A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești"
SEBEȘ, 2017

STUDII ȘI COMPARAȚII ALE MATERIALELOR HIDROIZOLATOARE DE PROTECȚIE A INFRASTRUCTURII

Mihaela DUMITRAN

STUDIES AND COMPARISONS OF WATERPROOFING MATERIALS FOR INFRASTRUCTURE PROTECTION

This article mainly illustrates the current situation of dedicated infrastructure materials as well as the comparison of some of them. For the waterproofing system comparison, one of the multi-criteria analysis methods was used: the Global Utility Method. The proposed analysis scenarios were: bituminous waterproofing for a continuous foundation, HDPE waterproofing for a continuous foundation and waterproofing based on additives for concrete, for a continuous foundation. Our multi-criteria analysis was based on the following features of the technology execution process: price, life span and degree of difficulty.

Keywords: waterproofing, foundation, multi-criterial analysis, global utility method
Cuvinte cheie: hidroizolații, fundație, analiza multicriterială, metoda utilități globale

1. Introducere

Hidroizolațiile sunt materiale care au rolul de a proteja elementele de construcții împotriva apelor. Soluţiile de hidroizolare conservă integritatea construcţiilor şi sunt utile pentru a înțelege natura forţelor care acţionează asupra construcţiilor, precum şi efectul

acestora pe parcursul ciclului de viaţă a acestora. Hidroizolarea implică, de asemenea, alegerea sistemelor şi a materialelor adecvate pentru a contracara efectele negative ale forţelor naturale [1].

Elementele de construcții aflate sub nivelul solului sunt direct influențate de *acțiunea apelor subterane*, care depind de compoziția chimică a apei, de poziția construcției față de nivelul acestora, de caracteristicile pământului precum și de natura materialelor de construcții. Materialele cele mai rezistente la acțiunea apei sunt: bitumurile, rășinile naturale și artificiale, sticla, precum și unele metale: aluminiul, cuprul, plumbul, motiv pentru care aceste materiale se utilizează în mod curent pentru executarea hidroizolațiilor clasice.

Una dintre cele mai frecvente probleme întâlnite la majoritatea construcțiilor noi, dar și la cele vechi este igrasia și mucegaiul demisolurilor, lucru ce se datorează lipsei hidroizolațiilor la fundații, permițând apei să urce prin capilaritate și să intre în contact cu materialele de construcții afectându-le compoziția și proprietățile fizice și mecanice. În timp umiditatea se transferă în toate structurile construcției având ca urmări, pe lângă igrasie și mucegai, necesitatea de consolidare sau chiar de refacere a construcției, lucru ce duce la cheltuieli suplimentare considerabile.

Hidroizolarea unei construcții nu este numai o măsură preventivă împotriva inundării subsolurilor, a apariției igrasiei, a mucegaiului, ci este și o măsură ce asigură și protejează structura de rezistență a construcției, estetica, aspectul și cel mai important sănătatea locatarilor.

Prețul realizării unei hidroizolații corecte la o construcție nu este unu mic, dar acest proces trebuie și merită să fie realizat corect și de la bun început, pentru a evita numeroasele neplăceri ce pot să apară în lipsa acesteia și care ar duce, ulterior, la costuri mult mai mari.

2. Materiale de hidroizolații pentru infrastructură

Partea cea mai importantă a unei construcții se consideră a fi fundația, iar hidroizolarea acesteia se poate realiza în următoarele moduri: la interior prin impermeabilizarea betonului cu diverși aditivi, oferind betonului proprietăți impermeabile; la exterior prin aplicarea pe suprafața fundației a membranelor bituminoase, polimerice, poliuretanice etc. care fac corp comun cu betonul; sistem de drenuri care are rolul de a capta apa până sub nivelul fundație și pe care o varsă ulterior într-un puț colector de apă, acesta se folosește în cazul în care fluxul de apă subterană este mare sau există izvoare [2].

Pentru alegerea tipului de material hidroizolator trebuie să se țină cont de următoarele aspecte: condițiile în care lucrează fundația; consistența terenului; gradul de umiditate al terenului; zona de seismicitate; tasare; încărcare etc.

În țara noastră, în momentul de față există o gamă mare de materiale de hidroizolați, dintre care amintim: membrane bituminoase; membrane din PVC (policlorură de vinil); PP (polipropilenă); LPDE - (polietilenă de joasă densitate);HDPE (polietilenă înaltă densitate); cauciuc EPDM etc.; cimenturi speciale de impermeabilizare sub formă de pastă; produse lichide, pe bază de polimeri poliuretanici, acrilici.

În cazul hidroizolării fundației la exterior, materialul cel mai des utilizat este membrana hidroizolantă bituminoasă și este recunoscută ca fiind un excelent material impermeabil.

Membranele hidroizolante bituminoase sunt fabricate pe bază de bitum modificat aditivat cu polimeri elasto-plastomeri, reprezentând categoria cea mai utilizată în C.E, prezentând performanțe tehnico-mecanice foarte bune, având o armătură din fibră de sticlă sau poliester şi sunt fabricate cu diferite finisaje la partea superioară (ardezie minerală, nisip, TNT, folie de aluminiu etc.

Datorită calităţilor deosebite pe care bitumul le prezintă rămâne cel mai utilizat material hidroizolator folosit în construcţii.

În cazul membranelor, cele mai noi tehnologii se bazează pe materiale polimerice care au calitatea de a fi extrem de aderente creind astfel o barieră invizibilă în jurul exteriorului unei structuri.

Membranele polimerice sunt utilizate în general ca hidroizolație monostrat, acestea fiind autoprotejate din fabricație și armate cu materiale tip rețea, cu fire textile, sticlă etc. Unul dintre materiale de hidroizolații polimerice utilizat la hidroizolarea fundațiilor este membrana cu crampoane, fabricată din HDPE și care are rolul de a proteja fundațiile împotriva umezelii și a rădăcinilor plantelor.

Dintre cele mai modern soluţii care se găsesc piața materialelor de construcții sunt cele sub formă de tencuieli, mortare, soluţii de silicat modificate biochimic, sisteme de hidroizolare integrală, membrane polimerice etc.

Sistemele de hidroizolare integrală se găsesc sub forma a două tipuri: sisteme hidrofile care foloseşte o tehnologie prin cristalizare care înlocuieşte apa din beton cu cristale insolubile şi sisteme hidrofobe utilizează acizii graşi pentru a bloca porii din beton, împiedicând astfel pătrunderea apei prin ei [3].

Hidroizolaţia cu mortar cu acţiune cristalină se caracterizează prin rezistenţă la presiune şi contrapresiune hidrostatică, întrând în

structura betonului pe care îl impermeabilizează 100%, iar cristalele care se formează rămân active pe toată durata de viaţă a betonului, obturând fisurile caplilare din beton chiar şi în cazul apariţiei ulterioară a acestora [4].

Un alt tip de hidroizolaţie este cea pe bază de silicaţi modificaţi biochimic care odată ajunşi în compoziţia betonului reacţionează cu calciu şi formează un gel de hidrat de silicat de calciu insolubil în apă, având ca şi scop colmatarea fisurilor de până la 2 mm, a porilor şi capilarităților dar şi a fisurilor ce pot apare ulterior, el rămânând activ pe toata durata de viaţă a suprafeţei de beton.

Cimentul cu întărire rapidă folosit în hidroziolaţii opreşte instantaneu infiltraţiile de apă permiţând aplicarea materialelor hidroizolante adecvate. Timp de întărire este de 2 minute, fiind un mortar gata preparat din lianţi hidraulici, agregate silicoase selectate şi aditivi care în amestec cu apa se întăresc rapid.

Câteva dintre caracteristicile acestui ciment sunt: în amestec cu apa opreşte înfiltraţiile de apă indiferent de debit mare sau mic, rezistă la ape sărate, ape bogate în sulfat de calciu, ape dulci, uleiuri; opreşte scurgerile şi impermeabilizează suprafaţa pe care este aplicat; nu se contractă,nu crapă datorită reacţiilor exoterme; nu este toxic în contact cu apa potabilă; se întăreşte în contact cu apa [5].

3. Compararea sistemelor de hidroizolații la infrastructură

În urmă apariţiei a tot mai multor materiale de hidroizolaţii pentru fundații cu caracteristici din ce în ce mai performante, dar în acelaş timp şi costisitoare, necesitatea unei analize multicriteriale a materialelor de hidroizolaţii poate reprezenta un avantaj substanțial pentru proiectanţi, astfel încât aceștia să poată oferi soluții care să acopere atât cerinţele tehnice cât şi cele economice.

O bună hidroizolare oferă elementelor de construcție durabilitate, împiedicând efectele degradărilor imediate sau în timp, care pot să apară datorită deficiențelor de proiectare, execuție și exploatare. Punerea în operă a hidroizolaţiilor presupune respectarea etapelor de execuţie şi a cerinţelor de calitate prezentate în normative și caietele de sarcini.

Pentru a alege cel mai eficient sistem de hidroizolare s-a recurs la o metodă a analizei multicriteriale și anume metoda utilități globale.

Analiza multicriterială se consideră a fi un instrument cu ajutorul căruia se pot realiza comparații în funcție de numărul variantelor raportate la numărul de criterii, rezultând în final o clasificare

sintetică, sau clasificări diferite care vor reflecta punctul de vedere al decidentului.

Metoda utilității globale este una dintre cele mai simple metode ale analizei multicriteriale în condiții de certitudine utilizându-se atât în cazul în care criteriile decizionale au o importanță egală pentru decident, cât și în cazul în care criteriile au coeficienți de importanță diferiți pentru decident [6].

Pentru a înțelege modul de lucru utilizând această metodă trebuie știute etapele care stau la baza acesteia și anume:

- prima etapă este stabilirea matricei de performață care conține opțiunile (variante, alternative) scrise pe liniile matricei și criteriile decizionale scrise pe coloanele matricei, criterii care au fost stabilite de decident ca fiind cele mai importante;
- cea de a doua etapă este stabilirea importanței criteriilor de apreciere care se poate face prin mai multe modalități: fie prin estimare directă a coeficienților pe baza unei evaluări subiective, fie prin calcularea acestora printr-un sistem de comparare;
- cea de a treia etapă este calculul utilităților globale, comparare se poate realiza doar dacă criteriile sunt de importanță egală, lucru ce în realitate este rar întâlnit, motiv pentru care fiecărui criteriu i se acordă un coeficient de importanță cu care se multiplică utilitățile înainte de însumare;
- ultima etapă este cea de stabilire (alegere) a variantei decizionale optime și anume varianta care va avea punctajul maxim se va considera ca fiind cea mai bună în funcție de criteriile stabilite [7], [8].

Pentru a putea găsi o rezolvare corespunzătoare sunt necesare minim două criterii de evaluare prin care să se poată compara soluţiile propuse. Soluţiile tehnice nu pot constituii criterii de comparație deoarece orice variantă s-ar propune trebuie să corespundă necesităţii sau să realizeze acelaşi tip de funcţiuni.

Din punct de vedere al preţului fiecărei soluţii propuse putem avea diferenţe între materiale de hidroizolaţii. Prin urmare unul dintre criteriile de comparaţie poate fi **preţul.**

Un alt criteriu de comparaţie poate să fie **durabilitatea materialelor** de hidroizolaţii oferită de producător.

Datorită importanței sintagmei că „ timpul înseamnă bani” şi în cazul hidroizolaţiilor pentru fundații durata de execuție și eficiența punerii în operă constituie un factor extrem de important. Motiv pentru care putem să luăm în considerare ca şi un al treilea criteriu **gradul de dificultate al tehnologiei de execuție**.

Acestea sunt trei criterii semnificative prin intermediul cărora se pot compara variantele propuse, astfel că pentru această comparaţie este necesar ca fiecare criteriu să aibă o pondere şi un număr de puncte sau valori. Astfel proiectantul poate susţine argumentat, care dintre soluţiile propuse este cea mai eficientă. Criteriile prezentate mai sus nu sunt singurele, ci în funcţie de situaţie se pot invoca și altele care să redea adecvat compararea variantelor propuse.

Un exemplu de analiză multicriterială privind alegerea unui material de hidroizolaţii pentru fundații prin metoda Utilităților Globale este prezentat mai jos. Scenariile care se vor analiza sunt:

- Realizarea unui hidroizolaţii bituminoase pentru o fundație continuă;
- Realizarea unui hidroizolaţii din HDPE pentru o fundație continuă;
- Realizarea unui hidroizolaţii pe bază de aditivi pentru beton la o fundație continuă.

Criteriile de comparaţie care se vor utiliza sunt:

- preţul materialelor;
- gradul de dificultate al tehnologiilor de execuție;
- durata de viaţă a materialelor.

Fiecărui criteriu i se va aloca o pondere conform tabelului 1 considerând că sunt egale ca și importanță și conform tabelului 2, unde criteriile s-au considerat ca au importanță diferită pentru decident.

Tabelul 1

Criterii	Pondere (%)
Preţul	33,33
Durata de viață	33,34
Dificultatea de instalare	33,33
Total	**100**

Tabelul 2

Criterii	Pondere (%)
Preţul	40
Durata de viață	25
Dificultatea de instalare	35
Total	**100**

- **Preţul**

Acest criteriu a fost ales deoarece adesea este elementul determinant pentru alegerea unui produs, deşi, de multe ori, din considerente de preţ se ignoră principiul fundamental priviind achiziţiile,

şi anume raportul Calitate/Preţ. Datorită faptului că lucrările de hidroizolaţii reprezintă una dintre etapele cele mai importante în realizarea unei construcţii şi, ulterior, pe durata de exploatare, acestea trebuie realizate foarte bine de la început, în caz contrar existând riscul apariţiei neplăcerilor datorate infiltraţiilor care aduc şi un disconfort fizic, psihic şi financiar.

Faptul că lucrările de hidroizolaţie au un preţ scăzut în raport cu costurile ansamblului construcţiei, face ca în multe cazuri importanţa acestor lucrări să fie tratată cu mai puţină atenţie [9], [10].

Tabelul 3

Varianta / Criteriu	V_1	V_2	V_3
Preț (lei/m^2)	19,71	5,06	37,94

● **Durata de viață**

Durabilitatea structurală se poate defini ca un factor de menţinere a calităţilor funcţionale faţă de agenţii ce pot acţiona asupra hidroizolaţiei având drept criteriu de performanţă durata de garanţie, sau/ și durata de utilizare estimată.

Durabilitatea unui sistem de hidroizolaţii se poate caracteriza prin două moduri de evaluare:

- garanţia acordată de către executant şi/sau producător care trebuie să constituie un sistem de evaluare obligatoriu şi care va face referire la materialele hidroizolante ce compun structura sau la structura hidroizolației în asamblu;
- durata de utilizare apreciată care constituie un sistem de evaluare orientativ a calităţii ce poate fi luată în considerare în funcţie de organismul care face aprecierea sau susţinerea prin exemplificare.

Trebuie să se precizeze măsurile de întreţinere preconizate în funcţie de condiţiile de utilizare în conformitate cu Legea 50/ 1995, cu garanţie de 10 ani; în cazuri particulare, prin convenţie între părţi, proiectant, beneficiar, executant, se pot stabili alte termene.

Durabilitatea hidroizolaţiilor construcţiilor implică verificarea, exploatarea şi întreţinerea acesteia.

Tabelul 4

Varianta / Criteriu	V_1	V_2	V_3
Durata de viață	15	20	10

● **Gradul de dificultate al tehnologiei de execuție**

Acest criteriu va primi un punctaj de la 1 la 10, 1 reprezentând metoda cea mai puțin eficientă din punct de vedere al timpului de execuție și al ușurinței de punere în operă, iar 10 reprezintă metoda cea mai eficientă atât din punct de vedere al timpului de execuție, cât și al ușurinței de punere în operă.

Tabelul 5

Varianta / Criteriu	**V_1**	**V_2**	**V_3**
Dificultatea de instalare	5	7	4

Centralizarea variantelor cu valorile aferente pentru fiecare criteriu este dată în tabelul 6.

Tabelul 6

Criteriu / Variantă	**Preț**	**Durata de viață**	**Dificultatea de instalare**
V_1	19,71	15	6
V_2	5,06	20	8
V_3	37,94	10	4
k_j	33,33	33,34	33,33
	40	25	35

Se vor aplica formula (1) în vederea obținerii matricei utilităților globale care este dată în tabelul 7.

Tabelul 7

Criteriu / Variantă	**Preț**	**Durata de viață**	**Dificultatea de instalare**
V_1	0,55	0,5	0,5
V_2	1	1	0
V_3	0	0	1

$$u_{11} = \frac{a_{11} - a_{31}}{a_{21} - a_{31}} = \frac{19{,}71 - 37{,}94}{5.06 - 37{,}94} = 0{,}55$$

$$u_{21} = \frac{a_{21} - a_{31}}{a_{21} - a_{31}} = \frac{5.06 - 37{,}94}{5.06 - 37{,}94} = 1$$

$$u_{12} = \frac{a_{12} - a_{32}}{a_{23} - a_{32}} = \frac{15 - 10}{20 - 10} = 0{,}5$$

$$u_{22} = \frac{a_{22} - a_{32}}{a_{23} - a_{32}} = \frac{20 - 10}{20 - 10} = 1 \qquad (1)$$

$$u_{13} = \frac{a_{13} - a_{23}}{a_{33} - a_{23}} = \frac{6 - 8}{4 - 8} = 0,5$$

$$u_{33} = \frac{a_{33} - a_{23}}{a_{33} - a_{23}} = \frac{4 - 8}{4 - 8} = 1$$

În tabelul 8 este prezentat cazul în care coeficienții de importanță sunt egali și inegali.

Tabelul 8

Criteriu / Variantă	Preț	Durata de viață	Dificultatea de instalare
V_1	0,55	0,	0,
V_2	1	1	0
V_3	0	0	1
k_j	33,33	33,34	33,33
	40	25	35

Criteriu / Variantă	Preț	Durata de viață	Dificultatea de instalare
V_1	18,33 22	16,67 12,5	16,66 17,5
V_2	33,33 40	33,34 25	0 0
V_3	0 0	0 0	33,.33 35
k_j	33,33	33,34	33,33
	40	25	35

Varianta optimă (matricea finală) în acest caz este prezentată în tabelul 9.

Tabelul 9

Criteriu / Variantă	Preț	Durata de viață	Dificultatea de instalare	$\sum U_{ij}$
V_1	18,33 22	16,67 12,5	16,66 17,5	51,66 52
V_2	**33,33** **40**	**33,34** **25**	**0** **0**	**66,67** **55**
V_3	0 0	0 0	33,33 40	33,33 35

4. Concluzii

■ În urma analizei multicriteriale efectuate prin Metoda Utilităților Gobale se poate concluziona în primul rând că varianta optimă a rezultat aceeași indiferent dacă se optează pentru coeficienți de importanță egali sau pentru coeficienți de importanță inegali. Varianta optimă rezultată este hidroizolaţii din HDPE care a „câștigat" în fața celorlalte variante prin ușurința modului de aplicare și prin preț.

■ În urma rezultatelor obținute pe locul doi se situează membranele bituminoase, diferența dintre acestea și cele din HDPE nefiind foarte mare.

■ În schimb, hidroizolațiile pe bază de aditivi au „pierdut" în fața acestor două sisteme de hidroizolare,valoarea rezultatului fiind aproape jumate din valoarea obținută pentru hidroizolațiile din HDPE.

BIBLIOGRAFIE

[1] Kubal, Michael T., *Construction waterproofing handbook*. Second Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc., 2008.
[2] * * * http://www.fastergroup.ro/hidroizolatii-fundatii.html.
[3] * * * http://www.hidroizolatii.org.ro/alchimica-c-1.html.
[4] * * * http://hidroizolatiipeviata.ro/hidroizolatii.html.
[5] * * * http://hidroizolatiipeviata.ro/ciment-cu-intarire-rapida-hidroizolatii.html.
[6] Neumann, J., von Morgenstern, O., Theory of Games and Economic Behavior. Princeton : Princeton University Press, 1947.
[7] Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J. and Sorenson, K., Guidebook to Decision-Making Methods USA : WSRC-IM-2002-00002, Department of Energy, 2002.
[8] See Dobre, I. , Bădescu, A. , Păuna, L. *Teorie Deciziei*. Bucureşti, Editura ASE, 2007.
[9] * * * http://hidroizolatii-beton.ro/
[10] * * * https://arabesque.ro/membrana_fundatie_guttabeta_star_400__2_5x20m_--39474.html.

Sef lucr. Dr.Ing. Mihaela DUMITRAN
Departamentul Construcții Civile și Management,
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, membru AGIR
e-mail: dumitran.mihaela@yahoo.com
telefon: 0746699852