

**URBAN**  
**INCĐ**  
**INCERC**

INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE  
ÎN CONSTRUCȚII, URBANISM ȘI DEZVOLTARE TERITORIALĂ DURABILĂ "URBAN-INCERC"

# **LUCRARILE CONFERINTEI DE CERCETARE**



**ÎN CONSTRUCȚII,  
ECONOMIA CONSTRUCȚIILOR  
URBANISM. AMENAJAREA TERITORIULUI**

**VOLUMUL 17  
2020**

Lucrările conferinței de cercetare în construcții, economia construcțiilor, urbanism și  
amenajarea teritoriului

Ediția a XVII-a

Tradiție și inovare în urbanism, arhitectură și construcții

București, 9 aprilie 2020

Parteneri  
media:



# ECONOMISTUL



Publicație editată de:

**Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare în Construcții, Urbanism și  
Dezvoltare Teritorială Durabilă URBAN-INCERC**

Distribuită sub licență:



Publicație indexată în bazele de date internaționale CiteFactor, ProQuest, Sherpa / RoMEO și Ulrich's Web

*Adresă* Șos. Pantelimon nr. 266, sector 2, București, România, cod 021652  
*Telefon* 0040.21-255.22.50  
*Fax* 0040.21-255.00.62  
*E-mail* urban-incerc@incd.ro  
*Internet* www.incd.ro  
*Editori* Conf. univ./CSI dr. ecol., dr. geogr., habil. urb. Alexandru-Ionuț Petrișor  
CSI/conf. univ. dr. arh., habil. urb. Vasile Meituță  
*Coperta, editare, layout* Alexandru-Ionuț Petrișor  
*Tehnoredactare* Alexandru-Ionuț Petrișor  
*Tipar* Editura INCERC URBAN-INCERC

### Comitetul de organizare Președinte

Dr. arh., habil. urb. Vasile MEITUȚĂ

### Membri

Mihaela SANDU  
Alexandra-Marina BARBU

Cristian-Mihai ȘURGHIE

Nela ZORILESCU  
Compartimentul de Marketing

### Comitetul științific / de program Președinte

Dr. ing. Claudiu Lucian MATEI

### Membri

Dr. ing. Ioana Mihaela ALEXE  
Dr. ing. Cornelia BAERĂ  
Dr. ing. Aurelia BRADU  
Dr. ing. Monica Lilioara CHERECHEȘ  
Dr. ing. Adrian Alexandru CIOBANU  
Dr. ing. Iolanda Gabriela  
CRAIFALEANU  
Ing. Carmen Silvia DICO  
Ing. Alina DIMA  
Dr. ing. Daniela DOBRE  
Dr. ing. Cornelia Florentina  
DOBRESCU  
Dr. ing. Claudiu Sorin DRAGOMIR  
Dr. ing. Felicia ENACHE

Dr. ing. Emil-Sever GEORGESCU  
Ing. Aurelian GRUIN  
Dr. ing. Florin-Radu HARIGA  
Dr. ing. Andrea HEGYI  
Ing. Silviu LAMBACHE  
Dr. arh., habil. urb. Vasile MEITUȚĂ  
Dr. ing. Cristian PETCU  
Dr. ing. Horia Alexandru  
PETRAN  
Dr. ing. Irina POPA  
Dr. ing. Adrian SIMION  
Dr. ing. Henriette SZILAGYI  
Ing. Vasilica VASILE  
Dr. ing. Marta Cristina ZAHARIA

### Colaboratori

Dr. ing. Johann NEUNER  
Dr. ing. Cristian PAVEL  
Dr. ing. Pietro ELISEI  
Dr. arh. Ana-Maria  
DABIJA  
Dr. arh. Mircea  
GRIGOROVSKI  
Dr. ing. Adrian Mircea  
IOANI  
Dr. ing. Gălin MIRCEA  
Dr. ing. Cristina Mihaela  
CÂMPIAN  
Dr. chim. Ion SANDU  
Dr. ing. Mircea BEJAN  
Dr. ing. Virginia-Graziela  
GUSLICOV  
Dr. ing. Gheorghe BADEA  
Dr. geogr. Ioan IANOȘ  
Dr. ec. Florin Marian  
BUHOCIU  
Lt. col. dr. ing. Florin NEACȘA  
Dr. ecol., dr. geogr., habil. urb.  
Alexandru-Ionuț PETRIȘOR  
Arh. Liliانا Elza PETRIȘOR  
Dr. ing. Silviu-Mihai PETRIȘOR  
Gl. bg. dr. ing. Ghiță BÂRSAN  
Col. dr. ing. Manuel ȘERBAN  
Dr. ing. Anghel ION

A. GRUIN  
E.-S. GEORGESCU

### Referenți

C. L. MATEI  
V. MEITUȚĂ  
A. A. CIOBANU

H. SZILAGYI  
V. VASILE

ISSN 2393-3208

# CUPRINS

CUPRINS		
<b>TENDINTE ÎN EVOLUȚIA ECONOMICO-SOCIALĂ A SOCIETĂȚII ÎN CONDIȚII DE RISC ȘI INCERTITUDINE</b>	Marilena DONCEAN, Gheorghe DONCEAN	<b>5</b>
<b>COMPATIBILITIES BETWEEN URBAN AGGLOMERATION AND DEGROWTH ECONOMY</b>	Alina HALLER	<b>18</b>
<b>ANALIZA ENERGETICĂ PRIVIND DIMENSIONAREA ȘI EVALUAREA PERFORMANTELOR ENERGETICE ALE INSTALAȚIILOR CE UTILIZEAZĂ CAPTĂTOARE SOLARE TERMICE ÎN ROMANIA</b>	Horățiu Gabriel DRAGNE, Florin IORDACHE	<b>23</b>
<b>ELEMENTE DE INOVAȚIE TEHNICĂ LA EXECUȚIA UNEI CONSTRUCȚII INAUGURATE ÎN URMĂ CU 115 ANI: PODUL COMBINAT (RUTIER ȘI DE CALE FERATĂ) PESTE CANALUL SF. GHEORGHE DIN ORAȘUL GIURGIU</b>	George M. CROITORU	<b>31</b>
<b>DETERMINAREA PERFORMANȚEI LA FOCA TENCUIELILOR DECORATIVE SILICATICE</b>	Daniela STOICA, Adrian SIMION, Horățiu Gabriel DRAGNE	<b>41</b>
<b>EVOLUȚII ȘI PROBLEME ALE ANALIZEI PUSH-OVER CONVENȚIONALE</b>	Florina FILIP, Adrian Alexandru CIOBANU, Monica CHERECHEȘ, Andrei DUTĂ, Daniel GHERGHEL, Marius MĂRT	<b>49</b>
<b>METODE DE VALORIFICARE A DEȘEURILOR DE TIPUL COMPOZITELOR POST-CONSUM PROVENITE DIN INDUSTRIA MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII</b>	Cristian GRIGORAȘ ENCO	<b>59</b>
<b>OBIECTIVELE ȘI PRINCIPIILE DIFERITE ALE PROCESULUI DE PLANIFICARE A REGENERĂRII URBALE. CERINȚELE CADRU PENTRU AMPLASAREA/LOCALIZAREA PROIECTELOR DE REGENERARE URBANĂ ÎN CONTEXTEL ELABORĂRII P.I.G.: STUDII DE CAZ ALE LOCALITĂȚILOR FOȘȘANI, HUNEDOARA, CARANSEBEȘ, MOLDOVA NOUĂ</b>	Mihai-Alexandru MOTCANU-DUMITRESCU, Mariana MOTCANU-DUMITRESCU	<b>63</b>

<b>MANAGEMENTUL DE PROTECȚIE A CLĂDIRILOR ISTORICE. STUDII DE GAZ - BISERICI ROMANICE DIN JUDEȚUL CLUJ, ROMÂNIA</b>	Ana maria BOCA, Tudor Panfil TOADER, Ana maria CĂMINA MIRCEA	<b>73</b>
<b>GENERATOARE TERMoeLECTRICE: TEHNOLOGIE ȘI APLICAȚII</b>	Mihail CHIRA, Andreea HEGYI, Henriette SZILAGYI	<b>81</b>
<b>CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND INFLUENȚA NANOPARTICULELOR DE <math>TiO_2</math> ASUPRA PROPRIETĂȚILOR FIZICO-MECANICEALE COMPOZITELOR CEMENTOASE</b>	Elvira GREBENIȘAN, Andreea HEGYI, Adrian Victor LAZĂRESCU	<b>89</b>
<b>TEHNOLOGII DE REALIZARE A MATERIALULUI GEOPOLIMER CU SAU FĂRĂ TRATAMENT TERMIC</b>	Băduț, Alexandru IONESCU, Adrian-Victor LAZĂRESCU, Andreea HEGYI	<b>97</b>
<b>TRADIȚIE ȘI INOVARE ÎN ARHITECTURA LUI GEORGE MATEI CANTACUZINO</b>	Andreea VASILCA	<b>105</b>

# TENDINTE ÎN EVOLUȚIA ECONOMICO-SOCIALĂ A SOCIETĂȚII ÎN CONDITII DE RISC SI INCERTITUDINE

**Marilena DONCEAN**

cercet. șt. gr. III dr., Academia Română – Filiala Iași,  
Institutul de Cercetări Economice și Sociale „Gh.Zane”,  
doncean\_m1967@yahoo.com

**Gheorghe DONCEAN**

conf. univ. dr., Universitatea Tehnică „Gh. Asachi”, Iași,  
doncean@textuiasi.ro

## Abstract

*Systems emerge and develop according to objective laws that are uncovered by exploring massive amounts of information. In the field of invention, the possibilities for exploring anything new are considered and analysed with simple methods and with minimal errors. This is based on the objective laws of system development and contradiction (the improvement in one attribute irrefutably leads to deterioration in another). In terms of its methodology and theoretical-scientific underpinnings, the present paper draws on the comparative approach of works by contemporary domestic and foreign economists, on publications by specialists in the field, on technical and economic documentation, comments, periodicals and scientific articles.*

**Key words.** risk, system, contraction, model.

## 1. Context

În istoria dezvoltării civilizației, pe trepte de evoluție bine determinate, eu existat câteva descoperiri cu impact deosebit asupra evoluției ulterioare: *descoperirea focului; inventarea uneltelor de piatră; formarea limbii, scrisului și răspândirea cărților tipărite;*

*descoperirea metodei de transmitere a informațiilor la distanță; tehnologia computerizată a prelucrării informațiilor; ingineria genetică, etc.*

Acumulările cantitative, în timp, au condus la salturi calitative ca urmare a accentuării contradicțiilor, clasificate ca în Fig. 1.

Referitor la Fig. 1, s-a demonstrat că, **dificultatea rezolvării contradicțiilor crește de jos în sus și de la stânga la dreapta pe fiecare linie.** Contradicțiile au la bază, neconcordanța între cerințele omului față de sistemul dat și restricțiile determinate de legile naturii, societății, sociale, juridice, economice, de nivelul de dezvoltare al științei și tehnicii, de condițiile concrete de aplicare, etc. (de exemplu, în matematică: plus și minus, diferențierea și integrarea; în fizică: sarcini electrice negative și pozitive, acțiunea și reacțiunea; în chimie: combinarea și disocierea atomilor. O parte a unei contradicții nu poate exista fără cealaltă parte).

**Contradicțiile fundamentale** arată că legile naturale limitează soluțiile posibile ale problemelor inventive (imposibilitatea de a avea temperaturi mai mici de  $^{\circ}\text{K}$  sau viteze mai mari decât viteza luminii sunt exemple de contradicții fundamentale). Poate că asemenea contradicții reprezintă numai cunoștințele noastre curente și unele dintre ele pot fi rezolvate în viitorul apropiat.

**Contradicțiile cosmologice** se dezvoltă pe baza restricțiilor cauzate de condițiile de pe planetă (de exemplu, este imposibil să se suspende o oarecare masă de o grindă subțire din cauza forței gravitaționale a planetei noastre sau, la automobile, nu poate fi utilizat hidrogenul pur din cauza interacțiunii explozive cu oxigenul din atmosferă). Pentru **contradicțiile naturale** inventatorul poate anticipa constrângerile și direcția de căutare a soluțiilor tehnice. **Contradicțiile sociale** pot fi împărțite în trei grupe, în acord cu constrângerile majore de a inventa la diferite nivele ale societății (Tabelul 1).

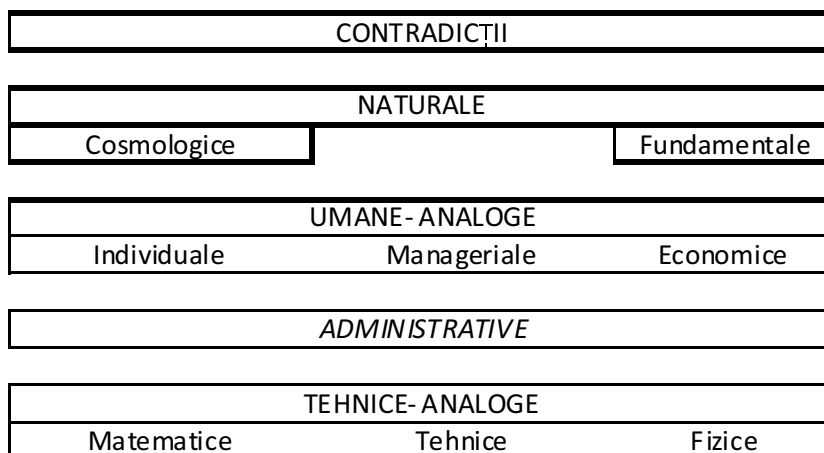


Fig. 1. Tipuri de contradicții (Doncean et al., 2000a).

**Tabelul 1.** Constrângeri majore în inventare (Caluschi et al., 1994).

Individuale	Manageriale/ Organizatorice	Culturale
Gândirea incriptată sau/și lipsa de creativitate	Încrederea în câteva metode oficial funcționale, adesea numite științifice	Moralitatea sistemului politic /economic
Riscul de a greși	Programe bugetare	Prejudecăți de a schimba
Lipsa de cunoștințe sau/și memorie	Luarea deciziilor sau/și stiluri de conducere	Puncte de vedere diferite, orientale - occidentale
Constrângeri autoimpuse (tabu-uri, frica de a întreba)	Programări de timp	Tendința împotriva diagnosticelor frontierelor

**Tabelul 2.** Rezolvarea problemelor curente fără contradicții (Caluschi et al., 1994).

compromisul	nu încerca să forțezi prea mult într-o calitate fără a pierde considerabil din altă calitate.
măsuri radicale	întreține sau forțează o calitate de la dominarea unei alte calități, cu toate că una dintre cerințele sistemului în problemă dată este nepășătoare și nu conduce la pierderi în sistem.

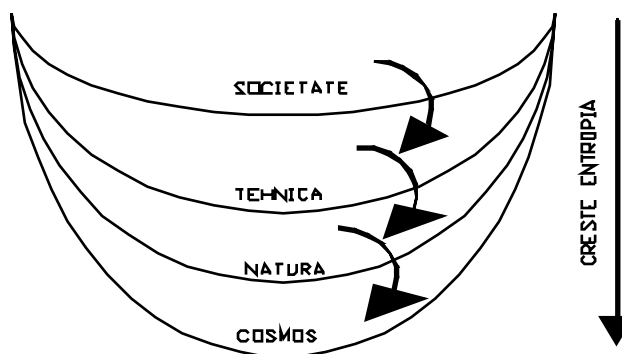


Fig. 2. Rezolvarea contradicțiilor (Belousov și Doncean, 2001).

Studiul contradicțiilor sociale intersectează cu psihologia, managementul și cu alte discipline, însă, adesea, cercetătorii nu cunosc rezultatele studiilor din alte domenii. Deși la început **contradicțiile administrative** au fost incluse în clasa contradicțiile sociale, la o analiză mai atentă și în detaliu, acestea pot fi poziționate între contradicțiile sociale și ingineresti. Adesea, **contradicțiile culturale și individuale** pot fi prezentate ca o constrângere a problemei. Pe de altă parte, problemele de acest tip nu au contradicție. Aici sunt două căi opuse pentru rezolvarea problemelor curente fără contradicții (Tabelul 2).

Contrar cu soluțiile contradicțiilor naturale și ingineresti, soluțiile de compromis în problemele umane pot frecvent furniza rezolvări bune. Această diferență se bazează pe natura sistemelor. Sistemele tehnico-economice uzuale sunt de natură bine determinată, în timp ce natura sistemelor umane este probabilă sau stocastică.

**Contradicțiile tehnice – ingineresti**, caracterizează situații în care încercările de îmbunătățire a unei caracteristici sau a unei părți dintr-un sistem (S.T. - sistem tehnic sau P.T. - proces tehnologic), conduce la înrăutățirea altei caracteristici sau părți (de exemplu, se dorește creșterea adâncimii de pătrundere a ionilor în semiconductor și scăderea puterii electrice, a sursei de energie, aceasta fiind necesară pentru implantarea ionului). Contradicțiile tehnice-ingineresti se întâmplă dacă:

- *intensificarea unei funcții utile într-un subsistem cauzează crearea unei noi funcții nedorite sau la intensificarea celei existente dintr-un alt subsistem;*
- *eliminarea unei funcții dăunătoare dintr-un subsistem cauzează deteriorarea unei funcții utile dintr-un alt subsistem;*
- *intensificarea unei funcții utile sau diminuarea funcției dăunătoare într-un subsistem cauzează complicarea inacceptabilă a altor subsisteme sau a întregului echipament.*

**Contradicția fizică** se întâlnește în situația când față de obiectul tehnic, prin datele problemei,

se formulează cerințe contradictorii (incompatibile), după următoarea schemă logică: obiectul tehnic trebuie să aibă atributul x și concomitent, atributul opus, -x.

Contradicții fizice se întâmplă dacă:

- *intensificarea funcției utile într-un subsistem cauzează în același timp intensificarea funcțiilor dăunătoare existente în același subsistem;*
- *diminuarea funcției dăunătoare dintr-un subsistem generează concomitent diminuarea funcției utile în același subsistem.*

Rezolvarea contradicțiilor la orice nivel conduce la organizare și structurare, cu repercursiuni negative asupra altor zone. Astfel, societatea este organizată, dar conform principiului termodinamic, crește entropia în alt loc, sensul fiind societate tehnică natură cosmos, în același sens crescând probabilitatea de noi descoperiri (Fig. 2).

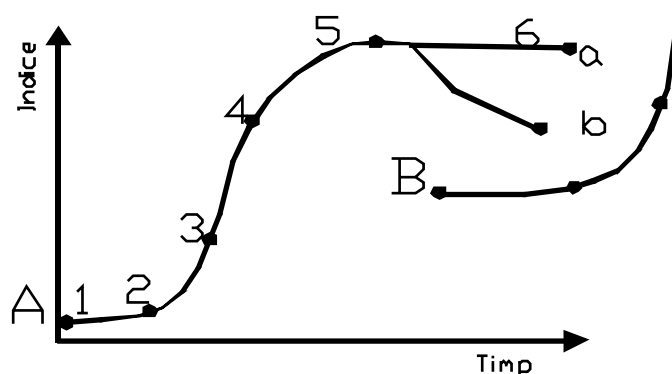
Tehnica este deocamdată mediul prin care se atinge scopul dezvoltării vieții.

## 2. Material și metodă

Suportul metodologic și teoretico-științific al lucrării este realizat pe abordarea comparativă a lucrărilor economiștilor contemporani din țară și de peste hotare, a publicațiilor specialiștilor în domeniul, documentații tehnice și economice, comentarii, publicații periodice, articole științifice. Elaborarea articolului a presupus parcurgerea următoarelor etape: documentarea și clarificarea teoretică din literatura de specialitate; colectarea și informațiilor; elaborarea unor analize descriptive. Lucrarea este elaborată în baza abordărilor sistematice, complexe, problematice și este orientată spre analiza legilor evoluției sistemelor tehnico-economice, a contradicțiilor și a prevenirii situațiilor de criză în condiții de risc și incertitudine.

**Tabelul 3.** Ciclurile Kondratiev (Doncean et al., 2000b).

Faza	Ciclul			
	I	II	III	IV
Revoluția industrială	1775 - 1785			
Înflorire	1785 - 1815	1860 - 1873	1905 - 1920	1948 - 1970
Scădere	1815 - 1825	1873 - 1886	1920 - 1929	1970 - 1980
Depresie	1825 - 1840	1886 - 1896	1929 - 1937	1980 - 2000
Durata (ani)	65	36	32	52
Regenerarea (începerea unui nou ciclu)	1840 - 1860	1896 - 1905	1937 - 1948	2000 .....



**Fig. 3.** Curba S de dezvoltare a sistemelor tehnice. 1 - conceperea, sistemul nu exista, dar se dezvoltă condițiile importante pentru nașterea sa, 2 - nașterea, un nou sistem apare datorită unei invenții de înalt nivel și începe să se dezvolte încet, 3 - copierea, societatea începe să recunoască valoarea noului sistem, 4 - adolescența începe când resursele pe care este bazat sistemul original sunt consumate, 5 - maturitatea începe când un nou sistem sau următoarea generație a sistemului curent tinde să înlocuiască pe cel existent, 6 - declinul începe când noul sistem (B) nu înlocuiește complet pe cel existent, care are încă aplicații limitate.

### 3. Rezultate si discuții

Tehnica, activitatea creativă, dezvoltarea economică, etc., urmează o evoluție sinusoidală, cu puncte minime și maxime, care se repetă după un anumit număr de ani – *ciclul Kondratiev*. De la prima revoluție industrială și până astăzi s-au evidențiat cinci cicluri, sfârșitul mileniului doi fiind caracterizat prin trecerea la un nou ciclu. La baza primului ciclu stau brevete ca: motorul cu abur și războiul de țesut. Al doilea ciclu are ca elemente de referință metalurgia și transportul naval. Al treilea ciclu coincide cu descoperirea electricității și pătrunderea în tainele chimiei, pentru ca apoi, în ciclul patru să fie evidențiate electronica, chimia compușilor macromoleculari, construcțiile aerospațiale. La baza ultimului ciclu stau biotehnologia, inteligența artificială, nanotehnologia, industria cosmică.

Începerea unui ciclu se bazează pe un grup de invenții apărute într-un ciclu anterior, anume, în stadiul crizei economice. Din cauze obiective, introducerea rapidă a noilor soluții întârzie, declinul economic conducând la distrugerea structurilor complexe, arhaice. Acumularea de energie potențială în perioada declinului conduce cu siguranță la declanșarea următorului ciclu Kondratiev (Tabelul 3). Corelându-se ciclurile economice cu activitatea de brevetare, s-a constatat că aceasta din urmă a cunoscut perioade de glorie în anii 1880, 1930, 1970, adică la începutul fiecărei crize economice.

Ultima coloană a evoluției coincide cu sistematizarea și idealizarea sistemelor tehnico-economice, ca urmare a dezvoltării coerente a strategiei căutărilor creative pe baza fondului informațional sistematizat.

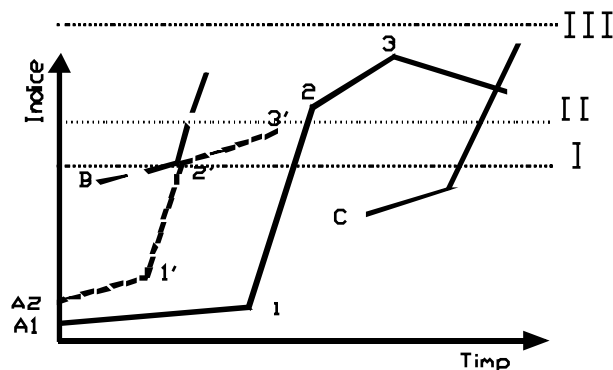


Fig. 4. Studiul comparativ al curbelor S. A<sub>1</sub> - reală; A<sub>2</sub> - teoretică, B, C - sisteme noi.

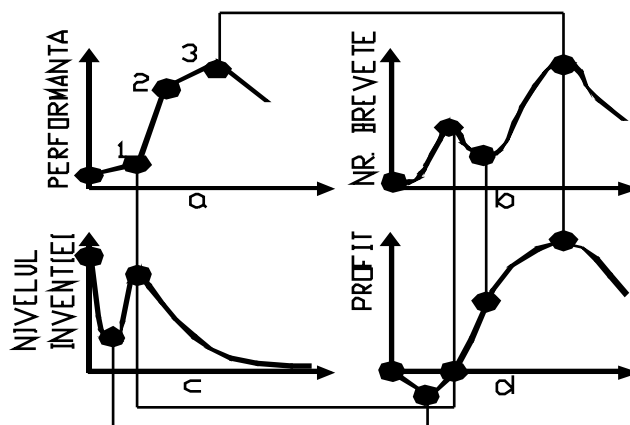


Fig. 5. Corelații în analiza sistemelor tehnice.

### 3.1. Analiza curbei "S" de evoluție a sistemelor tehnico-economice. Prevenirea situațiilor de risc și incertitudine

Viața sistemelor tehnico-economice (de altfel și a altor sisteme, de exemplu, biologice) poate fi reprezentată sub forma curbei S, care indică cum se schimbă în timp principalele caracteristici ale sistemului (puterea, productivitatea, viteza, numărul de sisteme realizate, etc). Curba S a dezvoltării sistemelor cuprinde: conceperea (1), nașterea (2), copilăria (3), adolescența (4), maturitatea (5) și declinul (6) – Fig. 3.

Diferitele sisteme tehnico-economice au particularități specifice, care schematic pot fi reprezentate ca în Fig. 3. La naștere - 1, sistemul înglobează acumulările valorice supreme - A. La început, zona 2, sistemul tehnic/economic se dezvoltă încet. Apoi urmează copilăria și adolescența (3, 4) în care

sistemul considerat rapid se perfecționează și începe să fie folosit în masă. Într-un oarecare moment al maturității (6) începe slăbirea (a) și/sau declinul (b). Mai departe, sunt posibile două variante: transformarea într-un alt sistem B, sau într-un timp îndelungat și păstrarea indicilor dobândiți, varianta a (de exemplu: bicicleta nu a suferit modificări importante în ultimii 50 de ani și nu a fost înlocuită de motocicletă).

Studierea curbelor de dezvoltarea a parametrilor diferitelor sisteme tehnico-economice obligă la acordarea atenției curbelor reale, care în mod vizibil se diferențiază de curbele teoretice (Fig. 4): linia plină (curba reală A<sub>1</sub>), linia întreruptă (curba teoretică, A<sub>2</sub>).

Sistemul real, la început cu imperfecțiuni conceptuale, cu toate că se bazează pe invenția de înalt nivel, se dezvoltă încet, punctul 1. Ulterior, datorită utilizării în masă,

sistemul tehnic se perfecționează și atinge nivelul I. Datorită cerințelor impuse de piață, cu întârziere, sistemul tehnic se dezvoltă până la nivelul II, acumulându-se invenții de nivel inferior și datorită inerției, atinge punctul 2 (real) poziționat mai sus decât punctul teoretic, similar (2'). Până la nivelul II, sistemul este avantajos din punct de vedere economic, pentru ca apoi să tindă către nivelul III, epuizându-se astfel toate rezervele fizice de perfecționare. Niciodată nu se atinge nivelul ideal III, limitarea fiind, în exemplul menționat, de amploarea dezastrelor ecologice.

Descrierea evoluției se bazează pe descoperirea primară a lui Altshuller: evoluția produsului sau a tehnologiei este asemănătoare cu evoluția sistemelor biologice (curba S-biologică). Datele recente relevă faptul că descriptorii menționați redau prin interpolare și corelare poziția pe curba de evoluție. Poziția de pe curbă atinsă de sistemul tehnic indică managerului, vânzătorului, cercetătorului ce strategii trebuie să adopte în viitor, astfel încât să mențină tehnologia (produsul) în top, profitabilă. Asemenea informații se obțin din studiul analizei statistice a datelor (Altshuller, 1994).

Performanța (Fig. 5) este caracterizată prin trei puncte în care are loc modificarea de direcție. Nașterea sistemului tehnic presupune ca invenția să fie de înalt nivel (c), după care, în timp, nivelul invențiilor scade, pentru ca din nou să crească. Punctul maxim următor corespunde cu punctul 1 de pe curba de performanță, dar și cu creșterea din prima zonă a numărului de brevete. În acest stadiu, sistemul tehnico-economic cunoaște îmbunătățiri semnificative ceea ce permite absorbția pe piață. Totodată, profitul tinde să fie pozitiv (d). Punctul de inflexiune de pe curba profit coincide cu primul minim de pe curba numărului de brevete. În perioada de maturitate a sistemului tehnico-economic se înregistrează numărul maxim de invenții, însă acestea sunt de nivel scăzut, profitul atingând

valori maxime. Sunt ultimele eforturi pentru menținerea sistemului.

Punctul de inflexiune de pe curba S a dezvoltării sistemului anticipează declanșarea perioadei de incertitudine (Fig. 6). Din acest moment se impune optimizarea sistemului, care conduce la creșterea performanței, dar și a profitului prin minimizarea cheltuielilor sau într-o altă variantă, printr-o invenție de înalt nivel se trece la un nou sistem bazat pe un nou principiu fizic, care va atinge performanțe superioare (exemplu: înlocuirea telefonului cu fir cu telefonul celular, televiziunea alb-negru cu televiziunea color). În ambele cazuri, o perioadă de timp sistemele tehnico-economice coexistă.

### 3.2. Anticiparea situațiilor de risc și incertitudine

Orice sistem se caracterizează prin perioade de stabilitate și perioade de incertitudine, care la rândul lor pot fi pozitive sau negative (Fig. 7). Incertitudinea este o situație în care informațiile sunt incomplete, „o stare de nesiguranță cu privire la viitor” cu privire la posibilitatea de a obține rezultatele dorite. Spre deosebire de incertitudine, riscul, în particular, are de-a face cu probabilități cunoscute, probabilități ca rezultatul să nu corespundă obiectivului dorit.

Conform postulatului: sistemele apar și se dezvoltă după legi obiective, care se dezvoltă prin studierea unui masiv de informații; în domeniul invenției se consideră legile obiective de dezvoltare a sistemului și contradicția (îmbunătățirea unei proprietăți obligatoriu conduce la înrăutățirea alteia). Nu este greu de observat legătura dintre contradicție și incertitudine: *orice modificare a parametrilor sistemului, pozitivă sau negativă, conduce la modificarea opusă ai altor parametri din sistemul tehnico-economic*. Deoarece contradicția este specifică oricărui sistem, atunci incertitudinea este o stare normală pentru fiecare sistem.

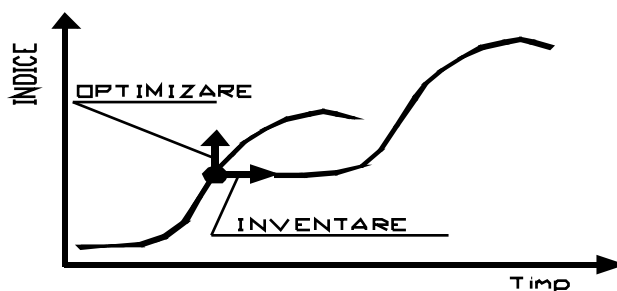


Fig. 6. Relansarea în perioada de incertitudine (Belous și Doncean, 2002).

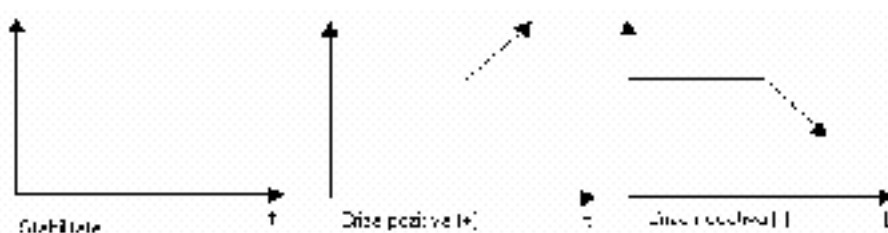


Fig. 7. Stabilitate, incertitudine pozitivă și incertitudine negativă (Belous și Doncean, 2003).

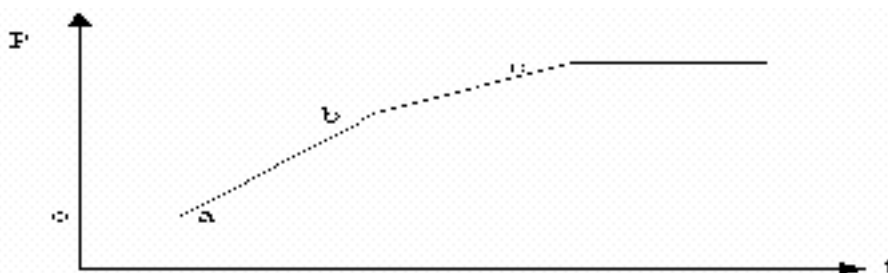


Fig. 8. Stabilitate, incertitudine pozitivă și incertitudine negativă (Belous și Doncean, 2003).

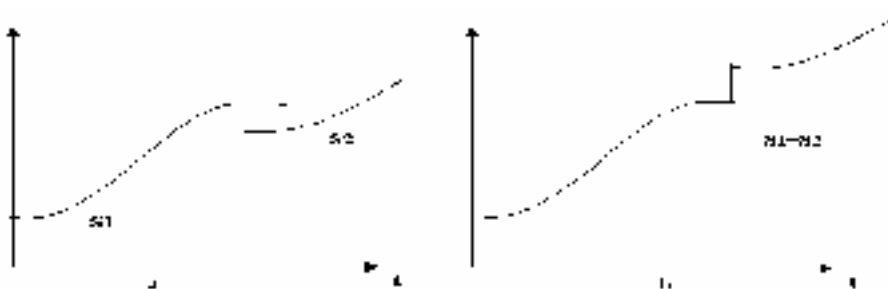


Fig. 9. Unificarea sistemelor (date prelucrate de autori).

**Contradicția în sistem se naște, se agravează și se înlătură. Momentul dezvoltării contradicției coincide cu incertitudinea.** Este cunoscut că pentru majoritatea sistemelor modificările cantitative se descriu prin așa numită *curbă de saturație sau curbă logistică* (Fig. 8). Orice sistem este caracterizat prin punctele

de incertitudine a, b și c. Punctul a este caracteristic unei incertitudini pozitive, iar punctele b și c unei incertitudini negative. În punctul a crește semnificativ productivitatea ca urmare a dezvoltării structurii organizatorice a sistemelor. Apare contradicția dintre structura complexă a sistemului și creșterea volumului producției.

Cunoscând legăturile obiective de dezvoltare a sistemului, legea S de dezvoltare se poate efectiv prognoza dezvoltarea sistemului tehnico-economic. Dacă sistemul a epuizat toate resursele de dezvoltare, se impune unificarea cu un alt sistem de aceeași natura (Fig. 9).

Saltul calitativ în dezvoltarea sistemului se produce nu numai grafic ci și practic. Există și posibilitatea dezvoltării unui subsistem. Se formează astfel o nouă curbă S.

#### 4. Concluzii

Metoda propusă în această lucrare de proiectare a incertitudinii presupune unificarea a trei nivele de bază în analiza sistemului:

- construirea arborelui de scopuri;
- căutarea cauzelor defectelor și creșterea calității;
- teoria rezolvării problemelor creative – TRPC (Altshuller, 1994).

Prin această unificare se obține un efect sinergetic și anume *calitatea pozitivă a tuturor abordărilor se adună, iar neajunsurile se compensează*.

Metodica proiectării incertitudinii conține trei etape de bază:

- a) construirea diagramei;
- b) dezvoltarea contradicției;
- c) elaborarea planului strategic de dezvoltare.

În prima fază efectele nedorite existente și potențiale sunt reprezentate pe o diagramă – Fig. 10.

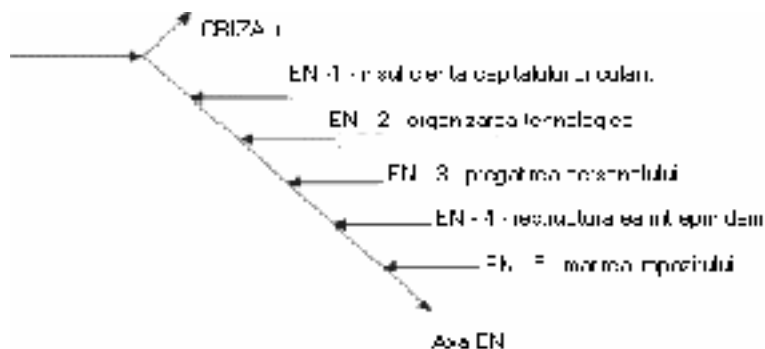


Fig. 10. Efecte nedorite.

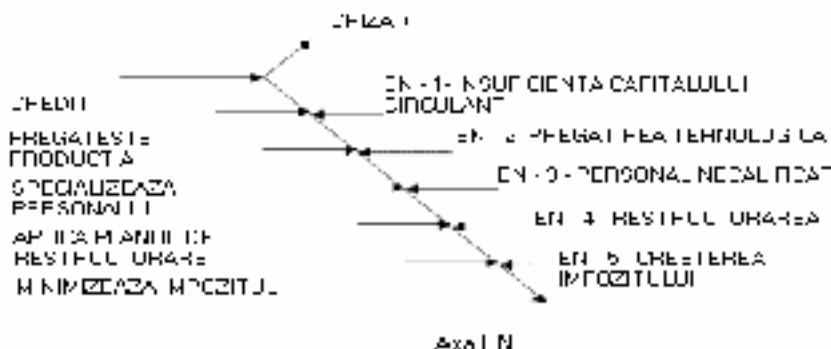


Fig. 11. Varianta de rezolvare a efectelor nedorite.

În a doua fază după metoda determinată corespunzător se propune câteva variante de rezolvare a contradicției sau neutralizarea fiecărui efect nedorit – Fig. 11.

De menționat că pentru un efect nedorit pot fi găsite mai multe soluții. De exemplu, pentru lichidarea sau neutralizarea efectului negativ 1 - insuficiența capitalului circulant se apelează la credite, atragerea de investitori, obținerea de granturi, etc.

În ultima fază se elaborează *planul strategic cu analiza sistemică a rezolvărilor obținute. Uneori se efectuează mai multe planuri strategice. Nu este exclus ca prin suprapunerea planurilor să ne apropiem de soluția ideală (rezultate maxime posibile).*

#### BIBLIOGRAFIE

- Altshuller H. S. (1988), *Creativity as an exact science*, Gordon & Breach Publishing House, New York, SUA, pag. 76.
- Altshuller H. S. (1991), *To find an idea*, Nauka Publishing House, Novosibirsk, Rusia, pag. 88.
- Altshuller H. S. (1994), *TRIZ, the theory of inventive problem solving*, Technical Innovation Center, Inc., SUA., pag. 171.
- Belous V., Doncean G. (2001), *Demersuri, tehnici si metode de creație tehnica*, Editura Performantica, Iași, România, pag. 51.
- Belous V., Doncean G. (2002), *Trei trasee generale posibile ale inventicii*, Editura Performantica, Iași, România, pag. 122.
- Belous V., Doncean G. (2003), *Teoria rezolvării problemelor creative*, Editura Performantica, Iași, România, pag. 150.
- Belous V., Plahteanu B., Doncean G. (2001), *Valorificarea potențialului superdotaților*, Editura Performantica, Iași, România.
- Belousov V. (1995), *Bazele performanței. Ingineria performanței umane*, Editura Performantica, Iași, România.
- Caluschi M., Gugiuman A., Luca R., Purțuc D. (1994), *Inventica și școala*, Editura Bit, Iași, România, pag. 33.
- Doncean G., Salamatov I., Savransky S. (2000), *Test - teoria evoluției sistemelor tehnice*, Editura Performantica, Iași, România, pag. 34, 48.
- Gasanov G., Gochman B. M., Yefimochkin S. (1995), *Birth of an invention: a strategy and tactic for solving inventive problems*, Interparks Publishing House, Moscova, Rusia, pag. 102.



# COMPATIBILITIES BETWEEN URBAN AGGLOMERATION AND DEGROWTH ECONOMY

Alina HALLER

„Gh. Zane” Institute for Economic and Social Research –  
Romanian Academy Iasi Branch, hallalinal@gmail.com

## Abstract

*Economic growth is the process that has changed the style and quality of life, has moved human activities from rural to urban and has favored the dynamics of urban agglomeration. In recent years, the consequences of these trends of progress and urbanization have begun to be negatively felt, by warming the planet, extreme phenomena, affecting the health of people, in large part, by a general negative effect of the ecosystem. The world is going through a period when precisely the growth factors are transposing into harmful factors that need impetuous safeguard measures. We reiterate the ideas of Georgescu-Roegen's entropy theory and bring to our attention the need for a new form of economic growth, that of the degrowth. Without having a negative connotation, degrowth supports increasing well-being by improving the ecosystem quality. In this context, the urban agglomerations appear in total contradiction with the principles of the degrowth economy and society. The analysis shows that the tendency of urban agglomeration can only be calibrated to the degrowth economy only when the level of people's consciousness rises to a higher level and through volunteers action doubled by effective economic policy measures.*

**Key words.** *degrowth economy, degrowth society, economic growth, urban agglomeration, ecosystem.*

## 1. Context

A current global feature is dynamism and diversity. Since the XVIII<sup>th</sup> century a tendency towards urbanization and the establishment of urban agglomerations has been noticed. In the context of the inclination towards urbanization, we set out to analyze the relationship between urban agglomeration and the degrowth economy, a new conceptual stage in growth theory, imposed by current changes, especially those of climate and ecosystem. The concepts analyzed are partially compatible. If the urban agglomerations are in a relationship of inter-influence and interdependence with the economic growth, regarding the degrowth process, conditioning occurs. The concept of degrowth, relatively new, imposed by the disturbing changes of the ecosystem, aware and accepted as real by most of us, has no negative connotation, an aspect that we will detail further.

We mention that we will use the concept of urban agglomeration as being synonymous with those of (mega)city or metropolitan area/region. A city/urban agglomeration is the place where a large number of people live and work, it is an administrative, commercial and transport center (UN, 2018), with a central role in the socio-economic, cultural, technological and political development (Nijkamp and Kourtit, 2012), a center for capital, work and information (Fang and Yu, 2017). An urban agglomeration is an area in continuous urban transformation within a labor market, without containing rural land (Demographia, 2019), a territory with a minimum population of 250000 inhabitants, with one or more main centers, with an integrated labor market, where economic, cultural, leisure activities are provided (EMA, 2015) characterized by population density and a certain distance between buildings (Thomas *et al.*, 2012).

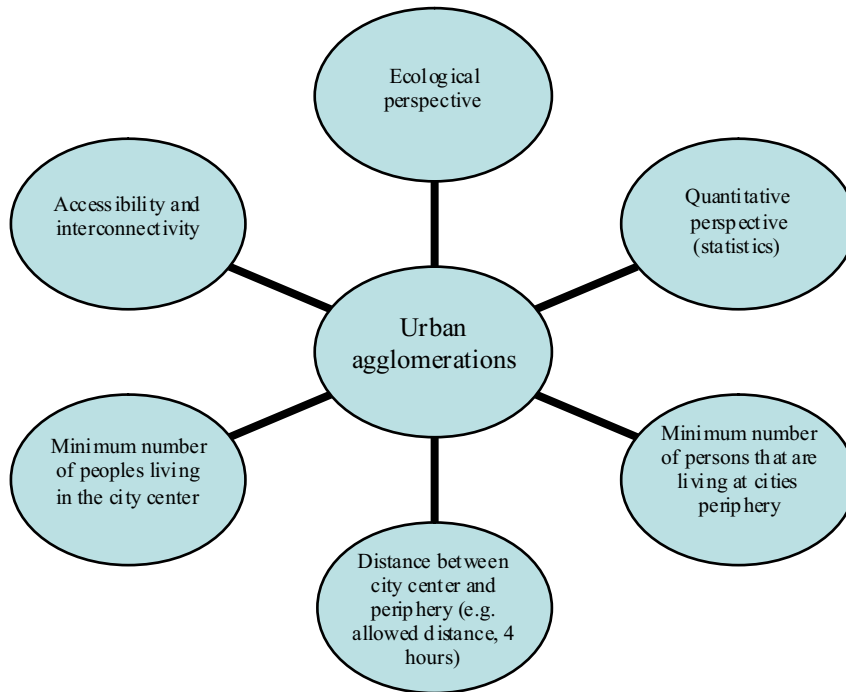


Fig. 1. Perspectives that describe urban agglomeration. Source: Fang and Yu, 2017.

The five largest urban areas, in 2019, were Tokyo (Japan), with a population of 38.5 million inhabitants and an area of 8223 km<sup>2</sup>, Jakarta (Indonesia), with a population of 34.37 million inhabitants and a with an area of 3367 km<sup>2</sup>, Delhi (India) with a population of 28.13 million inhabitants and an area of 2240 km<sup>2</sup>, Manila (Philippines) with a population of 25.1 million inhabitants and an area of 1813 km<sup>2</sup> and Seoul (South Korea) with a population of 24.32 million inhabitants and an area of 2745 km<sup>2</sup> (Demographia, 2019).

The future belongs to smart cities that simultaneously use knowledge, creativity, innovations and technologies to ensure a better quality of life for population and, for this purpose, they will be based on appropriate values, specific to the urban culture, but with an urgent need to recalibrate the ecosystem and the people's way of life.

The urban extension is the consequence of the advantages offered by the cities as a result of: the agglomeration economies,

diversity and specialization; the research, development and innovation activities; the extension of infrastructure; the size of social capital, the size of active markets and not only; it is the result of globalization, being related to competitiveness, economic growth, job creation (Land and Török, 2017), but also to knowledge and digitization (BBVA, 2016).

Urban agglomerations, even if they are generating opportunities and contribute to the unimaginable improvement in people's quality of life, are facing with problems such as: lack of security, water security, spatial coherence, congestion, fragmented administration, negative environmental and ecosystem damage, agglomeration diseconomies, social exclusion and socio-economic inequalities, unemployment or criminality (Nijkamp and Kourtit, 2012). Climate change leads to the need for a sustainable approach in the perimeter of urban agglomerations that are highly polluting. They are resource consuming and the center of many energofage activities. The negative externalities associated with urban

agglomerations make economic growth difficult in the future, a determining factor for urban development. Urban agglomerations will have to connect four elements: innovations and economic vitality; intelligent logistics and sustainable mobility; social participation and social capital; ecological sustainability (Nijkamp and Kourtit, 2012). These interconnections will have to be realized respecting the principles of the degrowth economy whose main objective is to limit the negative externalities, even to reduce them, with the declared purpose of safeguarding the planet and people. If economic growth, which favors the formation and development of urban agglomerations, has proved its limits, the degrowth economy offers the opportunity of an evolution focused mainly on qualitative improvements that are apt to modify our relation with the environment and with the ecosystem because the neoclassical type of growth shows with clarity its limits through the effects on environment, ecosystem and human health.

## 2. Materials and Methods

The analysis is a conceptual one based on the argumentation of the concepts starting from the study of specialized literature and on statistical data from different sources. An analysis of urban agglomerations in relation to degrowth economy involves directing attention to indicators that describe these processes.

More than half of the world's population lives in urban areas today (OECD, 2015; Lustine, 2016; BBVA, 2016), and this contributes to the development of urban agglomerations. According to the United Nations, in 2018, 55.3% of the world's population lived in cities. For 2019, the percentage reached 55.7% (Demographia, 2019; Giffinger *et al.*, 2017). Estimates show that by 2030, the share will be 60%, meaning that one in three people will live in the urban area. In 2100, by contrast,

85% of the population will live in the city (OECD, 2015).

If at the beginning of the year 2000, there were 371 cities in the world with over 1 million inhabitants, by 2018 their number reached 548, and the estimates show an increase to about 706 in 2030. This evolution will generate an increase of urban population from 1 billion people in 1950 to 9 billion in 2100 (OECD, 2015).

The vast majority of megacities are located in the global South, that is, in less developed and developing countries. In 2018, 6 megacities were located in China and 5 in India (UN, 2018).

In Table 1 we present the global population according to the place of residence - urban or rural. We detail the urban environment according to the size of the cities, the data being comparative, mirroring the situation in 2018 with the estimated one for 2030, according to the United Nations. The table shows, in the comparison years, the number of cities that fall within the predetermined parameters, the number of the population living in cities and their percentage in the global population.

If we were to follow the historical vein, as far as Europe is concerned, it began to be urbanized 1000 years ago, starting in England after the industrial revolution (Loibl *et al.*, 2018). According to BBVA Research, the beginnings of European urbanization are in 1950. If in 1801, 17% of Europe's population was urban, in 1851 the share reached 35%, and in 1891 54% (Loibl *et al.*, 2018). In the first decade of the 2000s, the degree of European urbanization reached 72%, with an increase up to 77% for 2025 (Brechenkamp *et al.*, 2017) and up to about 80%-85% for 2050 (BBVA, 2016; Luca *et al.*, 2019). The largest increase in urbanization in Europe and North America was in the XIX<sup>th</sup> century, in Latin America and Japan in the XX<sup>th</sup> century, in Asia after the 2000s (Burdett, 2014).

**Table 1.** Global population by place of residence (2018 vs. 2030) Source: UN, 2018.

City Size	2018			2030		
	Number	Population (million)	Percent from global population (%)	Number	Population (million)	Percent from global population (%)
Urban	-	4220	55.3	-	5167	60.4
Over 10 million inhabitants	33	529	6.9	43	752	8.8
Between 5 and 10 million inhabitants	48	325	4.3	66	448	5.2
Between 1 and 5 million inhabitants	467	926	12.1	597	1183	13.8
Between 500000 and 1 million inhabitants	598	415	5.4	710	494	6.8
Under 500000 inhabitants	-	2025	26.5	-	2291	26.8

In Europe, the largest form of transnational courbanization is the so called *Blue Banana* which stretches from London to Milan (Loibl *et al.*, 2018). *Blue Banana* is an European "corridor" along which the industrial branches, businesses and European money are concentrated. In addition to the financial, industrial and urban concentration, the corridor also accumulates a high percentage of European population. *Blue Banana* is the European equivalent of the famous American Silicon Valley but, the concept developed by geographer Roger Brunet, polarizes Europe into two major categories, of winners - the regions positioned on the *Blue Banana* and losers - rural areas, cities positioned at greater distances - the Eastern Europe region as a whole (Haller, 2011). Two other axes of urban agglomeration were identified from Milan to Valencia, and from Paris to Warsaw, namely *Sunbelt* and *Yellow Banana* (Loibl *et al.*, 2018). Today, Europe has one of the highest urban densities even if the population growth rate is somewhat low, and the agglomeration proves its negative impact on the environment and implicitly on the people quality of life (Oueslati, 2015), which is the central point of our analysis.

### 3. Results and Discussion

Urban agglomerations have been described as referring to the economic benefits associated with the production activities in a region

(Gilbert, 2016), which is not wrong to a point. The main strength of urban agglomeration is economic growth, because between urbanization and GDP there is a positive connection (Cadavid *et al.*, 2017). Generally, people expect that, in urban areas, they will find better living conditions than in rural areas. After the industrial revolution we are witnessing a pronounced migration from rural to urban, motivated by the possibility of obtaining higher incomes in the form of wages, profits, rents and, more recently, dividends. The economic activities carried out in the urban agglomerations are very different in size and object of activity. Many companies have global action, with the status of multinationals. They are looking for opportunities (for example, cheap or scarce resources, new markets, cheap and skilled workforce, entry to other markets, profit increase, access to adequate infrastructure) but their activity, in addition to the multitude of positive externalities offered, generates negative consequences whose effect has not long been perceived, then has been masked to finally become visible.

As we have already mentioned, half of the world's population lives in cities but we have to consider that 80% of global GDP is produced in cities, 70% of energy is consumed in cities and 70% of greenhouse gas emissions come from cities (European Union Regional Policy, 2011; Burdett, 2014).

Large cities or urban agglomerations are seen as economic factors, capable of stimulating competitiveness even in the surrounding areas (Lang and Török, 2017), attracting significant flows of foreign direct investment (Behname, 2013) but are at the same time important sources of pollution. The OECD (2015) considers that urban life by itself does not generate pollution as a result of the demographic agglomeration. The per capita contribution to climate change and environmental degradation shows that large cities have better results than rural areas, but the harmful effects of urbanization are accentuated with the increase of urban agglomerations (OECD, 2015).

Agglomerations are examples of *urban paradoxes* being characterized by a wide range of social, economic and environmental inequalities so that they become the center of sustainable growth efforts (Eurostat, 2018), on the one hand. On the other hand, urban agglomerations become centers of degrowth measures implementation as the only form of progress in the future. We must keep in mind that the activity of each company, in part, has negligible effects on the environment but the cumulative effect is considerable (Bartolini and Bonatti, 2002).

Urban agglomerations are large emitters of greenhouse gas emissions. Burdett (2014) mentions a proportion of 70% of the total greenhouse gases coming from the urban area. The problems generated on the environment and on the ecosystem are major. Air pollution, floods, drought, extreme phenomena, the disappearance of many species of animals and plants are some of the risk factors that threaten the health of the planet and people.

Reducing these risks is important for improving the quality of life and safeguarding the planet because the main risk is associated with climate change and extreme phenomena. Urban agglomerations initiate a vicious circle: demographic growth - increased demand - increased production - increased consumption - increased greenhouse gas

emissions and quantity of waste. From this interrelation resides the need to limit the negative impact of human activities on the ecosystem and to improve the energy efficiency of the household sector (UN, 2016) but not only. The development of transport systems, the increase of volume of air traffic and the energy production increase contribute to the rise of emissions of gases with greenhouse effect quantity.

All economic activities, which are constantly diversifying, including domestic ones, are big water consumers. Waste water, in turn, has a negative impact on the quality of the rivers water (Popa *et al.*, 2012), so it represents a negative externality associated with urbanization. Excessive concentration in urban agglomerations generates congestion, the level of urban concentration being determined by a balance between the agglomeration force and the dispersion force, the latter taking place when the costs of interregional transport are very low (Tabuchi, 1997). Among the limitations generated by urban agglomerations are the increase of prices, lack of comfortable housing, urban expansion, increase of the costs of urban infrastructure, social tensions, high crime rates (European Union Regional Policy, 2011) which, together with those already mentioned, outweigh the positive externalities. The costs, economic and environmental, outweigh the benefits, but people choose to live in cities because the negative externalities are offset by the high incomes from wages and rents (Capello, 1999).

Environmental policies, as they are implemented, are not sufficient to achieve the objective of safeguarding the planet. Even the reduction of energy-intensive activities is not a sufficient measure. There is a need for a different management of water consumption and quality, reducing resource consumption, pollution and waste, but also encouraging sustainable consumer behavior. There has been a manifestation of a paradox between progress - characterized by economic growth, and inequalities - that are increasingly accentuated,

so that humanity is experiencing two crises simultaneously, of marked inequalities and of climatic emergencies (OXFAM, 2019). Within this framework, an acute and even aggressive struggle between the supporters of the economic growth and those of the degrowth process is outlined (Cornelis, 2019).

The degrowth theory requires the awareness of the need to change the attitude towards the activities that cause the climate change on the globe, both from the political decision-makers and the big corporations and from each individual. This implies: ethical responsibility in terms of sustainability; another way of thinking and acting at economic individual and collective level that modifies and even replaces the old ideologies; solid technological solutions to support the reduction of pollutants and to temper the extreme manifestations of the climate.

From this point of view, degrowth is a theory based on *reciprocity work*, an amalgam of social work, unpaid work, own production, and conviviality (social relations based on tolerance and mutual support) (Andreoni and Galmarini, 2013). If urban agglomerations are directly compatible with economic growth, the same cannot be said about compatibility with the degrowth process. The degrowth economy imposes evolution on the line of human consciousness, sacrifices in the area of economic growth compensated by the increase of human welfare due to an unaffected ecosystem and a clean environment, compatible with a high quality of life.

#### 4. Conclusions

Urban agglomerations grow at an unprecedented rate without a uniform pattern across the globe (Burdett, 2014). The agglomerations were mainly based on demographic jumps, in production and on the size of the capital, being major educational, innovation and knowledge centers (BBVA, 2016), being heterogeneously populated and the area of very different activities (Cottineau

*et al.*, 2016). The future is that of smart cities and that requires responsible administration and a way of life less oriented towards the strictly material, quantitative aspects of life, namely, to growth, as we know it and understand it from neoclassical theory. Urbanization and urban agglomeration increase the pressure on the environment, ecosystem and human health. Currently, there are real concerns about air pollution, noise pollution, soil pollution, biodiversity and the ecosystem. The effects of climate change are being felt more and more acutely, so that the need to correct economic policies appears because the orientation towards resource intensive activities is not sufficient. Ecological practices help improve air quality, reduce traffic congestion and improve the health of the population, but they are not sufficient as they are put into practice, in relation to the changes we perceive. All people have the right to enjoy clean water, clean air, all facilities that cover the basic needs and good health. In the degrowth vision, the prolonged crises we are experiencing today are the consequences of an unequal system, built on the wrong principles that must be remedied. According to Cornelis (2019), the climate problem is a *wicked problem* because it is difficult or impossible to solve it due to contradictory and changing measures. The degrowth policy runs counter to the rise of technology-based growth and relies on the awareness and self-control capacity of people and businesses in terms of sufficiency, self-imposed limits on consumption and production. Institutions play an important role through their cumulative actions. On the one hand, the population must reconsider the principles on which their way of life is based. On the other hand, it is necessary to impose measures, through the economic policy, to stimulate the ecological production, to stimulate the technological innovations friendly with the environment, until the ones to diminish the production and the consumption in order to reduce the waste and the impact on the ecosystem. In other words, the degrowth economy encourages

rationalization by discouraging surpluses in production and consumption, regardless of the economic agents size involved (persons, companies, institutions), it implies cooperation and empathy manifested through altruism and cooperation but also through a different perception of well-being.

## REFERENCES

- Andreoni V., Galmarini S. (2013), *On the Increase of Social Capital and Degrowth Economy*, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* **72**: 64-73.
- Bartolini S., Bonatti L. (2002), *Environmental and Social Degradation as the engine of Economic Growth*, *Ecological Economics* **43(1)**: 1-16.
- BBSR (2011), *Metropolitan Areas in Europe*, BBSR On-Line Publication, <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/EN/Publications/OnlinePublications/2011/ON012011.html?nn=391918>
- BBVA (2016), *European Urbanization Trends*, [https://www.bbvarsearch.com/wp-content/uploads/2016/12/European-urbanization-trends\\_.pdf](https://www.bbvarsearch.com/wp-content/uploads/2016/12/European-urbanization-trends_.pdf)
- Behname M. (2013), *FDI Localization, Wage, and Urbanization in Central Europe*, *The Romanian Economic Journal* **48**: 23-37.
- Breckenkamp J., Patterson L., Scharlach M., Hellmeier W., Verma A. (2017), *Definitions of Urban Areas Feasible for Examining Urban Health in the European Union*, *European Journal of Public Health* **27**: 19-24.
- Burdett R. (Ed.) (2014), *A Report by LSE Cities on Bloomberg Philanthropies`2014 Mayors Challenge*, LSE Research Online, <http://eprints.lse.ac.uk/60923/>
- Cadavid R. P., Cineas G., Quintero E. L., Zhukova S. (2017), *Cities in Eastern Europe and Central Asia: A Story of Urban Growth and Declin*, World Bank Group Social, Urban, Rural & Resilience.
- Capello R. (1999), *Agglomeration Economies and Urban Productivity: The Case of the High-Tech Industry in the Milan Metropolitan Area*, Paper presented in the 39th European Regional Science Association Congress in Dublin, <http://www-sre.wu-wien.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa99/Papers/a354.pdf>
- Cornelis J. P. (2019), *About Growth and Degrowth, About Sufficiency and Resilience. A Trial of a Broad Anthropological Approach in the Climate Change Challenge*, [https://www.researchgate.net/publication/330825347\\_ABOUT\\_GROWTH\\_AND\\_DEGROWTH](https://www.researchgate.net/publication/330825347_ABOUT_GROWTH_AND_DEGROWTH)
- Cottineau C., Finance O., Hatna E., Arcante E., Batty M. (2016), *Defining Urban Agglomeration to Detect Agglomeration Economies*, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science* **46(9)**: 1-16.
- Demographia (2019), *Demographia World Urban Areas*, 15<sup>th</sup> Annual Edition, <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>
- EMA (European Metropolitan Authorities) (2015), *Metropolitan Governance in Europe: Challenges & Models*, <http://www.ub.edu/grel/ca/descarregar?seccio=repositori&id=19>
- European Union Regional Policy (2011), *Cities of Tomorrow. Challenges, Visions, Ways Forward*, [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/studies/pdf/citiesoftomorrow/citiesoftomorrow\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/citiesoftomorrow/citiesoftomorrow_final.pdf)
- Eurostat (2018), *Urban Europe-Statistics on Cities, Towns and Suburbs-The Dominance of Capital Cities*, <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/50932.pdf>
- Fang C., Yu D. (2017), *Urban Agglomeration: An Evolution Concept of an Emerging Phenomenon*, *Landscape and Urban Planning* **162**: 126-136.
- Giffinger R., Fertner C., Kramar E. M. (2017), *City – Ranking of European Medium – Sized Cities*, [https://www.researchgate.net/publication/313716484\\_City-ranking\\_of\\_European\\_medium-sized\\_cities](https://www.researchgate.net/publication/313716484_City-ranking_of_European_medium-sized_cities)

- Gilbert B. A. (2016), *Agglomeration, Industrial Districts and Industry Clusters: Foundations of the 20<sup>th</sup> Century Literature*, Foundations and Trends in Entrepreneurship **12(2)**: 95-162.
- Haller A. P. (2011), *Euregio-forma de manifestare a liberalizării economice. Studiu de caz: Euroregiunea Siret-Prut-Nistru [Euregionan Expression Form of the Economic Liberalization. Case Study: Siret-Prut-Nistru Euroregion]*, in: Talabă I., Simirad C., Alecu C., Păduraru T. (Eds.), *Rolul euroregiunilor în dezvoltarea durabilă în contextul crizei mondiale. Exemplu: Euroregiunea Siret-Prut-Nistru, [The Role of Euroregions in Sustainable Development in the Context of the Global Crisis. Example: Siret-Prut-Nistru Euroregion]*, vol. 9, Tehnopress Publishing, Iași, Romania.
- Justine G. (2016), *An Assessment of Inclusiveness in the Urban Agglomeration of Kochi City: The Need for a Change in Approach of Urban Planning*, Munich Personal RePEc Archive Paper90149.
- Lang T., Török I. (2017), *Metropolitan region policies in European Union: Following National, European or Neoliberal Agendas?*, International Planning Studies **22(1)**: 1-13.
- Loibl W., Etrman G., Gebetsroither-Geringer E., Neumann H.M., Sanchez-Guzman S. (2018), *Characteristics of Urban Agglomerations in Different Continents: History, Patterns, Dynamics, Drivers and Trends*, in: Ergen M. (Editor), *Urban Agglomeration*, Intech Open Publishing, Rejeka, Croatia.
- Luca S., Pere S., Massimiliano B., Carlucci M. (2019), *Re-urbanizing the European City: A Multivariate Analysis of Population Dynamics during Expansion and Recession Times*, European Journal Population **35(1)**: 1-28.
- Nijkamp P., Kourtit K. (2012), *The „New Urban Europe”: Global Challenges and Local Responses in the Urban Century*, European Planning Studies **21(3)**: 291-315.
- OECD (2015), *The Metropolitan Century: Understanding Urbanisation and Its Consequences*, OECD Publishing, Paris, <https://www.oecd.org/gov/the-metropolitan-century-9789264228733-en.htm>
- Oueslati W., Alvanides S., Garrod G. (2015), *Determinants of Urban Sprawl in European Cities*, Urban Studies **52(9)**: 1594-1614.
- OXFAM (2019), *Fighting Inequality to Beat Poverty*, Annual Report 2018-19, <https://policy-practice.oxfam.org.uk/publications/fighting-inequality-to-beat-poverty-the-role-of-uk-international-development-620763>
- Popa P., Timofte M., Voiculescu M., Drăgan S., Trif C., Georgescu L. (2012), *Study of Physico-Chemical Characteristics of Wastewater in an Urban Agglomeration in Romania*, The Scientific World Journal, art. no.549028.
- Tabuchi T. (1997), *Urban Agglomeration and Dispersion: A Synthesis of Alonso and Krugman*, Paperwork presented at University of Tsukuba, Okayama University, the RSAI World Congress at Risho University, <http://www.ttabuchi.e.u-tokyo.ac.jp/RecentPapers/disp997x.pdf>
- Thomas I., Cotteels C., Jones J., Peeters D. (2012), *Revisiting the Extension of the Brussels Urban Agglomeration: New Methods, New Data ... New Results?*, Belgeo (Revue belge de géographie), **1-2**:1-15
- UN. (2016), *Housing and Urban Development in the Economic Commission for Europe Region*, Habitat III Regional Report, [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/projects/HIII\\_Regional\\_Report/HabitatIII-Regional-Report-Europe-Region.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/projects/HIII_Regional_Report/HabitatIII-Regional-Report-Europe-Region.pdf)
- UN. (2018), *The World's Cities in 2018 – Data Booklet*, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, [https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the\\_worlds\\_cities\\_in\\_2018\\_data\\_booklet.pdf](https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf).

# ANALIZA ENERGETICA PRIVIND DIMENSI- ONAREA SI EVALUAREA PERFORMANTELOR ENERGETICE ALE INSTA- LATIILOR CE UTILIZEAZA CAPTATOARE SOLARE TERMICE IN ROMANIA

**Horațiu Gabriel DRAGNE**

Ing., INCD "URBAN-INCERC", Sucursala INCERC  
București, Laboratorul INCERC de cercetare și încercări  
securitatea la incendii

**Florin IORDACHE**

Prof. dr. ing., UTCB, Facultatea de Inginerie a  
Instalațiilor, Laboratorul de Termodinamică

## Abstract

*The importance of energy is apparent in almost every aspect of development and historical data reveals that there is a significant relation between the availability of energy and the economic activity. The use of renewable energy especially solar energy in power generation as well as in domestic and building application has gained significant appreciation worldwide to meet the goals of sustainable development and environment conservation. The paper establishes several relationships for evaluating the degree of energy coverage of the heat requirement for heating and hot water preparation and shows the influence of the most important calculation parameters. The calculation method used applies to residential or non-residential buildings equipped with solar energy capture and use facilities for space heating and hot water consumption. This paper defines a new way of how solar energy performances can be estimated very easy for each city within Romania.*

**Key words.** solar panels, efficiency, evaluation, thermal energy, renewable energy.

## 1. Context

Importanța resurselor energetice se evidențiază în aproape toate aspectele dezvoltării și istoricul arată faptul că este o relație foarte strânsă între gestionarea resurselor energetice și activitatea economică. Folosirea energiilor din surse regenerabile (Iordache, 2018), îndeosebi energia solară în aplicațiile clădirilor rezidențiale a câștigat o mare popularitate la nivel global ce îndeplinește scopurile dezvoltării sustenabile și de conservare a mediului.

Utilizarea panourilor solare pentru captarea energiei termice poate oferi o contribuție semnificativă la acoperirea cererii de căldură în clădiri rezidențiale, fiind o sursă de energie regenerabilă la prețuri accesibile și, prin urmare, este o sursă de energie adecvată pentru consumatorii cu consum redus de energie și casele pasive (Duffie și Beckman, 1989).

În cadrul lucrării se stabilesc mai multe relații de evaluare a gradului de acoperire energetică și randamentul de captare (Iordache și Iordache, 2016) al necesarului de căldură pentru încălzire și prepararea apei calde și se arată influența celor mai importanți parametri de calcul (Iordache și Dragne, 2016). Metodologia de calcul solară este parcursă și se ajunge la o formă de determinare a performanțelor solare pentru toată România.

## 2. Materiale și metode

În cadrul acestei lucrări, pentru determinările energetice a fost folosită metodologia de calcul solar termic (Iordache 2019) pentru determinarea sistemelor solare elaborate în cadrul Metodologiei de evaluare a performanțelor energetice a clădirilor (Mc001 din 2019), secțiunea referitoare la implementarea resurselor regenerabile de energie.

Metoda de calcul folosită se aplică în cazul clădirilor rezidențiale sau nerezidențiale dotate cu instalații de captare și utilizare a energiei solare pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum (Dragne, 2019).

Pornind de la formulele descrise în această metodologie, pentru cazul de încălzire a spațiilor rezidențiale, s-au efectuat prelucrări și s-a ajuns la descrierea gradului de acoperire și al randamentului astfel:

$$G_{ac} = \frac{f_s \cdot F_s^{inc} \cdot (\alpha \cdot \tau) \cdot k_c \cdot F_{ac} \cdot \beta_{ext}}{H/S_c \cdot U_{ext}} - \frac{f_s \cdot F_s^{inc} \cdot k_s}{f_s \cdot H/S_c} \left[ \frac{(\alpha \cdot \tau) \cdot f_s}{k_c \cdot U_{ext}} \cdot F_{ac} \right]$$

$$RND = \eta_{ac} \cdot f_u = f_u \cdot F_s^{inc} \cdot \left[ (\alpha \cdot \tau) - \frac{k_c \cdot \beta_{ext} \cdot f_{t0} - f_{t0}}{f_s \cdot f_{t0} - f_{t0}} \right]$$

Similar, s-au făcut aceleași prelucrări pentru cazul preparării apei calde menajere:

$$G_{ac} = \frac{\eta_{ac} \cdot f_u}{H/S_c \cdot \beta_{ext}} \cdot \frac{(t_c - t_0)}{(t_c - t_0)} - \frac{f_s \cdot F_s^{inc} \cdot k_s}{H/S_c} \left[ \frac{(\alpha \cdot \tau)}{k_c \cdot \beta_{ext}} \cdot \frac{1}{f_s} \right] \cdot \frac{(t_c - t_0)}{(t_c - t_0)}$$

$$RND = \eta_{ac} \cdot f_u = f_u \cdot F_s^{inc} \cdot \left[ (\alpha \cdot \tau) - \frac{k_c \cdot \beta_{ext}}{f_s} \right]$$

Pentru cazul de încălzire și cel de preparare al apei calde, se remarcă că atât în expresia gradului de acoperire energetică și în cea a randamentului apar anumite parametri ce exprimă o dependență de sistemul ales. Aceștia sunt:  $k_c$ ,  $H/S_c$  și  $t_{t0}/t_{t0}$ . Similar, pentru cazul de preparare a apei calde parametrii sunt:  $k_c$ ,  $H/S_c$  și  $t_{ac}$ . Aici trebuie precizat faptul că, parametrul notat cu  $H$  ce se referă la instalația de încălzire a consumatorului îl putem denumi  $H_{inc}$ , iar pe cel ce se referă la instalația de preparare a apei calde a consumatorului îl putem denumi  $H_{acm}$ .

Bazându-se pe aceste premise, simularea efectuată în acest studiu folosește metoda lunară pentru a determina gradele de acoperire ale instalației solare. Pentru a efectua această simulare, a fost folosit un consumator cu un  $H=16000$  W/K pentru încălzire și  $H=689$  W/K pentru prepararea apei

calde. Acestea corespund nevoiei de energie a 80 de apartamente pentru încălzire, respectiv apă caldă menajeră. Aceste aporturi lunare ale energiei solare au fost calculate și a rezultat energia produsă de sistem din resurse regenerabile. Gradele de acoperire lunară și randamentului lunar al instalației sunt prezentate în acest articol pentru a arăta performanța solară a sistemului solar pentru respectivul consumator. Acest studiu a folosit un  $k_c=2, 3$  sau  $4$  W/m<sup>2</sup>K pentru panourile solare ce au avut următoarele caracteristici:  $F' = 0.9$ ;  $\alpha = 0.9$ ;  $\tau = 0.85$ ;  $G_c = 50$  l/m<sup>2</sup>h;  $v = V/S_c = 50$  l/m<sup>2</sup>. Pentru transferul de căldură a fost folosit un boiler cu:  $S_s = 0,1 \cdot S_c$  and  $k_s = 600$  W/m<sup>2</sup>K.

### 3. Rezultate și discuții

Instalația de captare și utilizare a energiei solare este compusă de regulă dintr-o buclă conținând suprafața de captare a energiei solare și un schimbător de căldură imersat într-un rezervor de acumulare sau plasat exterior rezervorului. Dacă schimbătorul de căldură al buclei solare este plasat la partea inferioară a rezervorului, la partea superioară a acestuia se află schimbătorul de căldură al sursei de rezervă bazată pe combustibil clasic. Agentul termic preparat în rezervorul de acumulare este agentul termic utilizat în instalația de încălzire centrală a consumatorului dacă utilitatea este încălzirea spațiilor consumatorului sau apă caldă livrată consumatorului.

Captatoarele solare utilizate pot fi captatoare plane cu placa absorbantă sau captatoare solare cu tuburi vidate. Rezervorul de acumulare are, în general, un volum care să permită consumatorului fructificarea întregii energii termice captate diurn de către bucla solară.

Metoda de evaluare a performanțelor energetice pentru o instalație ce utilizează energia solară folosită este o metodă lunară care permite, pe fiecare lună din an și pe întreg anul sau sezonul respectiv, să se evalueze performanțele energetice.

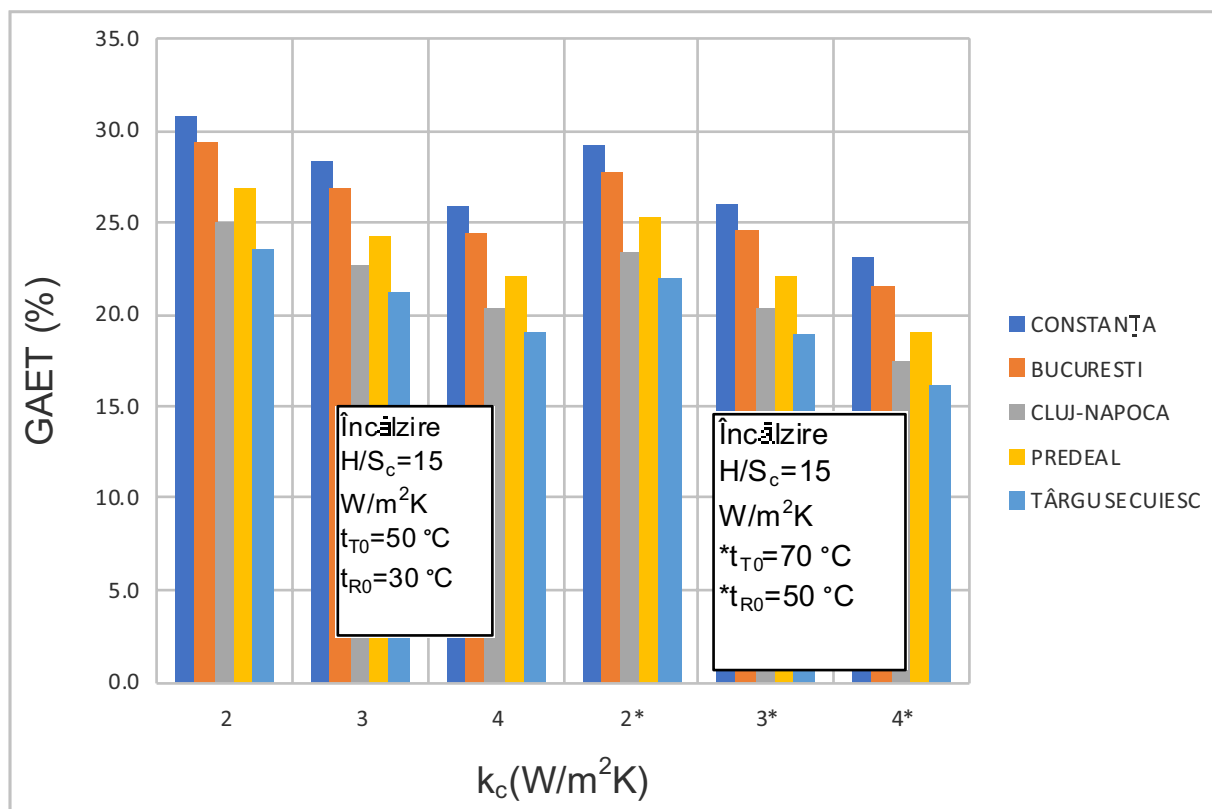


Fig. 1. Grade de acoperire anuală de încălzire pentru 5 orașe din 5 zone climatice diferite.

Pentru a se arăta influența celor mai importanți trei parametri de calcul prezentați anterior,  $k_c$ ,  $H/S_c$  și  $t_{to}/t_{ro}$ , se folosește metodologia solară existentă și formulele prelucrate anterior și se determină prin calcul gradele de acoperire anuale necesare pentru încălzirea locuințelor la un raport  $H/S_c = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Rezultatele sunt prezentate în Fig. 1.

Similar, pentru un raport  $H/S_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$  se fac aceleași determinări pentru cazul de prelucrare al apei calde menajere (Fig. 2).

Rezultatele anuale obținute, arată că pentru încălzire, variind cei trei parametri de calcul, se pot obține grade de acoperire de peste 20% în cele 5 orașe ce reprezintă fiecare o zonă climatică de calcul diferită. Pentru cazul de preparare a apei calde se observă o influență mare a temperaturii de distribuție, o creștere de 10 °C fiind asociată cu o scădere de aproximativ 10% al gradului de acoperire termică. Pentru ambele cazuri, se remarcă că folosirea zonelor

climatice clasice de calcul este insuficientă pentru efectuarea unor determinări globale pentru panourile solare.

Pornind de la metodologia solară de calcul s-a identificat un indicator energetic climatic pe baza căruia se pot evalua gradele de acoperire și randamentele energetice. Acesta este:

$$\beta_{REF}^* = \frac{\beta_{REF}}{h} \cdot \frac{t_{e0} + t_e}{I}$$

O clasificare a orașelor din România în funcție de performanțele solare se poate realiza în funcție de indicatorul energetic climatic  $\beta_{ref}^*$ . Spre deosebire de clasificarea orașelor după zonele climatice clasice, acesta se adresează exclusiv utilizării panourilor solare, incluzând și intensitatea energiei solare  $I$ . Acest lucru se poate observa și din Fig. 3 și Fig. 4 ce arată valoarea medie a  $\beta_{ref}^*$  pentru fiecare zonă climatică de calcul, acestea nefiind ordonate crescător în cazul de încălzire.

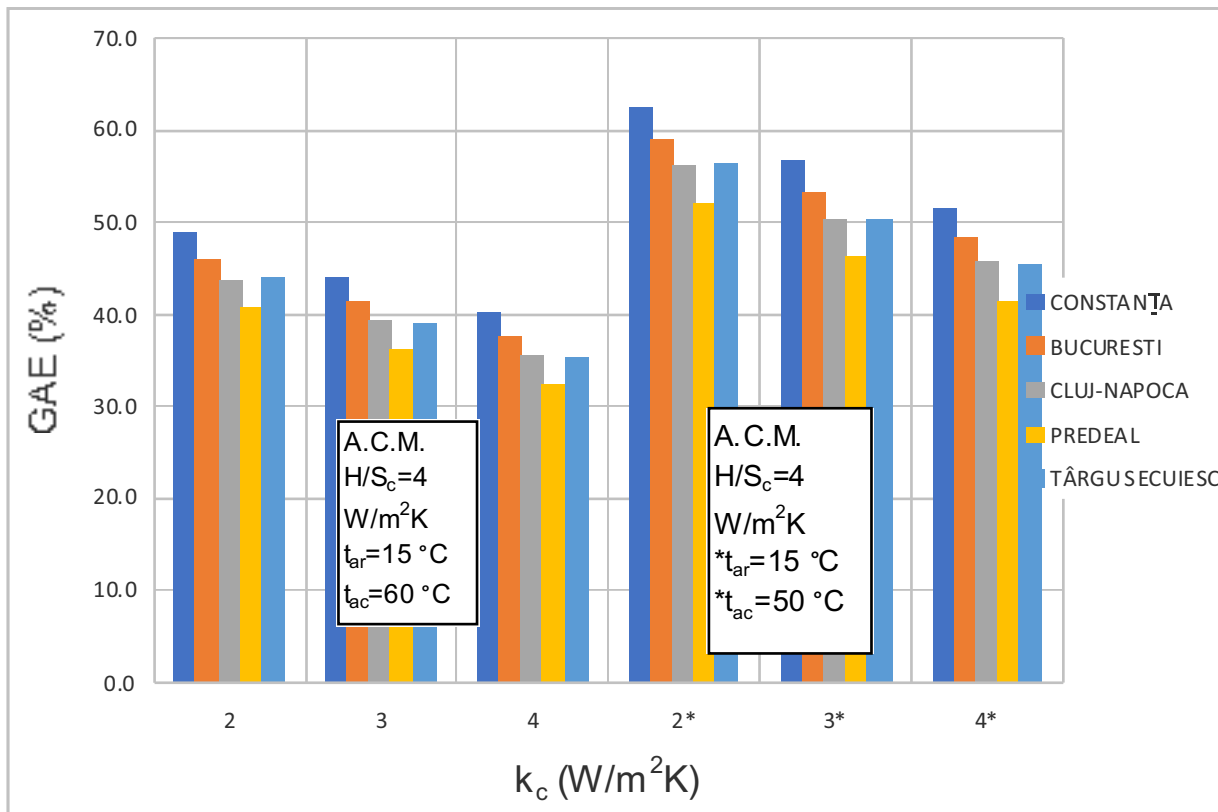


Fig. 2. Grade de acoperire anuală de preparare a apei calde pentru 5 orașe din 5 zone climatice diferite.

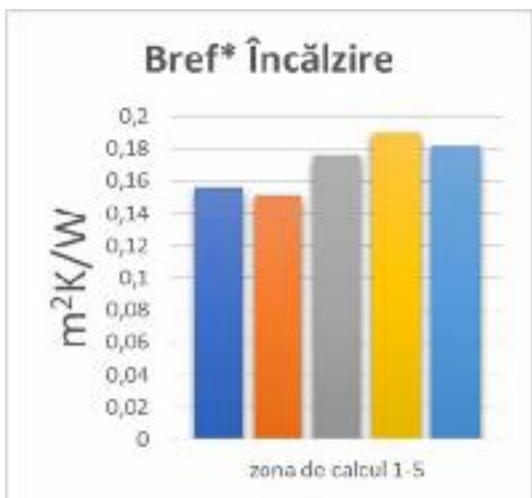


Fig. 3. Clasificarea  $\beta_{ref}^*$  pentru cele 5 zone climatice de calcul utilizate pentru încălzirea locuințelor.

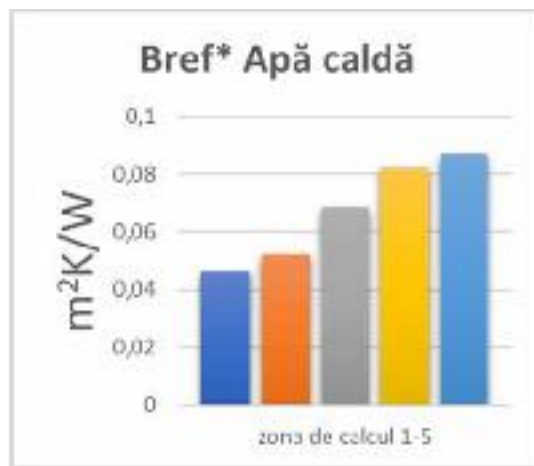


Fig. 4. Clasificarea  $\beta_{ref}^*$  pentru cele 5 zone climatice de calcul utilizate pentru prepararea apei calde.

Diferențele notabile între zonele climatice de încălzire și zonele de calcul solare se vor înregistra în special pentru cazul de încălzire, pentru cazul de preparare al apei calde menajere fiind asemănătoare. Astfel se formează cinci noi zone de calcul solare pentru cazul de încălzire și cinci noi zone de calcul solare pentru cazul de preparare al apei calde.

Pentru 79 de orașe de calcul se determină valorile  $\beta_{ref}^*$  și valorile medii  $\beta_{ref}^*$  corespunzătoare fiecărei zone de calcul. Astfel putem spune, că fiecare oraș din România poate fi încadrat într-o zonă de calcul solară și performanțele energetice ale panourilor solare pot fi approximate cu valoarea medie obținută în zona corespunzătoare de calcul.

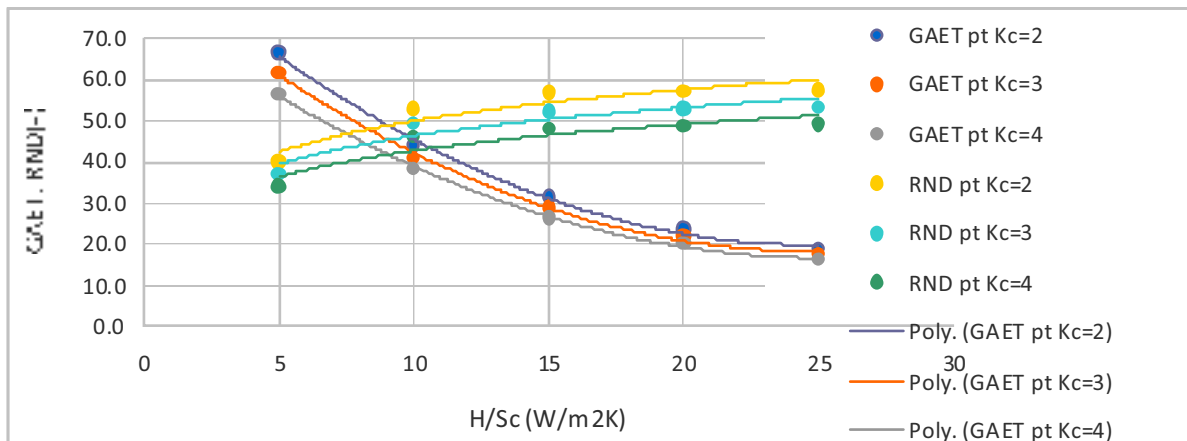


Fig. 5. Randamentul sistemului solar și gradul de acoperire (RND și  $G_{aset}$ ) pentru zona 1 de calcul solară.

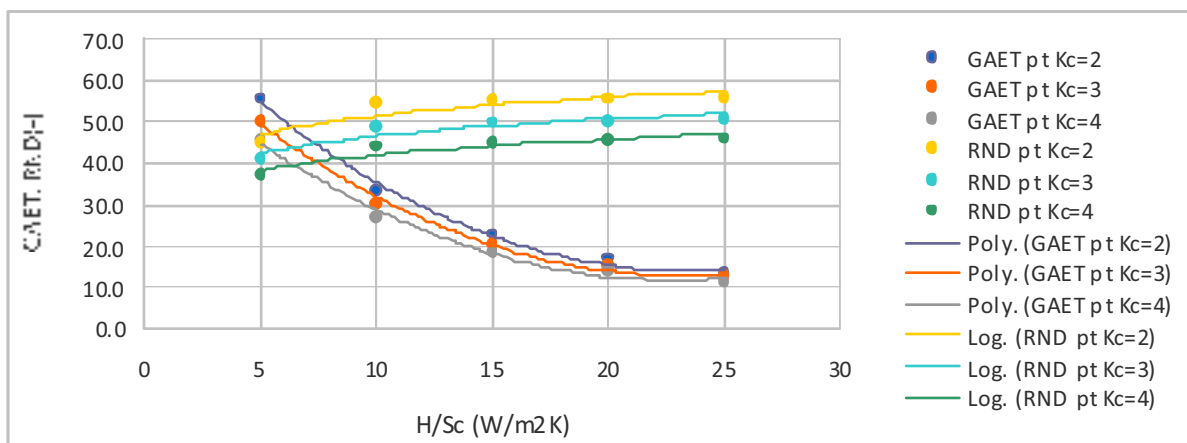


Fig. 6. Randamentul sistemului solar și gradul de acoperire (RND și  $G_{aset}$ ) pentru zona 5 de calcul solară.

Pentru completarea analizei în funcție de randamentul de captare și gradul de acoperire energetică, se realizează o simulare a variației celor doi parametri analizați anterior, tipul de captatori solari și mărimea suprafeței de captare. Acest studiu a fost realizat pentru două zone de calcul solare caracteristice României, utilizând câte un oraș de referință pentru fiecare zonă în parte în cele două cazuri:

1. Furnizare de agent termic pentru încălzire la temperaturile 50/30 °C (Fig. 5, Fig. 6).

În urma analizei realizate pentru prepararea agentului termic pentru încălzire la temperaturile de tur/retur de 50/30 °C, se observă corelația dintre gradul de acoperire solară și randamentul termic al captatorilor solari.

Gradul de acoperire termică scade de la 68% până la 11%, odată cu scăderea suprafeței de captare (creșterea raportului  $H/S_c$ ), al

performanței termice suprafeței de captare (creșterea  $k_c$ ) și cu creșterea zonei solare termice (înrăutățirea condițiilor de mediu).

Randamentul captatorilor solari crește de la 37% până la 57,5%, odată cu scăderea suprafeței de captare (creșterea raportului  $H/S_c$ ), îmbunătățirea tipului de captator folosit (scăderea  $k_j$ ) și cu îmbunătățirea condițiilor de mediu (scăderea  $\beta_{ref}^*$ ).

2. Furnizare de agent termic pentru prepararea apei calde la temperatura 50 °C (Fig. 7, Fig. 8).

Similar cazului de încălzire, în urma analizei realizate pentru prepararea agentului termic pentru prepararea apei calde menajere la 50 °C, se observă o corelație între gradul de acoperire solară și randamentul termic al captatorilor solari.

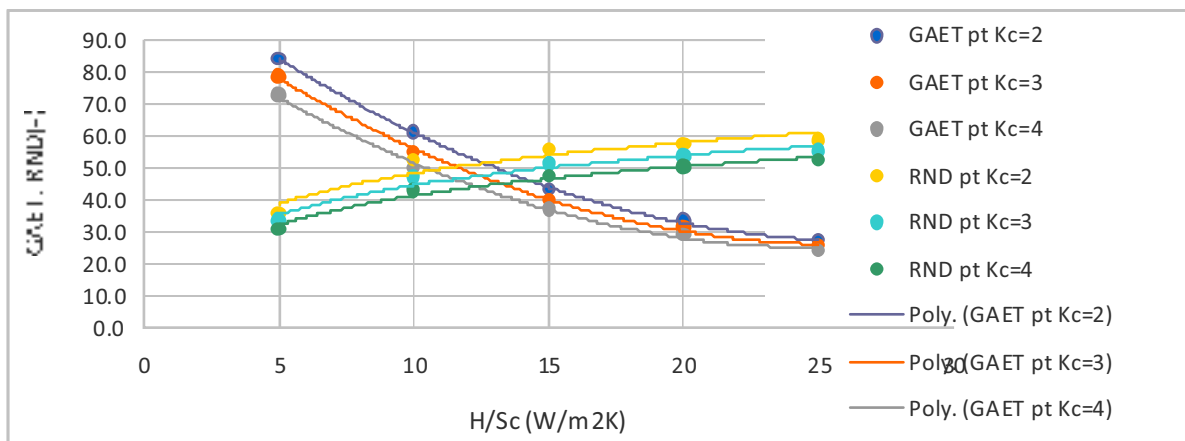


Fig. 7. Randamentul sistemului solar și gradul de acoperire (RND și  $G_{aet}$ ) pentru zona 1 de calcul solară.

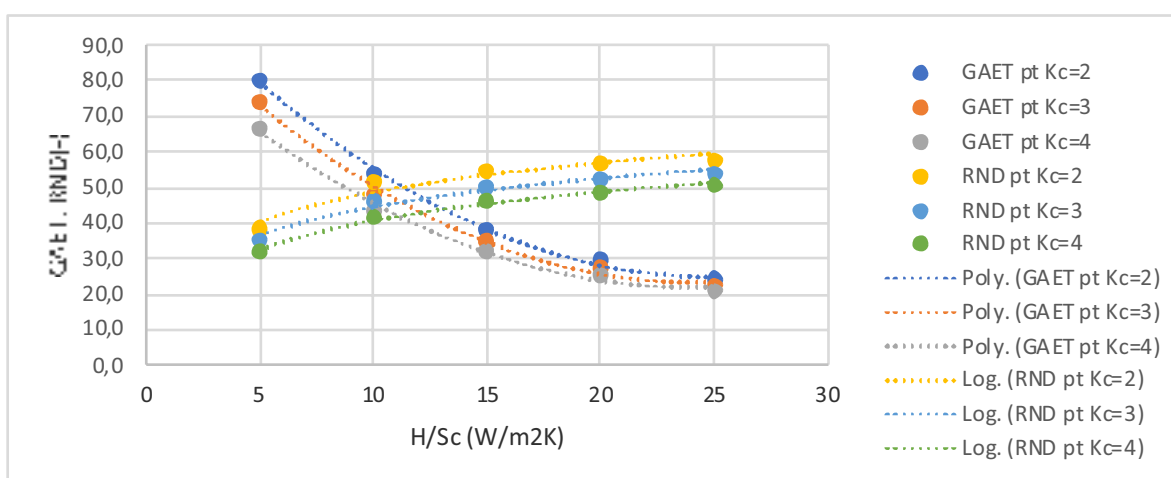


Fig. 8. Randamentul sistemului solar și gradul de acoperire (RND și  $G_{aet}$ ) pentru zona 5 de calcul solară.

Gradul de acoperire termică scade de la 68% până la 11%, odată cu scăderea suprafeței de captare (creșterea raportului  $H/S_c$ ), al performanței termice suprafeței de captare (creșterea  $k_c$ ) și cu creșterea zonei solare termice (îmbunătățirea condițiilor de mediu).

Randamentul captatorilor solari crește de la 32% până la 55,5%, odată cu scăderea suprafeței de captare (creșterea raportului  $H/S_c$ ), îmbunătățirea tipului de captator folosit (scăderea  $k_c$ ) și cu îmbunătățirea condițiilor de mediu (scăderea  $\beta_{ref}^*$ ).

#### 4. Concluzii

S-a identificat posibilitatea utilizării unui indicator energetic climatic pe baza căruia au

fost încadrate în 5 zone de calcul solare 79 de orașe importante din România. Astfel s-au pus în balanță influențele celor mai importanți 3 parametri de configurare ai sistemului.

Rezultatele obținute oferă posibilitatea aproximării pentru orice obiectiv din România a performanțelor de generare a energiei termice pentru un consumator rezidențial dacă utilizează panouri solare.

Corelând rezultatele energetice cu prețul energiei termice, se poate identifica pe baza unui studiu de auditare energetică soluția optimă de configurare a sistemelor solare astfel încât durata de recuperare a investițiilor să fie minimă pentru orice obiectiv din România.

**BIBLIOGRAFIE**

- Dragne H. (2019), *Determinarea gradelor de acoperire ale instalațiilor solare pentru litoralul românesc*, Lucrările Conferinței de Cercetare în Construcții, Economia Construcțiilor, Urbanism, Amenajarea Teritoriului **15**: 191-196.
- Duffie J, Beckman W. (1980), *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, SUA.
- lordache F., lordache V. (2016), *Captatoare solare plane cu absorbtie- randamente de captare*, UTCB, România.
- lordache F., Dragne H. (2016), *The negative influence of the hydraulic imbalance to the system performance in solar panels*, Revista românească de inginerie civilă **7(3)**: 187-198.
- lordache F. (2018), *Sisteme de utilizare a surselor regenerabile. Metode de evaluare energetica si dimensionare*, Matrixrom, România.
- lordache F. (2019), *Analiza energetică privind dimensionarea și evaluarea performanțelor energetice ale instalațiilor utilizând captatoare solare termice*, Revista românească de inginerie civilă **10(4)**: 452-461.



# ELEMENTE DE INOVAȚIE TEHNICĂ LA EXECUȚIA UNEI CONSTRUCȚII INAUGURATE ÎN URMĂ CU 115 ANI: PODUL COMBINAT (RUTIER ȘI DE CALE FERATĂ) PESTE CANALUL SF. GHEORGHE DIN ORAȘUL GIURGIU

George M. CROITORU

Dr. ing., Telekom R.M.C. S.A., e-mail:  
george.croitoru70@gmail.com

## Abstract

*The double bridge over the Sf. George Channel from the city of Giurgiu (tested and inaugurated on November 9, 1905) it's very important for the history of constructions in Romania from two points of view. Firstly: introduction to design of some elements of technical innovation (the necessity of their adoption being imposed by the unfavorable geological specificity of the site). It's the first bridge in Romania and in Europe who has a trajectory in angle on a horizontal level (curve trajectory), at this bridge was used the first reinforced concrete caisson with compressed air to the foundation of a bridge in Romania and was used the first inclined connection between transverse and longitudinal metal beams for route, following the trajectory of the railways. Secondly: professional collaboration between two great Romanian technical personalities, Anghel Saligny and Ion Ionescu, Professors at the National School of Bridges and Roads in Bucharest. Today, 115 years after the inauguration, this bridge is closed to road and rail traffic, is used only for pedestrian*

*traffic and is one of the representative historical objectives of the built heritage of the city of Giurgiu, being classified as a historical monument.*

**Key words.** metal bridge, curve trajectory, foundation, reinforced concrete, caisson.

## 1. Context

La sfârșitul secolului al XIX-lea, prin poziționarea la Dunăre și apropierea de capitala țării, importanța economică a orașului Giurgiu începe să se evidențieze semnificativ, fiind generată, în principal, de dezvoltarea activităților portuare de import-export.

Din perspectiva condițiilor specifice de amplasare la Dunăre, orașul se confruntă cu o situație inedită din punctul de vedere al desfășurării activităților portuare.

Sunt în exploatare două porturi, situate pe amplasamente diferite (Smârda și Sf. Gheorghe), însă nici unul dintre acestea nu este pe deplin avantajos din punct de vedere tehnic, economic, al întreținerii sau al accesului:

- portul Smârda, amplasat la Dunăre, în aval, prezintă avantajul portului natural, cu o deschidere corespunzătoare pentru nave, însă prezintă și marele dezavantaj al accesului foarte dificil dinspre oraș;
- portul Sf. Gheorghe, amplasat în amonte, pe canalul Sf. Gheorghe, fost braț al Dunării, prezintă avantajul apropierii de oraș și accesului facil, însă prezintă dezavantajul acumulării frecvente de depozite aluvionare aduse de fluviu (Croitoru, 2007).

Autoritățile locale conștientizează că exploatarea și întreținerea celor două porturi devine oneroasă din punct de vedere financiar și încep căutarea unor soluții urgente.



Fig. 1. Amplasarea porturilor orașului Giurgiu și a podului peste Canalul Sf. Gheorghe (sursa Google Earth).

Într-o primă fază (Popescu, 1910a) se încearcă posibilitatea exploatării fondului existent prin identificarea unor soluții tehnice de îmbunătățire a navigabilității pe canalul Sf. Gheorghe, în acest sens fiind invitat la Giurgiu și consultat cunoscutul inginer german Ludwig Franzius (1832-1903), director în cadrul portului Bremen, fost profesor de Inginerie hidraulică la Bauakademie din Berlin. Consultanța oferită de acesta a rămas însă fără urmări practice.

În final, se va impune soluția construirii unui nou port la Giurgiu, care se va materializa în anul 1899, când Ministerul Lucrărilor Publice prin Direcția Generală a Porturilor și Căilor de Comunicații pe Apă, însărcinează pe inginerul Anghel Saligny (1854-1925) pentru întocmirea unui proiect și apoi pentru coordonarea lucrărilor de construcții a noului port.

Inginerul Anghel Saligny propune construirea noului port pe malul natural al Dunării, în partea sudică a insulei Ramadan, așa cum se prezintă în Fig. 1, optând pentru un amplasament, în care, în urma efectuării unui număr semnificativ de măsurători și sondaje se evidențiază concluzia că adâncimea fluviului se menține la un nivel constant.

Proiectul noului port este finalizat în anul 1901 și va fi avizat favorabil de Consiliul Tehnic

Superior din cadrul Ministerului Lucrărilor Publice în anul 1902. Complementar, urmează a fi construită și o cale de acces între oraș și noul port Ramadan prin construcția unei căi ferate și a unui drum rutier (Croitoru, 2016).

În acest context, autoritățile orașului Giurgiu dispun execuția unui pod peste canalul Sf. Gheorghe, indispensabil pentru construcția și exploatarea în viitor a noului port Ramadan.

Proiectul podului peste Canalul Sf. Gheorghe din orașul Giurgiu este finalizat în anul 1904 de către inginerul Ion Ionescu (1870-1946), specialist cu experiență semnificativă dobândită prin participarea la edificarea unor obiective similare. La momentul proiectării și execuției podului, acesta este cadru didactic la Școala Națională de Poduri și Șosele din București (din anul 1898) și subdirector al Serviciului Hidraulic al Dunării din anul 1900 (Popescu, 2016).

Inginerul Anghel Saligny, profesor la Școala Națională de Poduri și Șosele, proiectant al podurilor de cale ferată peste brațul Borcea de la Fetești și peste Dunăre de la Cemavodă (1895) și al primului pod combinat din România (la Onești, peste râul Trotuș, 1881), asigură verificarea proiectului.



Fig. 2. Podul combinat (rutier și de cale ferată), peste Canalul Sf. Gheorghe din Giurgiu.



Fig. 3. Dispunerea căii de circulație pe lonjeroane și antretoaze metalice în cazul podului de cale ferată (stânga) și a podului rutier (dreapta).

## 2. Materiale și metode

### 2.1 Conformarea generală a podului.

#### Alcătuirea tablierului metalic

Podul are două deschideri cu lungimea de 36.25m și este dublu, având suprastructuri (tabliere) separate pentru cale ferată și rutieră, așa cum se prezintă în Fig. 2, Fig. 3 și Fig. 4.

Suprastructura este alcătuită din grinzi metalice cu zăbrele semiparabolice cu calea

jos. Grinzile cu zăbrele au 11 panouri (înălțime minimă de 1.70m la panourile marginale și maximă de 4.30m la panoul central). Platelajele sunt din beton armat: au grosimea de 12cm și lățimea de 5.60m la structura pentru cale ferată și 7.80m la structura pentru cale rutieră.

Infrastructura este alcătuită din două culei și o pilă centrală masivă cu elevație, de înălțime medie: una dintre culei și pila centrală reazemă direct pe teren stâncos iar cea de-a doua culee este fundată pe cheson de beton armat.

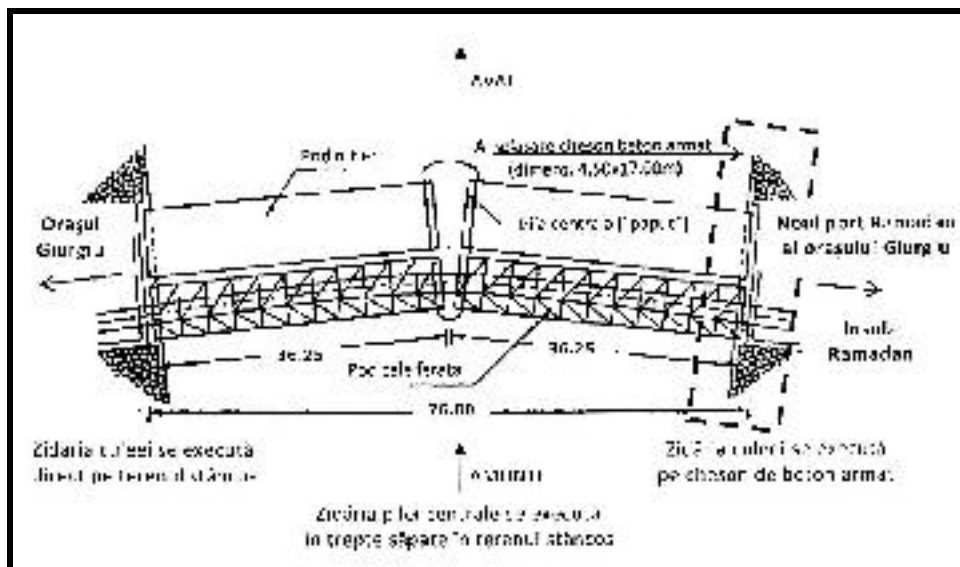


Fig. 4. Traectoria în unghi pe plan orizontal a traseului căii de circulație a podului combinat peste Canalul Sf. Gheorghe din Giurgiu. Plan, sc. 1:400 (Mateescu, 1966; Croitoru, 2019).

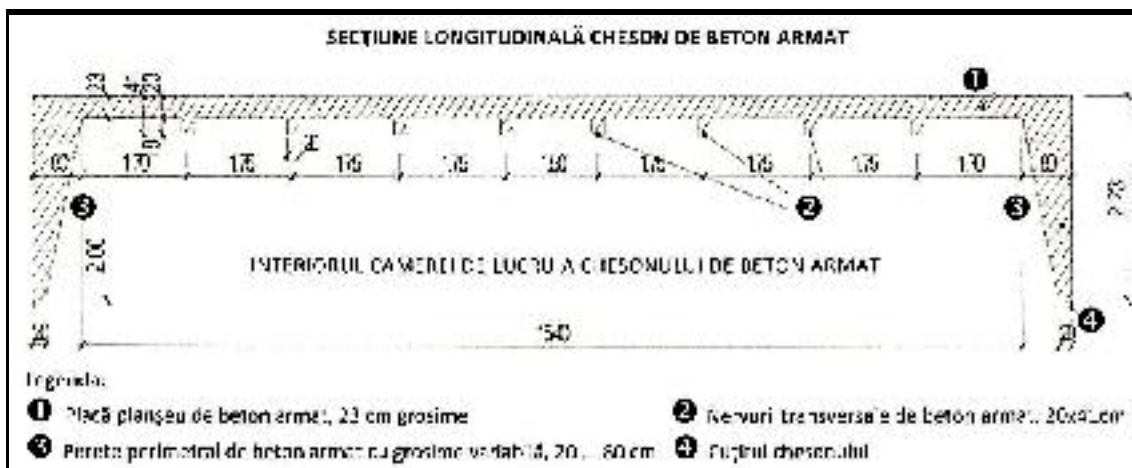


Fig. 5. Reconstituirea structurii chesonului de beton armat cu aer comprimat folosit pentru culeea amplasată spre noul port Ramadan (Popescu, 1910b; Croitoru, 2019).

Înălțimea de construcție (diferența de nivel între nivelul superior al căii de circulație și punctul cel mai de jos al suprastructurii metalice, respectiv talpa inferioară a grinzii cu zăbrele semiparabolice) este de 0.80m. De asemenea, nivelul superior al căii de circulație se află la 7.29m față de nivelul etiajului (nivelul mediu al celor mai scăzute ape pe o perioadă semnificativă de timp, însă minimum 10 ani) și la 11.38m față de adâncimea maximă a apei (Mateescu, 1966).

Având în vedere lungimea mare a căii de circulație (36.25m), încărcările transmise generează eforturi de încovoiere importante,

cea ce a impus dispunerea acestora pe grinzi longitudinale și transversale, respectiv lonjeroane și antretoaze metalice.

În cazul acestui obiectiv (pod combinat, cu traiectorie curbă a căii de circulație din motive de geologie a terenului), se remarcă faptul că lonjeroanele podului de cale ferată sunt poziționate înclinat pe antretoaze, urmărind traiectoria șinei de cale ferată, așa cum se prezintă în Fig. 3 (Ionescu, 1925-1926).

Soluția cu grinzi cu zăbrele semiparabolice, folosită în general pentru deschideri mari (peste

50.00m), este adoptată în cazul podului de la Giurgiu din considerente estetice: podul este deschis la partea superioară iar parabola începe de la parapetul acestuia (Ionescu, 1926).

Schema statică este de grindă simplu rezemată, iar elementele acesteia (talpa superioară și inferioară, montanți, diagonale) sunt alcătuite din platbande și corniere într-un număr rezonabil de tipuri de secțiuni, unele având o complexitate semnificativă.

Talpa superioară, talpa inferioară, montanții și diagonalele din panourile marginale ale grinzii cu zăbrele au secțiunile alcătuite din platbande de 10mm grosime ce sunt rigidizate pe margini cu corniere în scopul eliminării vibrațiilor transversale.

Pentru a se reduce suprafețele expuse și a minimiza efectul acțiunii vântului, este limitată lățimea platbandelor tălpilor superioară și inferioară iar platbanda inimii montanților este dispusă pe direcție transversală.

În cazul panourilor curente ale grinzii cu zăbrele, la întâlnirea diagonalelor pe guseu, diagonalele întinse sunt întrerupte iar diagonalele comprimate sunt continue și au o secțiune mai dezvoltată.

La podul rutier, secțiunile diagonalelor folosesc un singur tip de cornieră (L60x60x8mm): diagonalele întinse au secțiunea alcătuită din 2 corniere iar diagonalele comprimate au secțiunea alcătuită din patru corniere dispuse simetric față de două axe perpendiculare. În schimb, la podul de cale ferată, tipul uzual de cornieră este L70x70x10mm, diagonalele întinse au secțiunea alcătuită din 2 corniere iar diagonalele comprimate au secțiunea alcătuită din trei corniere.

Îmbinările elementelor grinzii cu zăbrele sunt nedemontabile și sunt realizate prin nituri cu cap semirotund. Sunt folosite doar două tipuri de nituri, diferențiate de diametrul capului semirotund ale acestora: 36mm și 40mm.

## 2.2 Specificul geotehnic al amplasamentului. Soluția de fundații

În principal, informațiile existente privind natura terenului de fundare pe arealul extins al orașului Giurgiu evidențiază formațiuni de suprafață alcătuite din pământuri loessoide macroporice (prafuri argiloase, argile prăfoase, prafuri nisipoase), sensibile la umezire, cu grosime variabilă, cuprinsă între 6.00 și 10.00m (Ministerul Dezvoltării Regionale și Turismului, 2011). Acestea sunt dispuse peste un pachet de nisipuri fine și medii având ca bază pietriș și uneori bolovanis cu grosime variabilă, cuprinsă între 8.00 și 10.00m și în care pot exista diverse intercalații, argiloase sau măloase.

Întregul complex de suprafață reazemă pe depozite calcaroase, organogene, cavernoase și puternic fisurate, apreciate ca teren bun de fundare (de tip „stâncos”).

În urma efectuării unor foraje geotehnice preliminare, terenul bun de fundare este evidențiat astfel (Popescu, 1910b):

- pentru culeea dinspre oraș și pentru pila centrală terenul de tip “stâncos” este identificat la o cotă convenabilă: la 2.00m sub nivelul etiajului (culeea) și respectiv la 2.50m ... 3.50m sub nivelul etiajului (pila centrală);
- în cazul culeei dinspre insula Ramadan terenul bun de fundare de tip “stâncos” este identificat la 10.00m sub nivelul etiajului.

Totodată, în cazul pilei centrale se constată o decalare către lateral (spre aval) a terenului de tip “stâncos” comparativ cu traseul liniar al podului propus inițial.

Identificarea terenului bun de fundare la cote mult diferite pentru cele două culei va impune ca soluția de fundații să nu fie unitară.

Astfel, pentru culeea dinspre oraș și pentru pila centrală zidăria de piatră se execută direct pe terenul stâncos.

În cazul particular al pilei centrale, problema existenței terenului de tip “stâncos” decalat către lateral (spre aval), comparativ cu traseul liniar al podului propus inițial, va fi rezolvată, așa cum se prezintă în Fig. 4, prin adoptarea unei forme atipice în plan a acesteia, respectiv trapezoidală, denumită pilă “papuc”. Această formă atipică a pilei este necesară pentru a se asigura trasarea în mod optim a unei curbe având o rază de 250.00m, rezultând o traiectorie în unghi pe plan orizontal, respectiv curbă, a traseului căii de circulație a podului (Popescu, 1910b).

Pentru culeea dinspre insula Ramadan, se adoptă soluția de fundare pe cheson de beton armat cu aer comprimat executat pe amplasament (Prager, 1979), urmând ca zidăria de piatră să se execute peste acesta, așa cum se prezintă în Fig. 6.

Chesonul de beton armat, având secțiunea longitudinală prezentată în Fig. 5, are suprafața în plan 4.50×17.00m și înălțimea camerei de lucru, la interior, de 2.00m.

Peretii perimetrali sunt masivi și au grosime variabilă pe înălțime, 20cm la bază și 80cm la partea superioară.

Placa planșeului (dala) are grosimea de 23cm, descarcă pe nervuri transversale de beton armat cu secțiunea de 20×41cm și sunt dispuse la o distanță interax de 1.75m (Popescu, 1910b; Prager, 1977).

### 2.3 Informații privind lucrările de execuție

Execuția podului demarează în septembrie 1904: lucrările de fundații și de zidărie de piatră a pilei centrale și culeelor sunt executate în regie de către inginerul Ion Ionescu, care este și proiectantul obiectivului iar uzinarea tablierelor metalice este realizată la Șantierul Naval din Turnu-Severin, cea mai mare unitate românească de profil de la Dunăre.

Lucrările pentru execuția zidăriei de piatră a culeei dinspre oraș și a pilei centrale s-au realizat prin utilizarea procedurii epuimentului direct.

În cazul pilei centrale, cota variabilă a terenului de tip “stâncos” impune prelucrarea acestuia prin execuția unor trepte, începând de la -3.50m la avanbec până la -2.50m la arierecul pilei (cote sub nivelul etajului). Peste treptele săpate în stâncă se va executa ulterior zidăria masivă de piatră finită (Popescu, 1910b).

Execuția culeei dinspre noul port Ramadan, unde se introduce chesonul de beton armat, comportă însă un grad foarte ridicat de dificultate, ce nu a fost estimat la demararea lucrărilor.

Din cauza unor date incomplete oferite de forajele geotehnice preliminare, se constată că în momentul în care cuțitul chesonului atinge cota aproximativ -6.00m (cota de fundare prevăzută în proiect fiind -10.00m), este identificat un strat de teren stâncos într-unul din colțurile din amonte ale acestuia. Proiectantul este constrâns la adoptarea unei soluții tehnice rapide, complementară detaliilor de execuție din proiectul inițial.

În aceste condiții, așa cum se prezintă în Fig. 6, poziția chesonului se stabilizează la cota -6.00m, cu rezemare parțială pe stratul de teren stâncos, iar pentru zona chesonului care nu reazemă direct pe terenul stâncos se execută o subfundație din beton simplu (înălțime aproximativă de 1.20m și înălțime de 3.00m).

Subfundația se execută în puțuri săpate până la nivelul terenului stâncos de la cota -9.00m, iar după asigurarea rezemării întregii suprafețe a chesonului din beton armat pe terenul stâncos (la cotele -6.00m și respectiv -9.00m), se umple întregul volum interior al camerei de lucru al acestuia cu beton.

În final, după finalizarea execuției fundațiilor se montează tablierele metalice ale podului.

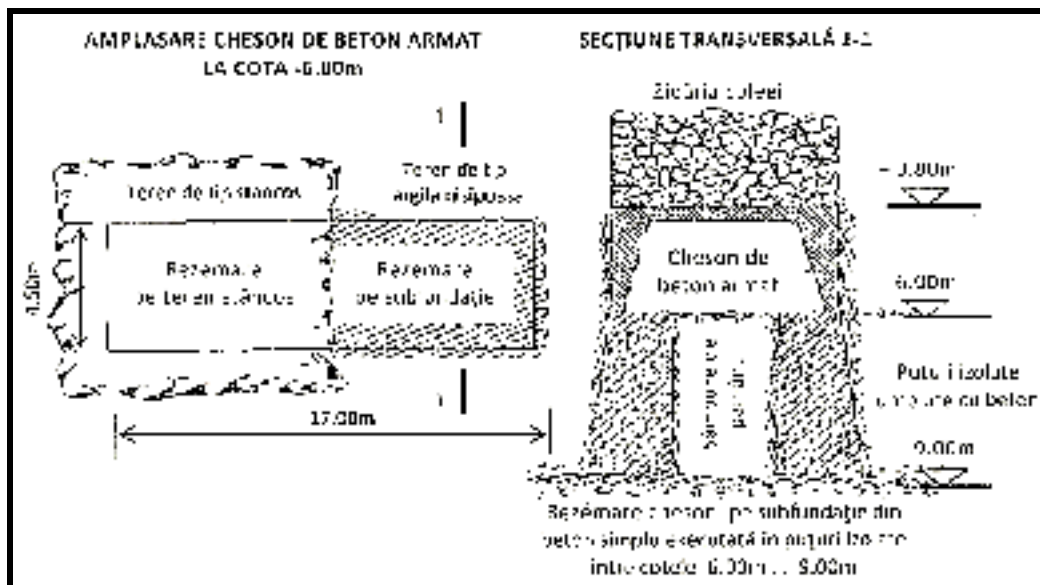


Fig. 6. Execuția fundației pe cheson de beton armat pentru culeea amplasată spre noul port Ramadan (Popescu, 1910b; Croitoru, 2016).

### 3. Rezultate și discuții

Podul combinat, rutier și de cale ferată, peste Canalul Sf. Gheorghe din orașul Giurgiu este testat și inaugurat în data de 9 noiembrie 1905 în prezența proiectantului și a oficialităților orașului.

Elementele de noutate și inovație tehnică adoptate la proiectarea și execuția acestui obiectiv pot fi sintetizate astfel:

- La data inaugurării, este primul pod combinat din România și, implicit, din Europa, care are o traiectorie în unghi pe plan orizontal (curbă).

În condițiile geologice specifice ale amplasamentului, pila centrală are o formă atipică în plan, respectiv trapezoidală (denumită pilă "papuc"), executată astfel pentru a se asigura trasarea în mod optim a unei curbe cu o rază de 250.00m, rezultând o traiectorie curbă a traseului căii de circulație a podului.

- În cazul podului de cale ferată, una dintre consecințele traseului curb al căii de circulație este conectarea în poziție înclinată a lonjeroanelor pe antretoaze, urmărind traiectoria șinei de cale ferată (Ionescu,

1925-1926), premieră la acel moment pentru construcția de poduri în România.

Acest tip de conectare a lonjeroanelor pe antretoaze a necesitat adoptarea unui detaliu de prindere atipic, îmbinare cu „corniere oblice” (Ionescu, 1925-1926), în care elementul care conectează cele două grinzi metalice nu este cornieră, fiind executat din platbandă îndoită în funcție de unghiul dintre acestea.

- La această construcție s-a folosit primul cheson de beton armat cu aer comprimat pentru fundația unui pod din România (Prager, 1979).

La momentul elaborării proiectului (1904), modul de calcul al betonului armat se află în faza de început a reglementării sale, existând doar două state europene care își elaboraseră norme de proiectare specifice (Prager, 1979): Elveția (*Norme provizorii pentru calculul betonului armat*, 1903) și Germania (*Prima circulară prusiană*, 1904).

Inginerul Ion Ionescu este promotorul introducerii calculului betonului armat în România și prezintă în anul 1903 o primă expunere (Rusu, 2003) studenților Școlii Naționale de Poduri și Șosele din București, intitulată *Calculul betonului armat după metoda lui Matthias Koenen* (Prager, 1979).

Metoda de calcul a inginerului Matthias Koenen (1849-1924), având titlul *Grundzüge für die statische Berechnung der Beton-und Eisenbetonbauten* (Wayss&Freytag Ingenieurbau AG, 2020) a fost prezentată în anul 1902, fiind preluată de primul standard german de calcul al structurilor de beton armat apărut în anul 1904 (Prager, 1979). Această metodă de calcul (în traducere, *Principii de bază pentru calculul static al structurilor de beton și beton armat*) este recomandată de inginerul Ion Ionescu ca fiind practică și se apreciază că aceasta este la baza dimensionărilor elementelor chesonului de beton armat folosit la fundația podului de la Giurgiu (1904) și ulterior a redactării primului tratat de calcul al betonului armat din România (Ionescu, 1915).

- Din punct de vedere al modului de rezemare a unui cheson folosit la fundațiile de poduri, podul construit la Giurgiu este primul obiectiv din România la care rezemarea chesonului pe terenul bun de fundare nu se realizează integral (pe tot conturul) la aceeași cotă.

Specificul geologic defavorabil al amplasamentului a impus ca rezemarea chesonului să se realizeze la cote diferite (-6.00m, respectiv -9.00m), fiind necesar a se executa, în premieră, o subfundație din beton a acestuia pentru o parte din suprafața de rezemare.

#### 4. Concluzii

Importanța majoră pentru istoria construcțiilor din România a podului combinat, rutier și de cale ferată, peste canalul Sf. Gheorghe din orașul Giurgiu, rezultă din:

- introducerea la proiectare și execuție a unor elemente de inovație tehnică la nivel național și european, necesitatea adoptării acestora fiind impusă de specificul geologic defavorabil al amplasamentului;
- exemplara colaborare profesională între două mari personalități tehnice ale epocii, inginerii Anghel Saligny și Ion Ionescu,

cadre didactice la Școala Națională de Poduri și Șosele din București.

În momentul de față, la 115 ani de la inaugurare, podul este închis circulației rutiere și feroviare, este folosit exclusiv pentru circulația pietonală, iar starea avansată de degradare, în principal la elementele tablierului metalic, impune adoptarea unor măsuri urgente de reabilitare structurală și conservare adecvată.

Podul combinat peste canalul Sf. Gheorghe din orașul Giurgiu este unul dintre obiectivele reprezentative ale patrimoniului construit al orașului, fiind încadrat ca monument istoric la poziția GR-II-m-B 14894 (Ministerul Culturii, 2016).

#### BIBLIOGRAFIE

- Croitoru G.-F. (2007), *Evoluția portului Giurgiu de la origini până în 1945*, Editura Muzeului Marinei Române, Constanța, România.
- Croitoru G. M. (2016), *Podul metalic de peste canalul Sf. Gheorghe din orașul Giurgiu. Execuția primului cheson de beton armat cu aer comprimat pentru fundația unui pod din România (1904-1905)*, Anuarul Muzeului Marinei Române **19**: 82-97.
- Croitoru G. M. (2019), *Două premiere la nivel european ale tehnicii românești în construcții din perioada antebelică: introducerea prefabricării la construcții din beton armat și execuția primului pod metalic cu o traiectorie în unghi pe plan orizontal*, NOEMA **18**: 239-249.
- Ionescu I. (1915), *Beton armat. Expunere elementară a regulilor de construcție și a principiilor de calcul*, Tipografia Curții Regale, București, România.
- Ionescu I. (1925-1926), *Curs de poduri. Partea VI, Poduri cu inimă plină*, Curs predat la Școala Politehnică din București, pag. 59-60.
- Ionescu I. (1926), *Curs de poduri. Partea VII, Poduri cu zăbrele*, Curs predat la Școala Politehnică din București, pag. 18-19, 47.

- Mateescu C. (1966), *Ion Ionescu*, Editura Științifică, București, România.
- Ministerul Culturii (2016), *Lista monumentelor istorice 2015 - Județul Giurgiu*, Ministerul Culturii, București, România.
- Ministerul Dezvoltării Regionale și Turismului (2011), *NP125:2010 Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri sensibile la umezire*, Ministerul Dezvoltării Regionale și Turismului, București, România.
- Popescu G. (1910a), *Lucrări în Portul Giurgiu și pe șenalul Durărei pentru îmbunătățirea navigației*, Buletinul Societății Politecnice 3:112-123.
- Popescu G. (1910b), *Lucrări în Portul Giurgiu și pe șenalul Durărei pentru îmbunătățirea navigației*, Buletinul Societății Politecnice 4:139-162.
- Popescu H. (2016), *Ionescu Ion*, în: Drăgan G. (inițiatorul seriei) *Ingenieri români. Dicționar enciclopedic, Vol. 1*, Editura Mega, Cluj-Napoca, România, pag. 162-164.
- Prager E. (1979), *Betonul armat în România, Vol. 1*, Editura Tehnică, București, România.
- Rusu D. (2003), *Membrii Academiei Române 1866-2003. Dicționar*, Ediția a III-a, Editura Enciclopedică / Editura Academiei Române, București, România.
- Wayss&Freytag Ingenieurbau AG (2020), *Matthias Koenen*, <https://www.wf-ib.de/en/about-us/history/from-1875/1888/matthias-koenen>



# DETERMINAREA PERFORMANȚEI LA FOC A TENCUIELILOR DECORATIVE SILICATICE

**Daniela STOICA**

Ing., INCD "URBAN-INCERC", Sucursala INCERC  
București, Laboratorul INCERC de cercetare aplicată și  
încercări în construcții, e-mail:  
danastoica.stoica@gmail.com

**Adrian SIMION**

Dr. ing., INCD "URBAN-INCERC", Sucursala INCERC  
București, Laboratorul INCERC de cercetare aplicată și  
încercări în construcții, e-mail:  
simion\_i\_adrian@yahoo.com

**Horățiu Gabriel DRAGNE**

Ing., INCD "URBAN-INCERC", Sucursala INCERC  
București, Laboratorul INCERC de cercetare aplicată și  
încercări în construcții, e-mail:  
horatiudragne@yahoo.com

## Abstract

*At European Level, the classification of constructions products into fire reaction euroclasses, is provided as a mandatory condition for fulfilling the fundamental requirement fire safety, according to Regulation (EU) no. 305 / 2011 establishing harmonized conditions for the marketing of construction products. In this regard, the alignment of Romania with the European single market, by adopting at national level the Euroclass harmonized system for assessing the fire reaction performance of construction products, has led to the facilitation of trade in construction products between EU member countries, thus eliminating trade barriers generated by differences in test methods and classification systems for the constructions products. In Romania is used more test methods were used to determine the fire performance level of the construct materials. These methods are European harmonized and its used curently by the researchers from National Institute for*

*Research and Development in Construction, Urban Planning and Sustainable Spatial Development for testings to the fire reaction of the constructions materials.*

**Key words.** *research, fire reaction, construction, decorative plaster, classification.*

## 1. Context

Noua viziune europeană privind prevenirea apariției unui incendiu într-o clădire sau la exteriorul acesteia, vizează în primul rând siguranța omului și apoi a bunurilor materiale. Astfel, în contextul strategiei europene și naționale bazată pe realizarea și dezvoltarea cadrului adecvat privind prevenirea introducerii pe piață și punerii în funcțiune a produselor cu rol în satisfacerea cerinței esențiale securitatea la incendiu, care sunt neconforme cu legislația în vigoare, determinarea performanței la foc a produselor de construcție este fundamentală și imperios necesară. Performanța la foc a unui produs de construcție este determinată prin stabilirea nivelului de performanță al acestuia în urma supunerii unui foc standardizat. Nivelul de performanță la foc al unui produs pentru construcții este măsura în care, în condițiile unui anumit scenariu de referință, acel produs pentru construcții satisface unele criterii de performanță privind securitatea la incendiu. Expresia cantitativă formulată în termenii performanței pentru contribuția la foc a produsului, în condițiile utilizării finale, reprezintă clasa de performanță la foc a produsului și este consecința existenței nivelurilor diferite privind performanța la foc a produselor (MTCT, 2005). Prin clase de performanță de reacție la foc ale produselor se înțeleg clase de reacție la foc. Performanța de reacție la foc a unui produs pentru construcții vizează contribuția acestuia la inițierea și propagarea incendiului și fumului în camera focarului sau în zona înconjurătoare. Comportarea unui material care, prin propria sa descompunere alimentează focul la care este expus, în condiții specificate, este definită ca reacție la foc (MTCT, 2005). Euro Clasele,

introduse de către Decizia Comisiei (2000/147/EC) în data de 8 Februarie 2000, ofera o platformă comună de comparare în funcție de reacția la acțiunea focului pentru toate produsele de construcții (CE, 2000). Materialele de construcții sunt împărțite în clase în funcție de felul în care acestea influențează declanșarea unui incendiu, extinderea lui și producerea fumului. La nivel mondial, se folosesc o multitudine de teste pentru a se dovedi că produsele pentru construcții sunt în conformitate cu cerințele legale privind siguranța la foc. La nivel european, încadrarea în euroclase de reacție la foc a produselor de construcție, este prevăzută ca o condiție obligatorie pentru îndeplinirea cerinței fundamentale securitatea la incendiu, conform Regulamentului (UE) nr. 305/2011 de stabilire a unor condiții armonizate în vederea comercializării produselor pentru construcții (UE, 2011). România ca țară membră în Comunitatea Europeană, a adoptat sistemul armonizat de stabilire a claselor de performanță de reacție la foc a produselor de construcții, sistem bazat pe Decizia 94/611/CE a Comisiei de punere în aplicare a articolului 20 din Directiva 89/106/CEE privind produsele pentru construcții (CE, 1994) în domeniul siguranței la incendiu. În ultima perioadă de timp, pentru reducerea consumului de energie și a protecției mediului, în România se utilizează la scară largă tehnologia de termoizolare la exterior a clădirilor cu sisteme *umede* ETICS. Odată cu punerea în practică a conceptului de termoizolare exterioară a clădirilor, au început să apară și o serie de probleme legate de comportarea la foc a materialelor din care sunt alcătuite sistemele de fațadă ETICS și mai ales a materialelelor folosite ca strat de protecție la exteriorul acestor sisteme (tencuielile decorative).

## 2. Materiale, metode de încercare și clasificare

### 2.1 Materiale

Tencuiala decorativă este un produs sub formă de pastă sau pulbere, compus dintr-un

amestec din unul sau mai mulți lianți organici, agregate, adaosuri/aditivi, în apă sau solvent (ASRO, 2017). Principalele tipuri de tencuieli decorative ce au în compoziție lianți organici, utilizate preponderent în alcătuirea sistemelor de fațade termoizolante *umede* ale clădirilor, sunt prezentate în Tabelul 1.

Dintre tencuielile folosite la alcătuirea fațadelor menționate în Tabelul 1, tencuiala decorativă silicatică prezintă o rezistență mai mare în timp la acțiunea factorilor de mediu, datorită caracteristicilor sale fizico-mecanice și biocide (permeabilitate foarte mare la vapori, grad mai mare de durabilitate în timp, rezistență bună la intemperii, inclusiv a radiațiilor UV, proprietăți ignifuge, proprietăți antifungice, rezistență la alcalii), fapt demonstrat în urma testelor efectuate în laboratoare specializate. De asemenea, tencuiala decorativă silicatică prezintă o aderență foarte bună datorită reacției de silicifiere/legare a liantului de suportul mineral. Din considerentele mai-sus enumerate, tencuiala decorativă silicatică este utilizată pentru finisări decorative exploatate la exterior, pentru decorarea și renovarea suprafețelor minerale noi și vechi pe bază de nisip-ciment-var, suprafețe de beton, zidărie de cărămidă, pentru protejarea clădirilor istorice și a monumentelor și pe fațade a căror termoizolație se realizează cu ajutorul plăcilor de vată minerală. Deși este un produs cu caracteristici foarte bune, are dezavantajul unei aplicări foarte restrictive deoarece nu se recomandă aplicarea pe suprafețe cu eflorescențe de sare, suprafețe din material plastic sau lemn, straturi de lac, acoperiri pe bază de ulei sau straturi de var.

Tencuiala decorativă silicatică, în funcție de mărimea granulelor de nisip din tencuială (granulație), poate fi mai fină (1-1,5 mm) sau mai grunjoasă (2-2,5 mm), iar în funcție de modelul rezultat după aplicare pe stratul suport, tencuiala decorativă silicatică se aplică în două moduri: granulat sau bob de orez (Fig. 1) și zgâriată sau scoartă de copac (Fig. 2).

**Tabelul 1. Tipuri de tencuieli decorative.**

Tipuri de tencuieli decorative uzitate (cu conținut $\geq 1,0\%$ în masă de materiale organice)	Compoziție
acrilică	resini acrilice, pigmenți și ingrediente minerale (granule de marmură, cuarț)
siliconică	resini siliconice, pietricele de marmură și materiale de umplutură
silicatică	silicat de potasiu, minerale, pigmenți acrilici, microfibre și diferite adaosuri
cu fibre de carbon	dispersii elastomere selectate, armate cu fibre de carbon, cu modificatori siliconici, fileri minerali și pigmenți



Fig. 1. Tencuială decorativă cu aspect de "bob de orez".



Fig. 2. Tencuială decorativă cu aspect de "scoarță de copac".

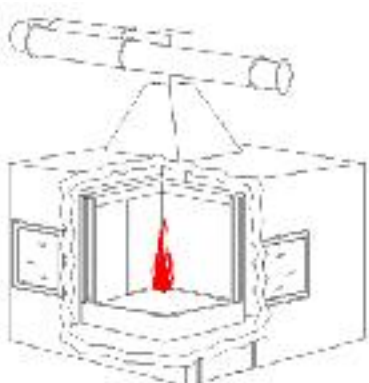


Fig. 3. Camera de încercare.

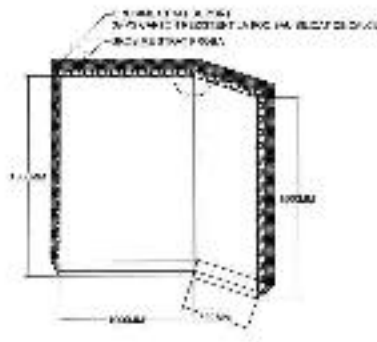


Fig. 4. Schema de realizare a epruvetelor necesare pentru testarea cu echipamentul SBI.

## 2.2 Metode încercare

Metodele de încercare utilizate în cadrul Laboratorului INCERC de cercetare aplicată și încercări în construcții, pentru determinarea reacției la foc a tencuielilor decorative silicatică, sunt următoarele:

- Metoda cu un singur obiect arzând (SBI), conform SR EN 13823;
- Metoda de determinare a căldurii superioare de ardere, conform EN ISO 1716.

### 2.2.1. Încercarea cu un singur obiect arzând (SBI)

Este o metodă relativ nouă de testare la foc care a fost dezvoltată de către specialiștii din domeniul de cercetare aplicată a comportării la foc a materialelor de construcție, pentru a răspunde nevoii de încadrare a acestora în clase de performanțe de reacție la foc conform SR EN 13501-1 (ASRO, 2018).

Principiul de testare, conform SR EN 13823+A1 (ASRO, 2014) constă în

determinarea performanței de reacție la foc a unei epruvete alcătuită din două aripi verticale îmbinate în unghi drept, cu dimensiunile aripi scurte:  $l=(495\pm 5)$  mm  $\times$   $L=(1500\pm 5)$  mm și aripi lungi:  $l=(1000\pm 5)$  mm  $\times$   $L=(1500\pm 5)$  mm, montată pe un cărucior, dedesubtul unui sistem de evacuare a gazelor (Fig. 3).

În acest fel este simulat un incendiu inițiat într-o cameră, care poate crește și ajunge în cele din urmă la flashover (Lehner, 2005).

Pentru efectuarea încercării au fost confecționate de către client, 3 epruvete (Fig. 4), confecționate din următoarele elemente componente (de la interior spre exterior):

- substrat alcătuit din: plăci de construcție rezistente la foc de dimensiuni 2500 mm  $\times$  1250 mm  $\times$  11 mm, pe bază de silicat ușor, cu liant de ciment, rezistente la umiditate, cu densitatea declarată de 870 kg/m<sup>3</sup>. Plăcile au fost fixate cu șuruburi autofiletante pe două cadre realizate din profile metalice zincate tip UW 50 $\times$ 4000. Cele două sisteme din plăci din silicat de calciu montate pe cadre, alcătuiesc fiecare în parte câte o "aripă". Cele două aripi au dimensiunile standard 1500  $\times$  1000 mm, respectiv 1500  $\times$  500 mm și sunt îmbinate una de cealaltă cu șuruburi autofiletante la un unghi de 90°;
- amorsă pentru tencuieli utilizată pentru amorsarea suprafeței exterioare ca strat de fond înaintea aplicării tencuiei decorative silicatică;

- tencuia decorativă silicatică cu aspect de "bob de orez" (aplicată la exterior cu gletiera) cu granulație cuprinsă între 1-1,5 mm.

Înainte de efectuarea încercărilor de determinare a reacției la foc, cele 3 epruvete au fost condiționate la o temperatură de (23 $\pm$ 2)°C și o umiditate relativă de (50 $\pm$ 5)%, timp de 72 ore, până la obținerea unei mase constante.

În timpul testelor s-au monitorizat condițiile de mediu din încăperea echipamentului SBI, fiind urmăriți următorii parametri: temperatură ambiantă a aerului, umiditatea relativă a aerului și presiunea ambiantă.

Comportarea la foc a fiecărei epruvete a fost evaluată pe o perioadă de expunere de 20 de minute la flacăra arzătorului cu Puterea  $\approx$  30 kW.

Unii dintre parametri de performanță au fost măsurați instrumental și sunt prezentați în Tabelul 2 și Fig. 5 și 6, iar alți parametri au fost evaluați în timpul testelor prin observare directă (producerea de picături și particule arzânde; apariția flash-overului, aprinderea tencuiei decorative, propagarea laterală a flăcărilor pe aripile epruvetei, desprinderea unor părți din epruvetă, apariția unor deformații ale aripilor epruvetei și colapsul epruvetei (Fig. 7, 8 și 9).

Rezultatele obținute în urma efectuării testelor de reacție la foc cu echipamentul SBI sunt prezentate în Tabelul 3.

**Tabelul 2.** Parametrii de performanță măsurați instrumental.

Criteriu de performanță	Simbol	Unitate de măsură
Viteza de dezvoltare a focului	FIGRA	[W/s]
Căldura totală degajată	THR <sub>60s</sub>	[MJ]
Propagarea laterală a flăcărilor	LFS	[m]
Viteza de emisie a fumului	SMOGRA	[m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ]
Emisia totală de fum	TSP <sub>60s</sub>	[m <sup>2</sup> ]

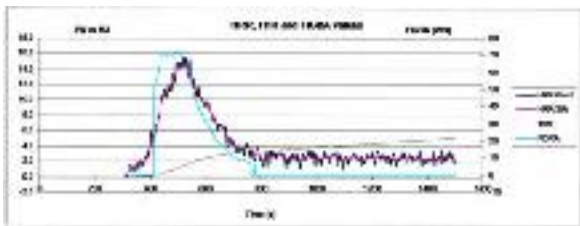


Fig. 5. Valori HRR, THR și FIGRA.

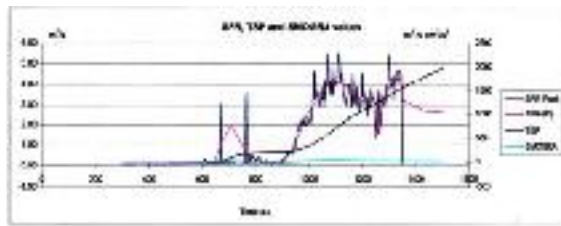


Fig. 6. Valori SPR, TSP și SMOGRA pentru testarea cu echipamentul SBI.

**Tabela 3.** Valorile medii ale parametrilor monitorizați.

Parametrii monitorizați instrumental	Valoare obținută
FIGRA <sub>0,2MJ</sub> [W/s]	77,2
FIGRA <sub>0,4MJ</sub> [W/s]	77,2
THR <sub>60.0s</sub> [MJ]	3,4
SMOGRA [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ]	4,3
TSP <sub>60.0s</sub> [m <sup>2</sup> ]	48,0
Parametrii monitorizați vizual	
Picăături arzânde ≤10s	Nu
Picăături arzânde > 10s	Nu
LFS > margine epruvetă	Nu
Aprindere intermitentă pe suprafața epruvetei	Nu
Desprindere componente din epruvetă	Nu
Colapsul epruvetei	Nu



Fig. 7. Epruvetă pregătită ptr. testare.



Fig. 8. Epruvetă în timpul testului.



Fig. 9. Epruvetă testată la foc.

### 2.2.2 Testul de determinare a căldurii superioare de ardere

Se efectuează cu sistemul calorimetric (Fig. 10) cu care se măsoară potențialul maxim de energie degajată de un un material atunci când acesta este ars complet (SR EN ISO 1716, 2018).

Principiul de testare, constă în arderea în condiții standardizate a unei epruvete de masă specificată, la volum constant, într-o atmosferă de oxigen din interiorul bombei calorimetrice (Fig. 11) calibrată. Căldura de ardere se calculează pe baza creșterii de temperatură observată, luând în considerare pierderile de căldură și căldura latentă de vaporizare.



Fig. 10. Echipament de determinare a căldurii de ardere superioare (sistem calorimetric).



Fig. 11. Bombă calorimetrică.

**Tabelul 4.** Valorile medii ale parametrilor monitorizați.

Nr. test	Echivalentul în apă E [J/K]	Masă probă [g]	Masă acid benzoic [g]	Putere calorifică superioară $Q_{PCS}$ [MJ/Kg]
Test 1	10137,00	0,4999	0,5001	1,98
Test 2	cu dispersia rezultatelor	0,5000	0,5000	2,00
Test 3	< 0,5%	0,5001	0,4999	2,11
Max. $Q_{PCS}$ - Min. $Q_{PCS}$ <sup>*)</sup>				0,13 <sup>**)</sup>
<b>Valoare medie <math>Q_{PCS}</math> [MJ/Kg]</b>				<b>2,03</b>

Observații: <sup>\*)</sup> Max. $Q_{PCS}$  - Min. $Q_{PCS}$  reprezintă valoarea maximă, respectiv valoarea minimă a puterii calorifice superioare obținute la primele 3 încercări reproductibile (conform pct.9.4.2.2 și pct.11 din SR EN ISO 1716:2018)

<sup>\*\*)  $\leq 0,2$  MJ/kg – criteriu pentru validitatea rezultatelor încercării îndeplinit :  $0,13 < 0,2$ , în MJ/kg (conform pct.11 din SR EN ISO 1716:2018)</sup>

În vederea efectuării încercării de determinare a căldurii de ardere superioare  $Q_{PCS}$  [MJ/kg] a tencuiei decorative silicatică, s-a prelevat o probă de 50 g de tencuială decorativă silicatică prin separarea materialului organic de cel anorganic (granulele de nisip). Proba s-a lăsat la uscat timp de 28 zile după care a fost măcinată până la obținerea unei pulberi fine și condiționată la o temperatură de  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  și o umiditate relativă de  $(50 \pm 5)\%$  până la obținerea unei mase constante. Din proba condiționată s-au pregătit 3 probe de cca. 0,5 g fiecare, pentru efectuarea încercărilor.

Înainte de începerea încercărilor, s-au monitorizat condițiile de mediu din încăperea echipamentului de determinare a căldurii de ardere superioare. Pentru efectuarea încercărilor s-a utilizat metoda creuzetului, iar rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelul 4.

### 2.3 Clasificare

Clasificarea în clase de reacție la foc a tencuiei decorative silicatică indică aportul acestui tip de produs de construcție la aprinderea și răspândirea focului și a fumului în interiorul camerei de origine sau într-o anumită zonă.

Parametrii care descriu reacția la foc, conform metodei de încercare SR EN 13823+A1 (ASRO, 2014), respectiv SR EN ISO 1716 (ASRO, 2018) și conform standardului european de clasificare în clase de reacție la foc, SR EN 13501-1 (ASRO, 2018), sunt enumerați în Tabelul 5.

Pe baza rezultatelor obținute în urma efectuării celor două tipuri de încercări de reacție la foc, prezentate mai sus și conform cerințelor de clasificare a materialelor de construcție în clase de reacție la foc, conform SR EN 13501-1, tencuiala decorativă silicatică se încadrează în clasa de reacție la foc, A2, s1, d0 (Tabelul 5).

**Tabela 5. Criterii de clasificare în clasă de reacție la foc a tencuielii decorative silicatică.**

Clasa	FIGRA, W/s	LFS	THR <sub>600s</sub> , MJ	s1		d0	PCS, MJ/kg
				SMOGR, m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	TSP <sub>600s</sub> , m <sup>2</sup>		
A2	≤120	< marginea eprovetei	≤ 7,5	≤ 30	≤ 50	fără picături/particule arzânde înainte de 600 s	≤ 3,0

### 3. Concluzii

Dintre materialele care alcătuiesc sistemele umede de placare exterioră a clădirilor, tencuiala decorativă aplicată la exterior joacă un rol cheie din punct de vedere al inițierii și propagării unui incendiu pe fațada unei clădiri. De regulă, tencuiala decorativă este privită ca stratul final de finisaj aplicat pe fațada clădirii, având rolul de a conferi acesteia rezistență în timp la acțiunea factorilor climatici (vânt, îngheț-dezghet, etc.) și/sau o plastică arhitecturală plăcută privirii. Însă, conform noilor reglementări europene și naționale în domeniul siguranței la foc a construcțiilor, tencuiala decorativă mai trebuie să asigure și o rezistență ridicată la acțiunea unui incendiu inițiat din interiorul și exteriorul clădirii.

Din aceste considerente și în conformitate cu standardul de produs al tencuielilor decorative (ASRO, 2014), este obligatoriu ca tencuielile decorative exterioare cu un conținut mai mare de 1,0% în masă de materiale organice repartizate în mod omogen, să fie supuse încercării de reacție la foc, utilizând metodele de încercare relevante pentru ca specialiștii să poată efectua încadrarea produsului în clase de reacție la foc. Astfel, pentru determinarea reacției la foc a tencuielilor decorative silicatică care se utilizează cu precădere ca strat de finisaj a sistemelor de termoizolare a clădirilor, cercetătorii din cadrul INCD URBAN-INCERC au efectuat o serie de teste de reacție la foc cu echipamentele din dotare. Rezultatele obținute în urma acestor teste, pun în evidență faptul că tipul de tencuială decorativă silicatică testată, are o comportare bună la acțiunea focului și poate fi utilizată ca strat de finisaj exterior al sistemelor de placare exterioră a construcțiilor de tip ETICS.

### BIBLIOGRAFIE

- CE (1994), *Decizia 94/611/CE a Comisiei din 9 septembrie 1994 de punere în aplicare a articolului 20 din Directiva 89/106/CEE privind produsele pentru construcții*, Jurnalul Oficial al Uniunii Europene **L41**: 25.
- CE (2000), *Decizia 2000/147/CE a Comisiei din 8 februarie 2000 de punere în aplicare a Directivei 89/106/CEE a Consiliului în ceea ce privește clasificarea performanței de reacție la foc a produselor pentru construcții*, Jurnalul Oficial al Uniunii Europene **L50**: 14.
- Lehner S. (2005), *European fire classification of construction products, new test method "SBI", and introduction of the european classification system into german building regulations*, Otto-Graf-Journal **16**: 151-166.
- MTCT (2005), *Ordin nr. 1.822/394 din 2004 al ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului și al ministrului de stat, ministrul administrației și întemelor, pentru aprobarea Regulamentului privind clasificarea și încadrarea produselor pentru construcții pe baza performanțelor de comportare la foc*, Monitorul Oficial al României **90**: 1-8.
- UE (2011), *Regulamentul (UE) nr. 305/2011 al Parlamentului European și al Consiliului din 9 martie 2011 de stabilire a unor condiții armonizate pentru comercializarea produselor pentru construcții și de abrogare a Directivei 89/106/CEE a Consiliului*, Jurnalul Oficial al Uniunii Europene **L88**: 5-43.



# EVOLUȚII ȘI PROBLEME ALE ANALIZEI PUSHOVER CONVENȚIONALE

Florina FIUP, Adrian Alexandru CIOBANU,  
Monica CHERECHEȘ, Andrei DUȚĂ, Daniel GHERGHEL,  
Marius MĂRȚ  
INCD URBAN INCERC, Sucursala Iași

## Abstract

*Understanding the relationship between seismic movements and the dynamic response of structural systems, was the moments that changed the approach of seismic engineering. The development of the process was first possible by modeling the seismic response in the elastic domain through models with a single degree of freedom and elastic response spectra, then by modeling the elasto-plastic behavior using inelastic spectra. The shift to the automation of calculations, as well as the influence of historical earthquakes, has radically changed the traditional way of designing, in that the research of the behavior of structures throughout the elasto-plastic field, tends to become a current practical application technique for substantiating design solutions: the possibility of performing fast structural calculations, with increased repetitiveness, modeling nonlinear behavior at the section level, on the element level or global level. The opportunity to develop and, in particular, of applying new calculation methods, much more accurate methods of calculation, meant to replace the traditional methods of calculation, which proved to be deficient in many occasions. The main objective of this paper was to show the effectiveness of the conventional pushover analysis method, as well, the way in which the recent developments regarding the evaluation of the seismic performance have led to improve the analysis methods used.*

**Key words.** *nonlinear analysis, pushover, adaptive pushover.*

## 1. Context

De la apariția primului cod de proiectare american, și până în prezent, criteriile de rezistență și performanță au fost considerate identice iar structurile au fost proiectate după un singur criteriu de performanță, și anume, cel de rezistență, pentru evitarea colapsului. Modul în care s-a efectuat în trecut proiectarea seismică a clădirilor, și influența cutremurelor istorice asupra proiectării, a evidențiat caracterul complex al mișcării seismice și răspunsului seismic al structurilor în contrast cu modul în care este abordată modelarea structurilor și calculul seismic. În mod convențional, principalul parametru de proiectare a fost forța tăietoare de bază, obținut prin metoda forțelor laterale echivalente, distribuția forțelor seismice pe verticală efectuându-se pe baza unor reguli empirice simple (uniforme sau liniare). În această abordare, modele simple sunt utilizate pentru diverse componente ale structurii, care este supusă forțelor seismice evaluate din spectre elastice sau de proiectare și reduse prin factori de comportare (sau de reducere a forței). Această procedură, deși simplă și ușor de aplicat în domeniul proiectării, suferă de următoarele deficiențe:

- Factorii de reducere a forței recomandați în codurile de practică sunt aproximativi și nu reprezintă neapărat structura specifică luată în considerare - acești factori sunt independenți de caracteristicile dinamice ale clădirii (perioada de vibrație a clădirii), precum și de caracteristicile mișcării seismice (durata, conținutul frecvențelor etc.). De asemenea, aceștia nu surprind nici distribuția rigidităților dintre diferitele elemente, nici redistribuția eforturilor seismice ca urmare a plastificării elementelor de rezistență.
- Când zonele critice ale unei structuri intră în domeniul inelastic, forța și distribuția deformării se schimbă semnificativ;
- Este puțin probabil ca mecanismul care să perpetueze colapsul să fie cel reprezentat de acțiunea elastică și distribuția deformării;

- Distribuția globală și în special locală a deformațiilor în intervalul inelastic nu poate avea nicio asemănare cu cele din intervalul elastic. Același lucru este valabil și pentru valorile deformațiilor, nu doar pentru distribuție.

Prescripțiile seismice au evoluat lent, în urma concluziilor trase după cutremurul din Niigata, 1964, când influența terenului de fundare asupra valorii forței tăietoare de bază, recunoașterea capacității de deformație în domeniul post-elastic (ductilitate) și conceptul de spectru inelastic au fost introduse în codurile de proiectare (Nigel, 2004).

Începând cu anii '70, a urmat, însă, o trecere treptată la proiectarea după mai multe criterii de performanță. În anul 1976, prof. Paulay și prof. Park au demonstrat faptul că distribuția rigidităților pe structură este mult mai importantă decât valoarea în sine a forței tăietoare de bază.

După toate aceste progrese, comunitatea de cercetători a rămas surprinsă de avariile considerabile cauzate de cutremurele din Vrancea (1977), Loma (1989), Northridge (1994) și Kobe (1995), și s-a dovedit evident faptul că proiectarea construcțiilor în domeniul elastic, bazată numai pe criteriul de rezistență și având ca scop evitarea colapsului nu este suficientă.

Pe baza studiilor efectuate după evidențierea deficiențelor proiectării, s-a confirmat faptul, că elementele componente ale unei structuri - supuse la acțiuni dinamice - au o comportare neliniară înainte atingerii limitei de capacitate portantă. În consecință, tipul de analiză prin care se va evalua capacitatea clădirii va trebui să fie unul neliniar, elasto-plastic, care să surprindă toți „factorii semnificativi, care influențează comportarea neliniară a elementelor” (Chiorean, 2006).

Trecerea la automatizarea calculelor a schimbat radical modul tradițional de

proiectare, în sensul că cercetarea comportării structurilor în întreg domeniul elasto-plastic tinde să devină o tehnică de aplicare practică, curentă pentru fundamentarea soluțiilor de proiectare: posibilitatea de a efectua calculele structurale rapid, cu repetitivitate sporită, modelarea comportării neliniare la nivel de secțiune, la nivel de element sau la nivel global. S-a ivit șansa dezvoltării și, mai ales, a aplicării unor metode de calcul noi, mult mai exacte, menite să înlocuiască metodele tradiționale de calcul, care s-au dovedit deficitare în repetate rânduri.

Din acest motiv în ultimul timp, în literatura de specialitate se constată o nouă tendință în modul de formulare teoretică a aspectelor legate de determinarea răspunsului neliniar al structurilor, propunându-se diferite metode care să satisfacă atât cerințele de eficiență practică cerute de inginerul proiectant cât și cele de rafinament analitic al metodelor "exacte" de cercetare. În principal, în metodologia curentă au fost propuse și utilizate mai apoi, două procedee dezvoltate teoretic: analiza dinamică neliniară (time-history) și analiza statică neliniară (pushover). Acestea aveau capacitatea de a surprinde neliniaritatea fizică, simulând astfel comportarea reală manifestată prin degradarea graduală și continuă a rigidității structurilor ca urmare a dezvoltării zonelor plastice în secțiunile din lungul barelor în urma creșterii progresive a nivelului de solicitare. De-a lungul timpului se constată că primul tip de analiză neliniară considerat 'exact', analiza dinamică neliniară, necesită un model adecvat al ciclului de încărcare-deformație pentru toate elementele sistemului tridimensional fundație-teren, fapt dificil de implementat. Luând în considerare această limitare, sarcina noastră ar fi să realizăm un proces de evaluare relativ simplu, dar capabil să surprindă principalele caracteristici de comportare, care influențează criteriile de performanță ale structurii (Varga, 2007).

## 2. Analiza statică neliniară în ingineria seismică

Ca urmare a celor prezentate mai sus, analiza statică neliniară (pushover), a obținut semnificație în ultimii ani ca instrument de evaluare și verificare a proiectării. Într-adevăr, și în ciuda relativității sale simple și a ușurinței de utilizare, acest instrument numeric poate oferi informații despre multe caracteristici de răspuns importante care nu pot fi obținute dintr-o analiză elastică statică sau dinamică.

### 2.1. Conceptele de bază ale analizei statice neliniare

În mod convențional, *analiza pushover* este o metodă de analiză incremental-iterativă - realizată cu ajutorul unui program de calcul - în care modelul bi sau tridimensional este supus unei acțiuni laterale în creștere monotonă, care reprezintă forțele de inerție ce apar ca urmare a antrenării solului, datorate unei acțiuni seismice (Fig. 1). Prin creșterea treptată a sarcinii laterale, se produce o cedare progresivă a elementelor structurale care duce la reducerea rigidității structurii. Rigiditatea structurii, materializată prin matricea de rigiditate a acesteia, este actualizată la fiecare increment al încărcării (pas al analizei) asociat unui nivel de solicitare extern.

Analiza rulează până în acel moment când se atinge starea-limită predefinită (matricea de rigiditate structurală devine negativ definită) sau până când se schimbă caracteristicile dinamice ale structurii datorită degradării rigidității, deci apar probleme de convergență datorate multiplelor mecanisme plastice dezvoltate (Varga, 2016).

Parametrii critici care definesc caracteristicile analizei pushover convenționale sunt natura încărcăturii laterale (forțe sau deplasări), distribuția sa pe înălțimea structurii (triunghiular, uniform etc.) și amplitudinea acesteia. Numărul etapelor de încărcare aplicate, precum și strategia iterativă și criteriile de convergență, joacă un rol semnificativ în eficacitatea și fiabilitatea analizei.

Presupunerea de bază a analizei pushover o reprezintă distribuția laterală a forțelor ca o formă invariabilă a deplasării în timp, rezonabil de precisă pentru răspunsul liniar al structurilor ce vibrează dominant în primul mod.

Analiza pushover oferă o curbă de capacitate, care sintetizează capacitatea de deformare laterală a sistemului structural și este reprezentată în spațiul forțe-deplasări ca o relație a forfecării totale a bazei  $V$  și a deplasării superioare  $D_t$  (vezi Fig. 2c,d și Fig. 3 c). Capacitatea unei clădiri, sau rezerva de rezistență a acesteia, schematizează variația deplasării nodului monitorizat (de cele mai multe ori aceste e află în vârful clădirii), în funcție de valoarea forței seismice de bază distribuite pe înălțimea clădirii (vezi Fig. 2c).

Din punct de vedere al calculului, analiza Pushover nu necesită date de pomire complexe (cum ar fi accelerogramele), presupune un timp de calcul mai mic, iar propagarea erorilor este mai puțin probabilă, în comparație cu analiza dinamică. Trebuie menționat și faptul, că analiza statică neliniară are o serie de limitări, care sunt prezentate în capitolul 2.2.

### 2.2. Limitările analizei statice neliniare (pushover)

Conform aserțiunilor lui Krawinkler și Seneviratna, selecția distribuției forțelor laterale - ce reprezintă distribuția forțelor inerțiale într-un cutremur - este cel mai critic aspect al unei analize pushover. Au fost implementate diferite variante de actualizare a forțelor incrementale, dar avantajele raportate s-au dovedit minore față de metodele cunoscute. Dacă forțele laterale sunt considerate invariabile, atunci rezultatele vor fi exacte numai în cazul în care, răspunsul structural nu este afectat de modurile superioare de vibrație și structura are numai un singur mecanism de plastificare. La o structură cu perioada lungă de vibrație, este foarte probabil ca modurile superioare să devină dominante, chiar și înaintea primului mod, efect

care duce la formarea mecanismelor de cedare plastică în etajele superioare.

Principala cauză a acestui eșec constă în combinarea modală prin intermediul metodelor cvadractice, care nu surprinde, însă, schimbările de semn ale vectorului de încărcare. Pentru a înlătura efectele negative create de combinațiile modale cvadractice, mai curând au apărut metode inovatoare (Antoniou și Pinho, 2004; Kazem *et al.*, 2010) care deși folosesc combinațiile modale susmenționate, sunt capabile să surprindă eventualele schimbări de semn ale vectorului încărcare. Mai mulți cercetători, dintre care și Antoniou și Pinho au efectuat o trecere în revistă a factorilor, care nu sunt surprinși de o analiză pushover, dat fiind caracterul static al acesteia. Acești factori sunt:

- efectul duratei mișcării seismice;
- conținutul de frecvențe a mișcării seismice - efectul perioadei predominante a mișcării terenului;
- energia disipată prin energia cinetică și amortizarea vâscoasă.

Sunt binecunoscute și deficiențele datorate adoptării unei distribuții de forțe invariabile, conform primului mod de vibrație:

- incapacitatea de a lua în considerare interacțiunile dintre modurile de vibrație superioare - în cazul în care elementele se plastifică și caracteristicile inelastice ale

structurii se schimbă, deplasarea ultimului nivel nu va mai fi proporțională cu deplasările celorlalte niveluri, iar transformarea conform primului mod de vibrație nu este valabilă (Jiangmeng *et al.*, 2008);

- schimbările de semn ale valorii driftului de nivel.

Totuși, prin folosirea sistemelor performante de calcul, o anumită complexitate a algoritmilor folosiți - de exemplu introducerea unor distribuții de forțe adaptive - nu ar trebui să prezinte un dezavantaj din punctul de vedere al timpului de calcul.

### 3. Trecerea de la metodele convenționale de proiectare la metodele adaptive

Având în vedere complexitatea cu care se poate aborda calculul neliniar, precum și a multitudinii factorilor de care depinde aceasta, fiecare încercare de perfecționare este percepută ca una, care, pe de o parte duce la rezultate mai exacte, pe de altă parte ca un „atac” la simplitatea acesteia (Varga, 2016). Tot în aceeași manieră se poate explica faptul, că, în interpretarea cercetătorilor, unele avantaje ale analizei (de ex. simplitatea conceptuală, datorită folosirii distribuției de forțe invariabile etc.) reprezintă și dezavantaje (nu sunt surprinse modurile superioare de vibrație etc.) (Bracci *et al.*, 1997).

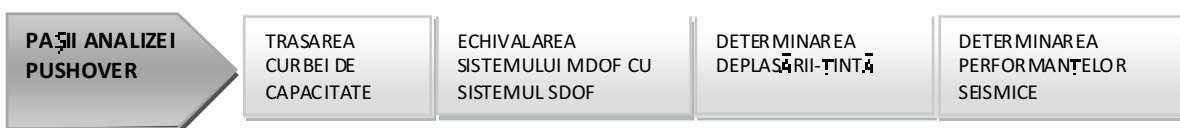


Fig. 1. Pașii analizei pushover.

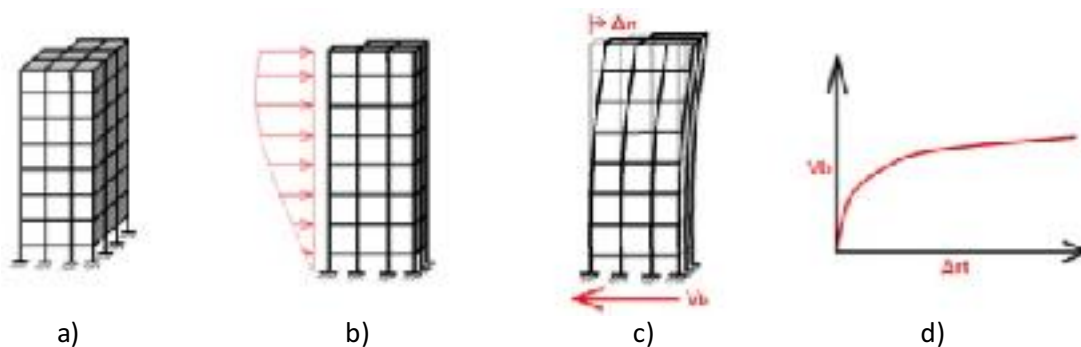
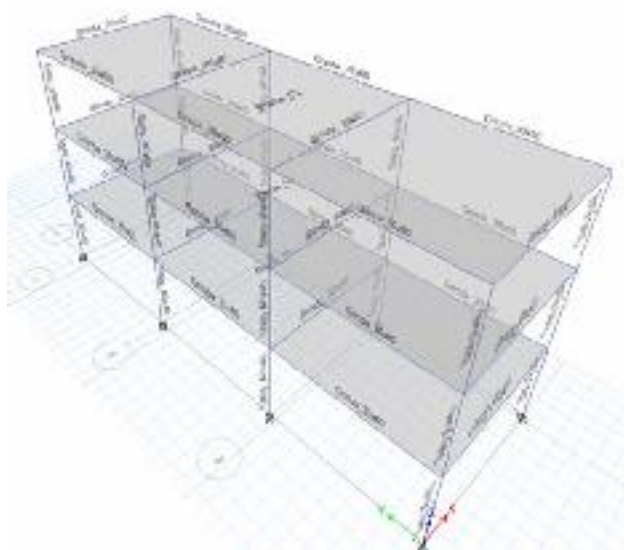


Fig. 2. Caracteristicile unei abordări tipice Pushover (Lorenzo, 2008).



a)

Structură realizată sub forma unui cadru din beton armat, P+2E

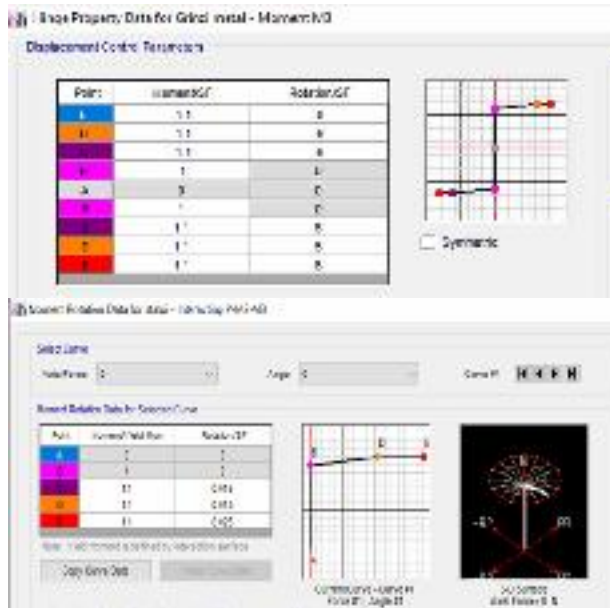
$H_{partier} = 2.8m$ ;  $H_{etaj} = 2.8 m$

$3 \times T = 3 \times 6 m$

$L = 5.8 m$

Amplasament: lași

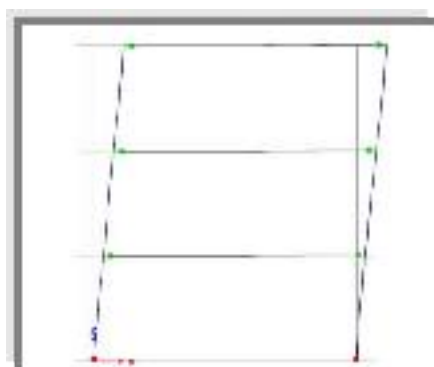
Pentru reducerea forțelor elastice s-a luat în calcul un factor de comportare  $q=5 \cdot \alpha_{11} / \alpha_{10}=6,75$ , caracteristic clasei de ductilitate H și clădirilor cu mai multe niveluri și mai multe deschideri din beton armat (conform normativului P100)



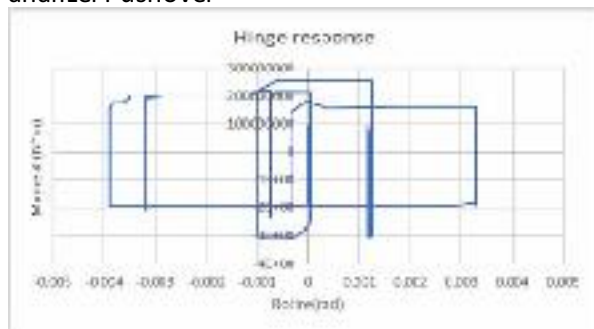
b) Modelarea articulațiilor plastice pentru grinzi și stâlpi



c) Curba de capacitate rezultată în urma rulării analizei Pushover



d) Formarea articulațiilor plastice în nodurile structurii



e) Capacitatea de rotire din articulațiile plastice atribuite (momentele încovoietoare trebuie să respecte principiul capacității de rezistență)

Fig. 3. Rezultate caracteristice ale analizei pushover (Modelare în programul ETABS).

După cum este prezentat în cap. 2.2, o astfel de procedură prezintă o serie de limitări, în principal legate de incapacitatea sa de a ține seama de degradarea progresivă a rigidității, schimbarea caracteristicilor modale și

alungirea perioadei unei structuri supuse încărcării monotone. Necesitatea implementării unor abordări avansate de tip pushover, cum ar fi analizele adaptive, se datorează multor deficiențe fundamentale ale

abordării convenționale de tip pushover descrise mai sus. Drept urmare, ultimii ani au fost martorii introducerii așa-numitelor metode adaptive pushover, care au depășit, cel puțin din punct de vedere conceptual, asemenea limitări (Fig. 4).

Pentru a înlătura deficiențele cauzate de distribuțiile de forțe invariabile, au fost elaborate metodele pushover, cu distribuție adaptivă de forțe. În cadrul acestora, la fiecare pas al iterației, distribuția forțelor laterale este actualizată, pentru a surprinde atât influența modurilor superioare de vibrație, cât și degradarea progresivă a rigidității, ca urmare a plastificării structurii, sau apariția unor mecanisme de cedare plastică în etajele superioare.

Principala cauză a acestui eșec constă în combinarea modală prin intermediul metodelor cvadractice, care nu surprinde, însă, schimbările de semn ale vectorului de încărcare. Pentru a înlătura efectele negative create de combinațiile modale cvadractice, mai curând au apărut metode inovatoare (Antoniou și Pinho, 2004; Kazem *et al.*, 2010) care deși folosesc combinațiile modale sus-menționate, sunt capabile să surprindă eventualele schimbări de semn ale vectorului încărcare. Mai mulți cercetători, dintre care și Antoniou și Pinho au efectuat o trecere în revistă a factorilor, care nu sunt surprinși de o analiză pushover, dat fiind caracterul static al acesteia. Acești factori sunt:

- efectul duratei mișcării seismice;
- conținutul de frecvențe a mișcării seismice - efectul perioadei predominante a mișcării terenului;
- energia disipată prin energia cinetică și amortizarea vâscoasă.

Sunt binecunoscute și deficiențele datorate adoptării unei distribuții de forțe invariabile, conform primului mod de vibrație:

- incapacitatea de a lua în considerare interacțiunile dintre modurile de vibrație superioare - în cazul în care elementele se plastifică și caracteristicile inelastice ale

structurii se schimbă, deplasarea ultimului nivel nu va mai fi proporțională cu deplasările celorlalte niveluri, iar transformarea conform primului mod de vibrație nu este valabilă (Jiangmeng *et al.*, 2008);

- schimbările de semn ale valorii driftului de nivel.

Totuși, prin folosirea sistemelor performante de calcul, o anumită complexitate a algoritmilor folosiți - de exemplu introducerea unor distribuții de forțe adaptive - nu ar trebui să prezinte un dezavantaj din punctul de vedere al timpului de calcul.

### 3. Trecerea de la metodele convenționale de proiectare la metodele adaptive

Având în vedere complexitatea cu care se poate aborda calculul neliniar, precum și a multitudinii factorilor de care depinde aceasta, fiecare încercare de perfecționare este percepută ca una, care, pe de o parte duce la rezultate mai exacte, pe de altă parte ca un „atac” la simplitatea acesteia (Varga, 2016). Tot în aceeași manieră se poate explica faptul, că, în interpretarea cercetătorilor, unele avantaje ale analizei (de ex. simplitatea conceptuală, datorită folosirii distribuției de forțe invariabile etc.) reprezintă și dezavantaje (nu sunt surprinse modurile superioare de vibrație etc.) (Bracci *et al.*, 1997).

După cum este prezentat în cap. 2.2, o astfel de procedură prezintă o serie de limitări, în principal legate de incapacitatea sa de a ține seama de degradarea progresivă a rigidității, schimbarea caracteristicilor modale și alungirea perioadei unei structuri supuse încărcării monotone. Necesitatea implementării unor abordări avansate de tip pushover, cum ar fi analizele adaptive, se datorează multor deficiențe fundamentale ale abordării convenționale de tip pushover descrise mai sus. Drept urmare, ultimii ani au fost martorii introducerii așa-numitelor metode adaptive pushover, care au depășit, cel puțin din punct de vedere conceptual, asemenea limitări (Fig. 4).

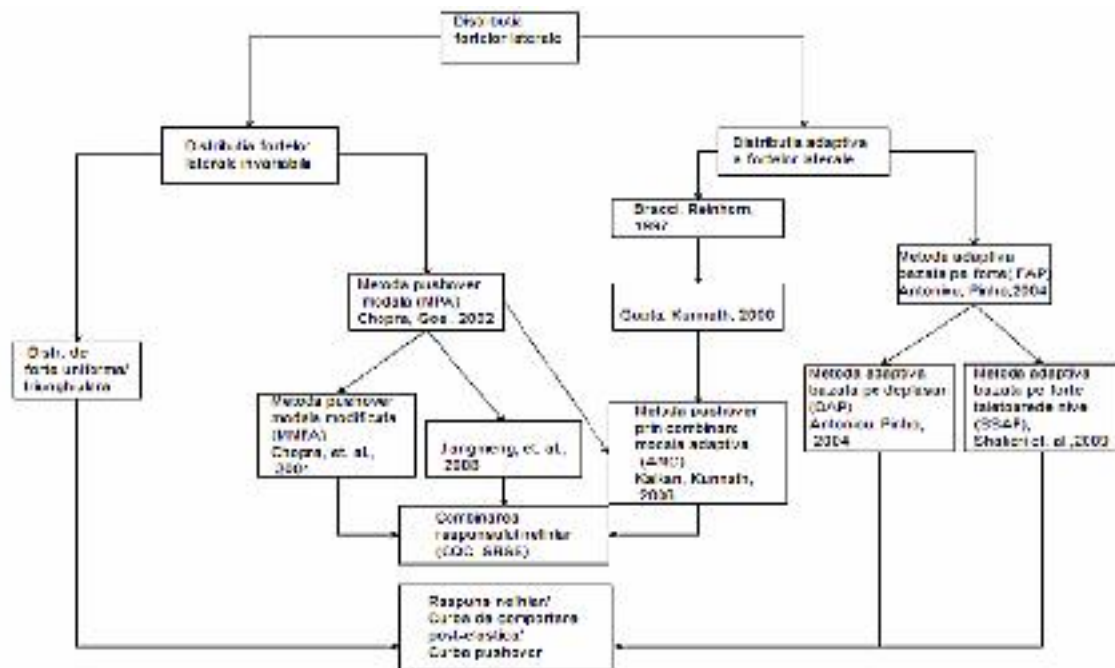


Fig. 4. Sinteza evoluției metodelor statice neliniare din punct de vedere al distribuției forțelor laterale aplicate (Mehmet et al., 2003).

Pentru a înlătura deficiențele cauzate de distribuțiile de forțe invariabile, au fost elaborate metodele pushover, cu distribuție adaptivă de forțe. În cadrul acestora, la fiecare pas al iterației, distribuția forțelor laterale este actualizată, pentru a surprinde atât influența modurilor superioare de vibrație, cât și degradarea progresivă a rigidității, ca urmare a plastificării structurii, sau apariția unor mecanisme de cedare plastică în etajele superioare.

Prezentate și în Fig. 4, metodele de analiză cu distribuție de forțe adaptivă sunt: metoda SSAP și metoda DAP. Metoda numită „Story Shear Adaptive Pushover” (SSAP) determină efectele modurilor superioare de vibrație pornind de la forțele tăietoare de nivel, spre deosebire de procedeul „Displacement Based Adaptive Pushover”(DAP.), care ia în considerare deplasările de nivel pentru surprinderea efectelor inerțiale.

Deficiențele deplasării-țintă au fost cercetate de către Freeman și Fajfar, care au adus îmbunătățiri metodei statice neliniare, și au elaborat procedee de analiză

ce recurg la folosirea spectrelor elastice echivalente - metoda Spectrului de Capacitate (CSM), spectre inelastice - metoda coeficienților de deplasare (DCM), și metoda N2 („Neliniar-2 modele matematice), inclusă în Eurocod 8 - în care pentru deducerea spectrului inelastic folosește factori de reducere rezultați din energia histeretică disipată a structurilor ductile, în loc de amortizarea vâscoasă folosită de către CSM.

S-a ajuns la constatarea că, în momentul de față, metodele DAP și SSAP, sunt constituite pe baza teoretică cea mai solidă. Acestea se consideră cele mai convenabile modalități de efectuare a analizei statice neliniare (pushover) pe structuri cu înălțimea mare, în cazul cărora efectul modurilor superioare de vibrație este deosebit de important. S-au raportat cazuri, în care metodele adaptive avansate produc rezultate mai slabe, decât cele cu distribuție de forțe invariabile, de aceea, o amplă verificare a acestor metode este necesară, datorită producerii, de către acestea, în unele cazuri, a unor rezultate inconsistente.

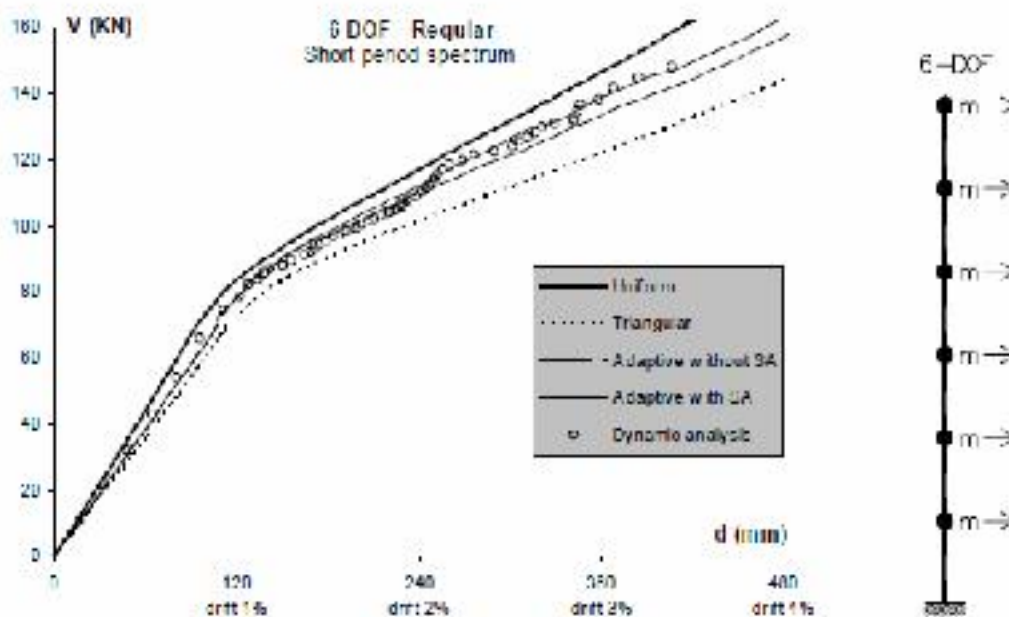


Fig. 5. Comparare grafică între analiza pushover convențională, analiza pushover adaptivă și analiza dinamică (Papanikolaou, 2000).

În ceea ce privește caracterul elasto-plastic, care are drept scop stabilirea tuturor factorilor determinanți care contribuie la comportarea neliniară (geometrică, fizică, modul de încărcare) a structurii, modelarea neliniarităților geometrice constă în efectul flexibilizării barelor comprimate, atribuit în analiză prin considerarea funcțiilor de stabilitate, mai precis prin considerarea matricei de rigiditate, iar modelarea neliniarităților fizice constau în modificarea parametrilor curbei caracteristice a materialului, concret prin plastificarea locală a secțiunilor.

În consecință, câteva soluții posibile pentru îmbunătățirea acestui aspect, influențat de forma curbei  $\sigma$ - $\epsilon$  al betonului și oțel-betonului, forma secțiunii, imperfecțiunile materialului, ecuații riguroase M-N- $\phi$  și N-M- $\epsilon$  sunt sugerate mai jos:

- Modelarea la nivel de secțiune (modelarea inelasticității la nivel de fibră) - elementul finit de tip bară este împărțit în cca. 100-150 de fibre, fiecărei fibre îi este asociată o relație uniaxială efort-deformație. Starea de eforturi la nivel de element este obținută prin integrarea

răspunsului neliniar la nivel de fibră de-a lungul elementului.

- Modelarea la nivel de element prin procedeul plasticității distribuite - în baza teoremei lui Green de a evalua integralele de suprafață, determinarea numerică a coeficienților matricei de rigiditate a secțiunii, respectiv a eforturilor interne se face prin transformarea integralelor de suprafață în integrale curbilinii pe conturul zonelor secțiunilor (Chiorea, 2006).

Abordările adaptative sugerate mai sus, au capacitatea de a capta contribuții modale și spectrale pe întregul interval inelastic, prin operarea directă asupra matricei de rigiditate tangentă instantanee.

Se preconizează ca metoda adaptivă validată, va fi la fel de bună sau, în cele mai multe cazuri, mai bună decât omologul său convențional, unde neregularitățile de rigiditate și rezistență (geometrie, nivel slab) excentricitățile de masă și concentrații (construcție slabă, depozitare în exces) sunt impuse structurii în timpul proiectării sau evaluării. Fig. 5 prezintă o evaluare

comparativă a analizei convenționale cu modele de încărcare laterală uniformă și triunghiulară, analiza pushover adaptivă cu și fără amplificări spectrale și rezultate ale analizei dinamice incrementale.

Sistemele structurale luate în considerare în lucrarea de cercetare aplicativă, au fost diferite structuri idealizate, parametrul de răspuns utilizat a fost forfecarea bazei versus deriva globală (diferența de deplasare între partea superioară și baza structurii împărțită la înălțimea totală). În comparație cu analiza dinamică inelastică, deși este o analiză statică, simulează cu succes răspunsul structural, mai ales la niveluri scăzute de derivă (răspuns obișnuit la acțiunea seismică), dar și la niveluri mai ridicate în anumite circumstanțe (regularitate de mișcare structurală) (Papanikolaou, 2005).

#### 4. Concluzii

Prin urmare, obiectivul principal al prezentei lucrări a fost să arate eficacitatea metodei de analiza pushover convențională, precum și modul în care evoluțiile recente în materie de evaluare a performanței seismice, au condus la necesitatea îmbunătățirii metodelor de analiză utilizate. Departe de a se impune ca reguli fixe, cercetările prezente și viitoare, vor trece printr-o etapă de validare a rezultatelor, iar mai apoi să se prezinte posibilitatea aplicării în domeniu.

#### BIBLIOGRAFIE

- Nigel P. (2004), *Performance Based Seismic Design*, în: *Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering*, Auckland, Noua Zeelandă.
- Park R., Paulay T., (1975), *Reinforced Concrete Structures*, John Wiley & Sons, New York, NY, SUA.
- Chiorean C.-G., (2006), *Aplicații software pentru analiza neliniară a structurilor din cadre*, UT-PRES, ClujNapoca, Romania.
- Szabolcs V. (2007), *Aplicarea analizei pushover pentru evaluarea performanțelor seismice a structurilor în cadre metalice*, Studii Aprofundate, Lucrare de disertație, Cluj-Napoca, România.
- Szabolcs V., Chiorean C.-G., (2016), *Contribuții la evaluarea performanțelor seismice a structurilor din cadre utilizând metode de analiză statică neliniară*, Teză de doctorat, Cluj-Napoca, România.
- Lorenzo D. (2008), *Static-Nonlinear Analysis*, <https://www.Lorenzo-Diana-static-nonlinear.pdf>
- Krawinkler H., Miranda E. (2004), *Performance-Based Earthquake Engineering*, în *Earthquake engineering: From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering*, Boca Raton, Florida, USA, vol. 1, pag. 443-502.
- Antoniou S., Pinho R., (2004b), *Development and verification of a displacement-based adaptive pushover procedure*, *Journal of Earthquake Engineering* **8(5)**: 497-522.
- Kazem S., Mohsen A.-S., Kabeyasawa T., (2010), *A story shear-based adaptive pushover procedure for estimating seismic demands of buildings* *Engineering Structures* **2(1)**: 174-183.
- Jianmeng M., Zhai C., Xie L., (2008) "An improved modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands of structures," *Earthquake Engineering and Engineering Vibration* **7(1)**:25-31.
- Bracci J.-M., Kunnath S.-K., Reinhorn A.-M., (1997), *Seismic Performance and Retrofit Evaluation of RC Structures*, *Journal of Structural Engineering* **123**: 3-10.
- Mehmet I, Tjen T., Aschheim M., (2003), *The significance of lateral load pattern in pushover analysis*, în *Proceedings Fifth National Conference on Earthquake Engineering Istanbul, Turcia*.
- Freeman S.-A., (1978), *Prediction of Response of Concrete Buildings to Severe Earthquake Motion*, în *Proceedings of Douglas McHenry International Symposium on Concrete and Concrete*, Detroit, Michigan, SUA.
- Fajfar P., (2000), *A Nonlinear Analysis Method for Performance-Based Seismic Design*, *Earthquake Spectra* **16**: 573-592.

Papanikolaou V. (2000) *Development and Verification of Adaptive Pushover Analysis Procedures*, Engineering Seismology and Earthquake Engineering Section, Teză de disertație, Imperial College, Londra, Marea Britanie.

Papanikolaou V., Elnashai A.-S., Pareja J.-F., (2005), *Limits of Applicability of Conventional and Advanced Pushover Analysis for Seismic Response Assessment*, Civil and Environmental Engineering Department, University of Illinois.

# METODE DE VALORIFICARE A DEȘEURILOR DE TIPUL COMPOZITELOR POST-CONSUM PROVENITE DIN INDUSTRIA MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII

Cristian GRIGORAȘENCO

Ing., INCD URBAN-INCERC, Sucursala INCERC București

## Abstract

For several years, the construction sector has been focusing on minimizing the exploitation of resources and waste resulting on construction sites. This was one of the arguments of the political involvement of the capital of Brussels in favor of the implementation of a regional action plan for the circular economy, focusing on the reuse (and not the recycling) of the building materials, especially in the renovation projects. As part of a large development project (eco-quartier - pilot site), a concrete experiment was carried out on the demolition of building materials for reuse in the same building. Several tons of materials (wall and floor finishes) were recovered from a building by a demolition operator. These materials were prepared for reuse and then sold to the site owner in agreement with its architects. This reuse experiment is a good example of how circular economy is applied and to support sustainable development in the construction sector: the social and economic aspect has been reinforced by the use of low skilled local workers, the reuse benefits for the environment are mainly related to retaining the extraction of new resources and economic benefits mainly resides in the resale of valuable materials that were initially destined to be crushed and recycled by losing their value.

**Key words.** demolition, reuse, renovation.

## 1. Context

Regiunea capitalei Bruxelles este o regiune dens construită, generând peste 600000 tone de deșeuri din construcții și demolări în fiecare an. Din cauza lipsei de disponibilitate a spațiului, majoritatea deșeurilor sunt mutate în celelalte regiuni. Mai mult, din cauza absenței producătorului de materiale regional, majoritatea materialelor sunt importate.

Având în vedere acestea, guvernul Regiunii capitalei Bruxelles s-a angajat în 2016 în favoarea implementării unui Plan regional de acțiune pentru economia circulară, cu accent pe reutilizarea materialelor de construcție, în special în proiectele de renovare.

Recuperarea materialelor din clădirile existente poate reduce extracția materiilor prime. Pentru a exploata clădirile existente sau viitoare în acest sens și pentru a le considera drept depozite de materiale, se pot avea în vedere diferite acțiuni:

Primul pas este colectarea informațiilor despre elementele construite și materialele utilizate. Pentru clădiri existente, acest pas poate fi realizat printr-un audit înainte de demolare. Constă dintr-o înregistrare detaliată a elementelor (materiale, cantități, dimensiuni, posibile căi de tratare) și poate fi utilizat pentru planificarea și optimizarea demolării.

În al doilea rând, pentru a putea scăpa de materiale la sfârșitul vieții lor sau pentru a încuraja revenirea lor la un ciclu nou de viață, este esențial să se acționeze la sursă prin demolarea selectivă a elementelor de construcție. Demolarea selectivă pentru reutilizare este un obiectiv care trebuie măsurat economic (în funcție de prețul materialelor noi în comparație cu costul materialelor refolosite), tehnic (toxicitate, proprietăți mecanice și estetice, ușurință la dezasamblare etc.) și criterii variabile

(reaparitia elementelor, elemente de mobilier vechi etc.).

În al treilea rând, după demolarea cu atenție, pentru a reutiliza elementele de construcție, unele acțiuni trebuie făcute pentru pregătirea elementelor pentru reutilizare. Faza de pregătire pentru utilizare implică mai multe etape: ambalare, transport, reparare, curățare, documentare, depozitare, promovare și vânzare. Repararea și curățarea sunt operațiuni specifice fiecăruia dintre aceste elemente obținute prin demolare care pot fi realizate prin diferite acțiuni, cu substanțe chimice (solvenți), mecanic

(sablare, periere sau sablare cu alică) sau termic (încălzire sau șoc termic).

## 2. Materiale și metode

O clădire de pe un șantier pilot a trebuit să fie renovată și un scenariu obișnuit de demolare a fost inițial avut în vedere. Discuții avute cu antreprenorul cu privire la beneficiile de mediu și economice ale unei evaluări a potențialului de reutilizare a unor elemente construite l-a convins să realizeze o demolare prin dezasamblare în locul unei demolări obișnuite.



Fig. 1. Auditul pre-demolare (parțial) efectuat înainte de demontarea selectivă a elementelor de construcție recuperabile: gresie ceramică 200 m<sup>2</sup> (dreapta), faianță 140 m<sup>2</sup> (centru), pervaz ferestre (60 ml).



Fig. 2. Acțiuni pregătitoare pentru reutilizare: demontare (stânga sus), transport și curățare (centru), documentare (dreapta) și vânzare (stânga jos).

Primul pas al procesului de demolare constă în realizarea unui audit pre-demolare în vederea identificării, notării și cuantificării elementelor existente care prezintă un potențial de reutilizare pe sau în afara șantierului. Auditul a fost finalizat printr-o demolare de test pentru a confirma și a da prioritate elementelor ușor de recuperat și de a distinge elemente care ar putea duce la unele dificultăți și pierdere de materiale. În Fig. 1, un tabel include sumar un raport, cu tipul și locul elementului, cantitatea de recuperat (în m<sup>2</sup>) și masa totală estimată.

Pe șantier, aproximativ 6 tone de gresie ceramică, 3 tone de faianță emailată, 1 tonă de mozaic provenită de la pervazul ferestrelor și 0,5 tone marmură pentru șemineu au fost demontate cu atenție.

Al doilea pas al procesului constă în demolarea în sine.

În primul rând, materialele trebuie să fie demontate cu atenție din suportul lor prin utilizarea unor instrumente și tehnici specifice de demontare (a se vedea Fig. 2, stânga sus) (dalta îndinată, lovituri de ciocan ușoare repetate etc.). Din păcate, această etapă duce la producția de deșeuri, având în vedere că nu toate materialele pot fi recuperate: rupturi, ciobiri, dificultate la demolare, etc. Pe șantier, aproximativ 50% din cantitatea estimată de gresie a fost pierdută în timpul demontării.

În al doilea rând, materialele recuperate în stare bună trebuie să fie ambalate în cutii adaptate pentru dimensiunile și transportul acestora (a se vedea Fig. 2, centru).

Al treilea pas este pregătirea pentru reutilizare. Acest pas este împărțit în multe etape, inclusiv transportul dintre șantier și depozitul demolatorului. La demolator, elementele sunt curățate, inventariate și studiate la nivel istoric pentru caracterizare - în cel mai bun mod pentru revânzare sau reutilizare (vezi Fig. 2, dreapta și stânga jos). Curățarea plăcilor ceramice se realizează prin scufundarea elementelor într-o baie acidă pentru a îndepărta

la maximum mortarul prezent sub țiglă și pe fețele laterale. Mortarul rezidual este apoi îndepărtat prin periaj și clătire a elementelor. Studiul istoric al plăcilor ceramice a relevat că unele plăci au fost produse local (în Belgia) în anii 1960.

### 3. Rezultate și discuții

Toate părțile implicate în proiectul de demolare de pe șantierul pilot au beneficiat de acest experiment:

Demolarea a fost realizată pe parcursul a 16 zile-om (cu 5 muncitori) și a 5 zile-om supraveghere. Toată lumea a fost plătită prin revânzarea materialelor recuperate și pregătite pentru refolosire.

Unele plăci de pardoseală au fost vândute proprietarului șantierului, în acord cu arhitectii acestuia (deci, reutilizarea a fost aplicată pe același șantier). Prețul a fost mai mare decât cel planificat inițial, dar proprietarul a găsit valoare adăugată la plăcile recuperate (în principal estetic și patrimonial) suficient pentru a plăti refolosirea. Mai mult decât atât, calitatea plăcilor recuperate este mai bună decât a gamei de plăci care a fi fost utilizate.

Antreprenorul a găsit un avantaj economic în comparație cu o demolare convențională din moment ce 5 tone de materiale, gestionate liber de demolator, nu au trebuit să fie evacuate.

### 4. Concluzii

Acest experiment de reutilizare este un bun exemplu al modului de aplicare a economiei circulare și de susținere a dezvoltării durabile în sectorul construcțiilor: aspectul social și economic a fost consolidat prin utilizarea lucrătorilor locali cu calificare scăzută, beneficiile din reutilizare pentru mediu sunt legate în principal de păstrarea extragerii de resurse noi și beneficiile economice rezidă în principal din revânzarea materialelor valoroase care au fost inițial destinate a fi zdrobite și reciclate prin pierderea valorii lor.

## Mulțumiri

Studiul a fost realizat în cadrul Programului Nucleu "Cercetări pentru soluții sustenabile și integrate ecologic în dezvoltarea spațială și siguranța mediului construit, cu potențial avansat de inovare deschisă - ECOSMARTCONS", proiectul PN 19 33 04 02 – Soluții sustenabile pentru asigurarea sănătății și securității populației în conceptul inovării deschise și a prezervării mediului înconjurător, finanțat de Ministerul Cercetării și Inovării.

## BIBLIOGRAFIE

be.brussels, Program Régional en Economie Circulaire 2016-2020 (2016), *Mobiliser les ressources et minimiser les richesses*

*perdues: Pour une économie régionale innovante*, Bruxelles, Belgia.

Parlamentul și Consiliul UE (2008), *Directiva 2008/98/ce a Parlamentului și Consiliului European din 19 noiembrie 2008 privind deșeurile și abrogarea anumite directive*, Jurnalul Oficial al Uniunii Europene.

Forumul Economic Mondial (2016), *Formarea Viitorului Construcțiilor - O descoperire în mentalitate și tehnologie*, Forumul Economic Mondial.

Romnée A., Billiet L., Mahieu O. and Vrijders J. (2017), *International HISER Conference on Advances in Recycling and Management of Construction and Demolition Waste*, 21-23 June 2017, Delft University of Technology, Delft, Olanda, pag. 12-17.

# OBIECTIVELE ȘI PRINCIPIILE DIFERITE ALE PROCESULUI DE PLANIFICARE A REGENERĂRII URBANE. CERINȚELE CADRU PENTRU AMPLASAREA/ LOCALIZAREA PROIECTELOR DE REGENERARE URBANĂ ÎN CONTEXTUL ELABORĂRII P.U.G.: STUDII DE CAZ ALE LOCALITĂȚILOR FOCȘANI, HUNEDOARA, CARANSEBEȘ, MOLDOVA NOUĂ

**Mihai-Alexandru MOȚCANU-DUMITRESCU**

Asistent universitar, doctor, urbanist, Universitatea de Arhitectură și Urbanism "Ion Mincu", Facultatea de Urbanism, Departamentul Planificare Urbană și Dezvoltare Teritorială, Programul Urbanism și Administrarea Teritoriului Sibiu, Doctor, urbanist, manager de proiect, S.C. Raumplan Design S.R.L., București, [mishudumitrescu@yahoo.com](mailto:mishudumitrescu@yahoo.com), [mihaidumitrescu@raumplandesign.ro](mailto:mihaidumitrescu@raumplandesign.ro)

**Mădălina MOȚCANU-DUMITRESCU**

Asistent universitar, doctor, urbanist, Universitatea de Arhitectură și Urbanism "Ion Mincu", Facultatea de Urbanism, Departamentul Planificare Urbană și Dezvoltare Teritorială, Programul Urbanism și Administrarea Teritoriului Sibiu, Doctor, urbanist, manager de proiect, S.C. Raumplan Design S.R.L., București, [maddymotcanu@yahoo.com](mailto:maddymotcanu@yahoo.com), [maddymotcanu@raumplandesign.ro](mailto:maddymotcanu@raumplandesign.ro)

## Abstract

Today, because of the population growth, the tendency on cities and urbanization increase gradually. Depend on these tendencies, the

requirements of planning and location of the settlements and facilities areas on cities are came up with the migration from rural areas to urban areas. In this process, in addition to physical and environmental factors especially the socio-economic factors should be regarded as main component of sustainable urbanization. And also sustainable policies for urban development created by local governances have an effective role. Furthermore, detemination of the urban development areas through the cities, land use and land cover structures are required as well. However, both the industrial areas, military facilities, public facilities areas are located in core of the cities even if without sub-scale urban land use planning. So these areas have to be re-allocated with urban regeneration projects to support for better urbanization. Based on the evaluations mentioned above, this paper outlines the requirements and criteria for location of urban regeneration areas. And also it is comprised to some approaches for integrated urban regeneration projects for provide the sustainability.

**Key words.** reconstruction, urban regeneration, industrial areas, criteria, transformation.

## 1. Context

În ultimele decenii, dezvoltarea (creșterea) și regenerarea urbană joacă un rol important atât pentru politicile de planificare urbană cât și pentru acțiunile de dezvoltare urbană.

Co-localizarea activităților creative dintr-o regiune, județ sau localitate au efecte majore atât asupra industriei culturale, cât și asupra dezvoltării viitoare a zonelor suburbane și a orașelor în întregul lor (Giuliani and Valli, 2012). De asemenea, în ultimii ani, nevoile de dezvoltare locală au fost bazate în principal pe cerere pentru locuințe, dezvoltarea comunității având ca efecte relocarea populației din mediul rural în mediul urban. Unul dintre efectele principale ale acesti

relocări a fost cel asupra îmbătrânirii populației și al diversificării societății urbane, astfel că evoluarea demografică reprezintă provocări cheie pentru planificarea și dezvoltarea urbană din zilele noastre (Friesecke *et al.*, 2012).

Toți acești factori ce au lucrat și lucrează în continuare la modelarea mediului urban (cu implicații evidente și la nivel teritorial, sub-urban, peri-urban, cu precădere mai ruralizat) au generat răspunsuri diferite din partea administrațiilor locale.

Într-un astfel de context, într-un mediu care include o serie de zone urbane, inevitabil problematice, administrațiile locale ale orașelor (mai mici sau mai mari) ar trebui să dezvolte strategii inovatoare pentru a oferi o mai bună înțelegere a implementării cerințelor de regenerare, în spiritul dezvoltării durabile. *”O mulțime de orașe din Europa de Vest și SUA au introdus proiecte pilot sau proiecte-eveniment ca și catalizator pentru revigorarea/refacerea țesutului urban în schimbare și a fostelor zone industriale, fronturilor la apăs și a zonele centrale vechi ale orașului”* (Yalcintas, 2012).

Dispariția unei părți a zonelor industriale din cadrul orașelor europene a permis în ultimii ani extinderea și amenajarea unor noi spații de utilitate publică și/sau semi publică, mai mult au deschis noi perspective dezvoltării orașelor. Reabilitarea vechilor zone industriale în spiritul unei concepții ecologice este preocuparea principală în numeroase orase europene. Datorită schimbărilor de tehnologie și a răspândirii tehnicilor high-tech cât și transferul de la producție la servicii, profilul economic al țărilor europene apare radical modificat. Conservarea și reconversia particularităților istorice ale orașului (inclusiv a patrimoniului industriale) sub formă de bunuri culturale și artistice face parte din noua tendință de regenerare urbană cât și ca strategie de atragere de capital. Potențialul reprezentat de aceste platforme industriale nu poate fi trecut cu vederea. De asemenea, o

platformă industrială neexploată, izolată, dar cu posibilități și oportunități nelimitate își pierde din potențial dacă nu este integrată într-un context mai larg, amplificat, prin intervenții de regenerare urbană (Allen, 2001).

Regenerarea urbană este un proces care focalizează pe zonele urbane care se confruntă cu perioade de declin din cauza intersectării presiunilor de dezvoltare cu țesutul urban tradițional. Se mai poate discuta și despre aplicarea principiilor de conservare urbană și de valorificare a fondului construit existent, procese care au ca rezultat recuperarea clădirilor și spațiilor urbane reziduale (rămase în urma revoluției industriale, provenite din demolarea construcțiilor din epoci anterioare, din lipsa de viziune a dezvoltării la nivelul orașului) prin conversia funcțională și prin reabilitare structurală, estetică și socială (Charles Landry, 2008).

Având în vedere presiunea creată de transformările conceptuale, dar și fizice ale mediului urban din țările care s-au confruntat cu trecerea la industriile creative și informaționale și țara noastră a încercat o abordare mai timidă a implementării planificării și proiectării regenerării urbane.

Regenerarea urbană este, de câțiva ani, un concept care a căpătat atenție în țara noastră. O atenție sporită ar spune, deoarece a fost introdusă ca ”obligativitate” în cadrul legal din domeniul urbanismului și amenajării teritoriului prin Legea 350 din 2001, privind amenajarea teritoriului și urbanismul.

Această obligativitate stabilită de legiuitor se plasează în contextul în care o localitate urbană, respectiv un municipiu sau oraș, are intenția de a elabora Planul Urbanistic General. Astfel că pe parcursul elaborării documentației de urbanism P.U.G., proiectantul împreună cu beneficiarul (administrația publică locală) trebuie să ”delimiteze zonele în care se preconizează

*operațiuni urbanistice de regenerare urbană*" (Legea 350/2001, art. 46, alin. 3, lit. g).

Din păcate, din 2008 și până în prezent (n.a. 2020), Legea 350 din 2001, nu a prezentat în cadrul textului de lege sau în normele de aplicare ale legii (aprobate în 2016) o definiție clară a regenerării urbane și nici metodele sau măcar setul de instrumente (acel "toolbox", necesar) pentru abordarea proiectelor de acest tip.

S-au menționat în cadrul normelor de aplicare ale Legii 350/2001, respectiv Ordinul 233/2016 cazurile și tipologiile de zone funcționale din cadrul urban constituit în care se impune măsura implementării "operațiunilor de regenerare urbană".

## **2. Cerințele cadru pentru amplasarea/localizarea proiectelor de regenerare urbană**

Regenerarea urbană reprezintă conversia unei proprietăți. Cu alte cuvinte, este transferul valorii proprietarului imobiliar la o altă valoare. Atât proprietatea, cât și amplasarea în cadrul urban constituit sunt cu siguranță esențiale pentru fiecare proprietar în parte.

Atingerea tuturor obiectivelor unei operațiuni de regenerare urbană are la bază următoarele criterii:

- identificarea corespunzătoare a obiectivului ce va suferi transformarea;
- transformarea obiectivului (amplasamentul, inclusiv construcțiile și instalațiile existente pe amplasament) trebuie susținută de comunitate;
- acțiunile de transformare care au fost planificate, trebuie gândite în asociere cu alte politici sectoriale și planuri la nivel regional sau județean (de nivel superior);
- includerea proprietarilor de drept a terenurilor și clădirilor/instalațiilor și a altor participanți/actori, cum ar fi chiriașii și comercianții care trăiesc în zona adiacentă proiectului de transformare, în procesul de renovarea fizică;

- analiza corectă și completă a factorilor socio-economic și culturali ai zonei (sau orașului ca întreg) și corectarea rezultatelor pentru atingerea obiectivelor dezvoltării durabile.

În orașele industriale, deoarece s-au desfășurat activități legate de industrie, aceste orașe au devenit locuri lipsite de activități sociale și culturale în timp. Angajații marilor unități industriale din aceste orașe au trăit și trăiesc (în anumite cazuri) adesea în condiții precare în jurul centrelor industriale sau locuiesc în zone suburbane, în funcție de condițiile din acel moment (a se vedea cazul Municipiului Hunedoara sau a Orașului Moldova Nouă, prezentate în capitolul 3).

În contextul dimensiunii sociale, unul dintre aspectele importante ale procesului de regenerare urbană, de transformare fizică, care este stabilit numai de dinamica internă proprie a zonei, presupune re-abordarea tuturor problemelor din și în afara amplasamentului, zonele industriale și de locuințe colective fiind re-evaluate la scara întregului oraș.

De asemenea, o identificare a caracterizării structurale a fiecărei zone funcționale (a vocației) este de o importanță vitală pentru o mai bună înțelegere a noilor structuri care vor apărea ca urmare a transformărilor din oraș. Nu trebuie uitat nici faptul că producția industrială se mută în afara orașului. Localizarea producției în afara orașului ar trebui să fie un proces ghidat, autoritățile publice trebuind să-și exercite funcția de reglementator, print-o coordonare mai mare între autoritățile locale, orientată în funcție de interesul public, cu o viziune strategică care să nu urmărească numai profitul pe termen scurt.

Deși nu există un "modelul" unic pentru implementarea cu succes a procesului regenerare urbană, există o abordare coerentă care reiese din toate proiectele de regenerare urbană implementate.

Intervențiile ce vor fi prevăzute, monitorizate și implementate prin P.U.G. și ce vizează operațiuni de regenerare urbană, trebuie să:

- să propună reabilitarea fondului construit și a spațiilor publice în raport cu caracterul și identitatea fiecărui cartier din care face parte arealul de intervenție;
- să propună măsuri concrete de conservare și punerea în valoare a patrimoniului construit, industrial și tehnic.

Transformarea semnificației regenerării urbane, din activitate care se ocupă cu simpla renovare și reabilitare a echipamentelor și zonelor urbane degradate, în proces de restructurare a formei urbane, cu o puternică valență strategică, atrage după sine nu numai revitalizarea bazei economice a orașului și refacerea imaginii urbane afectate, dar și implicarea și participarea locuitorilor, toate acestea într-un context de amplificare a mixității funcționale a orașului și a utilizării de noi modalități și instrumente de dezvoltare a orașului.

### **3. Aspecte relevante ale studiilor de caz, raportate la procesul de regenerare urbană**

În acest capitol sunt prezentate pe scurt cele mai importante aspecte legate de zonele din cadrul localităților urbane cu un puternic proces de transformare a zonelor degradate sau abandonate din țesutul urban constituit: localizare, vecinătăți, evoluție, operaționalizare prin P.U.G.

De asemenea este importantă acceptarea faptului că localitatea este în fața unei provocări importante, determinate de un număr mare de spații destructurate și bariere/fracturi urbane: crearea unor programe de reintegrare a acestor zone în țesutul orașului prin regenerare urbană.

Așa după cum am arătat mai sus, la partea introductivă, legislația în domeniul urbanismului și amenajării teritoriului, a menționat ca obligatorie delimitarea (dar nu și definirea) zonelor din cadrul intravilanului localității pentru implementarea proiectelor de regenerare urbană.

Aceste zone vor fi delimitate pe limite cadastrale și vor cuprinde zone omogene din punct de vedere funcțional, ce necesită implementarea unor operațiuni integrate, caracterizate de una sau mai multe dintre următoarele situații:

- a) zone centrale;
- b) zone istorice;
- c) zone construite protejate;
- d) zone din mari ansambluri de locuit;
- e) zone locuite de comunități defavorizate, inclusiv așezări informale;
- f) zone de reconversie funcțională: (situri industriale dezafectate; situri militare dezafectate; situri cu infrastructuri majore dezafectate).

Ținând cont de cele menționate mai sus și în legislație, la elaborarea Planului Urbanistic General, la partea de propuneri, zonificare funcțională, s-au delimitat zonele de regenerare urbană, în continuare fiind prezentate 4 (patru) studii de caz (exemple), pentru localitățile Focșani, Hunedoara, Caransebeș și Moldova Nouă.

Primul studiu de caz (exemplu) se referă la Municipiul Focșani, un municipiu cu o populație de cca. 93000 de locuitori, cu o suprafață a teritoriului administrativ de 4729,81Ha. și cu o suprafață a intravilanului propus prin P.U.G. de 3126,70Ha.

În cadrul propunerilor de zonificare funcțională ale noului P.U.G., s-au identificat câteva din zonele industriale afectate de procesul de restructurare, viabile pentru implementarea regenerării urbane (Fig. 1).

Zonele de regenerare urbană identificate și delimitate nu sunt numai foste zone industriale, procesul complex de regenerare fiind necesar și în zona gării (și în special de-a lungul căii ferate, utilizată ca principal mijloc de deservire a platformelor industriale, momentan devenită barieră între mai multe zone funcționale din intravilan).

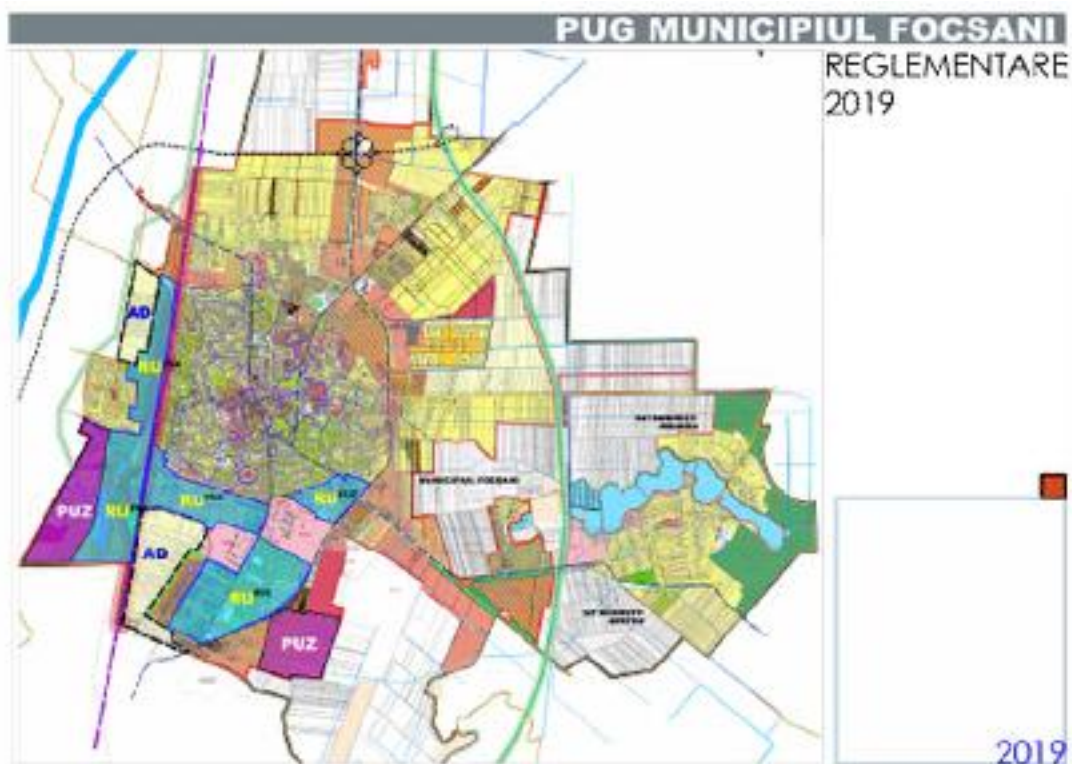


Fig. 1. Planșă de reglementări zonificare funcțională propusă a P.U.G., cu delimitarea zonelor de regenerare urbană (zonele albastre).



Fig. 2. Zone de regenerare urbană din vecinătatea amplasamentului unor unități militare ce necesită relocare.

Cele două zone de regenerare urbană din figura de mai sus (Fig. 2) sunt amplasate în zona de sud a municipiului, fiind amplasate în vecinătatea unor unități militare din cadrul Garnizoanei Focșani. Amplasamentele sunt situate pe principala arteră de penetrație din oraș, B-dul București și în cadrul lor se află localizată și principala centrală de alimentare

cu energie termică a municipiului, ENET. Datorită faptului că cele 2 (două) amplasamente ale unităților militare din vecinătatea zonelor de regenerare urbană, sunt funcționale (fac parte din cea mai mare garnizoană din România, din mediul urban), administrația locală trebuie să găsească resurse (financiare, umane, de gestiune)

pentru a deschide aceste amplasamente sau de relocare a acestora pentru ca proiectele de regenerare urbană să fie proiecte emblematic de succes pentru municipalitate.

Zona gării din Municipiul Focșani este o zonă emblematică pentru municipiu, atât din punct de vedere funcțional, cât și din punct de vedere al memoriei locului (transportul feroviar este unul important pentru municipiu, gara fiind inaugurată de regele Carol I în 1891). Deschis cu Eurogara Focșani, clădire reprezentativă pentru arhitectura de început de secol XXI, căreia scurgerea timpului îi va conferi, cu siguranță, statutul de construcție reprezentativă pentru epoca ridicării acesteia, cu o piațetă ale cărei deschidere și aranjament subliniază monumentalitatea Gării, traseul se continuă cu un fragment de bulevard străjuit, de o parte și alta, cu blocuri de locuit și clădiri de interes public, specifice anilor 1965 – 1990.

De asemenea gara se află în vecinătatea celei mai importante zone industriale din municipiu, VINEXPORT, un important procesator și distribuitor de vin din județul Vrancea.

Cel de-al doilea studiu de caz (exemplu) se referă la Municipiul Hunedoara, un municipiu cu o populație de cca. 70000 de locuitori, cu o suprafață a teritoriului administrativ de 9783,84Ha. și cu o suprafață a intravilanului propus prin P.U.G. de 2194,23Ha.

Cea mai importantă zonă de regenerare urbană propusă prin P.U.G. este cea situată pe amplasamentul fostului Combinat Siderurgic Hunedoara (Fig. 3).

Principalul proiect de regenerare urbană propus prin P.U.G. Municipiul Hunedoara va ocupa o suprafață de 135ha., cca. 6% din totalul intravilanului.

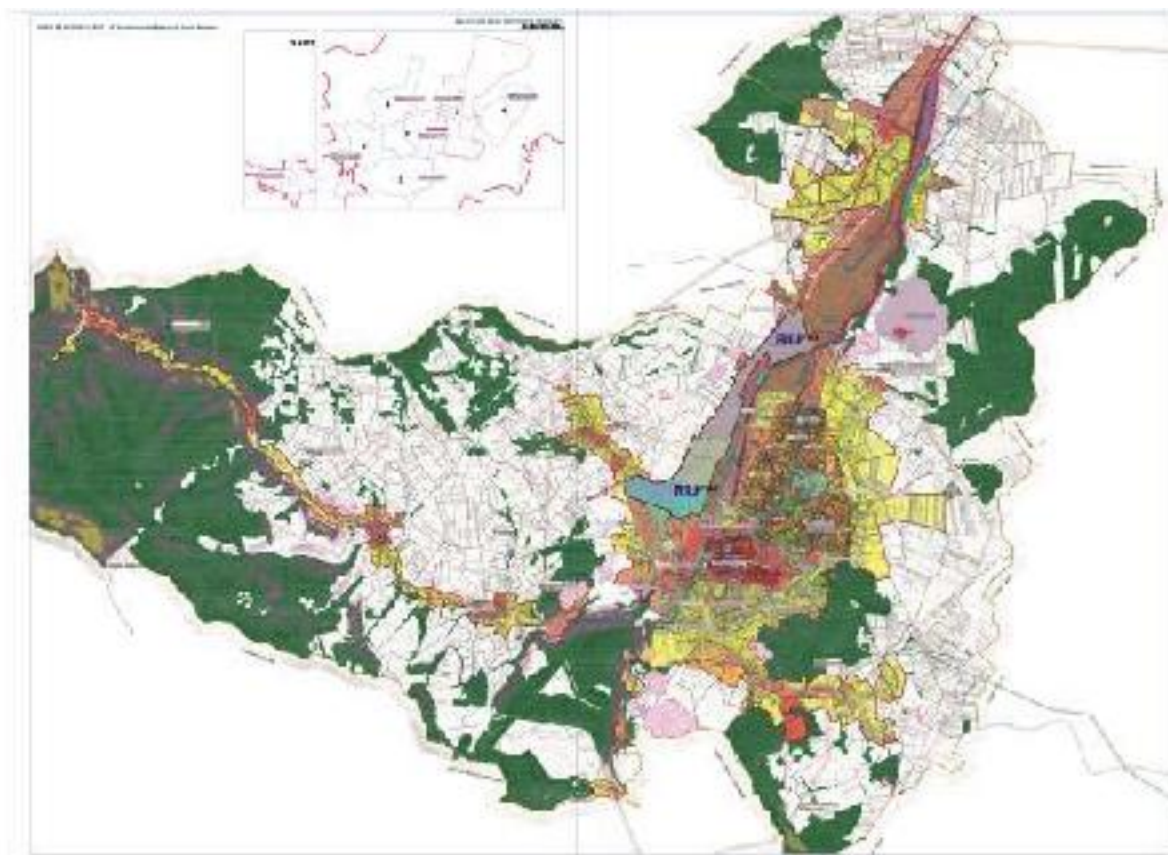


Fig. 3. Amplasarea zonei de regenerare urbană din intravilanul Municipiului Hunedoara, de pe amplasamentul fostului Combinat Siderurgic Hunedoara.



Acest brownfield, important ca suprafață de teren, din Municipiul Hunedoara va fi transformat în 3 subzone ce vor avea destinația de activități productive nepoluante (depozitare, distribuție), servicii și zone de agrement.

Datorită faptului că zona este amplasată la o anumită distanță de nucleu central al municipiului și față de ansamblurile de locuințe colective existente, sunt necesare restabilirea unor legături funcționale directe.

Cel de-al treilea studiu de caz (exemplu) se referă la Municipiul Caransebeș, un municipiu cu o populație de cca. 25000 de locuitori, cu o suprafață a teritoriului administrativ de 6840,55Ha. și cu o suprafață a intravilanului propus prin P.U.G. de 1696,65Ha.

Zonele de regenerare urbană la nivelul Municipiului Caransebeș sunt localizate în 2 subzone importante la nivelul țesutului urban actual (Fig. 4). Prima zonă este localizată în cartierul Cazarmii și este pe o zonă de locuințe colective. Cea de-a doua zonă este localizată de-a lungul străzii Ardealului, principala arteră de penetrație în municipiu, care face legătura dintre zona de nord și zona vestică, pe relația cu Municipiul Reșița. Această a doua zonă este formată din mai multe subzone și anume: o zonă industrială, o zonă de servicii, o zonă de locuințe colective și o zonă de locuințe individuale, toate acestea amplasate adiacent și ferate funcționale.

Cel de-al patrulea studiu de caz (exemplu) se referă la Orașul Moldova Nouă, un oraș cu o populație de cca. 10000 de locuitori, cu o suprafață a teritoriului administrativ de 11852,19Ha. și cu o suprafață a intravilanului propus prin P.U.G. de 923Ha.

Principala zonă de regenerare urbană (Fig. 5) este localizată în Moldova Veche, în apropierea Dunării și este alcătuită din zonă de instituții și servicii, o unitate militară și blocuri de locuințe colective, aflate într-o stare avansată de degradare, fără spații publice de calitate, fără locuri de parcare amenajate, fără rețele de

încălzire centrală și care contribuie la o imagine urbană defectuoasă.

#### 4. Concluzii

Toate zonele de regenerare urbană descrise la capitolul 3 sunt operaționalizate în cadrul P.U.G. prin zone funcționale omogene sau mixte, cărora li se atribuie un U.T.R.

Scara și modalitatea de definire a U.T.R.-urilor utilizate în prezent ca modul operațional al P.U.G., nu permit realizarea unei coerențe de caracter urban la nivelul operațiunilor de regenerare urbană. Definit strict pe criterii morfologice și monofuncționale, U.T.R.-ul promovează o segregare a funcțiilor și a tipologiilor morfologice împiedicând realizarea unor dezvoltări cu caracter mixt, generatoare de vitalitate, diversitate și flexibilitate.

Din cauza disfuncționalităților survenite din împărțirea și gestiunea administrativă și din definiția U.T.R.-ului, este foarte dificilă asigurarea coerenței proiectelor de regenerare urbană, atât la scara largă a municipiului/orașului cât și la scara medie a cartierului/zonăi.

Reflectând provocările generate de schimbările din mediul urban și al rezultatelor acestora, regenerarea urbană trebuie să:

1. se bazeze pe o analiză detaliată a situației existente din cadrul zonei urbane în care se intervine (amplasamentul direct vizat și vecinătățile imediate);
2. fie orientată simultan către adaptarea țesutului urban, a mediului social, a bazei economice locale și a condițiilor de mediu din cadrul unui areal mai larg care să cuprindă și zona de intervenție;
3. realizeze această adaptare prin generarea și implementare unor strategii care vizează rezolvarea echilibrată și integrată a problemelor urbane, într-un mod etapizat și ierarhizat;
4. se asigure că obiectivele strategiilor ce urmează a fi implementate sunt în

- concordanță cu obiectivele dezvoltării durabile;
5. formuleze obiective operaționale care pot fi, acolo unde este cazul, cuantificabile;
  6. utilizeze la maxim resursele locale, atât cele economice, cât și cele umane;
  7. asigure consensul total în ceea ce privește intervenția în cadrul unei zone, prin participare și parteneriat și prin cooperarea diferiților actori implicați care manifestă un interes legitim pentru rezultatele operațiunii de regenerare urbană;
  8. recunoască importanța măsurării și controlării atingerii obiectivelor strategice formulate și asumate, cât și să asigure monitorizarea factorilor interni și externi care contribuie la dinamica schimbărilor dintr-o zonă urbană;
  9. accepte impactul pozitiv al implementării programelor inițiale, chiar dacă dinamica schimbărilor din cadrul zonei de intervenție reclamă o revizuire a acestora (care nu este întotdeauna privită într-un mod pozitiv);
  10. recunoască faptul că, în realitate, etapizarea diferitelor obiective duce, inevitabil, la decalaje în modul în care aceste obiective se dezvoltă și sunt realizate.

## BIBLIOGRAFIE

- 
- Allen T. (2001), *The Politics of Regeneration, Housing, Theory and Society* **18(3-4)**: 136-147
- Friesecke F., Schetke S., Kötter T. (2012), *Urban Planning for Climate Change. Position Paper of FIG Working Group 8.1*, FIG Working Week 2012, Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, 6-10 mai 2012, Roma, Italia.
- Giuliani I., Valli C. (2012), *Cultural industries and urban regeneration. Physical renovation and territorial identity creation in Zona Tortona*, The Association of European Schools of Planning (AESOP) 2012, 26th Annual Congress, Abstract ID: 569, Housing, Regeneration and Community Development, 11-15 iulie 2012, Ankara, Turcia.
- Landry C. (2008), *The Creative City. A toolkit for urban innovators*, Comedia/Earthscan, Londra, Marea Britanie.
- Yalcintas H. A. (2012), *Evaluating the Impact of Culture-Driven Strategies On Recent Urban Regeneration Activities In Istanbul*, The Association of European Schools of Planning (AESOP) 26th Annual Congress, 11-15 iulie 2012, Ankara, Turcia.



# MANAGEMENTUL DE PROTECȚIE A CLĂDIRILOR ISTORICE. STUDII DE CAZ - BISERICI ROMANICE DIN JUDEȚUL CLUJ, ROMÂNIA

**Anamaria BOCA**

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de  
Construcții

**Tudor Panfil TOADER**

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de  
Construcții, INCD URBAN-INCERC, Sucursala Cluj-Napoca

**Anamaria Cătălina MIRCEA**

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de  
Construcții, INCD URBAN-INCERC, Sucursala Cluj-Napoca

## Abstract

*The historical monument and its load-bearing structure reflect the historical, artistic, technical characteristics of a certain period as well as the most important social values. The aim of the current study is to present a brief analysis on the Romanesque churches from Cluj County, Romania, included on the National Register of Historic Monuments from Romania. The case studies will present the historic monuments built in Romanesque style and their structural and architectural characteristics and conformation. The causes of partial or total degradation of these buildings will be revealed along with any known intervention for protection or restoration of the buildings, where it existed. The Romanesque architectural style is considered the first European architectural style after the architecture of the Roman Empire, therefore the effort of indepth understanding of Romanesque ensembles as part of the built heritage, in the light of the material and spiritual values they carry, represents the first step in their preservation.*

**Key words.** built heritage, historic monument, Romanesque churches.

## 1. Context

Arhitectura unei anumite perioade poate fi pe deplin înțeleasă doar prin cercetarea unor factori care țin atât de mediul geografic precum pământul, materialul de construcție, clima cât și de mediul cultural și științific. Totuși, factorul tehnic este elementul cel mai important în înțelegerea pe deplin a unei construcții. Stilul arhitectural romanic este considerat primul stil arhitectural european bine definit, de după arhitectura Imperiului Roman. Monumentul romanic este considerat un tot unitar, fără diferențiere între arhitectura și structura sa, astfel construcția unui edificiu se făcea în mod empiric doar pe baza cunoștințelor acumulate în timp. De aceea problema conservării acestor structuri istorice devine una de actualitate, atât timp cât ne aflăm într-un moment în care conservarea clădirilor de patrimoniu și-a recăpătat importanța și valoarea.

Stilul romanic s-a impregnat îndeosebi în arhitectura spațiului european occidental și central, aflat sub influență catolică. A apărut și s-a dezvoltat în secolele XI-XIII, preluând formele de tradiție romană la care s-au adăugat și integrat elemente caroligiene, bizantine, arabe și arta barbară. Cu toate că aceste elemente eterogene au fost asimilate și re-elaborate într-o viziune unitară, arta romanică a avut particularități în funcție de tradițiile locale și de contactele dintre diferitele centre artistice europene.

Bisericile romanice sunt de tip bazilical, cu una sau mai multe nave. Sunt caracterizate prin masivitatea zidurilor, utilizarea frecventă a arcurilor curbe pentru ferestre, uși sau arcade, absidele semicirculare, bolta în leagăn sau bolta ogivală și deschideri în general mici. Stâlpii masivi, rotunzi, și pereții groși ai clădirilor romanice erau necesități structurale până la descoperirea tehnicilor perfecționate (Curinschi-Vorona, 1978).

În Transilvania, arhitectura romanică s-a răspândit în secolul XIII, prin intermediul șantierelor benectidine, a coloniștilor sași aduși din Germania pentru întărirea stăpânirii Transilvaniei de către regatul maghiar, a cavalerilor teutoni și a ordinelor călugărești. Arhitectura ecleziastică, asupra căreia și-a pus amprenta stilul romanic, prezintă o configurație complexă realizată prin îmbinarea elementelor artistice occidentale cu elementele arhitecturale bizantino-balcanice și cu tradiția locală. Romanicul transilvănean, datorită întârzierii sale față de Occident, s-a îmbinat adesea cu goticul timpuriu. Țara Românească și Moldova au preluat influențele arhitecturii bizantine (Fabini, 2009).

Pe lista monumentelor istorice din 2015, întocmită de Ministerul Culturii și Patrimoniului Național al României se regăsesc în jur de 110 edificii construite în stilul romanic. În jur de 90 de biserici în stil romanic au fost construite în secolul al XIII-lea. În timp ce 80 dintre aceste edificii au suferit adăugiri sau transformări în secolele următoare, doar 10 sunt considerate ca păstrându-și aproape în întregime amprenta și caracteristicile stilului în care au fost construite. Tot pe teritoriul Transilvaniei găsim azi ruinele a 8 biserici construite în secolul al XIII-lea. În cadrul edificiilor laice, civile sau militare, 12 cetăți au fost construite în secolul XIII, dintre care 7 sunt azi ruine.

## **2. Intervenții asupra structurilor romanice din județul Cluj**

În județul Cluj găsim astăzi 20 de astfel de edificii, construite în stil romanic, atât biserici, cât și cetăți. În articolul de față vom realiza, într-o primă fază, o scurtă descriere a situației actuale a câtorva dintre aceste monumente istorice și anume: Biserica Reformată din Bontida (sec. XIII), Biserica Reformată din Orman, comuna Iclod (sec. XIII-XV), Biserica Reformată din Tiocu de Sus,

comuna Cornești (sec. XIII-XV), Cetatea Bologa din comuna Poieni (sec. XIII-XV). În urma cercetării pe teren a acestor monumente, descrierea va fi însoțită de poze ale cadrelor sau degradării acestora. În partea a doua, în urma documentării la Arhivele DMI din București, se vor prezenta pe scurt intervențiile de reparație, consolidare sau restaurare realizate la Biserica din Sâncrai, Huedin (sec. XIII - XV), Biserica din Luncani, comuna Luna (sec. XIII), Biserica din Nireși, comuna Mica (sec. XIII), Biserica din Nima, comuna Mintiu Gherlii (sec. XIII), Biserica din Sic (sec. XIII). Descrierile vor fi însoțite de această dată de relevee și secțiuni ale acestor monumente. Alte obiective de patrimoniu arhitectural, cultural și religios din teritoriul includ o serie de biserici reformate și romano-catolice din perioada medievală: Aghireșu, Dârja, Chidea, Boteni, despre care însă nu există suficiente informații. De asemenea, există o serie de castele și cetăți care pot constitui puncte de interes. Unele dintre acestea se află într-o stare proastă, fiind nevoie de reabilitare. Cetatea Bologa a fost practic abandonată cu risc ridicat de colaps până la începutul anului trecut, când a fost demarat un amplu proces de reabilitare, în timp ce Cetatea Lita din Sacel este în ruine.

### **2.1. Biserica reformată din Sâncrai, Huedin (Fig. 1)**

Biserica inițială din localitatea Sâncrai purta hramul Sfântul Rego (Ștefan I al Ungariei). Biserica existentă azi este rezultatul mai multor faze de construire, dar formele de bază și modul de construcție admit datarea la începutul secolului al XIV-lea. Nava este medievală, referitor la construcția altarului nu s-au găsit dovezi certe. Biserica a suferit considerabil în urma expedițiilor turcești din anii 1657 și 1622. Nu se cunoaște data la care a dispărut sacristia de la partea nordică a altarului. Turnul a fost construit în 1762, după cum arată o inscripție de pe fațada de vest.

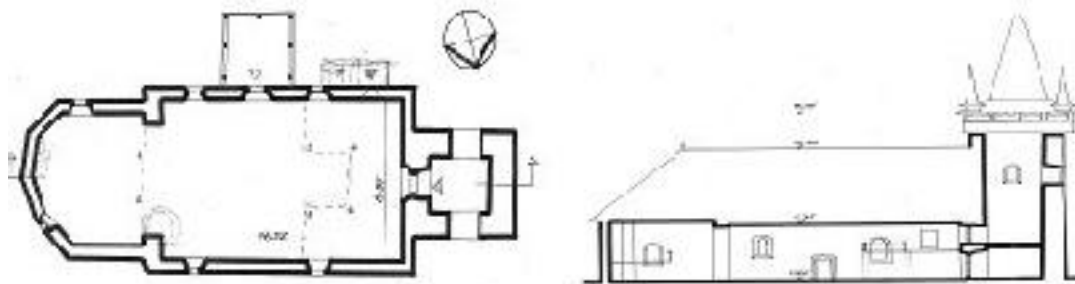


Fig. 1. Plan curent și secțiune longitudinală.

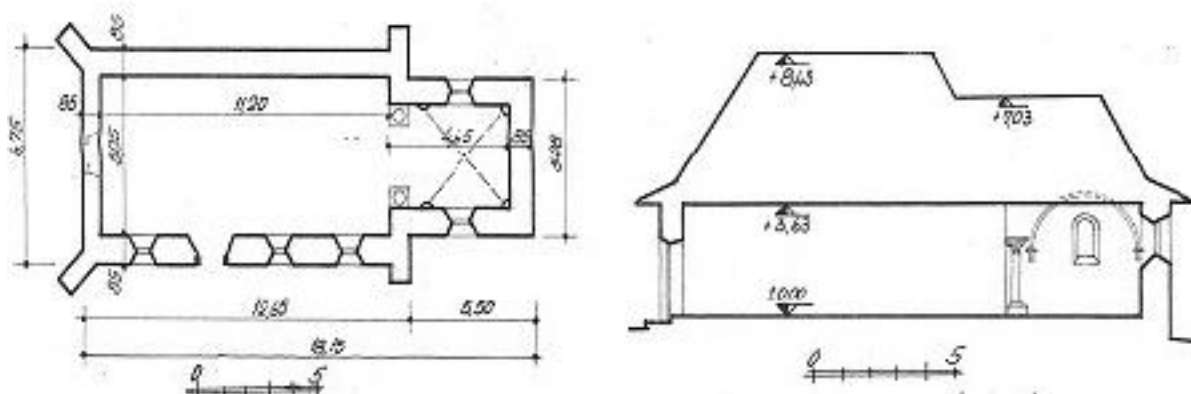


Fig. 2. Plan curent și secțiune longitudinală.

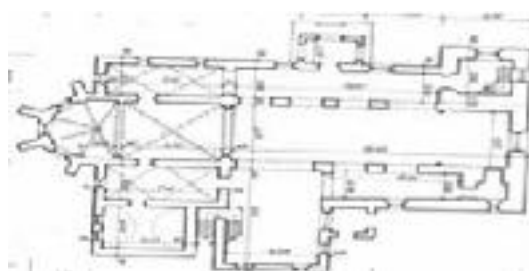


Fig. 3. Plan curent.

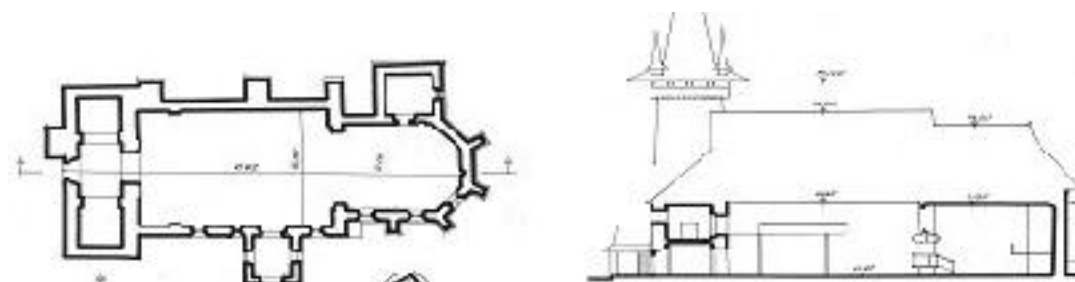


Fig. 4. Plan curent și secțiune longitudinală.

La evenimentele din 1848-1849 biserica a fost incendiată și devastată, în 1856 s-au realizat unele refaceri prin acoperirea bisericii și construcția porticului. Au fost realizate

modificări mai mici în secolul XIX, prin construcția scării exterioare la galeria de est, mai târziu, în 1936 a fost transformată fereastra din peretele sudic, iar în cel nordic s-a

tăiat altă fereastră. În 1956 a fost schimbată întreaga construcție a fleșei turnului.

Nava are dimensiuni interioare medii de 8,35x15,50 m. Înălțimea interioară azi e de 5,45 m. Grosimea pereților variază între 96-100 cm. Altarul are plan pătrat, neregulat, întregit la est cu absidă poligonală cu patru laturi. Grosimea pereților variază între 100-105 cm. Spațiul navei și al altarului se unesc printr-un arc triumfal. Lumina pătrunde în interior prin șase ferestre: patru la navă și două la altar. Nava și altarul erau acoperite cu un tavan plan din grinzi juxtapuse, acoperișul este în două pante, cu streșini înfundate. Turnul clopotniță este construit lângă peretele de vest al navei dar separat de acesta. Planul este pătrat cu dimensiuni exterioare medii de 5,85x5,85 m. Înălțimea totală a zidăriei este de 13,50 m. Grosimea zidului la parter e între 142-149 cm. Parterul spre sud și spre nord este deschis și acoperit cu boltă. Partea de zidărie este încoronată de o galerie de pază (cu arcade deschise), dimensiunile laturilor fiind de 6,80x7,20 m. Peste galerie se ridică fleșa piramidală cu opt fețe, înconjurată la bază de patru turnulețe așezate la colțuri. Înălțimea fleșei, împreună cu galeria și cu vârful este de 15,00 m, înălțimea totală a turnului este deci de 28,50 m. La ziduri, materialul de construcție este piatra brută. Scara exterioră e din brad și din stejar. Învelitoarea la biserică, la portic și la scară este șindrila de brad, la feșa turnului este tablă zincată. Zidul de incintă înconjoară biserica în linie frântă poligonală. Lungimea totală a liniei zidului este de 148,00 m, înălțimea medie e de 2,50 m, iar grosimea de zid este de 8 cm. Zidul de incintă în exterior azi este sprijinit în total de 11 contraforturi. La poarta de NE este aplicat un ancadament din piatră cioplită în stil gotic. Este construit din piatra brută și acoperit cu șindrila de brad.

Între anii 1971-1973 s-a realizat un proiect de reparații pentru biserica din Sâncrai înregistrat la arhiva INP, fond DMI, prin dosarul cu numărul 8414. Construcțiile ansamblului nu au prezentat defecte

structurale la acea dată, intervenindu-se doar prin reparații ale tencuielii exterioare, reînnoirea spoielii în interior și exterior, refacerea scării exterioare de la galeria de vest, refacerea învelitorii de șindrilă și a tâmplărilor ferestrelor. S-a coborât nivelul solului din jurul bisericii, la nivelul pardoselii din biserică și s-au executat jgheaburi și burlane din tablă zincată pentru protecția împotriva apelor pluviale (INP, 1971-1973).

## 2.2 Biserica reformată din Nireș, comuna Mica (Fig. 2)

Căldirea este construită în secolul al XIII-lea. Nava a fost amplificată în prima parte a secolului al XIV-lea. Altarul e în întregime zidit din piatră cioplită iar arcul triumfal are capitele similare cu unele de la catedrala din Alba Iulia.

În anul 1959 s-a realizat un proiect de restaurare generală, în urma constatării necesității unei subzidiri la altar, colțul de sud est fiind mișcat din cauza surpării solului. Începând din 1955 s-a întreprins o acțiune pentru efectuarea unor lucrări de consolidare și renovare, pentru refacerea zidăriei mișcate, reparații la ziduri, refaceri de tencuieli, învelitori noi și spoieli.

Pereții bisericii, în marea majoritate, erau în picioare, doar peretele dinspre sud-est era dislocat și rupt din legătura cu celălalt perete, probabil din cauza solului necorespunzător, care s-a surpat și apa s-a infiltrat în el. Înainte de începerea lucrărilor de desfacere a zidăriei în locurile indicate, respectiv refacerea zidului a fost necesară săparea unor gropi adânci de constatare, lângă locurile indicate, pentru a se putea constata adâncimea fundației, respectiv dacă terenul de sub fundație era slăbit masiv sau nu. În locurile indicate, zidăria s-a desființat până la adâncimea potrivită pentru a se putea stabili dislocarea, în caz necesar până la fundație. Părțile desființate din fundație s-au refăcut cu mortar de ciment. Părțile componente ale acoperișului erau în stare

bună, numai acoperișul-învelitoarea de șindrilă care era învechită a fost înlocuită. (INP, 1974-1976).

### 2.3 Biserica reformată din Sic (Fig. 3)

Din memoriul proiectului și din broșura semnată de Entz Geza și Sebestyen Iosif, rezultă că în 1964 au fost executate lucrări importante de transformare, care au influențat în mod negativ condițiile de rezistență prin demolarea zidurilor vechiului turn, aflat în axul longitudinal al construcției și executarea unui turn nou în poziție laterală spre sud.

Unul din neajunsuri era faptul că zidurile longitudinale din mijloc au fost lipite de legătura rigidă formată de peretele interior al turnului vechi și s-au produs tasări care au antrenat zidurile vechi. În ceea ce privește devierea de la verticală ale zidurilor longitudinale, aceasta se datorează în primul rând unor defecțiuni de execuție inițiale. Nu se poate admite că s-au produs în decursul timpului deformații de amplexarea celor constatate. Deoarece cu timpul defecțiunile inițiale s-au accentuat și au apărut crăpături periculoase, condițiile de rezistență s-au schimbat, impunându-se executarea lucrărilor de consolidare.

În 1958 au fost executate fără aprobare lucrări de subzidire a peretelui exterior nordic în porțiunea cuprinsă între fațada principală și primul colț, ceea ce a contribuit la accentuarea unor crăpături existente.

O primă soluție de consolidare propusă nu a asigurat stabilitatea zidurilor longitudinale înalte, atât din cauza poziției înclinate ale tiranților prevăzuți, ce nu pot lucra în mod eficient, cât și din cauza contraforturilor cu secțiuni reduse prezente la partea de sus a zidului. Același sistem de consolidare prevăzut, trata separat cele două ziduri longitudinale fără să prevadă legarea lor. Astfel, s-a propus studierea unui sistem

transversal de consolidare suficient de rigid, care să reducă lungimea liberă a zidurilor înalte deformate. Totodată, s-a propus și consolidarea longitudinală a acestor ziduri și injectarea tuturor crăpăturilor cu lapte de ciment pentru a restabili continuitatea necesară. Sistemul transversal de consolidare s-a prevăzut a fi unitar, atât pentru partea centrală, cât și pentru zidurile exterioare ale galeriilor colaterale. S-a decis că subzidirile nu erau necesare, deși în proiect s-a arătat că fundațiile existente erau adâncite până la maxim un metru.

La altar s-a considerat necesară prevederea unei centuri la partea superioară a zidurilor exterioare, de care s-a racordat stratul de suprabetonare al bolților. A fost necesară îndepărtarea tencuielii de ciment a soclului și rezolvarea neregularității acoperișului pe latura nordică, care a dus la depunerea unei cantități mari de zăpadă greu de curățat. Lucrările propuse s-au indicat a fi realizate prin evitarea distrugerii unor picturi care puteau fi găsite sau a unor inscripții mai vechi (INP, 1961-1963).

### 2.4 Biserica reformată din comuna Mănăstireni (Fig. 4)

Biserica există de dinaintea năvălirii tătarilor din 1241. Biserica este restaurată și extinsă în anul 1442. Partea de răsărit a bisericii s-a făcut în stil gotic, iar partea de apus și turnul poartă semnele stilului romanic. Partea de apus este cea mai veche. În 1660 biserica a fost incendiată de turci, iar în 1765 grav avariată de cutremurul care a dărâmat bolta gotică. În secolul al XVIII-lea s-a construit șarpanta turnului în stilul caracteristic al bisericilor reformate. În 1930 biserica a fost restaurată. Plafonul este realizat din scânduri în anul 1748, amvonul este din anul 1752, corona amvonului este făcută în anul 1788. Biserica este renovată în 1891 și reparată în 1936. Este edificată cu un zid care s-a realizat în anul 1734. Zidurile sunt construite din piatră de calcar, tencuită, cu excepția

pietrelor de talie și de soclu. Tavanul este din lemn cu învelitoare din șindrilă. Zidul înconjurător este realizat din piatră de carieră, cu învelitoare de șindrilă.

Biserica se compune din altar poligonal, sprijinit pe contraforți, sacristie în partea nordică a altarului, arc de triumf, navă dreptunghiulară cu intrare semicirculară din sud. Din cele două turunuri inițiale, cel din nord s-a păstrat cu elementele sale romanice, cel din sud nu a fost reconstruit. Ferestrele altarului prezintă murlă gotică iar ferestrele navei sunt semicirculare, în stil romanic. În absida altarului este o galerie de lemn cu orgă, iar în capătul de vest al navei o galerie de lemn pentru flăcăi. Tavanul altarului este tencuit și ornamentat, iar tavanul navei este casetat. Turnul existent are 5 ferestre romanice îngeminate și patru ferestre romanice trigeminate. Șarpanta turnului cu fleșcă centrală, 4 turnulețe la colțuri și galeria deschisă de lemn.

La data începerii proiectului de reparații din 1954, biserica se afla în stare bună. Acoperișul turnului a fost refăcut în anul 1894, dar din cauza faptului că șindrila era deteriorată și ca grinzile turnului să nu se degradeze din cauza ploilor, s-a prevăzut executarea unui acoperiș nou. Datorită faptului că și turnul este monument istoric, acoperirea acestuia s-a prevăzut tot cu șindrilă. Acoperișul turnului are formă de piramidă. Lângă turnul principal sunt 4 turnuri mai mici așezate pe colțuri, cu o înălțime de 2 m. Tencuiala exterioară a pereților care era deteriorată și desprinsă de perete, s-a refăcut. Cota pardoselii din interiorul bisericii era cu 30% inferioară terenului din exterior, din cauza ridicării cotei terenului din jurul bisericii (INP, 1954-1974).

### 2.5. Biserica reformată din Bonțida (Fig. 5)

Biserica are două nave acoperite cu planșeu casetat din dulapi de lemn cu nervuri. Cele două nave sunt separate printr-un șir de arcade, care sprijină pe piloni rectangulari și

unul de secțiune circulară. Existența consolelor din piatră la partea superioară, demonstrează faptul că biserica a avut cândva un planșeu boltit. Altarul are formă patrată, acoperit tot cu un planșeu casetat și este separat de navă printr-un arc de triumf. Biserica este realizată din zidărie de piatră, iar fundațiile din piatră prelucrată. Biserica este înconjurată de un zid de împrejmuire din piatră, care are un turn adăugat ulterior. Existența "ferestrelor de restaurare" în interiorul bisericii și totodată existența unor inscripții, care se păstrează încă, demonstrează faptul că biserica a trecut prin lucrări de restaurare în 1893 și în 1983.

Astăzi, fundațiile realizate din piatră prelucrată și păstrate încă din secolul al XIII-lea, se găsesc într-o stare destul de proastă, pe anumite porțiuni lipsesc părți din acestea. Tencuielile exterioare sunt grav deteriorate. Pereții navei prezintă fisuri în exterior, la partea superioară, cel mai probabil din cauza tasării terenului. Practicarea unor ferestre de dimensiuni mai mari, care le înlocuiesc pe cele mici și înguste, romanice a dus la apariția unor fisuri. Zidul de împrejmuire prezintă pe alocuri crăpături, având o zonă unde s-a prăbușit.

### 2.6. Biserica reformată din Tiocu de Sus (Fig. 6)

Biserica datează de la sfârșitul secolului al XIII-lea, începutul secolului al XIV-lea. Este o biserică de tip hală, cu o singură navă și cu altar dreptunghiular. Turnul este amplasat pe două niveluri și a fost construit, cel mai probabil, în același secol cu biserica. Altarul păstrează două ferestre romanice, având ancadramentele din piatră. Biserica prezintă crăpături la intersecția dintre turn și navă și fisuri în peretele nordic al navei și al altarului. Contrafortul, realizat din piatră și dispus în locul sacristiei este grav deteriorat. Fațada vestică este de tipul "blind facade", cu o singură fereastră de mici dimensiuni și de formă dreptunghiulară. Portalul este în arc ogival, semn al goticului timpuriu.



Fig. 5. Degraderi exterioare.



Fig. 6. Degraderi ale fatadei de nord și sud.

### 3. Rezultate și discuții

Bisericile prezentate mai sus sunt rezultatul mai multor faze de construcție, faza inițială de construcție aparține stilului romanic dar cele mai multe dintre biserici au suferit adăugiri sau transformări sub amprenta stilului caracteristic perioadei în care acestea au fost realizate. Evenimentele istorice derulate de-a lungul timpului, alături de alți mulți factori de degradare au afectat stabilitatea structurală, demonstrându-se vulnerabilitatea clădirilor istorice prin apariția colapsului parțial sau total. Astfel a apărut, în 1982, necesitatea înființării "Comisiei monumentelor istorice", care a funcționat până în anul 1977, apoi a fost desființată (Opris, 1994). În această perioadă s-au propus o serie de lucrări de intervenții sau consolidări la monumentele istorice. Bisericile din Sâncraia, Lunca, Nireș nu au prezentat defecte structurale majore, de aceea s-a intervenit, în anii 1971-1973, 1974-1976 prin lucrări de întreținere și reparații. La biserica din Nima și biserica din Sic s-au realizat, în 1959, lucrări de consolidare mai ample sub formă de subzidiri, respectiv consolidări ale zidurilor. În cazul bisericilor din Bontida, Tiocu de Sus, Orman informațiile referitoare la monument

sunt limitate sau chiar inexistente, ceea ce complică și mai mult posibilele măsuri de intervenție propuse. Biserica din Orman este un frumos exemplu al arhitecturii romanice din secolul XIII, dar care azi se găsește în stare de ruine.

### 4. Concluzii

Restaurarea monumentelor istorice a devenit o problemă foarte importantă în prezervarea orașelor, comunităților. Clădirile istorice bine conservate și întreținute îmbunătățesc calitatea vieții comunității cu care acestea coexistă, influențând dezvoltarea turismului și implicit dezvoltarea economică. Patrimoniul cultural poate fi distrus de mulți factori, de aceea inventarierea și documentarea a devenit esențială pentru protecția acestuia. Modul de intervenție asupra unui monument variază de la simple lucrări de întreținere, la acțiuni de protecție, consolidare și întregire, până la intervenții complexe de restaurare sau reconstruire parțială. Astfel, păstrarea autenticității structurii în urma intervențiilor, la care aceasta este supusă, este esențială în problema conservării monumentelor istorice.

## BIBLIOGRAFIE

---

- Curinschi-Vorona G. (1976), *Istoria universală a arhitecturii*, Editura Tehnică, București, România.
- Fabini H. (2009), *Universul cetăților bisericesti din Transilvania*, Editura Monumenta, Sibiu, România.
- INP (1954-1974), *Biserica reformată din comuna Mănăstireni, jud. Cluj, 6288-proiect de reparații și reparația zidului incintei*, Arhiva, Institutul Național de Patrimoniu fondul Domeniul Monumentelor Istorice, București, România.
- INP (1961-1963), *Biserica reformată localitate Sic, jud. Cluj, dosarul 8269-proiect consolidare*, Vol. I 1959-1967, Arhiva, Institutul Național de Patrimoniu fondul Domeniul Monumentelor Istorice, București, România.
- INP (1971-1973), *Biserica reformată localitate Sâncrai, Huedin, jud. Cluj, România, dosarul 8414- proiect reparații*, Arhiva, Institutul Național de Patrimoniu fondul Domeniul Monumentelor Istorice, București, România.
- INP (1974-1976), *Biserica reformată localitate Nireși, comuna Mica, jud. Cluj, dosarul 6663-proiect reparații, consolidare*, Arhiva, Institutul Național de Patrimoniu fondul Domeniul Monumentelor Istorice, București, România.
- Oprîș I. (1994), *Comisiunea monumentelor istorice*, Editura Enciclopedică, București, România.
- Ministerul Culturii și Patrimoniului Național al României (2015), *Lista monumentelor istorice*, Ministerul Culturii, Patrimoniului Național al României, București, România.

# GENERATOARE TERMoeLECTRICE: TEHNOLOGIE ȘI APLICAȚII

Mihail CHIRA, Andreea HEGYI, Henriette SZILAGYI  
INCD URBAN-INCERC, Sucursala Cluj-Napoca

## Abstract

Power costs increasing, environmental pollution and global warming are issues that we are dealing with in the present time. To reduce their effects, scientists are focusing on improving energy harvesting-based power generators. Thermoelectric generators (TEGs) have demonstrated their ability to directly convert thermal energy into an electrical one via the Seebeck effect. Also, they are environmentally friendly because they do not contain chemical products, they operate silently because they do not have mechanical structures and/or moving parts, and they can be fabricated on many types of substrates like silicon, polymers, and ceramics. Furthermore, TEGs are position-independent, present a long operating lifetime and are suitable for integration into bulk and flexible devices.

**Key words.** thermoelectric generators, Seebeck effect, silicon, polymers, ceramics.

## 1. Context

Utilizarea gazelor naturale, a combustibilului și a cărbunelui pentru a genera energie electrică a devenit deosebit de importantă pentru ființele umane din cauza efectelor lor negative asupra poluării atmosferice și încălzirii globale. Cu toate acestea, conform US Energy Information Administration (EIA), energia electrică generată de centralele electrice care utilizează gaz natural a crescut în fiecare an cu 28% în 2014, 35% în 2018 și 36% în 2019 (Administrația U.E.I., 2018). Mai mult, consumul și producția mondială de combustibili lichizi au crescut de la 94 de milioane de barili pe zi la mijlocul anului 2014 la 100 de milioane la mijlocul anului 2018, ceea ce duce la un cost energetic din ce în ce

mai mare. Pentru a face față acestei creșteri globale a consumului de combustibili fosili, destul de costisitoare și poluante, în ultimele decenii au apărut alte forme de energii ecologice.

Tendința actuală este de obținere a energiei naturale din mediu pentru a oferi energie electrică nelimitată, durabilă, verde și ieftină. În prezent, interesul din ce în ce mai mare de a utiliza energie regenerabilă, care poate fi obținută de la mai multe surse naturale puțin folosite, precum radiații RF, energie termică, solară, vibratorie / mecanică etc., și transformarea acestora în energie electrică, crește exponențial.

Energia termică este una dintre energiile disponibile din abundență, care poate fi găsită în multe sectoare, cum ar fi în dispozitivele electronice de operare (circuite integrate, telefoane, computere etc.), vehicule rulante, clădiri și chiar în corpul uman (in vivo). Generatoarele termoelectrice (TEG) sunt dispozitive active care constau în transformarea energiei termice în una electrică (Proto et al., 2018). TEG-urile sunt realizate din termocuple diferite, bazate pe efectul Seebeck, conectate electric în serie și în paralel (Fig. 1 a și b). TEG-urile sunt utilizate pe scară largă în multe domenii datorită caracteristicilor lor atractive, precum eficiența energetică, întreținerea facilă și durata de viață lungă. De-a lungul ultimilor ani, acestea au devenit importante în domeniul obținerii de energie pentru tipuri mari și chiar mici de aplicații, în funcție de mărime, putere livrată și materiale folosite.

## 2. Rezultate și discuții

Există trei abordări de design ale TEG-urilor care diferă în funcție de la aranjamentul termocuplurilor de pe substrat în ceea ce privește direcția fluxului de căldură (Glatz et al., 2009), care sunt: (i) debitul termic lateral, dispunerea laterală a TC; (ii) fluxul de căldură verticală, dispunerea verticală a TC; și (iii) fluxul de căldură verticală, dispunerea laterală a TC-urilor.

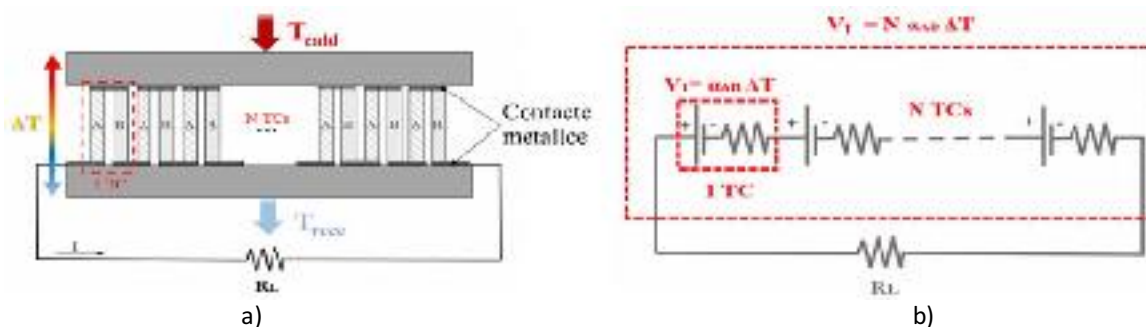


Fig. 1. Generator termoelectric tipic: (a) Principiul de bază, (b) Circuitul electric echivalent.

Primul design TEG folosește un aranjament lateral TCs pentru a converti un flux de căldură lateral,  $Q_h-Q_c$ . În acest proiect, numit și TEG plan, termocuplele sunt tipșrite, modelate sau depuse pe suprafața substratului (Fig. 2a). Avantajul principal al acestei abordări constă în capacitatea sa de a controla grosimea și lungimea fiecărui braț de termocuple combinate la potrivirea sa cu depunerea de peliculă subțire, ceea ce permite crearea de termocuple mai subțiri și mai lungi în comparație cu alte tipuri (Glatz *et al.*, 2009; Kao *et al.*, 2010; Qing *et al.*, 2018). În plus, acest aranjament crește rezistența termică a termoelementelor în comparație cu alte proiecte TEG, din cauza folosirii brațelor TC lungi, ceea ce duce la o creștere a gradientului de temperatură de-a lungul acestor din urmă și, în cele din urmă, la creșterea tensiunii de ieșire.

Al doilea proiect TEG, adică TEG vertical, este realizat din TC-uri dispuse vertical între sursa de căldură și zona de disipare a căldurii (Fig. 2b) (Aravind *et al.*, 2018). Astfel, căldura curge vertical de-a lungul brațelor termoelementelor și a substraturilor. Acest tip de TEG-uri asigură o densitate ridicată de integrare și este cel mai comercializat datorită simplității sale, integrării TC ridicate și a tensiunii de ieșire ridicate (Leonov, 2013). Ultimul design TEG, denumit mixt, este realizat din TC-uri montate lateral pe substrat, în timp ce căldura curge vertical (Fig. 2c) (Sawires *et al.*, 2018; Yan *et al.*, 2019; Huu *et al.*, 2018). Transferul de căldură verticală a fost realizat prin integrarea micro-cavităților în substrat, localizate sub brațele termocupurilor (Ziouche *et al.*, 2017). Această tehnică poate fi

obținută în siliciu atunci când se utilizează tehnologia standard CMOS sau printr-un proces de ridicare în folie flexibilă pe bază de polimid / polimer. Aceasta din urmă constă în crearea unei forme ondulate în substratul care conține termocuple modelate (Hasebe *et al.*, 2004).

Al doilea și al treilea model TEG ar trebui să includă două plăci / substraturi suplimentare plasate deasupra și dincolo de laturile calde și reci ale modulului. În acest caz, conductivitatea termică a substratului va influența diferența de temperatură a modulului mai ales atunci când este mult mai mică decât cea a termocuplelor. Aceasta va reduce diferența de temperatură între brațele TC.

## 2.1. Tehnologiile de fabricație

### 2.1.1. Tehnologia Silicon

Tehnologia Silicon (cu tehnologii CMOS-IC sau CMOS-MEMS) (Yang *et al.*, 2013; Kao *et al.*, 2010; Ziouche *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2018), servesc la crearea la scară mică de generatoare (dimensiuni de ordinul micro-nano-metri) (Fig. 3). Ambele materiale compatibile (cum ar fi siliconul policristalin N- și P, polio SiGe și recent nanofire de siliciu (SiNW) (Li *et al.*, 2011b; Zhang *et al.*, 2018)) și materiale CMOS necompatibile precum aliaj BiSb (Li *et al.*, 2003; Numus, 2007; Völklein și Megier, 2006; Völklein *et al.*, 1999) au fost utilizate pentru fabricarea brațelor TC.

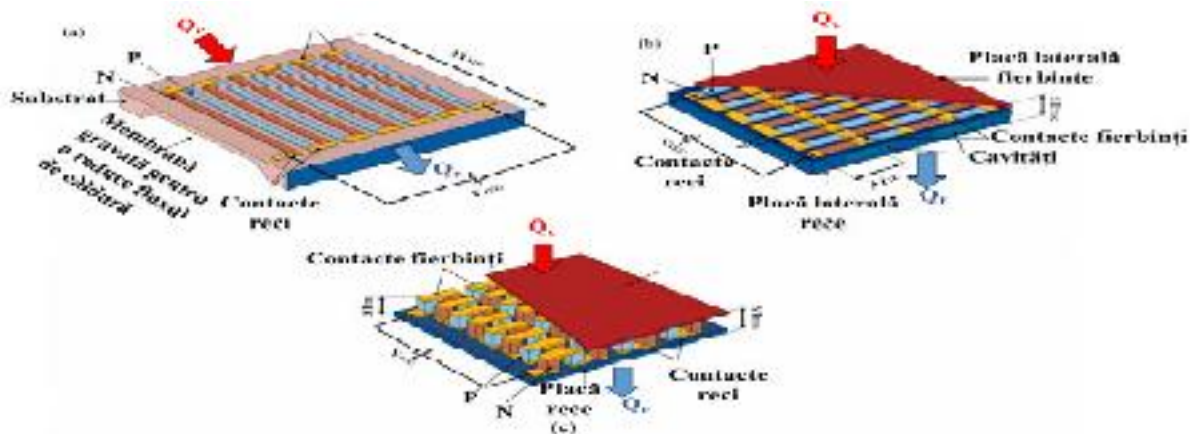


Fig. 2. Diferite modele de TEG-uri: (a) Planare, (b) verticale și (c) mixte.

### 2.1.2. Tehnologiile bazate pe (LTCC)

Tehnologiile bazate pe (LTCC) permit crearea unui multistrat pentru TEG-uri de înaltă densitate (Markowski, 2016; Markowski și Dziedzic, 2008; Markowski și colab., 2008; Markowski, 2011, 2014). Într-adevăr, exploatarea tehnologiei ceramice în fabricarea TEG va fi avantajoasă datorită capacității sale de depunere multistrat, simplitate, costuri reduse, eficiență în timp și rezistență bună în medii dure, precum temperaturile ridicate și tensiunile care apar datorită dilatării (Thelemann *et al.*, 2002; Gongora-Rubio *et al.*, 2001; Gierth *et al.*, 2018). În tehnologiile bazate pe ceramică, termocuplele pot fi fabricate folosind straturi groase (Markowski și Dziedzic, 2008; Markowski, 2014, 2011, 2016), subțiri (Markowski *et al.*, 2015) și mixte (groase / subțiri) (Markowski *et al.*, 2009; Gierczak *et al.*, 2017, 2018).

Filmul subțire, pe materiale semiconductoare pe bază de ceramică, prezintă un coeficient Seebeck ridicat, dar prezintă, de asemenea, o rezistență electrică foarte mare. Mai mult, substraturile ceramice au o conductivitate termică scăzută în comparație cu cele din siliciu, aproximativ 3,3 W / K.m, care oferă o rezistență termică importantă a generatorului pe bază de ceramică.

Tehniclele utilizate includ serigrafie pentru filme groase și electro-depunere, sputtering sau evaporare pentru fabricarea de pelicule subțiri.

### 2.2. Aplicații comune

TEG-urile sunt utilizate pe scară largă în multe aplicații precum motoarele auto (Crane și LaGrandeur, 2010; Orr *et al.*, 2017; Cao *et al.*, 2018; Mostafavi și Mahmoudi, 2018), dispozitive electronice industriale (Solbrekken *et al.*, 2004; Zhou *et al.*, 2008), micro platforme fără fir (Guan *et al.*, 2017; Musleh *et al.*, 2017), sisteme de monitorizare și urmărire a sănătății (Amar *et al.*, 2015; Torfs *et al.*, 2006; Thielen *et al.*, 2017) și aerospațial (Liu *et al.*, 2017; Yuan *et al.*, 2018). Aceste aplicații necesită dimensiuni și puteri electrice diferite. Prin urmare, TEG-urile sunt împărțite în două tipuri, mari (sau în vrac) și micro-TEG. Prima categorie are o dimensiune milimetrică și asigură puterea de ieșire de la câteva până la sute de wați într-un interval de căldură ridicat. Această categorie este utilizată de obicei în scopuri industriale. A doua categorie funcționează cu căldura disipată scăzută și generează energie electrică în intervalul de  $\mu$ W până la câțiva mW (Liu *et al.*, 2018a).

### 2.3. În dispozitivele medicale și portabile

Utilizarea TEG-urilor în dispozitivele medicale și senzori este o soluție adecvată; în special pentru dispozitivele medicale implantabile în care întreținerea (schimbarea bateriilor) este o sarcină foarte costisitoare și consumatoare de timp (de exemplu, costul operației unui

cardioverter-defibrilator implantabil este de 8.250 USD, fără să includă prețul dispozitivului sau bateriile folosite (Lind, 2017).

Figura 3 prezintă câteva aplicații de purtat pe bază de TEG-uri. În aceste modele, TEG-urile sunt poziționate în mod ideal între pielea corpului (sursa de căldură) și aerul ambiental (radiatorul), așa cum se arată în (Fig. 3a).

TEG-ul comercial bazat pe BiTe generează 100  $\mu$ W de energie electrică la 22 ° C, în timp ce întregul sistem wireless consumă doar 62  $\mu$ W. Van Bavel și colab. au prezentat o bandă de electroencefalografie fără fir (EEG) alimentată cu TEG pentru înregistrarea activităților electrice ale creierului (Fig. 3c) (Bavel și colab., 2008; Leonov și colab., 2009). TEG fabricat generează 2-2,5 mW de energie electrică, în timp ce întregul sistem consumă 0,8 W.

#### 2.4. În rețelele de senzori fără fir

Rețelele wireless de senzori (WSN) au devenit rapid un domeniu de interes în ultimele trei decenii. Acesta combină comunicarea fără fir cu utilizarea rețelei inteligente și avansate de senzori. Exploatarea TEG-urilor pentru rețelele electrice auto-alimentate ajută la

reducerea sarcinilor de întreținere și a costurilor, neglijează utilizarea bateriilor și reduce poluarea mediului din produsele chimice emise de la acestea (Dilhac *et al.*, 2014). De asemenea, introducerea de WSN-uri auto-bazate pe TEG-uri sunt utilizate în senzorii wireless aeronautici pentru a monitoriza securitatea aeronavei, testele de zbor și siguranța (Dilhac *et al.*, 2014).

#### 2.5. În dispozitivele electronice industriale

Căldura reziduală este o problemă complexă în multe dispozitive electronice, cum ar fi unitățile centrale de procesare (CPU), circuitele integrate, etc. procesoarele produc energie termică în intervalul 6-320 W, în funcție de tipul produsului și generează o cantitate uriașă de căldură irosită (se încălzește până la 110 °C). Căldura uzată emisă de matrice în timpul funcționării sale ar putea fi transformată într-un avantaj prin reutilizarea acestei energii termice pentru a alimenta alte componente din dispozitiv sau pentru a activa ventilatorul de răcire, ceea ce va duce la creșterea performanței și duratei de viață a bateriei. În 1995, Suski (1995) a inventat un aparat pentru recuperarea puterii dintr-un circuit semiconductor folosind un generator termoelectric.



Fig. 3. Aplicații TEG verticale portabile: (a) ilustrație schematică a unui modul TEG alimentat de căldură corporală cu (1) interfață termică între partea caldă a pielii / TEG, (2) modul TEG și (3) radiator care asigură disiparea căldurii către aerul înconjurător (Thielen *et al.*, 2017), (b) Oximetru de puls portabil bazat pe TEG bazat pe CMOS cu poli-SiGe TC (Leonov *et al.*, 2009), (c) bandă cu electroencefalografie (EEG) (Leonov *et al.*, 2009), (d) câșmă de electrocardiografie (ECG) (Leonov, 2013), (e) ceas de putere matricial alimentat cu TEG și căldură corporală (Boukai, 2017) și (f) aparat auditiv biomedical (Lay-Ekuakille *et al.*, 2009).

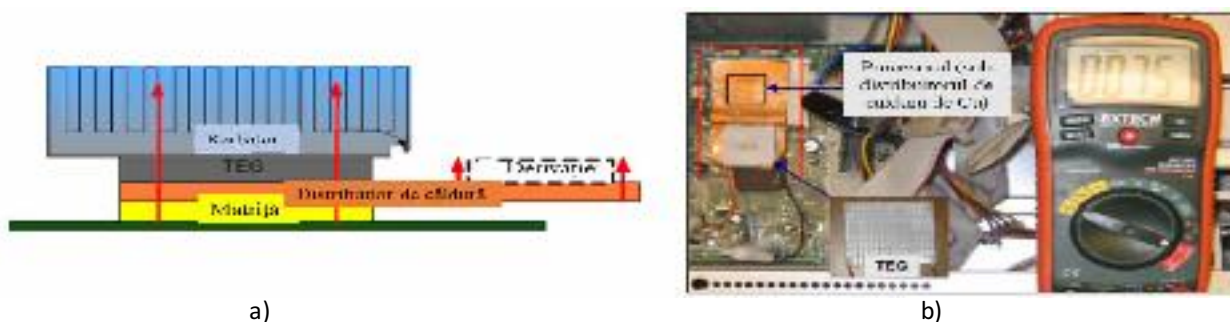


Fig. 4. Ilustrația plasării TEG-ului: (a) TEG integrat pe procesor cu atașare șunt, (b) Configurație experimentală a TEG-ului folosit pe procesor (Zhou et al., 2008).



Fig. 5. Pozițiile generatorului termoelectric: (a) Sistem de evacuare în interiorul unui vehicul de pasageri (Crane și LaGrandeur, 2010). (b) Ansamblul TEG pe un schimbător de căldură plat (Mori et al., 2011).

Solbrekken et al., (2004) și Zhou et al., (2008) a îmbunătățit invenția lui Suski folosind o configurație „shunt attach”. Aceasta din urmă constă în crearea unei căi de căldură alternative la un radiator pentru a permite generarea de energie electrică suficientă de către modulul TE pentru a alimenta ventilatorul de răcire (Fig. 16a). Fig. 16b arată configurația experimentală atunci când se utilizează TEG pe procesor.

## 2.6. La motoarele auto

Datorită costurilor mari de combustibil și a emisiilor de dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>), multe industrii auto se concentrează pe găsirea unei surse alternative de energie pentru a reduce costurile de energie ale combustibilului și pentru a îmbunătăți performanțele motorului. Industria manifestă un mare interes pentru generatoarele termoelectrice (Espinosa et al., 2010; Crane și LaGrandeur, 2010; Orr et al., 2017; Cao et al., 2018; Mostafavi și Mahmoudi, 2018; Haidar și Ghajel, 2001;

Yang, 2005; LaGrandeur et al., 2006), pentru a transforma căldura pierdută de gazul de evacuare, emis din motorul cu combustie internă (IC), în energie electrică. Într-un vehicul de pasageri, doar 25% din energia provenită din combustia combustibilului este utilizată pentru mobilitatea vehiculelor și accesoriile care circulă, în timp ce 40% este risipit ca gaz de evacuare (Espinosa et al., 2010; Crane și LaGrandeur, 2010; LaGrandeur et al., 2006; Tang et al., 2015). În schimb, cantitatea de căldură emisă din sistemul de evacuare este foarte mare și ar putea varia de la 100 °C la 800 °C cu o putere termică de până la 10 kW, în funcție de viteza vehiculului și categoria de combustibil (Yang, 2005). Această cantitate mare de căldură ar putea fi considerată o sursă valoroasă pentru a genera energie durabilă și suficientă. Astfel, transformarea căldurii emise va fi soluția principală pentru a îmbunătăți performanța motorului și a alimenta dispozitive electronice suplimentare, cum ar fi sisteme de navigație, frânare electronică, controlare suplimentare

de antrenare / caroserie, controale de stabilitate, telematică și sisteme de evitare a coliziunii pe vehicule convenționale și hibride. De asemenea, acest lucru va reduce poluarea atmosferică și costurile cu energia electrică (Tang *et al.*, 2015). Multe industrii auto internaționale se concentrează pe acest domeniu precum BMW (Crane și LaGrandeur, 2010; LaGrandeur *et al.*, 2006), Ford (Hussain *et al.*, 2009), Renault (Espinosa *et al.*, 2010) și Honda (Mori *et al.*, 2011).

Schimbătorul de căldură permite transferul gazelor de la convertorul catalitic la toba de evacuare Fig. 5 (a). Schimbătoarele de căldură sunt prezentate sub două forme: plane și cilindrice. Amplasarea TEG-urilor pe suprafața schimbătorului de căldură de eșapament a fost cea mai citată în literatura de specialitate din cauza temperaturii ridicate generate (Orr *et al.*, 2017; LaGrandeur *et al.*, 2006; Mori *et al.*, 2011; Yu și Chau, 2009 ; Crane *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2016). Modulele TE sunt conectate sub formă de matrice la suprafața sistemului de evacuare. Căldura care trece prin orificiul de evacuare furnizează energie termică pentru plăcile fierbinți ale TEG-urilor. Fig. 5 (b) prezintă amplasarea a 32 de module TEG, cu 24 TC fiecare, pe o tobă de evacuare plată (Mori *et al.*, 2011).

### 2.7. În domeniul aerospațial

TEG-urile, sau RTG-urile pentru generatoare termoelectrice radioizotopice, sunt utilizate pe scară largă în aplicațiile aerospațiale, cum ar fi activități spațiale, sateliții și sondele spațiale. RTG-urile folosesc căldura degajată de degradarea naturală a unor materiale radioactive pentru a o transforma în electricitate.

În 1989, NASA a lansat primul GPHS-RTG modular (GPHS for General Purpose Heat Source) pe nava spațială Galileo (Bennett *et al.*, 1989). Un modul GPHS-RTG, alimentat de Pu-238, asigură 285 W de energie termică.

Proiectarea RTG a fost similară cu cea utilizată pentru SNAP-19 pentru misiunile Pioneer-10 și Viking. Mai mult, designul bazat pe MMRTG a fost dezvoltat pentru a reduce degradarea termoelectrică găsită în studiile anterioare. Studiul s-a concentrat pe reducerea diametrului picioarelor P și N (5,9 mm și respectiv 4,67 mm pentru picioarele N și P, comparativ cu 9,575 mm și respectiv 6,858 mm pentru picioarele N și P pentru cuplul Pioneer). De asemenea, MMRTG folosește PbSnTe ca material de conectare pe partea caldă și crește temperatura plăcii calde a piciorului P la baza TAGS până la 121,11 °C, prin creșterea grosimii piciorului P.

### 3. Concluzii

Generatoarele termoelectrice și-au dovedit utilitatea în dispozitivele cu putere redusă și chiar de mare putere, precum și în aplicații miniaturizate, în funcție de gama de energie generată, de materiale și de procesul de fabricație. Au fost introduse multe aplicații, precum și sursele lor de energie și raportul economic al costurilor, cum ar fi rețelele de senzori wireless (WSNs), dispozitivele portabile și implantabile (aplicații medicale), dispozitive electronice industriale, automobile și aplicații aerospațiale. Mai mult, potrivit Research and Markets, dimensiunea pieței generatoarelor termoelectrice este de așteptat să crească de la 460 mil. USD în 2019 la 741 mil. USD până în 2025 (cu o rată anuală de creștere compusă de 8,3%) (piețe, 2019). Cu peste 500 de lucrări științifice publicate în fiecare an, sectorul auto este supus să conducă piața TEG-urilor, precum și R&D pentru TEG-uri cu film subțire. Una dintre problemele întâlnite în studiile menționate este rezistențele termice parazite generate de pierderile de căldură termică, în special pentru aplicațiile cu temperaturi ridicate, care scad semnificativ performanțele de conversie. De asemenea, cercetătorii încearcă să îmbunătățească eficiența conversiei, folosind noi tehnologii, miniaturizare, creșterea numărului de

termocuple, limitând rezistențele parazite etc., dar ignorăm necesitatea optimizării în termeni de proiectare a modulelor TE și a picioarelor TC pentru a avea rezistență internă mai mică pentru a oferi o putere electrică mai mare a unor astfel de dispozitive, fiind necesară utilizarea de noi materiale TE cu factor de putere mare sau creșterea numărului de TC. De fapt, rezistența electrică internă a modulelor TEG joacă rolul principal pentru a furniza o energie electrică mai mare, care depinde, de asemenea, în primul rând de dimensiunile TC și ale conectorilor.

### BIBLIOGRAFIE

- Chen Y.-W., Wu C.-C., Hsu C.-C., Dai C.-L. (2018), *Fabrication and testing of thermoelectric CMOS-MEMS microgenerators with CNCs film*, Applied Science **8(7)**:1047-1059.
- Glatz W., Schwyter E., Durrer L., Hierold C. (2009), *Bi2Te3-based flexible micro thermoelectric generator with optimized design*, Journal of Microelectromechanical Systems **18(3)**:763-772.
- Gierth P., Rebenklau L., Augsburg K., Bachmann E., Niedermeyer L. (2018), *Novel thermocouples for automotive applications*, Journal of Sensors and Sensor Systems **7**:43-49.
- Hasebe S., Ogawsa J., Shiozaki M., Toriyama T., Sugiyama S., Ueno H., Itoigawa K. (2004), *Polymer based smart flexible thermopile for power generation*, în: 17th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems. Maastricht MEMS 2004 Technical Digest, Maastricht, Olanda.
- Huu T. N., Van T. N., Takahito O. (2018), *Flexible thermoelectric power generator with Y-type structure using electrochemical deposition process*, Applied Energy **210**:467-476.
- Kao P.-H., Shih P.-J., Dai C.-L., Liu M.-C. (2010), *Fabrication and characterization of CMOS-MEMS thermoelectric micro generators*, Sensors **10(2)**:1315-1325.
- Leonov V. (2013), *Thermoelectric energy harvesting of human body heat for wearable sensors*, IEEE Sensors Journal **13(6)**:2284-2291.
- Li Y., Buddharaju K., Singh N., Lo G. Q., Lee S. J. (2011), *Chip-level thermoelectric with top-down CMOS technology*, IEEE Electron Device Letters **32(5)**:674-676.
- Markowski P., Dzedzic A. (2008), *Planar and three-dimensional thick-film thermoelectric microgenerators*, Microelectronics Reliability **48**:890-896.
- Proto A., Bibbo D., Cerny M., Vala D., Kasik V., Peter L., Conforto S., Schmid M., Penhaker M. (2018), *Thermal energy harvesting on the bodily surfaces of arms and legs through a wearable thermoelectric generator*, Sensors **18(6)**:1-17.
- Qing S., Rezania A., Rosendahl L., Enkeshafi A., Gou X. (2018), *Characteristics and parametric analysis of a novel flexible ink-based thermoelectric generator for human body sensor*, Energy Conversion and Management **156**:655-665.
- Sawires E. F., Eladawy M. I., Ismail Y. I., Abdelhamid H. (2018), *Thermal resistance model for standard CMOS thermoelectric generator*, IEEE Access **6**:8123-8132.
- Thelemann T., Thust H., Hintz M. (2002), *Using LTCC for microsystems*, Microelectronics International **19(3)**:19-23.
- Yan J., Liao X., Ji S., Zhang S. (2019), *MEMS-based thermoelectric-photoelectric integrated power generator*, Journal of Microelectromechanical Systems **28(1)**:1-3.
- Yang M.-Z., Wu C.-C., Dai C.-L., Tsai W.-J. (2013), *Energy harvesting thermoelectric generators manufactured using the complementary metal oxide semiconductor process*, Sensors **13**:2359-2367.
- Ziouche K., Yuan Z., Lejeune P., Lasri T., Leclercq D., Bougrioua Z. (2017), *Silicon-based monolithic planar micro thermoelectric generator using bonding technology*, Journal of Microelectromechanical Systems **26(1)**:45-47.



# CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND INFLUENȚA NANOPARTICULELOR DE $TiO_2$ ASUPRA PROPRIETĂȚILOR FIZICO-MECANICE ALE COMPOZITELOR CEMENTOASE

**Elvira GREBENIȘAN**

INCD URBAN-INCERC Sucursala Cluj-Napoca,  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de  
Construcții

**Andreea HEGYI**

INCD URBAN-INCERC Sucursala Cluj-Napoca

**Adrian-Victor LAZĂRESCU**

INCD URBAN-INCERC Sucursala Cluj-Napoca

## Abstract

Urban constructions are subject to deterioration and degradation due to the action of external factors, pollutants from air, water, compounds resulting from the combustion of fuels used for heating and transport, etc. currently, worldwide, the possibility of building cementitious composite materials with self-cleaning properties is reported due to the photocatalytic capacity of  $TiO_2$  nanoparticles, used as an addition or as a substitute for a part of cement. The aim of this paper is to present experimental research on the influence of the introduction of titanium dioxide nanoparticles ( $TiO_2$ ) on some physico-mechanical properties of cementitious composites. Experimental research has been carried out on cementitious composite material containing  $TiO_2$  nanoparticles, respectively, the evolution of the following parameters was analyzed: outlet time, apparent density, absolute density, porosity, water absorption, water absorption by capillarity and white degree. The main objective of this study was to analyze the influence of the presence of titanium dioxide ( $TiO_2$ ) nanoparticles

on the physico-mechanical properties of cementitious composites.

**Key words.**  $TiO_2$  nanoparticles, physico-mechanical properties, self-cleaning composites.

## 1. Context

Construcțiile din mediul urban sunt supuse deteriorării și degradării datorată acțiunii factorilor externi, poluanților din aer, apă, compușilor rezultați din arderea combustibililor utilizați pentru încălzire și transport etc. În prezent, la nivel mondial, este raportată posibilitatea realizării unor materiale compozite cementoase cu proprietăți de autocurățare datorită capacității fotocatalitice ale nanoparticulelor de  $TiO_2$ , utilizat ca adaos sau ca substituent a unei părți de ciment. De asemenea a crescut gradul de conștientizare cu privire la importanța durabilității construcțiilor și, astfel, s-a simțit nevoia unui material cu proprietăți de autocurățare folosit în special în zonele urbane, pentru a asigura un mediu mai curat și pentru a reduce costurile de întreținere. Utilizarea acestui tip de materiale conduce la reducerea costurilor de întreținere, spălare, reparații, reducerea poluării datorită capacității acestora de a descompune substanțele organice și anorganice, reducerea poluării ca urmare a creșterii duratei de exploatare și a creșterii intervalelor de timp de la o lucrare de întreținere/mentenanță la următoarea și creșterea durabilității construcțiilor.

Cercetările din literatura de specialitate, până în prezent au arătat că, în general, este recomandat ca nanoparticulele de  $TiO_2$  să fie adăugate uscate prin amestecarea directă cu pulberea de ciment, ulterior adăugându-se apa de hidratare. Aceasta nu reacționează chimic cu nici o formă cristalografică a dioxidului de titan și nici nu are loc o reacție între nanoparticulele fotosensibile cu fazele cimentului, prin urmare reacțiile de hidratare hidroliză nu sunt influențate (Folli, 2010).

O serie de cercetări au pus în evidență că introducerea nanoparticulelor de  $TiO_2$

influențează proprietățile betonului proaspăt. Primul efect observat la prepararea mortarelor pe bază de ciment și a betonului este creșterea necesarului de apă pentru atingerea consistenței standard (Janus *et al.*, 2016; Zhao *et al.*, 2015). Unele cercetări arată că, înlocuirea cimentului cu maxim 1%  $TiO_2$  nu influențează în mod semnificativ fluiditatea mortarului pe bază de ciment (Kadri *et al.*, 2002).

În ceea ce privește influența cantității de nanoparticule de  $TiO_2$  introduse, din punct de vedere al lucrabilității putem spune că aceasta scade cu creșterea procentului de nanoparticule de  $TiO_2$  introdus în pasta de ciment. Astfel, procentul de nanoparticule introdus a fost de: 0, 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 4 și 5% (Rashad, 2015). Totuși, unele cercetări au indicat faptul că înlocuirea cimentului cu maxim 1%  $TiO_2$ , raportat masiv, nu influențează semnificativ fluiditatea mortarului pe bază de ciment (Sorathiya *et al.*, 2017).

La introducerea procentelor de nanoparticule de  $TiO_2$  de 0,5 și 10% ; de 0, 0,5, 1, 1,5 și 2% și de 0,5, 7 și 10%, s-a observat că timpul inițial și final de priză scade cu creșterea conținutului de nanoparticule de  $TiO_2$  (Rashad, 2015).

Scăderea atât a lucrabilității cât și a timpului de priză odată cu creșterea cantității de nanoparticule de  $TiO_2$  introduse în pasta de ciment, se pot explica prin efectul catalizator pe care îl au nanoparticulele asupra reacției de hidratare a cimentului și prin aceea că acestea pot funcționa ca potențiale nuclee de acumulare a produșilor de hidratare.

Literatura de specialitate indică o reducere a porozității pe măsură ce cantitatea de nanoparticule din amestecul cementos crește, modificarea dimensiunilor și orientării cristalelor de produși de hidratare ai cimentului și formarea unei cantități mai mare de gel de hidrosilicat de calciu C-H-S (Janus *et al.*, 2016; Sorathiya *et al.*, 2017).

Odată cu creșterea cantității de nanoparticule introduse are loc și reducerea absorbției de apă, 0,5% fiind optimul de adaos de

nanoparticule dacă se evaluează absorbția de apă la vârsta de 28 zile și 90 zile a compozitului. Dacă este evaluată absorbția de apă la 7 zile de la turnare, cantitatea optimă de adaos de nanoparticule de  $TiO_2$  optimă este de 4%. Cu toate acestea, dacă se evaluează absorbția de apă la 2 zile de la turnare, adaosul de nanoparticule de  $TiO_2$  crește procentul de absorbție de apă (Rashad, 2015).

Scopul acestei lucrări este de a prezenta cercetări experimentale privind influența introducerii nanoparticulelor de dioxid de titan ( $TiO_2$ ) asupra unor proprietăți fizico-mecanice ale compozitelor cementoase.

## 2. Materiale și metode

În cadrul laboratorului INCERC Sucursala Cluj-Napoca au fost efectuate cercetări experimentale pe material compozit cementos cu conținut de nanoparticule de  $TiO_2$ , respectiv s-a analizat evoluția următorilor parametrii: timpul de priză, densitatea aparentă, densitatea absolută, porozitatea, absorbția de apă, absorbția de apă prin capilaritate și gradul de alb.

În acest scop, metodologia de lucru a constat în prepararea compozitelor cementoase pe bază de ciment Portland alb CEM I 52,5R cu adaos de nanoparticule de  $TiO_2$  Degussa P25, păstrând constant raportul apă:amestec uscat = 0,5. Cantitatea de nanoparticule de  $TiO_2$  introdusă la prepararea compozitelor cementoase a fost: 0% (mortar), 1%, 2%, 3%, 3,6%, 4%, 5%, 6%, 10% și 12% (procente raportate la cantitatea de ciment uscat).

Pe amestecurile proaspete s-a determinat timpul de priză (începutul și sfârșitul acesteia), conform SR EN 196-3:2017. Concomitent, s-au realizat epruvete cu dimensiuni de 130x85x10mm. Epruvetele s-au condiționat timp de 24 de ore în tipare, la temperatura de 20°C și umiditatea de 90%, fără lumină. După decofrare epruvetele au fost imersate complet în apă, la temperatura de 20°C, fără lumină, timp de 27 de zile. După maturarea epruvetelor s-au determinat densitatea aparentă (SR EN 1015-

10:2002+A1:2007), densitatea absolută (SR EN 1907-6: 2013), porozitatea (ca raport dintre diferența densității absolute și a celei aparente și densitatea absolută), absorbția de apă, absorbția de apă prin capilaritate (SR EN 1015-18: 2003), și gradul de alb prin măsurare directă cu leucometru portabil tip WSB-1, pe probe expuse la lumină naturală, în condiții de laborator, ca

fracțiune absorbită a luminii îndreptate spre suprafața de analizat. Măsurarea gradului de alb s-a efectuat inițial fără expunerea epruvetelor la acțiunea radiațiilor UV, după care acestea au fost expuse 24 ore la acțiunea razelor UV și s-a repetat măsurarea gradului de alb. Expunerea la acțiunea UV s-a realizat într-o încălț având 4 becuri UVA (Fig. 1)



Fig. 1. Dispozitiv testare UV.

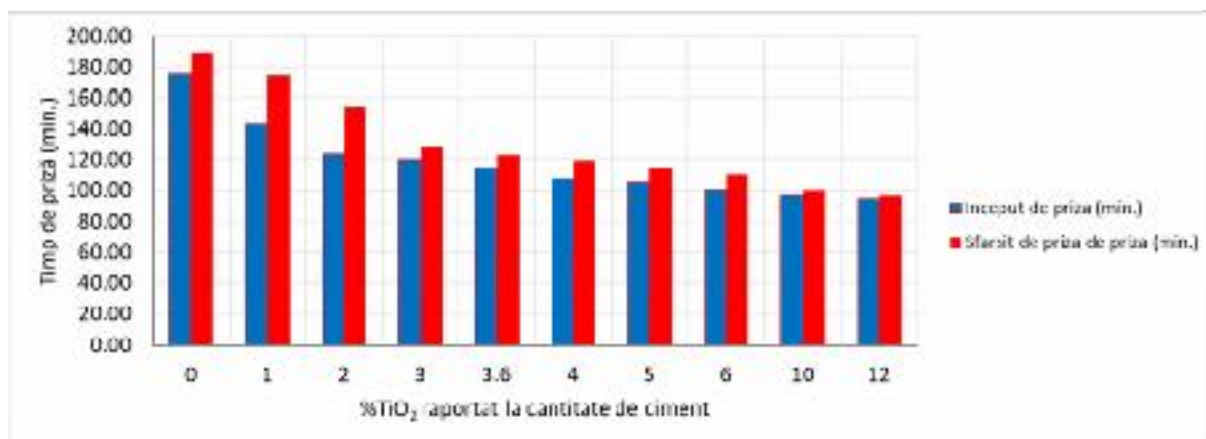


Fig. 2. Determinarea timpului de priză.

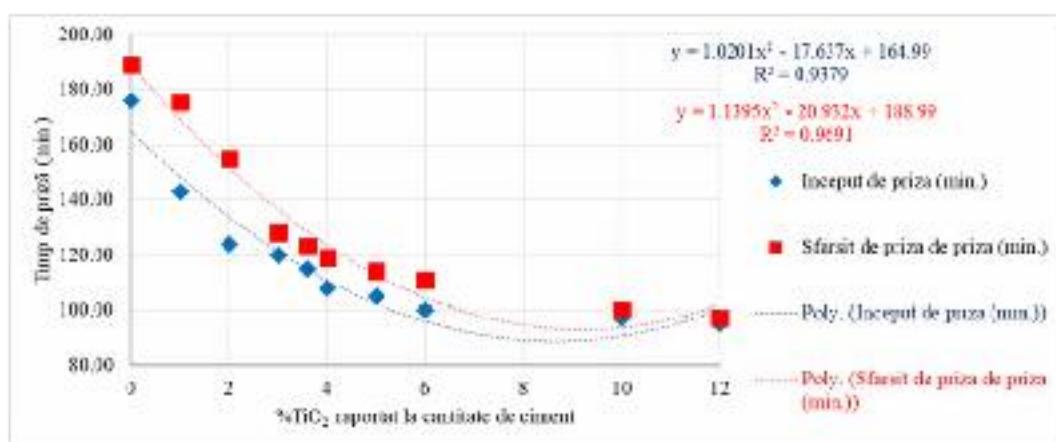


Fig. 3. Funcția polinomială de stabilire a timpului de priză

### 3. Rezultate și discuții

Obiectivul principal al acestui studiu a fost de a analiza influența prezenței nanoparticulelor de dioxid de titan ( $\text{TiO}_2$ ) asupra proprietăților fizico-mecanice ale compozitelor cementoase.

Rezultatele obținute experimental sunt prezentate în Fig. (2-12).

Din punct de vedere al influenței nanoparticulelor de  $\text{TiO}_2$  asupra timpului de priză, se poate spune că:

- odată cu creșterea cantității de nanoparticule de  $\text{TiO}_2$  în amestecul cementos, timpul de priză, atât cel inițial cât și cel final, scad (Fig. 2). Această evoluție a timpilor de priză înregistrați poate fi definită de funcții polinomiale de gradul 2 (Fig. 3), cu un coeficient suficient de mare de precizie ( $R^2 = 0,9379$ , respective  $0,9691$ ) pentru a putea fi utilizate pentru aprecierea timpului inițial, respective a timpului final de priză pentru amestecuri cementoase realizate cu alt conținut de nanoparticule de  $\text{TiO}_2$ , în condițiile păstrării condițiilor de preparare prezentate anterior.
- cu cât adaosul de nanoparticule este mai mare, cu atât diferența între începutul și sfârșitul prizei este mai redusă, ceea ce semnifică o puternică influență a nanoparticulelor de  $\text{TiO}_2$  asupra prizei compozitelor cementoase. Influența adaosului de nanoparticule asupra timpilor de priză este în concordanță cu unele specificații din literatura de specialitate și, probabil, apare ca urmare a accelerării proceselor de hidratare-hidroliză și a funcționării nanoparticulelor drept nuclee de formare și creștere a rețelei de produși de hidratare – hidroliză specifică prizei cimentului.

În ceea ce privește densitatea aparentă în stare întărită a compozitelor cementoase (Fig. 4), se observă că aceasta nu variază

proporțional cu conținutul de nanoparticule de  $\text{TiO}_2$ . Totuși, se înregistrează un interval constant de valori mari în domeniul de concentrație de nanoparticule (3.6% - 5%), după care se observă o tendință constantă de scădere a parametrului. Aceste rezultate sunt în corelație cu raportările din literatura de specialitate.

Rezultatele experimentale indică faptul că, de asemenea, densitatea absolută a materialelor cementoase cu adaos de nanoparticule de  $\text{TiO}_2$  (Fig. 5) nu variază proporțional cu conținutul de nanoparticule.

Porozitatea (Fig. 6) a fost determinată prin calcul pe baza valorilor obținute experimental pentru densitatea aparentă și densitatea absolută, pentru fiecare rețetă în parte. Astfel, s-a observat că valoarea cea mai mică a porozității s-a obținut pentru un conținut de nanoparticule de  $\text{TiO}_2$  de 3,6% raportat la cantitatea de ciment, iar cea mai mare valoare a fost obținută atunci când s-au adăugat în amestec 6% nanoparticule de  $\text{TiO}_2$  raportat la cantitatea de ciment. Nu s-a putut identifica nici o funcție care să indice variația porozității în funcție de cantitatea de nanoparticule de  $\text{TiO}_2$  introdusă în amestec.

La determinarea absorbției de apă s-a observat că valoarea cea mai mică a procentului de absorbție de apă este dată de adaosul unei cantități de 4% nanoparticule de  $\text{TiO}_2$  raportat la cantitatea de ciment, iar valoarea cea mai mare a procentului de absorbție de apă este dată de adaosul unei cantități de 12% nanoparticule de  $\text{TiO}_2$  (Fig. 8). Variația absorbției de apă în raport cu cantitatea de nanoparticule introduse în matricea cementosă poate fi exprimată printr-o funcție polinomială de ordinul 4 (Fig. 7). În mod similar, absorbția de apă prin capilaritate (Fig. 9) prezintă un minim pentru situația în care adaosul de nanoparticule de  $\text{TiO}_2$  este 4% raportat la cantitatea de ciment, iar maximum pentru situația în care adaosul de nanoparticule reprezintă cantitativ 10% în raport cu cantitatea de ciment.

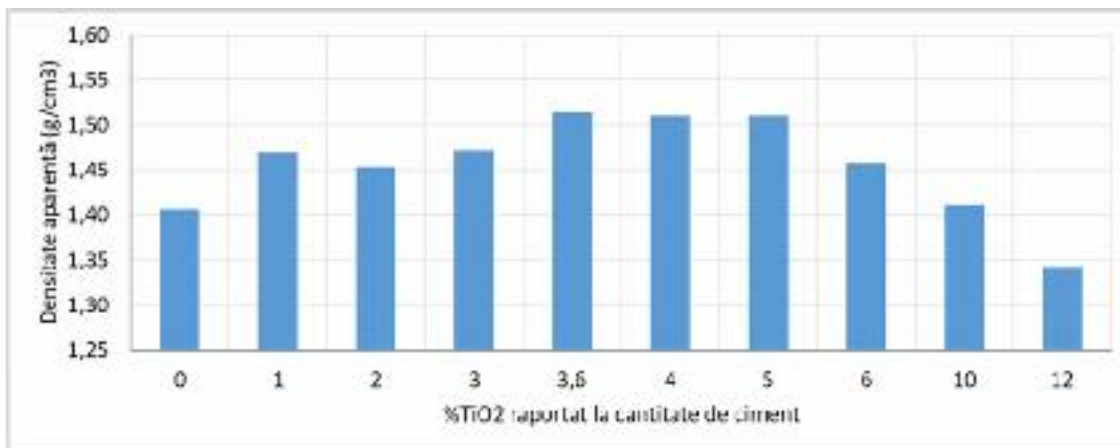


Fig. 4. Densitate aparentă.

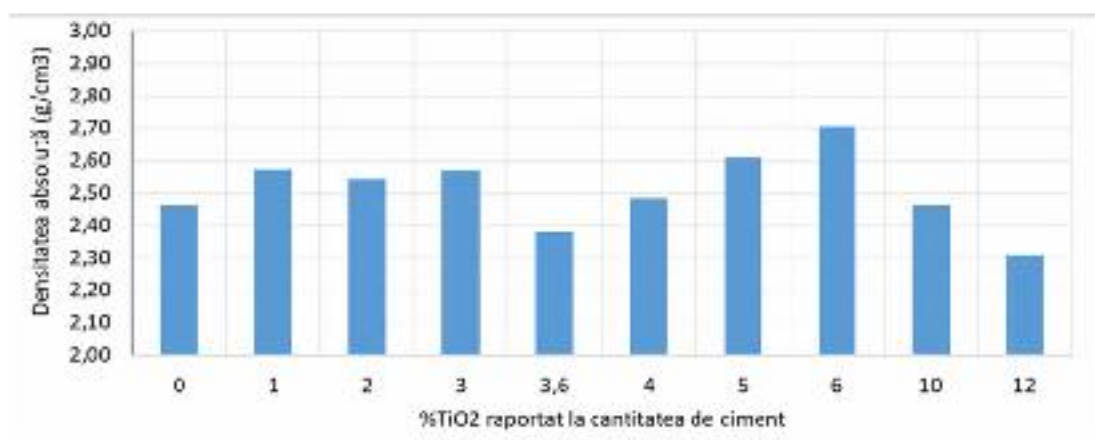


Fig. 5. Densitate absolută.

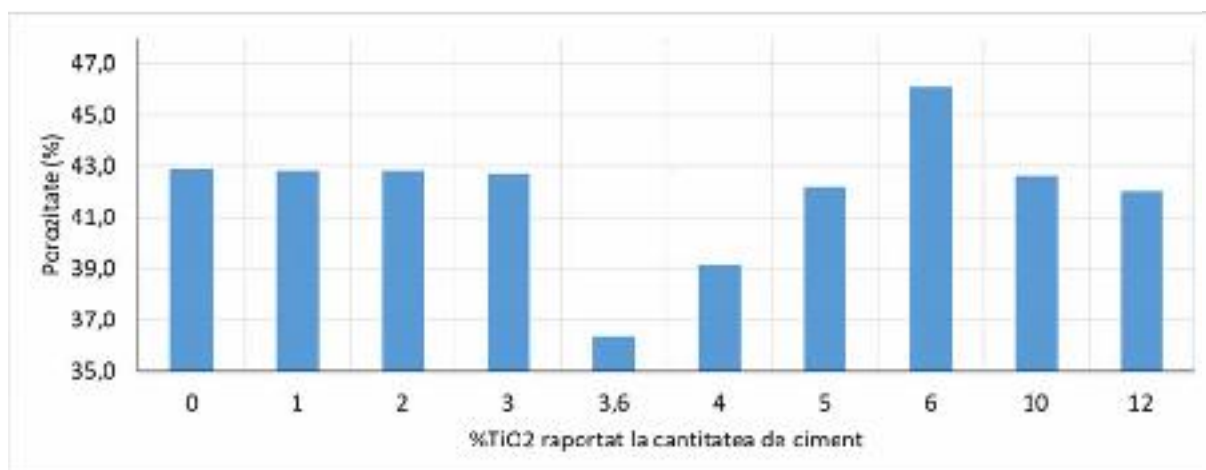


Fig. 6. Determinarea porozității.

În ceea ce privește gradul de alb, s-a observat că, pentru o aceeași compoziție cimentoasă cu adaos de nanoparticule de  $TiO_2$ , comparând gradul de alb înregistrat inițial cu cel

înregistrat după expunere 24 ore la acțiunea razelor UV, acesta crește pentru toate cazurile analizate (Fig. 10). Totuși, se remarcă faptul că, în intervalul de adaos de 1 - 4%  $TiO_2$  variația



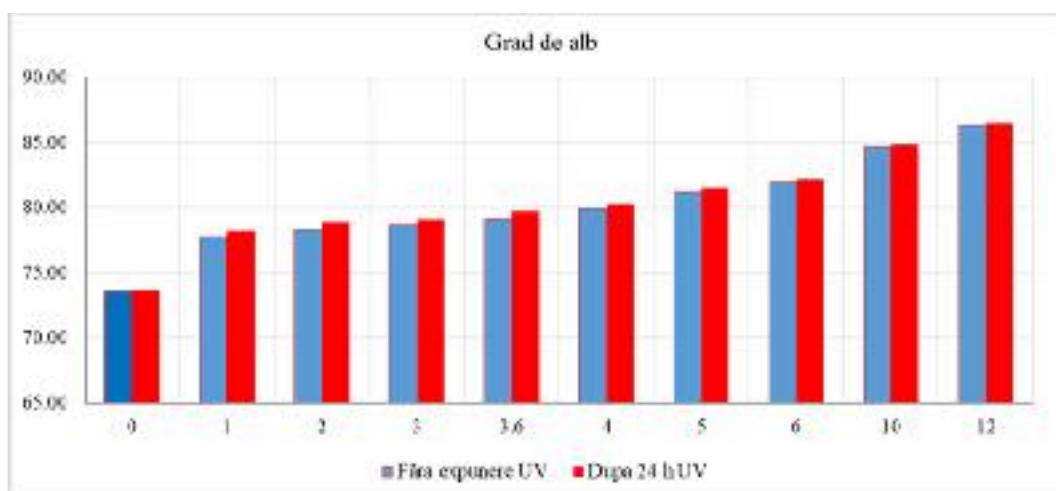


Fig. 10. Determinarea gradului de alb.

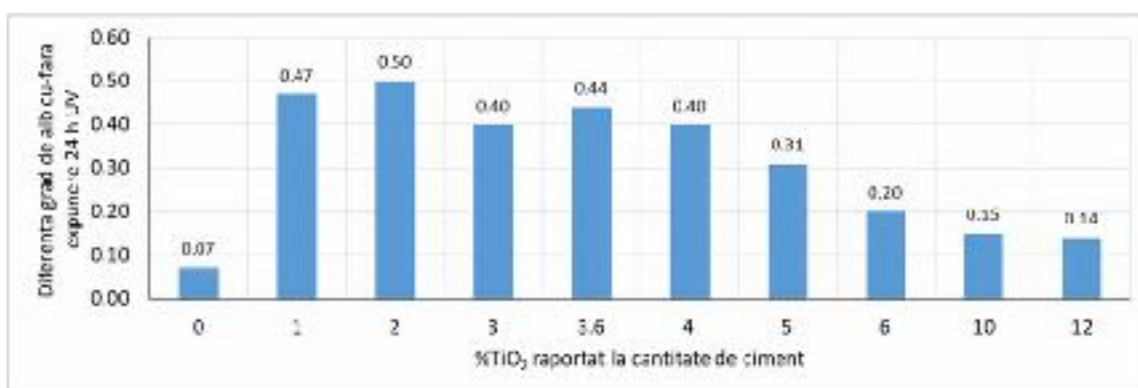


Fig. 11. Diferența între probele expuse și neexpuse la acțiunea UV.

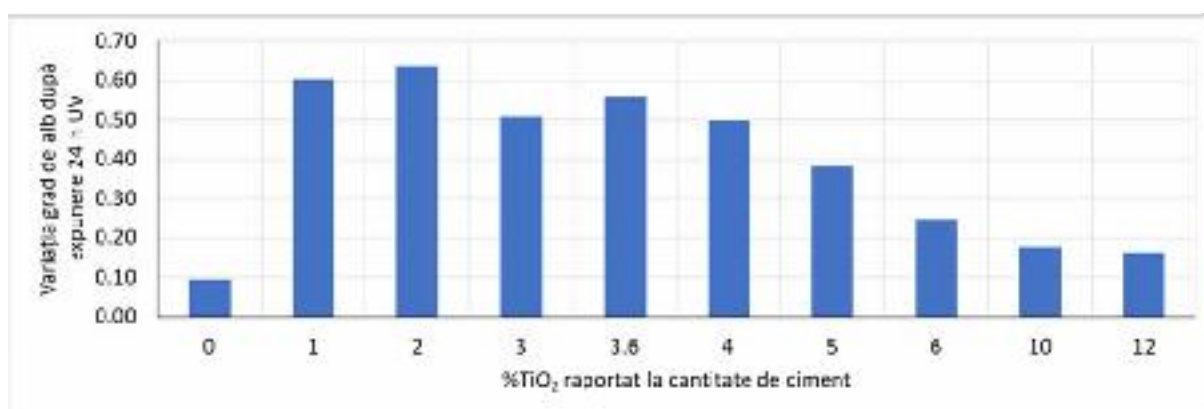


Fig. 12. Variația gradului de alb.

Variația gradului de alb în raport cu valoarea inițială (Fig. 12) reprezintă o măsură a eficienței adaosului de nanoparticule asupra acestui parametru. Astfel, se poate observa că adaosuri de 1 – 4% TiO<sub>2</sub> oferă o creștere

de minim 50% a gradului de alb prin fotoactivare, iar adaosuri mai mari de nanoparticule, nu doar că nu sunt mai eficiente, ci, chiar sunt defavorabile evoluției acestui parametru.

#### 4. Concluzii

Rezultatele experimentale au arătat următoarele:

- odată cu creșterea cantității de nanoparticule de  $TiO_2$  în amestecul cementos, timpul de priză, atât cel inițial cât și cel final, scade.
- în ceea ce privește densitatea aparentă în stare întărită a compozitelor cementoase, se observă că aceasta nu variază proporțional cu conținutul de nanoparticule de  $TiO_2$ .
- densitatea absolută a materialelor cementoase cu adaos de nanoparticule de  $TiO_2$  nu variază proporțional cu conținutul de nanoparticule.
- porozitatea nu variază proporțional cu conținutul de nanoparticule de  $TiO_2$  introduse.
- variația absorbției de apă în raport cu cantitatea de nanoparticule introduse în matricea cementosă poate fi exprimată printr-o funcție polinomială de ordinul 4.
- În ceea ce privește gradul de alb, s-a observat că, pentru o aceeași compoziție cementoasă cu adaos de nanoparticule de  $TiO_2$ , comparând gradul de alb înregistrat inițial cu cel înregistrat după expunere 24 ore la acțiunea razelor UV, acesta crește pentru toate cazurile analizate. Variația gradului de alb în raport cu valoarea inițială reprezintă o măsură a eficienței adaosului de nanoparticule asupra acestui parametru.

Este esențial necesar identificarea intervalului optim de concentrație de nanoparticule, astfel încât să se realizeze un raport optim între beneficiu și costuri, respectiv o fotoactivare cu randament

maxim, în condițiile păstrării celorlalte proprietăți fizico-mecanice ale materialului cementos, concomitent cu un cost rezonabil în raport cu beneficiile. Această concluzie este în concordanță cu unele specificații din literatura de specialitate (Folli 2010; Rashad, 2015).

#### BIBLIOGRAFIE

- Folli A. (2010), *TiO<sub>2</sub> photocatalysis in Portland cement systems: fundamentals of self-cleaning effect and air pollution mitigation*, Teză de doctorat, Universitatea din Milano, Italia.
- Janus M., Zajac K. (2016), *Concretes with Photocatalytic Activity, High Performance Concrete Technology and Applications*, InTech pag. 141-161.
- Kadri E. H., Duval R. (2002), *Effect of Ultrafine Particles on Heat of Hydration of Cement Mortars*, ACI Materials Journal **99(2)**: 138-142.
- Rashad A. M. (2015), *A synopsis about the effect of nano-titanium dioxide on some properties of cementitious materials - a short guide for civil engineer*, Reviews on Advanced Materials Science **40**:72-88.
- Sorathiya J. V., Shah S. G., Kacha S. M. (2017), *Effect on Addition of Nano "Titanium Dioxide" (TiO<sub>2</sub>) on Compressive Strength of Cementitious Concrete*, International Conference on Research and Innovations in Science, Engineering & Technology, India **1**: 219-225.
- Zhao A., Yang J., Yang E. H. (2015), *Self-cleaning engineered cementitious composites*, Cement and Concrete Composites **64**: 74-83.

# TEHNOLOGII DE REALIZARE A MATE- RIALULUI GEOPOLIMER CU SAU FĂRĂ TRATAMENT TERMIC

**Brăduț Alexandru IONESCU**

INCD URBAN-INCERC, Sucursala Cluj-Napoca,  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de  
Construcții

**Adrian-Victor LAZĂRESCU**

INCD URBAN-INCERC, Sucursala Cluj-Napoca

**Andreea HEGYI**

INCD URBAN-INCERC, Sucursala Cluj-Napoca

## Abstract

The term geopolymer was originally introduced by the French chemist Davidovits, representing a wide range of anorganic materials. According to him, among the nine different classes of geopolymers, geopolymer concrete is of particular interest, consisting of materials containing aluminosilicates that could be used to completely replace the amount of Portland cement in ordinary concrete. The aim of this study is to present relevant data in the field of alkali-activated geopolymer materials regarding the production of this type of materials using both ambient and heat curing and studying the differences between the two procedures.

**Key words.** geopolymers, fly ash, curing time.

## 1. Context

La începutul anilor 1940, o combinație de câteva materiale zeolitice și soluții alcaline au fost utilizate pentru producerea cimenturilor activate alcalin cu tratament termic și durată, cum ar fi un amestec de zgură de fumal cu hidroxid de sodiu, dar și cenușă de termocentrală. Multitudinea de materii prime cu care se pot obține materiale activate alcalin

este una destul de ridicată. Acestea se pot realiza din minerale de origine naturală, precum caolinul sau metakaolinul (caolin ars), diatomitul sau din subproduse industriale precum zgura de furnal granulată din industria siderurgică și cenușa zburătoare obținută prin arderea cărbunelui, fapt care transformă tratamentul termic într-un parametru esențial în dezvoltarea unor astfel de materiale alternative.

## 2. Metode de realizare a materialului geopolimer

Procedurile de tratament termic a materialelor geopolimere la diferite temperaturi și durate pot fi rezumate după cum urmează (Roy, 1999):

- Întărire la o temperatură ambientală** - geopolimerii pot fi proiectați pentru a se întări la o temperatură ambientală prin o alegere adecvată a liantului și a reactivului. Orice proceduri care cresc temperatura amestecului proaspăt sau întărit vor compensa evident efectele temperaturilor ambientale scăzute;
- Întărire accelerată** - betonul geopolimer câștigă rapid rezistența în cazul în care se face o întărire cu abur sau încapsulat și uscat la temperaturi ridicate;
- Întărire umedă** - metode de întărire care permit cantități excesive de apă liberă în contact cu suprafața betonului geopolimer nu sunt recomandate, deoarece apa produce o diluare a soluției alcaline.

Se poate afirma că cele două metode de realizare a betonului geopolimer cu tratament termic, la anumite temperaturi și durată de expunere și fără tratament termic, doar la temperatură ambientală sunt optime pentru dezvoltarea de astfel de materiale, având totodată și proprietăți mecanice crescute.

## 3. Rezultate și discuții

Cimentul geopolimer a fost raportat ca având proprietăți mecanice foarte bune cu tratamente termice la diferite temperaturi și anumite durate

de tratament termic. Unii cercetători profitând de temperaturile ridicate din țările lor, au studiat comportarea betonului geopolimer fără tratament termic, doar la temperatura ambientală.

Deși tratarea geopolimerilor este efectuată în mod normal în cuptoare electrice, cu toate acestea, s-au observat multe metode alternative de încălzire a geopolimerului pentru a obține rezultate bune. Unii cercetători au arătat că, folosind cuptoare cu microunde reduc durata tratamentului termic în cuptoare (Chatveera și Makul, 2012), precum și o preîncălzire a soluției alcaline înainte de amestecare ar crește rezistența betonului geopolimer (Dutta *et al.*, 2012). Cu toate acestea, tratamentul termic în cuptoare este, uzual, cea mai utilizată metodă pentru producția de geopolimer.

Cercetările efectuate pe betoane geopolimere au prezentat că întărirea termică este adoptată pentru temperaturi cuprinse între 30 și 90°C în primele 24 ore de la turnare, și duce la o dezvoltare rapidă a rezistenței la compresiune. Rezistența la compresiune la 6 ore este aproape direct proporțională cu temperatura de întărire (de la 50°C la 90°C, existând un vârf exoteric mare, ascuțit după aproximativ 0,5-1 ore de la întărire).

Conform literaturii de specialitate, s-a observat că betonul geopolimer pe bază de cenușă zburătoare cu un conținut scăzut de calciu nu prezintă o reacție exotermă în primele 25 de ore de la turnare, la temperatura camerei, în timp ce materialul geopolimer pe bază de matakaolin prezintă o relație directă între reacția exotermă și creșterea rezistenței la compresiune. Părerile sunt împărțite în ceea ce privește temperatura și durata tratamentului termic asupra proprietăților betonului geopolimer întărit.

S-a raportat (Sindhunata *et al.*, 2006) că întărirea la temperaturi de (30-75°C) ajută la extinderea volumului total al porilor și a suprafeței care accelerează dizolvarea precursorului. Ei au observat, de asemenea, că la o temperatură mai mică (sub 30°C), liantul se formează cu

precipitarea speciilor dizolvate în loc de poli-condensare a silicului și aluminatului. De asemenea tratarea în matrice acoperite este mai benefică pentru dezvoltarea rezistenței decât tratarea uscată și tratarea cu abur. Matricele acoperite opresc evaporarea apei din geopolimer, oferind un mediu de apă pentru schimbul de ioni de siliciu și aluminiu în sinteză (Kovalchuk *et al.*, 2007). În studiul de mai sus, epruveta conservată în saci sigilați, a atins o rezistență maximă de 102,1 MPa, în timp ce epruveta uscată și epruveta vindecată cu aburi au înregistrat 31,8 MPa, respectiv 71 MPa.

Cercetările anterioare au indicat mai multe tipuri de tratament pentru geopolimer. Aceasta trebuie menținută între 40-60°C, pentru a se evita fisurile (Perera *et al.*, 2007). În plus, s-a constatat că, combinația dintre temperatura de 60°C și timpul de conservare de 48 de ore oferă o rezistență optimă pentru liant (Swanepoel *et al.*, 2002). Memon *et al.* (2011) a arătat că eșantioanele conservate la o temperatură de 70°C au rezistența maximă și au declarat că tratamentul termic mai lung (mai mult de 48 ore) nu este benefic pentru geopolimer. Thakur și Ghosh (2009) au afirmat că rezistența maximă obținută pentru eșantioanele lor de geopolimer care au fost conservate la 85°C timp de 48 de ore. Hou *et al.* (2009) a raportat ca și eficientă o întărire la temperatura de 65°C. Bakharev (2005) a constatat că, pentru geopolimerii pe bază de cenușă zburătoare, este benefic în mod semnificativ o depozitare la 23°C înainte de tratamentul termic la temperaturi de 75-95°C.

O perioadă de repaus de 24 de ore a crescut rezistența la compresiune, fiind echivalentă cu cea a unei probe expuse încontinuu la o temperatură ridicată. Chiar dacă, tratarea termică este esențială pentru stabilirea unui geopolimer pur pe bază de alumină-silicat (cenușă zburătoare clasa F sau matakaolin), materialele sursă de alumină-silicat bogate în calciu pot fi activate la temperatura camerei (tratarea ambientală).

Gao *et al.* (2015) a arătat că rezistența la compresiune a geopolimerului uscat la

temperatura camerei crește odată cu conținutul de zgură din amestec.

Proprietățile betonului geopolimer sunt influențate nu doar de durata tratamentului termic și temperatura tratamentului termic, ci și de cantitățile de activatori alcalini, de raportul dintre aceștia, de molaritatea utilizată în studiu, precum și de conținutul de Si și Al al adasurilor minerale utilizate în rețeta respectivă.

### 3.1. Efectele tratamentului termic asupra proprietăților geopolimerului

Cercetările efectuate pe pastă geopolimeră și mortare cu un tratament termic (între 30 și 90°C) au arătat o creștere a reacției chimice, ducând la o creștere a rezistenței la compresiune încă de la vârste fragede. (Van Jaarsveld *et al.*, 2002). Alți cercetători (Rovnaník, 2010) afirmă că o temperatură de tratament termic prea mare (de exemplu, peste 90°C) ar conduce la un geopolimer cu o structură poroasă datorită pierderii rapide de apă, provocând un efect negativ asupra final proprietăților mecanice ale geopolimerului.

Temperatura optimă a tratamentului termic s-a dovedit a fi în jur de 60-75°C, care ar putea în mod corespunzător să îmbunătățească procesul de geopolimerizare și o dezvoltare microstructurală adecvată (Chindaprasirt *et al.*, 2010).

Betonul geopolimer pe bază de cenușă zburătoare a fost studiat, de asemenea, în condiții diferite de conservare. Demie *et al.* (2011) and Reddy *et al.*, (2012) au constatat că rezistență bună la compresiune atunci când temperatura de tratament termic a fost în intervalul de 60 la 70°C, în timp ce un tratament termic suplimentar la temperaturi de 80 la 90°C conduce la o scădere a rezistenței betonului geopolimer. Cu toate acestea, Australian Standard (CA 3600:2009) și American Concrete Institute Codul de Construcții (ACI 318-11:2011), adoptă minimul de proiectare structurală standard pentru o coloană de beton armat cu un tratament termic la 60 °C timp de 24 de ore (Sumajouw *et al.*, 2007).

Se poate rezuma faptul că temperatura de conservare (tratament termic) este unul dintre factorii importanți care influențează rezistența geopolimerilor. Deși, temperaturi mai mari (peste temperatura camerei) dau o rezistență mai mare a geopolimerului, o temperatură prea mare ar putea provoca fisuri, ceea ce duce la o scădere a rezistenței acestuia. Pierderea rapidă de umiditate ar putea duce, de asemenea, la formarea de micro-cavități. Intervalul de temperatură de la 40 la 80°C în mod clar îmbunătățește proprietăți mecanice, dar cea optimă variază de la 40 la 60°C din punct de vedere economic (Hounsi *et al.*, 2013).

#### *Efectul temperaturii de întărire*

Rezistențele la compresiune la vârste fragede sunt aproape direct proporționale cu temperatura de întărire până la 90°C. De exemplu, un amestec obișnuit cu o întărire cu abur timp de 6 ore la 55°C are o rezistență la compresiune de 12 MPa, iar o întărire la 90°C timp de 6 ore are o rezistență de 90 MPa.

#### *Efectul timpului de întărire*

La orice temperatură de întărire, rezistența la compresiune crește cu timpul de întărire astfel încât, în final, toate vor avea o rezistență similară, independentă de temperatura de întărire. Betonul geopolimer continuă să crească rezistența odată cu vârsta în primele săptămâni după întărirea accelerată, dar rămâne constant după aceea.

#### *Întărirea la căldură*

Betonul geopolimer poate fi întărit termic uscat, dar probele trebuie să fie încapsulate sau cel puțin acoperite pentru a minimiza uscarea la suprafață.

### 3.2. Rezistențe la compresiune a geopolimerilor cu tratament termic la anumite temperaturi

Rezistențele la compresiune sunt influențate de timpul și temperatura tratamentul termic precum și de materiile prime utilizate. Omar *et al.* (2015) au prezentat rezultatele obținute privind rezistențe la compresiune a unor betoane

geopolimere, la diferite intervale de timp, după ce în prealabil au fost supuse unui tratament termic la o temperatură de 60°C timp de 24 ore.

Geopolimerii realizați au un conținut cenușă zburătoare, piatră spartă (D) și zgură de oțel (S), soluții de silicat de sodiu și hidroxid de sodiu.

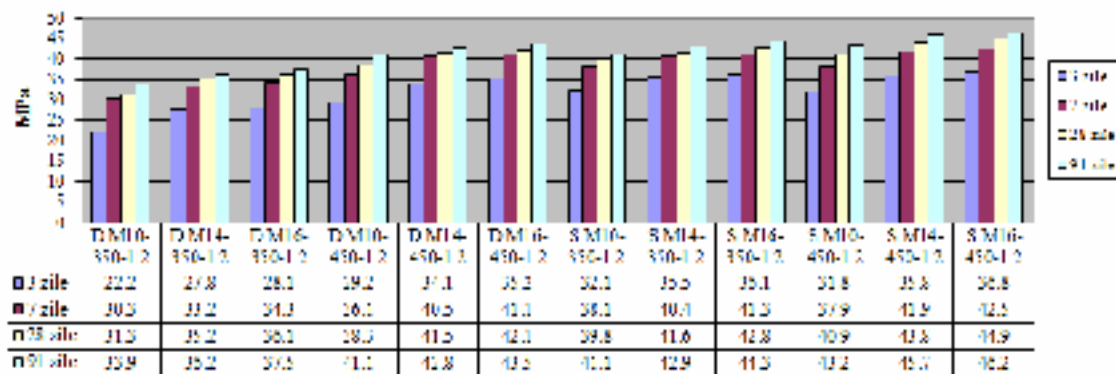
Așa cum se poate observa, rezistențele la compresiune au crescut odată cu molaritatea de la 10-16 precum și cu cantitatea de cenușă introdusă în rețetă, de la 350 kg/mc la 450 kg/mc, deși în prealabil toți geopolimerii au avut un tratament termic timp de 24 ore la o temperatură de 60°C.

În urma cercetărilor efectuate, s-au obținut rezistențe la compresiune diferite, având aceeași durată de tratament termic cu o durată de 24 ore și o temperatură de 60°C, dar la diferite vârste de testare. Betonul geopolimer a fost pe bază de cenușă zburătoare, NaOH-2M, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (Hardjito și Rangan, 2005).

De asemenea, rezultatele obținute la rezistența la compresiune pentru geopolimeri obținuți din cenușă zburătoare, NaOH – 2 M, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, nisip fin, testate la, 7 zile, după ce au fost supus unui tratament termic de 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96 ore, la o temperatură de 60°C.

Se poate observa din Fig. 2 că datorită perioadei de tratament termic, crește rezistența la compresiune, păstrând aceeași rețetă. Astfel, rezistența la compresiune a crescut de 3 ori, de la 25 MPa cu un tratament termic de 4 ore la 60°C, la 82 MPa la aceeași temperatură. Putem concluziona pe baza diagramei (Fig. 3) că rezistența la compresiune crește odată cu durata tratamentului termic.

Fiecare cercetător a aplicat diferite temperaturi și durate de tratament termic, diferite tipuri de soluții alcaline, precum și anumite materii prime cu caracteristici diferite. În Fig. 4., sunt prezentate rezistența la compresiune a geopolimerilor, raportată de diverși cercetători, în funcție de tratament termic și vârsta de testare.



Rețetă de geopolimeri cu piatră spartă (D) și zgură de oțel (S)

Fig. 1. Rezistențe la compresiune a unor geopolimeri cu o durată de tratament termic de 24 ore și o temperatură de 60°C (Omar et al., 2015).

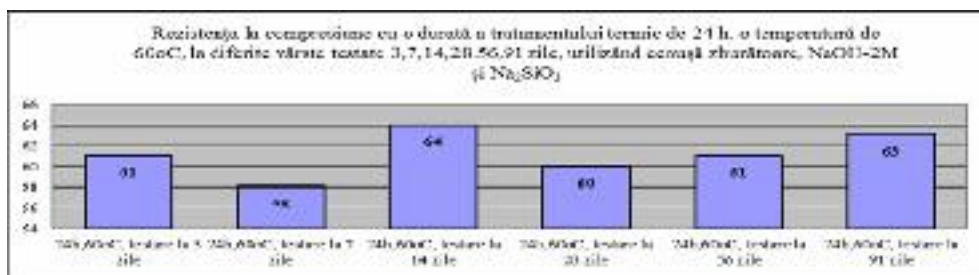


Fig. 2. Rezistențe la compresiune a unui geopolimer cu un tratament termic de 24 ore la o temperatură de 60°C, la diferite vârste de testare.

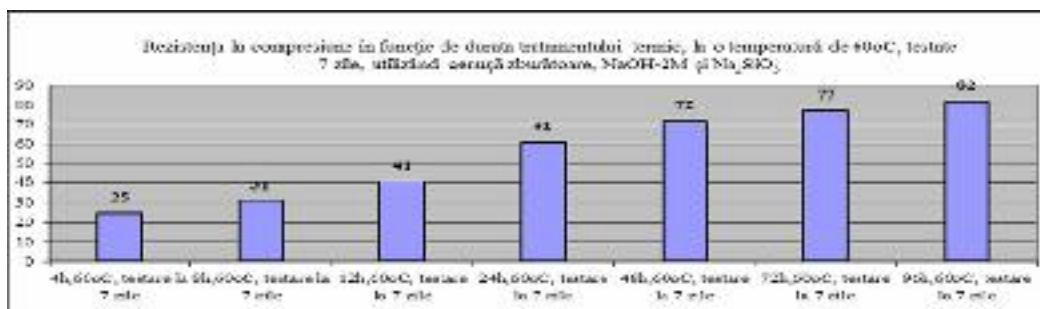


Fig. 3. Rezistențe la compresiune a unui geopolimer cu un tratament termic la o temperatură de 60°C, cu durate diferite de tratament termic, la vârsta de 7 zile.

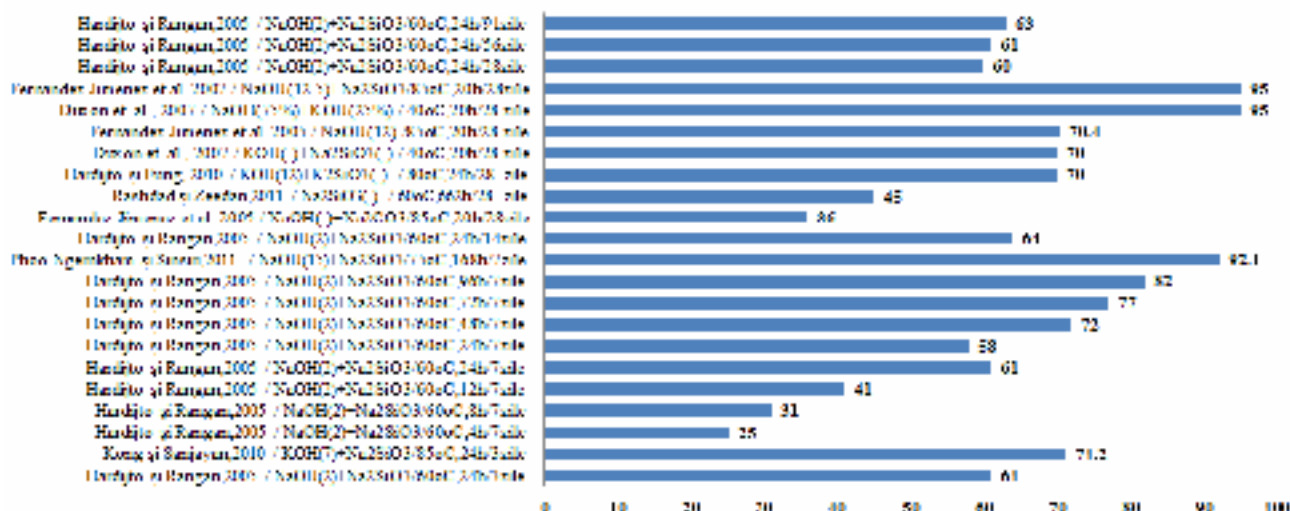


Fig. 4. Rezistența la compresiune a geopolimerilor, raportată de diverși cercetători, în funcție de tratament termic și vârsta de testare.

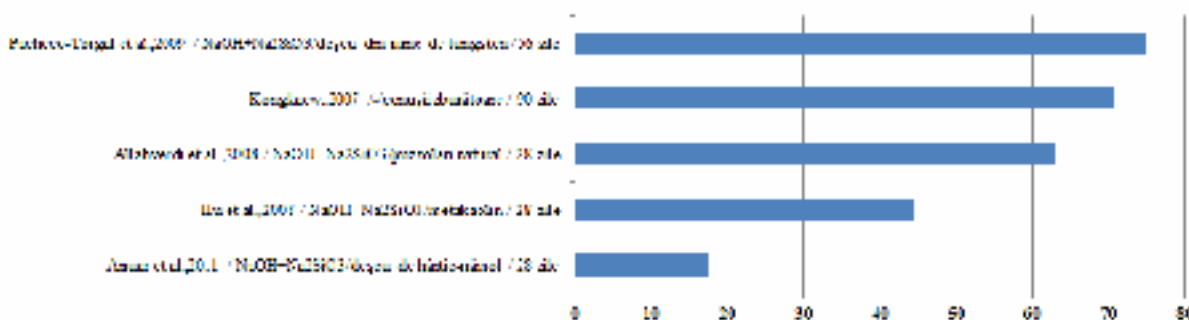


Fig. 5. Rezistențe la compresiune cu un tratament termic la o temperatură ambientală, raportată de diverși cercetători.

Tabelul 1. Tipuri de tencuieli decorative.

Rețetă	Densitate (g/cm <sup>3</sup> )			Rezistența la compresiune (MPa)		
	Temperatură ambientală		Căldură	Temperatură ambientală		Căldură
	7 zile	28 zile	-	7 zile	28 zile	-
M4	1.89	1.87	1.72	10.4	14.2	14.2
M8	1.88	1.92	1.93	33.9	36.9	36.9
M11	1.86	1.9	1.88	42.1	48.6	44.7

### 3.3. Rezistențe la compresiune a geopolimerilor fără tratament termic

Anumiți cercetători au studiat rezistența la compresiune a unor betoane geopolimere, fără tratament termic, dar cu materii prime diferite, la diferite vârste de testare. Hu et al. (2008), a obținut o rezistență la compresiune de 45 MPa, utilizând ca materie primă metakaolin, la vârsta de 28 zile, iar Anuar et al. (2011) a obținut o rezistență de 18 MPa, utilizând ca materie primă deșeu de hârtie – pământ, tot la vârsta de testare de 28 zile. Se poate observa că, rezistența la compresiune, efectuată la o temperatură ambientală, utilizând soluții aceleași alcaline NaOH și  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , la aceeași vârstă de testare 28 zile, este diferită, fiind influențată de materiile prime utilizate.

### 3.4. Rezistențe la compresiune a geopolimerilor cu sau fără tratament termic

Nematollahi (2017) a studiat rezistența la compresiune cu sau fără tratament termic și densitatea a trei tipuri de geopolimeri pe bază de cenușă. Acesta a obținut rezistențe la compresiune cu întărire în mediul ambiant la 7 zile echivalente cu 70-90 % din rezistența la 28 zile - de la 33,9 MPa la 7 zile la 36,9 MPa la 28 zile (Tabelul 1).

## 4. Concluzii

Există două tipuri de realizare a betoanelor geopolimere cu tratament termic, la anumite temperaturi și durată de expunere și fără tratament termic, la temperatură ambientală. Cele mai multe raportări în literatura de specialitate se referă la o paletă restrânsă de tratamente termice la anumite temperaturi și diferite durate de tratament termic, datorate specificului fiecărei cercetări și datorită multitudinii de materiale utilizate pentru producerea materialelor geopolimere.

Cercetările efectuate pe betoane geopolimere au prezentat că întărirea termică este adoptată pentru temperaturi cuprinse între 30 și 90°C în primele 24 ore de la turnare, au dus la o dezvoltare rapidă a rezistenței la compresiune.

Pentru a renunța la tratamentul termic de durată, la anumite temperaturi, care înseamnă un consum suplimentar de energie, geopolimerii pot fi proiectați pentru a se întări la o temperatură ambientală prin o alegere adecvată a liantului și a reactivului. Orice proceduri care cresc temperatura amestecului proaspăt sau întărit vor compensa evident efectele temperaturilor ambientale scăzute.

Proprietățile betonului geopolimer întărit sunt influențate nu doar de durata tratamentului termic și temperatura, ci și de cantitățile de activatori alcalini, de raportul dintre aceștia, de molaritatea utilizată în studiu, precum și de conținutul de Si și Al al adaosurilor minerale utilizate în rețeta respectivă.

Până în prezent există numeroase controverse privind influența fiecărui factor în parte, astfel încât nu este disponibilă o tehnologie de fabricare general valabilă.

## BIBLIOGRAFIE

- Allahverdi A., Mehrpour K., Kani E. (2008), *Taftan pozzolan-based geopolymers cement*, IUST International Journal of Engineering Science **19(3)**: 1-5.
- Anuar K., Ridzuan A., Ismail S. (2011), *Strength characteristics of geopolymers concrete containing recycled concrete aggregate*, International Journal of Civil and Environmental Engineering **11(1)**: 59-62.
- Bakharev T. (2005), *Geopolymeric materials prepared using class F fly ash and elevated temperature curing*, Cement

- and Concrete Research **35**: 1224-1232.
- Chandani Kumari Tennakoon (2016), *Assessment of Properties of Ambient Cured Geopolymer Concrete for Construction Applications*, Teză de Doctorat, Faculty of Science, Engineering and Technology Swinburne University of Technology Melbourne, Australia.
- Chatveera B., Makul N. (2012), *Properties of geopolymer mortar produced from fly ash and rice husk ash: Influences of fly ash-rice husk ash ratio and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>-NaOH ratio under curing by microwave energy*, KMUTT Research and Development Journal **35(3)**: 299-309.
- Chindapasirt P., Chareerat T., Hatanaka S., Cao T. (2010), *High-strength geopolymer using fine high-calcium fly ash*, Journal of Materials in Civil Engineering **23(3)**: 264-270.
- Dutta D., Chakrabarty S., Bose C., Ghosh S. (2012), *Evaluation of geopolymer properties with temperature imposed on activator prior mixing with fly ash*, International Journal of Civil and Structural Engineering **3(1)**: 205-213.
- Duxson P., Fernández-Jiménez A., Provis J. L., Lukey G. C., Palomo A., Van Deventer. J. S. J. (2007), *Geopolymer technology: The current state of the art*, Journal of Materials Science **42(9)**: 2917-2933.
- Fernández-Jiménez A., Palomo A. (2005), *Composition and microstructure of alkali activated fly ash binder: effect of the activator*, Cement and Concrete Research **35(10)**: 1984-1992.
- Fernández-Jiménez A., Garcia-Lodeiro I., Palomo A. (2007), *Durability of alkali-activated fly ash cementitious materials*, Journal of Materials Science **42(9)**: 3055-3065.
- Gao X., Yu Q.L., Brouwers H. J. H., (2015), *Reaction kinetics, gel character and strength of ambient temperature cured alkali activated slag-fly ash blends*, Construction and Building Materials **80**: 105-115.
- Hardjito D., Rangan B. V. (2005), *Development and Properties of Low-calcium Fly ash-based geopolymer concrete*, Raport de cercetare GC1, Facultatea de Inginerie, Universitatea Tehnică din Perth, Australia.
- Hardjito D., Fung S. (2010), *Fly ash-based geopolymer mortar incorporating bottom ash*, Modern Applied Science **4(1)**: 44-52.
- Hou Y., Wang D., Zhou W., Lu H., Wang L. (2009), *Effect of activator and curing mode on fly ash-based geopolymers*, Journal Wuhan University of Technology Materials Science Edition **24**: 711-715.
- Hounsi A., Lecomte-Nana G., Djétéli G., Blanchart P. (2013), *Kaolin-based geopolymers: Effect of mechanical activation and curing proces*, Construction and Building Materials **42**: 105-113.
- Hu S., Wang H., Zhang G., Ding Q. (2008), *Bonding and abrasion resistance of geopolymeric repair material made with steel slag*, Cement and Concrete Composites **30(3)**: 239-244.
- Kong D. L. Y., Sanjayan J. (2008), *Damage behaviour of geopolymer composites exposed to elevated temperatures*, Cement and Concrete Composites **30**: 986-991.
- Kongkaew B. (2007), *Sludge-Based Geopolymer*, Teză de doctorat, Universitatea Kasetsart, Bangkok, Thailanda.
- Kovalchuk G., Fernández-Jiménez A., Palomo A. (2007), *Alkali-activated fly ash: Effect of thermal curing conditions on mechanical and microstructural development – Part II*, Fuel **86**: 315-322.
- Memon F. A., Nuruddin F., Demie S., Shafiq N., (2011), *Effect of Curing Conditions on Strength of Fly ash-based Self-Compacting Geopolymer Concrete*, World academy of science

- Engineering and Technology **80**: 860-863.
- Nematollahi B. (2017), *Investigation of Geopolymer as a Sustainable Alternative Binder for Fiber-Reinforced Strain-Hardening Composites*, Teză de doctorat, University of Technology Hawthorn, Australia.
- Omar O. M., Heniegal A. M., Abd Elhameed G. D., Mohamadien H. A. (2015), *Effect of Local Steel Slag as a Coarse Aggregate on Properties of Fly Ash Based-Geopolymer Concrete*, International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering **9(11)**: 1452-1460.
- Pacheco-Torgal F., Castro-Gomes J., Jalali S. (2008), *Alkali-activated binders: A review. Part 1. Historical background, terminology, reaction mechanisms and hydration product*, Construction and Building Materials **22**: 1305-1314.
- Perera D. S., Uchida O., Vance E. R., Finnie K. S. (2007), *Influence of curing schedule on the integrity of geopolymers*, Journal of Materials Science **42**: 3099-3106.
- Rovnanik P. (2010), *Effect of curing temperature on the development of hard structure of metakaolin-based geopolymer*, Construction and Building Materials **24(7)**: 1176-1183.
- Roy D. (1999), *Alkali-activated cements opportunities and challenges*, Cement and Concrete Research **29(2)**: 249-254.
- Sindhunata, Van Deventer J. S. J., Lukey G. C., Xu H. (2006), *Effect of Curing Temperature and Silicate Concentration on Fly-Ash-Based Geopolymerization*, Industrial and Engineering Chemistry Research **45**: 3559-3568.
- Sumajouw D., Hardjito D., Wallah S., Rangan B. (2007), *Fly ash-based geopolymer concrete: study of slender reinforced columns*, Journal of Materials Science **42(9)**: 3124-3130.
- Suwan T. (2016), *Development of self-cured geopolymer cement*, Teză de doctorat, Brunel University London, Marea Britanie.
- Swanepoel J. C., Strydom C. A., (2002), *Utilisation of fly ash in a geopolymeric material*, Applied Geochemistry **17**: 1143-1148.
- Thakur R. N., Ghosh S., (2009), *Effect of mix composition on compressive strength and microstructure of fly ash based geopolymer composites*, Journal of Engineering and Applied Sciences **4**: 68-74.
- Van Jaarsveld J., Van Deventer J., Lukey G. (2002). *The effect of composition and temperature on the properties of fly ash-and kaolinite-based geopolymers*, Chemical Engineering Journal **89(1)**: 63-73.

# TRADIȚIE ȘI INOVARE ÎN ARHITECTURA LUI GEORGE MATEI CANTACUZINO

Andreea VASILCA

Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu”,  
București, Școala Doctorală de Arhitectură, anul III

## Abstract

The modern period of architecture brought with it essential prefaces in the international architecture programs, generated by industrialization and by the new perspective of development of the society. Internally, architects manifest themselves in three main directions - traditional, classical and modern, in an attempt to create a national style. The architect George Matei Cantacuzino, inspired by foreign experiences, manages to see the solution for a quality architecture - the symbiosis between tradition and functionality, without which we could not aspire to spirituality. The research is based on the critical analysis of the existing specialized works and on the field research, using as investigation methods the architectural survey of constructions, their photographic survey, visual observations and surveys on the construction materials used in the commissioning, where it was used. possible. Following the research of the architectural work of the architect George Matei Cantacuzino, the philosophical principle of his creation is clear - the relation to tradition, in which you must be permanently anchored, looking to the future, to the needs of the human being in a continuous dynamic. He created his own style, anchored in tradition, defined as a synthesis of the Renaissance architecture of Andrea Palladio and of the Byzantine architecture, specific to the Romanian people, from whose origins were born either architectural objects or original,

innovative architectural elements. both for that time and for the present architecture, through the structures, the materials of construction, the solving of the parts or the reinterpretation of the traditional peasant architecture with the instruments of a cult architecture. The innovation at George Matei Cantacuzino consists in the fact that the architecture created by him is a synthesis of the great architectures - classical, from the point of view of the compositional principles, Byzantine - characterized by clean geometric forms, materials and vivid colors, Renaissance - by organizing the space and through programs of architecture, sobriety and delicacy of forms, lines and modernity - by synthesizing, purifying, transforming and bringing all volumes and decorations to the human proportion.

**Key words.** architecture, tradition, functionality, Cantacuzino, innovation.

## 1. Context

Istoria arhitecturii românești (Ionescu, 1981) ne aduce în atenție în perioada interbelică personalități ca Petre Antonescu, Horia Creangă, Duiliu Marcu, Octav Doicescu, George Matei Cantacuzino, Marcel Iancu, Henrieta Delavrancea-Gibory, arhitecți ale căror opere astăzi sunt generatoare de *trasee culturale*, figurând pe lista monumentelor istorice, datorită valorii lor arhitecturale, în pofida vechimii mici.

Studiind opera arhitectului George Matei Cantacuzino printr-o cercetare amănunțită atât a celei celei scrise, cât și a celei construite, al cărei obiectiv este teza de doctorat cu titlul *Onestitatea unui aristocrat în arhitectură – GEORGE MATEI CANTACUZINO*, vom observa că ne prezintă un permanent dialog între tradiție și modernitate: *Nu ești Român de astăzi încolo, ci produs al acestui trecut, oricare ți-ar fi râvnele de viitor. A pune arta, sub pretext de internaționalism, pe un plan pur abstract și*

*intelectual, tăind orice rădăcină cu sentimentalismul local, e un joc pe cât de inutil pe atât de periculos* (Cantacuzino, 1977). Creează arhitectură cu o deosebită măiestrie, însuflețit și ancorat fiind în principiile clasice ale arhitecturii enunțate de Vitruvius și apoi de Andrea Palladio, pe care le pune în operă cu mijloacele de exprimare și cu materialele specifice arhitecturii din perioada interbelică. Intreaga sa operă de arhitectură emană profunzimea teoretică, complexitatea, acuratețea și simplitatea unei minți geniale, organizarea funcțională și volumetria, fiind lipsite de orice epatare și agresiune a mediului ambiant, denotând onestitate de-a lungul întregii vieți. Totodată, opera sa de arhitectură exprimă grija sa pentru om, alegând ca modulul să fie generatorul proporțiilor în proiectele sale și preocuparea permanentă de nevoile omului contemporan rupt de tradiție, de spiritualitate, de frumos odată cu industrializarea, situându-l în permanentă relație cu trecutul și cu viitorul său, cu viitorul poporului român, aspect desprins deseori din eseurile sale: *Arhitectul construiește pentru om locuințe, instituții și temple a căror finalitate este frumusețea. Nu e om care să nu dorească o casă care să depăășească utilul, o casă în care poate să-și adăpostească nu numai familia, dar și simbolurile și zeii. ... Arhitectul se ocupă de om și de zeii lui* (Cantacuzino, 2001).

Se naște la sfârșitul secolului al XIX-lea, într-o familie românească aristocratică cu rădăcini princiare bizantine, primește o educație aleasă și o instruire asemenea iluștrilor săi înaintași – stolnicul Constantin Cantacuzino și spătarul Mihai Cantacuzino, arhitect, ambii cu studii la Universitatea din Padova, în secolul al XVII-lea.

În context internațional, arhitectii români, cum este binecunoscut (Ionescu, 1981), erau preocupați de crearea unui stil național. Arhitectura românească ajunsese într-o permanentă căutare, arhitectii români mergând pe *trei direcții bine definite: tradițională, clasică și modernă*. (Cantacuzino, 1977) În viziunea lui George Matei

Cantacuzino, un stil național nu se putea forma decât prin realizarea unei arhitecturi de stat, care lipsea însă în România, iar încercările lui Petre Antonescu în acest sens erau timide și ar fi trebuit dezvoltate. **George Matei Cantacuzino reușește să întrevadă soluția pentru afirmarea unui stil arhitectural național**, privind la experimentele străine, punând accentul pe crearea unei **sinteze între tradiție și funcționalitate** în contextul în care societatea este cea care se dezvoltă într-un ritm rapid, urmare a industrializării, în lipsa simbiozei dintre cele două aspecte, neputându-se crea nimic spiritual...*cu gustul nostru de simplitate patriarhală și cu viguroasele principii funcționaliste care au luat rădăcină la noi, momentul e prielnic pentru încercarea unei sinteze, peste capul modei și al ideilor preconceptuate* (Cantacuzino, 1977). Pe acest fond intervin și materialele de construcții, care nu excelează prin calitate, ci prin cantitate în România, fiind destul de scumpe și deloc ușor de obținut fie din cauza exploatarea carierelor de piatră sau de marmură și al transportului acestora, fie din cauza procedurilor de obținere a cărămizii și prelucrării lemnului bun pentru construcții, conchizând de fiecare dată că în cele din urmă acestea vor fi hotărâtoare pentru direcția de evoluție a arhitecturii în România (Cantacuzino, 1977).

Privind retrospectiv, aceste trei modalități de exprimare au coexistat în arhitectura românească până la sfârșitul celui de-al doilea Război Mondial. Pe fondul acestor căutări naționale, **GMC a creat în propriul său stil, definit ca o sinteză a arhitecturii renascentiste a lui Andrea Palladio și arhitectura bizantină, specifică poporului român**, din a căror îngemănare au luat naștere fie obiecte de arhitectură, fie elemente de arhitectură originale, inovative atât pentru acea epocă, cât și pentru arhitectura actuală, proiectele sale puse în operă transformându-se în veritabile monumente pentru societatea contemporană, pe care ar trebui să învățăm să le preservăm, să le reabilităm și să le

păstrăm astfel pentru generațiile ce vor urma, fiind imposibilă realizarea altora noi de această valoare. Arderea etapelor trebuie tratată, cunoscută și prețuită pentru că istoria ne-a demonstrat că fără trecut nu putem avea viitor și refacerea acestora este imposibilă.

## 2. Materiale și metode

Enunțurile referitoare la îmbinarea tradiției cu inovarea în opera lui GMC au la bază **analiza critică a lucrărilor de specialitate existente și cercetarea în teren**, utilizând ca metode de investigare **releveul de arhitectură al construcțiilor, releveul fotografic** al acestora, **observațiile vizuale** și acolo unde a fost posibil, **sondaje** asupra materialelor de construcții utilizate la punerea în operă. Literatura de specialitate este constituită în primul rând din eseurile și articolele arhitectului **George Matei Cantacuzino, apreciat de succesorii săi drept singurul teoretician al arhitecturii românești până în prezent**, eseuri ce cuprind noțiuni teoretice și de istorie a arhitecturii românești. Nu sunt neglijate nici modul de construire și materialele de construcții utilizate, proporțiile, ritmul și specificul local.

Literatura de specialitate cuprinde **istorii ale arhitecturii românești** (Ionescu, 1981; Curinschi Vorona, 1981) și **evocarea acestei personalități de către arhitectul Radu Patrulius** (Patrulius, 1975a, b), ale cărui articole reprezintă principala sursă de documentare referitoare la GMC care ne-a parvenit până în prezent.

O altă componentă a acesteia o constituie **sursele arhivistice** din arhivele locale și naționale: Planuri de sistematizare ale diverselor localități din perioada interbelică, Jurnale și Procese-verbale ale Consiliului Tehnic Superior – Ministerul Lucrărilor Publice, hărți, planuri, proiecte de arhitectură însoțite de memoriile de specialitate, o listă a lucrărilor realizate întocmită de autor ce

însoțește cererea de înscriere în Uniunea Arhitecților din România, Referate întocmite ca referent de specialitate angajat la Direcția Monumentelor Istorice.

De asemenea, **pisaniile bisericilor și inscripțiile în zidăria edificiilor** au fost martorii relevanți acolo unde acestea au existat sau au fost lizibile.

**Releveul de arhitectură** al construcțiilor a fost realizat pentru construcțiile pentru care nu am găsit proiectele în arhive, folosind ca instrumente de măsurare ruleta și telemetrul laser Leica. **Proiectele găsite în arhive**, împreună cu autorizațiile de construire au fost sursele principale de informații.

**Releveul fotografic** a fost realizat pentru toate construcțiile studiate, încercând să evidențiem încadrarea în sit, proporțiile, elementele constructive sau decorative, specifice arhitecturii sale, precum și materialele de construcții.

**Observațiile vizuale** vor reliefa cât se poate de obiectiv elementele arhitecturale specifice, de factură tradițională sau inovative.

**Sondajul vizual** a fost utilizat pe alocuri, pentru cercetarea materialelor de construcții puse în operă, fie natura lor, fie dimensiunile sau compoziția, dar în lipsa analizelor de laborator.

## 2. Rezultate și discuții

În urma cercetării operei de arhitectură a arhitectului George Matei Cantacuzino se desprinde foarte clar **principiul filosofic al creației sale – studierea sitului și adoptarea soluției celei mai favorabile privind încadrarea în sit a construcțiilor proiectate**. Aceasta implică în primul rând conformarea, adaptarea construcțiilor, a funcțiilor caracteristice programului de arhitectură studiat, precum și a volumetriei și a materialelor de construcții utilizate, la

caracteristicile geografice ale locului (relief, caracteristici de fundare, vecinătăți), astfel încât să se pună reciproc în evidență și să creeze cadrul natural amenajat propice. Urmărește relația cu arhitectura și cu modul de amplasare al construcțiilor existente, astfel încât să creeze armonie la scară urbană, la eventualele condiții tehnice impuse de planurile de aliniere și, nu în ultimul rând, are grijă să respecte specificul arhitecturii tradiționale, exprimate liber.

În ceea ce privește specificul arhitecturii tradiționale românești, GMC remarcă faptul că țăranul român este un constructor înnebescut al locuinței sale, atât din punctul de vedere al relațiilor funcționale, al proporțiilor, cât și din punctul de vedere al ornamentelor, fiind cucerit de bogăția spirituală a acestuia, asemănându-l cu o albină (Cantacuzino, 1977).

Problema definirii unui specific național în arhitectura românească o vede generată de programele de arhitectură civilă, de modalitatea de construire a localităților. Căutările sale personale converg către găsirea soluției, rezolvarea văzând-o în arhitectura bizantină, cea care reprezintă filonul arhitecturii cetăților și ansamblurilor religioase românești. Cunoaștem din eseurile sale faptul că **a fost fascinat de arhitectura Renașterii** și, în mod special de lucrările lui **Andrea Palladio**, dar, **de fapt, a fost fascinat de spiritul clasic al libertății de creație al Renașterii**, după cum el însuși precizează *Nici cuvântul „Renaștere”, nici cuvântul „clasic” nu reprezintă un stil: Renașterea a fost clasică nu atât prin aplicarea unor legi ale arhitecturii antice, cât prin spiritul de libertate și individualitate ce-l conține* (Cantacuzino, 1977), de ceea ce *rămâne durabil din spiritul clasic transmis de Renaștere și exprimat cu atâta desăvârșire de Andrea Palladio, ... un spirit de libertate și dezinvoltură, expresie a unei inteligențe ce s-a dezbărat mai totdeauna de orice stinghereală intelectuală* (Cantacuzino, 1977).

**George Matei Cantacuzino**, grație educației, simțirii profunde și cercetărilor neconținute și **crează propriul stil arhitectural, propriul vocabular, născut din raportarea la arhitectura tradițională românească**, dar într-o manieră inovativă pe care am putea-o vedea ca o sinteză a îmbinării arhitecturii renascentiste a lui **Andrea Palladio cu arhitectura bizantină, specifică poporului român**. Din această îngemănare au luat naștere fie obiecte de arhitectură, fie elemente de arhitectură originale, inovative atât pentru acea epocă, cât și pentru epoca actuală, prin structurile, materialele de construcții, rezolvarea partiurilor sau reinterpretarea arhitecturii țărănești tradiționale cu instrumentele arhitecturii culte.

Din punct de vedere urbanistic, viziunea sa pentru localitățile românești, tributare arhitecturii bizantine, se rezumă la utilizarea simetriei spațiale și la preluarea caracteristicilor compoziționale ale cetăților de altădată sau ale ansamblurilor religioase, pe care nu ne permitem să le nesocotim, în care este necesar să se implementeze și să se creeze premisele dezvoltării raționale a tuturor funcțiilor impuse de timpurile moderne și de arhitectura grădinilor.

Observăm ansamblul creat în Piața Universității din București, care a fost întregit de GMC în 1935, odată cu proiectarea Palatului Creditului Industrial (Fig. 1), pe baza planului de aliniere aprobat în 1911 și raportându-se la construcția existentă a Palatului Societății de Asigurări Generala (1906). A respectat alinierea reglementată, a preluat registrele orizontale și verticale ale construcției lui Oscar Maugsch, dar a inovat, elementele arhitecturii academismului francez înlocuindu-le prin elemente bizantine: cupolele semisferice pe zonele ce marchează alveola, golurile cu arce în plin cintru de la parter, realizând astfel, fără exagerare, singura piață publică a orașului până în prezent.



Fig. 1. Palatul Creditului Industrial (stânga imaginii) – Piața Universității, București – 1935 cu elemente de arhitectură de factură bizantină: cupole semisferice, arce în plin cintru în raport de simetrie spațială rezolvată pe planul alinierii aprobate la 1911 și ulterior construirii Palatului Societății de Asigurări Generala, înscrisă în academismul francez – Piața Universității, București (foto octombrie 2016, arhiva personală).



Fig. 2. Palatul Băncii Crissoveloni – interior – Sala de marmură (P) (foto august 2015 – arhiva personală).



Fig. 2. Jockey Club – Fațada simetrică dinspre strada Episcopiei, prezentând o arcadă formată de două arce în plin cintru care fac trecerea spre curtea interioară dispuse simetric în raport cu volumul principal față de două ferestre semicirculare de la parter (foto aprilie 2016 – arhiva personală).



Fig. 4. Vedere ansamblu a construcțiilor administrative ale Palatului Mitropolitan din Iași dispuse simetric în raport cu accesul din strada Arhitect George Matei Cantacuzino, de la nivelul terasei superioare de naștere a scării spre accesul în Catedrală (foto octombrie 2018 – arhiva personală).

Arhitectura palatelor palladiene, pe care o remarcăm cu precădere în amenajarea interioară, în proiectul pentru Banca Chrissoveloni (Fig. 2) de pe strada Lipscani nr. 16 (fost nr. 8), proiect de diplomă, de debut – ianuarie 1924 - aprilie 1928, o regăsim în

volumetria construcției Jockey Club, februarie 1928 (Fig. 3), de pe strada Episcopiei nr. 9, ambele din București și la realizarea Ansamblului construcțiilor administrative ale Palatului Mitropolitan din Iași – unicat în arhitectura românească modernă (Fig. 4),

ultima sa lucrare - 1958-1960, la care a avut libertate de creație absolută din partea Mitropolitului Iustin Moiescu, realizând un ansamblu de inspirație palladiană atât ca rezolvare urbanistică la nivelul parcelei, cât și ca arhitectură de obiect, alcătuit din două construcții simetrice față de un acces în incintă, nou, monumental pe care l-a creat în axul accesului de pe fațada vestică a Catedralei și terase care preiau diferența de nivel.

În ceea ce privește **creația sa de arhitectură**, descoperim inovare pe mai multe direcții.

**Nașterea unor noi programe de arhitectură** ca urmare a procesului de industrializare și de tehnologizare care au dominat toate domeniile de activitate din perioada interbelică, l-a determinat adopte acea libertate de creație despre care vorbește la Andrea Palladio – **arhitectură clasică exprimată cu ajutorul principiilor compoziționale clasice și cu structuri și materiale de construcții specifice momentului** – **inovare bazată pe tradiție**. Realizează încă din studenție (1925-1927) un proiect de mare anvergură pentru **Fabrica de avioane IAR Brașov** - întregul ansamblu de construcții, din care s-a păstrat până în prezent **Hala de montaj** (Fig. 5), un veritabil monument de arheologie industrială. Inovarea constă în primul rând în programul nou pentru arhitectura aceluiași moment, în al doilea rând în alegerea modului constructiv. Hangarele pentru avioane și construcțiile anexe acestora, la acea perioadă, în România, erau prefabricate. Proiectează **o hală cu deschidere mare, simetrică în raport cu accesul, asemănătoare unei păsări cu aripile desfăcute, simbolizând forma avioanelor, deschidere pe care o realizează alături de inginerul Alexandru Ulescu cu o structură de beton armat inovativă pentru acea perioadă** (material descoperit relativ recent, în adoua jumătate a secolului al XIX-lea), **alcătuită din arce parabolice din beton armat cu deschiderea de 64,00 m, fără reazeme**

**intermediare și cu luminatoare transversale, care anticipează structurile hangarelor arhitectului și inginerului Pier Luigi Nervi din anii '30.**

De la George Matei Cantacuzino se păstrează **o biserică bizantină** (Fig. 6) în satul Domnu Tudor, județul Dolj, **inedită ca volumetrie pentru arhitectura religioasă de pe teritoriul țării noastre, inspirată din Mausoleul Galla Placidia din Ravenna** (cca 430 d.H.) – unul dintre primele exemple ale istoriei arhitecturii bizantine. **Planul bisericii este în formă de cruce acoperită cu patru bolți semicilindrice pe care se sprijină cupola.** Transeptul dezvoltat transversal în raport cu nava centrală se termină la exterior cu pereți drepecți cu frontoane triunghiulare. Altarul este sub formă de absidă. **Biserica este o îmbinare fericită între tradiție - arhitectura bizantină, arhitectura locală specifică și inovație – sistemul constructiv de reducere a diametrului inelului bazei cilindrice ce reazămă cupola.** Planul bisericii, volumetria exterioară a acesteia, modul de acoperire cu bolți semicilindrice, cupola aplatizată centrată pe naos descărcată pe pandantivi, geamurile trase colorate care filtrează lumina puternică a soarelui din zona de șes și care creează mediul prielnic meditației și rugăciunii sunt elemente clasice ale arhitecturii bizantine. Accesul în biserică pe latura de vest, printr-un pridvor deschis cu parapet foarte jos, pe care se sprijină coloane cu arcade semicirculare și acoperit cu un simplu tavan, catapeteasma de zidărie de cărămidă (totodată și un element specific bisericilor proiectate de arhitectul George Matei Cantacuzino) și o ușă pe latura de nord a bisericii care ține de tradiția locală legată de ritualul sărbătorilor pascale sunt elemente specifice arhitecturii locale. Inedit este modul de reducere a diametrului interior al turlei de pe naos, sprijinită pe diametrul mic al unei zone sferice care se sprijină, la rândul său, cu diametrul mare pe pandantivi ce se reazămă pe arcele celor patru bolți semicilindrice ce acoperă nava și transeptul.



Fig. 5. Hala de montaj IAR – august 2017, vedere interioară a arcelor parabolice și a luminatoarelor (foto - arhiva personală).



Fig. 6. Biserica Sf. Vasile, satul Domnu Tudor, jud. Dolj – 1934-1938 - modul de reducere a diametrului interior al tamburului pe care se sprijină cupola aplatizată pe zona naosului și lumina de amiază filtrată de geamurile viu colorate, specifice arhitecturii bizantine (foto septembrie 2015 – arhiva personală).



Fig. 7. Casa de vacanță a boierului Guranda din stațiunea Durău, județul Neamț – cca 1938 - vedere de ansamblu a casei dinspre drum, volumetria simetrică și prispă largă cu balustradă și stâlpișori din lemn cioplite cu elemente geometrice, amplasarea pe terenul în pantă a casei; singura construcție din lemn proiectată de GMC (foto august 2019 – arhiva personală).



Fig. 8. Vila filosofului Nae Ionescu, București – 1938 – vedere exterioară a absidei decorate cu frize bizantine, în grosimea zidului, înalte și înguste, corespunzătoare la interior biroului; în plan secundar se observă un alt element de arhitectură tradițională – fîșorul (foto iunie 2013 - arhiva prof. dr. arh. Sorin Vasilescu).

**Casa tradițională cu prispă construită din lemn** este un reper al stilului lui GMC, programul de locuire fiind o preocupare și totodată o provocare continuă pentru arhitect. Casa de vacanță a boierului Guranda din stațiunea Durău poate fi percepută de pe drum din diverse unghiuri, prezintă planimetrie și volumetrie caracterizate prin simetrie, prispă largă cu stâlpi de lemn cu forme geometrificate de factură modernă (Fig. 7). Constatăm îmbinarea ingenioasă dintre arhitectura locuinței tradiționale și principiile compoziționale clasice transpuse la dimensiuni și în forme stilizate, de factură modernă.

George Matei Cantacuzino l-a sprijinit pe poetul Tudor Arghezi în construirea casei de la Măștișor, sfătuiindu-l în construirea casei (fiind realizată într-un timp îndelungat, camerele cu

camere, la amenajarea acestora și nu în ultimul rând la alegerea materialelor de construcție). Recent, urmare a unor lucrări la Tipografia de la Măștișor, am descoperit **materialul de construcție** utilizat, realizat din bambus și pământ bătut, rezistent la cutremure, asemănător paiantei utilizate la casele tradiționale românești.

Un **element arhitectural** adeseori întâlnit în proiectele lui GMC constă în preluarea **plasticii ornamentale a exteriorului absidei altarului de factură bizantină**, având ca sursă de inspirație absida altarului bisericilor moldovenești, biserica moldovenească fiind tipologia preferată în toate proiectele sale de arhitectură religioasă. Acest element – absida decorată cu frize de origine bizantină, decupate cu o grosime de jumătate de cărămidă din grosimea zidului,

înalte, cu arce în plin cintru, asemenea bisericii Mănăstirii Voroneț - este întâlnit atât în proiectele de arhitectură religioasă (Biserica Sf. Mare Mc. Gheorghe, satul Tescani, com. Berești-Tazlău, județul Bacău – proiectată de GMC în 1937, Biserica Flămânda cu hramul Adormirea Maicii Domnului – Câmpulung Muscel, județul Argeș – 1938-1940), cât și în proiectele pentru locuințe (Vila filosofului Nae Ionescu, București – 1938 (Fig. 8), Casa Angela Mornand – Parcul Mornand, strada F colț strada Cpt. Demetriade, București – 1936 - absida ce adăpostește casa scării prezintă ferestre înalte și înguste, cu arce semicirculare, cu geamuri trase colorate cu rol de filtrare a luminii și goluri marcate de ancadrame din cărămidă aparentă aplicată) – fie absida altarului, fie un volum detașat de zidul construcției, corespunzător unei zone reprezentative a casei sub forma unei abside (există probabilitatea ca acest element să nu fie inspirat numai de *mediu și educație* (Cantacuzino, 1993), ci ar putea fi o influență sentimentală legată de casa cu hemiciclu de la Hoisești (Cantacuzino, 1993).

**Elemente caracteristice stilului său, preluate din arhitectura religioasă bizantină și palatină, aflăm în rezolvarea accesului în construcțiile sale, întotdeauna acordând acestuia un interes deosebit, inspirat fiind de importanța acordată primirii omului prin prisma educației primite. Holul de primire este generos și este delimitat de spațiul propriu-zis al casei de o arcadă cu trei arce în plin cintru, element întâlnit la Vila Nae Ionescu, la Casa Angela Mornand, la Jockey Club sau la Palatul Băncii Crissoveloni. La prima dintre acestea - arcada cu trei arce în plin cintru este prezentă atât în planul fațadei - intrarea, cât și la interior, delimitând vizual holul de intrare de spațiile de locuit propriu-zise. Observăm o gradare a atenției acordate acestora prin decorație. Cele aflate în planul fațadei sunt simple arce în plin cintru sprijinite pe stâlpi. Cele de la interior sunt tratate distinct, în funcție de destinația edificiului respectiv, arcele în plin**

cintru sprijinindu-se fie pe coloane de piatră cu capiteli de piatră geometrize, împodobite cu decorație vegetală, zoomorfă sau geometrică, fie pe stâlpi sau pe coloane pentru a căror tratare a părții superioare apelează la diferite profile geometrice ce reduc deschiderea. În toate situațiile, acestea sunt stilizate și libere de orice rigoare, mergând pe liberatea ideii de clasicitate. **Acest element amintește de arcada ce delimitează pronaosul de naosul bisericilor bizantine. Aceeași modalitate de rezolvare, de aceeași influență, o regăsim la trecerea de la casa scării la holul de primire de la nivelul superior, element regăsit în toate proiectele sale, fie de restaurare, fie pentru edificii noi – Banca Chrissoveloni, Vila Nae Ionescu, Casa Angela Mornand.**

**Grija pentru ambianța creată, pentru calitatea luminării spațiului este o constantă a proiectelor sale.** Întâlnim fie **luminatoare** la spațiile ce nu pot fi luminate natural, realizate din geamuri trase incolore cu forme geometrice – Sala Bizantină a Palatului Băncii Chrissoveloni, Jockey Club, fie **ferestre cu geamuri trase albe sau colorate**, cu diferite geometrii, pentru filtrarea luminii puternice la turlele bisericilor, lumina adecvată a caselor scării, a spațiilor cărora vrea să le asigure intimitatea (Sala Florentină a Palatului Băncii Chrissoveloni) sau au deschidere spre o curte interioară a cărei priveliște nu oferă încântare ochiului (Blocul din strada Dionisie Lupu nr. 65). În funcție de bogăția financiară pe care dorește să o exprime, acestea pot fi chiar **vitrării**. Regăsim astfel variantele tradiționale, istorice de luminare, de filtrare a luminii, de creare a intimității sau de protejare a ochiului.

#### 4. Concluzii

Evocăm această personalitate fie cu prilejul comemorării, ca în acest an, a 60 de ani de la eliberarea de cele pământenești, fie cu ocazia zilei sale de naștere, fie vorbind despre patrimoniul construit românesc, purtându-i recunoștință pentru tot ceea ce ne-a dăruit.

La George Matei Cantacuzino **tradiția** reprezintă filonul personalității sale, ceea ce se vede din faptul că de care un popor nu poate exista și care nu trebuie să rămână încetușat în trecut, ci înțeleasă în rațiunile sale profunde și dezvoltată prin inovare până la desăvârșire în fiecare moment al existenței. **Inovarea** la GMC constă în faptul că arhitectura creată de el este **o sinteză a marilor arhitecturi – clasică**, din punct de vedere al principiilor compoziționale, **bizantină** - caracterizată prin forme geometrice curate, materiale și culori vii, **renascentistă** – prin organizare a spațiului și prin programe de arhitectură, sobrietate și delicatețe a formelor, a liniilor și modernă – prin sintetizarea, epurarea, transformarea și aducerea tuturor volumelor și decorațiilor la proporția umană. Spațiile create de GMC, atât cele urbane, cât și cele arhitecturale sunt mereu grăitoare, sunt vii, mereu surprinzătoare prin inovarea de care dă dovadă împletind tradiția cu nouitatea.

## BIBLIOGRAFIE

- Cantacuzino G. (1977), *Izvoare și popoare*, Editura Eminescu, București, România.
- Cantacuzino G. (1993), *Scrisorile către Simon*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, România.
- Cantacuzino G. (2001), *Despre o estetică a reconstrucției*, Editura Paideia, București, România.
- Curinschi Vorona G. (1981), *Istoria arhitecturii în România*, Editura Tehnică, București, România.
- Ionescu G. (1981), *Arhitectura pe teritoriul României de-a lungul veacurilor*, Editura Academiei, București, România.
- Patrulus R. (1975a), *Inaintașii noștri. George Matei Cantacuzino – 1899-1960 (II)*, *Arhitectura* **4(155)**: 57-62.
- Patrulus R. (1975b), *Inaintașii noștri. George Matei Cantacuzino – 1899-1960 (II)*, *Arhitectura* **5(156)**: 53-60.

