ de prevenire și stingere a incendiilor pe durata executării lucrărilor de construcții și instalații aferente acestora.
8. P130-99 Normativ privind urmărirea în timp a construcțiilor.
9. NE 012-99 Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat (partea I - beton și beton armat).

### **2.3. Alte surse.**

1. ZTV-TUNNEL Partea 1-95 Condițiile tehnice suplimentare de contractare și instrucțiuni pentru construirea tunelurilor rutiere. Germania.
2. DS 853/DB 853.0010 – 1998 Planificarea, construirea și întreținerea hidroizolației și drenajelor în tuneluri de cale ferată. Germania.
3. TÜV CERT DIN EN ISO 9001 Calitatea produselor și serviciilor privind condițiile de utilizare a membranelor pentru hidroizolarea tunelurilor. Germania.
4. DIN EN 45001 Certificarea și monitorizarea laboratoarelor federale acreditate DAR pentru produse sintetice. Germania.
5. Pr. nr. 91-50-1996 Hidroizolare tunel cu folii tip PVC-Tronson experimental.
6. Fascicola 67-Titlu III CCTG-Franța-1988 Etancheite des ouvrages souterrains. Cahier de Chausés Techniques Generales applicables aux marchés de Travaux Publics.
7. EN 13256-2001-CEN Geotextile și produse conexe geotextilelor. Caracteristici pentru folosirea în construcția tunelurilor și a structurilor subterane.
8. Pr. Nr 91-265-2001 Implementarea noului sistem de hidroizolarea tunelurilor cu folie din polietilenă de înaltă densitate.
9. Agreement tehnic nr.001-03/357-2001 Membrană din polietilenă de înaltă densitate, conform acordului Comisiei de Agreement Tehnic în Construcții nr. 212040/02.05.2001.
10. Agreement tehnic nr. 001-04/341-1998 Geotextil țesut din fibre polimerice, conform acordului Comisiei de Agreement Tehnic în Construcții nr.7955/01.07.1997.

[\[top\]](#)

### 3. TERMINOLOGIE – DEFINIȚII

Interpretarea unor termeni și definiții se va face conform termenilor și definițiilor de mai jos:

Nr crt.	Termenul	Definiția
1	2	3
1	Banchină	Element de construcție executat la nivelul superior al fundației căptușelii amplasat de o parte și de altă parte a secțiunii și servește pentru circulația personalului de întreținere și pentru amplasarea diferitelor instalații (cabluri, conducte, etc.) în canalele executate în corpul acestora și acoperite cu capace.
2	Barbacană	Gol executat în fundația căptușelii în scopul evacuării apelor de infiltrații din spatele tunelului.
3	Boltă	Partea superioară a căptușelii tunelului până la planul nașterii bolții de formă curbă.
4	Boltă întoarsă	Element de construcție de rezistență care închide secțiunea tunelului la partea inferioară.
5	Bolțar	Element din beton armat prefabricat de formă curbă, folosit la realizarea căptușelii cu metoda scutului.
6	Calotă	Partea superioară a secțiunii de excavare a tunelului, situată deasupra planului nașterii bolții.
7	Canal de scurgere	Element de construcție în lungul tunelului care asigură colectarea și evacuarea apelor din tunel, amplasat lateral sau în axa căii (tunelului).
8	Căptușeală	Element de construcție care asigură susținerea conturului excavat și realizează secțiunea liberă de exploatare a tunelului.
9	Căptușeală exterioară	Element de construcție din beton sau alte materiale, care are rol de susținerea provizorie a conturului excavat al tunelului, preluând parțial împingerile masivului.
10	Căptușeală interioară	Element de construcție din beton, care are rolul de a prelua în final presiunile date de masiv și de a susține hidroizolația.
11	Cheia bolții	Partea cea mai de sus a bolții, în axa tunelului.
12	Defect	Neconformitatea unității de produs cu condițiile stabilite pentru una din caracteristicile sale.
13	Degradare	Modificarea calităților unui material care duce la scăderea valorii acestuia dintr-un anumit punct de vedere (micșorarea caracteristicilor fizice-

mecanice ale acestuia).

- |    |   |   |
|----|---|---|
| 14 | Deteriorare                                     | Acțiunea de a uza, de a strica, de a degrada a unor materiale care alcătuiesc căptușeala tunelului ca urmare a acțiunii agresive a unor agenți externi asupra produsului.   |
| 15 | Durata de viață normală                         | Timpul de funcționare a unui element de construcție din momentul în care a fost pus în funcțiune până la apariția stării limită de echilibru și de rezistență, de asigurare a capacității portante a elementului. |
| 16 | Elemente de prindere a sistemului hidroizolator | Piese, dispozitive sau adezivi și soluții de lipire a hidroizolației pe startul suport până la realizarea căptușelii de susținere a acesteia.   |
| 17 | Emisar  | Apă de suprafață curgătoare sau stătătoare (curs de apă, lac, bazin artificial) în care deversează apele colectate din lungul tunelului, a platformei căii ferate, etc.   |
| 18 | Eșantion  | Una sau mai multe unități de produs prelevate aleator dintr-un lot destinate să furnizeze o informație asupra lotului și eventual să servească drept bază pentru a genera lotul de produse respectiv.             |
| 19 | Etanș   | Calitatea unui produs care este perfect închis și nu permite să intre sau să iasă apa sau alt lichid sau gaz.   |
| 20 | Etanșare  | Complexul de lucrări executate la un tunel prin care se asigură oprirea trecerii apelor de infiltrație prin căptușeala acestuia   |
| 21 | Exfiltrație                                     | Fenomenul de trecere a apei din interiorul tunelului la exteriorul căptușelii la galeriile hidrotehnice sau de canalizare.  |
| 22 | Exigență (cerință)                              | Intențiile impuse de beneficiarii de lucrări asupra necesității respectării de antreprenor a calității execuției lucrărilor.  |
| 23 | Extrados  | Suprafața exterioară a căptușelii tunelului care vine în contact cu roca.   |
| 24 | Extrudare                                       | Procedeu de prelucrare a materialelor (metale, mase plastice) prin deformare plastică, constând în trecerea forțată a materialului, supus unei forțe de compresiune printr-o matriță de formă adecvată.           |
| 25 | Front de lucru                                  | Suprafața frontală (de atac) a unei secțiuni de excavare, de lucru care se deplasează pe măsura avansării acesteia în direcția de înaintare.  |
| 26 | Fundația  | Partea inferioară a căptușelii tunelului prin care  |

	căptușelii	se transmit la terenul de fundare încărcările și împingerile preluate de căptușeală provenite din presiunea masivului muntos străbătut.
27	Gabarit de construcție	Contur geometric transversal limită, în plan vertical perpendicular pe axa tunelului, al secțiunii interioare al acestuia, care trebuie să asigure, cu unele rezerve de siguranță, înscrierea gabaritului de liberă trecere specific mijlocului de transport al căii de comunicație respective și restul utilităților.
28	Gaură de șobolan	Galerii care fac legătura între golul creat în piciorul drept al tunelului și galeria superioară de la extradadosul căptușelii. Se folosește la tunelurile existente pentru lucrări de reparații la extradados cu acces din interiorul construcției.
29	Hidroizolație	Element de construcție care protejează căptușeala tunelului la extradados contra acțiunii distructive a apelor și împiedică pătrunderea acestora în interiorul construcției.
30	Hidroizolație intermediară	Hidroizolația executată pe intradosul căptușelii exterioare, între cele două căptușeli, în scopul protejării căptușelii interioare de rezistență contra infiltrațiilor de apă și a acțiunii de degradare.
31	Imputrescibi-litate	Calitatea unui material de a rezista la acțiunea microorganismelor care provoacă putrezirea.
32	Inel	Tronson de căptușeală în lungul tunelului, cuprins între planurile perpendiculare pe axa tunelului a două rosturi succesive.
33	Inel primar	Inel realizat din bolțari care constituie structura de rezistență a tunelului de metrou.
34	Inel secundar	Inel realizat din beton armat monolit pentru susținerea hidroizolației sau pentru etanșarea tunelurilor de metrou.
35	Infiltrație	Fenomen de pătrundere a apelor din masiv prin căptușeala tunelului la intradosul acestuia.
36	Injectie	Operație de introducere sub presiune, de diverse materiale (mortar, lapte de ciment, bentonită, silicați, polimeri, etc), în masa căptușelii tunelului sau la extradadosul acesteia, în masiv cu scopul de a opri fenomenul de infiltrare a apelor în interiorul tunelurilor.
37	Înnădire	Operația de petrecere și lipire a foliilor din mase plastice între ele care alcătuiesc membrana hidroizolatoare pentru asigurarea continuității ei.
38	Intrados	Conturul interior al căptușelii tunelului sau al secțiunii libere la tunelurile fără căptușeală.
39	Jomp sau	Mic bazin amenajat la partea interioară a



	bașă	secțiunii în scopul colectării temporare a apelor de infiltrație înainte de evacuarea acestora la suprafață cu ajutorul pompelor.
40	Lungimea tunelului	Distanța măsurată pe axa tunelului între fețele exterioare ale portalurilor. La metrou se scad lungimile stațiilor.
41	Mase plastice	Produs sintetic obținut prin condensarea sau polimerizarea unor compuși de celuloză, a unor compuși organosilici, a fenolilor cu formaldehidă sau cu furfurool, a formaldehidei cu caseină, a acetilenei sau a etilenei, etc.
42	Molon	Bloc de piatră, cioplit special, pentru realizarea feței văzute a căptușelii și a portalului.
43	Membrană	Termen generic dat stratului hidroizolator de bază, alcătuit din PVC sau polietilenă de înaltă densitate de 1,5-2 mm grosime.
44	Nașterea bolții	Partea inferioară a bolții căptușelii care reazemă pe picioarele drepte.
45	Nișă	Spațiu amenajat în pereții căptușelii la nivelul căii de rulare pentru adăpostirea personalului de exploatare, vagonetelor de cale, depozitării de materiale și scule în timpul exploatarea tunelului.
46	Peliculă	Strat subțire dintr-un anumit material depus pe suprafața unui corp (intradusul tunelului).
47	Polată	Construcție din beton armat (cadre și planșeu sub formă de L) executate la zi pentru protejarea căii de comunicație contra căderilor de stânci sau avalanșe.
48	Policlorură de vinil P.V.C.	Clorură de vinil polimerizată. Este o masă plastică ale cărei proprietate variază cu gradul de polimerizare și este rezistent la atacul agenților chimici, la acțiunea radiațiilor solare și la căldură.
49	Poliester	Compus de polimerizare a stirenului, rezistent la acțiunea apei, a acizilor și a bazelor.
50	Polietilenă	Produs de polimerizare a etilenei obținut la temperaturi de peste 400 <sup>0</sup> și presiune de 200 at.
51	Portal	Construcție din beton sau zidărie de piatră care face legătura dintre tunel și tranșeea de acces și are rol de a evita căderile de material de pe taluze la gura tunelului și de a consolida această porțiune.
52	Profil de etanșare tip PVC	Bandă profilată din PVC, conform STAS 9076-76, pentru etanșarea rosturilor de construire.
53	Radier	Element de construcție între fundațiile căptușelii tunelului, executat la partea inferioară a

		căptușelii închizând secțiunea.
54	Rambleiere	Operația de umplere cu material (piatră brută) a golurilor rămase în spatele căptușelii sau a galeriilor dezafectate.
55	Rost sau șmoartă	Spațiu care separă două inele succesive.
56	Rostuire	Operația de umplere a rosturilor dintre blocurile de piatră sau beton ale unei zidării sau dintre bolțarii de metrou.
57	Saltea de amortizare	Strat din pământ sau din zidărie uscată din piatră brută, executat deasupra inelelor de căptușeală executate la zi, în scopul protejării capetelor tunelului contra căderilor de stânci și a amortizării șocului de cădere a stâncilor pe tunel.
58	Saltea drenantă	Zidărie uscată din piatră brută, așezată îngrijit între intradosul conturului excavat și hidroizolația de pe extradadosul căptușelii, având rolul de a colecta și conduce la rigole și barbacane apele de infiltrație din masiv și de a umple golul tehnologic rămas la execuție.
59	Stratul suport al hidroizolației	Suprafața pe care se aplică hidroizolația. Aceasta trebuie să fie pregătită corespunzător: să fie plană, curată, să nu prezinte denivelări și proeminențe ascuțite.
60	Șapă de protecție	Strat de protecție a hidroizolației de la intradosul căptușelii, care vine în contact direct cu roca din masiv.
61	Termo-sudare	Operațiunea de realizare a îmbinării a două folii din mase plastice prtn sudare cu ajutorul temperaturii prin aducerea materialului în stadiul de întrepătrundere fără a se lichefia-topi materialul în profunzime.
62	Vatră	Partea inferioară a unei galerii.

[\[top\]](#)

## 4. MATERIALE, SCULE, DISPOZITIVE ȘI UTILAJE

### 4.1. Materiale de bază.

Pentru realizarea sistemului hidroizolator cu folii din mase plastice, materialele utilizate se împart în două categorii:

- materiale principale, constituind materialele de bază pentru alcătuirea hidroizolației;
- materiale auxiliare care contribuie la fixarea, protecția materialelor de bază.

Caracteristicile materialelor care urmează a fi folosite sunt analizate în Capitolul 7 - Controlul și calitatea lucrărilor.

Deoarece materialele pentru hidroizolarea tunelurilor au o evoluție rapidă pe piață, executantul funcție de aceste caracteristici și cerințe va alege, cu acordul beneficiarului și avizul proiectantului, firma furnizoare, după ce aceste materiale au fost agrementate de unitățile de specialitate din țară.

Materialele pentru hidroizolarea tunelurilor se aprovizionează de antreprenor numai dacă acestea au fost agrementate de unitățile de specialitate din țară.

**4.1.1.** Stratul din material geotextil, cu o grosime medie de 5 mm se aplică pe stratul suport (intradosul căptușelii exterioare sau extradosul căptușelilor vechi) cu rol de protecție a foliei hidroizolatoare împotriva deteriorării datorită unor neomogenități a stratului suport.

Geotextilele sunt textile industriale fabricate din fibre sintetice, sunt subțiri, permeabile, la apă și aer, durabile, rezistente la întindere și la alte solicitări, rezistente la coroziunea chimică și biologică. Ele sunt permeabile în timp.

Rolul de bază al materialului din geotextil este acela de strat drenant al apelor infiltrate din masiv.

**4.1.2.** Stratul din folie din mase plastice de 2 mm grosime din PVC, din polietilenă de înaltă densitate sau din polipropilenă denumit "membrană" care are rolul să prevină și să împiedice infiltrarea apelor subterane în interiorul tunelurilor și astfel să protejeze căptușeala interioară de rezistență de deteriorările cauzate de acțiunea agresivă a apelor de infiltrație care vin din masiv.

**4.1.3.** Folie regenerată din PVC de 1,2-1,5 mm grosime cu rol de a proteja folia hidroizolatoare "membrana" în câmp sau în zona rosturilor de betonare la execuția căptușelii interioare din beton armat.

## **4.2. Materiale de fixare și auxiliare**

**4.2.1.** Bolțuri din oțel sau duraluminiu cu diametrul de 3 mm și lungimea de 37 mm care se implantează prin împușcare în stratul suport (căptușeala) pentru montajul materialului geotextil și al foliilor din material plastic.

La alegerea tipului de bolț și de capse (pe culori) se va ține seama de clasa betonului din căptușeală.

**4.2.2.** Șaibe metalice cu diametrul de 23 mm și grosimea de 2 mm și din material plastic fixate pe bolțuri.

**4.2.3.** Rondelă cu o geometrie specială cu diametrul exterior de 80 mm din același material ca folia hidroizolatoare sau alt material compatibil pentru montajul prin sudură cu aer cald al foliei hidroizolatoare de acestea.

**4.2.4.** Șnur pentru sudură prin extrudare. Folosește la etanșarea peticelor.

**4.2.5.** Capse de 6.8/11 M pentru implantarea bolțurilor.

**4.2.6.** Săpun lichid pentru verificarea etanșității peticelor.

**4.2.7.** Materialele auxiliare utilizate la realizarea sistemului de hidroizolare trebuie să corespundă cu condițiile din proiect, caietul de sarcini, certificatul de conformitate și instrucțiunile de utilizare ce care sunt însoțite la livrare.

## **4.3. Scule, dispozitive și utilaje.**

Aceste elemente necesare aplicării tehnologiei de execuție a sistemului de hidroizolare în ansamblu, asigură realizarea îmbinării materialului geotextil și al foliilor din mase plastice și de asemenea se folosesc la controlul calității îmbinării foliilor.

**4.3.1.** Pistol pentru implantarea bolțurilor.

**4.3.2.** Aparat manual cu aer cald, pentru lipirea cu jet de aer (sudura) a materialului geotextil și a foliilor din material plastic, cu posibilități de reglare a temperaturii în intervalul 0-600<sup>0</sup> C, cu duze speciale de dirijare a aerului cald.

**4.3.3.** Rolă presare normală din neopren rezistent la temperaturi până la 800<sup>0</sup> C, prevăzută cu șanț transversal de 10 mm lățime.

**4.3.4.** Agregat pentru îmbinarea prin sudură automată cu aer cald a foliilor din mase plastice tip PVC sau din polietilenă de înaltă densitate cu temperatură reglabilă de la 0-600<sup>0</sup>C.

**4.3.5.** Stabilizator automat de tensiune cu autonomie de 30 de minute pentru protecția aparatelor și agregatelor de sudură cu aer cald împotriva variațiilor tensiunii electrice din rețea, dacă este cazul.

În cazul întreruperii alimentării cu energie electrică din rețea stabilizatorul continuă să furnizeze energie proprie aparatului manual sau a agregatului automat de sudură cu aer cald timp de 30 de minute.

**4.3.6.** Aparat Lance cu extruder de ceramică, cu șnur de sudură din același material cu folia pentru lipire cu adaus de material. Se utilizează la aplicarea peticelor pe zonele de folie cu defecte (folie

perforată, petrecerea foliilor neetanșe, etc).

**4.3.7.** Schelă de montaj mobilă pentru montarea sistemului hidroizolator amenajată corespunzător pentru evitarea deteriorării membranei, prevăzută cu sistem de ridicat sulul de folie cu mijloace mecanice cât și cu sistem hidraulic de proiectare a foliei pe intradosul curb al căptușelii.

**4.3.8.** Dispozitiv telescopic de formă semicirculară sau ovală, pentru fixarea fâșiilor de geotextil și folie hidroizolatoare pe zona bolții în axul tunelului, montat pe schelă cu posibilitate de reglare în plan orizontal și vertical.

**4.4. Dispozitive și aparatură pentru verificarea calității îmbinărilor și a continuității foliei.**

**4.4.1.** Dispozitiv de vacuum constituit dintr-un clopot legat de o pompă de vacuum pentru presiune de circa -2 bari folosit la verificarea zonelor peticite.

**4.4.2.** Pompa manuală de presiune (tip auto) prevăzută cu furtun, cu o duză tip seringă echipată cu manometru pentru verificarea la presiune de 1,5-2 atm a cordoanelor de sudură;

**4.4.3.** Clești speciali tip menghină pentru obturarea canalelor dintre cordoanele de sudură la extremități, în vederea măsurării presiunii pentru verificarea etanșeității îmbinărilor foliilor tip "membrană";

**4.4.4.** Scule pentru tăierea membranelor: cuțite;

**4.4.5.** Nivelă cu bulă de aer mai lungă de 0,50 m și precizie de 5";

**4.4.6.** Instrumente obișnuite de măsurat lungimi (rulete metalice, etc.;

[\[top\]](#)

## 5. CONDIȚII DE PROIECTARE

### 5.1. Domeniul de noutate și avantajele soluției

**5.1.1.** În România stadiul actual de cunoaștere și aplicare a sistemului de hidroizolare a tunelurilor cu folii din mase plastice este rezultatul cercetărilor, proiectării, testării și aplicării acestor materiale, în faza de cercetare pe un micropilot și apoi, ca urmare a vizitelor de documentare tehnică efectuate de specialiștii din calea ferată (beneficiar, cercetare, proiectare și execuție) în Franța și Germania, când în anul 1996 s-a trecut la aplicarea sistemului la hidroizolarea tunelurilor feroviare și de șosea. Este de menționat că nivelul tehnic la care s-a ajuns în țară, în proiectare și execuție, este comparabil cu ceea ce se practică în prezent în țările din Uniunea Europeană (Franța, Germania, Austria, Belgia).

**5.1.2.** Materialele, aparatura și dispozitivele utilizate în prezent în țară la hidroizolarea tunelurilor sunt importate și agrementate de statul român și au la baza certificate de calitate emise de laboratoarele autorizate de Uniunea Europeană.

**5.1.3.** Față de sistemele practicate anterior sistemul de hidroizolare cu folii din mase plastice, asigură eliminarea infiltrațiilor de apă în totalitate, fapt ce contribuie la îmbunătățirea stării tehnice a structurii tunelurilor, la mărirea duratei de viață a construcțiilor și la crearea condițiilor normale de circulație a vehiculelor.

**5.1.4.** Avantajele soluției de hidroizolare a tunelurilor pentru căi de comunicație cu folii din mase plastice constă în faptul că se reduce numărul petrecerilor-rosturilor de îmbinare (folia în secțiune transversală se realizează de lungimea intradosului tunelului), se realizează etanșare certă a petrecerilor prin două cordoane de sudură cu aer cald, care se execută simultan de aparatul automat de sudură, se poate verifica continuitatea cordoanelor de sudură la o presiune de 2 atmosfere, se mărește productivitatea muncii și se reduc și costurile.

**5.1.5.** După poziționarea în secțiune transversală a straturilor hidroizolatoare, avem :

- hidroizolarea tunelurilor sub formă de umbrelă (numai boltă și pe zona picioarelor drepte până la rostul fundație-picioare drepte)-Figura 1;

- hidroizolarea tunelurilor sub formă de anvelopă (pe tot conturul) atunci când tunelul se execută sub nivelul pânzei de apă subterană; uzual această soluție se poate aplica la metroul care se execută în straturi acvifere.

**5.1.6.** După poziția față de căptușeala tunelului, hidroizolația din folie din mase plastice se poate aplica la extradadosul căptușelii, între două căptușeli sau la intrados (Fig. 1).

**5.1.7.** Sistemele de alcătuire a hidroizolației prevăzute în aceste norme tehnice sunt considerate ca soluții minimale, având în vedere că pe plan mondial se găsesc o multitudine de folii din mase plastice de diverse compoziții chimice cu caracteristici fizico-mecanice variabile, performante, care răspund la cerințele generate de condițiile de mediu unde se aplică.

**5.1.8.** Sistemele de hidroizolare propuse se recomandă pentru tunelurile supuse acțiunii apelor pluviale, freatice, neagresive sau agresive intens evidențiate în STAS 3349/1-83.

**5.1.9.** Hidroizolația trebuie să fie continuă și aplicată pe toată suprafața elementelor cărora acționează apa.

Dacă unele porțiuni ale suprafeței elementelor sunt supuse la acțiuni diferite, se va rezolva distinct fiecare caz, specificându-se măsurile suplimentare (profile din PVC pentru rosturi, etc.) sau chiar schimbarea sistemului de hidroizolare (hidroizolare sistem umbrelă se trece la hidroizolare sistem anvelopă).

**5.1.10.** La proiectarea sistemului de hidroizolație cu folii din mase plastice, caietul de sarcini trebuie să conțină prevederi precise specifice stării tehnice a fiecărei construcții (tunel), cu măsurile care se cer pentru executarea unor lucrări de calitate corespunzătoare cât și în ceea ce privește calitatea materialelor folosite.

## **5.2. Realizarea stratului suport al hidroizolației.**

**5.2.1.** Pregătirea suprafeței pe care se montează sistemul de hidroizolație la intradosul căptușelii exterioare sau la extradadosul căptușelii existente a tunelului se realizează prin executarea unor lucrări speciale în funcție de materialele de construcție utilizate la realizarea tunelului și de tehnologia aplicată.

**5.2.2.** Tunelurile vechi executate din zidărie de cărămidă, zidărie de piatră sau din beton vor putea fi hidroizolate prin aplicarea sistemului de hidroizolare cu folii din mase plastice, la extradadosul acestora, cu efectuarea lucrărilor de reparații cu ocazia executării lucrărilor de reparații capitale.

În cadrul acestor lucrări, prin caietul de sarcini, se vor face precizări suplimentare privind necesitatea realizării unor finisaje de calitate, prin care să se obțină pe extradadosul căptușelii o suprafață netedă prin realizarea unei șape din beton clasa C12/15 de consolidare, nivelare, fără denivelări mai mari de 1,00 cm, fără muchii ascuțiți și asperități.

În caz că la extradadosul căptușelii, la rosturile dintre inele, sunt decalaje mari (trepte) de 5-10 cm, acestea se vor desființa realizându-se șape de racordare.

**5.2.3.** La tunelurile executate cu metoda scutului căptușeala exterioară este realizată din bolțari prefabricați din beton armat monolit cu ajutorul unui erector montat pe scut. În timpul manipulărilor, la transportul bolțarilor și la montajul acestora se pot produce deteriorări superficiale (ciobiri, striviri, decalaje între bolțari, etc).

5.2.3.1. Pentru avansarea corectă a scutului, după ce s-a efectuat excavarea secțiunii tunelului, prin sprijinirea preselor de avans în ultimul inel de căptușeală exterioară din bolțari este necesar ca în rosturile din lungul tunelului să se introducă fururi cu secțiune variabilă, din lemn sau teșo, care uneori depășesc intradosul bolțarilor creând probleme la montarea hidroizolației. Aceste fururi sunt necesare pentru dirijarea scutului și înscrierea acestuia în parametrii proiectați atât în plan orizontal cât și în plan vertical.

5.2.3.2. Intradosul căptușelii exterioare realizată din bolțari (stratul suport) este necesar să fie pregătit fără denivelări, asperități sau proeminente care să nu producă deteriorarea foliilor din mase plastice. Lucrările impuse a se executa sunt evidențiate în Capitolul 6.

## **5.3. Montarea stratului de protecție a hidroizolației.**

Stratul de protecție pentru folia hidroizolatoare, denumită membrană se montează pe stratul suport-căptușeala tunelului, în două

variante (pregătit conform pct. 5.2).

- Montarea acestuia pe intradosul căptușelii existente a tunelurilor noi executate cu metoda scutului și cu noua metodă austriacă cu ancore, plasă de sârmă și torcret (tuneluri cu două căptușelii).

- Montarea geotextilului pe extradadosul căptușelii tunelurilor existente.

**5.3.1.** Stratul de protecție este din material geotextil cu grosimea de 5 mm și o greutate de 600 g/m<sup>2</sup> la tunelurile neimersate sau de 10 mm grosime pe radier la tunelurile imersate și are rolul de a proteja folia hidroizolatoare tip membrană. De asemenea geotextilul are rolul de a drena apele de pe intradosul căptușelii exterioare și a le conduce la sistemul de colectare și evacuare de la nivelul banchinelor.

De asemenea geotextilul mai are rolul de a uniformiza presiunile date de masiv pe extradadosul căptușelii interioare și a evita concentrarea de eforturi pe zonele cu denivelări ale stratului suport.

**5.3.2.** Montarea stratului de geotextil se face cu bolțuri din oțel, împușcate prevăzute cu șaibe metalice la o distanță de 4-5 cm de marginea covorului de geotextil. Fixarea acestuia pe intradosul căptușelii exterioare se face pornind de la rostul banchină-căptușeală interioară stânga (dreapta) spre cheia bolții și apoi spre rostul banchină-căptușeală interioară dreapta (stânga).

Distanța dintre bolțuri variază între 1,00 m și 1,50 m în ambele sensuri. Distanța de 1,00 m se utilizează în special pe zona cheii bolții și la nișe. Stratul de geotextil trebuie să acopere complet semituburile montate pe banchină, care asigură colectarea apelor infiltrate prin căptușeala exterioară, pe ambele părți ale tunelului cât și barbacanele (Fig. 3).

La fixarea geotextilului se va avea în vedere ca el să fie montat lejer pe intradosul căptușelii și să se evite tensionarea lui.

**5.3.3.** Fâșiile adiacente de covor se vor petrece pe o lățime de 10 cm iar îmbinarea lor se va realiza prin coaserea cu ață sau prin sudură (lipire) cu aer cald, urmărindu-se ca fâșia următoare să acopere capetele bolțurilor de fixare, marginale pentru a se evita deteriorarea foliei hidroizolatoare după ce s-a betonat căptușeala interioară de rezistență.

**5.3.4.** Pentru executarea hidroizolației la extradadosul căptușelii existente, în cadrul lucrărilor de reparații capitale, stratul de geotextil se va monta pe suprafața suport pregătită în mod corespunzător conform pct. 5.2.3.2., procedându-se în același fel ca la pct. 5.3.3 dar cu adaptările necesare în funcție de situațiile specifice de la fiecare tunel. Aceste reglementări se vor găsi în caietul de sarcini ale proiectului de execuție.

#### **5.4. Montarea foliei hidroizolatoare din mase plastice denumită "membrană".**

**5.4.1.** Stratul din folie din mase plastice pentru hidroizolarea tunelurilor la intrados sau la extradados se poate realiza din :

5.4.1.1. Folie din mase plastice tip P.V.C. plastifiat, translucidă de 2 mm grosime de 1,75-2,00 m lățime, cu rolul de a opri complet infiltrarea apelor în tunel.

5.4.1.2. Folie din polietilenă de înaltă densitate de 1,5-4 mm grosime de 2,08 m lățime, de culoare neagră, livrată în suluri de 20-50 m lungime fabricată prin extrudare, cu rolul de a etanșa structura tunelului, nepermițând accesul apelor subterane infiltrate prin căptușeala exterioară către interiorul acestuia, prevăzută cu un strat alb de avertizare.

#### **5.5. Montarea stratului de protecție din folie neagră din P.V.C. regenerată de 1,5 mm grosime, de 1,75 m lățime.**

**5.5.1.** Folia neagră are rolul de a proteja stratul din folie translucidă tip PVC, plastifiat de 2 mm grosime, montată anterior, de eventualele deteriorări ce pot interveni în timpul montării armăturilor sau a montării cofragului de betonare a căptușelii interioare.

**5.5.2.** Folia neagră de protecție se poate monta numai după ce în prealabil s-a verificat și recepționat stratul hidroizolator tip membrană, conform prevederilor din art. 5.4.

**5.5.3.** Folia neagră de protecție trebuie să acopere în întregime folia tip membrană și este montată prin lipirea de acesta prin sudură termică, în puncte, executate cu aparatul manual.

**5.5.4.** Montarea-fixarea de membrană se face cu suficientă lejeritate pentru a evita tensionarea și deteriorarea în timpul betonării căptușelii interioare.

**5.5.5.** La sistemul hidroizolator din folie din mase plastice din polietilenă de înaltă densitate se renunță la stratul de protecție de la intrados cu folie neagră de 1,5 mm grosime, deoarece folia tip membrană de 2 mm grosime este prevăzută pe una din fețe cu o peliculă de culoare albă, de avertizare, care are rolul de a scoate în evidență eventualele zone unde folia s-a degradat, străpuns, zgâriat, în timpul execuției.

Stratul de culoare albă se montează spre interiorul tunelului, spre zona unde se montează armătura necesară realizării căptușelii interioare de rezistență, pentru a se putea verifica vizual integritatea foliei.

Pe zonele de închidere a cofragului de betonare, la rosturile dintre inele se montează strat de protecție a membranei realizat din folie de 1,5 mm grosime (o bandă de 40 cm lățime pe tot conturul) montată simetric față de rost, 20 cm stânga-20 cm dreapta.

## **5.6. Montarea foliei din mase plastice hidroizolatoare tip membrană la extradados.**

Executarea lucrărilor pentru montajul sistemului de hidroizolare la extradadosul căptușelilor tunelurilor vechi este diferită de cea aplicată la intradosul căptușelii exterioare și implică măsuri specifice pentru spațiul redus în care se desfășoară lucrările.

**5.6.1.** Fazele principale de desfășurare a lucrărilor sunt:

- determinarea lungimii reale a zonei extradadosului pe care se montează hidroizolația;
- stabilirea punctului cel mai îndepărtat din interiorul tunelului de la care începe aplicarea foliei din mase plastice spre ieșire;
- debitarea foliei la dimensiunea corespunzătoare lungimii reale a extradadosului și transportarea sulului din folie pe platforma de la intrarea în galeria de creștet de la extradados;
- pregătirea extradadosului căptușelii după ce s-au executat excavațiile în coborători până la cota din proiect, între două ferme de sprijinire a conturului excavat;
- montarea stratului din geotextil de protecție a hidroizolației cu ajutorul bolțurilor echipate cu șaibe metalice și fixarea rondelilor din material plastic de 80 mm diametru exterior pe stratul de protecție conform schemei stabilite prin proiectul de execuție al lucrărilor;
- montarea foliei hidroizolatoare prin derularea acesteia, pornind dintr-o parte a extradadosului spre cheie, continuând spre partea opusă până la nivelul rigolei de colectare a apelor de la extradados (Fig. 8), concomitent cu fixarea foliei de rondelile din material plastic prin sudură cu aer cald cu utilizarea aparatului manual cu jet de aer cald și rolă de presare din neopren-teflon;
- îmbinarea dintre benzile adiacente de folie suprapuse pe o lățime de 8-10 cm fiecare se realizează cu agregatul automat de sudură cu aer cald cu canal transversal de 10 mm;
- executarea șapei de protecție a hidroizolației din beton C12/15 armat cu o plasă de oțel beton  $\phi$  8 mm cu ochiurile de 10x10 cm; grosimea șapei de protecție va fi 8-10 cm;
- executarea zidăriei uscate din piatră brută între extradadosul șapei de protecție a hidroizolației și intradosul conturului excavat până la limita galeriei de creștet vizitabile;
- executarea galeriei de creștet vizitabile.

**5.6.2.** Pentru asigurarea protecției foliei hidroizolatoare la exterior, după montaj, accesul persoanelor peste aceasta este permis numai cu cizme din cauciuc. Se poate asigura protecția provizorie utilizând scânduri de brad cu muchii rotunjite pe suprafața destinată circulației minerilor.



**5.6.3.** Pentru controlul calității privind asigurarea continuității hidroizolației, se vor efectua testele cu aer sub presiune injectat în canalul liber rezultat în urma îmbinării prin sudură a celor două folii adiacente. Controlul se efectuează înainte de executarea șapei de protecție a hidroizolației.

## **5.7. Montarea foliei hidroizolatoare din mase plastice tip membrană între două căptușeli.**

**5.7.1.** Sistemul de hidroizolare cu amplasarea acestuia pe intradosul căptușelii exterioare, se aplică în general la tunelurile noi alcătuite din două căptușeli, cu montarea membranei între căptușeli la care se aplică tehnologiile moderne de realizarea tunelurilor (metoda scutului, metoda nouă austriacă) și chiar la tunelurile cu execuție la zi în tranșee deschise cu utilizarea pereților mulați la susținerea pereților săpăturii.

**5.7.2.** După ce s-a montat sistemul hidroizolator pe intradosul căptușelii exterioare auxiliare, se trece la betonarea căptușelii interioare de rezistență, care este protejată de hidroizolație, contra acțiunii agresive a apelor subterane.

**5.7.3.** Aplicarea foliei hidroizolatoare tip membrană se execută pe stratul drenant și de protecție a foliei din mase plastice, realizat din material geotextil cu grosimea de 5 mm, fixat anterior pe intradosul căptușelii prin bolțuri.

**5.7.4.** Realizarea acestor lucrări se desfășoară în mai multe faze care vor fi detaliate în Cap. 6- Tehnologia de execuție.

## **5.8. Montarea foliei din mase plastice hidroizolatoare tip membrană în zona nișelor, refugiilor, portalurilor, rosturilor de construcție sau betonare.**

**5.8.1.** Nișele și refugiile sunt amenajări executate în interiorul tunelului în căptușeala acestuia având partea inferioară (radierul) la nivelul căii de circulație (Fig. 10).

**5.8.2.** Pentru a se asigura în aceste zone captarea și evacuarea apelor de infiltrație în afara tunelului, se utilizează același sistem de hidroizolare cu cel de la lucrarea de bază (tunel).

**5.8.3.** După executarea străpungerii căptușelii exterioare în zona picioarelor drepte la nivelul căii de circulație și profilarea conturului nișei (mici, mari, cameră specială) se execută betonarea fundației și a căptușelii exterioare a nișei, inclusiv canalul de colectare și evacuare ape de la baza acesteia. Pereții nișei se racordează la picioarele drepte ale căptușelii prin scafe din mortar de ciment, rezultând muchii rotunjite care nu degradează sistemul hidroizolator.

**5.8.4.** Pe intradosul căptușelii exterioare a nișei se montează stratul drenant și de protecție din geotextil cu grosimea de 5 mm și se execută îmbinarea acestuia cu cel aplicat pe intradosul căptușelii exterioare a tunelului prin sudură cu aer cald cu aparatul manual de sudură.

Stratul de protecție drenant din geotextil este fixat pe intradosul căptușelii exterioare a nișei cu ajutorul bolțurilor din oțel prevăzute cu șaibe metalice și rondelile speciale din material plastic.

**5.8.5.** Se montează lejer folia hidroizolatoare din mase plastice, denumită membrană, pe intradosul căptușelii exterioare a nișei peste geotextil și se fixează prin sudură cu aer cald de rondelile speciale din material plastic.

Foliile din mase plastice tip membrană se îmbină între ele prin petrecere de 8 cm și se sudează cu aer cald cu ajutorul automatului de sudură, realizându-se un canal de 10 mm între cele două cordoane sudate.

**5.8.6.** Se realizează racordarea membranei hidroizolatoare de pe intradosul nișei cu membrana hidroizolatoare de pe intradosul căptușelii exterioare a tunelului.

Deoarece există suprafețe curbe atât în plan transversal cât și longitudinal, trebuie ca membrana hidroizolatoare să se muleze pe aceste suprafețe, fiind necesar să se monteze bucăți de membrană, de formă triunghiulară, asigurându-se etanșeitatea acestora prin sudură cu aer cald și realizarea pe conturul peticelor matura cu șnur prin extrudare.

**5.8.7.** La racordarea celor două membrane, în zona colțurilor și a tavanelor nișei, se aplică o bandă de protecție din același material, peste folia din tunel îmbinate prin sudură cu aer cald.

**5.8.8.** Sistemul hidroizolator se va prelungi peste sistemul de colectare și evacuare a apelor respectându-se detaliile din proiectul de execuție și prevederile caietului de sarcini.

**5.8.9.** Se betonează căptușeala interioară a nișei.

**5.8.10.** Aceiași tehnologie se aplică și în zona de racordare a hidroizolației de pe căptușeala tunelului pe portaluri.

**5.8.11.** Pe zona rosturilor de betonare dintre inele cât și a rosturilor de construcție este necesar să se ia măsuri suplimentare de asigurare a continuității hidroizolației și de evitare a degradării sistemului hidroizolator din cauza eventualelor tasări inegale dintre inele.

**5.8.12.** Rosturile de construcție și cele de turnare (betonare) dintre inele se tratează prin etanșare elastică în rosturile structurii (garnituri la elementele prefabricate, benzi și tole de etanșare în rosturile elementelor de beton armat monolit, având ca referință prevederile din STAS 9076-79) ([Fig. 11](#)).

**5.8.13.** La rosturile de construcție și în special cele de betonare dintre inele se poate asigura etanșeitatea sistemului hidroizolator și prin realizarea unui pliu (îndoirea membranei hidroizolatoare sistem armonică) pe 40 cm lățime având în vedere că membranele hidroizolatoare din folie de polietilenă de înaltă densitate au o alungire de 500 % ([Fig. 11 d](#)):

## **5.9. Sistemul de colectare și evacuare a apelor de infiltrație din tunel.**

**5.9.1.** Sistemul de colectare și evacuare a apelor prezintă particularități generate de modul de aplicare a sistemului de hidroizolare cu membrane din mase plastice la intrados sau la extradados și de sistemele de colectare și evacuare a apelor în exteriorul tunelului, la lucrări executate cu materiale și tehnologii diferite prin canale laterale sau canal central.

**5.9.2.** Prin realizarea sistemului de hidroizolare se obține colectarea apelor la rostul fundație-ziduri drepte (nivel superior banchine) și există posibilitatea dirijării lor prin barbacane la canalele de evacuare ape din tunel ([Fig. 3](#)).

**5.9.3.** Canalele de colectare și evacuarea apelor din tunel trebuie să aibă o secțiune corespunzătoare volumului de apă colectată de la extradadosul tunelului.

**5.9.4.** Sistemul de colectare și evacuare ape de la nivelul banchinelor trebuie să fie astfel proiectat ca să nu fie afectat de fenomenul de îngheț din timpul temperaturilor scăzute.

**5.9.5.** La sistemul de aplicare a hidroizolației la extradadosul căptușelilor existente, în cadrul lucrărilor de reparații capitale, colectarea apelor se realizează în general la nivelul nașterilor bolții, iar de aici se dirijează la nivelul banchinelor prin intermediul unor puțuri drenante executate din 25 m în 25 m, de o parte și de altă parte a tunelului ([Fig. 8](#)).

## **5.10. Cerințe de calitate.**

**5.10.1.** Lucrările de hidroizolare executate la tunelurile pentru căi de comunicație intră în categoria "lucrări ascunse". Datorită acestei situații se vor întocmi procese verbale de recepție pentru fiecare fază din procesul tehnologic de execuție și pentru recepția preliminară și finală.

**5.10.2.** Materialele folosite la hidroizolarea tunelurilor trebuie să corespundă din punct de vedere calitativ cerințelor stabilite prin agrementele tehnice și caietele de sarcini din proiecte.

**5.10.3.** Caracteristicile fizico-mecanice sunt cele înscrise în certificatele de calitate ale materialelor aprovizionate, precum și în agrementul tehnic al produsului, agrement pe care trebuie să-l dețină executantul care execută acest gen de lucrări.

**5.10.4.** Verificarea caracteristicilor fizico-mecanice se va efectua în laboratoarele AFER, pentru tunelurile feroviare, sau în alte laboratoare atestate din România în acest sens;

**5.10.5.** În buletinele de analiză vor fi prezentate rezultatele încercărilor, precizia determinărilor în toleranțele admise, metodele de încercare, valorile obținute, încadrarea în limitele prescrise.

**5.10.6.** Pentru materialele utilizate în sistemul de hidroizolare cu folii din mase plastice sunt date caracteristicile și valorile impuse pentru a putea fi utilizate în condițiile solicitărilor mecanice a agresivității apelor infiltrate cât și condițiile de livrare și de depozitare.

[\[top\]](#)

## **6. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE**

### **6.1. Generalități.**

În normativ sunt prevăzute fazele de execuție ale hidroizolației cu folie din mase plastice atât la intradosul cât și la extradossul căptușelii tunelurilor pentru căi de comunicație. Se vor utiliza detaliile date în [fig. 4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8](#), [9](#), [10](#) și [11](#).

**6.1.1.** În funcție de situațiile specifice fiecărui tunel, sunt necesare adaptări speciale, pentru ca aceste lucrări să fie executate la nivel corespunzător de calitate și vor fi date în proiectele de execuție.

**6.1.2.** Din punct de vedere al modului de execuție al acestor construcții și al materialelor folosite, tunelurile pot fi încadrate în următoarele grupe:

6.1.2.1. Tuneluri cu căptușeala executată din zidărie de piatră necioplită din moloane sau din cărămidă legată cu mortar de var hidraulic sau din ciment.

6.1.2.2. Tuneluri cu căptușeala exterioară realizată din beton armat, beton torcretat turnat aderent la rocă.

6.1.2.3. Tuneluri cu căptușeală exterioară realizată din bolțari prefabricați din beton armat, executate cu metoda scutului.

**6.1.3.** Tehnologia de execuție a lucrărilor de hidroizolare cu folii din mase plastice, aplicată pe intradosul sau extradossul căptușelii, va fi definitivată prin caietele de sarcini întocmite în cadrul proiectului tehnic de execuție.

**6.1.4.** Sistemul de hidroizolare a tunelurilor cu folii din mase plastice, aplicat la intradosul sau la extradossul căptușelii, este compus din următoarele materiale :

- material geotextil de 5 mm grosime, fabricat în România sau importat, utilizat ca strat drenant a apelor și în același timp ca strat suport și de protecție pentru folia hidroizolatoare;

- folie din mase plastice tip PVC, plastifiat, translucidă de 2 mm grosime, denumită membrană, cu rolul principal de a etanșa-hidroizola căptușeala (de a nu permite infiltrarea apei în interiorul tunelului); produsul se importă;

- folie din polietilenă de înaltă densitate de 2 mm grosime, de culoare neagră, denumită membrană, prevăzută pe una din fețe cu o peliculă albă de semnalizare a defectelor, care se montează spre interiorul tunelului cu această peliculă pentru verificarea integrității acesteia. Grosimea stratului de semnalizare-avertizare este de 0,1-0,15 mm;

- folie din mase plastice tip PVC neagră, regenerată de 1,5 mm grosime are rolul de a se proteja stratul hidroizolator din folie translucidă tip PVC de eventualele deteriorări cauzate de montarea barelor de oțel beton necesare armării căptușelii interioare, asigurarea etanșeității cofragului de betonare a căptușelii interioare la capetele tronsonului respectiv betonarea sub presiune a căptușelii interioare, etc.

Se interzice, în faza de betonare, ca ștuțul furtunului de betonare să fie perpendicular pe intradosul căptușelii (hidroizolației). Betonarea se face orientând lancea în lungul cofragului.

## **6.2. Fazele de execuție a lucrărilor.**

**6.2.1. Pregătirea suprafeței de la intradosul căptușelii exterioare a tunelului pe care se aplică sistemul de hidroizolare.**

Scopul acestor lucrări este de a îndepărta orice impuritate sau element de pe suprafața intradosului căptușelii care ar putea deteriora folia hidroizolatoare.

Volumul acestor lucrări este în funcție de starea tehnică a căptușelii exterioare a tunelului, la intradosul acesteia și de structura acesteia ca rezultat al tehnologiei utilizate la construcția tunelului.

6.2.1.1. La tunelurile executate din zidărie de cărămidă, moloane, piatră necioplită este necesară verificarea stării tehnice a intradosului căptușelii și stabilirea soluțiilor tehnice necesare pentru eliminarea unor denivelări, burdușiri de peste 2 cm grosime.

6.2.1.2. În cazul tunelurilor unde s-a aplicat metoda scutului iar căptușeala este realizată din bolțari prefabricați din beton armat, suprafața intradosului trebuie să fie fără denivelări, proeminențe și se impune executarea următoarelor lucrări:

- curățirea suprafeței bolțarilor la intrados de orice fel de materiale, impurități, rezultate din timpul transportului, depozitării și montajul bolțarilor, inclusiv a petelor de bitum;

- îndepărtarea prin cioplire a proeminențelor din lemn, teșturi din rosturi până sub limita intradosului bolțarilor;

- umplerea cu mortar M 100 T a rosturilor dintre bolțari și dintre inelele de bolțari în vederea realizării unei suprafețe continue;

- umplerea cu mortar M 100 T a golurilor (găuri de montaj, manipulare, injecții) din bolțari, a celor de fixare a bolțarilor prin înzăvorire;

- îndepărtarea capetelor de armătură, ciocuri și a altor resturi metalice (sârme) prin tăiere și polizare până la netezirea cu suprafața betonului prefabricat;

- finisarea zonelor cu proeminențe, muchii vii, știrbituri ale bolțarilor;

- desființarea decalajelor dintre inelele de bolțari de 5-7 cm prin realizarea de scafe de racordare din mortar M 100 T;

- pregătirea rosturilor banchine-căptușeală interioară cu respectarea prevederilor din Instrucțiunilor tehnice C 149-87.

6.2.1.3. În cazul când căptușeala exterioară a tunelului este executată din beton armat sau beton torcretat, pe intrados pot fi întâlnite neomogenități ca rezultat al utilizării a unui beton necorespunzător sau a tehnologiei de betonare, cu apariția unor zone cu beton segregat și de asemeni sub influența solicitărilor mari să fie pusă în evidență prezența unor fisuri - crăpături cu deschideri mai mari de 2 mm, exfolieri ale betonului în zona armăturilor corodate, desprinderi de beton din căptușeală la decofrare și apariția armăturilor la zi, capete de armături, etc.

În aceste condiții, pentru asigurarea realizării unei suprafețe suport de calitate corespunzătoare, pentru a nu degrada stratul hidroizolator, trebuie executate următoarele lucrări:

- curățirea suprafeței intradosului de impurități, bitum, etc;
- îndepărtarea proeminențelor, bavurilor de pe suprafața betonului;
- atenuarea și rotunjirea muchiilor ascuțite;
- tăierea și polizarea capetelor, ciocurilor din oțel beton din armături până la suprafața betonului, chiar sub aceasta circa 2-3 mm;
- umplerea golurilor cu mortar de ciment M100 T;
- desființarea treptelor dintre inele la rosturi și realizarea unor scafe din mortar de ciment M 100 T.

#### 6.2.1.4. Pregătirea suprafeței de la extradadosul căptușelii tunelului.

Având în vedere că atât intradosul cât și extradadosul căptușelii tunelului este constituită din aceleași materiale, modul de pregătire a suprafeței de la extradados este similar ca strat suport al sistemului de hidroizolare cu folii din mase plastice cu cel de la intradosul căptușelii exterioare.

Totuși extradadosul căptușelii tunelului este mult mai neregulat, poate să prezinte decalaje mai mari (trepte) în zona rosturilor-inelului deoarece variația secțiunii căptușelii în funcție de natura rocilor străbătute de tunel se face la extradados.

De asemenea extradadosul căptușelii este mai expus la acțiunea apelor de infiltrație și poate fi degradat.

Materialul degradat trebuie să fie îndepărtat, crăpăturile sau fisurile și rosturile trebuie să fie matate cu mortar și lapte de ciment.

În situația când starea de degradare este mai avansată la extradados, se va executa un strat de beton de consolidare și nivelare de circa 10-20 cm grosime clasa C12/15, sau după caz, se va executa o căptușeală la extradados din beton armat C12/15 de consolidare și apoi șapa de egalizare-nivelare de 2 cm din mortar M 100 T.

6.2.1.5. După executarea tuturor operațiunilor de pregătire a stratului (suprafeței) suport se va proceda la efectuarea recepției lucrărilor pe inele și se va întocmi proces verbal de lucrări ascunse care constituie și faza determinantă de continuare a lucrărilor.

### 6.2.2. Montarea stratului de protecție și drenare din geotextil și fazele de execuție.

#### 6.2.2.1. Fazele succesive, pregătitoare realizării montajului

materialului geotextil pe intradosul căptușelii exterioare sunt:

- verificarea sistemului de colectare și evacuare a apelor de la rostul fundație-ziduri drepte (banchine), care se realizează conform fig. 3;

- determinarea lungimii reale a suprafeței intradosului între limitele rosturilor banchină-căptușeală interioară;
- debitarea benzilor de material geotextil de 1,75-2,10 m lățime la lungimea egală cu lungimea reală măsurată la care se adaugă 40 cm având în vedere că geotextilul se montează lejer și este necesar ca aceasta să acopere și semituburile din PVC de pe banchine;
- transportul sulului de geotextil pe platforma superioară a schelei de montaj, amenajată corespunzător pentru evitarea deteriorării materialului;
- aprovizionarea cu bolțuri speciale din oțel prevăzute cu șaibe din material plastic pentru ghidare și cu șaibe metalice din oțel pentru fixarea materialului geotextil;
- aprovizionarea cu șaibe de tip special cu diametrul de 80 mm pentru fixarea geotextilului în câmp și susținerea foliei de hidroizolare pe conturul intradosului;
- aprovizionarea cu capse pentru implantat bolțurile;
- dotarea formației de lucru cu :
  - pistol pentru implantat bolțurile;
  - aparat manual de sudură cu aer cald;
  - rolă de presare din neopren sau teflon;
  - agregat automat de sudură cu aer cald pentru îmbinarea benzilor de geotextil între ele;
  - ață și ace tip andrea pentru eventuala coasere a benzilor.

#### 6.2.2.2. Executarea montajului benzilor din geotextil.

Materialul geotextii rulat, aflat pe platforma superioară a schelei de montaj se derulează simetric față de axul tunelului, pe intradosul căptușelii exterioare, până la acoperirea semitubului lateral la nivelul rostului banchină-căptușeală interioară.

Fixarea materialului cu bolțuri cu șaibe implantate prin împușcare, pornindu-se de la nivelul inferior de pe partea stângă (dreapta) după ce s-a acoperit cu geotextii sistemul de colectare a apelor de infiltrație pentru a nu fi colmatat cu laptele de ciment rezultat de la betonarea căptușelii interioare.

Se începe fixarea de pe o parte până la cheia bolții și se continuă spre partea opusă până la rostul banchină-căptușeală interioară dreapta (stânga).

Distanța între bolțuri scade de la 1,50 m la banchină-ziduri drepte, apoi la 1,00 m până la nașterea bolții și la 0,80-0,40 m pe calotă simetric față de axa tunelului.

În lungul tunelului, distanța între rânduri se stabilește în funcție de

lățimea foliilor stratului de hidroizolare, asigurându-se la marginea benzii de geotextil o distanță de 4-5 cm.

Benzile adiacente se petrec între ele pe o lățime de 10 cm și se vor îmbina prin petrecere și sudură cu agregatul de aer cald. Cordonul de sudură nu trebuie să fie continuu și etanș.

Îmbinarea benzilor se poate face și prin coasere cu ață.

Trebuie să se rețină faptul că geotextilul este necesar să acopere complet tot conturul intradosului căptușelii pentru a evita degradarea stratului de hidroizolare.

Lățimea de petrecere de 10 cm asigură acoperirea capătului bolțului de fixare a geotextilului.

La fixarea stratului de geotextil se va urmări ca acesta să fie montat lejer pe intrados, să nu fie tensionat pentru a se evita deteriorarea lui în timpul betonării căptușelii interioare, când presiunea betonului caută să muleze covorul de geotextil pe intradosul căptușelii exterioare.

După montarea stratului de geotextil se va efectua recepția acestuia și se va încheia proces verbal de lucrări ascunse.

În faza de recepție a stratului suport al hidroizolației, care constituie și fază determinantă, se va verifica dacă se asigură și grosimea căptușelii interioare de rezistență proiectată.

### **6.2.3. Montarea stratului hidroizolator din folii din mase plastice.**

6.2.3.1. Având în vedere faptul că pot fi utilizate folii (membrane) cu compoziții chimice diferite, se recomandă ca pentru fiecare tip de folie care va fi utilizată, să fie stabilite condiții de aplicare în concordanță cu cerințele specificate în caietele de sarcini ale producătorului.

De asemenea, la anumite tipuri de folie din mase plastice, se va utiliza anumit tip de aparat de sudură cu aer cald, conform specificațiilor tehnice ale materialului.

6.2.3.2. Fazele premergătoare de pregătire a montajului sunt următoarele :

- măsurarea lungimii intradosului căptușelii necesar să fie hidroizolat;
- debitarea benzilor de folie din sulurile aprovizionate la lungimea egală cu lungimea reală măsurată pe intradosul căptușelii între rosturile laterale banchină-căptușeală interioară plus 40 cm, necesari pentru petrecerea peste sistemul de colectare și evacuare a apelor de infiltrație de la nivelul banchinei și a faptului că folia se montează lejer având în vedere faptul că la betonarea căptușelii interioare presiunea betonului obligă folia să urmărească fidel intradosul căptușelii;
- marcarea jumătății lungimii foliei;
- transportul benzilor de folie, rulate în suluri, pe platforma superioară a schelei de montaj protejată cu material geotextil pentru evitarea deteriorării foliei;
- aprovizionarea cu bolțuri speciale, cu șaibe din material plastic de ghidaj și șaibe metalice de fixare a rondelilor din material plastic cu profil special și cu diametrul exterior de 80 mm pentru montajul foliei tip membrană;
- aprovizionare cu capse pentru implantarea bolțurilor prin împușcare;
- dotarea formațiilor de lucru cu scule, dispozitive și utilaje :
  - pistol pentru implantat bolțuri;
  - aparat manual pentru sudarea foliei cu aer cald;
  - rolă de presare din neopren-teflon;
  - agregat automat de sudură cu aer cald până la 600° pentru îmbinarea foliilor adiacente;
  - pompă manuală de aer (tip auto) cu manometru și seringă pentru controlul calității îmbinării benzilor adiacente din folie hidroizolatoare;
  - pompă de vacuum pentru controlul sudurilor cu aer cald în zona peticelor, având ca anexă clopot și manometru special;
  - aparat de sudură prin extrudare (cu șnur de sudură din același material ca și folia).

6.2.3.3. Executarea montajului benzilor din folie hidroizolatoare tip membrană.

Foliile hidroizolatoare din materiale plastice denumite membrane de 2,08 m lățime au marcată cu culoare lățimea de 8 cm de petrecere, se montează lejer peste stratul din geotextil, prin sudura la cald în puncte de rondoale speciale cu diametrul exterior de 80 mm, realizate din același material cu folia.

Sudura la cald se face cu aparatul manual cu aer cald și prin presare pe zona încălzită cu rola de teflon-neopren.

6.2.3.3.1. Succesiunea operațiilor de montaj, conform detaliilor date în [fig. 7](#), este următoarea:

- se execută fixarea rondoalelor speciale peste geotextil cu bolțurile speciale din oțel implantate prin împușcare în betonul căptușelii exterioare;

- bolțurile sunt montate la distanța de 40 cm față de marginea fiecărei benzi și la distanțe variabile pornind de la rostul banchină-căptușeală interioară situate la 1,50 m față de acest nivel, apoi la distanța de 1,00 m pe picioarele drepte și la 0,80-1,00 m de la nașterea bolții pe toată bolta până în axul tunelului dreapta (stânga) și invers de la banchină stânga (dreapta) spre ax cheie boltă.

Implantarea bolțurilor se execută în avans față de începerea montării foliei pe un inel de 6-8 m lungime.

Se va evita ca implantarea bolțurilor să se facă în rosturile de betonare sau dintre bolțari.

6.2.3.3.2. Montajul foliei (membranei) se execută începând de la nivelul rostului banchină-căptușeală interioară stânga/dreapta cu acoperirea semitubului peste geotextil. Folia se derulează din axa tunelului spre rostul banchină-căptușeală interioară.

Folia se fixează începând de la nivelul inferior dreapta (stânga) până la axa tunelului și în continuare până la nivelul inferior al banchinei stânga (dreapta).

Membrana se va monta, prin lipire, cu suficientă lejeritate, pe rondoalele speciale de pe intradosul căptușelii exterioare, pentru a nu se deteriora la betonarea căptușelii interioare.

6.2.3.4. Îmbinarea benzilor adiacente suprapuse pe câte 8 cm se realizează cu agregatul automat de sudură cu aer cald. Sudarea se face la cald pornind de la partea inferioară a secțiunii, de pe piciorul drept spre boltă și se face continuu fără oprire până la capătul opus al foliilor.

Se are în vedere ca folia să nu facă cute sau falduri. Dacă este cazul zona cutată se taie ca îmbinările dintre folii să se facă cu o petrecere dată de 8 cm, fără cute.

Acest agregat de sudură poate încălzi aerul până la o temperatură de 600°, cu posibilitatea de reglare, în funcție de caracteristicile materialelor componente pentru fabricarea foliei, de temperatura mediului înconjurător de lucru pentru realizarea unei îmbinări de bună calitate.

Agregatul este dotat cu două role motoare pentru deplasarea lui pe suprafața foliilor cu o viteză reglabilă constantă, în concordanță cu cerințele de asigurarea presiunii pe cele două folii pentru asigurarea îmbinării. Rolele având fiecare lățimea de 10 mm și distanța dintre ele de 10 mm, asigură sudarea foliilor pe două benzi de câte 10 mm lățime între care se creează un canal liber de 10 mm. Rolul acestui canal este de a permite realizarea controlului continuității îmbinării, prin introducerea în canalul realizat, a aerului sub presiune de 2 atmosfere cu ajutorul unei pompe manuale (tip auto). Dacă presiunea introdusă de 2 atmosfere se menține timp de 2 minute rezultă că îmbinarea este etanșă.

6.2.3.5. În zona rosturilor de turnare a căptușelii interioare, pentru protejarea membranei (foliei hidroizolatoare), peste aceasta se va aplica o bandă de folie de 1,5 mm grosime, lată de 40 cm, montată simetric față de rost (20 cm stânga-dreapta). Aplicarea acestei benzi peste membrană, va fi realizată cu ajutorul aparatului manual de sudură cu aer cald, utilizând și role din teflon-neopren, pentru presarea foliei de protecție în timpul sudurii pe folia membrană ([fig.11](#)).



6.2.3.6. Progresiv cu montarea foliilor de hidroizolație, se vor lua măsuri imediate de fixare a părții inferioare a sistemului hidroizolator cu beton vârtos cu granulometria maximă de 10 mm conform [fig. 3](#).

6.2.3.7. Sistemul hidroizolator (geotextil, folie hidroizolatoare și folie de protecție) se va executa pe tronsoane mai mari decât lungimea cofragului de betonare cu 0,40 m, pentru a se putea executa în continuare îmbinarea panourilor de folie prin sudură cu aer cald cu automatul de sudură.

6.2.3.8. În cazul apariției unor degradări (perforări, rupturi sau sfâșieri) ale foliei hidroizolatoare, aceasta se lipește cu o rondea din același material cu folia, cu ajutorul aparatului manual cu aer cald, se ștemuiește conturul peticului cu aparatul de extrudat cu șnur și apoi se verifică etanșeitarea acestuia cu ajutorul clopotului cu vacuum.

6.2.3.9. După ce s-a montat folia hidroizolatoare, pe lungimea unui inel de 5-10 m lungime și s-a făcut verificarea etanșeității acesteia, se va încheia proces verbal de lucrări ascunse.

6.2.3.10. La utilizarea foliilor din PVC se va evita venirea acestora în contact cu bitumul, fiindcă acesta le degradează.

**6.2.4. Executarea racordărilor în zona nișelor, portalurilor, rosturilor de construcție sau de betonare (turnare).**

6.2.4.1. Racordarea hidroizolației montată pe intradosul căptușelii exterioare, se realizează în moduri diferite, de la un tunel la altul, în funcție de tehnologia de execuție și de felul cum s-a realizat căptușeala exterioară.

Astfel, la realizarea tunelurilor cu metoda scutului, se execută în etapa întâi căptușeala exterioară din bolțari prefabricați din beton armat; se execută sistemul hidroizolator pe un tronson de 6 m de tunel, mai puțin pe zona nișei, lăsându-se rezervă la membrană de 40 cm pe zonele de racordare; se betonează căptușeala interioară de rezistență mai puțin golul nișei, se demolează căptușeala exterioară din bolțari ca să se poată realiza căptușeala exterioară a nișei din beton armat monolit; se execută căptușeala exterioară a nișei; se execută sistemul hidroizolator și cel de colectare și evacuare ape de pe zona nișei, care se racordează cu cel de pe intradosul căptușelii exterioare a tunelului și se betonează căptușeala interioară de rezistență a nișei ([Fig. 10](#)).

6.2.4.2. La pregătirea suprafeței căptușelii exterioare a nișei, la intrados, se va realiza racordarea suprafeței căptușelii tunelului cu suprafața căptușelii nișei, prin rotunjirea muchiilor și realizarea de scafe din mortar M 100 T.

Îmbinarea stratului de geotextil dintre cele două incinte, pe conturul nișei, prin sudură la cald cu ajutorul aparatului manual și presarea cu rola din teflon-neopren, va permite executarea îmbinării membranei de pe intradosul căptușelii exterioare a tunelului cu membrana de pe intradosul nișei prin sudură cu aparatul manual, cu aer cald și eventual executarea de petice din folie hidroizolatoare, în evantai-straifuri, pentru a asigura continuitatea sistemului hidroizolator pe suprafețele curbe, care se intersectează la colțurile nișei.

6.2.4.3. Prin proiectul de execuție al lucrărilor de hidroizolare a

tunelului la intradosul căptușelii exterioare sau în alt sistem, se vor preciza detaliile necesare realizării racordării hidroizolației în condiții corespunzătoare.

6.2.4.4. În zona portalurilor hidroizolația poate fi executată atât la intradosul structurii cât și la extradados, în funcție de accesul la elementele structurale ale construcției. Soluțiile vor fi stabilite în funcție de condițiile specifice din amplasamentele respective, prin detaliile din proiectul tehnic de hidroizolare.

6.2.4.5. Soluția clasică de etanșare a rostului dintre portal și primul inel de căptușeală a tunelului, este de a acoperi rostul cu sistemul hidroizolator conform detaliilor date în [fig. 11 c](#).

6.2.4.6. La asigurarea etanșeității rostului de turnare a betonului dintre două tronsoane de căptușeală interioară, se utilizează profile speciale din PVC cu respectarea prevederilor din STAS 9076-79 și [fig. 11 a, b](#). Se aplică pe zonele unde apa din infiltrații dezvoltă o presiune de peste 2 atm și există pericolul că se pot produce tasări inegale între tronsoane (inele).

6.2.4.7. Etanșarea rosturilor de turnare sau de construcție la căptușeala interioară, se mai poate asigura și prin dublarea foliei din mase plastice tip membrană din polietilenă de înaltă densitate, prin realizarea foliei în sistem armonică (pliu) pe zona rostului pe o lățime de 40 cm simetrică față de rost ([Fig. 11 d](#)).

[\[top\]](#)

## 7. CONTROLUL ȘI CALITATEA LUCRĂRILOR

### 7.1. Generalități.

Controlul privind calitatea execuției se realizează la toate fazele și se consemnează în documentele specifice fiecărei faze, pentru tronsoane de 6,00-30,00 m.

**7.1.1.** Verificarea și consemnarea în procesul verbal de lucrări ascunse, a îndeplinirii condițiilor de calitate a suprafeței căptușelii ca suport. Răspunde: beneficiarul (B), executantul (E) și proiectantul (P), acesta numai la fazele determinante prevăzute în programul de controlul calității execuției lucrărilor. Se verifică și dacă se poate realiza grosimea căptușelii interioare proiectate (la metoda scutului și la noua metodă austriacă).

**7.1.2.** Verificarea modului de aplicare, pe suport, a stratului protector și drenant de geotextil, cu consemnarea constatărilor în procesul verbal de lucrări ascunse. Răspunde B și E.

**7.1.3.** Verificarea modului de aplicare a foliei hidroizolatoare-membrana pe stratul suport și de protecție din material geotextil și prinderea lui pe rondelurile speciale fixate în căptușeala exterioară, cu bolțuri implantate prin împușcare. Se verifică integritatea materialului. Constatările se consemnează în procesul verbal de lucrări ascunse. Răspunde B+E.

**7.1.4.** Verificarea calității îmbinărilor foliilor adiacente ale membranelor, ale canalului de 10 mm lățime realizat între două cordoane de sudură la presiunea de 2 atmosfere. Concomitent se verifică și realizarea protecției membranei la intrados cu folie neagră de 1,5 mm grosime pe tot conturul și eventual numai în dreptul rosturilor de turnare a betonului. Rezultatele se consemnează în procesul verbal de lucrări ascunse. Răspunde B+E.

**7.1.5.** Terminarea montajului sistemului de hidroizolare cu folie hidroizolatoare-membrană pe un anumit tronson de tunel (6-30 m) constituie fază determinantă premergătoare executării căptușelii interioare de rezistență. Se încheie proces verbal pentru controlul calității lucrărilor în fază determinantă. Răspunde B+E+P și I (Inspectoratul în Construcții Județean).

**7.1.6.** Verificarea montării armăturii în căptușeala interioară și pregătirea pentru turnarea betonului. După montarea armăturii se verifică vizual și integritatea sistemului hidroizolator (a foliei de avertizare de culoare albă). Se consemnează constatările în procesul verbal de lucrări ascunse și se dispune executarea eventualelor remedieri. Răspunde B+E.

**7.1.7.** Verificarea aspectului betonului căptușelii interioare după decofrare. Se încheie proces verbal de recepție și se vor controla consemnările din procesele verbale de lucrări ascunse, respectarea prevederilor din prezentul normativ și a proiectelor de execuție precum și calitatea generală a sistemului hidroizolator, din punct de vedere al etanșeității și al sistemului de colectare și evacuare a apelor din tunel.

**7.1.8.** În timpul executării lucrărilor se vor efectua verificări privind calitatea materialelor ce vor fi puse în operă.

## **7.2. Recepția materialelor**

**7.2.1.** Sistemul de hidroizolare a căptușelii tunelurilor pentru căi de comunicație, trebuie să aibă o durată de viață egală cu durată de viață a construcției.

**7.2.2.** Materialele care sunt utilizate la realizarea acestui sistem, trebuie să fie de calitate corespunzătoare, pentru a-și păstra pe întreaga durată caracteristicile fizico-mecanice, la solicitările din exploatare.

**7.2.3.** Selecția materialelor va fi făcută pe baza normelor tehnice elaborate de firma producătoare, cuprinzând compoziția chimică de bază a materialului, caracteristicile fizico-mecanice de bază, comportarea față de agresivitatea chimică a apei și față de agenți poluanți agresivi.

**7.2.4.** Produsele care au ca proveniență furnizori străini, vor fi certificate, pentru conformitate de un organism de certificare acreditat de autoritatea competentă a statului de origine al produsului.

**7.2.5.** Odată obținut Acordul Tehnic al Comisiei în Construcții-

M.T.C.T. executantul va ține la dispoziția tuturor organelor de control a calității, următoarele documente:

- Caietul de sarcini: Hidroizolarea tunelurilor utilizând folii din mase plastice tip PVC, polietilenă de înaltă densitate, etc.,
- Certificatele de calitate, care să ateste că materialele puse în operă corespund cerințelor specificate în caietul de sarcini și în celelalte documente de certificare și agrementare tehnică;
- Instrucțiunile fabricantului privind realizarea stratului hidroizolator care să cuprindă procedeele specifice de preparare, fixare, sudură și îmbinare;
- Certificatele de calitate și experiență a personalului de execuție precum și lista personalului care este însărcinat cu verificarea hidroizolației;
- Eșantioane de materiale :
  - Stratul de geotextil-un metru pătrat pentru fiecare tip folosit și lot aprovizionat de maximum 5.000 mp;
  - Stratul din folie translucidă tip PVC sau din polietilenă de înaltă densitate-strat hidroizolator-un metru pătrat pentru fiecare tip folosit și lot aprovizionat de maximum 5.000 mp;
  - Strat din folie neagră regenerată de 1,5 mm grosime tip PVC sau polietilenă de înaltă densitate-strat protector-un metru pătrat pentru fiecare tip folosit și lot aprovizionat și maximum 5.000 mp.

**7.2.6.** Fiecare lot de materiale livrat va fi însoțit de certificatul de calitate.

**7.2.7.** Controlul calitativ cuprinde stabilirea elementelor privind identificarea materialului, și după caz, determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale acestuia. Pentru identificare se va verifica, în primul rând, denumirea și tipul materialului livrat, precum și modul de prezentare, prin examinarea etichetelor aplicate pe balot. De asemenea, se va verifica masa unitară a materialului pe probe prelevate, prin sondaj, iar rezultatele se vor compara cu valorile care însoțesc materialul, cu respectarea prevederilor din N.T. 6227-88.

**7.2.8.** Șeful punctului de lucru sau responsabilul cu execuția lucrărilor, verifică dacă:

- etichetele sunt cele ale produselor comandate;
- ambalajele nu prezintă defecte vizibile.

Toate materialele necorespunzătoare vor fi returnate furnizorului.

**7.2.9.** Verificarea calității produselor se face prin verificarea de tip și verificări de lot.

7.2.9.1. Verificările de tip se efectuează de furnizor, în conformitate cu prevederile legale din Germania-Franța, referitoare la certificarea produselor, la schimbarea tehnologiei de fabricație, a concepției produsului sau a înlocuirii de materiale care influențează parametri sau fiabilitatea produselor.

7.2.9.2. Verificarea de lot. Un lot cuprinde cantitatea de material necesară pentru un sistem de hidroizolare la unul sau mai multe obiective, stabilite cu un beneficiar, dar nu mai mult de 1.000 mp de hidroizolare.

Verificările de lot sunt cele stabilite în Tabelul nr. 1 și nr. 2 și se efectuează de către utilizator în laboratoarele atestate de AFER sau alte laboratoare autorizate din România, pentru verificarea și ținerea sub control a unor caracteristici determinante pentru produs.

Dacă la una din verificările caracteristicilor se obține un rezultat necorespunzător pe cel puțin un produs, verificarea respectivă se repetă pe un număr dublu de probe.

#### Verificarea calității geotextilelor - încercări de lot.

Tabel nr. 1

Nr. crt.	Caracteristica	Metoda de testare
1	Aspect, dimensiuni	Vizual și prin măsurători
2	Masa specifică	DIN EN 965/STAS 6142-73
3	Grosimea	DIN EN 964/STAS 6139-69
4	Rezistența la tracțiune, longitudinal și transversal.	DIN/SR EN ISO 10319
5	Alungirea la rupere, longitudinal și transversal.	DIN/SR EN ISO 10319

#### Verificarea calității foliilor din polietilenă de înaltă densitate

-încercări de lot

Tabel nr. 2

Nr. crt.	Caracteristica	Metoda de testare
1	Aspect general	Vizual
2	Rectiliniaritate, planeitate	Măsurători
3	Grosimea totală	STAS 7200 - 73

4	Rezistența la rupere, la tracțiune.	STAS 6642 - 73
5	Alungirea la rupere prin tracțiune.	STAS 6642 - 73
6	Comportamentul sudurii la tracțiune.	STAS 6642 - 73

### 7.3. Condiții generala de calitate.

**7.3.1.** Descrierea materialului geotextil de 5 mm grosime, neșesut consolidat mecanic prin interțesere (produs românesc) sau din import.

- Natura polimerilor - poliester, polipropilenă, poliamidă în procente aleatorii.
- Compoziție - 100 % materiale sintetice cu maximum 10 % conținut fibre biodegradabile.
- Densitatea polimerilor : 0,90 - 1,40.
- Temperatura de utilizare: de la-40<sup>0</sup> la+100<sup>0</sup> C.
- Diametrul fibrelor : 10 - 30 μm.
- Lungimea fibrelor : 60 - 200 mm.

#### 7.3.1.1. Date privind durabilitatea.

- Efectul razelor u.v. și a - Expunerea este fără efect timp luminii naturale de una la câteva luni. Pe durate mai mari poate provoca scăderea rezistenței.

- Sensibilitate la acizii din - Nu sunt sensibile.

natură (pământ, apă)

- Sensibilitate la o soluție cu - Nu sunt sensibile.

pH=4,2, timp de 11 luni.

- Sensibilitate la o soluție cu - Nu sunt sensibile.

pH=9,9, timp de 11 luni.

- Sensibilitate la petrol - Nu sunt sensibile.

timp de o lună.

- Sensibilitate la bacterii - Nu sunt sensibile.

timp de 21 zile.

- Comportarea la 385 cicluri - Nu sunt sensibile.

de îngheț-dezgheț.

#### 7.3.1.2. Proprietăți fizico-mecanice și hidrice rezultate din încercări.

Nr. crt.	Proprietate	Metoda de determinare	U.M.	Valori
1	Masa totală	STAS 6142-74	g/mp	600
	Grosimea reală		mm	5
	Grosimea sub sarcină :	STAS 6139-86	mm	4
2	- 2 kN/mp	C 227 - 88	mm	2,5
	- 20 kN/mp		mm	0,95
	- 200kN/mp			
	Rezistența la tracțiune			20
3	Lmin	STAS 6143 - 85	daN	35
	Tmin			
4	Poansonare cu poansonul GBR	DIN/54307	N	2500
5	Penetrare cu conul	SORLIE	mm	35
6	Plesnirea - rezistența la presiune perpendiculară pe planul geotextilelor.	A.S.T.M.D. 3786	Kn/Mp	530
7	Rezistența la deșirare.	A.S.T.M.D. 1117	N	250
	Coeficient de permeabilitate la apă.			
8	- 2 kN/mp	C 227-88	Cm/sx10 <sup>-1</sup>	2,5
	- 20kN/mp			1,8
9	Mărimea porilor ø 90	C 227 - 88	µm	200

**7.3.2.** Folie din masă plastică tip PVC plastifiat, translucidă de 2 mm grosime.

- grosimea foliei – valoarea minimă 1,91 mm

valoarea maximă 2,10 mm

media generală 2,00 mm

- masa volumetrică 1,245 g/cm<sup>3</sup>

- masa superficială 2,45 kg/mp

- caracteristici de tracțiune STAS 6642-73

- deformația % longitudinal 340
  - transversal 380
- rezistența la rupere longitudinal 14,10 Mpa
  - transversal 12,80 Mpa
- rigiditate longitudinal 21,10 kN/m
  - transversal 21,15 kN/m

- rezistența la sens longitudinal 6,20 Mpa

deformație de 50% sens transversal 5,00 Mpa

- modulul de elasticitate convențional 9,1 - 8,6 Mpa

### **7.3.3. Folie hidroizolatoare din polietilenă de înaltă densitate:**

- aspectul general: fără umflături, fisuri sau goluri;
- rectilinitate:  $g \leq 50$  mm;
- planeitate :  $p \leq 10$  mm;
- grosimea totală: 2 mm;
- rezistența la rupere prin tracțiune, longitudinal și transversal:  
 $\geq 10$  N/mm<sup>2</sup>;
- alungirea la rupere prin tracțiune, longitudinal și transversal:  
 $\geq 200$  N/mm<sup>2</sup>;
- comportamentul sudurii termice, duble, la tracțiune: rupere în afara sudurii;
- comportamentul la presiunea apei: fără să piardă apă până la presiunea de 5 bari;
- rezistență la perforare : rezistență la căderea conului de la înălțimea de 750 mm;
- comportare la rece (îndoirea pe dorn la rece la - 20°C: fără fisuri;
- comportarea în timpul și după menținerea la 80°C :
- aspectul general: fără formare de bule;
- modificarea dimensională, longitudinal și transversal:  $\leq 3\%$ .
- durata de îmbătrânire: 100 ani;
- clasa de combustibilitate va fi B2 conform DIN 4102.

Mai jos se dau cerințele pentru alegerea membranelor pentru stratul hidroizolator, practicate în Germania - Tabel nr. 3.

#### **7.4. Livrarea, transportul și depozitarea materialelor.**

**7.4.1.** Geotextilul și membrana din PVC și polietilenă de înaltă densitate se vor livra sub formă de suluri ambalate în saci de protecție din folie.

La livrare aceste produse sunt însoțite de declarația de conformitate a furnizorului și de agrementul tehnic eliberat de acesta cu respectarea prevederilor din SR EN 45014.

7.4.1.1. Sulurile de folie (membrană) din material plastic vor avea etichete, conținând următoarele date:

- sigla firmei producătoare;
- denumirea comercială a produsului;
- baza de fabricație;
- data fabricației (ziua, luna, anul);
- volumul sau masa produselor;
- perioada de garanție;
- instrucțiuni de depozitare;
- instrucțiuni de utilizare;
- date din fișa tehnică a produsului;
- domeniul de utilizare;
- semne de avertizare;
- mărimea lotului.

**7.4.1.2:** Fiecare lot va fi însoțit de documentul de certificare a calității, întocmit conform dispozițiilor legale, în vigoare.

**7.4.1.3.** Condiții de depozitare.

- Condițiile de depozitare a geotextilelor și a foliilor din mase plastice trebuie să asigure punerea în operă a lor conform prevederilor din proiect, evitându-se deteriorarea, umezirea și înghețul produselor, expunerea la lumină, precum și impurificarea, accesul prafului, etc. În situația când înainte de punerea în operă un sul de geotextil sau folie a fost afectat de o depozitare necorespunzătoare, se vor îndepărta primele straturi de la suprafață, care au fost deteriorate.

Se va evita expunerea îndelungată a membranei la acțiunea razelor ultraviolete, deoarece acestea îi diminuează calitățile. Producătorul este obligat să facă precizarea asupra comportării produsului la acțiunea razelor ultraviolete și a măsurilor care se iau.

**Tabelul nr.3**



### Cerințe pentru alegerea membranelor pentru stratul de hidroizolație

Date generale despre membrană	Denumirea comercială a membranei					
	Indicativul materialului din membrană					
	Metoda de obținere a membranei					
	Recomandat pentru					
Nr. crt	Caracteristici de folosire		Valori admise de normative		Metoda de încercare	
0	1		2	3	4	5
1	Grosimi semnificative (mm)					DIN 53353
2	Masa volumetrică (g/cm <sup>3</sup> )					DIN 53479
3	Masa pe suprafață (kg/m <sup>2</sup> )					DIN 53352
4	Sarcina de rupere la tracțiune la temperatura de 20 <sup>0</sup> C (N/5 cm)		>15			DIN EN ISO 527
5	Alungirea înainte de rupere (epruvetă 5 cm) (%)		>200			DIN EN ISO 527
6	Rezistența la poansonare statică (mm)					DIN 6726-5
7	Rezistența la perforare dinamică pe suport rigid (m/s)		= 25			SIA 280/9
8	Pliere la frig (°C)		-30 <sup>0</sup>			DIN 5336
9	Duritate Shor (sh <sup>0</sup> C)		= 80			DIN 16937
10	Impermeabilitatea la apă (72 ore la 4 bari)		Impermeabilă			DIN 6726-5
11	Impermeabilitatea la apă (24 ore la 2 bari)		Impermeabilă			DIN 6726-5
12	Îmbătrânirea în aer după 56 zile la 80 <sup>0</sup> C (variația de masă) (%)		= 4			DIN 6726-5
13	Îmbătrânirea în aer după 28 zile la 70 <sup>0</sup> C (variația de masă) (%)		= 2			DIN 6726-5

## Cerințe pentru alegerea membranelor pentru stratul de hidroizolație

0	1		2	3	4	5
14	Stabilitate dimensională după 6 ore la 80°C	aspect	Nici o bulă			DIN 6726
15		con- tracții (%)	≤ 0.5			
16	Sudabilitate		Bună			
17	Caracteristici de mulare pe element		Mulare ușoară			
18	Îmbătrânirea accelerată la lumină		Nici o fisură			DIN 6726-5
19	Coeficient de transmitere a luminii (%)		= 70			UNI 8028
20	Rezistența la deșirare (N/mm)		= 80			DIN 53363
21	Rezistența la ape de eroziune					
22	Rezistența la acțiunea de perforare a rădăcinilor		Nici o perforare			DIN 4062
23	Rezistența la atac chimic moderat (depinde de agresivitatea apei)					
24	Stabilitate chimică a stratului hidroizolator					
25	Imputrescibilitate		Imputrescibil			
26	Rezistența la microorganisme		Trebuie să fie rezistent			
27	Rezistența la ciuperci, bacterii, spori		Trebuie să fie rezistent			
28	Condiții impuse de intemperii					
29	Rezistența la raze ultraviolete U.V.					
30	Rezistență la uleiuri și hidrocarburi					
31	Rezistența la hipoclorit de sodiu					
32	Neutralitate chimică față de materialele cu care vine în contact					
33	Alte cerințe cerute de condițiile locale sau de către beneficiar					

- Materialele (geotextil, folie hidroizolatoare, etc.) se vor depozita în spații închise (magazii), la temperaturi cuprinse între - 40°C și + 70°C, după cum urmează :

- sulurile de geotextil se vor depozita culcat sau în picioare;
- sulurile din folie hidroizolatoare-membrana, se vor depozita culcat pe o suprafață orizontală; este interzisă depozitarea în straturi încrucișate.

- La transportul sulurilor din material geotextil și din folie hidroizolatoare, se vor respecta aceleași condiții de așezare a acestora în mijlocul de transport, ca la depozitarea în magazii. Livrarea produselor făcându-se numai în saci de protecție.

### 7.5. Instrucțiuni de punere în operă.

**7.5.1.** Punerea în operă a membranei hidroizolatoare se va face la temperaturi mai mari de + 5°C și umiditate relativă mai ridicată de 80 %.

De asemenea se va ține seama și de instrucțiunile producătorului și de prevederile următoarelor normative:

- C 227-88-Norme tehnice privind utilizarea geotextilelor și a geomembranelor la lucrări de construcții;

- C 56-85-Normativ pentru verificarea calității și recepția lucrărilor de construcții și a instalațiilor aferente;

- C 216-83-Norme tehnice pentru utilizarea foliilor din PVC la hidroizolarea construcțiilor subterane și bazinelor.

**7.5.2.** Sistemul hidroizolator se va monta cu cel puțin 40 cm dincolo de rostul de betonare a căptușelii interioare pe care urmează să se monteze armătura pentru căptușeala interioară, în curs de betonare.

**7.5.3.** La montarea armăturii și a cofrajului pentru betonarea căptușelii interioare, se vor lua toate măsurile de protecție a membranei și se vor elimina eventualele defecte, deteriorări.

**7.5.4.** La montarea armăturii, în varianta că înădirea barelor se face prin sudură, se vor lua măsuri de protecție provizorie a hidroizolației cu panouri cu azbociment, pentru a se evita producerea de incendii și de degradare a membranei.

**7.5.5.** Înainte de căpăciuirea cofrajului mobil de betonare pe membrană, se va monta o folie de protecție din polietilenă de înaltă densitate de 1,5 mm grosime, regenerată, de 40 cm lățime, pe tot conturul care vine în contact cu cofrajul și este simetrică față de rost.

**7.5.6.** După betonarea unui tronson de căptușeală interioară, membrana montată în afara rostului de turnare, va fi riguros protejată cu un strat de geotextil pentru a nu fi degradată, în vederea îmbinării cu cea de pe tronsonul următor.

[\[top\]](#)

## **8. Reguli de exploatare și întreținere.**

**8.1.** Activitatea de întreținere este o sarcină a beneficiarului.

În timpul perioadei de garanție, executantul va remedia

deficiențele constatate, datorate calității execuției sau a materialelor.

**8.2.** Beneficiarul va controla, prin personalul de întreținere, starea lucrărilor de hidroizolație periodic, din 6 în 6 luni (primăvara și toamna) și ocazional la apariția unor deficiențe, cu respectarea prevederilor din Normativul C 112-80, numai pe timp călduros peste + 15°C.

**8.3.** Pentru a asigura o bună comportare în timp a hidroizolației cu produse din mase plastice, se vor lua următoarele măsuri:

- se interzice străpungerea, degradarea sistemului de protecție și a hidroizolației;

- se interzic montări ulterioare de ancore sau străpungeri în căptușeala interioară;

- nu se va schimba destinația nișelor și nu se vor face amenajări în interiorul tunelurilor fără avizul proiectantului.

[\[top\]](#)

## **9. Măsuri de protecția muncii și P.S.I.**

**9.1.** Executantul are obligația de a lua măsurile de protecție a muncii corespunzătoare specificului de lucrări, prevăzute în normele în vigoare, inclusiv de a supraveghea respectarea acestora, și anume :

- Legea nr. 90/12.0-7.1996 - Legea protecției muncii;

-H.G.R. nr. 766/21.11.1997 pentru aprobarea unor regulamente privind calitatea în construcții;

- H.G.R. nr. 51/05.02.1992 privind unele măsuri pentru îmbunătățirea activității de prevenire și stingere a incendiilor;

- H.G.R. nr. 71/12.02.1996 referitoare la modificarea și completarea H.G. nr. 51/1992;

- H.G.R. nr. 587/1998 privind aprobarea categoriilor de construcții, instalații tehnologice și alte amenajări, care se supun avizării și/sau autorizării privind prevenirea și stingerea incendiilor.

**9.2.** Se vor respecta reglementările privind funcționarea în condiții de siguranță a instalațiilor sub presiune, a instalațiilor de ridicat și a aparatelor consumatoare de combustibil și curent electric.

**9.3.** Sunt necesare să se ia măsuri de iluminat permanent, la intensitatea corespunzătoare, a frontului de lucru și a accesului până la frontul de lucru (24 V pentru lucrări în subteran).

**9.4.** Mijloacele de transport auto care intră în tunel să fie echipate cu filtre de gaze la țeava de eșapament.

**9.5.** Utilajele care lucrează în subteran, se recomandă să fie acționate cu surse de energie nepoluante: aer comprimat, curent 220-24 V.

**9.6.** Schela pentru montajul sistemului hidroizolator se va amenaja corespunzător.

**9.7.** Muncitorii care lucrează cu aceste materiale, dispozitive, instalații vor fi instruiți periodic asupra măsurilor privind tehnica securității muncii și prevenirea incendiilor.

**9.8.** Pe o rază de minimum 10-15 m, în jurul locului de muncă, se vor afișa inscripții vizibile „Fumatul și focul deschis strict interzise”.

**9.9.** În magazinele de depozitare și la locurile unde se lucrează cu aceste materiale, se vor prevedea stingătoare și alte mijloace de stingerea incendiilor.

[\[top\]](#)

## **10. Protecția mediului**

**10.1.** Sistemul de hidroizolare a tunelurilor cu mase plastice nu degajă substanțe toxice și nu influențează calitatea apelor subterane sau de infiltrații din mediul înconjurător.

**10.2.** Apele colectate în tunel și evacuate în lungul tunelului, în tranșeele de acces, provin din mediul înconjurător și nu conțin adaosuri suplimentare de substanțe poluante, care să afecteze ecosistemele acvatice și terestre.

**10.3.** Sursele de poluare a atmosferei sunt generate numai de funcționarea utilajelor de construcții și a mijloacelor auto de transport. Aceste surse de poluare au caracter provizoriu și intermitent și funcționează numai pe perioada execuției lucrărilor prevăzute în proiect.

**10.4.** Când tunelul este amplasat în zone populate, pot fi sesizate zgomote și vibrații, generate de funcționarea utilajelor și a mijloacelor de transport, în perioada de execuție a lucrărilor.

Nu sunt necesare măsuri pentru atenuarea zgomotelor și vibrațiilor.

[\[top\]](#)

## **11. Controale, încercări și verificări**

**11.1.** Controlul aparatelor, dispozitivelor de sudat se face înaintea demarării lucrărilor de aplicare a foliilor tip membrană, pentru fiecare zonă în parte, de către șeful de punct de lucru și constă în:

- reglarea dispozitivelor de sudat manuale (temperatură) și automate (temperatură și viteza de înaintare) în funcție de condițiile atmosferice;

- verificarea sudurilor de probă – se decupează eşantioane din membrană, se sudează și apoi se efectuează încercările de întindere prin exfoliere – jupuire îndepărtând manual cele două bucăți până la rupere.

Ruperea eşantioanelor în afara zonei sudurilor atestă o sudură corespunzătoare.

**11.2.** Sistemul de îmbinare a foliilor hidroizolatoare prin sudură cu aer cald este supus examinării, verificării și testării, astfel:

**11.2.1.** Controlul vizual. Întregul perimetru – circumferința sudurilor trebuie inspectat vizual, iar eventualele defecte descoperite sunt marcate și remediate.

**11.2.2.** Controlul tactil. Se realizează cu ajutorul unei șurubelnițe sau cu capătul unei dălți fine. Capătul acesteia se plimbă, aplicându-se o ușoară presare pe toată lungimea cordonului de sudură.

Zonele unde capătul șurubelniței pătrunde prin cordonul de sudură sunt zone cu defecte. Zonele cu defecte vor fi marcate și remediate imediat, prin aplicarea unui petic de membrană cu diametrul de 15 cm sau mai mare, în așa fel ca să acopere toată zona cu defect și să fie depășită cu 3 cm. Lipirea peticului se face cu aparatul manual cu aer cald.

**11.2.3.** Testarea sudurilor cu aer comprimat. Sudurile realizate cu agregatul automat de sudură cu aer cald sunt alcătuite din două coorzoane de sudură paralele, de câte 1 cm lățime, între ele realizându-se un canal de 1 cm lățime.

Principiul examinării constă în pomparea de aer la 2 atmosfere în canalul de testare și măsurarea pierderilor de presiune într-un interval de timp determinat.

Metoda de lucru constă în:

Extremitățile canalului de testare sunt obturate cu ajutorul unor dispozitive tip clește-menghină.

O duză tip seringă, înzestrată cu un manometru, este introdusă în canalul de testare, la cel puțin 20 cm de extremitatea închisă.

Se începe punerea sub presiune, cu ajutorul unui compresor de aer sau a unei pompe manuală tip auto, echipată cu un manometru, până la valoarea de testare 1,5-2 bari.

Pentru fiecare cusătură sudată-canal, se execută la alegere, următorul test:

- a. testul cu o durată de 5 minute pentru o presiune de 2 bari;
- b. testul cu o durată de 10 minute pentru o presiune de 1,5 bari.

Îmbinarea celor două foi adiacente de membrană, este considerată etanșă, dacă pierderea de presiune, în ambele cazuri „a” sau „b”, este mai mică de 20%.

În acest caz, când îmbinarea este etanșă, se încercuiește orificiul acului seringii pentru a aplica ulterior un petec de etanșeizare, din același material cu folia hidroizolatoare, cu diametrul de 15 cm.

Dacă rezultatul controlului este negativ, respectiv au loc pierderi de aer, se menține presiunea în canal pentru a se detecta punctele cu defecte. Detectarea acestora se poate face vizual, cu săpun lichid, fie auditiv.

Dacă canalul de testare, pe durata verificării plesnește-fisurează, sudura fiind necorespunzătoare, este cazul să se realizeze o separare completă a sudurii cu o extindere minimă de 20 cm. Această nouă zonă de separare, va fi tratată manual, aplicându-se ulterior un petec de etanșeitate, din folie hidroizolatoare.

Dacă acul manometrului coboară rapid, deci presiunea scade brusc, se verifică dacă extremitățile canalului de testare sunt bine obturate sau nu există vreo scurgere de aer la nivelul duzei, etc.

Dacă folia este murdară și prezintă impurități trebuie spălată, degresată, etc. și numai după aceea se va trece la efectuarea sudurii. Zona cordonului de sudură trebuie să fie protejată și uscată.

Conform normelor internaționale, testarea cu aer comprimat se face pentru fiecare cordon de sudură. Dacă beneficiarul lucrării apreciază că s-a realizat o etanșeitate certă a cordoanelor de sudură, aceasta poate stabili procentual numărul de cordoane de sudură care se verifică pe lungimea unui tronson de hidroizolație de 10 m lungime.

**11.2.4.** Pe zonele limitate, cum sunt rosturile cu configurație specială și la reparațiile locale (unde s-au constatat defecte la recepția membranei), se vor face verificări cu echipamentul de vacuum-clopot de vid.

Regimul de lucru este următorul:

- suprafața de testare este acoperită cu o emulsie de săpun lichid;
- membrana din PVC sau polietilenă de înaltă densitate este întinsă să se evite formarea de cute care pot crea pierderi de presiune la așezarea clopotului, pe suprafața de verificat;
- clopotul este montat astfel ca zona testată să fie în centru;
- cu ajutorul unei pompe de vid, se realizează sub clopot o scădere a presiunii, de la zero la - 0,4 bari. Pe perioada menținerii vidului, pe zona testată, nu trebuie să apară bule de săpun.

Testarea durează câteva secunde, până la atingerea subpresiunii de 0,4 bari sau până la apariția unei bule. Apariția bulei identifică un defect ce trebuie remediat imediat. După remedierea defectului prin aplicarea unui petec pe zona cu defect. Testul se repetă.

[\[top\]](#)

## **12. Controlul calității și recepția lucrărilor**

**12.1.** Pe parcursul execuției lucrărilor, se vor face următoarele verificări:

- verificarea și consemnarea, în procesul verbal de lucrări ascunse, a condițiilor de calitate a suportului;
- verificarea calității materialelor ce intră în operă, în conformitate cu normele de fabricație;
- verificarea respectării prevederilor prezentelor norme și a proiectului de execuția, inclusiv a caietului de sarcini.

**12.2.** Șeful de lot împreună cu șeful punctului de lucru, în prezența reprezentantului beneficiarului (inspectorul de șantier), verifică și recepționează succesiv straturile sistemului hidroizolator, după cum urmează:

- stratul suport;
- stratul de geotextil;
- stratul hidroizolator-membrană din folie din mase plastice tip PVC ptastifiat, translucidă, de 2 mm grosime sau membrană din polietilenă de înaltă densitate, neagră, prevăzută cu un strat de avertizare de 2 mm grosime;
- stratul de protecție din folie neagră din mase plastice, regenerată, de 1,5 mm grosime.

**12.3.** La recepția lucrărilor se va controla:

- consemnările proceselor verbale de lucrări ascunse executate;
- respectarea prevederilor prezentelor norme tehnice și a proiectelor de execuția;
- calitatea generală a hidroizolației, din punct de vedere al etanșeității.

**12.4.** La încheierea lucrărilor, recepția finală, va fi făcută în cu respectarea prevederilor specificate în HG 273/14.05.1994 și în Normativul C 56-85.

Dosarul de recepție va cuprinde următoarele documente :

- cartea construcției cuprinzând toate documentele încheiate pe parcursul execuției lucrărilor, privind controlul calității;
- planșele modificatoare;
- constatările organelor de control;
- referatul proiectantului asupra modului cum a fost realizată lucrarea.

[\[top\]](#)

## 13. Considerațiuni finale

**13.1.** Prevederile prezentului normativ se aplică la lucrările pentru hidroizolarea tunelurilor pentru căi de comunicație prin sistemul de hidroizolare cu folii din mase plastice tip PVC sau din polietilenă de înaltă densitate, aplicat atât la intradosul căptușelii exterioare a tunelurilor cu două căptușeli, cât și la extradossul căptușelilor exterioare.

Având în vedere că sistemul hidroizolator cu folii din mase plastice se poate aplica și la extradossul căptușelii, se recomandă ca acesta să se aplice și la stațiile de metrou de suprafață în sistem cuvă, la care planșeul superior se hidroizolează cu diverse materiale.

De asemenea sistemul poate fi avut în vedere la proiectarea traseelor noi de metrou dacă criteriile de alegere a soluțiilor de etanșare din punct de vedere tehnic și economic vor recomanda această alternativă.

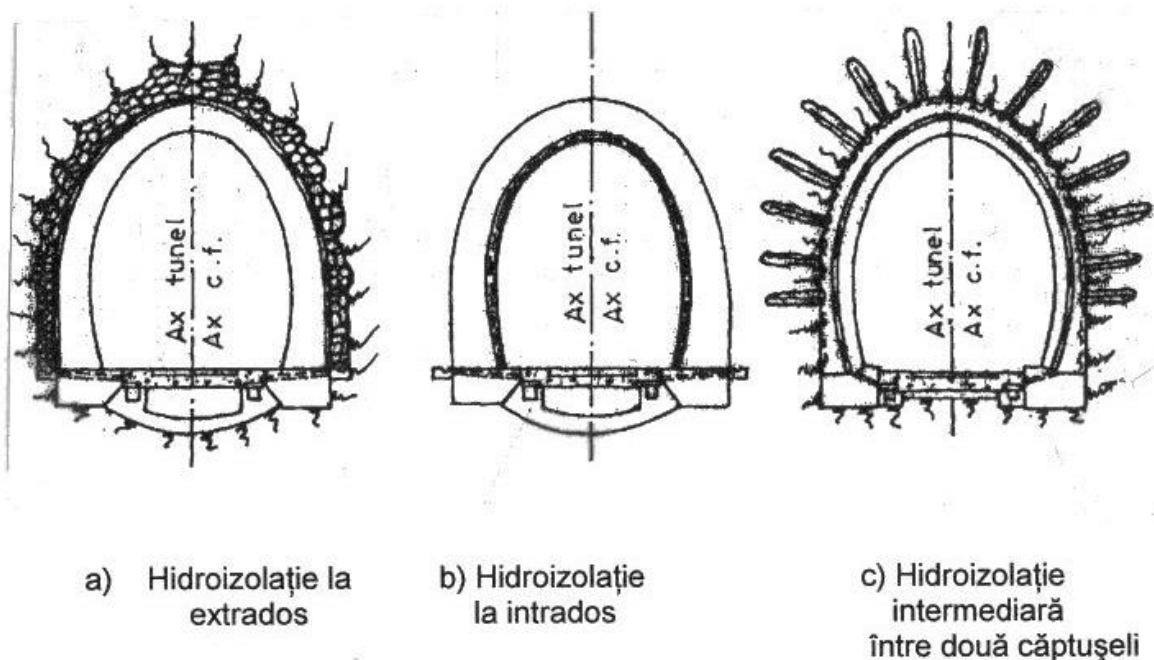
**13.2.** Prevederile prezentului normativ sunt perfectabile și este necesar ca să fie completat și revizuit pe parcursul execuției lucrărilor de hidroizolare, având în vedere și apariția de noi materiale de hidroizolare mai performante.

**13.3.** Se vor lua măsurile necesare în vederea respectării prevederilor din Regulamentul privind urmărirea comportării în exploatare, intervențiile în timp și postutilizarea construcțiilor stabilite de H.G.R. nr. 766/1997 Anexa 4 și de Normativul P 130-99-Normativ privind urmărirea în timp a construcțiilor.

[\[top\]](#)

## 14. Anexe

[Fig. 1.](#) Poziția hidroizolației față de căptușeală



**Fig.1.** Hidroizolarea tunelurilor cu folie din mase plastice



Fig. 2. Procedee de realizare a hidroizolației cu folii tip PVC

- 1- Căptușeala exterioară
- 2- Strat nr.1 de geotextil
- 3- Strat nr.2 folie PVC translucidă 2 mm gros, -membrană
- 4- Strat nr.3 folie PVC neagră 1,5 mm gros., de protecție

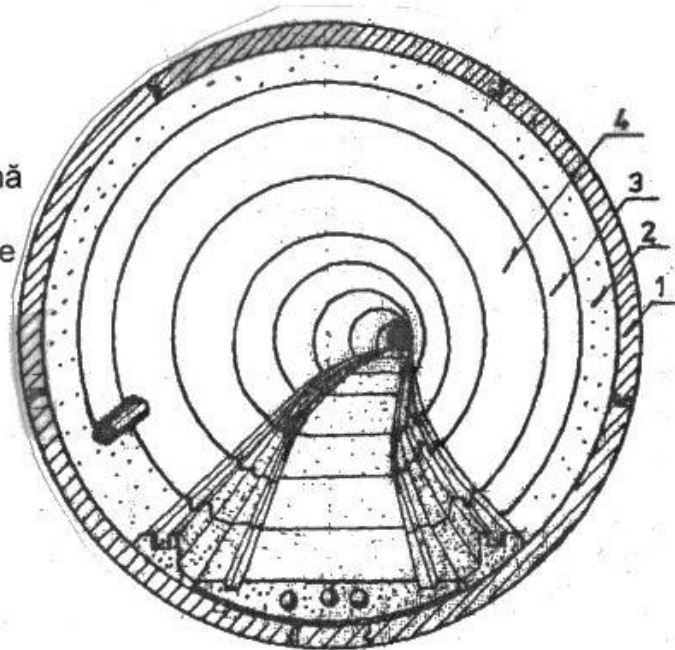
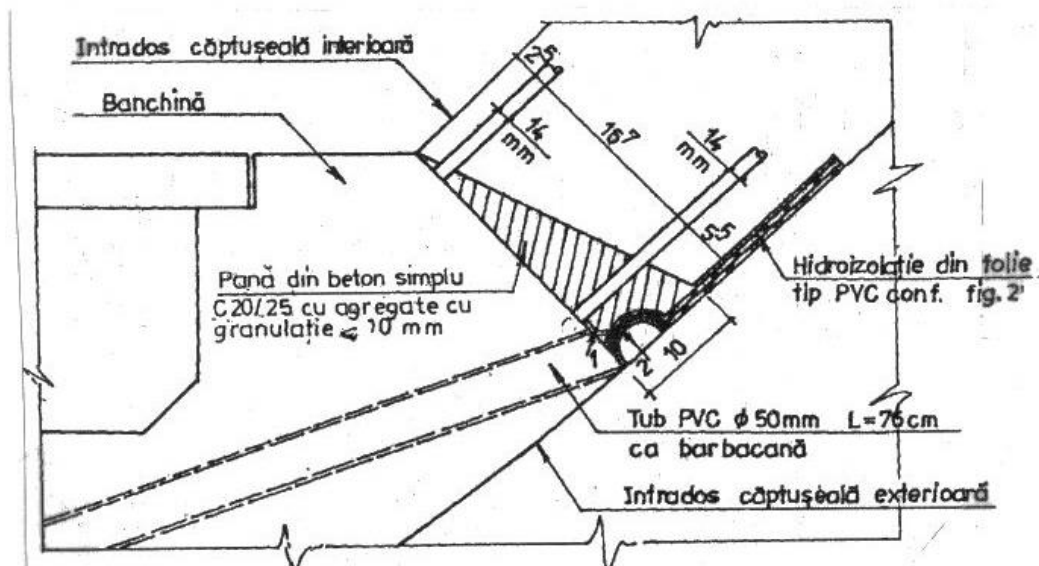


Fig.2. Procedee de realizare a hidroizolației din folii tip PVC

Fig. 3. Colectarea apelor la nivelul banchinei



- 1- Strat de geotextil tip TERASIN 600 așezat în dreptul barbacanei pentru a evita colmatarea cu lapte de ciment
- 2- Semitub PVC-M ø 50mm

Fig.3. Colectarea apelor la nivel banchine

Fig. 4. Sistem de prindere a foliei pe intrados

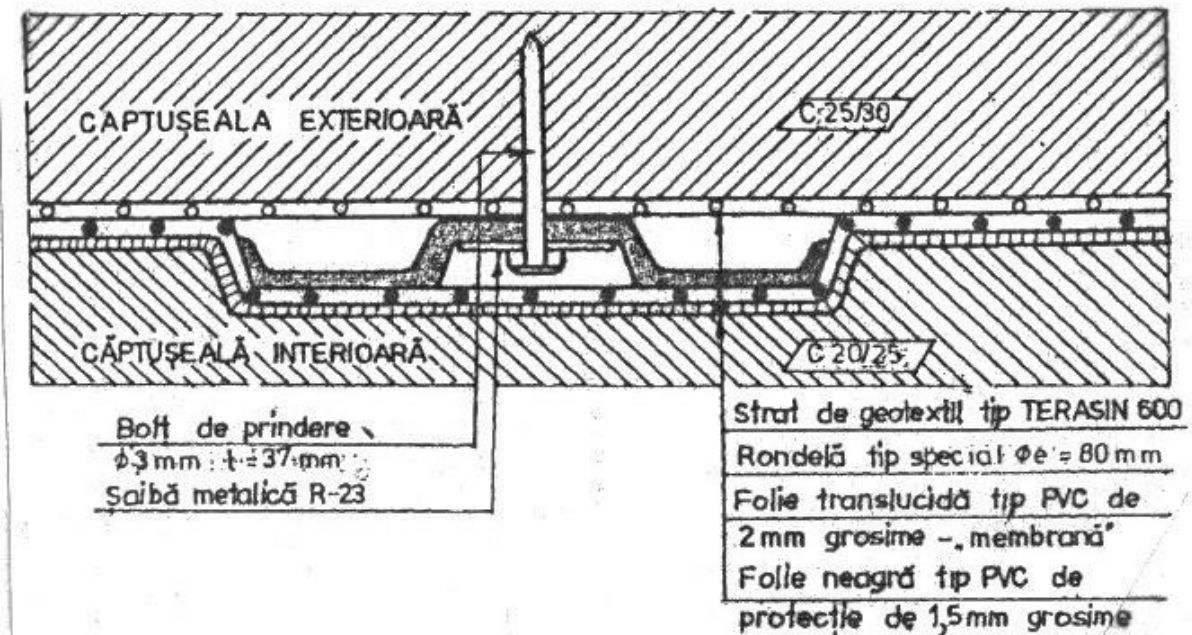


Fig.4. Sistem de prindere a foliei PVC pe intrados

Fig. 5. Detalii de îmbinare a foliilor din mase plastice prin sudură cu aer cald

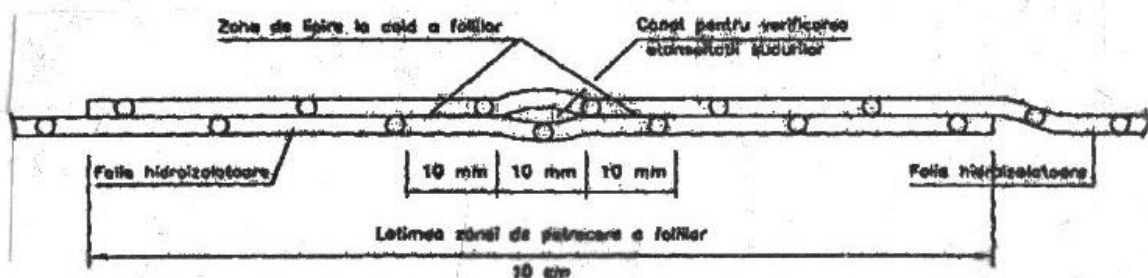
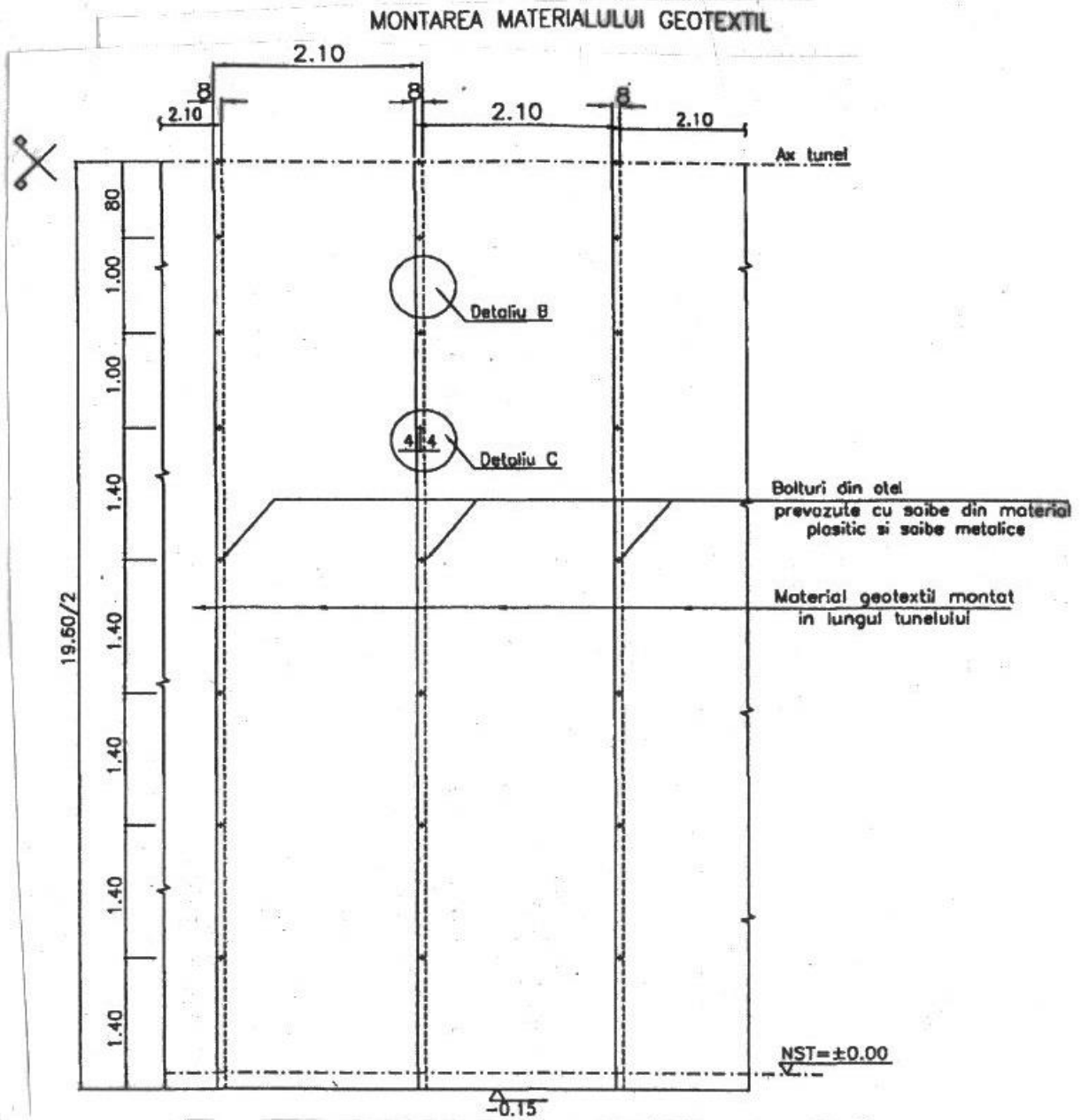


Fig.5. Detaliu de îmbinare a foliilor din mase plastice prin sudură cu aer cald

Fig. 6. Montarea stratului de geotextil la intrados



**Fig.6.** Montarea stratului de geotextil la intrados

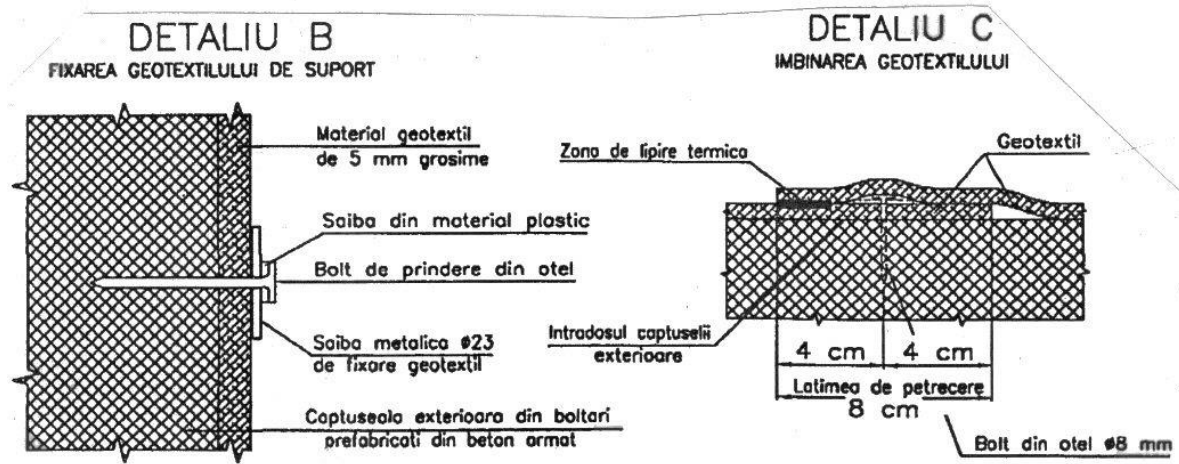


Fig.6. Montarea stratului de geotextil la intrados

[Fig. 7.](#) Montarea foliilor din mase plastice la intrados

## DETALIU D

Material geotextil  
de 5 mm grosime

Membrana din polietilena  
de inalta densitate, de 2 mm  
grosime

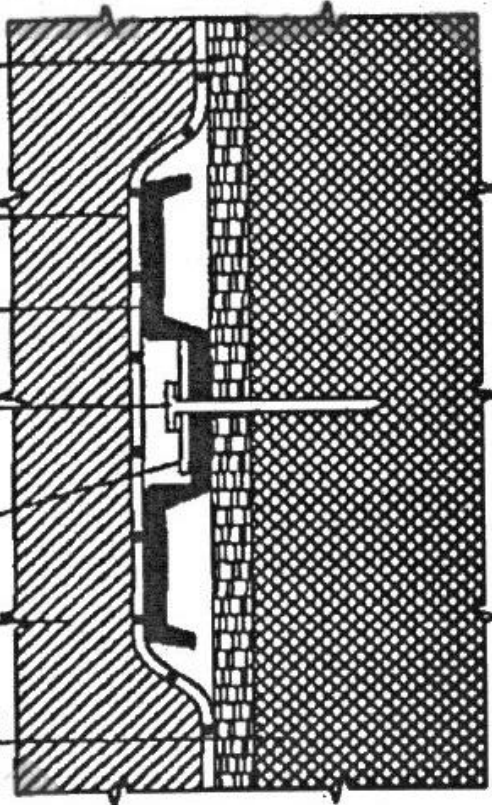
Randala din polietilena  
de inalta densitate

Bolt de prindere din otel,  
cu seiba din material plastic

Seiba metalice

Capluseala interioara din  
beton armat C20/25

Capluseala exterioara din boltari  
prefabricati din beton armat



## DETALIU E

### IMBINAREA MEMBRANEI DIN POLIETILENA DE INALTA DENSITATE

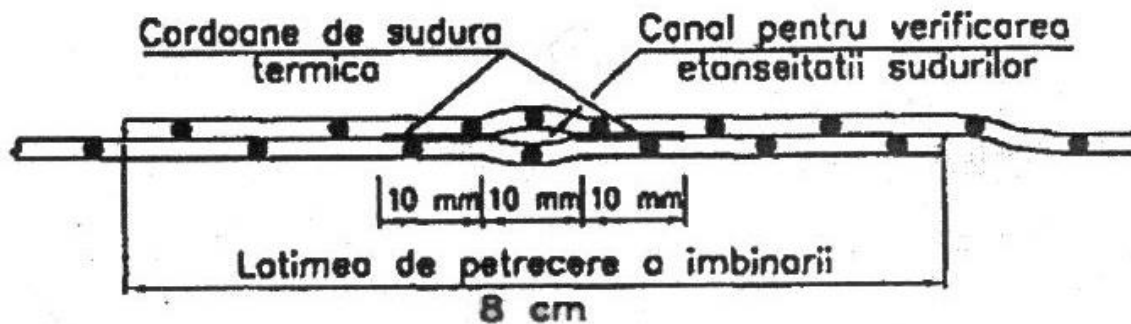


Fig.7. Montarea foliilor din mase plastice la intrados

MONTAREA MEMBRANEI DIN POLIETILENĂ DE ÎNALTĂ TENSIUNE  
DE 2.08 M LĂȚIME

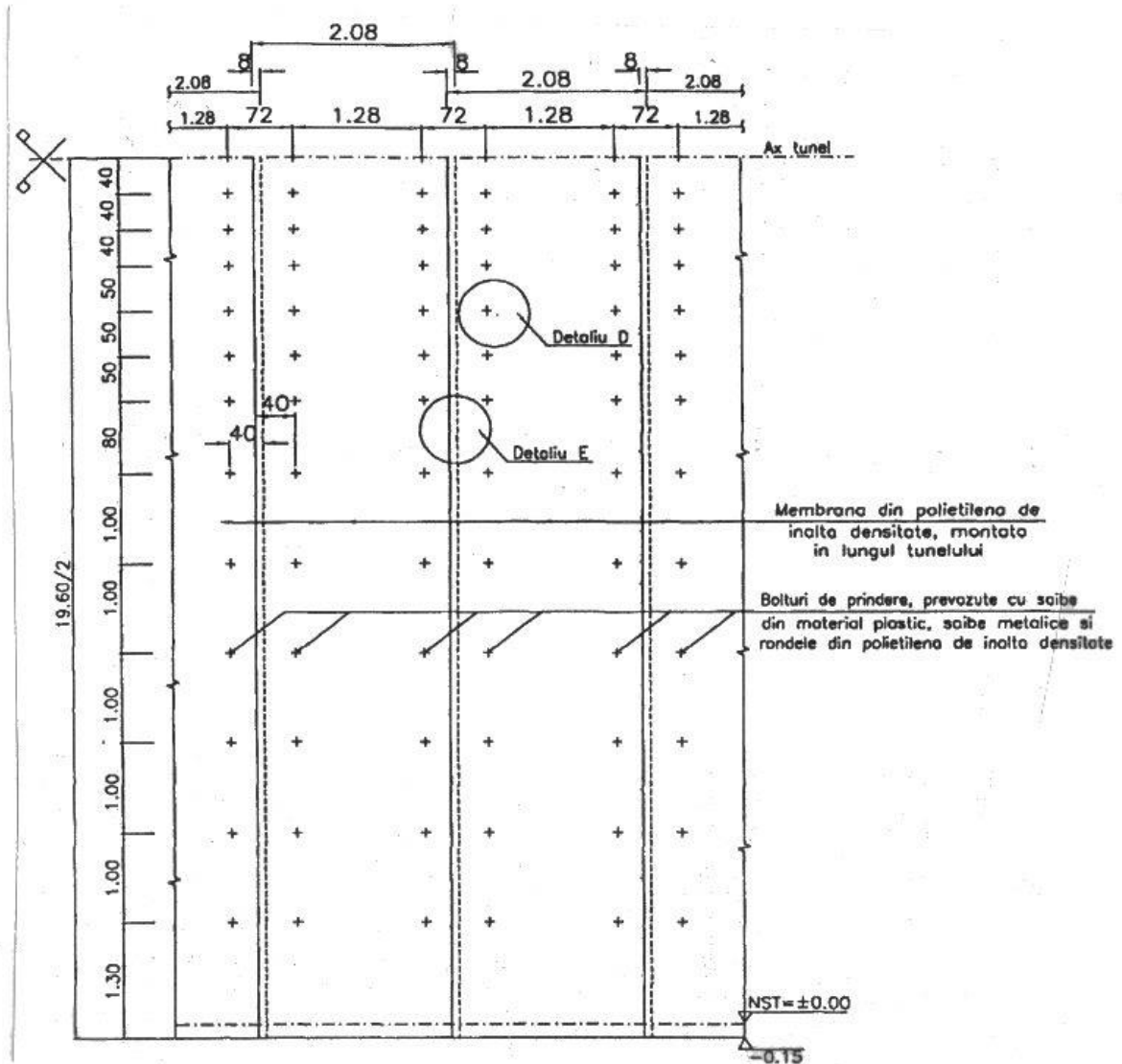


Fig.7. Montarea foliilor din mase plastice la intrados

Fig. 8. Hidroizolarea extradosului căptușelii existente cu folii din mase plastice



## DETALIU B

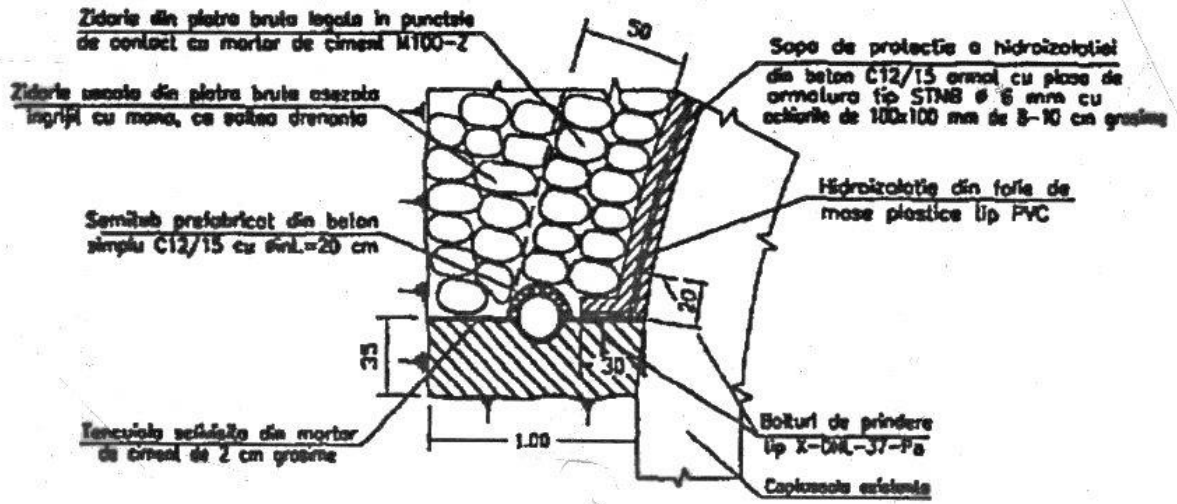


Fig.8. Hidroizolarea extradodusului căptușelii existente cu folii din masă plastică



MONTARE FOLIEI TRANSLUCIDE TIP PVC (LĂȚIME 1.75 m)

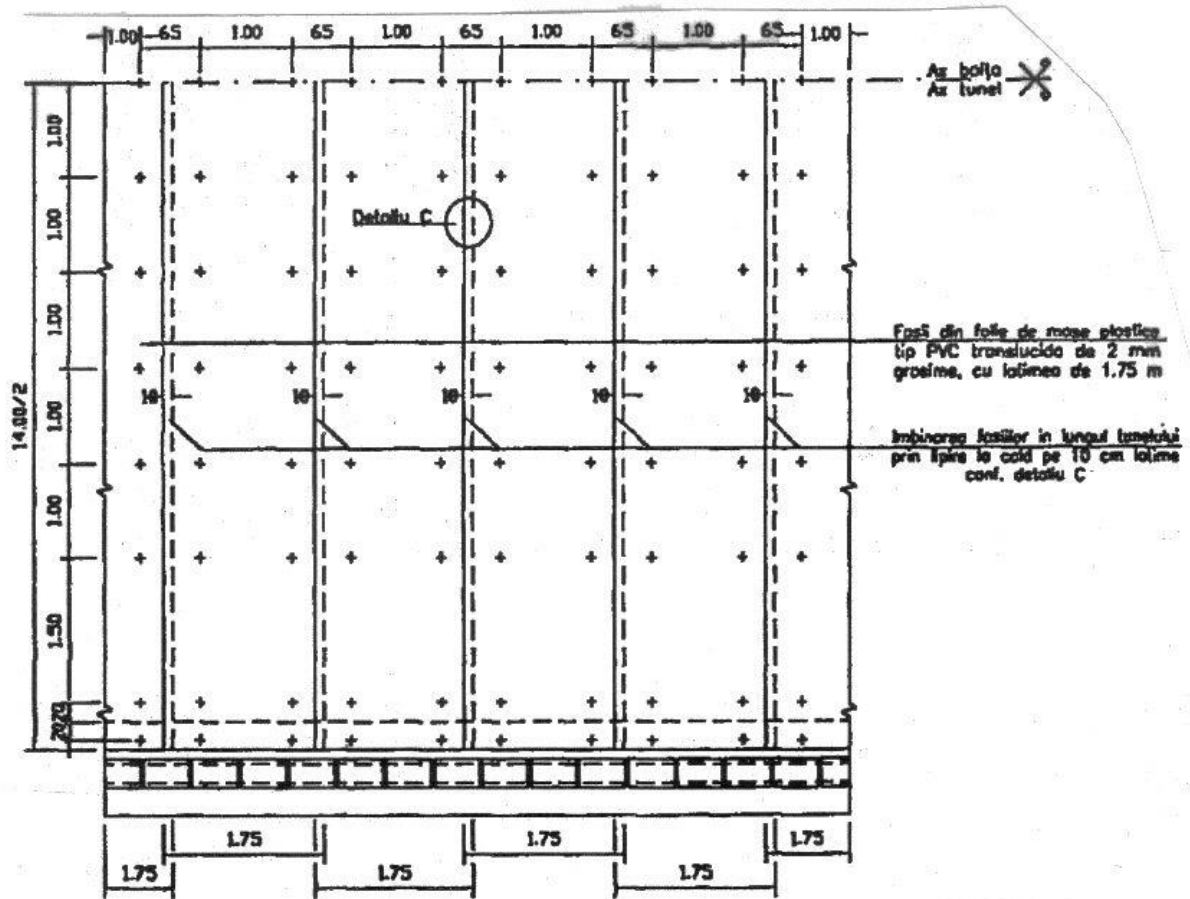


Fig.8. Hidroizolarea extradosului căptușelii existente cu folii din mase plastice

DETALIU C  
IMBINAREA FAȘILOR DIN FOLIE TRANSLUCIDA

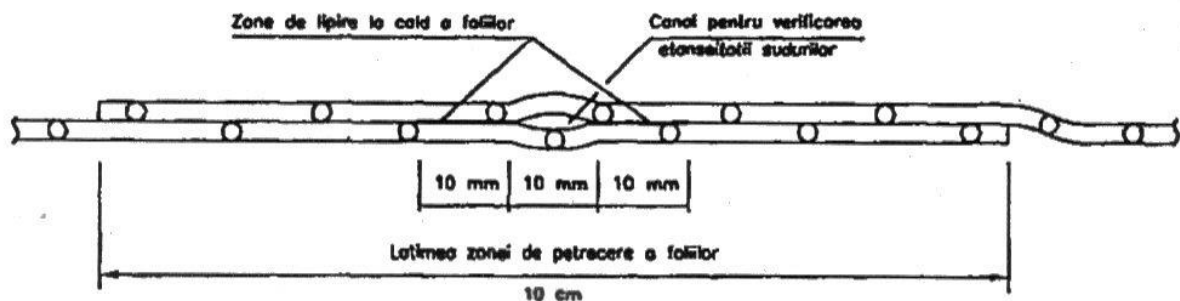


Fig.8. Hidroizolarea extradosului căptușelii existente cu folii din mase plastice

Fig. 9. Detalii de protecție a membranei la rosturile de turnare a căptușelii interioare

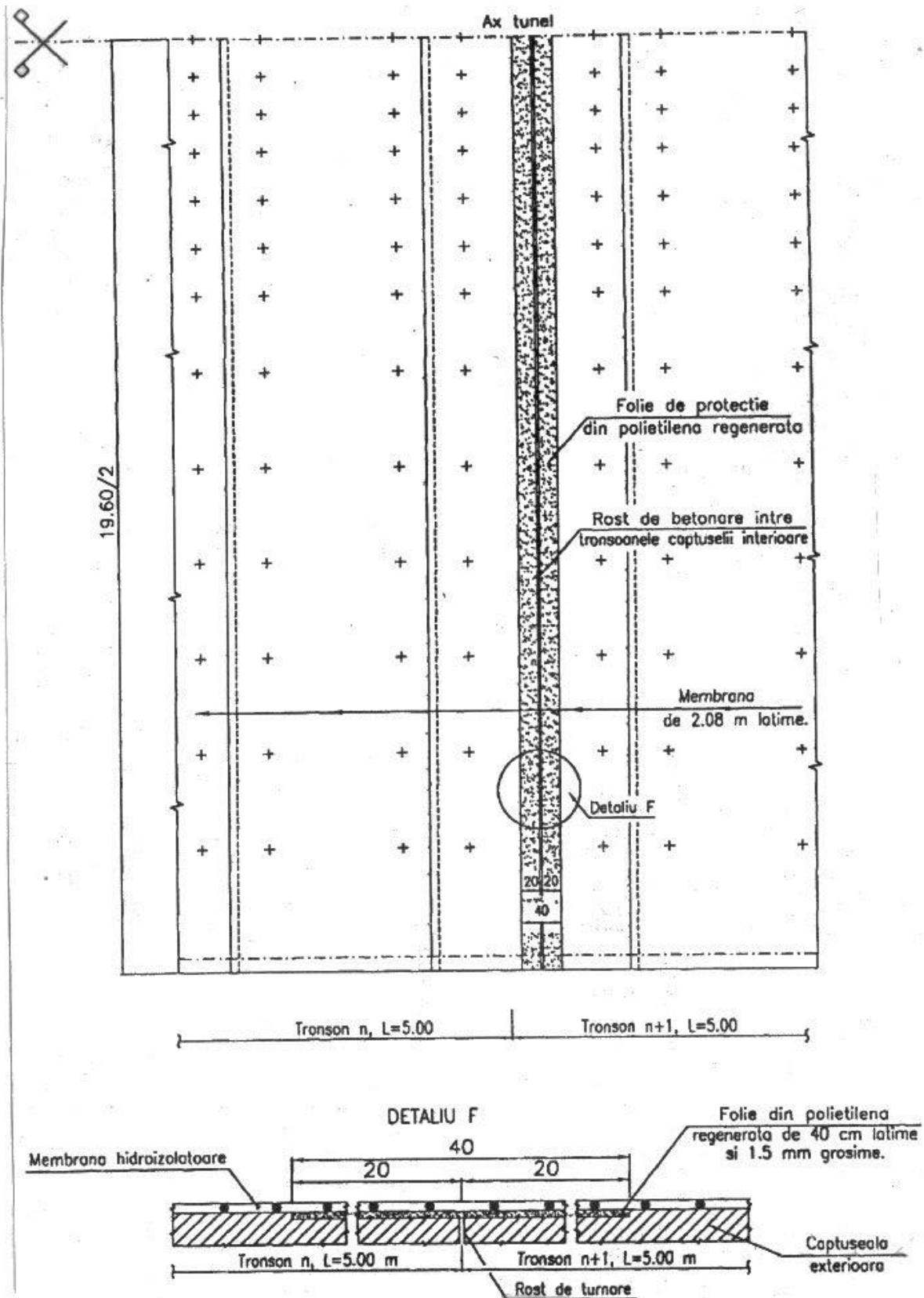


Fig.9. Detaliu de protecție a membranei la rosturile de turnare a căptușelii interioare

Fig. 10. Hidroizolarea nișelor cu folii din mase plastice

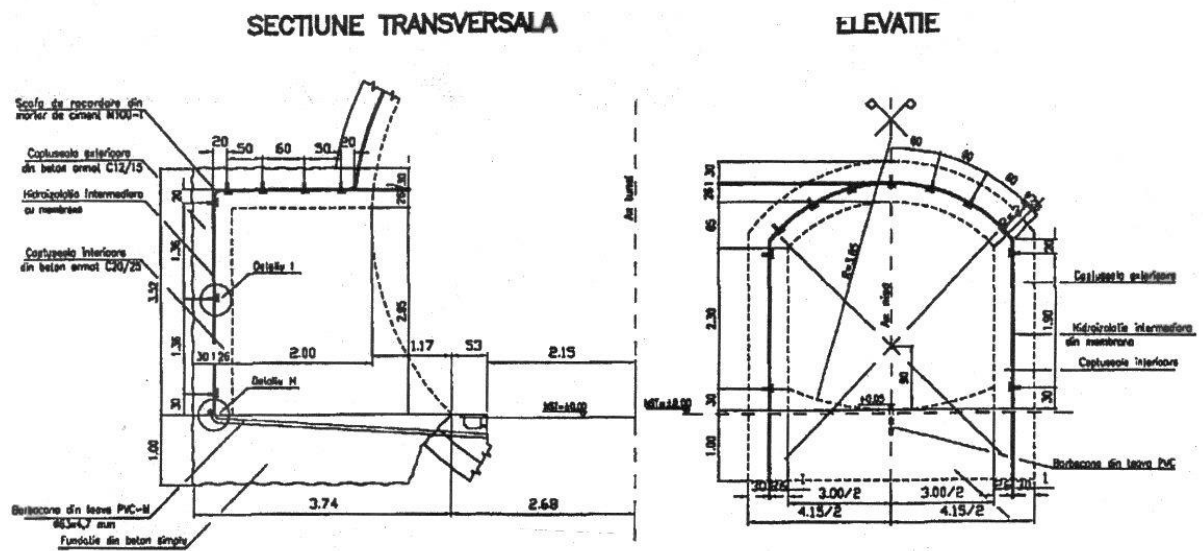


Fig. 10. Hidroizolarea nișelor cu folii din mase plastice

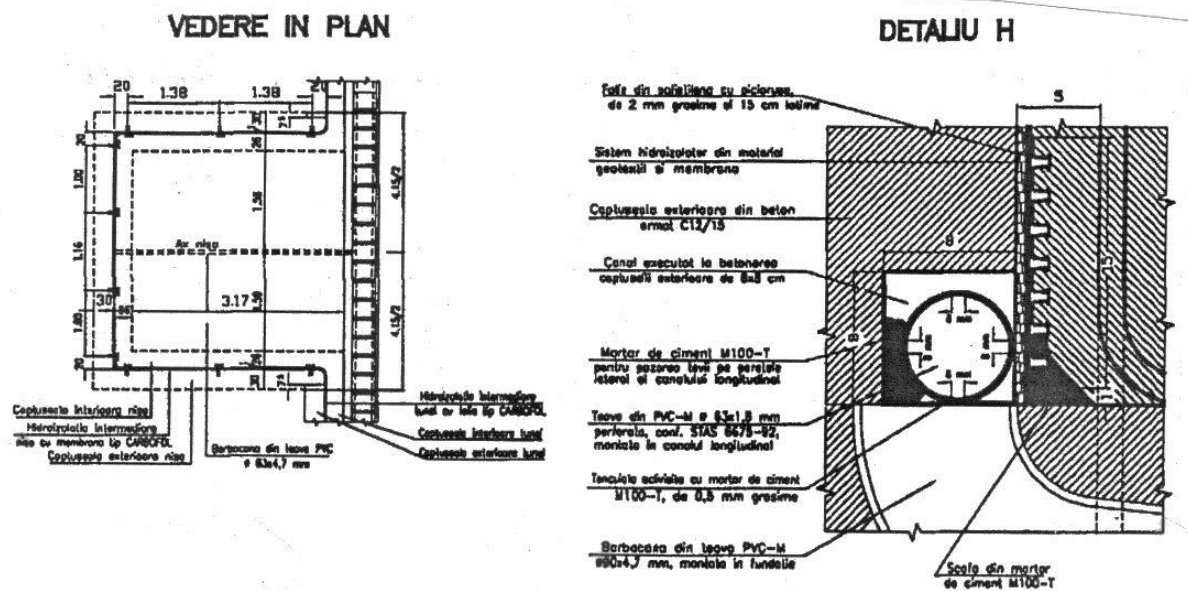
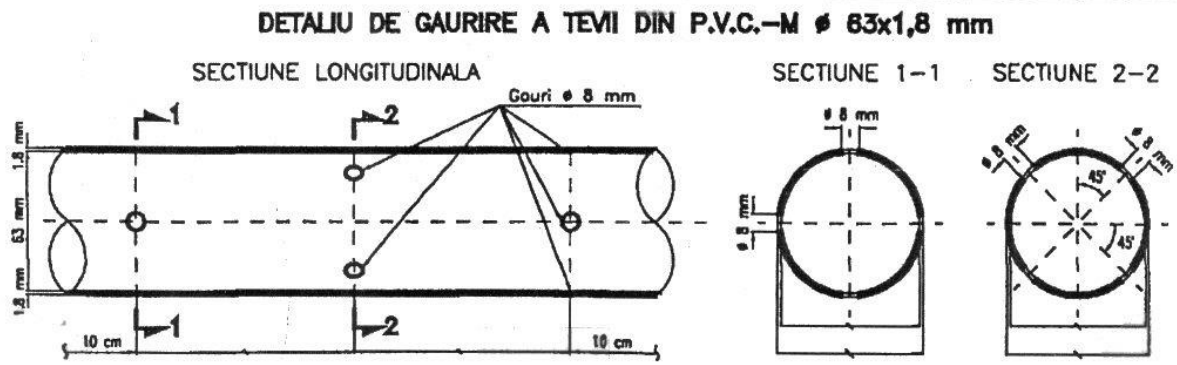
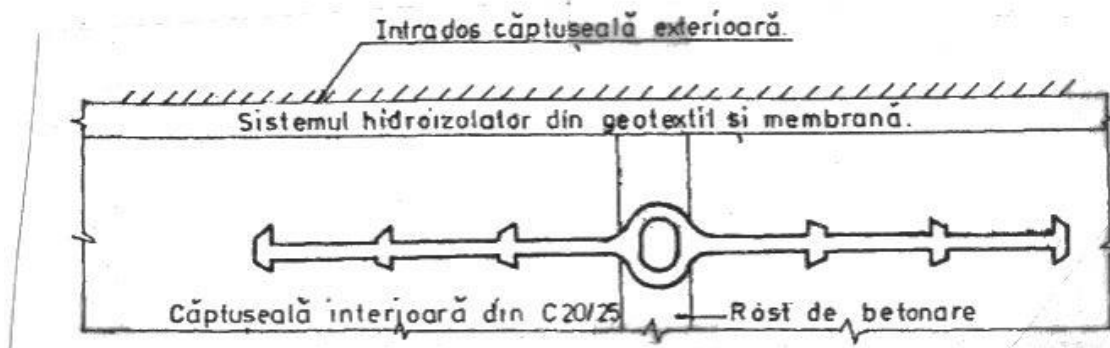


Fig. 10. Hidroizolarea nișelor cu folii din mase plastice



**Fig. 10.** Hidroizolarea nișelor cu folii din mase plastice

[Fig. 11.](#) Detalii de etanșare a rosturilor de construcție sau de turnare



**Fig.11a.** Profil tip O 25 din PVC-STAS 9076-79 pentru acoperirea rostului de turnare căptuseală interioară

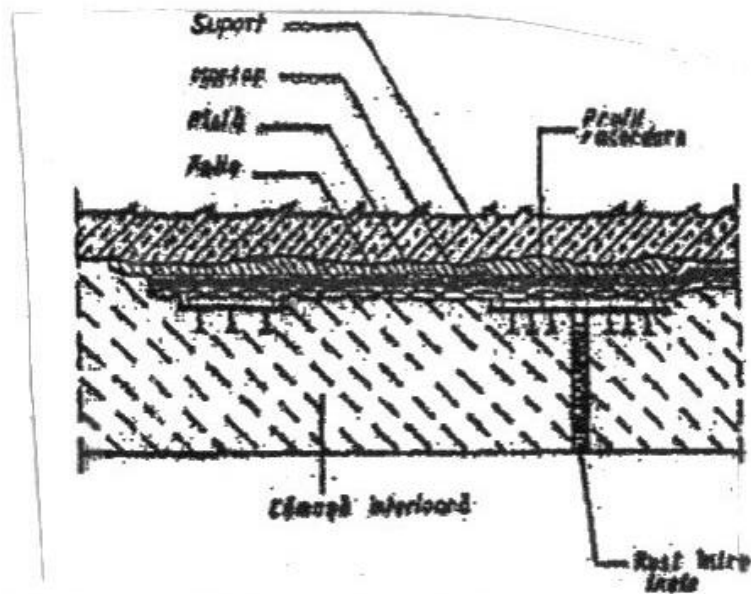


Fig.11b. Folosirea profililor pentru prinderea membranelor și acoperirea rosturilor

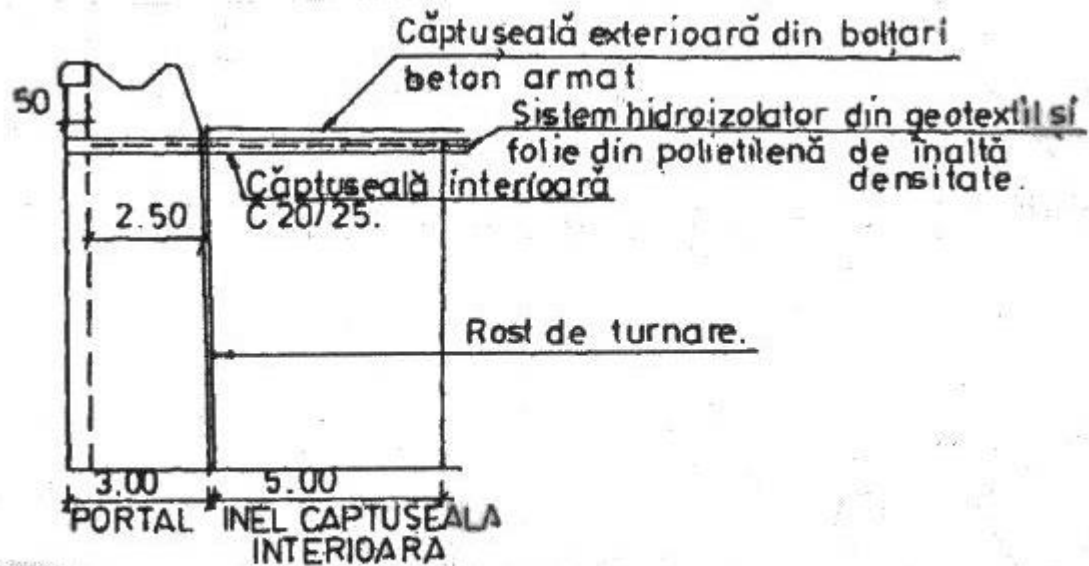
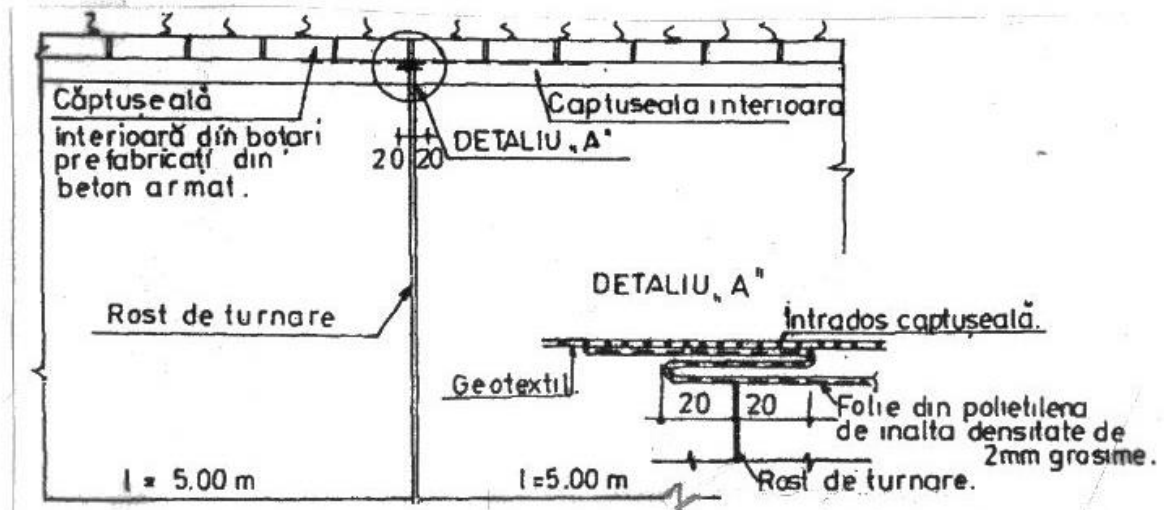


Fig.11c. Betonarea rostului dintre căptușeală și portal



**Fig.11d.** Acoperirea rostului de turnare prin dublarea membranei în sistem armonică