
METODE DE SIMULARE A CONDIȚIILOR DE EXPLOATARE, ÎN CONTEXTUL GENERAT DE SCHIMBĂRILE CLIMATICE, PENTRU MATERIALELE COMPONENTE ALE ELEMENTELOR DE ÎNCHIDERE POLIMERICE ÎN VEDEREA ESTIMĂRII DURATEI DE VIAȚĂ

*Vasilica VASILE, Mihaela ION, Alina CIOACĂ**

ABSTRACT

The article presents the analysis of local climate changes, with specific peculiarities, and the establishment of actions that are manifested on the material component of polymeric closing elements, and the correlation between the climatic actions and specific characteristics of materials analyzed.

The main results obtained relate to the establishment of cycles of artificial ageing laboratory (variation scheme in which certain parameters are kept constant, modified or in combination with others) that simulates the combinations of climatic factors and evaluation of polymeric materials behavior subject to these cycles.

Key words: polymeric materials, construction, lifetime, climate changes

REZUMAT

Articolul prezintă analiza schimbărilor locale ale climatului, cu particularități specifice, și stabilirea acțiunilor care se manifestă asupra materialelor componente ale elementelor de închidere polimerice, ca și a corelației dintre acțiunile climatice și caracteristicile specifice materialelor analizate. Principalele rezultate obținute sunt legate de stabilirea ciclurilor de îmbătrânire artificială în laborator (schemă de variație în care unii parametri sunt păstrați constanți, modificați sau în combinație cu alții), care simulează combinațiile de factori climatici și evaluarea materialelor polimerice supuse acestor cicluri.

Cuvinte cheie: materiale polimerice, construcții, durata de viață, schimbări climatice

1. Introducere

Comportamentul materialelor polimerice supuse acțiunii climatice și chimice este extrem de important contribuind la selectarea materialelor polimerice pentru aplicațiile la exterior. Întrebarea: “Cât va rezista materialul polimeric în exploatare?” și răspunsul adecvat la aceasta, reprezintă un factor cheie în selectarea materialelor pentru aplicații la exteriorul construcțiilor.

Complexitatea sistemului climatic (atmosfera, oceanul, suprafața uscatului, biosfera și criosfera) face ca variabilitatea climatică să se manifeste într-un domeniu larg de frecvențe, începând cu variații pe termen scurt (câțiva ani), numite fluctuații / oscilații, și continuând cu variații pe termen lung, asociate cu schimbările climatice [1].

Schimbarea climei este determinată atât de factori interni (modificările care apar în interiorul sistemului climatic sau datorită interacțiunilor dintre componentele sale), cât și externi naturali (variația energiei emisă de soare, erupții vulcanice, variația parametrilor orbitali ai Pământului) sau externi antropogeni rezultați din activitățile umane (schimbarea compoziției atmosferei ca urmare a creșterii concentrației gazelor cu efect de seră) [1].

Comportarea materialelor polimerice la acțiunile climatice nu este ușor de previzionat datorită complexității factorilor implicați.

Cei mai importanți factori care contribuie la îmbătrânirea și degradarea produselor polimerice sunt:

– radiația solară, în special razele ultraviolete (UV);

- variațiile de temperatură (zi-noapte, iarnă-vară);
- umiditatea;
- precipitațiile (ploaie, zăpadă, polei);
- curenții de aer (vânt);
- pH-ul apei de ploaie;
- impuritățile din atmosferă (CO_2 , SO_2 , praf).

Importanța deosebită au, de asemenea, următorii parametri ai factorilor climatici: intensitatea, durata, alternanța, combinarea a doi sau mai mulți factori climatici.

Efectul factorilor climatici este complex și combinativ implicând acțiunea radiației solare, a temperaturii, a umidității și a poluanților [2], [6].

Radiația ultravioletă (UV) în regiunea 300 până la 400 nm este capabilă să rupă legăturile chimice din lanțul polimeric, cauzând astfel o degradare rapidă a structurii de bază a materialului polimeric. Cantitatea de radiație UV prezentă în radiația solară incidentă variază foarte mult în funcție de poziția geografică. Schimbările climatice, în particular, au avut ca rezultat creșterea cantității de radiație UV ce ajunge la suprafața Pământului, fenomenul fiind determinat de prezența “găurilor” în stratul de ozon.

Procesul de degradare poate fi influențat și de temperatură. Degradarea termică a materialelor polimerice este o degradare moleculară, ca rezultat al încălzirii. La temperaturi ridicate componentele ce alcătuiesc catena de bază a lanțului polimeric încep să se separe (scindare moleculară) și să reacționeze una cu alta, modificând astfel proprietățile polimerului.

Apa, în combinație cu radiația UV, poate genera o varietate de radicali liberi ce pot participa la etapele de inițiere și propagare a procesului de degradare.

Poluanții atmosferici, inclusiv praful, sunt inevitabili în aplicațiile la exterior și pot avea un efect semnificativ asupra materialelor polimerice contribuind la amplificarea procesului de degradare prin efectul combinativ al acestora cu factorii climatici.

Acumularea prafului poate duce la reținerea apei la suprafața materialului polimeric asigurând astfel o sursă continuă de umiditate, iar în prezența poluanților atmosferici agresivi cum ar fi dioxidul de sulf (SO_2) poate crea “ploaie acidă” sau acid sulfuric diluat ce poate avea un efect distructiv sever asupra materialului polimeric.

2. Metode de simulare a condițiilor de exploatare

Având în vedere schimbările evidente observate în climatul global din ultimile decenii, printre care se menționează:

- creșterea temperaturii medii globale cu $0,6^\circ\text{C}$;
- creșterea nivelului mării mediu global cu o rata medie anuală de 1 mm;
- retragerea ghețarilor din zonele nepolare;
- creșterea frecvenței evenimentelor El-Nino,

se pune problema majoră a evaluării schimbărilor climatice în deceniile viitoare. Au fost elaborate scenarii climatice pentru secolul XXI, care prevăd printre altele:

- creșteri ale temperaturii medii globale cu $1,4$ - $5,8^\circ\text{C}$, deasupra uscatului încălzirea fiind mai pronunțată,
- frecvența mai mare a zilelor foarte calde,
- creșterea amplitudinii și frecvenței precipitațiilor extreme,
- creșterea frecvenței secetelor, temperaturile ridicate și evapotranspirația nefiind compensate de creșterea precipitațiilor [1], [7].

În ceea ce privește țara noastră, în special după anul 1985, în luna iulie, au fost înregistrate peste 200 de cazuri cu temperatura maximă mai mare sau egală cu $+40^\circ\text{C}$, în condiții standard (în adăpost meteorologic la 2 m deasupra solului). Din studiul datelor climatice ale ultimilor ani, referitoare la valorile temperaturii și duratele de acțiune ale acestora, s-a constatat că a crescut durata intervalului cu zile tropicale (temperatura maximă zilnică mai mare sau egală cu $+30^\circ\text{C}$).

Aceste date au stat la baza elaborării ciclurilor climatice de laborator, și anume:

- schema de variație a temperaturii (1), ce simulează condițiile climatice întâlnite în anotimpul vară, intervalul zi-noapte;
- schema de variație a temperaturii și umidității (2), ce simulează condițiile intervalului vară-iarnă, zi-noapte;
- schema de expunere la acțiunea combinatorie a mai multor factori climatici (3).

Tabelul 1.*Schema de variație a temperaturii (1) – simulează temperaturile întâlnite în anotimpul de vară*

Ciclu de expunere	Parametrul	Valoarea parametrului	Timpul de expunere, h	Contorizare prin număr de cicluri de expunere
1	Temperatura	+ 60°C	6	19
	Temperatura	+ 20°C	18	

Tabelul 2.*Schema de variație a temperaturii și umidității (2) – simulează temperaturile întâlnite în anotimpul de vară / iarnă, zi-noapte*

Ciclu de expunere	Parametrul	Valoarea parametrului	Timpul de expunere, h	Contorizare prin număr de cicluri de expunere
1.	Temperatura	+ 40°C	8	21
	Umiditate	95 %		
2.	Temperatura	+ 23°C	4	
	Umiditate	50 %		
3.	Temperatura	– 10°C	8	
	Umiditate	10 %		
4.	Temperatura	+ 10°C	4	
	Umiditate	10 %		

Tabelul 3.*Schema de expunere la radiație UV, condensare (umiditate) și ploaie, cu variația temperaturii (3)*

Ciclu de expunere	Parametrul	Valoarea parametrului	Timpul de expunere, h	Contorizare prin număr de cicluri de expunere
1.	Radiație UV	1,55 W / m ²	3	19
	Temperatură	+ 60°C		
2.	Ploaie	-	0,25	
3.	Condensare	-	2	
	Temperatură	+ 50°C		

Sursa de radiație UV este de tip UVA-340 ce oferă cea mai bună simulare posibilă a luminii solare în regiunea de lungime de undă scurtă critică de la 365 nm până la limita solară de 295 nm. Emisia sa de vârf este la lungimea de undă de 340 nm.

3. Evaluarea comportării materialelor polimerice la ciclurile climatice elaborate

Materialele componente ale elementelor de închidere polimerice supuse testelor sunt:

- Panouri celulare din PVC;

- Panouri compacte din PVC;
- Profile PVC;
- Panouri celulare din policarbonat (PC).

Evaluarea performanțelor materialelor componente ale elementelor de închidere polimerice se bazează pe corelarea acțiunilor climatice și chimice cu caracteristicile reprezentative ale acestora.

Criteriile de evaluare se referă la:

- stabilitatea materialelor componente ale elementelor de închidere polimerice la variații de temperatură (din punct de vedere dimensional și al proprietăților specifice);

- rezistențe mecanice (încovoiere [3], șoc Charpy) ale materialelor polimerice după expunere la acțiuni climatice combinate (temperatură, umiditate, radiație solară);

- aspect și culoare, prin examinare vizuală, a materialelor componente ale elementelor de închidere polimerice expuse acțiunilor climatice, simultane sau alternate [6].

Determinarea stabilității dimensionale

Pentru urmărirea stabilității dimensionale a materialelor componente ale elementelor de

închidere polimerice au fost realizate epruvete din fiecare tip de material.

În cazul schemelor de expunere 1 și 2, epruvetele se prezintă sub formă de segmente cu lungimea de 250 mm, acestea având muchiile izolate tocmai pentru a simula condițiile reale de exploatare. Pe fiecare epruvetă au fost trasate două repere la 25 mm față de marginea probei, astfel încât distanța dintre acestea să fie de 200 mm. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul nr. 4.

Tabelul 4.

Rezultate privind stabilitatea dimensională a diferitelor tipuri de materiale testate

Produs	Cod probă	Nr. de cicluri de expunere	Dimensiune inițială (L ₀), mm	Dimensiune după expunere (L ₁), mm	Δl, mm	R, %	Observații
Schema de simulare climatică nr. 1							
Profile din PVC	16	19	200,20	200,66	-0,46	-0,20	Fără modificări vizibile ale suprafeței
	17		200,01	200,76	-0,75	-0,40	
	18		200,05	200,15	-0,10	-0,05	
	19		200,06	200,46	-0,40	-0,20	
	20		200,30	200,45	-0,15	-0,07	
MEDIA						-0,18	
Schema de simulare climatică nr. 2							
Profile din PVC	56	21	200,50	200,70	-0,20	-0,10	Fără modificări vizibile ale suprafeței
	57		200,40	200,58	-0,18	-0,10	
	58		200,50	200,87	-0,37	-0,20	
	59		200,03	200,28	-0,25	-0,10	
	60		200,11	200,45	-0,34	-0,20	
MEDIA						-0,14	
Schema de simulare climatică nr. 1							
Panouri celulare din PVC	6	19	200,60	200,79	-0,19	-0,10	Fără modificări vizibile ale suprafeței
	7		200,15	200,24	-0,09	-0,04	
	8		200,05	200,12	-0,07	-0,03	
	9		200,06	200,15	-0,09	-0,04	
	10		200,28	200,30	-0,02	-0,01	
MEDIA						-0,04	
Schema de simulare climatică nr. 2							
Panouri celulare din PVC	46	21	200,60	200,64	-0,04	-0,02	Fără modificări vizibile ale suprafeței
	47		200,79	200,84	-0,05	-0,02	
	48		200,38	200,72	-0,34	-0,17	
	49		200,02	200,11	-0,09	-0,04	
	50		200,40	200,43	-0,03	-0,01	
MEDIA						-0,05	
Schema de simulare climatică nr. 1							
Panouri compacte din PVC	11	19	200,15	200,43	-0,28	-0,14	Fără modificări vizibile ale suprafeței
	12		199,80	199,82	-0,02	-0,01	
	13		200,04	200,22	-0,18	-0,09	
	14		200,21	200,26	-0,05	-0,02	
	15		200,25	200,39	-0,14	-0,07	
MEDIA						-0,07	

Schema de simulare climatică nr. 2							
Panouri compacte din PVC	51	21	200,39	200,52	-0,13	-0,06	Fără modificări vizibile ale suprafeței
	52		200,67	200,78	-0,11	-0,05	
	53		200,23	200,34	-0,11	-0,05	
	54		200,58	200,64	-0,06	-0,03	
	55		200,31	200,53	-0,22	-0,11	
MEDIA						-0,06	
Schema de simulare climatică nr. 1							
Panouri celulare din PC	1	19	200,17	200,20	-0,03	-0,01	Fără modificări vizibile ale suprafeței
	2		200,24	200,53	-0,29	-0,14	
	3		200,15	200,32	-0,17	-0,08	
	4		200,53	200,71	-0,18	-0,09	
	5		200,14	200,74	-0,60	-0,30	
MEDIA						-0,12	
Schema de simulare climatică nr. 2							
Panouri celulare din PC	41	21	200,80	200,94	-0,14	-0,07	Fără modificări vizibile ale suprafeței
	42		200,82	200,87	-0,05	-0,02	
	43		200,68	200,74	-0,06	-0,03	
	44		200,89	200,92	-0,03	-0,01	
	45		200,90	200,95	-0,05	-0,02	
MEDIA						-0,03	

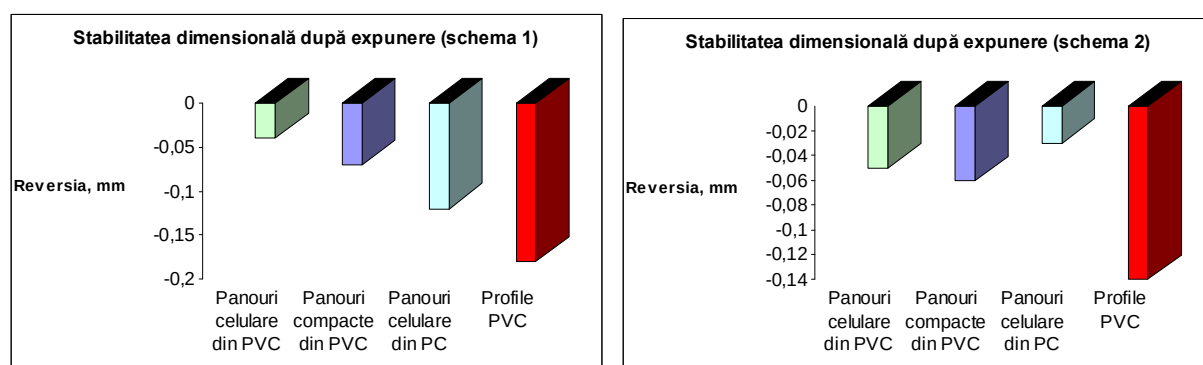


Fig. 1. Stabilitatea dimensională a materialelor polimerice după expunere

Pentru schema de testare (3) au fost prelevate epruvete cu dimensiuni 75 mm × 300 mm, acestea fiind fixate în suporturi speciale pentru a

putea fi introduse în incinta de testare (fig. 2), urmând apoi a fi supuse încercărilor fizico-mecanice după încheierea programului de expunere.

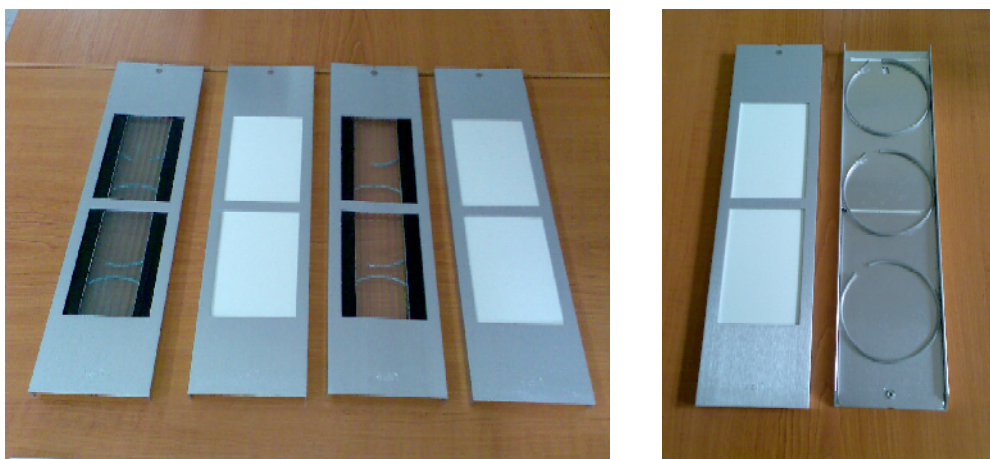


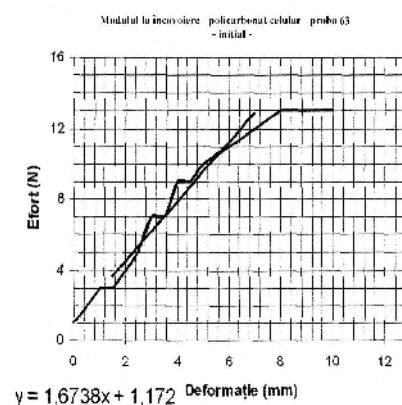
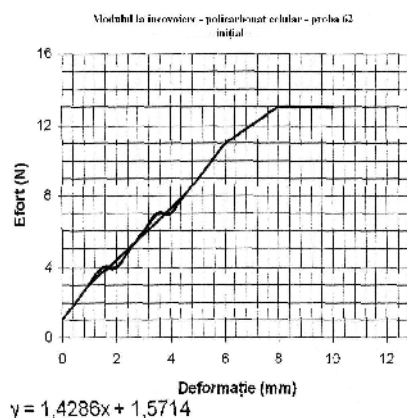
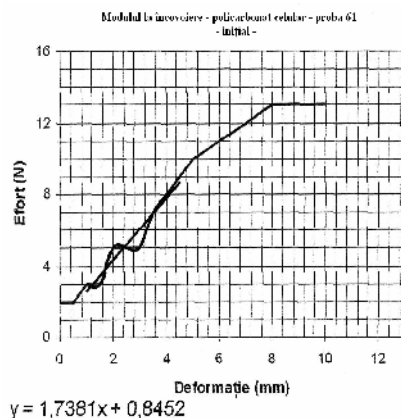
Fig. 2. Epruvete prelevate din materialele polimerice pentru expunere la schema de testare (3)

Determinarea proprietăților de încovoiere

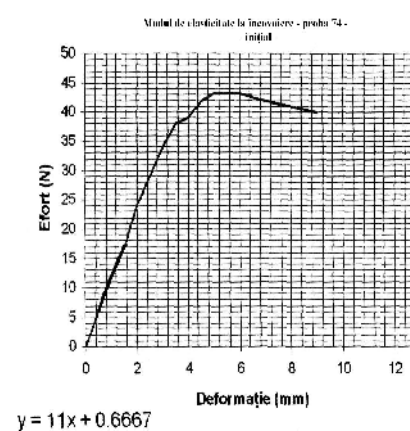
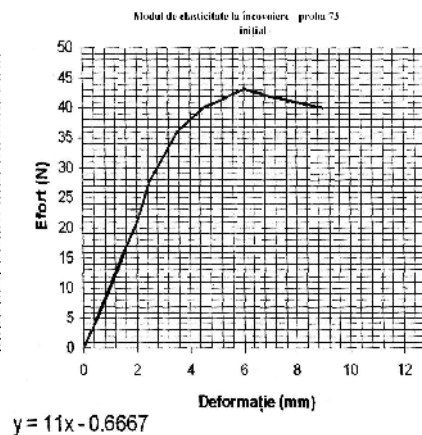
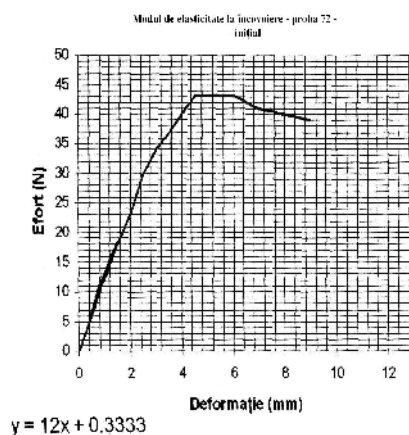
Pentru studiul proprietăților de încovoiere a materialelor polimerice s-a utilizat metoda în trei puncte. Au fost prelevate câte cinci epruvete și au fost măsurate lățimea și grosimea fiecărei epruvete,

în centrul acesteia, calculându-se apoi grosimea medie pentru seria de epruvete. Diagramele efort – deformație obținute pentru fiecare material polimeric în parte înainte de expunere sunt prezentate în fig. 3, iar valorile tensiunii de încovoiere și ale modulului la încovoiere sunt prezentate centralizat în fig. 4.

Panou celular din PC



Panou compact din PVC



Profile din PVC

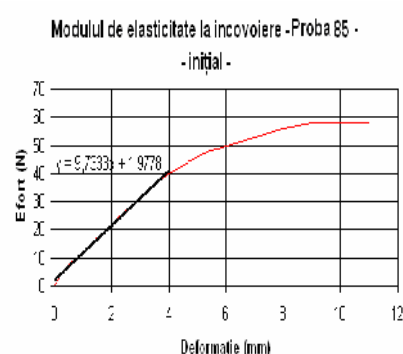
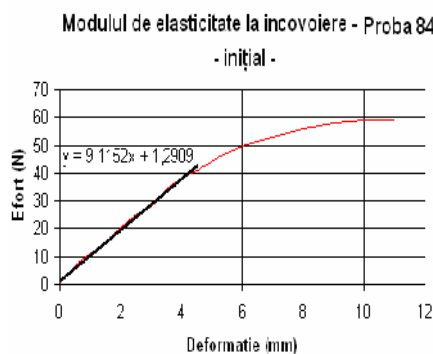
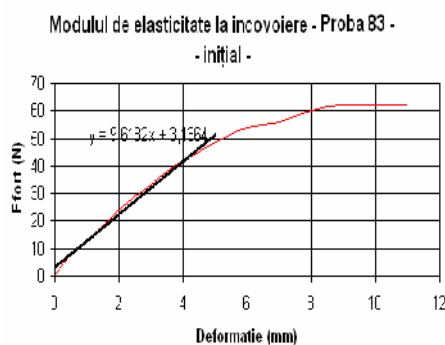


Fig. 3. Setul de diagrame efort-deformație

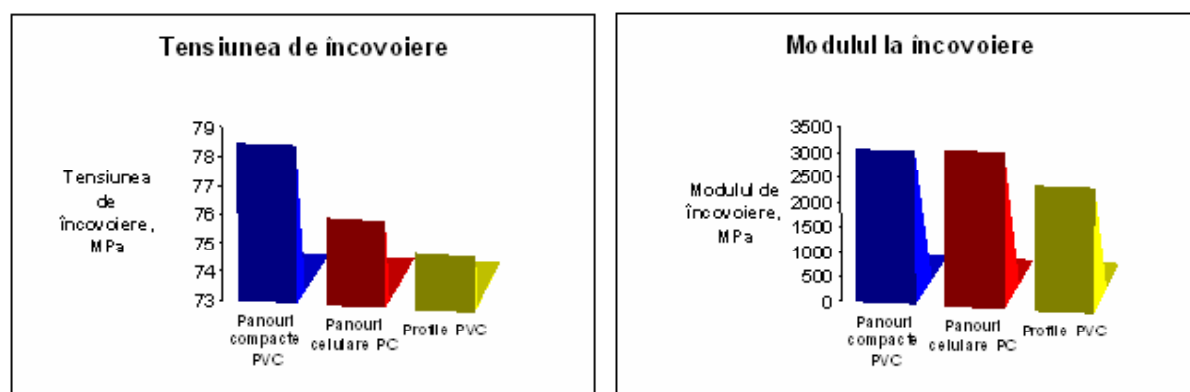


Fig. 4. Valorile tensiunii de încovoiere și ale modului la încovoiere obținute pentru materiale testate

Determinarea proprietăților de șoc Charpy

Din fiecare material s-au prelevat câte cinci epruvete cu lungimea de (80 ± 2) mm și lățimea de $(10,0 \pm 0,2)$ mm. Grosimea (h) și lățimea (b) au fost măsurate pentru fiecare epruvetă în parte. [4]

Greutatea pendului a fost de 0,476 kg, iar energia de impact a fost de 2 J. În fig. 5 este prezentat schematic principiul metodei de testare a materialelor precum și rezultatele comparative obținute de acestea, înainte de expunere la schema de variație (3).

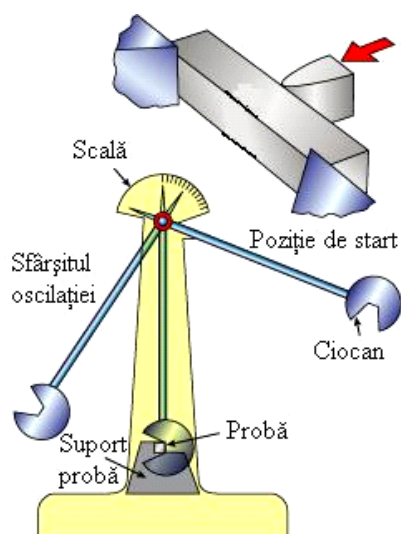
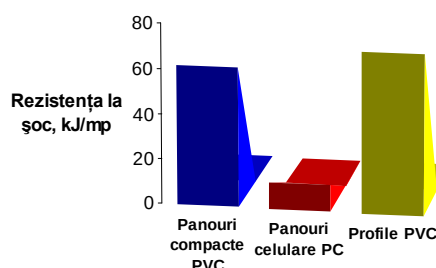


Fig. 5. Principiul metodei pentru determinarea proprietăților de șoc Charpy și diagrama comportării la șoc a materialelor

Rezistența la șoc Charpy



Pe lângă urmărirea proprietăților mecanice ale materialelor polimerice utilizate la realizarea elementelor de închidere a fost determinată și temperatura de înmuiere Vicat, proprietate caracteristică compușilor macromoleculari, pentru fiecare material în parte, înainte de expunere urmând ca testul să se repete și după expunerea materialelor la schema de expunere (3). Din fiecare tip de material polimeric au fost prelevate câte patru epruvete cu dimensiuni de $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ [5]. Valorile inițiale determinate pentru fiecare tip de material sunt prezentate în fig. 6.

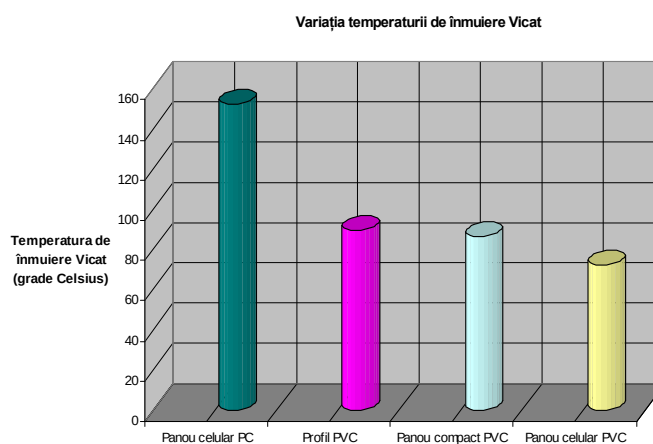


Fig. 6. Temperatura de înmuiere Vicat

Rezultatele încercărilor fizico-mecanice sunt prezentate centralizat în tabelul 5, urmând ca materialele polimerice să fie studiate după expunere îndelungată la ciclurile climatice experimentale.

4. Conclutii

Clima reprezintă unul din factorii de mediu cu impact major asupra existenței umane și acesta este motivul pentru care studiul efectelor schimbărilor climatice constituie una dintre cele mai actuale preocupări la nivel internațional.

Lucrarea prezintă metodele de simulare a condițiilor de exploatare, elaborate pe baza analizei modificărilor climatului local, precum și corelarea acțiunilor climatice cu caracteristicile specifice materialelor analizate. Evaluarea completă a comportării materialelor polimerice supuse schemelor de variație a diferiților parametri climatici se va definitiva după încheierea programului de expunere.

Tabelul 5.

Prezentarea centralizată a rezultatelor obținute

	Stabilitatea dimensională după expunere (schema 1), %	Stabilitatea dimensională după expunere (schema 2), %	Temperatura de înmuiere Vicat, °C	Rezistența la șoc Charpy, kJ/m ²	Tensiunea de încovoiere, MPa	Modulul la încovoiere, MPa	Aspect
Panouri celulare din PVC	-0,04	-0,05	71,80	-	-	-	Fără modificări
Panouri compacte din PVC	-0,07	-0,06	86,00	62,00	78,48	3079,63	Fără modificări
Panouri celulare PC	-0,12	-0,03	151,80	11,79	76,02	3131,77	Fără modificări
Profile PVC	-0,18	-0,14	89,25	71,17	74,94	2493,43	Fără modificări

BIBLIOGRAFIE

- [1] www.meteoromania.ro – site-ul Administrației Naționale de Meteorologie
- [2] www.zeusinc.com
- [3] SR EN ISO 178:2003 – *Materiale plastice. Determinarea proprietăților de încovoiere*
- [4] SR EN ISO 179-1:2001 – *Materiale plastice. Determinarea proprietăților de șoc Charpy*
- [5] SR EN ISO 306:2005 – *Materiale plastice. Determinarea temperaturii de înmuiere Vicat (VST)*
- [6] *** Proiect Program Nucleu INCERC, PN 06 11 04 02 – *Comportarea în exploatare a materialelor componente ale elementelor de închidere polimerice și din oțel supuse acțiunilor climatice și chimice*
- [7] *** Rapoartele IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) din 2001 și 2007